

발 간 등 록 번 호

11-B090023-000298-01

도로용량편람

2013



국토해양부
Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

도로는 우리나라 경제성장의 중요한 동력으로 그 역할과 기능을 수행하여 왔으나 최근에는 도로 및 교통여건의 급격한 변화로 교통혼잡에 따른 물류비 상승 및 교통사고 증가 등 사회·경제적 비용을 초래하고 있는 실정입니다.

교통 혼잡은 도로의 공급이 교통 수요를 충족하지 못하여 발생되며 이를 해결하기 위해서는 기존 도로를 확장하거나 새로운 도로를 건설하여야 하는데 이 때 해당 도로의 교통량과 서비스 수준평가에 필요한 방법론 및 기준 등을 제시하는 것이 「도로용량편람」입니다.

도로용량편람은 1992년 제정되어 2001년 한차례 개정된 바 있으나, 이후 회전교차로 등 기존편람에서 분석할 수 없는 시설물이 도입되는 등 도로 및 교통환경이 크게 변화되어 지난 3년간의 연구를 통하여 새로운 도로용량 편람을 발간하게 되었습니다.

금번 도로용량편람에서는 2차로도로와 다차로도로의 분석방법을 보완하고 새롭게 회전교차로, 고속도로 진출입 연결로와 일반도로 교차지점, 버스전용 차로, 공사구간과 강우·강설시 도로시설의 운영 상태를 분석할 수 있는 방법을 제시하는 등 실무자들이 쉽게 활용할 수 있도록 개선하였습니다.

본 편람 발간에 많은 전문가가 참여하여 최선을 다하였으나 다소 미흡한 부분이 있을 것으로 생각합니다. 향후 개선이 필요한 부분은 지속적으로 보완해 나갈 계획이오니, 일선 실무자들의 관심과 격려를 부탁드립니다.

끝으로, 본 편람의 발간에 참여하신 한국건설기술연구원, 한국교통연구원, 대한교통학회 그리고 관계공무원 여러분의 노고에 진심으로 감사를 표합니다.

2013년 2월

국토해양부 도로정책관 이 승 호



2013년 도로용량편람 개정 참여진(2012.12.현재)

■ 국토해양부

도로 정책 관	이승호 (전/ 도태호)
간선도로과장	손종철 (전/ 권오성)
시설 사무 관	정 상 (전/ 백봉기)
담 당	홍석표 (전/ 김태호)

■ 연구진

- **한국건설기술연구원** | 다차로도로, 2차로도로(2+1차로도로), 트럭성능곡선, 설계시간 계수, 자유속도 140kph영역의 교통량 속도 관계 곡선 정립

연구책임자	선임연구위원	정준화
연구수행자	수 석 연 구 원	김영록, 문재필, 이석기
	전 임 연 구 원	조원범

- **한국교통연구원** | 연결로-일반도로 결합부, 버스전용차로 보정계수

연구책임자	연구 위 원	조한선, 김영호
연구수행자	연구 위 원	박상조, 심재익, 김태형
	부연구위원	이재준, 이지선, 채찬들, 연지윤
	연구 위 원	정동우, 김영춘, 강경원

- **대한교통학회** | 도로공사구간 보정계수, 회전교차로편, 악천후 상황 보정계수, 프로그램 개발

연구책임자	신치현 (경기대학교 교수)	
연구수행자	김상구 (전남대학교 교수)	김영찬 (서울시립대학교 교수)
	박용진 (계명대학교 교수)	박은미 (목원대학교 교수)
	손봉수 (연세대학교 교수)	손영태 (명지대학교 교수)
	오영태 (아주대학교 교수)	이청원 (서울대학교 교수)
	강진동 (명지대학교 교수)	

■ 심의위원

강 정 규	한국도로공사 도로교통연구원 연구위원
김 주 명	(주)동호 부사장
김 한 용	(사)한국도로학회 회장
박 석 주	(주)동성엔지니어링 부회장
정 점 래	(주)해중합기술공사 사장
조 완 형	(주)다산컨설팅 부사장
유 경 수	한국해외기술공사 부사장
이 웅 세	서영엔지니어링 부사장
최 병 무	(주)유신코퍼레이션 부사장

2001년 도로용량편람 개정 참여진(2001.12.현재)

■ 건설교통부

도 로 국 장	김일중 (전/ 박동화, 최길대)
도로건설과장	정내삼 (전/ 장만석, 황해성)
토 목 사 무 관	노성열 (전/ 임경국, 강희업, 임영환, 장영수)
담 당	허 용 (전/ 김상범, 박병관, 김철민, 서상원, 손영택)

■ 연구진

○ 교통개발연구원 | 신호교차로, 비신호교차로, 도시 및 교외 간선도로, 대중교통, 자전거도로

연구책임자	책임연구원	김정현
연구수행자	책임연구원	안계형
	연구 원	강영균, 임중훈, 이하청
- 프로그램 개발부문 위탁연구 (명지대학교 산업기술연구소)		
연구책임자	교 수	조종래
연구수행자	연구 원	강진동

○ 한국건설기술연구원 | 고속도로 기본구간, 엇갈림구간, 연결로접속부, 이차로도로, 다차로도로

연구책임자	수석연구원	강원의
연구수행자	선임연구원	정준화
	연구 원	문재필, 김영록, 최찬영

○ 대한교통학회 | 신호교차로, 보행자도로

연구책임자	오영태 (아주대학교 교수)	
연구수행자	고승영 (명지대학교 교수)	김동녕 (단국대학교 교수)
	김영찬 (서울시립대학교 교수)	도철웅 (한양대학교 교수)
	손영태 (명지대학교 교수)	신치현 (경기대학교 교수)
	심대영 (관동대학교 교수)	장명순 (한양대학교 교수)
	최재성 (서울시립대학교 교수)	

■ 심의위원

강 정 규	한국도로공사 도로연구소 연구위원	유 경 수	한국도로공사 교통처장
권 경 구	도화종합기술공사 전무	이 승 환	아주대학교 교수
김 주 환	내경엔지니어링 회장	이 인 원	홍익대학교 교수
김 홍 상	명지대학교 교수	전 경 수	서울대학교 교수
박 창 호	서울대학교 교수	정 의 용	교우엔지니어링 대표
신 부 용	(주)교통환경연구원 원장	최 주 형	극동엔지니어링 회장
오 의 진	유신 코퍼레이션 사장	하 동 익	제온 시스템 대표
원 제 무	한양대학교 교수		

목 차

제1장 개 론

1. 개 요	2
2. 편람의 구성	8

제2장 고속도로 기본 구간

1. 개 요	12
2. 분석 방법론	19
3. 분석 과정	28
4. 특수상황	34
5. 예 제	42
〈부록 A〉 복합 경사 구간 분석	49
〈부록 B〉 공사구간 용량관측지점 및 다양한 공사유형별 기본 용량	52
〈부록 C〉 부호 정의	53
〈부록 D〉 2001년 도로용량편람과 개정 편람과의 차이점	53

제3장 고속도로 엇갈림 구간

1. 개 요	56
2. 분석 방법론	61
3. 적용 절차	66
4. 예 제	71
〈부록 A〉 부호 정의	75

제4장 고속도로 연결로 접속부

1. 정의 및 개요	78
2. 용량과 서비스수준	84
3. 분석 과정	86
4. 예 제	93
〈부록 A〉 특수한 형태 분석	105
〈부록 B〉 부호 정의	112

제5장 고속도로 종합 분석

1. 개 요	114
2. 분석 원칙	114
3. 계획 및 설계 단계 분석	119
4. 운영 상태 분석	127

제6장 다차로도로

1. 개 요	134
2. 분석 방법론	137
3. 분석 과정	147
4. 예 제	153
〈부록 A〉 부호 정의	160
〈부록 B〉 2001년 도로용량편람과 개정 편람과의 차이점	161

제7장 2차로도로

1. 서 론	164
2. 일반적인 고려사항	165
3. 서비스수준 평가	171
4. 예 제	190
〈부록 A〉 2차로도로의 효율적인 운용 및 개량시설 설치방안	202
〈부록 B〉 부호 정의	208
〈부록 C〉 2001년 도로용량편람과 개정 편람과의 차이점	208

제8장 신호교차로

1. 개 요	210
2. 방법론	215
3. 분석 과정	258
4. 중앙버스전용차로 설치에 따른 방법론 및 분석과정	295
5. 특수상황에 관한 분석	314
6. 예 제	326
〈부록 A〉 신호교차로 운영 및 설계분석표	369
〈부록 B〉 신호교차로 계획분석표	373
〈부록 C〉 접근로의 차로군 분류방법	374
〈부록 D〉 비보호좌회전의 직진환산계수	379
〈부록 E〉 우회전의 직진환산계수($E_{R1,2}$)	381
〈부록 F〉 연동계수	384
〈부록 G〉 연동보정계수 산정방법	389
〈부록 H〉 신호교차로의 지체조사 방법	396
〈부록 I〉 중앙버스전용차로 설치에 따른 효과분석 방법론	398
〈부록 J〉 도시가로 도로점용공사구간 포화교통류를 산정	406

〈부록 K〉 강우강도에 따른 강우보정계수 산정 방법	413
〈부록 L〉 부호 정의	414
〈부록 M〉 2001년 도로용량편람과 개정 편람과의 차이점	417

제9장 연결로-일반도로 결합부

1. 개 요	420
2. 방법론	423
3. 예 제	436
〈부록 A〉 부호 정의	456

제10장 비신호교차로

1. 개 요	458
2. 방법론	463
3. 적용 단계	474
4. 예 제	476
〈부록 A〉 부호 정의	487

제11장 회전교차로

1. 개 요	490
2. 방법론	496
3. 적용방법	504
4. 예 제	507
〈부록 A〉 쌍구형 입체교차로의 용량 분석 방법	520
〈부록 B〉 부호 정의	521

제12장 도시 및 교외 간선도로

1. 개 요	524
2. 방법론 및 분석절차	530
3. 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 방법론 및 분석절차	548
4. 예 제	555
〈부록 A〉 간선도로에서 시험차 주행법에 의한 속도조사 방법	574
〈부록 B〉 분석에 사용되는 분석표	575
〈부록 C〉 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 효과분석 방법	580
〈부록 D〉 부호 정의	583
〈부록 E〉 2001년 도로용량편람과 개정 편람과의 차이점	583

제13장 대중교통

1. 개 요	586
2. 분석방법론 및 분석과정	590
3. 예 제	602
〈부록 A〉 부호 정의	609

제14장 보행자 시설

1. 개 요	612
2. 방법론	613
3. 분석 과정	619
4. 예 제	627
〈부록 A〉 서비스수준 분석 양식	634
〈부록 B〉 부호 정의	637

제15장 자전거도로

1. 개 요	640
2. 방법론	642
3. 분석 과정	649
4. 예 제	656
〈부록 A〉 자전거 도로 서비스수준 분석표 양식	672
〈부록 B〉 부호 정의	674

표 목 차

〈표 1-1〉 서비스수준별 교통류의 상태	3
〈표 1-2〉 서비스수준 F의 구분	4
〈표 1-3〉 설계시간 계수(K)	6
〈표 1-4〉 종방향 계수(D)	7
〈표 2-1〉 고속도로 기본 구간의 서비스수준	20
〈표 2-2〉 고속도로 기본 구간의 차로폭 및 측방여유폭 보정계수	25
〈표 2-3〉 고속도로 일반지형에서 중차량의 승용차 환산계수	26
〈표 2-4〉 고속도로 특정 경사 구간의 승용차 환산계수	27
〈표 2-5〉 지역에 따른 종방향 계수(D)	31
〈표 2-6〉 설계속도별 공사구간의 기본 용량	37
〈표 2-7〉 고속도로 기본 구간의 강우량별 임계교통량 감소율	39
〈표 2-8〉 강설강도 분류	40
〈표 2-9〉 고속도로 기본 구간의 강설량별 최대 관측교통량 및 평균통행속도 변화량	40
〈표 2-10〉 고속도로 기본 구간의 주·야간 임계교통량의 감소율	41
〈표 2-11〉 고속도로 기본구간의 기상악화 및 야간 상황의 용량산정 보정계수	41
〈표 2B-1〉 공사유형별 공사구간 기본 용량	52
〈표 3-1〉 엇갈림 구간의 서비스수준	63
〈표 3-2〉 본선-연결로 엇갈림 구간의 용량	64
〈표 3-3〉 연결로-연결로 엇갈림 구간의 서비스수준별 최대 교통량과 속도 기준	65
〈표 4-1〉 연결로 접속부 용량	84
〈표 4-2〉 연결로 용량	85

〈표 4-3〉 서비스수준	86
〈표 4-4〉 합류부 영향권 비 계산(P_{FM})	89
〈표 4-5〉 분류부 영향권 비 계산(P_{FD})	89
〈표 4A-1〉 2차로 합류 연결로 접속부의 영향권 비(P_{FM})	106
〈표 4A-2〉 2차로 분류 연결로 접속부의 영향권 비(P_{FD})	107
〈표 4A-3〉 본선 5차로 합류부의 유효 4차로 교통량 산출 표	107
〈표 4A-4〉 본선 5차로 분류부의 유효 4차로 교통량 산출 표	108
〈표 4A-5〉 좌측 접속 연결로 접속부의 영향권 비(P_{FM} , P_{FD})	109
〈표 5-1〉 도로별 설계 서비스수준	119
〈표 5-2〉 소구간별 교통량과 필요한 차로 수	122
〈표 6-1〉 다차로도로 유형 구분	135
〈표 6-2〉 차로폭 및 측방여유폭 속도 보정계수(F_{WC})	139
〈표 6-3〉 평면선형 속도 보정계수(F_B)	141
〈표 6-4〉 종단선형 속도 보정계수(F_H)	141
〈표 6-5〉 유출입 지점수 속도 보정계수(F_A)	142
〈표 6-6〉 신호등의 속도 보정계수(교통량이 500vphpl 이하일 때, F_S)	143
〈표 6-7〉 교통량에 따른 속도 보정계수(구간 평균 교통량 500vphpl 초과시, F_V)	143
〈표 6-8〉 다차로도로 유형 I 서비스수준(기본구간)	145
〈표 6-9〉 다차로도로 유형 II 서비스수준	146
〈표 7-1〉 총지체율 산정 모델의 매개변수 값(a, b)	167
〈표 7-2〉 서비스수준	169
〈표 7-3〉 2차로도로의 일반적인 첨두시간 계수(PHF)	177
〈표 7-4〉 진행방향 교통량 수준에 따른 평지구간 중차량 보정계수(통행속도, E_T)	177
〈표 7-5〉 진행방향 교통량 수준에 따른 구릉지 구간 중차량 보정계수(통행속도, E_T)	178
〈표 7-6〉 진행방향 교통량 수준에 따른 평지구간 중차량 보정계수(총지체율, E_T)	178

〈표 7-7〉 진행방향 교통량 수준에 따른 구릉지 구간 중차량 보정계수(총지체율, E_T)	178
〈표 7-8〉 특정경사구간의 승용차 환산계수(통행속도, E_T)	179
〈표 7-9〉 특정경사구간의 승용차 환산계수(총지체율, E_T)	180
〈표 7-10〉 차로 폭 및 측방여유폭 보정계수(총지체율, $f_{w,D}$)	181
〈표 7-11〉 차로 폭 및 측방여유폭 보정계수(통행속도, $f_{w,ATS}$)	181
〈표 7-12〉 방향별 분포 및 앞지르기금지구간 비율에 따른 보정계수(통행속도, $f_{np,ATS}$)	181
〈표 7-13〉 방향별 분포 및 앞지르기금지구간 비율에 따른 보정계수(총지체율, $f_{np,D}$)	183
〈표 7-14〉 2+1차로도로 구간 총지체율 보정계수(f_{pl})	186
〈표 7-15〉 2+1차로도로 구간 통행속도 보정계수($f_{s_{pl}}$)	188
〈표 7A-1〉 2차로도로에서 턴아웃의 최소길이	205
〈표 7A-2〉 양보차로의 길이	207
〈표 7A-3〉 양보차로의 설치 간격	207
〈표 8-1〉 분석의 종류	216
〈표 8-2〉 신호교차로의 서비스 수준 기준	218
〈표 8-3〉 차로군 분석에 필요한 입력자료	221
〈표 8-4〉 신호운영과 좌회전 차로별 구분	222
〈표 8-5〉 차로이용 계수(F_U)	225
〈표 8-6〉 우회전 교통량 보정계수(F_R)	226
〈표 8-7〉 좌회전 자체의 직진환산계수(E_l)	227
〈표 8-8〉 대향직진 교통량별 한 gap당 비보호좌회전 가능 대수	228
〈표 8-9〉 좌회전 곡선반경별 직진환산계수(E_p)	228
〈표 8-10〉 U턴%별 좌회전의 직진환산계수 - 좌회전 차로 1개(E_{l1})	229
〈표 8-11〉 U턴%별 좌회전의 직진환산계수 - 좌회전 차로 2개(E_{l2})	229
〈표 8-12〉 버스 1대의 정차에 따른 포화차두시간 손실시간(T_b)	231
〈표 8-13〉 우회전이 이용할 수 없는 횡단보도 신호시간 비율(f_c)	233
〈표 8-14〉 차로군 분류 기준	240
〈표 8-15〉 차로폭 보정계수(f_w)	248

〈표 8-16〉 경사 보정계수(f_g)	248
〈표 8-17〉 고정시간신호 연동계수(PF)	257
〈표 8-18〉 좌회전 신호운영에 따른 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 구분	297
〈표 8-19〉 상류부 정류장 영향 보정계수(f_{ub})	302
〈표 8-20〉 공사유형별 용량감소율	315
〈표 8-21〉 5개 구간으로 구분한 평균이동속도(가속도 4km/h)	319
〈표 8-22〉 신호교차로 상·하류부 도로점용공사구간 포화교통류율 보정공식 및 계수(f_{wz})	319
〈표 8-23〉 상류부의 차로 수, 녹색시간, 이격거리에 따른 공사영향 보정계수(f_{wz})	320
〈표 8-24〉 하류부의 차로 수, 녹색시간, 이격거리에 따른 공사영향 보정계수(f_{wz})	321
〈표 8-25〉 강우강도에 따른 날씨보정계수 및 포화차두시간	323
〈표 8-26〉 강설강도 분류(신호교차로)	324
〈표 8-27〉 강설량에 따른 신호교차로 강설시 포화차두시간 변화	324
〈표 8-28〉 신호교차로의 기상악화 상황의 용량산정 보정계수	325
〈표 8-29〉 각 예제의 접근로별 특성	326
〈표 8C-1〉 신호운영과 좌회전 차로별 구분	374
〈표 8D-1〉 대향직진 교통량에 따른 gap당 평균 비보호좌회전 대수	380
〈표 8E-1〉 우회전 교통량 보정계수	382
〈표 8E-2〉 우회전이 이용할 수 없는 횡단보도 신호시간 비율(f_c)	383
〈표 8F-1〉 신호교차로의 서비스 수준 기준	384
〈표 8F-2〉 차로이용 계수(F_U)	385
〈표 8F-3〉 우회전 교통량 보정계수(F_R)	385
〈표 8F-4〉 좌회전 자체의 직진환산계수(E_i)	385
〈표 8F-5〉 대향직진 교통량별 한 gap당 비보호좌회전 가능 대수	386
〈표 8F-6〉 좌회전 곡선반경별 직진환산계수(E_p)	386
〈표 8F-7〉 U턴%별 좌회전의 직진환산계수 - 좌회전차로 1개(E_{u1})	386
〈표 8F-8〉 U턴%별 좌회전의 직진환산계수 - 좌회전차로 2개(E_{u2})	386
〈표 8F-9〉 버스 1대의 정차에 따른 포화차두시간 손실시간(T_b)	386
〈표 8F-10〉 우회전이 이용할 수 없는 횡단보도 신호시간 비율(f_c)	387

〈표 8F-11〉 차로폭 보정계수(f_w)	387
〈표 8F-12〉 경사 보정계수(f_g)	387
〈표 8F-13〉 고정시간신호 연동계수(PF)	389
〈표 8H-1〉 교차로 통행시간 조사(순간밀도 조사)	396
〈표 8H-2〉 교차로 정지지체 조사	397
〈표 8I-1〉 교통량에 따른 일반신호교차로의 지체시간	403
〈표 8I-2〉 교통량에 따른 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 지체시간	403
〈표 8I-3〉 교통량에 따른 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 지체시간	404
〈표 8I-4〉 교통량에 따른 일반신호교차로와 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 지체시간 차이 ..	404
〈표 8I-5〉 시간대별 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로 지체도 비교	405
〈표 8J-1〉 5개 구간으로 구분한 평균이동속도(가속도 4km/h)	409
〈표 8J-2〉 5개 구간으로 구분한 평균이동속도(가속도 5km/h)	409
〈표 8J-3〉 노면재질(복공판) 현장조사지점의 도로 및 교통조건	411
〈표 8J-4〉 복공판의 종류 및 설치위치 따른 포화교통류율 비교	411
〈표 8J-5〉 차로(측방)이동 현장조사지점의 도로 및 교통조건	412
〈표 8J-6〉 차로(측방)이동에 따른 포화교통류율 비교	412
〈표 9-1〉 다이아몬드형 인터체인지의 서비스 수준 기준	425
〈표 9-2〉 다이아몬드형 인터체인지 분석에 필요한 입력자료	426
〈표 9-3〉 각 교차로의 회전교통량에서 다이아몬드형 인터체인지의 기종점교통량 계산	428
〈표 9-4〉 다이아몬드형 인터체인지의 기종점 교통량에서 각 교차로의 회전교통량 계산	428
〈표 9-5〉 현시별 신호 시작시 내부링크 대기차량의 예	431
〈표 9-6〉 하류교차로 녹색시간 미사용 발생가능 현시 예	432
〈표 10-1〉 양방향정지 교차로의 임계간격과 추종시간	466
〈표 10-2〉 양방향정지 교차로의 서비스수준	470
〈표 10-3〉 무통제 교차로 교통량-상충횟수 관계식 계수	473
〈표 10-4〉 무통제 교차로의 서비스수준	473

〈표 11-1〉 서비스수준(LOS) 기준	494
〈표 11-2〉 임계간격, 추종시간, 회전차로 최소 차두간격	497
〈표 11-3〉 횡단 보행자 영향계수 산출표	498
〈표 11-4〉 중차량의 승용차 환산계수	500
〈표 11-5〉 횡단 보행자 영향계수 산출표(예시)	502
〈표 11-6〉 진입 용량 산출(예시)	502
〈표 11-7〉 3지 회전교차로의 상충교통량 산출방법	505
〈표 11-8〉 회전차로 2차로이면서 진입차로 1차로 경우의 계수 값	507
〈표 12-1〉 간선도로의 평균 통행속도별 서비스수준	529
〈표 12-2〉 자유속도	533
〈표 12-3〉 간선도로 유형 설정	533
〈표 12-4〉 도로구분과 도로여건에 따른 간선도로 유형	534
〈표 12-5〉 km당 구간 순행시간	536
〈표 12-6〉 노변마찰 정도 설정 기준	536
〈표 12-7〉 신호교차로간 보행자 횡단신호 보정계수(f_{cw})	539
〈표 12-8〉 고정신호 연동계수(PF)	541
〈표 12-9〉 감응신호의 연동계수(PF)	542
〈표 12-10〉 간선도로의 서비스수준 기준	547
〈표 12-11〉 km당 구간 순행시간	550
〈표 12-12〉 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준 기준	554
〈표 12C-1〉 시간대별 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 평균통행속도	582
〈표 13-1〉 서비스 형태별 버스 종류	587
〈표 13-2〉 버스시설의 종류	588
〈표 13-3〉 좌석형 버스의 차내 서비스수준	593
〈표 13-4〉 입석형 서비스수준	594
〈표 13-5〉 운행간격에 따른 지역별 서비스수준	595

〈표 13-6〉 버스 운행시간에 따른 서비스수준	595
〈표 13-7〉 출입문 개폐시간 및 승객 승하차시간 기준	597
〈표 13-8〉 버스 종류별 감·가속시간	597
〈표 13-9〉 정류장 버스대기비율에 따른 정차면 용량 산출 보장계수(R)	599
〈표 13-10〉 경험적인 버스 정차대수에 따른 이용효율	600
〈표 14-1〉 보행자 서비스수준	616
〈표 14-2〉 비 보행균일 때의 서비스수준	617
〈표 14-3〉 보행균일 때의 서비스수준	617
〈표 14-4〉 한국인의 표준체형	618
〈표 14-5〉 대기공간에서의 서비스수준	618
〈표 14-6〉 신호횡단보도 서비스수준	619
〈표 14-7〉 보행자도로에서 보행지장 요인에 의한 방해 폭원	621
〈표 14A-1〉 보행자도로 서비스수준 분석표	634
〈표 14A-2〉 계단에서 서비스수준 분석을 위한 분석표	634
〈표 14A-3〉 신호횡단보도 서비스수준 분석표	635
〈표 14A-4〉 대기공간에서의 서비스수준 분석표	636
〈표 15-1〉 폭에 따른 포화교통류율 보장계수(f_w)	648
〈표 15-2〉 자전거 전용도로의 서비스수준 - 일방통행	653
〈표 15-3〉 자전거 전용도로의 서비스수준 - 양방통행	653
〈표 15-4〉 자전거 보행자 겸용도로의 서비스수준	654
〈표 15-5〉 노상 자전거 도로기본구간의 서비스수준	654
〈표 15-6〉 신호교차로의 자전거이용자의 서비스수준	655
〈표 15-7〉 도시가로상의 자전거 도로의 자전거이용자의 서비스수준	655

그림 목차

〈그림 1-1〉 지역에 따른 교통수요(연평균 일교통량에 대한 시간 교통량의 비) 변동 특성	5
〈그림 2-1〉 고속도로 구성 요소	13
〈그림 2-2〉 고속도로 구성 요소의 영향권	14
〈그림 2-3〉 고속도로 기본 구간의 속도-교통량 곡선과 서비스수준	21
〈그림 2-4〉 고속도로 기본 구간의 밀도-교통량 곡선과 서비스수준	21
〈그림 2-5〉 고속도로 기본구간 분석표	33
〈그림 2-6〉 공사구간의 구분	35
〈그림 2A-1〉 동등 환산 단일 경사를 산정하기 위한 예시도	50
〈그림 2A-2〉 표준 트럭(7PS/톤, 100kg/kw, 170lb/hp)의 가·감속 곡선	51
〈그림 2B-1〉 용량 관측지점	52
〈그림 3-1〉 엇갈림 구간의 교통 흐름	57
〈그림 3-2〉 연결로 엇갈림 형태	58
〈그림 3-3〉 연결로-연결로 엇갈림 형태	58
〈그림 3-4〉 엇갈림 구간의 길이	59
〈그림 3-5〉 연결로-연결로 엇갈림 구간의 서비스수준	65
〈그림 3-6〉 엇갈림 구간 계획 및 설계 분석 과정	67
〈그림 3-7〉 본선-연결로 엇갈림 구간 운영 분석 과정	68
〈그림 3-8〉 방향별 교통량의 도식화	69
〈그림 3-9〉 연결로-연결로 엇갈림 운영분석 과정	70
〈그림 4-1〉 연결로 접속부 구성요소	78
〈그림 4-2〉 연결로 접속부 변수 정의	79

〈그림 4-3〉 연결로 접속부 영향권의 정의	80
〈그림 4-4〉 연결로 접속부의 일반적인 형태	81
〈그림 4-5〉 연결로 접속부 용량	84
〈그림 4-6〉 연결로 접속부 분석 과정도	87
〈그림 4-7〉 고속도로 연결로 접속부 분석 표	92
〈그림 4A-1〉 2차로 합류 연결로 접속부	105
〈그림 4A-2〉 대표적인 2차로 분류 연결로 접속부	106
〈그림 4A-3〉 합류 후 차로수가 적은 경우	110
〈그림 4A-4〉 합류 후 차로수가 같은 경우	110
〈그림 4A-5〉 분류 후 차로수가 같은 경우	111
〈그림 4A-6〉 분류 후 차로수가 많은 경우	111
〈그림 5-1〉 고속도로의 구성 요소	115
〈그림 5-2〉 고속도로 구성 요소의 영향권	117
〈그림 5-3〉 차로수 균형 개념의 적용	120
〈그림 5-4〉 설계 문제의 예	122
〈그림 5-5〉 도로 구간별 예비 설계	123
〈그림 5-6〉 엇갈림 구간의 설계와 분석 개념(소구간 3)	124
〈그림 5-7〉 분석 구간 전체의 서비스수준 비교	128
〈그림 5-8〉 통행 와해 상태의 차량 대기 행렬의 형성과 분산	130
〈그림 6-1〉 다차로도로 유형 II 분석 대상 구간 분할 예	136
〈그림 6-2〉 평면선형 굴곡도와 종단선형 경사도 개념도	140
〈그림 6-3〉 다차로도로 서비스수준 분석 과정	147
〈그림 6-4〉 분석 대상 구간 분할 방법(계획 및 설계 분석)	151
〈그림 6-5〉 분석 대상 구간	153
〈그림 6-6〉 분석 대상 구간	158

〈그림 7-1〉 교통량과 총지체율의 관계	168
〈그림 7-2〉 자유속도 수준 별 교통량-속도 관계 예	168
〈그림 7-3〉 서비스수준 판정절차	171
〈그림 7-4〉 2+1차로도로의 서비스수준 판정절차	172
〈그림 7-5〉 2+1차로도로의 분석 대상 구간 정의	186
〈그림 7-6〉 오르막차로 설치를 위한 트럭 성능곡선 활용 예- 감속	200
〈그림 7-7〉 오르막차로 설치를 위한 트럭 성능곡선 활용 예- 가속	201
〈그림 7-8〉 속도-경사길이에 따른 오르막 차로의 설치 예	202
〈그림 7A-1〉 속도-경사길이에 따른 감속곡선(100kg/kw 표준트럭)	204
〈그림 7A-2〉 속도-경사길이에 따른 가속곡선(100kg/kw 표준트럭)	204
〈그림 7A-3〉 턴아웃의 설치 예	205
〈그림 7A-4〉 양보차로의 설치 예	206
〈그림 8-1〉 신호교차로 분석 과정	217
〈그림 8-2〉 교차로 구조와 좌회전 CASE 구분	223
〈그림 8-3〉 우회전 차로의 구분	226
〈그림 8-4〉 진출입 차량의 정의	230
〈그림 8-5〉 실질적 전용 회전 차로의 개념도	236
〈그림 8-6〉 차로별 이동류와 가능 차로군	238
〈그림 8-7〉 세 갈래 교차로의 접근로 형태	244
〈그림 8-8〉 추가지체(d_3)의 모형	253
〈그림 8-9〉 입력자료 (운영분석표 1)	261
〈그림 8-10〉 교통량 보정 및 차로군 분류(운영분석표 2)	265
〈그림 8-11〉 포화교통량 및 용량계산(운영분석표 3)	269
〈그림 8-12〉 지체계산 및 서비스수준 판정(운영분석표 4)	273
〈그림 8-13〉 입력 자료(설계분석표 1)	276
〈그림 8-14〉 교통량 보정 및 차로군 분류(설계분석표 2)	278
〈그림 8-15〉 포화교통량 및 용량 계산(설계분석표 3)	281

〈그림 8-16〉 교통량 보정 및 차로군 분류(설계분석표 2 - 반복계산1)	283
〈그림 8-17〉 포화교통량 및 용량 계산(설계분석표 3 - 반복계산1)	284
〈그림 8-18〉 교통량 보정 및 차로군 분류(설계분석표 2 - 반복계산2)	286
〈그림 8-19〉 포화교통량 및 용량 계산(설계분석표 3 - 반복계산2)	287
〈그림 8-20〉 지체계산 및 서비스수준 판정(설계분석표 4)	289
〈그림 8-21〉 계획분석표	294
〈그림 8-22〉 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로 운영 분석 과정	296
〈그림 8-23〉 교차로 구조와 좌회전 CASE 구분	298
〈그림 8-24〉 중앙버스전용차로의 차로별 이동류와 차로군	300
〈그림 8-25〉 입력자료(운영분석표 1)	304
〈그림 8-26〉 교통량 보정 및 차로군 분류(운영분석표 2)	307
〈그림 8-27〉 포화교통류율 및 용량계산(운영분석표 3)	310
〈그림 8-28〉 지체계산 및 서비스수준 판정(운영분석표 4)	313
〈그림 8-29〉 신호교차로 도로점용공사구간 개요	315
〈그림 8-30〉 신호교차로 도로점용공사구간 구분	316
〈그림 8-31〉 상류부 모형 유형 구분	317
〈그림 8-32〉 하류부 모형 유형 구분	318
〈그림 8C-1〉 차로별 이동류와 가능 차로군	376
〈그림 8G-1〉 차량군 도착 및 신호시간과의 관계	391
〈그림 8G-2〉 고정신호의 연동계수 산정을 위한 p , q 산정의 예	394
〈그림 8G-3〉 고정신호의 연동화계수 산정의 예	395
〈그림 8J-1〉 공사구간 이격거리가 0인 상류부 공사유형	406
〈그림 8J-2〉 하류부 유형에서 g_B 적용 방법	407
〈그림 8J-3〉 Two-regime linear model	408
〈그림 8J-4〉 이격거리별 평균이동속도(가속도 $4\text{km/h}=1.11\text{m/s}$)	410
〈그림 8J-5〉 이격거리별 평균이동속도(가속도 $5\text{km/h}=1.39\text{m/s}$)	410
〈그림 8J-6〉 차로(측방)이동 유형	412
〈그림 8K-1〉 강우강도에 따른 날씨보정계수	413

〈그림 9-1〉 2점 교차형	421
〈그림 9-2〉 1점 교차형	421
〈그림 9-3〉 대기차량으로 인한 추가녹색손실시간 발생	422
〈그림 9-4〉 녹색시간 미사용으로 인한 추가녹색손실시간 발생	423
〈그림 9-5〉 다이아몬드형 인터체인지 분석방법론	424
〈그림 9-6〉 다이아몬드형 인터체인지 이동류	427
〈그림 9-7〉 내부링크의 초기대기행렬에 의해 발생하는 추가녹색손실시간	430
〈그림 9-8〉 다이아몬드형 인터체인지의 기종점 이동류에 대한 지체 산정	434
〈그림 10-1〉 교차로 유형별 등급	460
〈그림 10-2〉 교차로에서의 상충지역	461
〈그림 10-3〉 교통류율에 따른 시간당 상충횟수	462
〈그림 10-4〉 양방향정지 교차로의 분석과정	464
〈그림 10-5〉 상충교통류의 정의 및 계산	465
〈그림 10-6〉 상충교통량과 임계간격 크기에 따른 잠재용량(2차로)	467
〈그림 10-7〉 상충교통량과 임계간격 크기에 따른 잠재용량(4차로)	467
〈그림 10-8〉 통행저항계산식	468
〈그림 10-9〉 용량에 따른 통행저항계수	469
〈그림 10-10〉 무통제 교차로 분석방법	471
〈그림 10-11〉 주도로 비율 산정에 따른 차량진행방향(네갈래 교차로)	472
〈그림 11-1〉 회전교차로의 통행우선권	492
〈그림 11-2〉 회전교차로의 상충교통량	493
〈그림 11-3〉 1차로형 횡단보행자 영향계수(左)와 2차로형 횡단보행자 영향계수(右)	497
〈그림 11-4〉 회전교차로 서비스수준 분석절차	499
〈그림 11-5〉 수락간격, 거부간격, 추종시간 조사방법	504
〈그림 11-6〉 3지 회전교차로의 상충교통류	505
〈그림 11-7〉 쌍구형 입체교차로의 상충교통류	520

〈그림 12-1〉 간선도로구간에서 차량 움직임의 예	527
〈그림 12-2〉 간선도로 서비스수준 분석과정	531
〈그림 12-3〉 양방 통행도로의 분석구간 개념도	534
〈그림 12-4〉 일방 통행도로의 분석구간 개념도	534
〈그림 12-5〉 교차로 별 지체산정 작업의 예	543
〈그림 12-6〉 간선도로 분석구간의 속도 종단도	545
〈그림 12-7〉 간선도로 서비스수준 계산의 예	546
〈그림 12-8〉 버스간선도로 서비스수준 분석과정	548
〈그림 12-9〉 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 서비스수준 계산의 예	553
〈그림 12-10a〉 〈예제 2〉 서비스수준 계산	557
〈그림 12-10b〉 〈예제 2〉 교차로 별 지체산정	558
〈그림 12-11a〉 〈예제 3〉 교차로 별 지체산정	561
〈그림 12-11b〉 〈예제 3〉 서비스수준 계산	562
〈그림 12-12a〉 〈예제 4〉 서비스수준 계산	568
〈그림 12-12b〉 〈예제 4〉 교차로 별 지체계산	569
〈그림 12-13a〉 〈예제 3〉 교차로 별 지체계산	572
〈그림 12-13b〉 〈예제 3〉 서비스수준 계산	573
〈그림 13-1〉 시공도상 버스정류장에서의 버스궤적	590
〈그림 13-2〉 정류장에서 버스의 점유시간 구성	590
〈그림 13-3〉 차내용량 산정 흐름도	591
〈그림 13-4〉 버스 운행간격 및 운행시간 서비스수준 분석 흐름도	594
〈그림 13-5〉 정차면 용량 산정 흐름도	596
〈그림 14-1〉 보행자시설 분석을 위한 과정도	614
〈그림 14-2〉 인체타원	618
〈그림 14-3〉 교차로 기하구조와 보행자의 흐름	625

〈그림 15-1〉 흐름도	641
〈그림 15-2〉 예제 1	665
〈그림 15-3〉 예제 2	666
〈그림 15-4〉 예제 3	667
〈그림 15-5〉 예제 4	668
〈그림 15-6〉 예제 5	669
〈그림 15-7〉 예제 6	670
〈그림 15-8〉 예제 7	671

제1장 | 개 론

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 편람의 구성

본 장에서는 용량을 분석하는 목적과 서비스수준, 그리고 도로용량편람의 구성 및 각 장의 구성체계에 대하여 설명한다.

1 개요

(1) 용량 분석의 목적

용량을 분석하는 목적은 해당 도로의 용량을 명확히 밝힘으로써 도로를 효율적으로 이용하고, 도로 투자를 적절히 하도록 하는 데 있다. 용량분석에는 해당 도로의 통행속도, 통행시간, 통행 자유도, 안락감 그리고 교통 안전 등의 서비스 상태를 설명하는 질적인 개념으로 서비스수준 개념을 이용한다.

용량을 분석하는 목적은 도로의 운행 상태를 평가하여 기존 도로의 개선 방안을 세우거나, 도로 계획 시에 도로시설의 적정 규모를 결정하는 데 있다.

용량의 분석은 크게 두 가지 연속되는 절차를 통하여 수행된다. 처음은 주어진 도로가 수용할 수 있는 최대 교통량을 추정하는 것이다. 일반적으로 도로는 용량 상태 또는 용량에 근접한 상태가 발생하지 않도록 적절한 조치를 취해야 한다.

다음은 도로에서 일정한 서비스수준을 유지하기 위한 도로의 교통운행 상태를 평가하는 것이다. 도로는 기능상 이동 기능과 접근 기능을 동시에 갖는데, 용량 분석의 대상이 되는 도로의 경우에는 이동 기능이 접근 기능보다 더 중요하다고 할 수 있다. 도로가 적절한 이동 기능을 확보하고 있다는 것은 도로상의 교통 운행 상태가 적절한 서비스수준을 유지하고 있다는 것과 같은 의미를 가진다. 용량 분석에서 교통류의 상태를 규명하기 위한 서비스수준의 평가는, 주어진 도로가 그 기능을 충분히 발휘하고 있는지의 여부를 평가한 후 일정한 서비스수준을 유지할 수 있도록 여러 가지 대안을 마련하는 데 목적을 두고 있다.

(2) 서비스수준

서비스수준이란 통행속도, 통행시간, 통행 자유도, 안락감 그리고 교통안전 등 도로의 운행 상태를 설명하는 개념이다. 수준은 A~F까지 6등급으로 나눌 수 있으며, A수준은 가장 좋은 상태, F수준은 가장 나쁜 상태를 나타낸다. 일반적으로 E수준과 F수준의 경계는 용량이 된다.

교통 운행 상태의 질을 정의한 서비스수준은 일반적으로 <표 1-1>과 같이 A~F의 6단계로 구분된다. 이 중에서 설계 서비스수준으로는 서비스수준 C와 D가 사용된다.

특히, <표 1-1>의 서비스수준 F는 차량 행렬(queue) 또는 와해(breakdown) 발생의 운행 상태를 설명하는 데 사용된다. 도착 교통량이 통과되는 교통량보다 많으면 차량 대기 행렬이 형성되며, 서비스 수준 F는 이러한 상태를 나타낸다. 그러나 와해가 발생한 지점을 벗어난 차량의 운행 상태는 대부분의 경우 매우 좋다.

또한, 서비스 교통류율(service flow rate)은 분석 대상 도로의 서비스수준을 교통량으로 나타낼 때 사용하는 용어이다. 즉, 서비스 교통류율은 주어진 시간 동안, 주어진 도로 및 교통 조건에서 해당 서비스 수준을 유지하면서 도로나 차량의 일정구간 또는 지점을 차량이 통과하리라고 기대되는 교통류율을 의미한다. 용량과 마찬가지로 서비스 교통류율도 일반적으로 15분 교통량을 토대로 결정한다.

<표 1-1> 서비스수준별 교통류의 상태

서비스 수준	구분	교통류의 상태
A	자유 교통류	사용자 개개인들은 교통류 내의 다른 사용자의 출현에 실질적으로 영향을 받지 않는다. 교통류 내에서 원하는 속도 선택 및 방향 조작 자유도는 아주 높고, 운전자와 승객이 느끼는 안락감이 매우 우수하다.
B	안정된 교통류	교통류 내에서 다른 사용자가 나타나면 주위를 기울이게 된다. 원하는 속도 선택의 자유도는 비교적 높으나 통행 자유도는 서비스수준 A보다 어느 정도 떨어진다. 이는 교통류 내의 다른 사용자의 출현으로 각 개인의 행동이 다소 영향을 받기 때문이다.
C	안정된 교통류	교통류 내의 다른 차량과의 상호작용으로 인하여 통행에 상당한 영향을 받기 시작한다. 속도의 선택도 다른 차량의 출현에 영향을 받으며, 교통류 내의 운전자가 주위를 기울여야 한다. 이 수준에서 안락감은 상당히 떨어진다.
D	안정된 교통류 높은밀도	속도 및 방향 조작 자유도 모두 상당히 제한되며, 운전자가 느끼는 안락감은 일반적으로 나쁜 수준으로 떨어진다. 이 수준에서는 교통량이 조금만 증가하여도 운행 상태에 문제가 발생한다.
E	용량상태 불안정 교통류	교통류 내의 방향 조작 자유도는 매우 제한되며, 방향을 바꾸기 위해서는 차량이 길을 양보하는 강제적인 방법을 필요로 한다. 교통량이 조금 증가하거나 작은 혼란이 발생하여도 와해 상태가 발생한다.
F	강제류 또는 와해상태	도착 교통량이 그 지점 또는 구간 용량을 넘어선 상태이다. 이러한 상태에서 차량은 자주 멈추며 도로의 기능은 거의 상실된 상태이다.

그러나, 현재 우리나라 도시부 도로시설에서 용량을 초과하는 경우가 빈번하여 서비스수준 F를 나타내는 경우가 많다. 그리고 이 경우, 같은 서비스수준 F를 나타낸다 하여도, 질적으로는 상당히 다른 형태를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 신호교차로의 경우, 평균 접근지체가 신호 1 주기를 초과하는 경우에서부터 3~4 주기 이상에 이르는 경우까지 다양하다. 이러한 경우, 같은 서비스수준 F를 나타낸다 하여도, 이를 개선하기 위한 대책은 전혀 다를 수 있으므로, 서비스수준 F인 경우에도 교통류 상황에 대한 질적인 구별이 가능하도록 할 필요가 있다. 따라서 도시 및 교외간선도로 등 일부 도로유형에 대하여서는 서비스수준을 F, FF, FFF로 구분하여 제시할 수 있는데, 서비스수준 F를 3단계로 구분할 경우, 각 단계 별 교통류 상태는 <표 1-2>와 같다.

<표 1-2> 서비스수준 F의 구분

서비스 수준	교통류의 상태
F	평균통행속도가 자유속도의 1/3~1/4 이하인 상태이다. 교차로 혼잡은 접근지체가 매우 큰 주요 신호 교차로에서 일어나기 쉽다. 이런 경우는 주로 나쁜 신호연동 때문에 발생한다.
FF	과도한 교통수요로 혼잡이 심각한 상태이다. 차량이 대상구간의 전방 신호교차로를 통과하는데 평균적으로 2주기 이상 3주기 이내의 시간이 소요된다.
FFF	극도로 혼잡한 상황으로, 차량이 대상구간의 전방 신호교차로를 통과하는데 3주기 이상 소요되는 상태이다. 평상시에는 거의 발생하지 않으며, 상습정체지역이나 악천후 시 관측될 수 있는 혼잡상황이다.

(3) 설계를 위한 시간교통량

설계를 위한 시간 교통량에는 설계시간 교통량(DHV)과 중방향 설계시간 교통량(DDHV)이 있다. 설계시간 교통량은 연평균 일교통량(AADT)에 설계시간 계수(K)를 곱하여 산출되며, 중방향 설계시간 교통량(DDHV)은 설계시간 교통량(DHV)에 중방향 계수(D)를 곱하여 산출된다.

1) 개요

설계를 위한 시간 교통량은 도로설계의 기본이 되는 장래 시간 교통량으로서, 설계 대상 구간을 통과할 것으로 예상되는 1시간 교통량을 의미하며, 계획 목표연도는 도로계획의 목표연도와 같이 20년으로 한다.

계획교통량으로 주어지는 연평균 일교통량(Average Annual Daily Traffic, AADT)은 월별, 요일별, 하루중 시간대별, 방향별 교통량의 변동이 반영되어 있지 않으므로, 도로를 설계할 때는 설계시간 계수(K)와 중방향 계수(D)를 사용하여 이들 변동요인을 고려하여야 한다.

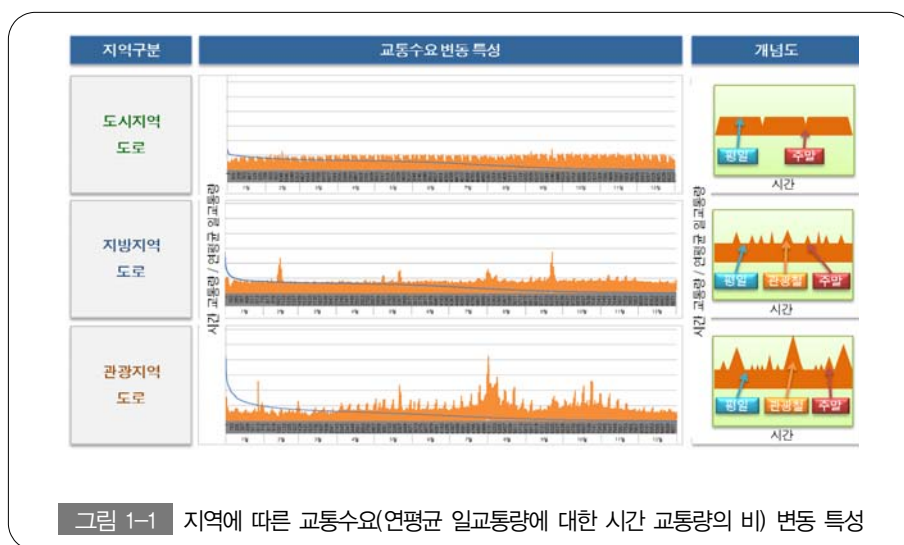
2) 설계시간 교통량과 설계시간 계수

설계시간 계수(K)는 “해당 도로의 한 시간 교통량의 분포 중 어느 정도의 교통량을 계획목표년도의 설계시간 교통량(Design Hourly Volume, DHV)으로 선택할 것인가를 결정해주는 계수”로 정의되며, 설계시간 교통량(DHV)은 계획목표년도의 연평균 일교통량(AADT)에 설계시간 계수(K)를 곱하여 산출한다.

설계시간 계수는 해당 도로의 교통수요 변동 특성에 따라 변화한다. 설계시간 계수가 클수록 교통수요 변동이 큰 것을 의미하며 연평균 일교통량이 증가할수록 해당 도로 구간의 설계시간 계수는 감소한다.

설계시간 계수를 너무 높게 설정할 경우 설계시간 교통량이 너무 크게 계산되어 비경제적으로 도로가 건설될 염려가 있고, 너무 낮게 설정할 경우 교통량이 설계시간 교통량보다 많은 시간대가 자주 발생하여 잦은 교통혼잡을 일으킬 수 있다. 이런 측면에서 볼 때, 도로계획시에는 합리적인 연평균 일교통량의 예측과 더불어 도로가 통과연결하는 지역의 특성 및 이로 인한 교통수요 변동 특성을 반영한 설계시간 계수를 산출하는 것이 가장 중요하다.

일반적으로 설계시간 계수는 관광지역 도로에서 가장 크고 지방지역 도로, 도시지역 도로의 순으로 감소하는 경향을 보인다. 관광지역 도로는 휴가지 및 관광지와 인접하여 휴가·관광철에 통행이 집중되는 교통수요 특성을 보이며, 지방지역 도로는 평일보다는 주말과 휴가관광철에 교통수요가 집중되나 관광지역 도로에 비해서는 집중정도가 적은 교통수요 특성을, 도시지역 도로는 출퇴근 등 평일 교통수요가 꾸준히 발생하고 주말 교통수요가 상대적으로 적은 특성을 보인다. <그림 1-1>은 지역구분에 따른 교통수요 변동 특성을 나타낸 것으로서 지역구분 시 도로가 통과연결하는 지역의 특성에 따른 교통수요 변동 특성을 고려하여 설계시간 계수를 결정하여야 한다.



설계시간 교통량은 연중 조사된 8,760시간(=365일×24시간/일)의 시간 교통량을 교통량이 많은 순서부터 내림차순으로 정렬하고 이를 시간 교통량-순위 관계곡선으로 부드럽게 연결한 뒤 이 곡선이 급격히 변하는 지점의 시간 교통량을 선정하여 활용하며, 설계대상 도로 주변의 유사 교통수요 변동 특성을 가지는 도로구간을 대상으로 교통량 상시조사 자료(국토해양부, 도로교통량 통계연보, 각 연도) 등을 활용하여 해당사업에 맞게 도출하여 적용한다. 국내에서는 일반적으로 30번째 시간 교통량에 대한 연평균 일교통량의 비(K_{30})를 설계시간 계수로 적용하고 있다.

〈표 1-3〉은 우리나라의 평균적인 설계시간 계수 분석사례를 제시한 것으로 주변 도로구간의 교통량 상시조사 자료 등을 통해 설계시간 계수를 산출할 수 없는 경우에 참조할 수 있으며, 이를 적용하고자 할 때에는 장래 교통수요 변동 특성을 충분히 고려하여 계획 목표년도에 적합한 지역구분이 선택될 수 있도록 하여야 한다.

〈표 1-3〉 설계시간 계수(K)

도로구분		지역구분		
		도시지역 도로	지방지역 도로	관광지역 도로
일반 국도	2차로	0.12* (0.10 ~ 0.14)**	0.16 (0.13 ~ 0.20)	0.23 (0.18 ~ 0.28)
	4차로 이상	0.10 (0.07 ~ 0.12)	0.12 (0.09 ~ 0.15)	0.14 (0.12 ~ 0.17)
고속국도 (4차로 이상)		0.10 (0.07 ~ 0.13)	0.14 (0.09 ~ 0.19)	

* 설계시간 계수 적용범위 중 상한값과 하한값의 산술평균

** 설계시간 계수의 적용범위

대상 도로 구간의 설계시간 계수가 결정되면 다음 식에 의해 설계시간 교통량을 구한다.

$$DHV = AADT \times K$$

여기서,

DHV = 설계시간 교통량(대/시/양방향)

AADT = 연평균 일교통량(대/일)

K = 설계시간 계수(=DHV/AADT)

3) 중방향 설계시간 교통량과 중방향 계수

첨두시간과 같이 교통량의 방향별 분포가 뚜렷한 차이를 보이는 경우, 교통량이 많은 방향(중방향)에 대한 고려없이 설계한다면 교통량이 많은 방향에서 상시적으로 교통 혼잡이 발생할 우려가 있다. 따라서, 도로설계시에는 설계시간 교통량에 중방향 교통 특성을 반영하여야 한다.

교통량의 방향별 분포와 관계되는 중방향 계수(D)는 양방향 교통량에 대한 중방향 교통량의 비율로 정의되는데, 일반적으로 지방지역 도로보다 통근 교통 외에 여러 가지 목적을 가진 통행이 많은 도시 지역의 값이 0.50에 가깝다. 방향별 교통량은 하루 동안에는 큰 차이가 없으나, 설계 또는 운영 분석시 사용되는 첨두시간에는 0.55~0.70의 변동폭을 보인다.

중방향 계수는 설계대상 도로 주변의 유사 교통수요 변동 특성을 가지는 도로구간을 대상으로 교통량 상시조사 자료(국토해양부, 도로교통량 통계연보, 각 연도) 등을 활용하여 해당사업에 맞게 도출하여 적용하되, 이 과정을 통해 중방향 계수를 산출할 수 없는 경우에는 <표 1-4>의 값을 참조할 수 있다.

<표 1-4> 중방향 계수(D)

도시지역 도로	지방지역 도로
0.60 (0.55~0.65)	0.65 (0.60~0.70)

방향별 분포를 고려했을 경우 중방향 설계시간 교통량(DDHV)을 구하는 식은 다음과 같다.

$$DDHV = AADT \times K \times D$$

여기서,

DDHV = 중방향 설계시간 교통량(대/시/중방향)

AADT = 연평균 일교통량(대/일)

K = 설계시간 계수

D = 중방향 계수

2 편람의 구성

(1) 도로시설 유형 구분

도로시설은 일반적으로 연속류 시설과 단속류 시설로 구분된다. 도로용량편람에서는 총 13개 도로시설 유형에 대하여 용량 또는 서비스수준 분석방법을 제시하고 있다.

일반적으로 도로시설의 유형을 구분하는 방법은 크게 두 가지가 있다. 하나는 연속류 시설과 단속류 시설로 구분하는 방법이며, 다른 하나는 도시지역 도로시설과 지방지역 도로시설로 구분하는 방법이다. 그러나 우리나라의 경우에는 도로시설을 도시지역과 지방지역 시설로 구분하는 방법은 현실적으로 적용하기 어려운 경우가 많다. 그리고 본 편람에서 다루고 있는 일부 도로시설은 차량 통행을 위한 도로가 아닌 보행자, 자전거, 대중교통시설 통행을 위한 시설도 포함하고 있으므로 연속류 시설과 단속류 시설로 구분하는 것도 적절하지 못하다.

따라서 본 편람에서는 제2장에서부터 연속류 도로시설에 해당되는 5가지 도로시설의 용량 및 서비스수준 분석방법을 각 장 별로 제시하고, 그 다음으로 단속류 도로시설에 해당되는 5가지 시설 및 대중교통시설, 보행자도로, 자전거도로 등에 대하여 분석방법을 설명한다.

제2장, 제3장, 제4장에서는 고속도로 기본구간, 고속도로 엇갈림구간, 고속도로 연결로 접속부, 고속도로 연결로-일반도로 결합부의 용량 및 서비스수준 분석방법에 대하여 각각 설명하고 있다. 여기서 다루고 있는 고속도로는 도로유형상의 구분으로서 왕복 4차로 이상의 모든 고속국도와 자동차전용도로 및 자동차 전용의 도시고속도로 등을 포함한다. 그리고 제5장에서는 제2장부터 제4장까지 다루고 있는 고속도로 시설 유형들의 조합으로 이루어진 고속도로 체계를 어떠한 방식으로 분석하여야 하는지를 설명한다.

제6장은 다차로도로 분석방법에 대하여 설명한다. 다차로도로는 일반적으로 지방지역 또는 교외지역에 설치된 4차로 이상의 일반국도 및 지방지역 등이 포함된다.

제7장은 2차로도로로서, 2차로 고속국도와 지방지역에 주로 설치되어 있는 일반국도 및 지방도 등이 이에 해당되는 도로시설 유형이며, 2+1차로도로의 분석 방법을 포함하고 있다.

제8장, 제9장, 제10장, 제11장, 제12장은 각각 신호교차로, 연결로-일반도로 결합부, 비신호교차로, 회전교차로, 도시 및 교외간선도로의 용량 또는 서비스수준 분석 방법을 각각 제시하고 있다. 이 5가지 도로시설 유형은 단속류 시설로서 일반적으로 도시지역에서 주로 적용되나, 지방지역에서도 일부 나타나는 유형이다.

제13장은 대중교통시설로서, 본 편람에서는 버스관련시설의 서비스수준 분석 방법을 제시하고 있다.

제14장은 보행자도로의 용량 및 서비스수준 분석방법을 제시하고 있다. 본 편람에서 보행자도로는 일반적인 보행자 전용도로와 함께 계단, 보행자 대기공간 등을 포함하고 있다.

제15장은 자전거도로 분석방법에 대하여 설명한다. 자전거도로는 연속류 자전거도로와 단속류 자전거

도로로 구분될 수 있으며, 본 장에서는 이 두 가지 유형의 자전거도로에 대한 용량 및 서비스수준 분석 방법을 제시하고 있다.

그리고, 부록으로서 본 편람에서 공통적으로 사용되고 있는 도로용량관련 용어에 대한 정의 및 설명을 제시한다.

(2) 각 장의 구성

도시시설 유형별로 용량 및 서비스수준 분석방법을 설명하기 위하여 전체적인 방법론을 제시하고, 각 단계별 분석과정을 설명한다. 그리고 예제를 통하여 사용자의 이해를 돕는다. 필요에 따라서는 부록으로 분석과정 중에 필요한 분석표를 제시하고 있다.

본 편람에서 제2장에서부터 제15장까지 총 14개 장 중에서 제5장을 제외한 13개 장은 도시시설 유형별 용량과 서비스수준 분석방법을 설명하기 위하여 다음과 같은 체계로 구성되어 있다.

제1절은 개요로서, 각 도시시설 유형의 정의 및 특성, 서비스수준 분석을 위한 효과척도 등에 대하여 설명한다.

다음 절에서는 용량 및 서비스수준 분석의 전체적인 방법론을 제시한다. 그리고 각 단계별로 구체적인 분석방법을 설명한다.

마지막으로는, 사용자의 이해를 돕기 위하여, 사례별로 예제를 제시하고 이를 분석하는 방법을 보여준다.

그리고 부록으로서, 각 과정별로 필요한 분석표를 제시하여, 필요시 사용자가 이를 활용할 수 있도록 하고 있다.

〈약 어 정 리〉

다음 단어들은 동일한 의미이며 용도(표, 그림, 수식, 본문 등)에 따라 다르게 혼용되어 사용할 수 있다.

- km/h → kph(kilometer per hour)
- 대/시(veh/h) → vph(vehicle per hour)
- 대/km/차로 → pcpkmpl(passenger car per km per lane)
- 승용차/시 → pcph(passenger car per hour)
- m/s → mps(meter per second)
- 승용차/hg/차로 → pcphgpl(passenger car per hour of green per lane)
- 대/hg/차로 → vphgpl(vehicle per hour of green per lane)

제2장 | 고속도로 기본 구간

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 분석 방법론
3. 분석 과정
4. 특수상황
5. 예 제

1 개요

(1) 고속도로의 정의

고속도로는 중앙분리대가 설치되어 있고, 한 방향 2차로 이상의 차로를 가진 최상급 도로로서, 이 도로를 이용하는 차량은 반드시 연결로를 통해서만 본선으로 출입할 수 있는 완전 출입통제 방식을 취한다.

고속도로는 완전한 형태의 연속 교통류를 유지하는 도로로서, 교통 신호등과 같이 교통류의 운영 상태에 영향을 미치는 시설 요인이 없는 도로를 말한다.

고속도로에는 관련 법규에 의한 고속국도와 자동차 전용도로가 해당된다. 자동차 전용도로에는 도시고속도로와 지방부 일반도로 중 자동차 전용도로로 지정된 도로가 포함된다.

(2) 고속도로 구성 요소

고속도로는 다음 세 가지 요소로 구성되어 있다.(<그림 2-1>참조)

- ① 기본 구간
- ② 엇갈림 구간
- ③ 연결로 및 연결로 접속부

1) 기본 구간

엇갈림 구간, 연결로 접속부에서 엇갈림과 합류 및 분류 차량의 영향을 받지 않는 구간을 말한다. 즉, 고속도로 부가차로(가·감속차로)가 없는 구간을 의미한다.

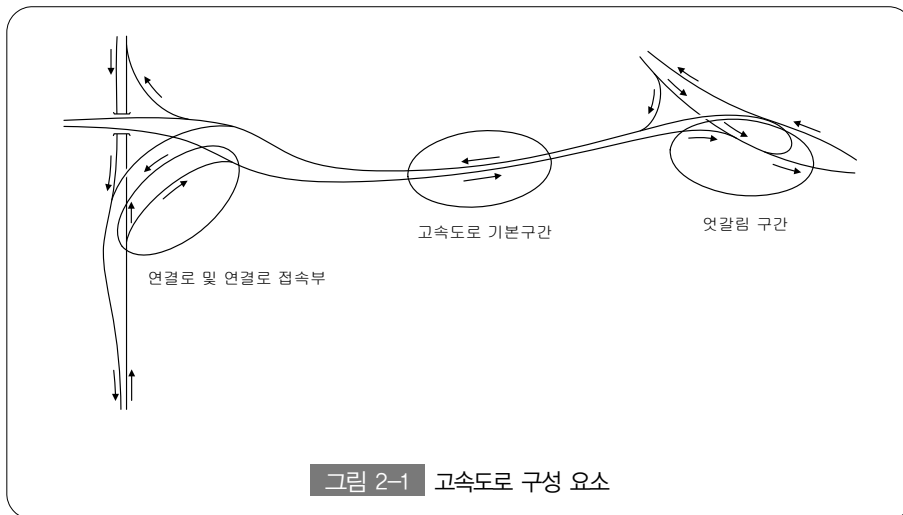
2) 엇갈림 구간

교통 통제시설의 도움 없이 두 교통류가 맞물려 동일 방향으로 상당히 긴 도로를 따라가면서 서로 다른 방향으로 엇갈리는 구간을 말한다. 엇갈림은 합류 구간에 이어 분류 구간이 있는 구간 또는 유입 연결로 바로 다음에 유출 연결로가 있어 이 두 연결로가 연속된 보조 차로로 연결되어 있는 구간에서 발생한다.

3) 연결로 접속부

유입 연결로 또는 유출 연결로가 고속도로 본선에 접속되는 구간을 말한다. 이러한 접속부에서는 합류 또는 분류 차량의 집중으로 본선의 교통 흐름이 방해를 받는다.

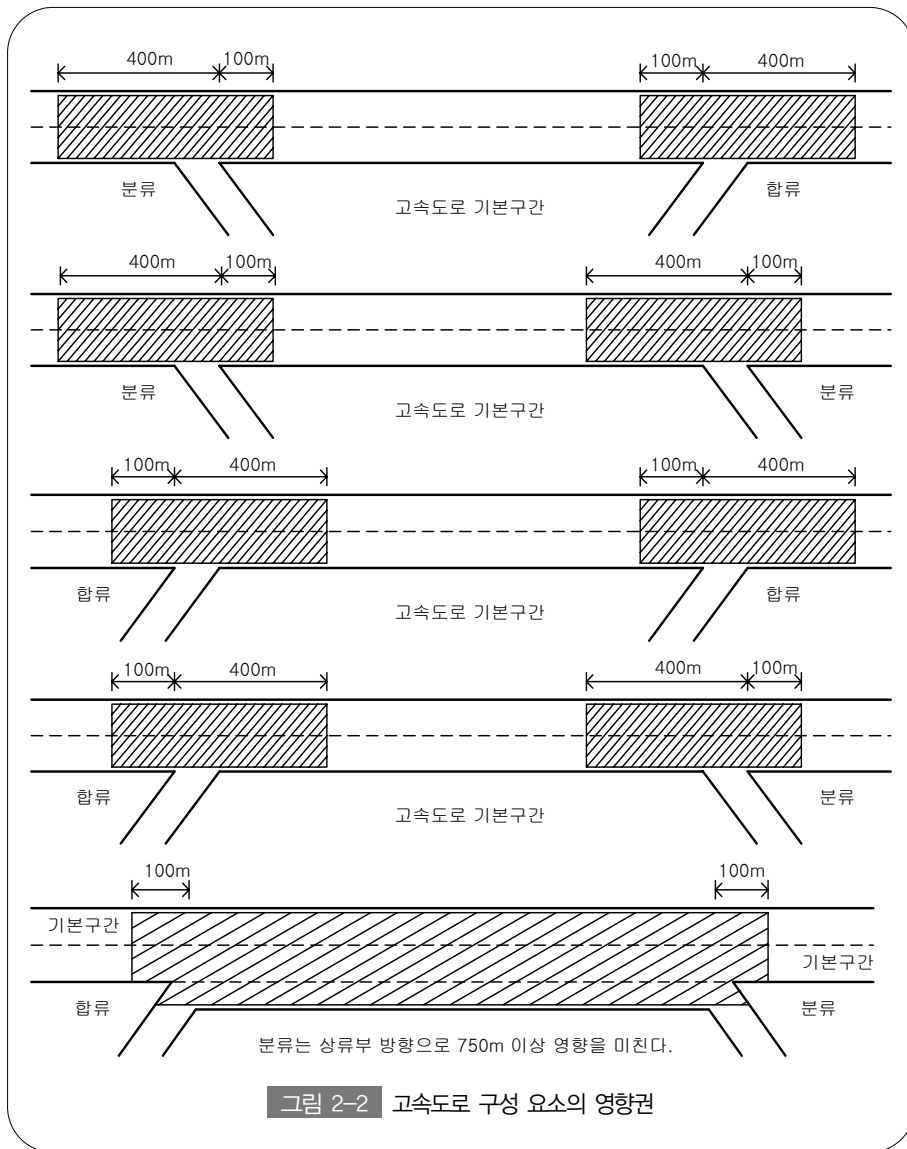
고속도로의 기본 구간은 엇갈림 또는 연결로의 영향권을 벗어난 고속도로의 구간에 위치한다. 엇갈림 구간이나 연결로 접속부의 영향권은 도로·교통 조건에 따라 변한다. 정상적인 상태인 경우에는 용량 상태에 가까워질 때 그리고, 교통사고가 일어나거나 교통수요가 늘어나 해당 구간이 혼잡할 때에는 혼잡 발생 지점부터 상당히 긴 상류부에까지 영향이 미친다.



4) 구성요소의 영향권

고속도로 기본 구간은 엇갈림 또는 연결로 차량의 영향권을 벗어난 구간에 위치하는데, 일반적으로 엇갈림 구간 또는 연결로 접속부의 영향권은 다음과 같이 설정하며(〈그림 2-2〉 참조), 이 영향권에 따라 구간을 분할하여 서비스수준을 분석한다.

- ① 엇갈림 구간 : 엇갈림이 시작되는 진입 연결로의 100m 상류 지점부터 엇갈림이 끝나는 진출 연결로의 100m 하류 지점까지의 구간
- ② 진입 연결로 : 연결로 접속부의 100m 상류 지점부터 400m 하류 지점까지의 구간
- ③ 진출 연결로 : 연결로 접속부의 400m 상류 지점부터 100m 하류 지점까지의 구간



(3) 고속도로 기본 구간의 특성

1) 기본조건

고속도로의 기본조건은 도로 기하구조, 교통 조건 그리고 주변 환경이 차량의 통행에 지장을 주지 않는 조건을 말하며, 다음과 같은 조건에 해당한다.

- ① 차로폭 3.5m 이상
- ② 측방여유폭 1.5m 이상
- ③ 승용차만으로 구성된 교통류
- ④ 평지

이러한 조건들은 용량과 서비스수준 측면에서 기본 조건에 해당하며, 안전 측면을 고려한 것이 아니다.

2) 교통류에 영향을 미치는 요인

기본 구간의 교통류에 영향을 미치는 요인은 다음과 같다.

- ① 차로폭 및 측방여유폭
- ② 중차량
- ③ 기타 조건

(가) 차로폭 및 측방여유폭

차로폭은 차로를 구분 짓는 차선(차로와 차로 경계 표시선)의 중심선에서 중심선까지의 거리를 말하며, 적정 차로폭은 3.5m이다. 차로폭이 3.5m보다 좁을 경우 운전자들은 다른 차로의 차량과 측방여유를 확보하기 위하여 서로 떨어지려고 한다. 이 때문에 운전자들은 동일 차로에서 차량간의 간격을 넓게 유지하면서 운행하려는 경향이 있다.

측방여유폭은 바깥 차로의 차선 끝에서부터 장애물까지의 거리를 말하며, 기본 조건의 측방여유폭은 1.5m 이상이다. 중앙분리대용 방호벽은 차로 끝에서부터 1.5m 내에 있어도 장애물로 간주하지 않는다.

측방여유폭의 제한에도 운전자들은 차로폭을 제한할 때와 비슷한 반응을 보인다. 도로 우측면 또는 중앙분리대의 장애물이 차로 끝에 위치한 경우 운전자들은 보통 기본조건의 상태보다 더욱 멀리 장애물로부터 떨어져 운행하려고 한다. 이와 같은 현상은 차로 내의 차량들 간에 정해진 속도에서 차량 간격을 더 넓게 하여 용량을 감소시킨다. 또, 일정한 간격으로 통행하고 있으나 차로폭 또는 측방여유폭의 제한으로 서행하여야 하는 경우도 용량을 감소시킨다.

(나) 중차량

교통류에 포함된 중차량들은 교통류에 다음과 같은 영향을 미친다.

- ① 차량 크기가 승용차보다 크므로 더 넓은 공간을 차지한다.
- ② 차량 운행 능력(감속, 가속, 속도 유지 등)이 일반적으로 승용차보다 떨어진다.
- ③ 중차량은 승용차 운전자에게 물리적, 심리적 영향을 미친다.

이와 같은 영향 때문에 중차량이 승용차 교통류에 들어오면 속도가 떨어지고, 차량 간격이 커져서 도로 용량이 감소한다.

(다) 기타 조건

도로의 노면 상태가 불량한 경우 이로 인하여 차량의 속도가 떨어지거나 용량이 감소할 수 있다. 그러나, 노면 상태는 항상 양호한 상태를 유지하는 것이 바람직하므로, 기본조건의 도로는 양호한 노면 상태를 갖는 것으로 가정한다.

기후 조건에 따라서도 노면 상태가 변하지만, 용량은 일반적으로 양호한 기후 조건의 교통 흐름에서 나타나므로 기후 조건은 양호한 상태라고 간주한다.

본 장에서는 고속도로의 기본 구간에 대한 운영 상태 분석, 계획 및 설계 분석에 대한 상세한 절차를 설명하며, 엇갈림 구간은 제 3장에서, 연결로 접속부는 제 4장에서 분석 절차를 각각 설명한다. 그리고, 고속도로의 인접 구성 요소들간의 상호 작용을 감안하여 고속도로 전 구간의 운영 상태를 분석하는 고속도로 종합 분석은 본 편람 제 5장에서 언급하고 있다.

(4) 용어 정의

- 경사 : 지형의 높낮이를 일컫는 말(%).
 - 경사 구간 : 평지가 아닌 구간.
 - 경사 길이 : 경사가 시작되는 지점에서 도로의 중심선을 따라 경사가 끝나는 지점까지의 거리.
 - 복합 경사 : 도로 구간마다 종단경사가 변하며, 그러한 지형이 차량의 운행에 미치는 영향이 계속 누적될 수 있는 지형일 때, 종단경사가 차량 운행에 미치는 영향을 종합적으로 고려하여 하나의 대표적인 종단경사로 바꾼 값.
 - 상향 경사 : 오르막 구간의 경사를 일컫는 말. 대향 교통은 하향 경사가 됨.
 - 특정 경사 구간 : 경사가 3 % 이상이고, 경사 길이가 500 m 이상인 단일 경사 구간.
 - 하향 경사 : 내리막 구간의 경사.
- 고속도로 : 차로 수가 편도 2차로 이상이고 중앙분리대가 설치된 도로로서 차량 진·출입이 완전 통제된 도로, 도로법에 의한 고속국도와 자동차 전용도로가 이에 해당됨.
- 고속도로 기본 구간 : 고속도로에서 엇갈림 구간, 연결로 접속부 등에서 엇갈림이나 합류 및 분류 차량의 영향을 받지 않는 구간.
- 교통량 : 도로의 한 지점을 일정 시간에 통과한 차량의 수.
 - 계획 교통량 : 도로 계획의 기본이 되는 교통량으로서, 목표년도의 연평균 일교통량(AADT)을 말함.
 - 설계시간 교통량(design hourly volume, DHV) : 도로 설계의 기본이 되는 장래 교통량으로, 설계 대상 구간을 지날 것으로 예상되는 1시간 교통량으로 주어지는 연평균 일교통량(AADT)에 설계시간 계수(K)를 곱하여 산출.
 - 승용차 환산 교통량 : 혼합 교통량을 승용차만으로 구성되었다고 가정하여 환산한 교통량(pcph).
 - 시간 교통량 : 실제 또는 예측한 한 시간 교통량(vph).

- 첨두시간 환산 교통량(V_P) : 1시간 관측 교통량 또는 중방향 설계시간 교통량(DDHV)을 첨두시간 계수(PHF)로 나눈 교통량. 적용 여건에 따라 승용차 단위 또는 대 단위로 표현할 수 있음.
- 최대 관찰 교통량 : 현장 조사를 통하여 조사한 교통량 중 가장 많은 교통량.
- 최대 서비스 교통량(MSF) : 기본조건과 주어진 서비스수준에서의 최대 1시간 환산 교통량(pcphpl).
- 1시간 교통량 : 1시간 동안 관측한 교통량(vph).
- 1시간 환산 교통량 : 1시간 이하의 교통량을 1시간 단위로 환산한 교통량(vph). 교통류율(flow rate)이라고도 함.
- 연평균 일교통량(average annual daily traffic, AADT) : 한 해 동안 도로의 한 지점 또는 일정 도로 구간을 지나는 양방향 교통량을 365일로 나눈 교통량.
- 교통량 대 용량비(V/c) : 통과 교통량 대 용량의 비.
- 기본 조건 : 도로 조건과 교통 조건이 개선되더라도 더 이상 용량이 증가되지 않는 조건. 고속도로의 경우, 평지 구간, 차로폭 3.5m 이상, 측방여유폭 1.5m 이상인 도로에서 교통류가 승용차만으로 구성되어 있을 때를 나타냄.
- 도로 용량 : 주어진 도로 조건에서 15분 동안 무리없이 최대도로 통과할 수 있는 승용차 교통량을 1시간 단위로 환산한 값.
- 밀도 : 특정 시각, 단위 구간에 들어 있는 차량의 대수. 특정 시각에 한 차로를 점유하고 있는 차량 수를 구간 길이로 나눈 값.
- 보정계수 : 기본 조건의 서비스 교통량을 주어진 도로 조건과 교통 조건을 반영하는 서비스 교통량으로 바꾸기 위하여 곱하는 계수.
- 부가차로(auxiliary lane) : 차량의 원활한 통행을 위하여 본선에 덧붙여 설치한 차로.
 - 양보차로(turnout) : 저속 주행 차량이 고속 주행 차량에게 통행권을 양보하기 위하여 잠시 대피해 있을 수 있는 차로.
 - 오르막 차로(climbing lane) : 경사 구간에서 저속 주행 차량이 주행 차로에서 벗어나 경사 구간을 통행할 수 있도록 설치한 차로.
 - 앞지르기 차로(passing lane) : 고속 주행 차량이 저속 주행 차량을 앞지를 수 있도록 상당히 긴 구간에 한 차로를 추가로 설치한 곳에서, 고속 주행 차량이 주행하는 차로.
- 서비스수준 : 도로를 이용하는 차량의 운행 상태의 질을 나타내는 기준.
- 서비스 교통량 : 해당 서비스수준이 유지될 수 있는 수준에서 해당 도로를 통과할 수 있는 첨두시간 환산 교통량. 기본 조건의 최대 서비스 교통량에서 차로폭 및 측방여유폭과 중차량을 고려하여 산정.
- 설계시간계수(K) : 연평균 일교통량(AADT)에 대한 설계시간 교통량(DHV) 비.
- 속도 : 단위 시간에 대한 거리 변화율(kph)
 - 설계속도(design speed) : 차량의 주행에 영향을 미치는 도로의 기하구조를 일정하게 설계하기 위하여 결정하는 속도로서, 도로 설계 요소의 기능이 충분히 발휘될 수 있는 조건에서 보통의 운전 기술을 가진 운전자가 도로의 어느 구간에서도 쾌적성을 잃지 않고 안전하게 주행할 수

있는 속도.

- 자유 속도(free flow speed) : 교통량이 거의 없는 상태에서, 다른 차량의 영향을 받지 않고, 차량이 자유롭게 주행할 수 있는 속도.
- 주행 속도(running speed) : 도로의 일정 구간을 차량이 주행할 때, 구간의 길이를 주행한 시간으로 나눈 값.
- 통행 속도(travel speed) : 도로의 일정 구간을 주행할 때, 구간 길이를 통행 시간으로 나눈 값.
- 승용차 환산계수(PCE) : 중차량 한 대와 대체될 수 있는 승용차 대수.
- 시간
 - 주행 시간(running time) : 차량이 특정 도로 구간을 지나는 데 걸린 시간으로, 정체 시간과 휴식 시간 등은 제외됨.
 - 통행 시간(travel time) : 차량이 특정 도로 구간을 통과하는 데 걸린 시간. 정체 시간과 휴식 시간을 포함함.
- 용량 : 도로의 한 지점 또는 일정 구간을 일정 시간에 통과할 수 있는 최대 차량 수.
- 중방향 : 도로의 양방향 중에서 교통량이 많은 방향.
 - 중방향 계수(D) : 양방향 교통량에 대한 중방향 교통량의 비.
 - 중방향 설계시간 교통량(directional design hourly volume, DDHV) : 교통량의 방향별 분포 차이를 고려한 설계시간 교통량. 연평균 일 교통량에 설계시간 계수(K)와 중방향 계수(D)를 곱하여 산출.
- 중차량 : 승용차보다 주행 성능이 떨어지는 차량으로서, 트럭과 버스, 특수차량을 지칭함. 소형, 중형, 대형 차량으로 구성됨.
- 중차량 혼입률(중차량 구성비) : 교통류 중에 중차량의 구성비를 말하며 %로 나타낸다.
- 첨두시간계수 : 한 시간동안 교통수요의 시간적 변동을 나타내는 계수로, 첨두시간에 관측된 15분 교통량 중에서 가장 많은 15분 교통량을 1시간 기준으로 환산한 교통량에 대한 해당 첨두시간 교통량의 비로 나타냄.
- 측방여유 : 길가에 우측 차로 선 또는 중앙분리대측 차로의 좌측 차로 선에서 장애물까지의 거리.
- 첨두시간계수(peak hour factor, PHF) : 하루 중 가장 교통량이 많은 1시간 동안의 교통량을 그 시간대에서 가장 차량 통행이 많은 15분 동안의 1시간 환산 교통량으로 나눈 값.
- 효과척도(measure of effectiveness, MOE) : 차량 통행 상태의 질을 나타내는 기준(예를 들면, 운행 속도, 지체, 밀도, 교통량 대 용량 비 등).
- 총중량/엔진성능 = 트럭의 성능을 나타내는 단위로, 트럭의 총중량을 엔진성능으로 나누어 준 값(kg/kw).

2 분석 방법론

효과 척도와 도로 용량의 개념을 바탕으로 하여 고속도로 기본구간의 서비스수준을 분석하며, 용량에 영향을 미치는 인자들을 고려한다.

(1) 서비스수준의 효과척도

고속도로를 운행하는 운전자에게 고속도로가 제공하는 서비스의 수준을 나타내는데 다음과 같은 효과척도를 사용한다.

- ① 밀도
- ② 교통량 대 용량비

1) 밀도

밀도는 특정 시각, 단위 구간에 들어 있는 차량의 대수를 말한다. 밀도는 운전자들이 원하는 대로 움직일 수 있는지의 여부 또는 고속도로 통행의 안전 측면에서 매우 중요한 앞뒤 차량과의 거리를 나타낼 수 있는 좋은 기준이므로 고속도로 서비스수준을 나타내는 주 효과척도로 사용한다.

2) 교통량 대 용량비

교통량 대 용량비는 통과 교통량 대 용량의 비를 말하며, 해당 시설을 이용하는 교통류의 상태를 설명해주는 또 다른 효과척도로, 계획 및 설계 단계에서 유용하게 이용된다.

참고로, 평균통행속도(단위 시간당 통행할 수 있는 거리의 평균값)는 운전자들에게 교통류의 서비스 수준을 느낄 수 있는 좋은 판단 기준이 되나, 고속도로에서 교통량의 변화에 따른 속도의 변화가 거의 없으므로 속도를 효과척도로 사용하지 않는다.

(2) 도로 용량과 서비스수준

- 1) 도로 용량 : 도로 용량이란 주어진 도로 조건에서 15분 동안 최대로 통과할 수 있는 승용차 교통량을 1시간 단위로 환산한 값이다.
- 2) 서비스수준 : 도로의 서비스수준이란 도로를 이용하는 차량의 운행 상태의 질을 나타내는 기준이다. 서비스 수준의 기준은 해당 도로의 특성을 가장 잘 반영할 수 있어야 하므로 도로의 종류에 따라 다를 수 있다. 서비스수준은 교통류의 질에 따라 A에서 F까지 여섯 단계로 구분한다.

1) 도로 용량

도로의 용량은 기본 조건의 용량과 주어진 조건의 용량으로 구분한다. 대부분의 도로는 기본 조건을 만족하지 못하기 때문에 각 구간의 도로 용량은 주어진 조건에 따라 다르다. 주어진 특정 구간의 용량은 기본 조건의 도로 용량에 도로 및 교통 조건에 따른 감소 요인을 반영한 보정계수를 곱하여 구한다.

2) 서비스수준

고속도로 기본 구간의 서비스수준은 밀도를 주 효과적으로 하여 판정한다. <표 2-1>은 설계 속도별 서비스수준이다. 서비스수준 A와 D의 최대 밀도 값은 관측 자료를 바탕으로 한 것이다. 서비스수준 E의 최대 밀도값은 용량 상태에서 교통류가 지속적으로 발생할 경우 예상되는 최대값이다. 이 표에서 교통량과 관련된 척도(교통량, V/c)는 기본 조건에 대한 것으로 도로 및 교통 조건이 바뀔 경우 적용에 유의할 필요가 있다.

<표 2-1> 고속도로 기본 구간의 서비스수준

서비스수준	밀도 (pcpkmpl)	설계 속도 120kph		설계 속도 100kph		설계 속도 80kph	
		교통량 (pcphpl)	V/c 비	교통량 (pcphpl)	V/c 비	교통량 (pcphpl)	V/c 비
A	≤ 6	≤ 700	≤ 0.30	≤ 600	≤ 0.27	≤ 500	≤ 0.25
B	≤ 10	≤ 1,150	≤ 0.50	≤ 1,000	≤ 0.45	≤ 800	≤ 0.40
C	≤ 14	≤ 1,500	≤ 0.65	≤ 1,350	≤ 0.61	≤ 1,150	≤ 0.58
D	≤ 19	≤ 1,900	≤ 0.83	≤ 1,750	≤ 0.80	≤ 1,500	≤ 0.75
E	≤ 28	≤ 2,300	≤ 1.00	≤ 2,200	≤ 1.00	≤ 2,000	≤ 1.00
F	> 28	-	-	-	-	-	-

주) 이 표의 교통량 관련 기준은 각 설계 속도 수준에서 기본 조건의 도로 및 교통상태에서 정해진 것임.

정체 상태를 나타내는 서비스수준 F는 고속도로에서 대기 행렬이 형성되었을 때 발생된다. 서비스수준 F의 밀도는 발생한 대기 행렬 내에서 급격하게 증가하는 경향이 있고 서비스수준 E의 밀도 기준보다 급격하게 커진다.

<그림 2-3>은 고속도로 기본 구간의 속도-교통량 관계 곡선이고, <그림 2-4>는 고속도로 기본 구간의 밀도-교통량 관계 곡선이다.

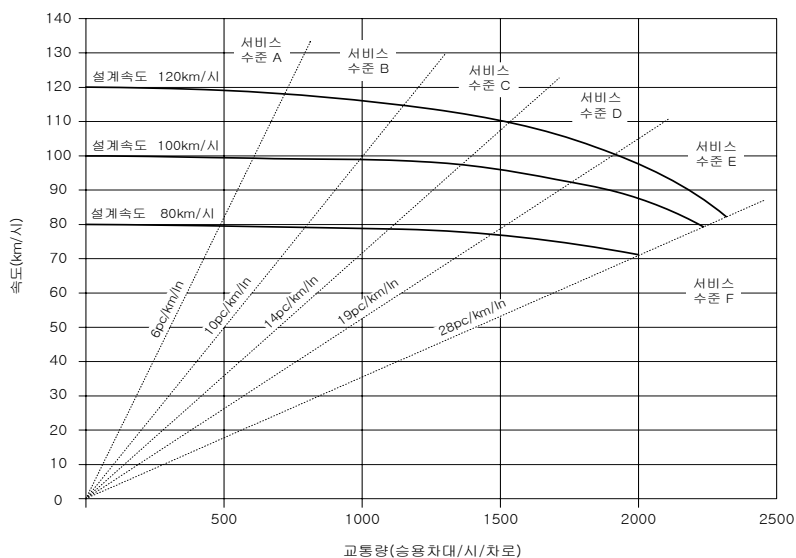


그림 2-3 고속도로 기본 구간의 속도-교통량 곡선과 서비스수준

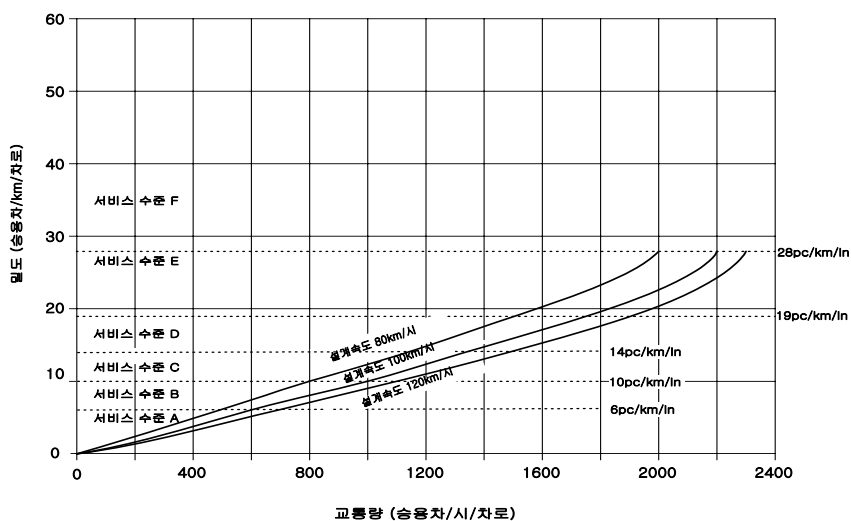


그림 2-4 고속도로 기본 구간의 밀도-교통량 곡선과 서비스수준

(3) 서비스수준별 운행 특성

각 서비스수준에서 교통류의 운행 특성은 다음과 같다.

- ① **서비스수준 A** : 서비스수준 A는 원칙적으로 완전한 자유 통행 상태를 나타낸다. 차량들은 교통류 속에서 거의 방해받지 않고 운행할 수 있기 때문에, 운전자들에게 물리적으로나 심리적으로 아주 편안한 수준을 제공한다. 가벼운 사고나 고장의 영향은 이러한 서비스수준에서는 쉽게 흡수될 수 있다.
- ② **서비스수준 B** : 서비스수준 B는 상당히 양호한 자유 통행 상태를 나타낸다. 이러한 교통류 속의 운전자들은 통행하는 데 약간의 제한을 받으며, 물리적, 심리적으로 편안함을 느낀다. 가벼운 사고나 고장의 영향은 아직은 쉽게 흡수될 수 있는 상태이지만, 부분적으로 서비스수준 A보다는 다소 악화될 수 있다.
- ③ **서비스수준 C** : 서비스수준 C는 안정된 운행 상태를 제공하지만 교통량이 조금만 증가하더라도 서비스 질이 많이 떨어지는 범위에 접근한 교통류 상태이다. 교통류 속에서 통행 자유도는 상당히 제한을 받으며 차로를 변경하는 데 주의를 기울여야 한다. 이 서비스수준에서, 가벼운 사고의 영향은 흡수될 수 있지만, 사고 발생시 서비스수준은 크게 떨어진다. 운전자들은 안전하게 운행하기 위해 더욱 더 주의를 기울여야 하기 때문에 다소 긴장한다.
- ④ **서비스수준 D** : 서비스수준 D는 안정된 흐름이지만, 이 수준을 조금만 넘어서도 서비스 질이 크게 떨어지며, 불안정 교통류가 된다. 교통류 속에서 통행 자유도는 상당히 제한되며, 운전자들은 물리적, 심리적으로 심하게 압박 받는다. 가벼운 사고나 고장이 발생해도 교통류가 그로 인한 영향을 흡수할 여유가 없으므로, 상당히 지체하게 된다.
- ⑤ **서비스수준 E** : 서비스수준 E에서 차량들은 매우 불안정한 상태로 통행한다. 통행을 방해하는 요소들, 즉 연결로부터의 유입 차량, 차로 변경 차량 등이 있을 때 통행 차량들은 이러한 차량들의 진입에 의해 통행이 제약을 받으며, 이로 인한 교통류 방해과는 상류로 전파된다. 서비스수준 E와 서비스수준 F 사이의 경계는 용량 상태를 나타낸다. 용량 상태의 교통류는 어떠한 사소한 방해 요인도 분산시켜 흡수할 여유가 없으므로 가벼운 혼잡 요인이 개입되어도 오래 동안 교통류가 지체된다.
- ⑥ **서비스수준 F** : 서비스수준 F는 교통 수요가 교통 용량을 넘어서서 통행이 와해된 상태를 말한다. 이러한 통행 와해 상태는 다음과 같은 곳에서 발생한다.
 - ㉠ 교통사고로 인하여 용량이 일시적으로 감소하는 곳.
 - ㉡ 도착 교통량이 그 지점을 통과할 수 있는 교통량보다 많은 곳으로서, 특히 합류부, 엇갈림 구간, 차로 축소 지점은 차로 기하구조상 혼잡이 자주 일어나는 곳.
 - ㉢ 예측 상황에서, 첨두시간 교통량이 용량을 초과하는 지점.

(4) 서비스 교통량과 용량보정계수

1) 기본 조건에서 차로당 최대 서비스 교통량

〈표 2-1〉은 설계 속도별로 기본 조건에서 차로당 최대 서비스 교통량 값을 나타낸 것이다. 서비스 수준별 최대 서비스 교통량은 V/c 비율과 관계가 있다.

$$MSF_i = c_j \times (V/c)_i \quad (\text{식 2-1})$$

여기서,

MSF_i = 서비스수준 i에서 차로당 최대 서비스 교통량(승용차/시/차로, pcphpl)

c_j = j 설계 속도의 용량(pcphpl)

$(V/c)_i$ = 서비스수준 i에서 교통량 대 용량비

2) 서비스 교통량

주어진 도로 조건과 교통 조건에 대한 서비스 교통량(vph)은 기본 조건의 최대 서비스 교통량(pcphpl)을 기준으로 차로폭 및 측방여유폭과 중차량을 고려하여 산출한다.

$$SF_i = MSF_i \times N \times f_W \times f_{HV} \quad (\text{식 2-2})$$

$$= c_j \times (V/c)_i \times N \times f_W \times f_{HV} \quad (\text{식 2-3})$$

여기서,

SF_i = 서비스수준 i에서 주어진 도로 및 교통 조건에 대한 서비스 교통량(vph)

N = 편도 차로 수

f_W = 차로폭 및 측방여유폭 보정계수

f_{HV} = 중차량 보정계수

3) 첨두시간계수(PHF)

첨두시간계수는 한 시간동안 교통수요의 시간적 변동을 나타낸다. 이 계수는 첨두시간에 관측된 15분 교통량 중에서 가장 많은 15분 교통량을 1시간 기준으로 환산한 교통량에 대한 해당 첨두시간 교통량의 비로 나타낸다. 이 값이 1.00에 가까울수록 교통량의 시간적 변화가 적은 것을 의미한다. 교통류를 관측해 보면, 첨두 15분 동안 가장 많이 관측된 교통류가 한 시간동안 지속되지 않는데, 첨두시간계수(PHF)는 이러한 현상을 반영한 것이다.

4) 용량 보정계수

(가) 차로폭 및 측방여유폭 보정계수

차로폭 및 측방여유폭에 대한 보정계수는 차로폭과 측방여유폭이 교통류에 미치는 영향을 반영하는 보정계수이다. 측방여유폭은 길어깨 차로 및 중앙분리대 차로의 포장단에서부터 운전자에게 인식되는 장애물까지의 거리를 말한다. 설치된 장애물의 성격에 따라 그 여유폭이 교통류에 미치는 영향이 달라지지만, 용량 산정 절차에서는 장애물의 특성에 따른 세밀한 분석은 수행하지 않는다. 또, 운전자의 통행에 별다른 영향을 미치지 않는 방호울타리나 중앙분리대 등은 장애물로 간주하지 않는 것이 보통이다.

차로폭 및 측방여유폭에 대한 보정계수(f_w)는 기본 조건인 차로폭 3.5m 이상과 측방여유폭 1.5m 이상을 기준으로 하여 산출한다.

〈표 2-2〉는 고속도로 차로폭 및 측방여유폭에 대한 보정계수이다.

(나) 중차량 보정계수

중차량 보정계수는 중차량이 교통류에 미치는 영향을 나타내기 위한 보정계수이다. 중차량에 대한 보정계수를 얻기 위해서는 다음 2가지 단계를 거쳐야 한다.

- ① 해당 도로의 교통 조건 및 도로 조건을 고려하여, 중차량에 대한 승용차 환산계수를 산출한다.
중차량의 차종 분류는 평지 구간에서 2.5톤 미만의 트럭과 16인승 미만 승합차는 소형, 2.5톤 이상의 트럭과 16인승 이상 버스는 중형, 세미 트레일러 또는 풀 트레일러는 대형으로 각각 구분하고 경사 구간에서는 모든 중차량을 하나의 중차량으로 간주한다.
- ② ①단계에서 산출한 승용차 환산계수와 각 중차량의 구성비를 고려하여 지형별로 중차량 보정계수(f_{HV})를 결정한다.

〈표 2-2〉 고속도로 기본 구간의 차로폭 및 측방여유폭 보정계수

측방여유폭(m)	한쪽에만 장애물이 있을 때 ¹⁾				양쪽에 장애물이 있을 때 ²⁾			
	차로폭(m)							
	3.5 이상	3.25	3.00	2.75	3.5 이상	3.25	3.00	2.75
	4차로(편도 2차로) 고속도로							
1.5 이상	1.00	0.96	0.90	0.80	0.99	0.96	0.90	0.80
1.0	0.98	0.95	0.89	0.79	0.96	0.93	0.87	0.77
0.5	0.97	0.94	0.88	0.79	0.94	0.91	0.86	0.76
0.0	0.90	0.87	0.82	0.73	0.81	0.79	0.74	0.66
	6차로 이상(편도 3차로 이상)인 고속도로							
1.5 이상	1.00	0.95	0.88	0.77	0.99	0.95	0.88	0.77
1.0	0.98	0.94	0.87	0.76	0.97	0.93	0.86	0.76
0.5	0.97	0.93	0.87	0.76	0.96	0.92	0.85	0.75
0.0	0.94	0.91	0.85	0.74	0.91	0.87	0.81	0.70

주1) 일반적으로 콘크리트 방호벽 형태의 중앙분리대가 설치된 대부분의 (고속)도로가 해당된다.

주2) 콘크리트 방호벽 형태 이외의 중앙분리대가 설치된 경우 또는 중앙분리대가 설치되지 않은 경우(중앙선 표시)에 적용한다.

중앙선이 복선 또는 이격 설치된 경우는 대향 교통류도 장애물로 간주할 수 있으므로, 좌측의 측방여유폭은 중앙선의 중심선에서부터 차로의 포장단까지로 하며 좌측과 우측의 측방여유폭을 평균하여 구한다.

승용차 환산계수는 교통 구성뿐만 아니라 종단 경사에도 큰 영향을 받으므로 종단 경사에 따라 고속도로에서는 다음과 같이 두 지형 조건에 대해 승용차 환산계수 값을 선정한다.

- 일반지형 : 도로의 전반적인 지형 특성만을 고려하여 평지, 구릉지 및 산지로 나누어 그에 맞는 승용차 환산계수를 적용하여 중차량 보정계수를 구하는 방법.
- 특정 경사 구간 : 구간 종단 경사가 3% 이상이며, 경사 길이가 500m보다 긴 구간의 경우 특정 경사 구간으로 별도 구분하여 세부 도로 조건별 승용차 환산계수를 적용하여 중차량 보정계수를 구하는 방법.

[일반지형에 대한 승용차 환산계수]

일반지형은 다음 세 가지로 구분한다.

- 평 지 : 종단 경사, 평면선형 및 종단선형 조합에서 중차량이 지형 조건에 영향을 받지 않고 승용차와 거의 같은 속도로 주행할 수 있는 지형으로, 이 구간에는 일반적으로 2% 미만인 짧은 경사 구간이 포함된다.
- 구릉지 : 종단 경사, 평면선형 및 종단선형 조합에서 중차량의 속도가 승용차보다 감소하지만, 상당히 긴 시간동안 오르막 한계속도로 주행하지 않는 곳이다. 이 구간에는 일반적으로 2% 이상 5% 미만의 경사 구간이 포함된다.

- **산 지** : 중차량이 종단 경사, 평면선형 및 종단선형 조합으로 인하여 상당히 긴 구간을 오르막 한계속도로 주행하거나, 자주 오르막 한계속도로 주행하는 곳이다. 이 구간에는 일반적으로 5% 이상의 경사 구간이 포함된다.

〈표 2-3〉은 고속도로 일반지형에서 중차량의 승용차 환산계수이다.

〈표 2-3〉 고속도로 일반지형에서 중차량의 승용차 환산계수

차종 구분 \ 지 형	평 지	구 룡 지	산 지
소 형 (2.5톤 미만 트럭, 16인승 미만 버스)	1.0	1.2	1.5
중 형 (2.5톤 이상 트럭, 16인승 이상 버스)	1.5	3.0	5.0
대 형 (세미 트레일러 또는 풀 트레일러)	2.0		

※ 중차량에 대한 별도의 언급이 없으면 중형으로 간주함.

[특정 경사 구간에 대한 승용차 환산계수]

종단 경사가 3% 이상이고 경사 길이가 500m 이상인 구간 또는 이 조건과 같은 교통류 상태인 종단 경사와 경사 길이를 가진 구간은 별도의 구간으로 고려하여야 한다.

특정 경사 구간에서 중차량에 대한 승용차 환산계수는 〈표 2-4〉와 같다.

[복합 경사 구간에 대한 승용차 환산계수]

대부분 고속도로의 종단선형은 연속적으로 다양한 경사로 구성되어 있다. 이런 다양한 경사 구간에서 중차량의 영향을 분석하기 위해서는 우선 분석 대상 지점의 평균 경사를 산정할 필요가 있다. 평균 경사는 복합 경사의 시작점부터 분석 대상 지점까지의 높이를 전체 경사 길이로 나누어 구한다.

평균 경사 방법은 모든 경사가 4%이하일 때 혹은 복합 경사의 총 길이가 1,000m보다 짧을 때 적용된다. 이보다 더 심한 경사로 이루어졌을 경우, 상세한 적용 방법을 부록에 제시하였다. 이런 상세한 방법은 동등 환산 단일 경사를 결정하기 위하여 중차량의 가·감속 곡선과 속도를 이용한다.

〈표 2-4〉 고속도로 특정 경사 구간의 승용차 환산계수

경사 (%)	경사 길이 (km)	중차량 구성 비율(%)					
		< 5	< 10	< 20	< 30	< 40	≥ 40
< 2	모든 경우	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
< 3	≤ 0.0 ~ 0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.5 ~ 1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 1.0 ~ 1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 1.5 ~ 1.8	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	≤ 1.8 ~ 2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 2.5	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
< 4	≤ 0.0 ~ 0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.5 ~ 1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 1.0 ~ 1.2	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	≤ 1.2 ~ 1.5	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	≤ 1.5 ~ 1.8	3.5	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 1.8	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0
< 5	≤ 0.0 ~ 0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.4 ~ 0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.5 ~ 0.8	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.8 ~ 1.0	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0
	≤ 1.0 ~ 1.5	5.0	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0
	> 1.5	5.5	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5
< 6	≤ 0.0 ~ 0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.4 ~ 0.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5
	≤ 0.5 ~ 0.8	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0
	≤ 0.8 ~ 1.0	6.0	4.5	4.0	3.0	3.0	2.5
	≤ 1.0 ~ 1.5	6.5	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0
	> 1.5	7.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0
< 7	≤ 0.0 ~ 0.4	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.4 ~ 0.5	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0
	≤ 0.5 ~ 0.8	6.0	4.5	4.0	3.0	2.5	2.5
	≤ 0.8 ~ 1.0	7.5	6.0	5.0	4.5	4.0	3.5
	≤ 1.0 ~ 1.5	8.0	6.0	5.5	5.0	4.0	3.5
	> 1.5	8.0	6.5	5.5	5.0	4.0	3.5
< 8	≤ 0.0 ~ 0.4	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	≤ 0.4 ~ 0.5	6.0	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0
	≤ 0.5 ~ 0.8	8.0	6.0	5.0	4.5	4.0	3.5
	≤ 0.8 ~ 1.0	9.0	7.5	6.5	6.0	5.0	4.0
	≤ 1.0 ~ 1.5	9.5	7.5	7.0	6.0	5.0	4.0
	> 1.5	9.5	7.5	7.0	6.0	5.0	4.0
≥ 8	≤ 0.0 ~ 0.4	5.0	3.5	3.0	2.0	2.0	2.0
	≤ 0.4 ~ 0.5	8.0	6.0	5.5	4.0	4.0	3.5
	≤ 0.5 ~ 0.8	10.0	8.0	7.0	6.5	5.5	4.5
	≤ 0.8 ~ 1.0	10.5	9.0	8.0	7.0	5.5	4.5
	≤ 1.0 ~ 1.5	11.0	9.0	8.0	7.0	5.5	4.5
	> 1.5	11.0	9.0	8.0	7.0	5.5	4.5

[중차량 보정계수의 계산]

승용차 환산계수와 각 중차량의 구성비에 대해 다음 식에 따라 중차량 보정계수를 계산한다.

- 일반지형의 경우,

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)]} \text{ (평지)} \quad (\text{식 2-4})$$

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)]} \text{ (구릉지, 산지)} \quad (\text{식 2-5})$$

- 특정 경사 구간의 경우,

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)]} \quad (\text{식 2-6})$$

여기서,

E_{T1}, E_{T2}, E_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 승용차환산계수(〈표 2-3〉)

P_{T1}, P_{T2}, P_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 구성비

E_{HV} = 중차량에 대한 승용차 환산계수(〈표 2-3〉, 〈표 2-4〉)

P_{HV} = 중차량 구성비

3 분석 과정

고속도로 기본 구간의 서비스수준 분석 과정은 운영 상태 분석, 계획 및 설계 단계 분석으로 나누어 적용한다. 운영 상태 분석은 기존 도로 또는 계획도로의 서비스수준을 분석하는 데 사용하며, 계획 및 설계 단계 분석은 장래의 추정 교통량에 따라 요구되는 수준에 적절한 고속도로의 차로수를 결정하는 데 사용한다.

(1) 고속도로 분석 대상 구간의 분할

용량이나 서비스수준의 분석 대상 구간은 교통 조건과 도로 조건이 가능한 같아야 한다.(동질성 구간) 고속도로에는 동질성 구간을 세분하기 위한 경계가 있다. 예를 들면, 교통량의 변화가 있는 연결로 접속부나 특정 경사 구간의 시·종점이 동질성 구간을 나누는 경계로 이용된다.

고속도로 분석 대상 구간을 분할하는 데에는 다음과 같은 특징들을 이용한다.

- 연결로 접속부
- 차로수가 변하는 구간

- 차로폭 및 측방여유폭이 변하는 구간
- 특정 경사 구간

(2) 운영 상태 분석

운영 상태 분석은 고속도로의 특정 구간에 대해 현재 또는 장래의 운영 상태를 나타내는 서비스수준을 분석하는 것이다. 이 결과를 도로 공급 정책의 판단 지표로 삼거나 기존 도로의 효과적인 운영 개선 대안을 모색하는 데에 활용한다. 고속도로 기본구간의 운영 상태 분석은 <그림 2-5>의 분석표를 이용한다.

<그림 2-5>에서 제시한 분석표는 다음 절차에 따라 사용한다.

1) 분석대상 도로의 도로 조건과 교통 조건을 명시한다.

- ① 도로 조건 : 설계속도, 차로폭, 측방여유폭, 차로수, 지형 구분 혹은 특정 경사 구간 등
- ② 교통 조건 : 교통량, 차량 구성 비율(%), 첨두시간계수(PHF) 등

2) 주어진 도로 및 교통 조건에 대해 관련 보정계수(f_w , f_{HV})를 산출한다.

- ① f_w = 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(<표 2-2>)
- ② f_{HV} = 중차량 보정계수(다음 식을 이용)

- 일반지형일 경우

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)]} \text{ (평지)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)]} \text{ (구릉지, 산지)}$$

여기서,

E_{T1} , E_{T2} , E_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 승용차환산계수(<표 2-3>)

P_{T1} , P_{T2} , P_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 구성비

P_{HV} = 중차량(소형, 중형, 대형 모두 포함)의 구성비

E_{HV} = 중차량의 승용차 환산계수(<표 2-3>, <표 2-4>)

- 특정 경사 구간일 경우

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_{HV} (E_{HV} - 1)]}$$

- 3) 현재 또는 장래 교통량(V)을 첨두시간 환산 교통량(V_p)으로 환산한다.

교통량 단위는 대 단위 외에 승용차 단위로도 할 수 있는데, 비교되는 용량 또는 서비스 교통량 단위와 일관성을 갖게 해야 한다.

$$V_p = \frac{V}{PHF} \quad (\text{vph}) \quad (\text{식 2-7})$$

- 4) 주어진 도로 및 교통 조건에 대한 용량(c)을 산출한다.

이때 기본이 되는 용량값은 <표 2-1>의 용량 상태의 값인데, 해당 설계속도에 따른 용량(c_j , 차로당)을 뜻한다.

$$c = c_j \times N \times f_W \times f_{HV} \quad (\text{vph}) \quad (\text{식 2-8})$$

- 5) 수요 교통량(V_p)과 용량(c)에서 교통량 대 용량비(V_p/c)를 산출한다.

- 6) 산출한 교통량 대 용량비로 <표 2-1>에서 그에 상응하는 밀도값을 보간법으로 찾고 서비스수준을 판정한다.

속도를 구할 필요가 있는 경우 이 밀도값과 앞의 수요 교통량에서 계산하면 된다.

교통량과 용량 단위를 대 단위(vph)가 아닌 차로당 승용차 단위(pcphpl)로 할 경우 다음과 같이 하여 서비스수준을 판정한다.

$V_p = \frac{V}{PHF}, \quad c = c_j \times N \times f_W \times f_{HV}$	$V_p/c \rightarrow \text{밀도} \rightarrow \text{LOS}$	vph 단위
$V_p = \frac{V}{PHF \times N \times f_W \times f_{HV}}, \quad c = c_j$	$V_p/c \rightarrow \text{밀도} \rightarrow \text{LOS}$	pcphpl 단위

(3) 계획 및 설계 분석

계획 및 설계 분석은 장래의 추정 교통 수요나 도로 조건에 따라 요구되는 서비스수준을 만족하는 차로수를 결정하는 분석이다. 계획과 설계 분석의 차이는 분석 자료의 내용적 수준 차이에 있다. 계획 분석의 경우, 연평균 일교통량을 이용하여 중방향 설계시간 교통량을 산정하고, 입력 자료는 일반적인 값을 적용한다. 고속도로 기본 구간의 계획 및 설계 분석은 <그림 2-5>의 분석표를 사용한다.

계획 및 설계 분석의 분석 절차에서는 다음 절차를 이용하여 고속도로 구간별 서비스수준 및 방향별 소요 차로수를 구하거나, <그림 2-5>의 분석표를 이용하여 서비스수준을 분석한다.

차로수를 구하는 과정은 다음과 같다.

- 1) 설계속도, 차로폭, 측방여유폭, 차로수, 지형 구분 또는 특정 경사를 포함한 예상 도로 조건을 명시한다.
- 2) 중방향 설계시간 교통량($DDHV$) 이외에 차량 구성 비율(%), 침두시간계수(PHF), 속도를 포함한 예상 교통 조건을 명시하고, 수요 교통량($PDDHV$)을 산출한다.

■ 침두 설계시간 교통량($PDDHV$) 계산

$$PDDHV = \frac{DDHV}{PHF} = \frac{AADT \times K \times D}{PHF} \quad (\text{식 2-9})$$

여기서,

$PDDHV$ = 침두 설계시간 교통량(vph)

$DDHV$ = 중방향 설계시간 교통량(vph)

$AADT$ = 계획 목표년도의 연평균 일교통량(대/일, vph)

K = 설계시간 계수, D = 중방향 계수, PHF = 침두시간계수

K 값과 D 값은 해당 지역의 교통 수요 패턴에 따라 변하는데, 매년 발간되는 교통량 상시조사 자료(국토해양부, 도로교통량 통계 연보, 각 연도)를 활용하여 해당 사업에 맞게 도출하여 적용하면 된다. 적정 값을 구할 수 없는 경우 <표 1-3>, <표 2-5>의 값을 사용할 수 있다.

<표 2-5> 지역에 따른 중방향 계수(D)

구 분	도시 지역	지방 지역
중방향 계수(D)	0.60 (0.55 ~ 0.65)	0.65 (0.60 ~ 0.70)

3) 주어진 도로 및 교통 조건에 대해 관련 보정계수(f_w , f_{HV})를 산출한다.

① f_w = 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(〈표 2-2〉)

② f_{HV} = 중차량 보정계수(다음 식을 이용)

■ 일반지형일 경우

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)]} \quad (\text{평지})$$

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)]} \quad (\text{구릉지, 산지})$$

■ 특정 경사 구간일 경우

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)]}$$

4) 공급 서비스 교통량(SF_i)을 계산한다.

$$SF_i = MSF_i \times f_w \times f_{HV}$$

5) 소요 차로수(N)를 계산한다.

$$N = \frac{\text{수요 교통량}}{\text{서비스 교통량}} = \frac{PDDHV}{SF_i}$$

계산된 N 은 대부분 소수로 표시되는데, 여건에 따라 이 소수보다 크거나 작은 정수를 택할 수 있다. 고속도로 구간별 차로수의 결정은 분석 대상 도로 전체를 종합적으로 고려하여 균형 있게 결정하여야 한다. 특정 구간의 차로 감소 또는 증가는 주 교통 흐름과 차로의 연속성을 유지하는 선에서 적절하게 결정하여야 한다.

(4) 복합 경사 구간

다양한 경사가 연이어 있는 복합 경사 구간에 대한 운행 상태 분석을 위해서는 별도의 적용 방법이 필요한데, 이에 대해서는 본 편람의 예제와 부록을 통하여 설명한다.

고속도로 기본구간 분석			
대상구간 : _____		분석자 : _____	
분석일자 : _____		분석시간 : _____	
☐ 운영(LOS)		☐ 계획 및 설계(LOS)	
☐ 계획 및 설계(N)			
도로 조건		교통 조건	
설계 속도	_____ kph	교통량 (V)	_____ vph
차로폭	_____ m	AADT	_____ vpd
측방여유폭	_____ m	설계시간계수(K)	_____
차로수(일방향)	_____	중방향 비(D)	_____
일반 지형구간	☐ 평 지	DDHV = AADT × K × D	_____ vph
	☐ 구릉지	중차량 비율	_____ %
	☐ 산 지	소형(2.5톤 미만)	_____ %
특정 경사 구간	길 이 _____ m	중형(버스, 2.5톤이상)	_____ %
	구 배 _____ %	대형(세미 또는 풀 트레일러)	_____ %
		첨두시간계수(PHF)	_____
		속도(S)	_____ kph
보정계수			
N		f _w	
☐ 평지 구간		☐ 구릉지, 산지, 특정 경사 구간	
E _{T1} (소형)	E _{T2} (중형)	E _{T3} (대형)	E _{HV} (중차량)
_____	_____	_____	_____
$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)} = \underline{\hspace{2cm}}$			$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)} = \underline{\hspace{2cm}}$
운영상태분석(LOS)		계획 및 설계 분석(N)	
$V_p = \frac{V}{PHF \times N \times f_w \times f_{HV}} \quad (\text{pcphpl})$		$PDDHV = \frac{DDHV}{PHF} \quad \underline{\hspace{2cm}} \text{ vph}$	
☐ 현재 운영상태 분석		MSF _i	
밀도 (d) = $\frac{V_p}{S}$ _____ (pcpkmpl)		SF _i = MSF _i × f _w × f _{HV} _____ vphpl	
서비스수준 _____		차로수 (N) = $\frac{PDDHV}{SF_i}$ _____	
☐ 장래 운영상태 분석			
SF _i = MSF _i × N × f _w × f _{HV}			
SF _i 서비스수준	_____ vph		
서비스수준	_____ vph		
서비스수준	_____ vph		
서비스수준	_____ vph		
서비스수준	_____ vph		
서비스수준	_____ vph		

그림 2-5 고속도로 기본구간 분석표

4 특수상황

고속도로의 용량은 통상 주어진 도로 및 교통 조건 하에서 산정되지만, 도로운영 조건의 변화나 환경 조건에 의해서도 영향을 받는다. 그와 같은 대표적인 조건들이 고속도로 부지 상에서의 도로점용공사(work-zone)와 기상악화/악천후(inclement weather) 등이 될 수 있겠는데, 이 같은 상황은 반복적으로 나타나며 사전적 예측이 가능한 것들로 본 편람에서는 특수상황이라고 칭하기로 한다.

특수상황을 좀 더 구체적으로 보면 도로점용공사는 고속도로의 각종 유지보수 활동 때문에 본선의 차로를 하나 이상 점용하고 시행되는 단·중기 공사를 의미하며, 악천후는 본선에 내리는 강우, 강설 그리고 어둠(darkness)을 포함한다. 이러한 공사 및 강우, 강설, 주·야 등 악천후의 영향을 반영한 고속도로 용량은 아래의 공식처럼 계획 및 운영분석에 쓰이는 정상적인 상황에서의 기본구간 용량 혹은 공사구간 용량에 날씨 보정계수(f_{IW}), 주·야간 보정계수(f_{DK})를 선택적으로 적용하여 산정하도록 한다. 다만 공사로 인한 용량 값의 보정은 앞에서 제시된 용량 산정식을 이용하여 공사구간 용량(c_{WZ})을 구할 수 있다.

$$c'_j = c_j \text{ (혹은 } c_{WZ}) \times f_{IW} \times f_{DK}$$

여기서,

c'_j = 특수상황(공사구간, 날씨, 주야간)이 반영된 j 설계속도의 용량(vph)

c_j = j 설계속도인 고속도로 구간의 용량(vph)

c_{WZ} = 공사구간의 용량(vph)

f_{IW} = 날씨 보정계수

f_{DK} = 주야간 보정계수

고속도로의 일반적인 분석은 특수상황 조건을 전혀 고려하고 있지 않으므로 시설의 합리적인 운영을 위해서는 빈번한 도로상의 유지보수공사와 국지적이고 돌발적인 기상악화가 가지는 반복적인 용량감소 영향을 이해하고 특정 노선, 특정 구간의 운영상태 분석을 통한 사전적 계획과 대응전략 마련에 힘을 기울일 필요가 있다.

(1) 공사구간에 의한 영향

1) 공사구간의 정의 및 종류

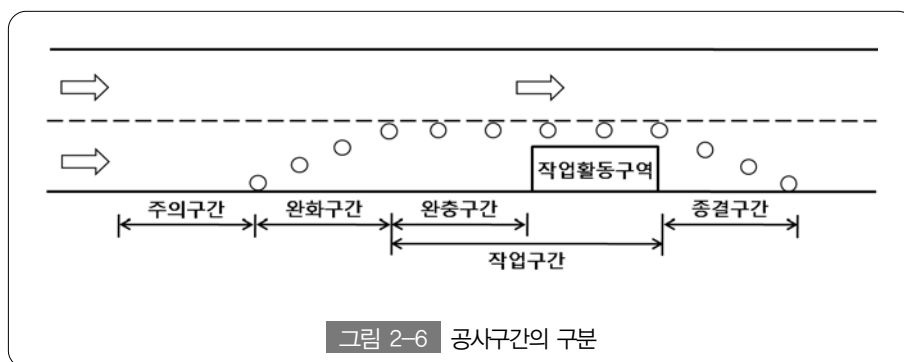
도로 공사장은 도로에서 유지활동 및 도로 점용공사가 이루어지고 있어 통행에 제한을 주는 도로의 일정한 구역 또는 구간을 말하며, 구간별 교통관리를 위해 도로 공사구간이라고도 한다.

공사의 종류는 기간에 따라 단기·중기·장기 공사로 구분되고, 공사구간은 크게 주의구간, 완화구간, 작업구간, 종결구간으로 구분한다.

고속도로의 공사구간은 높은 속도로 주행하던 차량들이 도로 공사장 부근에서 급격한 감속이 이루어지고, 다른 차로로 합류하기 위한 끼어들기 등으로 지정체가 심화되고 있다. 이러한 교통기능의 손실에 영향을 미치고 있어 집중적인 교통관리가 필요한 구간이다.

공사의 종류는 자동차 전용도로와 고속국도에서 적용하는 기준이 약간 다르다. 자동차 전용도로에서의 장기공사는 3일 초과하여 동일지점에서 공사가 수행되며, 중기 공사는 1일 이상 ~ 3일 이내 동일 지점, 단기공사는 1일 주간의 1시간 초과 동일지점 또는 야간 공사, 단시간 공사는 1일 주간의 1시간 이내 동일지점에서 수행되는 공사로 각각 구분한다. 고속국도에서는 단기와 장기공사로 구분되고, 장기공사는 1일(24시간) 이상 동일지점에서 교통제한을 행하는 공사(당일 공사완료 후 교통제한을 해제하는 경우는 제외)를 말하고 그 외는 단기공사이다.

공사구간은 주의구간, 완화구간, 작업구간(완충구간 포함), 종결구간 4개 구간으로 나누며, <그림 2-6>은 공사구간의 구분에 관한 그림이다. 공사구간 용량관측지점의 기준은 차로차단으로 인해 차로수가 완전히 줄어드는 완화구간의 최하류지점(즉 완충구간의 시작점)에서 작업구간까지로 한다.



2) 분석대상 및 목적

고속도로의 공사구간은 설계속도 100kph 이상의 고속국도와 설계속도 80kph의 도시부 자동차 전용도로에서 이루어지는 도로점용공사를 대상으로 하고 공사의 종류는 중기·단기공사만을 분석대상으로 한다.

공사구간의 분석목적은 도로점용공사 시 차로차단 등 교통제한으로 인해 교통류에 미치는 영향을 최소화할 수 있도록 공사구간의 용량을 결정하고 사전에 공사계획 시 주변 교통류에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 작업일시와 차단 차로 수 규모를 결정하는 것이다.

고속도로는 고속국도와 자동차 전용도로가 해당되고 앞에서 기술된 고속도로 기본구간의 용량과 서비스 수준에서 제시되고 있는 설계속도 120kph와 100kph, 그리고 80kph와 동일한 분석기준을 적용하여 고속도로 기본구간에서 공사구간에 의한 영향을 분석한다.

공사의 종류는 크게 단기·중기공사와 장기공사로 구분되며, 장기공사는 도로의 선형개량 또는 도로 확장 등의 필요로 인해 실시되는 경우가 대부분이고 주로 고속도로 공사구간 주변의 본선차로수를 확보, 유지하면서 공사를 진행함으로써 차로차단이 발생하지 않는다. 다만, 공사구간을 우회하는 차로 설치 시 차로폭의 축소나 선형의 변화가 발생하게 되는데 차로폭이 축소되는 경우는 기본 구간의 차로폭 감소에 대한 영향과 동일할 것이며 선형의 급격한 변화에 대한 영향은 공사구간에서 기본 구간보다 더 낮은 속도제한을 함으로써 교통류에 영향을 크게 미치지 않는다. 이에 반해 단기·중기공사는 짧은 기간 안에 공사를 완료하여 교통제한을 해제하는 것으로서 일반적으로 시설물의 보수 및 설치 등 1개 이상의 차로를 차단하고 공사를 마무리함으로써 주변 교통류에 영향을 크게 미친다.

장기공사의 경우 공사구간 주변 본선차로수와 동일하게 도로공사장 내 차로수가 확보, 유지되므로 교통류 영향이 미미한 것으로 판단하여 본 분석대상에서는 제외하고 장기공사에 대한 분석필요시 고속도로 기본구간 분석과정과 동일하게 수행하는 것으로 한다.

공사계획 단계에서 사전에 공사구간 용량을 산정한 후 작업시간, 차단 차로수 등을 결정하여 시행하게 되지만 운영 단계에서 수요가 용량을 초과하는 경우에 대한 교통영향 분석은 5장에 있는 통행 와해 상태의 분석 내용을 참고하여 대기행렬길이, 해소시간 등을 추정한다.

3) 공사구간의 기본 용량 제시

공사구간의 기본 용량은 공사구간의 기본 조건의 도로 및 교통상황에서 15분 동안 최대로 통과할 수 있는 승용차 교통량을 1시간 단위로 환산한 값이다.

고속도로의 경우 높은 속도로 주행하던 차량들이 도로 공사장 부근에서 차로변경, 합류, 가감속 등의 영향으로 공사구간 용량이 기본구간 용량보다 약 20%로 감소하고 도로 공사장 상류부에 혼잡이 자주 발생하여 심화된다.

고속도로 공사구간의 기본 용량을 설계속도에 따라 제시하면, 설계속도 80kph일 때 1,650pcphpl, 설계속도 100kph일 때 1,700pcphpl, 120kph일 때 1,750pcphpl로서 설계속도별로 약간 증가한다. <표 2-6>에서 제시된 공사구간의 기본 용량은 모든 차로감소 유형(차로차단 방식)에 대해 동일하게 적용되는 값이다.

<표 2-6> 설계속도별 공사구간의 기본 용량

공사구간 \ 설계속도	80kph	100kph	120kph
기본 용량	1,650pcphpl	1,700pcphpl	1,750pcphpl

주) * 이 표의 기준은 각 설계 속도 수준에서 기본조건의 도로 및 교통상황에서 정해진 것임.

** 설계속도 80kph는 도시지역 자동차전용도로에서 자료를 수집하여 분석, 결정된 용량값이고 설계속도 100kph 및 120kph는 전국 고속국도에서 관측된 용량값임.

공사구간 교통류에 영향을 미치는 요인은 고속도로 기본구간과 마찬가지로 차로폭 및 측방여유폭, 중차량에 의한 영향을 받으며 이 외에도 공사유형 및 강도(공사장 근로자수, 사용되는 작업차량의 수와 크기 등), 공사구간 주변 연결로의 존재 유무, 공사구간 길이 등에 의해 추가로 영향을 받는다. 그러나 공사로 인한 추가 영향 요인들은 아직 충분한 조사분석이 이루어지지 않았고 공사구간 기본 용량 결정 시 공사유형 및 강도를 포함한 여러 지점에서 관측된 용량값을 종합적으로 분석하여 결정한 값이므로 추가로 고려하지 않는다.

4) 공사구간 용량 산정식

공사구간 용량 산정은 기본 조건하에서 설계속도별 공사구간 기본 용량을 기준으로 공사 시 편도 차로 수, 차로폭 및 측방여유폭, 그리고 중차량을 고려하여 (식 2-10)을 적용하여 산출한다.

$$c_{WZ} = c_{jw} \times N \times f_W \times f_{HV} \quad (\text{식 2-10})$$

여기서,

c_{WZ} = 공사구간의 용량(vph)

c_{jw} = j 설계속도의 공사구간 기본 용량(pcphpl)

N = 공사 시 편도 차로 수

f_{HV} = 중차량 보정계수

f_W = 차로폭 및 측방여유폭 보정계수

① j 설계속도의 공사구간 기본 용량(c_{jw})

j 설계속도의 공사구간 기본 용량은 <표 2-6>을 참고한다.

② 중차량 보정계수(f_{HV})

중차량 보정계수(f_{HV})는 일반지형의 경우 (식 2-4)와 (식 2-5), 특정 경사 구간의 경우 (식 2-6)을 사용하여 산정하고 승용차 환산계수는 <표 2-3>, <표 2-4>를 참고한다.

③ 공사 시 편도 차로 수(N)

공사 시 편도 차로 수는 편도 총 차로 수(정상 편도 차로 수)에서 공사로 인해 폐쇄된 차로 수를 뺀 값을 의미한다.

④ 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(f_w)

p.25의 내용 및 <표 2-2>를 참고한다.

(2) 기상악화 및 야간 상황에 의한 영향

기상악화/악천후(Inclement Weather) 및 야간(Darkness)의 변화는 운전자의 시거 및 도로 노면상태에 영향을 주어 운전자로 하여금 운전행태에 변화를 나타나게 한다. 이는 기본조건(기상 양호 및 주간)의 상황에 비해 도로의 운영 효율을 저하시키고, 차량의 차두간격과 속도, 운전자의 시거 등에 영향을 주어 교통량이 감소하는 요인으로 작용한다.

기상악화/악천후 상황은 크게 강우와 강설의 두 가지 상황으로 구분하였으며, 기후 양호시에는 주간과 야간의 두 가지 상황으로 구분하여 도로의 용량변화를 산출한다.

1) 기상악화 및 야간 상황의 용량 산정식

기상악화 및 야간 상황의 고속도로 용량산정을 위한 서비스교통량을 산정하기 위하여, 기존 고속도로 용량 산정식에 날씨 보정계수(f_{IW})와 야간 보정계수(f_{DK})를 추가 적용하였다. 각 설계속도 수준의 기본 용량($pcphpl$)을 기준으로 차로폭 및 측방여유폭과 중차량 및 기상악화, 야간의 영향을 고려한 고속도로의 용량(vph)을 (식 2-11)과 같이 산출한다.

$$c = c_j \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_{IW} \times f_{DK} \quad (\text{식 2-11})$$

여기서,

- c = 고속도로 구간의 용량(vph)
- c_j = j 설계속도에 따른 기본 용량(pcphpl)
- N = 편도 차로 수
- f_W = 차로폭 및 측방여유폭 보정계수
- f_{HV} = 중차량 보정계수
- f_{IW} = 날씨보정계수
- f_{DK} = 야간보정계수

2) 기상악화 및 주·야 상황의 교통 특성

(가) 강우시

매년 기상청 관측 자료에 의하면 강우일수는 1년의 약 1/3로 관측되고 있으며, 최근에는 여름철 국지성 폭우가 발생하는 등 이상기후의 영향이 빈번하게 발생하고 있다. 강우 현상의 발생은 운전자의 행태와 노면 상태뿐만 아니라 차두간격과 속도에 영향을 미치게 되어 용량이 감소하게 되는 요인으로 작용한다. 따라서 강우에 따른 운행 차량의 속도 및 교통량 변화가 고속도로 기본구간의 용량 변화에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 살펴보도록 한다.

① 강우강도 정의 및 측정방법

고속도로의 강우에 의한 영향을 분석하기 위해서는 강우강도를 설정해야 한다. 강우강도는 단위면 적당 시간당 강우량(mm/hr)을 이용하며, 강우량은 분석지점에서 직접 측정하거나 기상청의 DB를 이용한다.

② 강우수준에 따른 임계교통량의 감소율

기후 양호시 대비 강우시 임계교통량의 변화량을 강우 수준별로 나누어 살펴본 결과 임계교통량의 감소율 및 날씨보정계수(f_{IW})는 <표 2-7>과 같으며, 강우수준에 따라서 임계교통량이 다르게 나타나므로 강우를 고려한 고속도로 기본구간의 용량 및 서비스 수준 산정 시 <표 2-7> 감소율을 활용한다.

<표 2-7> 고속도로 기본 구간의 강우량별 임계교통량 감소율

강우량 구분(mm/h)	설계속도 80kph	설계속도 100kph	설계속도 120kph
0	0.0%	0.0%	0.0%
0 초과~5.0 미만	3.5%	5.8%	8.5%
5.0 이상~10.0 미만	7.6%	10.3%	13.8%
10.0 이상	9.6%	13.8%	19.1%

(나) 강설시

① 강설강도 설정

강설강도는 시간당 강설량(cm/h)으로 기상청의 강설량 측정 및 기록 단위를 준용한다. 시간당 강설강도와 강설량별 강설빈도에 따라 강설강도는 <표 2-8>과 같이 3단계로 분류한다.

<표 2-8> 강설강도 분류

강설량 구분(cm/hour)	비고
0.1 미만	눈은 오지만 도로상에 쌓이지 않음
0.1 ~ 2.0	
2.1 이상	대설 및 폭설 등이 포함됨

② 강설량별 최대 교통량 감소율

최대 관측교통량(대/시)은 대상 지점을 통과한 시간당 최대 교통량(하루 동안의 시간당 교통량 중 상위 5%의 평균)으로, 일반적인 고속도로 기본구간 용량 및 서비스수준 분석 과정에 <표 2-9>의 감소율을 나타낸다.

③ 강설강도에 따른 평균 통행속도 변화

기후 양호시 대비 강설시 평균 통행속도는 전반적으로 낮아지는 경향을 보이며, 강설강도가 셀수록 감소율 증가한다. 평균 통행속도는 교통류율 수준에 따라 다른데, 용량상태에 접근할수록 평균 통행속도는 낮아진다. 따라서 교통류율 수준이 낮을 때 보다 용량상태에 가까워질수록 강설에 의한 영향이 더 높아질 것이기 때문에 기상상태를 고려한 용량 보정이 요구된다.

<표 2-9> 고속도로 기본 구간의 강설량별 최대 관측교통량 및 평균통행속도 변화량

강설량 구분(cm/h)	최대 관측교통량	평균 통행속도
0	0.0%	0.0%
0.1 미만	13.1%	13.2%
0.1 ~ 2.0	25.0%	18.6%
2.1 이상	32.7%	32.0%

(다) 주야

① 주·야 상황 구분 기준

주간과 야간의 구분은 한국천문연구원에서 제시하고 있는 시민박명시각(인공조명이 없이 인간이 활동을 할 수 없는 시간)을 기준으로 하여 주간과 야간을 구분한다.

② 주·야 변화에 따른 임계교통량의 감소율

주간 상황 대비 야간 상황의 임계교통량의 변화량을 살펴본 결과 임계교통량의 감소율 및 야간보정계수(f_{DK})는 <표 2-10>과 같다.

<표 2-10> 고속도로 기본 구간의 주·야간 임계교통량의 감소율

구분	설계속도 80kph	설계속도 100kph	설계속도 120kph
주간	0.0%	0.0%	0.0%
야간	3.3%	6.9%	8.8%

3) 기상악화 및 야간 상황의 용량산정을 위한 보정계수

고속도로 기본구간의 기상악화 및 야간 상황의 용량산정을 위한 날씨 및 야간 보정계수는 <표 2-11>과 같다.

기상악화 및 야간 상황의 용량산정을 위한 보정계수는 기본적인 도로·교통조건 하에서 기상악화 및 야간 상황이 교통류에 미치는 영향을 나타내는 계수이므로, 기본 조건이 아닌 기상악화 및 야간 상황의 경우에는 타 보정계수와 함께 적용한다.

<표 2-11> 고속도로 기본구간의 기상악화 및 야간 상황의 용량산정 보정계수

구분		설계속도 80kph	설계속도 100kph	설계속도 120kph
강우 (f_{iw})	0mm/h	1.00	1.00	1.00
	0~5.0mm/h	0.97	0.94	0.92
	5.0~10.0mm/h	0.92	0.90	0.86
	10.0mm/h 이상	0.90	0.86	0.81
강설 (f_{iw})	0cm/h	1.00		
	0.1cm/h 미만	0.87		
	0.1~2.0cm/h	0.75		
	2.1cm/h 이상	0.67		
주야 (f_{DK})	주간	1.00	1.00	1.00
	야간	0.97	0.93	0.91

5 예 제

〈예제 1〉 기본 구간의 운영 상태 분석

다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 지방지역 고속도로가 있다. 이 도로의 서비스수준을 평가하라.

도로 및 교통 조건

- ✓ 설계속도 100kph
- ✓ 양방향 4차로
- ✓ 차로폭 3.5m
- ✓ 중앙분리대측 여유 1.0m, 길어깨측 여유 2.5m
- ✓ 지형은 구릉지
- ✓ 첨두시간계수(PHF) 0.95
- ✓ 첨두시간 교통량 2,000vph(일방향)
- ✓ 중차량 구성비 20%

가 정

- ✓ 포장 상태와 기후 조건은 양호한 상태로 가정
- ✓ 중차량 구성은 2.5톤 이상의 트럭으로 가정

〈풀 이〉

1) 보정계수 값을 찾는다.

① 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(f_W , 〈표 2-2〉 참조)

$$f_W = 0.98$$

② 중차량 보정계수(f_{HV} , 〈표 2-3〉 참조)

$$E_{HV} = 3.0 \text{에서}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)} = \frac{1}{1 + 0.2(3.0 - 1)} \\ = 0.71$$

2) 교통량(V)을 첨두시간 교통량(V_P)으로 환산한다.

$$V_P = \frac{V}{PHF} = \frac{2,000}{0.95} = 2,105\text{vph}$$

3) 주어진 도로 및 교통 조건에 대한 용량(c)을 산출한다.

〈표 2-1〉에서 설계속도 100kph일 때 용량 $c_j = 2,200$ 이다.

$$c = c_j \times N \times f_W \times f_{HV} = 2,200 \times 2 \times 0.98 \times 0.71 = 3,062 \text{vph}$$

4) 교통량 대 용량비(V_P/c)를 산출한다.

$$V_P/c = 2,105/3,062 = 0.69$$

5) 〈표 2-1〉에서 V_P/c 에 상응하는 밀도값을 보간법으로 찾고 서비스수준을 판정한다.

$$V_P/c = 0.69 \rightarrow \text{밀도} = 15.8, \text{서비스수준} = D$$

〈예제 2〉 복합 경사 구간의 운영 상태 분석

다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 지방지역 고속도로가 있다. 첨두시간 동안 오르막 방향의 운영 서비스수준을 평가하라.

도로 및 교통 조건

- ✓ 설계속도 120kph
- ✓ 양방향 4차로
- ✓ 차로폭 3.6m
- ✓ 중앙분리대쪽 측방여유는 1.0m, 노측 차로끝 부터 3.0m 떨어져 암벽 있음
- ✓ 1,500m의 3%와 500m의 6%의 연속된 경사를 가진 복합 경사 구간
- ✓ 첨두시간계수(PHF) 0.95
- ✓ 첨두시간 교통량 1,800vph(일방향)
- ✓ 중차량 구성비 30%

가 정

- ✓ 포장 상태와 기후 조건은 양호한 상태로 가정
- ✓ 중차량 구성은 2.5톤 이상의 트럭으로 가정

〈풀 이〉

- 1) 동등 환산 단일 경사를 산정한다.

부록의 방법에 따라 산출한 동등 환산 단일 경사는 5.0%, 경사 길이 2,000m이다.

- 2) 보정계수 값을 찾는다.

- ① 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(
- f_W
- , 〈표 2-2〉 참조)

$$f_W = 0.98$$

- ② 중차량 보정계수(
- f_{HV}
- , 〈표 2-4〉 참조) : 중차량 30%, 경사 5.0%, 경사 길이 2,000m

$$E_{HV} = 4.0 \text{에서}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)} = \frac{1}{1 + 0.3(4.0 - 1)} \\ = 0.53$$

- 3) 교통량을 첨두시간 교통량으로 환산한다.

$$V_P = \frac{V}{PHF} = \frac{1,800}{0.95} = 1,895 \text{vph}$$

- 4) 주어진 도로 및 교통 조건에 대한 용량(
- c
-)을 산출한다.

〈표 2-1〉에서 설계속도 120kph일 때 용량 $c_j = 2,300$ 이다.

$$c = c_j \times N \times f_W \times f_{HV} = 2,300 \times 2 \times 0.98 \times 0.53 = 2,389 \text{vph}$$

- 5) 교통량 대 용량비(
- V_P/c
-)를 산출한다.

$$V_P/c = 1,895/2,389 = 0.79$$

- 6) 〈표 2-1〉에서
- V_P/c
- 에 상응하는 밀도값을 보간법으로 찾고 서비스수준을 판정한다.

$$V_P/c = 0.79 \rightarrow \text{밀도} = 17.9, \text{서비스수준} = D$$

〈예제 3〉 현재와 3년 이후의 기본구간 운영 상태 분석 및 확장 시기 결정

다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 도시지역 고속도로가 있다. 이 지역의 교통 수요는 매년 4%정도의 증가 추세를 보일 것으로 예측된다. 현재와 3년 후의 서비스수준을 평가하고 확장이 필요한 시기를 결정하라.

도로 및 교통 조건

- ✓ 설계속도 80kph
- ✓ 양방향 6차로
- ✓ 차로폭 3.5m
- ✓ 측방여유폭 1.5m
- ✓ 지형은 평지
- ✓ 침투시간계수(PHF) 0.95
- ✓ 침투시간 교통량(일방향)
: 3,000 vph(현재), 3,375 vph(3년 후)
- ✓ 중차량 구성비 10%

가 정

- ✓ 포장 상태와 기후 조건은 양호한 상태로 가정
- ✓ 중차량 구성은 2.5톤 이상의 중형 트럭으로 가정
- ✓ 확장이 요구되는 서비스수준은 D(하한치)로 가정

〈풀 이〉

1) 보정계수 값을 찾는다.

- ① 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(f_W , 〈표 2-2〉 참조)

$$f_W = 1.00$$

- ② 중차량 보정계수(f_{HV} , 〈표 2-3〉 참조)

$$E_{HV} = 1.5 \text{에서}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)]} = \frac{1}{1 + 0.1(1.5 - 1)} = 0.95$$

2) 교통량을 침투시간계수로 보정하여 침투시간 교통량을 산출한다.

$$\begin{aligned} V_P &= \frac{V}{PHF} \\ &= \frac{3,000}{0.95} = 3,158\text{vph(현재)} \\ &= \frac{3,375}{0.95} = 3,553\text{vph(3년 후)} \end{aligned}$$

3) 주어진 도로 및 교통 조건에 대한 용량(c)을 산출한다.

〈표 2-1〉에서 설계속도 80kph일 때 용량 $c_j = 2,000$ 이다.

$$c = c_j \times N \times f_w \times f_{HV} = 2,000 \times 3 \times 1.0 \times 0.95 = 5,700 \text{vph}$$

4) 현재와 3년 후의 교통량에 대해 각각의 교통량 대 용량비를 계산하여 밀도를 산출, 서비스수준을 판정한다.

① 현재 : $V_P/c = 3,158/5,700 = 0.55 \rightarrow \text{밀도} = 13.3 \rightarrow \text{서비스수준 C}$

② 3년 후 : $V_P/c = 3,553/5,700 = 0.62 \rightarrow \text{밀도} = 15.2 \rightarrow \text{서비스수준 D}$

5) 교통량이 확장 서비스수준(LOS D) 하한치를 초과할 때의 연도를 구한다.

설계속도 80kph에서 $c_j = 2,000$, $V/c = 0.75$ 이므로,

$SF_i = c_j \times (V/c)_i \times N \times f_w \times f_{HV}$ 에서

$$SF_D = 2,000 \times 0.75 \times 3 \times 1.0 \times 0.95 = 4,275 \text{vph}$$

$$3,158 \times 1.04^n = 4,275 \text{에서 } n = 7.72 \text{년}$$

따라서, 확장 사업 완공이 되어야 하는 시기는 7년 후이며, 공사 기간이 3년이 소요된다면 4년 후 확장을 시작해야 한다.

〈예제 4〉 지방지역 고속도로의 설계시 차로수 결정

다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 지방지역 고속도로를 설계하고자 한다. 이 도로의 운영 상태를 C로 유지하려면 몇 차로로 설계해야 하는가?

도로 및 교통 조건

✓ 설계속도 100kph	✓ 첨두시간계수(PHF) 0.90
✓ 차로폭 3.5m	✓ 중방향 설계시간 교통량(DDHV) 3,500대/방향
✓ 측방여유폭 1.5m	✓ 중차량 구성비 25%
✓ 지형은 평지	(2.5톤 이상의 트럭 23%, 세미트레일러 차량 2%)

가 정

- ✓ 포장 상태와 기후 조건은 양호한 상태로 가정

〈풀 이〉

- 1) 설계시간 교통량을 첨두시간계수로 보정한다.

$$PDDHV = \frac{DDHV}{PHF} = \frac{3,500}{0.90} = 3,889\text{vph}$$

- 2) 최대 서비스 교통량을 계산한다.(〈표 2-1〉 참조)

$$MSF_C (\text{설계속도 } 100\text{kph}) = 1,350\text{pcphpl}$$

- 3) 보정계수 값을 찾는다.

- ① 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(f_W , 〈표 2-2〉 참조)

$$f_W = 1.00.$$

- ② 중차량 보정계수(f_{HV} , 〈표 2-3〉 참조)

$$E_{T2} = 1.5, E_{T3} = 2.0 \text{에서}$$

$$\begin{aligned} f_{HV} &= \frac{1}{[1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)]} \\ &= \frac{1}{1 + 0.23(1.5 - 1) + 0.02(2.0 - 1)} = 0.88 \end{aligned}$$

- 4) 공급 서비스 교통량 SF_i 를 산정한다.

$$SF_i = MSF_i \times f_W \times f_{HV} \text{에서}$$

$$SF_C = 1,350 \times 1 \times 0.88 = 1,188\text{vphpl}$$

- 5) 차로수(N)를 결정한다.

$$N = \frac{PDDHV}{SF_i} = \frac{3,889}{1,188} = 3.27 \text{ 차로/방향}$$

따라서, 설계 서비스수준이 C인 점을 감안하면 편도 4차로가 필요하다.

〈예제 5〉 도시부 고속도로의 계획시 차로수 결정

다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 도시 순환 고속도로를 계획하고자 한다. 이 도로가 서비스수준 D로 운영되도록 하기 위한 적정 차로수를 결정하라.

도로 및 교통 조건

- ✓ 설계속도 80kph
- ✓ 차로폭 3.5m
- ✓ 측방여유폭 1.5m
- ✓ 지형은 구릉지
- ✓ 첨두시간계수(PHF) 0.95
- ✓ 연평균 일교통량(AADT) 50,000 vpd
- ✓ 설계시간계수(K) 0.09
- ✓ 중방향 비(D) 0.60
- ✓ 중차량 구성비 15%

가 정

- ✓ 포장 상태와 기후 조건은 양호한 상태로 가정
- ✓ 중차량 구성비는 2.5톤 이상의 트럭으로 가정

〈풀 이〉

- 1) 연평균 일교통량을 첨두 설계시간교통량으로 환산한다.

$$PDDHV = \frac{AADT \times K \times D}{PHF} = \frac{50,000 \times 0.09 \times 0.60}{0.95} = 2,842\text{vph}$$

- 2) 최대 서비스 교통량(MSF_i)을 계산한다.(〈표 2-1〉 참조)

$$MSF_D(\text{설계속도 } 80\text{kph}) = 1,500\text{pcphpl}$$

- 3) 보정계수의 값을 찾는다.

- ① 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(f_w , 〈표 2-2〉 참조)

$$f_w = 1.00$$

- ② 중차량 보정계수(f_{HV} , 〈표 2-3〉 및 〈표 2-4〉 참조)

$$E_{HV} = 3.0 \text{에서}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)} = \frac{1}{1 + 0.15(3.0 - 1)} = 0.77$$

4) 서비스 교통량 기준(SF_D)을 계산한다.

$$SF_i = MSF_i \times f_W \times f_{HV} \text{ 에서}$$

$$SF_D = 1,500 \times 1 \times 0.77 = 1,155 \text{ vphpl}$$

5) 차로수(N)를 결정한다.

$$N = \frac{PDDHV}{SF_i} = \frac{2,842}{1,155} = 2.46 \text{ 차로/방향}$$

따라서, 설계 서비스수준이 D인 점을 감안하면 편도 3차로가 필요하다.

〈부록 A〉 복합 경사 구간 분석

고속도로의 분석 대상 구간이 다양한 경사가 연이어 있을 경우, 경사가 3%보다 크지 않거나 경사 길이가 1km를 초과하지 않을 경우는 평균 경사 방법으로 경사를 산정하여 분석에 적용하면 된다. 산정된 평균 경사는 전체 경사를 대표할 수 있다.

그러나, 경사 조건이 다른 경우, 즉 총 경사 길이가 1km를 넘거나 경사가 3% 이상일 경우는 복합 경사 분석 방법을 사용한다. 복합 경사 분석 방법은 다양한 경사 구간에서 발생하는 트럭의 최저 속도와 동일하게 주행할 수 있는 경사와 경사 길이를 산정하여 분석에 활용한다.

본 절에서 적용한 가·감속 성능 곡선은 총중량/엔진성능이 100kg/kw(170lb/hp)인 트럭의 성능 곡선이다. 이 곡선은 동일 환산 단일 경사를 산정하기 위하여 사용된다.

다음은 복합 경사 구간을 동등한 단일 경사 구간으로 환산하는 과정을 설명하기 위한 예이다.

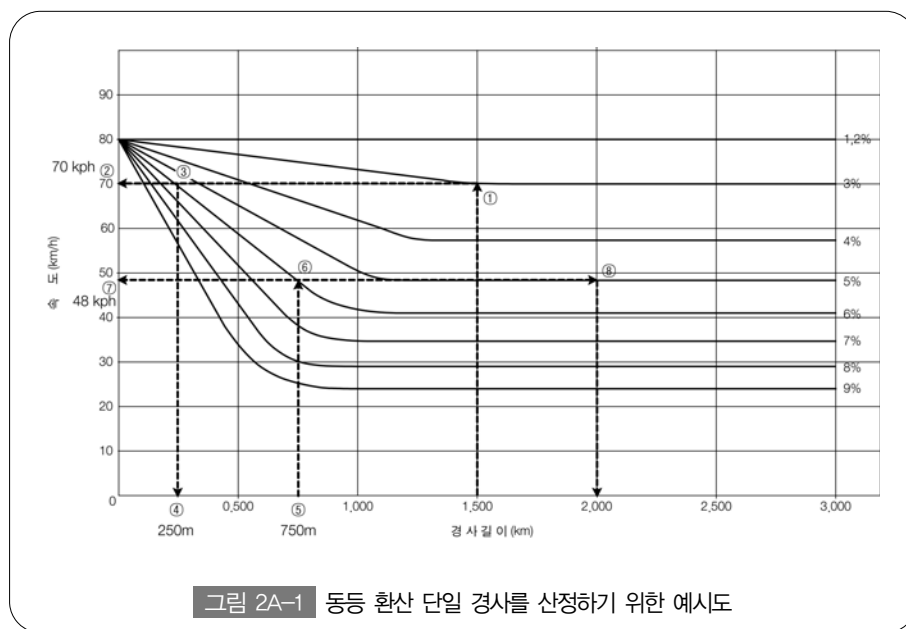
1,500m의 3% 상향 경사 구간과 500m의 6% 상향 경사의 연속된 경사를 가진 복합 경사 구간이다.

만약, 이러한 복합 경사 구간을 평균값의 개념을 이용하면 다음과 같이 평균 경사를 도출해 낼 수 있다.

- 총 경사 높이 = $(1,500 \times 0.03) + (500 \times 0.06) = 75\text{m}$
- 평균 경사 = $75 / 2,000 = 0.0375$ (3.75%)

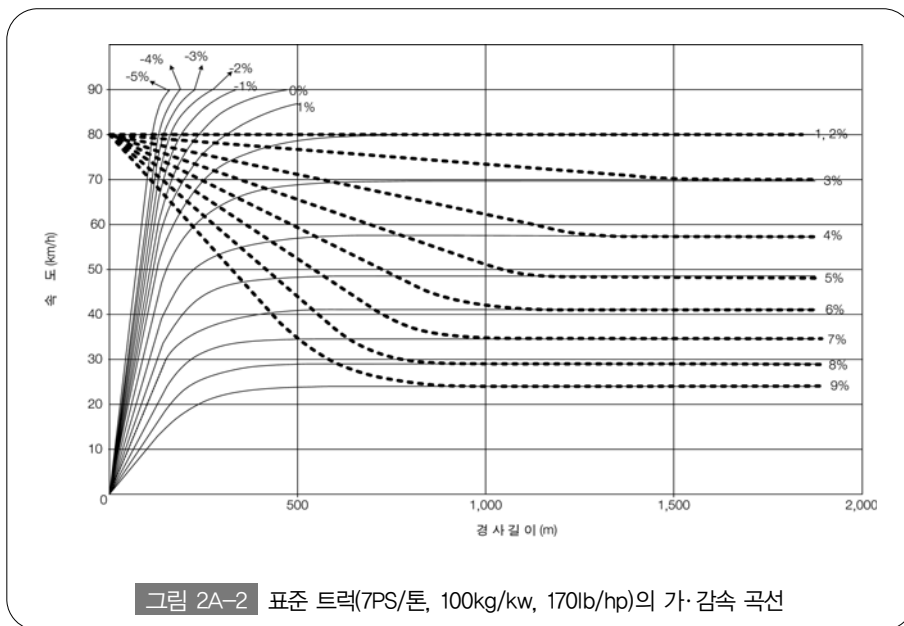
이러한 분석 방법은 교통 상태를 지나치게 단순화시켜 분석하여 제대로 규명하지 못하는 한계가 있다. 반면, 이를 복합 경사 구간으로 간주하여 상세히 분석해 보면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다(〈그림 2-6〉 참조).

- (가) 트럭 가·감속 곡선의 수평축 1,500m 지점에서 수직으로 직선 ①을 그어 3% 감속 곡선과의 교점을 찾는다. 이 점에서 수직 축까지 수평으로 직선을 그어 수직 축과의 교점 ②, 즉 트럭 속도 70kph를 찾는다. 이 때의 속도 70kph는 3% 경사 구간 종점(1,500m 지점)의 속도이면서 동시에 6% 경사 구간 시점의 속도를 나타낸다.
- (나) ② 70kph의 수평선과 6% 감속 곡선과의 교점 ③에서 수직으로 직선 ④를 긋는다. 이는 3% 경사 구간의 1,500m 경사 길이를 주행했을 때의 속도(70kph)는 6% 경사 구간을 250m 주행했을 때의 속도(70kph)가 동일한 영향을 줌을 의미한다.
- (다) 250m에서 500m를 더한 750m 지점에서 수직으로 직선 ⑤를 그어 6% 감속 곡선과의 교점 ⑥을 찾는다. 이 점에서 수평으로 직선을 그어 수직 축과의 교점 ⑦, 즉 트럭의 속도 48kph를 찾는다. 이 때의 속도는 6% 경사 구간 종점(500m 지점)의 트럭의 주행속도를 나타내며, 분석 대상 구간에서 트럭의 최종 속도를 의미한다.
- (라) 동등 환산 단일 경사 구간은 속도 48kph의 수평축과 경사 구간 길이 2,000m 지점의 수직 축과의 교점 ⑧에 의해 경사 5.0%와 경사 길이 2,000m로 결정된다. 이 결과는 앞의 평균 경사 산출법에 의한 결과(3.75%, 2,000m)와는 차이가 있다. 따라서, 승용차환산계수(E_{HV})의 계산은 5.0% 경사와 2,000m 경사 길이에 기초하여 계산할 수 있다.



- 복합 경사 구간의 동등 환산 단일 경사를 찾기 위한 일반적인 방법은 다음과 같이 요약할 수 있다.
- (가) 첫 번째 구간의 경사와 경사 길이를 <그림 2A-2>에 표기한다. 여기서, 첫 번째 구간 종점에서의 트럭 속도를 찾는다.

- (나) 1단계에서 산정된 트럭 속도와 두 번째 구간의 경사가 교차되는 점으로부터 경사 길이를 찾는다.
이 점은 다음 구간의 출발 지점으로 사용한다.
- (다) 2단계에서 구한 경사 길이에 두 번째 구간의 경사 길이를 더한 다음, 이 경사 길이에서부터 두 번째 구간의 종점의 속도를 결정한다.
- (라) 만약, 이후에 다른 경사 구간이 있을 경우, 1 ~ 3단계를 반복한다.
- (마) 동등 환산 단일 경사를 산정하기 위하여 최저 트럭 속도와 총 경사 길이를 <그림 2A-2>에 표기한다.

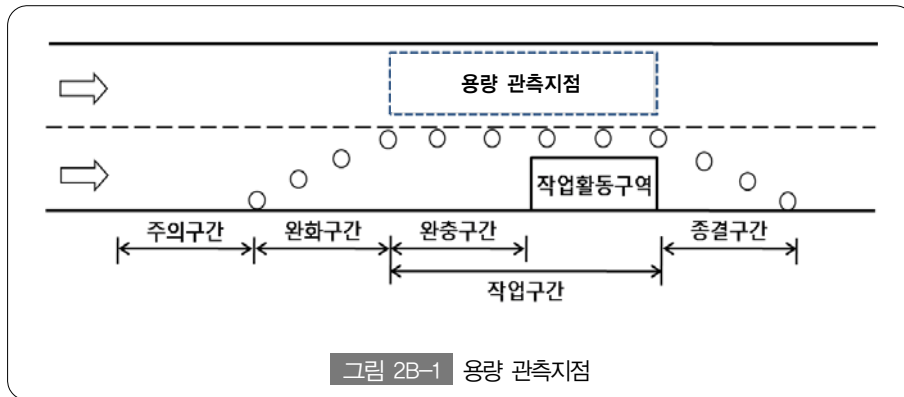


복합 경사 구간 분석에 있어서 가장 중요한 것은 트럭의 최저 속도를 찾는 것이다. 왜냐하면 트럭의 속도가 최저가 될 때 교통의 흐름에 가장 큰 영향을 주기 때문이다. 그리고 트럭의 속도가 최저가 되는 지점은 연속적인 다양한 경사 구간에서 언제나 마지막 구간에서 나타나는 것은 아니다. 예를 들면, 2,000m의 4% 경사 구간 다음에 연속적으로 1,000m의 2% 경사 구간이 존재한다면 트럭의 최저 속도가 되는 지점은 4% 경사 구간의 종점이다.

트럭의 가·감속 곡선을 이용한 복합 경사 구간 분석은 모든 경우의 복합 경사에서 적용이 가능한 것은 아니다. 만약, 첫 번째 경사 구간이 하향 경사이고 경사 길이가 길거나 너무 짧은 경우는 트럭의 가·감속 곡선을 이용한 분석을 수행할 수 없다. 이러한 경우는 현장에서 관측한 속도를 토대로 적절한 승용차 환산계수를 적용해야 할 것이다.

〈부록 B〉 공사구간 용량 관측지점 및 다양한 공사유형별 기본 용량

공사구간의 용량 관측지점은 〈그림 2B-1〉과 같이 완화구간이 끝나는 이후인 작업구간과 실 공사구간에서 관측되는 것이 일반적이다. 완화구간의 테이퍼 종점부는 본선 차로의 차량들이 개방 차로로 이동하기 위하여 차로 변경을 시도하는 구간으로서 2개 이상의 차로 교통류가 개방 차로로 합류하는 과정을 모두 마친 상태에서 관측되는 교통량으로 규정할 수 있다. 이는 완화구간 이후 차로 변경이 모두 끝난 차량들이 동일한 차로에서 일정거리 이상 하류부로 주행하면서 발생하는 대기행렬 풀림교통류(Queue Discharge Flow rate)가 이에 해당된다.



본 편람에서는 설계속도별로 구분하여 기본 조건에서의 공사구간 기본 용량을 제시한다. 이 외에도 공사구간 기본 용량은 다양한 형태로 제시할 수 있지만, 〈표 2B-1〉은 전국 고속국도에서 관측된 다양한 공사유형별 기본 용량을 제시한 것이다.

〈표 2B-1〉 공사유형별 공사구간 기본 용량

구분		기본 용량(pcp/hpl)
공사유형	교량 보수	1,680
	노면 보수	1,700
	시설물 보수	1,720
	차선 도색	1,730

〈부록 C〉 부호 정의

- AADT = 계획 목표년도의 연평균 일교통량(대/일)
- c_j = j 설계속도에서의 용량(pcphpl)
- c_{jw} = j 설계속도의 공사구간 기본 용량(pcphpl)
- c_{WZ} = 공사구간의 용량(vph)
- D = 중방향 계수
- DDHV = 중방향 설계시간 교통량(vph)
- DHV = 설계시간 교통량(vph)
- E_{HV} = 중차량에 대한 승용차 환산계수
- E_{T1} , E_{T2} , E_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량에 대한 승용차 환산계수
- f_{DK} = 야간 보정계수
- f_{IW} = 날씨 보정계수
- f_w = 차로폭 및 측방여유폭 보정계수
- f_{HV} = 중차량 보정계수
- K = 설계시간 계수
- MSF_i = 서비스수준 i에서 차로당 최대 서비스 교통량(pcphpl)
- P_{HV} = 중차량 구성비
- P_{T1} , P_{T2} , P_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량 구성비
- PHF = 첨두시간계수
- SF_i = 서비스수준 i에서 주어진 도로 및 교통조건에 대한 서비스 교통량(pcphpl)
- $(V/c)_i$ = 서비스수준 i에서 교통량 대 용량 비
- V_p = 첨두시간 환산 교통량(vph)

〈부록 D〉 2001년 도로용량편람과 개정 편람과의 차이점

구 분	2001 편람	2013 편람
대표트럭 및 성능곡선 개정	120kg/kw ≒ 200lb/hp	100kg/kw ≒ 170lb/hp
내용 추가	-	- 특수상황에 관한 분석 추가 - 부록 추가 : 부록 B. 공사구간 용량 관측지점 및 다양한 공사 유형별 기본 용량

제3장 | 고속도로 엇갈림 구간

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 분석 방법론
3. 적용 절차
4. 예 제

고속도로 엇갈림 구간

개론

고속도로 기본 구간

고속도로 엇갈림 구간

고속도로 연결로 접속부

고속도로 종합 분석

다차로도로

2차로도로

1 개요

(1) 정의 및 적용 대상

엇갈림 구간은 합류 구간 바로 다음에 분류 구간이 있을 때 또는 유입 연결로 바로 다음에 유출 연결로가 있을 때, 이 두 지점이 연속된 보조차로로 연결되어 있어 교통류의 엇갈림이 발생하는 구간이다. 엇갈림 구간의 운행 특성은 엇갈림 구간의 형태와 길이 및 폭에 영향을 받는다.

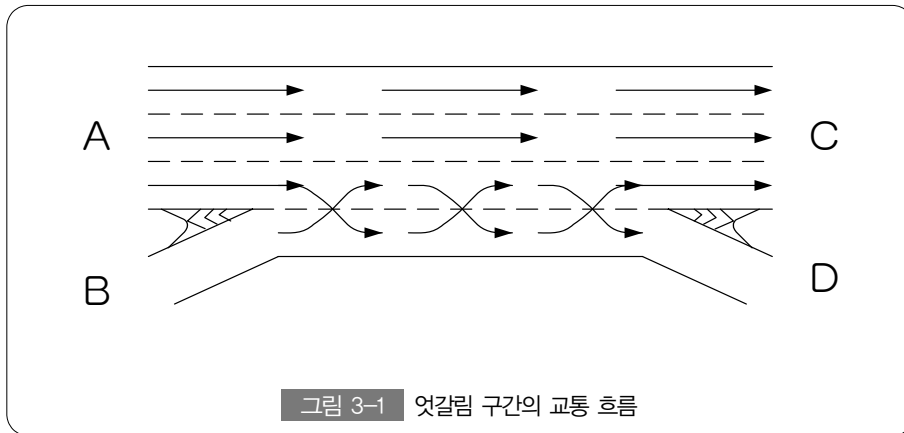
본 분석 체계는 본선-연결로 엇갈림 형태와 연결로-연결로 엇갈림 형태에 적용할 수 있다. 다른 대부분의 엇갈림 형태는 고속 통행이 요구되는 고속도로의 위계상 안전과 소통상의 장애 요인이 되므로 설계시에는 이를 고려하지 않는 것이 바람직하다.

엇갈림(weaving)이란 교통통제 시설의 도움 없이 상당히 긴 도로를 따라가면서 동일 방향의 두 교통류가 엇갈리면서 차로를 변경하는 교통 현상을 말한다. <그림 3-1>은 엇갈림 구간에서 교통류가 엇갈리는 현상을 나타낸 것이다. 그림에서 교통류 A→D와 교통류 B→C는 원하는 방향으로 가기 위해 엇갈려야 하므로 교통류 A→D와 B→C는 “엇갈림 교통류”라 하고, 교통류 A→C와 B→D는 엇갈리지 않고도 원하는 방향으로 갈 수 있기 때문에 “비엇갈림 교통류”라고 한다.

이러한 엇갈림은 모든 도로(고속도로, 다차로 도로, 2차로 도로, 간선도로 혹은 집산도로)에서 존재하는데, 출입 지점의 위치와 목적지를 가기 위해 변경해야 하는 차로 수에 따라 여러 형태가 생길 수 있다.

엇갈림 구간은 운전자들이 원하는 도로 지점으로 접근하기 위해 필수적인 차로 변경이 요구되는 구간으로 다른 도로 구간보다는 상충 빈도가 높아 교통 혼잡이나 사고 발생 가능성이 더 높다. 이러한 교통류 형태가 발생하는 구간에 대해서는 도로 설계 단계에서부터 적절히 대처하지 않으면 교통혼잡과 교통사고 발생의 가능성도 대단히 커지게 되며, 운영 단계에서도 구조적인 한계는 있지만 그에 상응하는 조치가 요구된다.

본 편람에서 제시하는 방법론은 기본적으로 고속도로에 적용할 수 있으며, 고속도로 이외의 자동차 전용도로나 설계 수준이 높은 지방부 일반도로에도 적용할 수 있다. 엇갈림 구간의 형태 면에서는 하나의 유입 연결로 다음에 유출 연결로가 보조차로로 이어져 있는 본선-연결로 엇갈림 형태와 그 변형인 연결로-연결로 엇갈림 형태에 적용할 수 있다. 다른 형태의 엇갈림 구간은 본 편람에서 다루지 않는다.



(2) 엇갈림 구간의 특성

엇갈림 구간의 교통류 특성에 영향을 미치는 도로 기하구조 요소에는 다음 3가지가 있다.

- ① 엇갈림 구간의 형태
- ② 엇갈림 구간의 길이
- ③ 엇갈림 구간의 폭(차로 수)

1) 엇갈림 구간의 형태

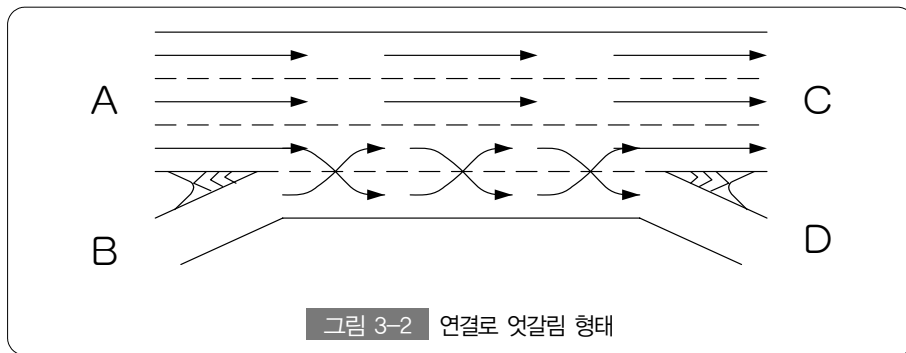
엇갈림 구간의 형태는 엇갈림을 하는 차량이 차로를 변경해야 하는 최소 횡수와 출입 지점의 위치에 따라 여러 가지 형태가 생긴다. 차로 변경 횡수는 진입 차로와 진출 차로의 위치와 차로 수에 따라 결정 되는데, 이들은 차로 변경을 포함한 엇갈림 구간의 운행 특성에 큰 영향을 미치기 때문에 엇갈림 구간의 설계에서 매우 중요하다. 엇갈림 교통류가 목적지를 향해 가기 위해 차로를 변경해야 하는 빈도가 잦을수록 해당 엇갈림 구간의 교통 상태는 악화되어 서비스수준은 열악해진다. 결과적으로 엇갈림 구간의 형태는 출입 연결로의 위치에 지배를 받게 되어 있다.

본 편람에서는 본선-연결로 엇갈림과 연결로-연결로 엇갈림 형태를 다룬다. 각 형태의 특징은 다음과 같다.

(가) 본선-연결로 엇갈림

본선-연결로 엇갈림 형태는 각각의 엇갈림 차량들이 원하는 방향으로 주행하기 위해 반드시 한 번의 차로 변경을 해야 하는 구간을 말한다. 즉, 진입 연결로 다음에 진출 연결로가 위치하며, 두 연결로가 연속된 보조차로로 연결된 구간을 말한다.

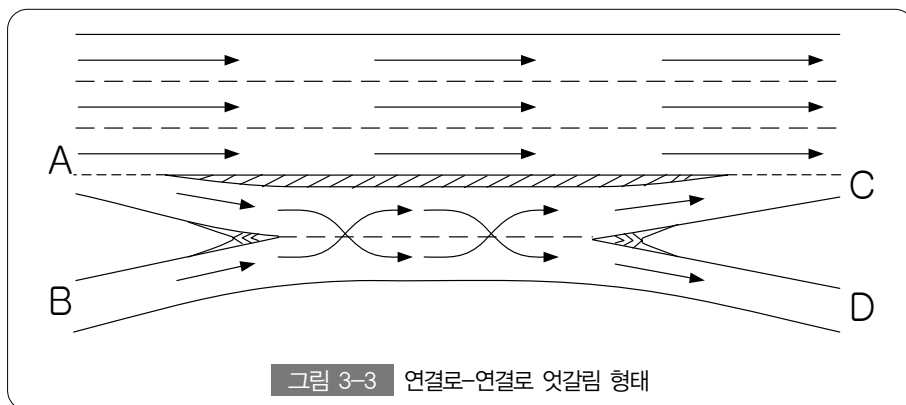
본선에 진입하는 연결로 차량은 본선 측 인접 차로로 들어가기 위해 보조차로에서 차로를 변경하여야 하며, 본선에서 진출하는 연결로 차량은 본선 측 인접 차로에서 보조차로로 차로를 변경하여야 한다.



(나) 연결로-연결로 엇갈림

연결로-연결로 엇갈림 형태는 본선-연결로 엇갈림을 본선이 아닌 본선에 연접 설치되어 집산도로 기능을 하는 측도에서 일어나게 한 형태로서, 본선에서 연결로로 진출하는 교통류(A→D 방향)와, 연결로에서 본선으로 진입하는 교통류(B→C 방향)가 엇갈리기 때문에, 이 엇갈림 구간내의 모든 차량은 한 번의 차로 변경을 반드시 해야 한다.

연결로-연결로 엇갈림 형태는 고속 교통에 부적합한 엇갈림이라는 교통 현상을 저속 교통 기능의 도로인 집산도로로 이격시켜 처리한 바람직한 설계 형태라고 볼 수 있다.



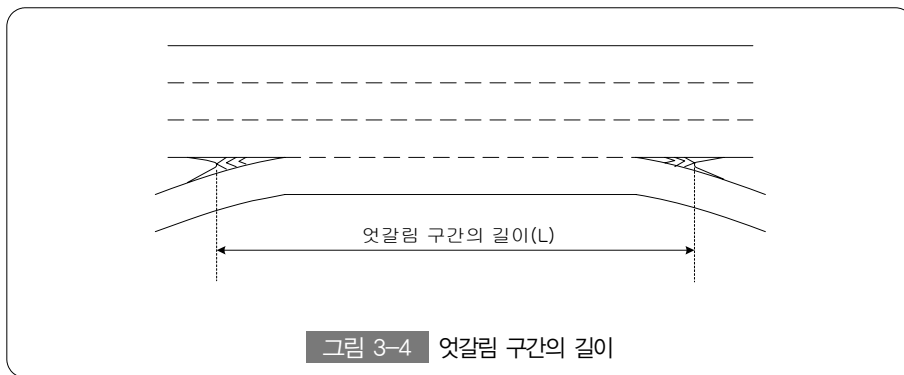
2) 엇갈림 구간의 길이

엇갈림 차량들은 진입로와 본선이 만나는 지점에서 진출로 시작 부분까지의 엇갈림 구간내에서 필요한 차로 변경을 수행해야 하기 때문에, 엇갈림 구간의 길이는 안전하고 원활한 엇갈림 주행에 중요하다. 엇갈림 구간의 길이는 운전자가 엇갈림에 필요한 차로를 변경하는 데 드는 시간과 공간을 제한한다. 따라서, 다른 요인은 일정하다고 가정할 때, 엇갈림 구간 길이가 짧을수록 운전자가 차로를 변경하기가 어려우며, 그로 인한 혼란의 정도는 높아진다. 반대로, 이 길이가 길수록 엇갈림의 영향은 적어진다.

엇갈림 구간 길이는 <그림 3-4>에서 엇갈림 구간 진입로와 본선이 만나는 지점에서 진출로 시작 부분까지의 거리 즉, 물리적인 고어부 사이의 거리로 한다.

엇갈림 구간의 길이는 본선-연결로 엇갈림 구간의 경우 최소 200m를 넘게 하는 것이 통행 안전상 바람직하며, 750m를 넘는 경우 엇갈림이 일어난다기보다는 합류와 분류 움직임이 독립적으로 본선 교통류에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 이 경우에는 독립된 유출입로로 간주하여 연결로 접속부의 분석 절차에 따라 서비스수준 등을 분석하면 된다.

연결로-연결로 엇갈림 구간의 길이는 두 연결로의 본선 진출부와 진입부 사이의 거리에 좌우되는데, 이 길이를 최소 150m로 한다. 이는 연결로-연결로 엇갈림 구간이 집산도로 기능을 하는 측도에 설치 되기 때문에 그 설계 수준이 낮고 위계 차이가 적음을 고려한 것이다.



3) 엇갈림 구간의 폭

엇갈림 구간의 차로 수로 표현되는 엇갈림 구간의 폭도 이 구간의 운영 상태에 큰 영향을 미치는 요소이다. 엇갈림 구간의 폭이 넓을수록 엇갈림 교통류가 이 구간에 미치는 영향은 작으며, 통행속도도 그만큼 덜 제한을 받는다.

(3) 용어 정의

- 비엇갈림 교통류 : 엇갈림 구간에서 다른 교통류와 엇갈리지 않아도 원하는 방향으로 진행할 수 있는 교통류를 말하며, 이 교통량을 비엇갈림 교통량(V_{nw})이라 함.
- 비엇갈림 속도(S_{nw} , kph) : 엇갈림 구간에서 비엇갈림 교통류의 공간 평균 속도.
- 엇갈림(weaving) : 교통통제 시설의 도움 없이 상당히 긴 도로를 따라가면서 동일 방향의 두 교통류가 엇갈리면서 차로를 변경하는 교통 현상.
 - 엇갈림 구간 : 엇갈림 현상이 발생하는 구간으로, 합류 구간 바로 다음에 분류 구간이 있을 때 또는 유입 연결로 바로 다음에 유출 연결로가 있을 때, 이 두 지점이 연속된 보조차로로 연결되어 있어 교통류의 엇갈림이 발생하는 구간.
 - 엇갈림 구간 길이 : 엇갈림 구간 진입로와 본선이 만나는 지점에서 진출로 시작 부분까지의 거리, 즉 물리적인 교어부 사이의 거리.
- 엇갈림 교통류 : 엇갈림 구간에서 원하는 방향으로 진행하기 위해 다른 교통류와 엇갈려야 하는 교통류를 말하며, 이 교통량을 엇갈림 교통량(V_w)이라 함.
- 엇갈림 속도(S_w , kph) : 엇갈림 구간에서 엇갈림 교통류의 공간 평균 속도.
- 엇갈림 형태 : 엇갈림을 하는 차량이 차로를 변경해야 하는 최소 횡수와 출입 지점의 위치에 따라 생기는 여러 가지 형태를 말함. 본 편람에서는 본선-연결로 엇갈림과 연결로-연결로 엇갈림 형태를 다루고 있음.
 - 본선-연결로 엇갈림 형태(ramp weave)
 - : 본선 편측에 유입 연결로 바로 다음에 유출 연결로가 설치되어 있고 이 두 접속부가 연속된 보조차로로 연결되어 있는 형태로, 각 엇갈림 차량들은 원하는 방향으로 주행하기 위해서는 반드시 한 번의 차로 변경을 해야 함.
 - 연결로-연결로 엇갈림 형태(frontage weave)
 - : 본선-연결로 엇갈림을 본선이 아닌 본선에 연결 설치되어 집산도로 기능을 하는 측도에서 일어나게 한 형태로서, 본선에서 연결로로 진출하는 교통류와, 연결로에서 본선으로 진입하는 교통류가 엇갈리기 때문에, 이 엇갈림 구간내의 모든 차량은 한 번의 차로 변경을 반드시 해야 함.

2 분석 방법론

연결로 엇갈림 구간의 서비스수준을 분석하는 방법은 다음과 같다.

- ① 엇갈림 구간의 효과척도로는 평균 밀도를 사용한다.
- ② 속도 추정 모델 또는 현장 조사에 의해서 엇갈림 구간의 엇갈림 속도와 비엇갈림 속도를 구한다.
- ③ 구해진 속도를 근거로 엇갈림 구간의 밀도를 계산한다.
- ④ 계산된 밀도를 바탕으로 해당 엇갈림 구간의 서비스수준을 판정한다.

측도 엇갈림 구간의 경우, 엇갈림 구간의 교통량 또는 교통량과 속도를 바탕으로 한 밀도에 근거하여 서비스 수준을 판정한다.

(1) 엇갈림 속도와 비엇갈림 속도 산출

본선-연결로 엇갈림 구간의 분석에서 가장 중요한 절차는 엇갈림 구간내의 엇갈림 교통류와 비엇갈림 교통류의 공간 평균 속도를 산출하는 것이다. 계획 및 설계 단계에서는 다음 추정식에 따라 속도를 추정하며, 운영 분석 단계에서는 현장 조사나 다음 추정식을 통해 속도를 산출한다.

본선-연결로 엇갈림 구간의 속도 추정식은 (식 3-1), (식 3-2) 그리고 (식 3-3)과 같다.

$$S_{nw}(\text{또는 } S_w) = 30 + \frac{[(S_D + 10) - 30]}{1 + W_{nw}(\text{또는 } W_w)} \quad (\text{식 3-1})$$

$$W_{nw} = 0.00000054 \times (1 + VR)^{0.68} (V/N)^{2.0} / L^{0.17} \quad (\text{식 3-2})$$

$$W_w = 0.059 \times (1 + VR)^{2.2} (V/N)^{0.97} / L^{0.80} \quad (\text{식 3-3})$$

여기서,

S_{nw} (또는 S_w) = 엇갈림 교통류와 비엇갈림 교통류의 평균 속도(kph)

S_D = 본선의 설계속도(kph)

W_{nw} = 비엇갈림 교통류에 따른 엇갈림 강도 계수

W_w = 엇갈림 교통류에 따른 엇갈림 강도 계수

VR = 교통량 비(Volume ratio, V_w/V)

V = 엇갈림 구간의 총 교통량(pcph)

V_w = 엇갈림 교통량(pcph)

N = 엇갈림 구간의 총 차로 수

L = 엇갈림 구간의 길이(m)

속도 산출시 관련 변수들을 적용할 때에는 다음의 적용 한계를 고려해야 하며, 이를 넘어서는 경우는 적용상의 주의를 요한다.

- ① 엇갈림 교통량 비(VR) ≤ 0.50 (N = 3, 본선 차로수 = 2 인 경우)
 ≤ 0.45 (N = 4, 본선 차로수 = 3 인 경우)
 ≤ 0.40 (N = 5, 본선 차로수 = 4 인 경우)
- ② 엇갈림 구간 교통량
- 본선-연결로 엇갈림 구간의 총 교통량(V/n) $\leq 2,000\text{pcphpl}$ (<표 3-2> 참조)
 - 본선-연결로 엇갈림 구간의 엇갈림 교통량(V_w) $\leq 2,800\text{pcph}$
 - 연결로-연결로 엇갈림 구간의 엇갈림 교통량(V_w) $\leq 3,000\text{pcph}$

연결로-연결로 엇갈림 구간의 경우, 교통류 특성상 엇갈림 속도와 비엇갈림 속도의 구분이 불필요하며 모든 사업 단계에서 별도의 속도 산출 과정을 거치지 않고 교통량을 바탕으로 서비스수준을 판단한다(<표 3-3> 참조). 운영 분석 단계에서 보다 정확한 서비스수준 분석이 필요할 경우 현장 조사된 속도와 교통량에 따라 산출된 평균 밀도로 해당 엇갈림 구간의 서비스수준을 판정한다(<표 3-1> 참조).

또, 연결로-연결로 엇갈림 구간은 그 자체의 서비스수준뿐만 아니라 인접 상류부 연결로 접속부(분류부)와 하류부 연결로 접속부(분류부)의 서비스수준을 함께 분석하여 해당 구역의 서비스수준을 시스템 차원에서 분석할 필요가 있다. 이에 대해서는 본 편람 제5장 고속도로 종합 분석 편을 참조하면 된다.

(2) 평균 밀도 산출

속도 추정식 또는 현장 조사에 따라 산출된 엇갈림 속도와 비엇갈림 속도를 토대로 엇갈림 구간내의 평균 속도를 계산한 후, 평균 밀도를 산출한다.

$$S = \frac{V}{\frac{V_w}{S_w} + \frac{V_{nw}}{S_{nw}}} \quad (\text{식 3-4})$$

$$D = \frac{V/N}{S} \quad (\text{식 3-5})$$

여기서,

S = 엇갈림 구간의 모든 차량에 대한 평균 속도(kph)

S_w = 엇갈림 차량의 평균 속도(kph)

S_{nw} = 비엇갈림 차량의 평균 속도(kph)

V = 엇갈림 구간의 총 교통량(pcph)

$$V_w = \text{엇갈림 교통량(pcph)}$$

$$V_{nw} = \text{비엇갈림 교통량(pcph)}$$

$$D = \text{엇갈림 구간의 평균 밀도(pcpkmpl)}$$

(3) 서비스수준 판정

본선-연결로 엇갈림 구간과 연결로-연결로 엇갈림 구간의 서비스수준을 판단하는 척도는 밀도이며, 각 서비스수준은 <표 3-1>과 같다. 본선이 아닌 지선에서 엇갈림이 일어나는 연결로-연결로 엇갈림 구간의 밀도 기준이 본선에서 엇갈림이 일어나는 본선-연결로 엇갈림 구간의 밀도 기준보다 25~40% 정도 열악하게 제시되어 있는데, 이는 해당 도로 수준에 대해 이용자가 기대할 수 있는 서비스수준 개념과 관련되어 있다.

<표 3-1> 엇갈림 구간의 서비스수준

서비스수준	밀도(D, pcpkmpl)	
	연결로 엇갈림 구간	측도 엇갈림 구간
A	≤ 6	≤ 8
B	≤ 12	≤ 13
C	≤ 17	≤ 18
D	≤ 22	≤ 25
E	≤ 27	≤ 38
F	> 27	> 38

(4) 엇갈림 구간의 용량

엇갈림 구간의 용량은 용량 상태의 밀도값을 기준으로 산출하였는데, 본선-연결로 엇갈림 구간의 경우 27pcpkmpl, 연결로-연결로 엇갈림 구간의 경우 37.5pcpkmpl에 해당하는 서비스수준 E의 최대 교통량으로 정의된다.

따라서, 용량은 설계속도, 엇갈림 구간의 길이, 교통량 비 그리고 차로수에 따라 변한다. <표 3-2>는 이들 변수에 대한 본선-연결로 엇갈림 구간의 용량을 나타낸 것이다. 이 용량은 본선-연결로 엇갈림 구간을 설계할 때 수요에 따른 한계값 점검시 사용한다.

〈표 3-2〉 본선-연결로 엇갈림 구간의 용량

a. 설계속도 100kph 이상

(단위 : pcph)

교통량 비 (VR)	엇갈림 구간 길이 (L, m)			
	150	300	450	600
N=3 (본선 2차로)				
0.10	5,100	5,200	5,400	5,500
0.20	5,000	5,100	5,300	5,400
0.30	4,900	5,000	5,200	5,300
0.40	4,800	4,900	5,100	5,200
N=4 (본선 3차로)				
0.10	6,900	7,100	7,300	7,500
0.20	6,800	7,000	7,200	7,400
0.30	6,600	6,800	7,100	7,300
0.40	6,500	6,700	7,000	7,200
N=5 (본선 4차로)				
0.10	8,600	8,900	9,200	9,300
0.20	8,400	8,700	9,000	9,200
0.30	8,200	8,600	8,900	9,100
0.40	8,100	8,400	8,800	9,000

b. 설계 속도 80kph

(단위 : pcph)

교통량 비 (VR)	엇갈림 구간 길이 (L, m)			
	150	300	450	600
N=3 (본선 2차로)				
0.10	4,600	4,800	4,900	5,000
0.20	4,500	4,700	4,800	4,900
0.30	4,400	4,600	4,700	4,800
0.40	4,300	4,500	4,600	4,700
N=4 (본선 3차로)				
0.10	6,200	6,400	6,600	6,700
0.20	6,100	6,300	6,500	6,600
0.30	5,900	6,200	6,400	6,500
0.40	5,700	6,100	6,300	6,400
N=5 (본선 4차로)				
0.10	7,800	8,000	8,300	8,400
0.20	7,700	7,900	8,200	8,300
0.30	7,600	7,800	8,100	8,200
0.40	7,300	7,600	8,000	8,100

연결로-연결로 엇갈림 구간의 경우, 설계 수준이 낮고 엇갈림 공간상의 제약이 따르므로 본선-연결로 엇갈림 구간처럼 관련 변수에 따른 용량 등 교통 특성 변수의 민감도가 떨어진다. 따라서, 연결로-연결로 엇갈림 구간에서는 현장 설계 및 운행 여건을 고려하여 <표 3-3>과 <그림 3-5>와 같이 서비스수준별 밀도와 교통량, V/c , 속도 등의 총괄적인 기준을 적용한다.

<표 3-3> 연결로-연결로 엇갈림 구간의 서비스수준별 최대 교통량과 속도 기준

서비스수준	밀도 (pc/km ²)	교통량 (pcph)	V/c 비	속도 (kph)
A	≤ 7.5	≤ 1,000	≤ 0.16	≥ 65
B	≤ 12.5	≤ 1,500	≤ 0.33	≥ 60
C	≤ 17.5	≤ 2,000	≤ 0.58	≥ 55
D	≤ 25.0	≤ 2,500	≤ 0.83	≥ 50
E	≤ 37.5	≤ 3,000	≤ 1.00	≥ 40
F	> 37.5	< 3,000	< 1.00	< 40

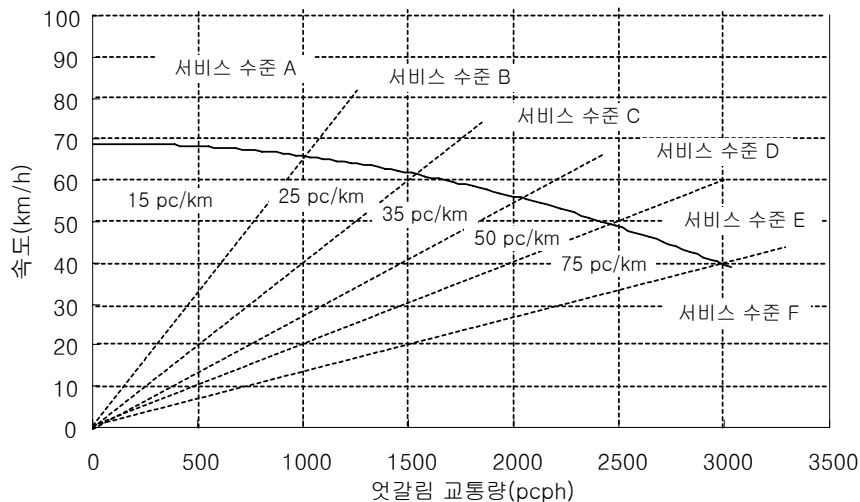


그림 3-5 연결로-연결로 엇갈림 구간의 서비스수준

3 적용 절차

엇갈림 구간 분석 방법론의 적용 절차는 엇갈림 구간의 형태별로 계획 및 설계 단계와 운영 분석 단계로 나누어 적용한다. 본 분석 체계는 국내 엇갈림 구간 중 가장 전형적인 형태인 본선-연결로 엇갈림 구간과 연결로-연결로 엇갈림 구간에 적용할 수 있다.

(1) 계획 및 설계 단계

본선-연결로 엇갈림 구간을 계획하고 설계할 때에는 시행 착오법에 의해 설계 서비스수준에 맞는 엇갈림 구간의 길이를 결정하거나, 추정된 속도와 밀도를 바탕으로 서비스수준을 판정한다.

연결로-연결로 엇갈림 구간을 계획하고 설계할 때에는 주어진 설계 조건에 따른 서비스수준 분석 절차를 주로 적용하며, 엇갈림 구간의 길이는 별도의 결정 절차를 따르는 것보다는 설계 수준상 최소 150m를 확보하는 것으로 한다.

본선-연결로 엇갈림 구간을 계획하거나 설계할 때 엇갈림 구간의 적정 길이 결정을 위해서는 다음 분석 과정의 1~4 단계를, 단순히 설계 대상 엇갈림 구간의 서비스수준 분석을 위해서는 운영 분석 단계의 분석 절차를 따르면 된다. 엇갈림 구간의 적정 길이를 결정할 때에는 본선 설계속도, 엇갈림 구간을 통행하는 방향별 교통량, 차로수를 토대로 시행 착오법에 의해 최대 허용 엇갈림 길이 범위 내에서 계획된 서비스수준을 만족하는 적정 엇갈림 구간 길이를 산정한다.

설계속도 100kph 이상인 고속도로의 경우는 원활한 차량 소통과 안전한 엇갈림 운행을 위해 엇갈림 구간을 설치하지 않는 것이 바람직하며, 설치할 경우라도 집산도로(측도)를 설치하여 본선보다는 지선에서 엇갈림이 발생하도록 한다.

(가) 1단계 : 도로 및 교통 조건의 규정과 설계 조건 설정

계획 및 설계 대상 엇갈림 구간에 대하여 다음과 같은 도로 및 교통 조건을 설정한다.

- 도로 조건 : 설계 속도, 접근 방향별 차로수, 차로 폭, 최대 허용 엇갈림 구간 길이
- 교통 조건 : 방향별 1시간 교통수요, 중차량 구성비, 첨두시간계수, 승용차 환산계수
- 설계 조건 : 설계 서비스수준

설계 서비스수준은 도시지역의 경우 D 수준, 지방지역의 경우 C 수준으로 한다.

(나) 2단계 : 교통량의 첨두시간 승용차 교통량 환산 및 변수 한계 점검

첨두시간계수, 중차량 구성비와 승용차 환산계수로 방향별 1시간 교통량을 첨두시간 승용차 교통량

으로 환산한다. 이때 첨두시간계수는 조사가 불가능할 경우 0.90(도시부)~0.95(지방부) 사이의 값을 적용하며, 승용차 환산계수는 고속도로 기본구간의 값을 적용한다.

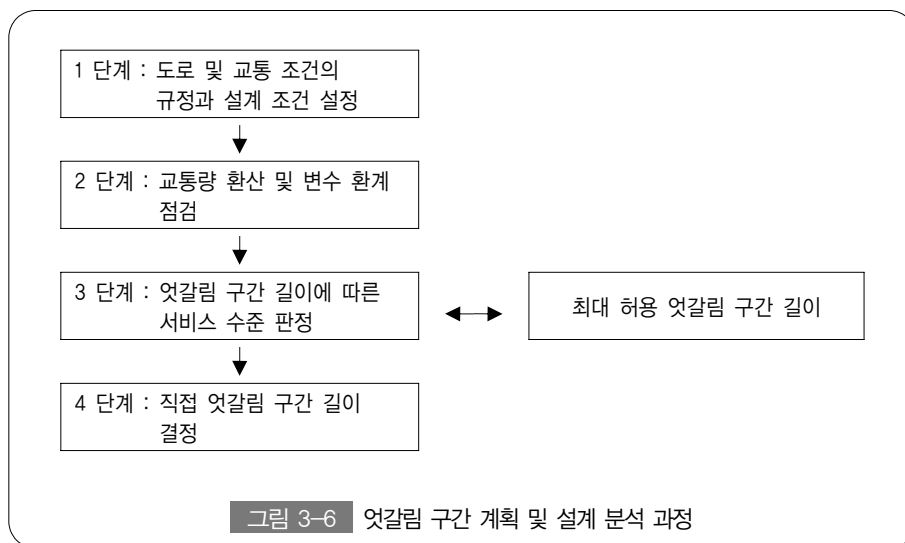
엇갈림 교통량 관련 변수(V_R , V/n , V_w)들의 한계를 점검한다(본 장의 3-2-1절 참조).

(다) 엇갈림 구간 길이에 따른 서비스수준 판정

예측된 엇갈림 구간의 교통량, 엇갈림 비, 본선 설계속도, 차로수를 토대로, 최대 허용 엇갈림 구간 길이부터 시작하여 시행 착오법으로 엇갈림 구간 길이에 따른 서비스수준을 판정한다.

(라) 4단계 : 적절한 엇갈림 구간 길이 결정

최종적으로 시행 착오법에 의해 서비스수준을 만족하는 엇갈림 구간 길이 중에서 적정 엇갈림 구간 길이를 정한다.

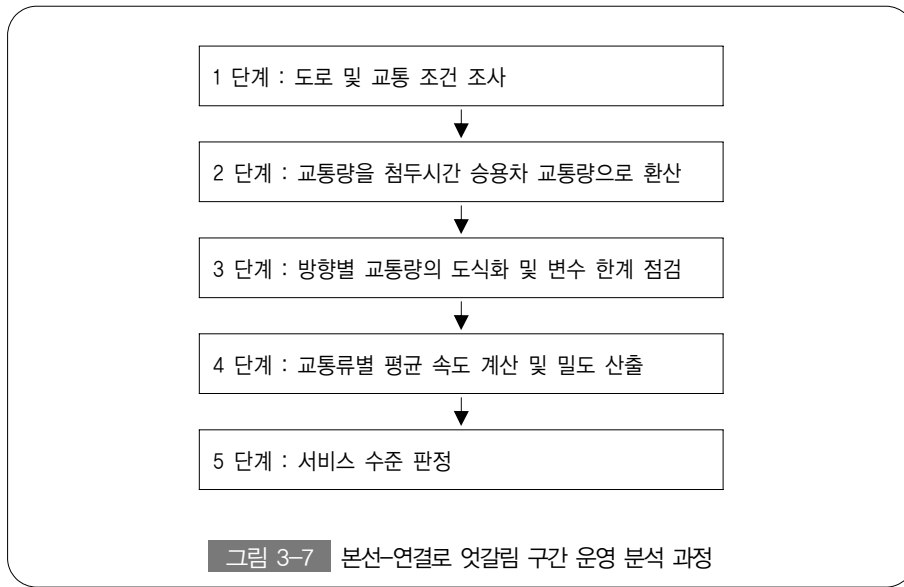


(2) 운영 분석 단계

운영 분석 단계에서는 본선-연결로 엇갈림 구간의 경우, 비엇갈림 차량과 엇갈림 차량의 속도를 조사하고 이를 교통량으로 가중 평균하여 밀도를 산출하여 이 구간의 서비스수준을 판별한다. 연결로-연결로 엇갈림 구간의 경우, 고속도로 기본 구간의 운영 분석 방법과 같이, 엇갈림 구간의 교통량과 속도를 직접 조사하여 밀도를 산출하여 서비스수준을 판정한다.

1) 본선-연결로 엇갈림 구간의 운영 상태 분석

본선-연결로 엇갈림 구간의 운영 상태를 분석하는 과정은 <그림 3-7>과 같다.



(가) 1단계 : 도로 및 교통 조건 조사

분석 대상 엇갈림 구간의 도로 및 교통 조건을 조사한다. 도로 조건에는 접근 방향별 차로수, 차로 폭 및 엇갈림 형태가 있으며, 교통 조건에는 방향별 15분 교통량, 중차량 구성비 등이 있다.

(나) 2단계 : 교통량을 첨두시간 승용차 교통량으로 환산

첨두시간계수와 중차량 구성비는 현장에서 조사하고 승용차 환산계수는 고속도로 기본구간에서 제시한 값을 사용하여 방향별 1시간 교통량을 첨두시간 승용차 교통량으로 환산한다.

$$V_p = \frac{V}{PHF \times f_{HV}} \quad (\text{식 3-6})$$

여기서,

V_p = 첨두시간 환산 교통량(pcph)

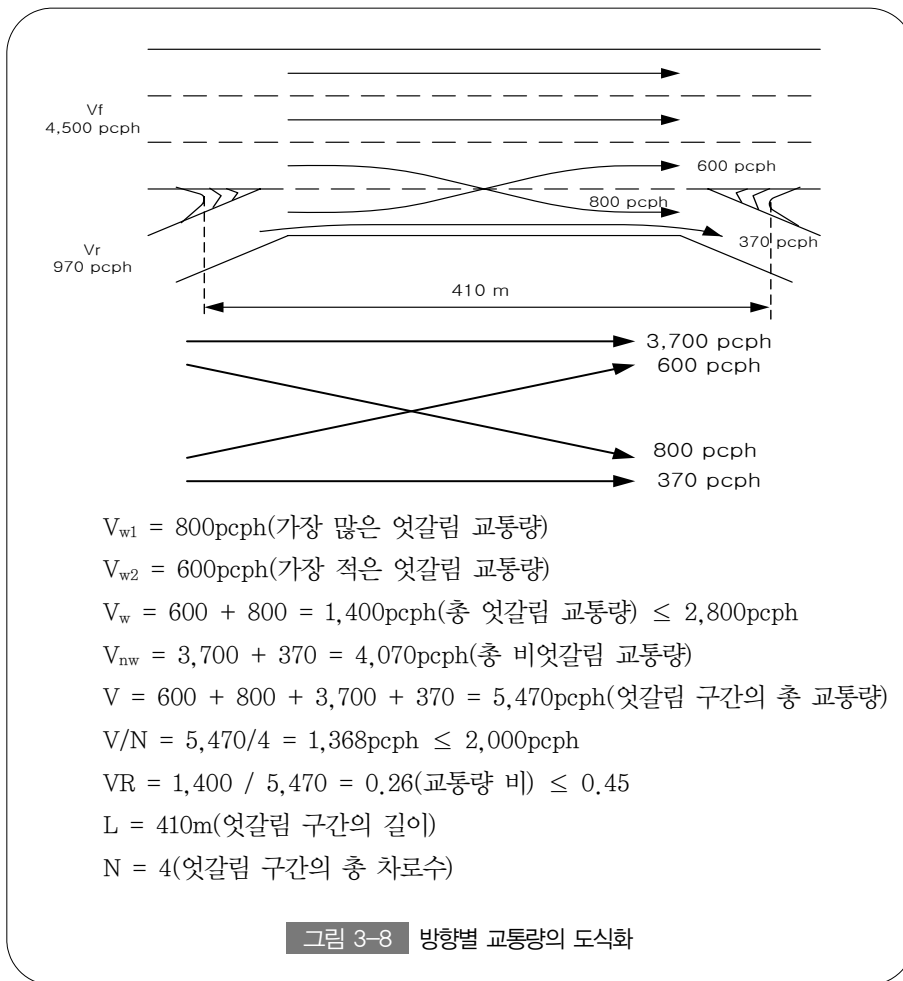
V = 1시간 교통량(vph)

PHF = 첨두시간계수

f_{HV} = 중차량 보정계수

(다) 3단계 : 방향별 교통량의 도식화

엇갈림 교통량과 비엇갈림 교통량을 도식화한다. 모든 교통량은 첨두시간의 승용차 단위로 나타낸다. 엇갈림 교통량 관련 변수(V_R , V/n , V_w)들의 한계를 점검한다(본 장의 3-2-1절 참조).



(라) 4단계 : 교통류별 평균 속도(S_{nw} , S_w) 계산 및 밀도 산출

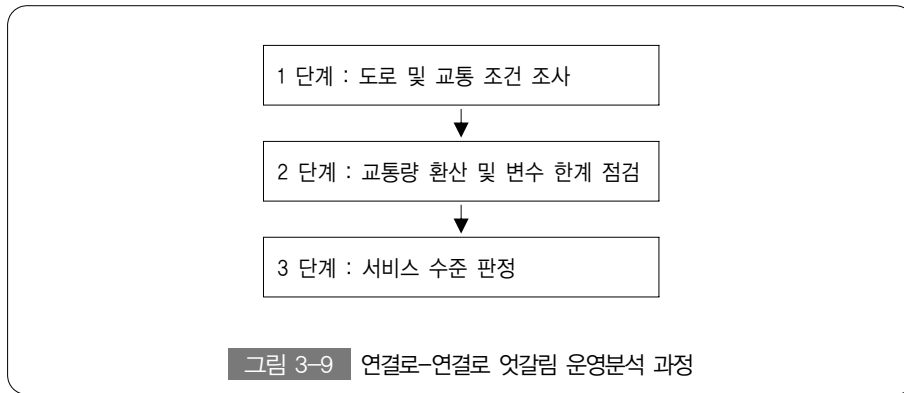
엇갈림 구간의 모든 차량에 대한 공간 평균 속도는 (식 3-1), (식 3-2) 그리고 (식 3-3)으로 계산하거나 현장에서 조사한다. 현장 조사시에는 첨두시에 승용차 최소 30대 이상에 대해 엇갈림 구간의 시종점(물리적인 노즈 양단)에서 차량의 통과 시각을 계측하여 통행시간을 산출하고, 엇갈림 길이를 이 통행시간으로 나눈 값의 평균을 평균통행속도로 한다. 계산된 속도를 토대로 (식 3-4)와 (식 3-5)에 의해 밀도를 산출한다.

(마) 5단계 : 산출된 밀도로 서비스수준 판정

산출된 밀도와 <표 3-1>의 서비스 수준별 기준 값을 비교하여 해당 엇갈림 구간의 서비스수준을 판정한다.

2) 연결로-연결로 엇갈림 구간의 운행 상태 분석

연결로-연결로 엇갈림 구간의 운행 상태 분석은 고속도로 기본구간의 운영 분석 과정과 동일하게 <그림 3-9>와 같이 한다.



(가) 1단계 : 도로 및 교통 조건 조사

분석 대상 엇갈림 구간의 도로 및 교통 조건을 조사한다. 도로 조건에는 차로 폭 및 엇갈림 구간 길이가 있으며, 교통 조건에는 방향별 15분 교통량, 속도 그리고 중차량 구성비 등이 있다.

(나) 2단계 : 교통량의 첨두시간 승용차 교통량 환산 및 변수 한계 점검

첨두시간계수와 중차량 구성비는 현장에서 조사하고 승용차 환산계수는 고속도로 기본구간에서 제시한 값을 사용하여 방향별 1시간 교통량을 첨두시간 승용차 교통량으로 환산한다(식 3-6 참조). 엇갈림 교통량 관련 변수(V_w)의 한계를 점검한다($V_w \leq 3,000$).

(다) 3단계 : 서비스수준 판정

첨두시간 승용차 환산 교통량과 속도를 토대로 다음과 같은 공식에 의해 밀도를 산출한다. 계산된 밀도는 각 서비스수준의 경계 값으로 제시된 밀도와 비교하여 운영 상태를 판정한다.

$$D = \frac{V_P}{S \times N} \quad (\text{식 3-7})$$

여기서,

D = 밀도(pcpkmpl)

V_P = 15분 첨두시간 승용차 환산 교통량(pcp/h)

S = 엇갈림 구간의 모든 차량에 대한 공간 평균 속도(kph)

N = 엇갈림 구간의 총 차로수(2차로)

4 예 제

〈예제 1〉 본선-연결로 엇갈림 구간의 설계

다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 지방부 고속도로에 엇갈림 구간을 설계하려고 한다. 이 도로의 서비스 수준을 D로 유지하기 위한 최소 엇갈림 구간 길이를 결정하라.

도로 및 교통 조건

✓ 본선 설계속도 80kph	✓ 본선 교통량 6,200pcph/방향
✓ 본선 양방향 8차로	✓ 유입 교통량 600pcph
✓ 본선-연결로 엇갈림 형태	✓ 유출 교통량 700pcph
✓ 첨두시간계수 0.92	✓ 유입→유출 교통량 0pcph
✓ 최대 허용 엇갈림 구간의 길이 400m	

〈풀 이〉

1) 교통량을 첨두시간 승용차 교통량(V_P)으로 환산하고 변수 한계를 점검한다.

① 교통량 환산

$$V_{nw} = 5,500 + 0 = 5,500 \text{ pcph}$$

$$V_w = 600 + 700 = 1,300 \text{ pcph}$$

$$V_{nw, P} = 5,500 / 0.92 = 5,978 \text{ pcph}$$

$$V_{w, P} = 1,300 / 0.92 = 1,413 \text{ pcph}$$

$$VR = 1,413 / 7,391 = 0.19$$

$$V/N = 7,391 / 5 = 1,478 \text{ pcph}$$

② 변수 한계 점검 : 이상 없음

$$V_w = 1,300\text{pcph} \leq 2,800\text{pcph}$$

$$VR = 0.19 \leq 0.40$$

$$V/N = 1,478\text{pcph} \leq 2,000\text{pcph}$$

2) 엇갈림 구간 길이에 따른 서비스수준을 판정한다. ((식 3-1)~(식 3-5) 및 <표 3-1> 참조)

엇갈림 구간의 길이를 50m씩 증감시켜 가며 최적 엇갈림 구간 길이를 계산한다. 계산의 편의를 위해 100m씩 하여 그 길이를 계산하면 다음과 같다.

① $L = 400\text{m}$ 일 때

$$W_w = 0.059 \times (1 + 0.19)^{2.2} (7,391/5)^{0.97} / 400^{0.8} = 0.851$$

$$W_{nw} = 0.00000054 \times (1 + 0.19)^{0.68} (7,391/5)^{2.0} / 400^{0.17} = 0.480$$

$$S_w = 30 + \frac{((80+10)-30)}{1+0.851} = 62.40\text{kph}$$

$$S_{nw} = 30 + \frac{((80+10)-30)}{1+0.480} = 70.55\text{kph}$$

$$S = \frac{7,391}{\frac{1,413}{62.40} + \frac{5,978}{70.55}} = 68.83\text{kph}$$

$$D = \frac{7,391}{68.83 \times 5} = 21.47\text{pcpkmpl} \quad \Rightarrow \text{서비스수준 D}$$

② $L = 300\text{m}$ 일 때

$$W_w = 1.072, S_w = 58.96\text{kph}$$

$$W_{nw} = 0.504, S_{nw} = 69.90\text{kph}$$

$$S = \frac{7,391}{\frac{1,413}{58.96} + \frac{5,978}{69.90}} = 67.51\text{kph}$$

$$D = \frac{7,391}{67.51 \times 5} = 21.90\text{pcpkmpl} \quad \Rightarrow \text{서비스수준 D}$$

③ $L = 200\text{m}$ 일 때

$$W_w = 1.482, S_w = 54.17\text{kph}$$

$$W_{nw} = 0.540, S_{nw} = 68.97\text{kph}$$

$$S = \frac{7,391}{\frac{1,413}{54.17} + \frac{5,978}{68.97}} = 65.55\text{kph}$$

$$D = \frac{7,391}{65.55 \times 5} = 22.55\text{pcpkmpl} \quad \Rightarrow \text{서비스수준 E}$$

3) 적정 엇갈림 구간 길이를 결정한다 : 최소 엇갈림 구간 길이 300m(서비스수준 D 유지).

〈예제 2〉 본선-연결로 엇갈림 구간의 운영 상태 분석

다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 엇갈림 구간이 있다. 이 엇갈림 구간의 서비스수준을 판정하라.

도로 및 교통 조건

✓ 설계속도 80kph	✓ 본선 교통량 4,000vph
✓ 양방향 본선 6차로	✓ 유입 800vph
✓ 본선-연결로 엇갈림 형태(평지 구간)	✓ 유출 1,000vph
✓ 첨두시간계수 0.95	✓ 중형 중차량 구성비 20%
✓ 엇갈림 구간의 길이 350m	

〈풀 이〉

1) 교통량을 첨두시간 승용차 교통량(V_P)으로 환산한다.

$$PHF = 0.95 \quad E_{T2} = 1.5$$

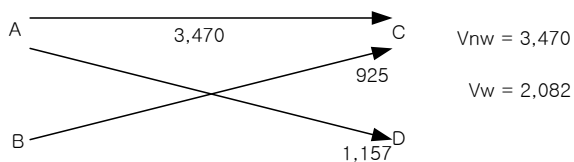
$$f_{HV} = 1 / [1 + 0.2(1.5 - 1)] = 0.91$$

$$V_P(A \rightarrow C) = 3,000 / (0.95 \times 0.91) = 3,470 \text{ pcph}$$

$$V_P(A \rightarrow D) = 1,000 / (0.95 \times 0.91) = 1,157 \text{ pcph}$$

$$V_P(B \rightarrow C) = 800 / (0.95 \times 0.91) = 925 \text{ pcph}$$

2) 방향별 교통량을 도식화하고 변수 한계를 점검한다.



$$V_w = 2,082 \text{ pcph} \leq 2,800 \text{ pcph}$$

$$V/N = (3,470 + 2,082) / 4 = 1,388 \text{ pcph} \leq 2,000 \text{ pcph}$$

$$VR = 2,082 / 5,552 = 0.38 \leq 0.45$$

3) 비엇갈림 차량과 엇갈림 차량의 평균 속도와 밀도를 계산한다.

$$V_P = 5,552 \text{pcph}, \quad N = 4 (\text{보조차로 포함}), \quad V_R = 0.38$$

$$W_w = 0.059 \times (1 + 0.38)^{2.2} (5,552/4)^{0.97} / 350^{0.80} = 1.234$$

$$W_{nw} = 0.00000054 \times (1 + 0.38)^{0.68} (5,552/4)^{2.0} / 350^{0.17} = 0.478$$

$$S_w = 30 + \frac{[(80 + 10) - 30]}{1 + 1.234} = 56.86 \text{kph}$$

$$S_{nw} = 30 + \frac{[(80 + 10) - 30]}{1 + 0.478} = 70.56 \text{kph}$$

$$S = \frac{5,552}{\frac{2,082}{56.86} + \frac{3,470}{70.56}} = 64.71 \text{kph}$$

$$D = \frac{5,552}{64.71 \times 4} = 21.45 \text{pcpkmpl}$$

4) 서비스수준을 판정한다(〈표 3-1〉 참조) : 서비스수준 D.

〈예제 3〉 연결로-연결로 엇갈림 구간의 운영 상태 분석

다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 엇갈림 구간이 있다. 이 엇갈림 구간의 서비스수준을 판정하라.

도로 및 교통 조건

✓ 연결로-연결로 엇갈림 형태	✓ 유입 교통량 900vph
✓ 첨두시간계수 0.95	✓ 유출 교통량 1,200vph
✓ 엇갈림 구간의 길이 200m	✓ 중형 중차량 구성비 10%
✓ 현장에서 조사된 엇갈림 구간 모든 차량의 공간평균속도 55kph	

〈풀 이〉

1) 교통량을 첨두시간 승용차 교통량(V_p)으로 환산하고 변수 한계를 점검한다.

① 교통량 환산

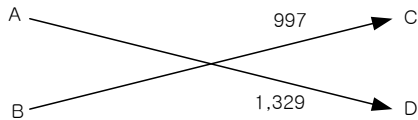
$$PHF = 0.95 \quad E_{T2} = 1.5$$

$$f_{HV} = 1/[1 + 0.1(1.5 - 1)] = 0.95$$

$$V_P(A \rightarrow D) = 1,200 / (0.95 \times 0.95) = 1,329 \text{ pcph}$$

$$V_P(B \rightarrow C) = 900 / (0.95 \times 0.95) = 997 \text{ pcph}$$

$$V_P = 1,329 + 997 = 2,326 \text{ pcph}$$



② 변수 한계 점검

$$V_w = 2,326 \text{ pcph} \leq 3,000 \text{ pcph}$$

2) 교통량과 관측 속도를 바탕으로 밀도(D)를 계산한다.

$$D = \frac{2,326}{55 \times 2} = 21.15 \text{ pc/kmpl}$$

3) 서비스수준을 판정한다.(표 3-1 참조) : 서비스수준 D

〈부록 A〉 부호 정의

- S_{nw} = 비엇갈림 교통류의 평균속도(kph)
- S_w = 엇갈림 교통류의 평균속도(kph)
- S_D = 본선의 설계속도(kph)
- S = 엇갈림 구간의 모든 차량에 대한 평균속도(kph)
- W_{nw} = 비엇갈림 교통류에 따른 엇갈림 강도 계수
- W_w = 엇갈림 교통류에 따른 엇갈림 강도 계수
- VR = 교통량 비(V_w/V)
- V = 엇갈림 구간의 총 교통량(pcph)
- V_w = 엇갈림 교통량(pcph)
- D = 엇갈림 구간의 평균 밀도(pc/kmpl)

제4장 | 고속도로 연결로 접속부

2013 도로용량편람

1. 정의 및 개요
2. 용량과 서비스수준
3. 분석 과정
4. 예 제

고속도로 연결로 접속부

개론

고속도로 기본 구간

고속도로 엇갈림 구간

고속도로 연결로 접속부

고속도로 종합 분석

다차로도로

2차로도로

1 정의 및 개요

(1) 기본 정의 및 적용 범위

연결로란 두 도로 사이의 연결을 주 목적으로 하는 도로 또는 도로구간을 말한다. 일반적으로 연결로는 연결로-고속도로 접속부, 연결로 자체, 연결로-일반도로 접속부의 세가지 기하요소로 이루어진다.

본 장에서는 연결로와 연결로-고속도로 접속부(이하 연결로 접속부)에 대한 분석 절차를 설명하고 있으며, 주로 후자의 분석에 초점을 두고 있다. 또한 연결로-고속도로 접속부를 위한 분석체계는 고속도로 이외의 시설, 즉 고속도로에 준하는 도로나 다차로도로 또는 2차로 도로와의 접속부를 분석할 때에도 개략적으로 적용할 수 있다.

연결로 접속부는 <그림 4-1>과 같은 세가지 요소로 이루어진다.

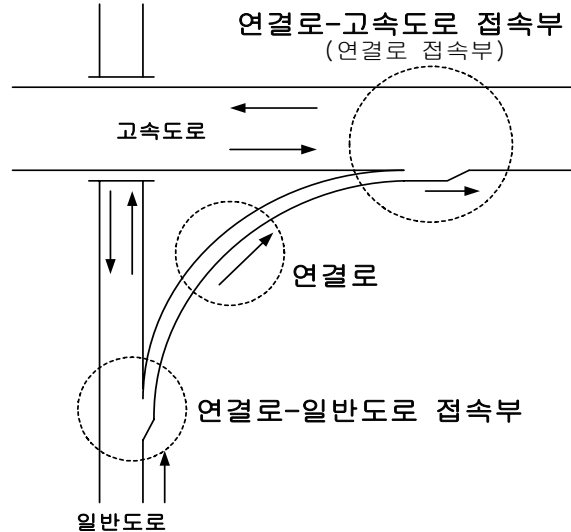
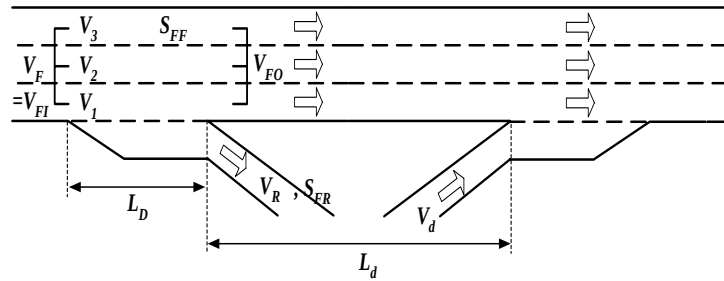


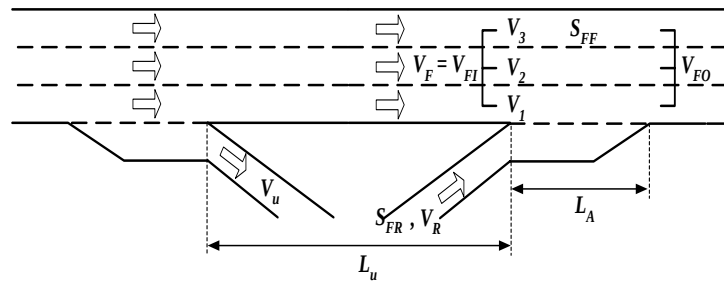
그림 4-1 연결로 접속부 구성요소

고속도로와 일반도로의 교통류를 연결시키기 위해 연결로를 설치하며 이때 <그림 4-1>과 같이 연결로-고속도로 접속부, 연결로-일반도로 접속부 형태가 나타난다. 연결로 접속부는 두 개 교통수요의 경쟁적 상충이 발생하여 차량이 합류 및 분류하는 지점이다. 특히, 이 구간에서는 고속도로 본선보다 많은 차로 변경이 발생하며 전체적으로 불안정한 교통류를 형성하여 그로 인한 혼잡 또는 사고 발생 가능성이 큰 구간이다.

연결로 접속부를 분석하는 과정은 계획 및 설계 단계 분석과 운영상태 분석으로 나누어 제시할 수 있으나, 그 기본 개념은 동일하므로 본 장에서는 이를 함께 다룬다.



(a) 우분류 연결로 접속부가 주 분석 대상 시설일 때



(b) 우합류 연결로 접속부가 주 분석 대상 시설일 때

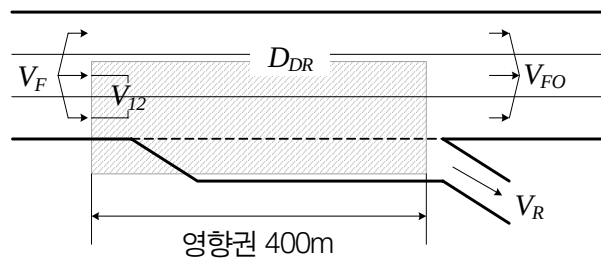
그림 4-2 연결로 접속부 변수 정의

〈그림 4-2〉는 연결로 접속부의 자료 수집 및 분석시에 사용하는 것으로 크게 우분류 연결로 접속부가 주 분석 대상 시설일 때와 우합류 연결로 접속부가 주 분석 대상 시설일 때로 구분하여 정의한다. 변수에 대한 설명은 부록 B. 부호 정의를 참고하면 된다.

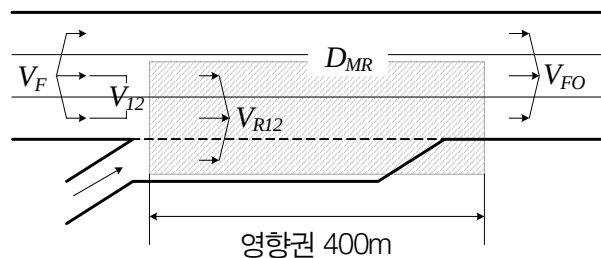
(2) 연결로 접속부 특성

1) 일반적인 고려사항

- 1) 연결로 접속부의 분석에서는 고속도로 기본구간과 같이 15분 교통량을 첨두시간 최대 환산 교통류율로 환산한 승용차 교통량을 이용한다.
- 2) 연결로 접속부에서 승용차 환산계수는 고속도로 기본구간의 값을 사용한다.
- 3) 본 장은 “분류 후 합류”의 형태를 분석의 기본 형태로 하며, 고속도로 본선의 우측에 접속되는 연결로 접속부 형태를 대상으로 한다.
- 4) 연결로 접속부에서는 유출·유입 차량에 의해 본선 차량의 주행이 영향을 받고, 이러한 영향을 미치는 범위를 영향권이라고 하며, 영향권은 연결로에 접속되는 차로로부터 두 개 차로를 포함한다(〈그림 4-3〉 참조).



(a) 우분류 연결로 접속부



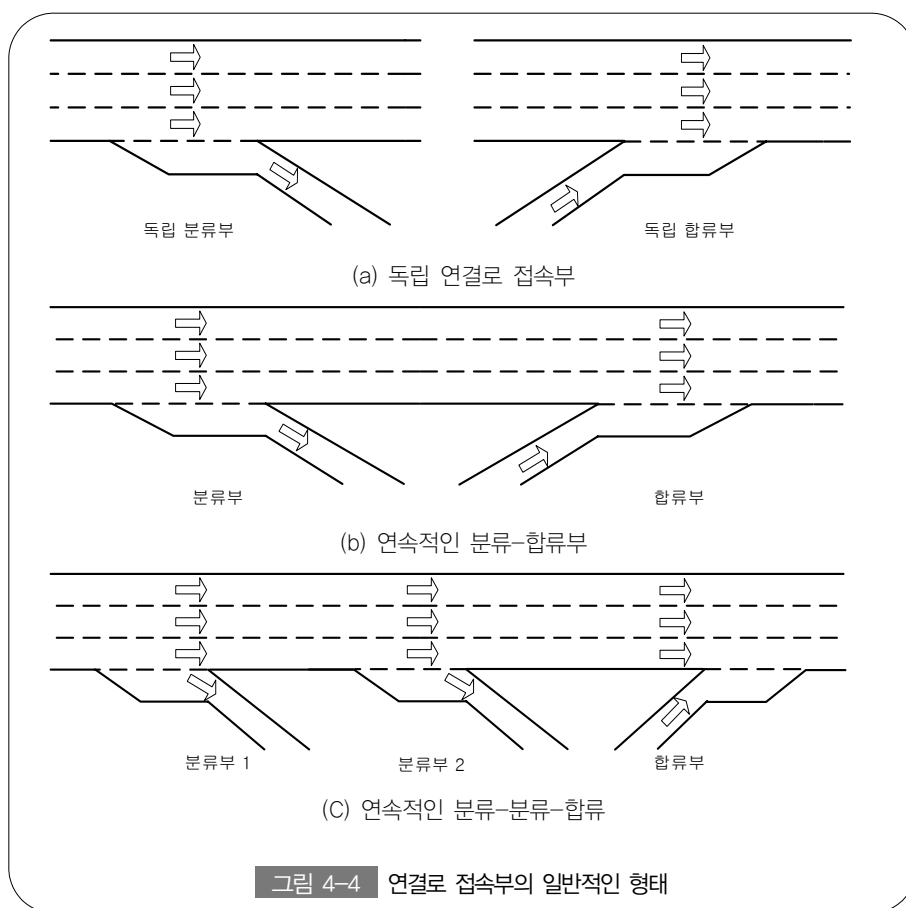
(b) 우합류 연결로 접속부

그림 4-3 연결로 접속부 영향권의 정의

2) 연결로 접속부 형태

연결로 접속부는 형태상 크게 합류부와 분류부로 구분할 수 있으며 상류 및 하류 연결로의 접속 배열에 따라 여러 가지 형태가 존재할 수 있다. 국내에서 그 형태상 가장 일반적인 “분류 후 합류” 형태를 분석의 기본 형태로 설정하고, 두 연결로의 노면 표시 끝단 사이의 거리가 500m를 초과하면 분류부와 합류부를 각각 독립 연결로 접속부로 분석한다. 분석 대상 연결로의 차로수는 1차로를 기본으로 한다.

연결로 접속부는 형태상 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 합류부로 고속도로 본선 차량과 연결로에서의 유입 차량이 주행권의 확보를 위해 상호 작용하는 곳이며, 둘째는 분류부인데, 유출 차량이 연결로에 접속되는 차로로 집중되어 분류함으로써 차량의 차로 변경이 잦은 구간이다. 또, 인접 연결로의 형태 및 배열 순서에 따라 운영 상태가 달라질 수 있으며, 두 개의 연속된 연결로를 고려 대상으로 한다면 국내에서는 <그림 4-4>와 같은 형태가 일반적이다.



- **분류-합류 형태** : 가장 일반적인 연결로 접속부 형태로 주요 인터체인지에서 나타나며 분석 시에 두 연결로 사이의 거리가 500m를 초과하면, 독립적인 연결로 접속부로 간주한다. 거리 기준은 분류부가 끝나는 지점의 노면 표시 끝에서부터 합류부가 시작되는 노면 표시의 끝까지를 말한다.
- **분류-분류-합류 형태** : 이러한 형태는 일반적인 것은 아니며, 주로 혼잡한 일반도로나 두 개의 고속도로가 교차하는 곳에서 볼 수 있는 형태다. 일반적인 경우는 하나의 분류부를 이용하여 일반 가로에 교통류를 분류시키고, 여기에서 상행 및 하행 교통류가 처리되는 것이 바람직하다. 그러나, 일반도로의 혼잡이 아주 심한 경우에는 그림과 같이 분류부 1로 일반가로의 하행 교통류를 처리하고 분류부 2로 상행 교통류를 처리하게 만든다.

이 외에도, 합류 - 분류의 형태도 있으나 이러한 경우 대부분 보조차로를 두어 엇갈림 구간으로 설계하거나 고속도로 본선에 측도를 두어 측도에서 엇갈림 구간을 시설하는 추세로 국내에서 합류 - 분류 형태의 연결로 접속부는 거의 찾아보기 어렵다.

3) 연결로 접속부 운행 특성

연결로 접속부의 운행 특성은, 유입 또는 유출 차량의 합류 특성이나 분류 특성, 합류나 분류로 인한 혼란을 피하기 위한 본선 차량의 차로 변경 등으로 나누어 생각할 수 있다. 직접적으로는 연결로의 유출입 차량과 본선의 접속차로 차량간의 상호 작용에 의하여 연결로 접속부의 운행 특성이 규정된다.

(가) 유입 연결로의 합류 과정

유입 연결로의 합류 과정은 대개 간격 찾기, 속도 조정, 합류와 합류 후 운행 등의 단계를 거친다. 우선 연결로 차량은 본선 교통류를 방해하지 않고 본선에 진입할 수 있는 간격을 찾는다. 따라서 접속차로 차량들간의 간격은 연결로에서 본선으로 진입할 수 있는 용량과 관계가 있다. 주어진 간격 중에서 진입하기에 적절한 간격을 선택하여 그 간격에 진입하기 위한 자신의 계획된 경로를 따라 진입하고, 진입한 후 정상적인 합류가 아닌 경우 본선 차량과 연결로 차량은 약간의 속도 조정을 해야 한다.

(나) 유출 연결로의 분류 과정

유입의 경우는 본선 차량과 연결로 유입 차량간의 상호 작용을 고려해야 하므로 다소 복잡적이거나, 유출 연결로의 분류 과정은 대부분 유출 차량의 의사 결정을 따르므로 비교적 단순하다. 또, 본선의 통과 차량은 본선에서 유출하려는 차량이 감속할 경우 마찰을 피해 감속이나 차로 변경 등을 할 수 있지만, 그 정도에 있어서는 유입 연결로만큼 심한 편은 아니다. 유출 차량은 유출부에 대한 예고 표지판을 본 후에 유출을 위한 상황을 인지한다. 인지 과정이 정상적으로 이루어졌을 경우 유출하려고 하는 차량은 연결로가 접속되어 있는 차로 방향으로 차로 변경을 하며 분류를 위해 감속을 해야 한다.

감속은 직접식인 경우 주로 본선에서 이루어지나 평행식인 경우 감속차로에서도 이루어진다. 유출을 위한 바깥 차로로의 차로변경 조작과 감속이 적절히 수행되었을 경우 유출하려는 차량은 계획한 경로를 따라 분류를 실행한다.

(다) 본선 주행 차량의 반응

연결로를 유출입하는 차량에 대한 본선 주행 차량의 반응은 크게 감속과 차로 변경이 다. 차로 변경의 대부분은 본선의 고속 차량이 연결로의 저속 차량과의 마찰을 피하기 위한 것인데, 차로 변경을 하지 않으면 감속이 불가피해지기 때문이다.

연결로 합류부나 분류부에서 발생하는 상충을 피하기 위한 본선 차량의 차로 변경은, 그 정도에 있어서 일반적으로 고속도로 기본구간의 차로 변경보다 더 잦다고 할 수 있다. 연결로 접속부에서 본선 차량의 속도 감속의 정도도 분류부보다는 합류부에서 더 크게 나타나며, 분류부의 경우 거의 영향을 받지 않는다.

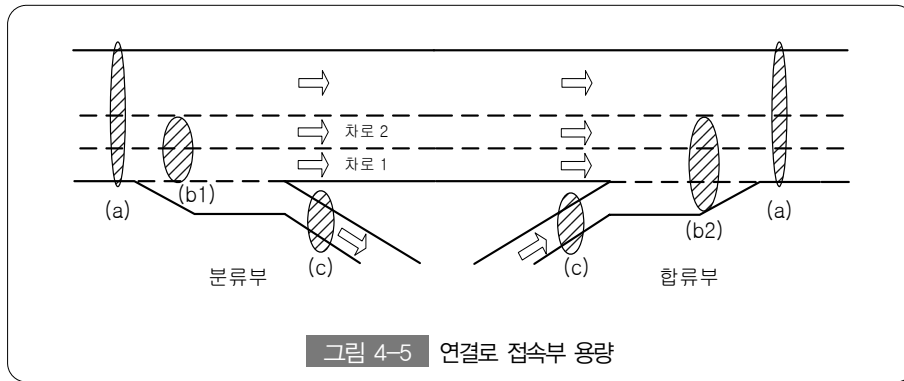
(3) 용어 정의

- 고속도로-연결로 접속부(이하 연결로 접속부, Ramp-Freeway Junction)
: 고속도로 본선에 합류 및 분류 연결로가 접속되는 구간.
- 연결로-가로 접속부 : 가로에 연결로가 접속되는 구간.
- 합류부 : 합류 연결로가 고속도로 본선에 접속된 구간.
- 분류부 : 분류 연결로가 고속도로 본선에 접속된 구간.
- 접속 차로 : 합류 및 분류 연결로가 접속되는 고속도로 본선의 차로
- 차로1 : 접속 차로를 말함(일반적으로 차로는 중앙분리대에서 인접한 차로를 1차로로 구분하나, 본 장에서는 편의상 접속 차로에 인접한 차로를 차로1로 명명함).
- 영향권 : 기하구조 상, 합류부는 합류가 시작되는 지점부터 하류방향으로, 분류부는 분류가 완료된 지점부터 상류 방향으로 400m까지의 구간을 말하며 영향권에는 보조차로와 차로1, 차로2가 포함됨.
- 유효 가속 및 감속차로 길이 : 보조차로가 2차로인 경우, 밀도 예측식에 적용되는 보조차로의 길이.
- 유효 본선 4차로 교통량 : 고속도로 본선 차로 수가 5차로 이상일 경우, 고속도로 본선 4차로 연결로 접속부 분석 방법을 이용하기 위해 본선 총 교통량 중 4차로 교통량을 추정한 교통량.

2 용량과 서비스수준

(1) 연결로 접속부의 용량

연결로 접속부에서는 본선의 용량(a), 분류부(b1) 및 합류부(b2)의 영향권 용량, 연결로의 용량(c) 등 세 가지 용량 값이 존재한다(〈그림 4-5〉 참조). 연결로 접속부와 연결로의 용량은 고속도로 본선의 자유속도와 연결로의 자유속도에 따라 변한다(〈표 4-1〉 및 〈표 4-2〉 참조).



연결로 접속부의 용량은 크게 연결로의 용량과 본선의 용량으로 나눌 수 있다. 분석의 초점을 주로 본선에 두고 있기 때문에 본 장에서는 본선의 용량과 서비스수준 분석에 초점을 둔다.

연결로 접속부의 용량은 분류부의 상류 지점과 합류부의 하류 지점의 최대 통과 교통량과 관계가 있다. 이 개념은 고속도로 기본구간의 분석 개념과 크게 다르지 않다. 즉, 합류부나 분류부의 용량은 결국 연결로 접속부의 분류 직전 또는 합류 직후 구간의 용량에 지배를 받는다는 가정 하에서 이 구간의 용량을 산정할 수 있으며, 서비스수준도 이와 같은 시각에서 판단한다.

〈표 4-1〉 연결로 접속부 용량

본선 자유속도(kph)	분류부 및 합류부 본선 교통량(pcph) ^(a)			영향권 용량	
	2차로	3차로	4차로 이상	유출부 교통량 (pcph) ^(b1)	유입부 교통량 (pcph) ^(b2)
≤ 120	≤ 4,600	≤ 6,900	≤ 2,300/차로	4,400	4,600
≤ 110	≤ 4,500	≤ 6,750	≤ 2,250/차로	4,400	4,600
≤ 100	≤ 4,400	≤ 6,600	≤ 2,200/차로	4,400	4,600
≤ 90	≤ 4,200	≤ 6,300	≤ 2,100/차로	4,400	4,600

주) (a), (b1), (b2)는 〈그림 4-5〉참조

〈표 4-1〉에서 분류부 및 합류부 본선 교통량은 합류부에서는 합류 직후, 분류부에서는 분류 직전의 용량을 의미한다. 영향권 용량은 유입부 교통량이 합류부 영향권의 용량을, 유출부 교통량이 분류부 영향권의 용량을 나타낸다.

연결로의 용량은 연결로의 곡선반경, 경사 또는 본선과의 경사 차이, 길어깨 폭, 연결로의 형태 및 이들의 종합 개념인 연결로의 설계속도 등에 영향을 받는다. 연결로 자체의 차로 수를 결정해야 할 때 〈표 4-2〉의 연결로 용량을 사용할 수 있다.

〈표 4-2〉 연결로 용량

연결로의 자유속도(kph)	연결로의 용량(pcpH) ^(c)	
	1차로 연결로	2차로 연결로
> 70	≤ 2,000	≤ 4,000
≤ 70	≤ 1,900	≤ 3,800
≤ 60	≤ 1,800	≤ 3,600
≤ 50	≤ 1,700	≤ 3,400
≤ 40	≤ 1,600	≤ 3,200

주) (c)는 〈그림 4-5〉참조

〈표 4-1〉과 〈표 4-2〉에서 제시된 용량 값은 연결로 접속부의 서비스 수준 분석 절차 진행 여부를 판단하기 위해 사용된다. 표에서 제시하고 있는 용량 값이 나타나는 지점 중에서 한 지점이라도 용량 값을 초과하게 되면 서비스 수준 분석 절차를 진행하지 않는다. 제시된 표에서 제시하는 지점의 용량 값을 모두 초과하지 않을 때 분석 절차를 진행한다.

(2) 연결로 접속부의 효과척도 및 서비스수준

연결로 접속부의 서비스수준을 평가하기 위한 효과척도는 영향권의 밀도로 한다. 연결로 접속부의 영향권 밀도는 보조차로를 포함하여 접속차로부터 두 개 차로의 평균 밀도로 한다.

연결로 접속부의 서비스수준은 영향권의 밀도로 판단한다. 운행특성 상 연결로 접속부는 고속도로 기본구간보다 서비스수준이 떨어진다. 이를 감안하여 연결로 접속부에서는 서비스수준 E를 22pcpkmpl로 기준하여 구분한다. 기본구간과 동일한 교통량을 갖는다 하더라도 연결로 접속부에서는 속도가 상대적으로 낮기 때문에 〈표 4-3〉과 같이 설정하였다. 서비스수준 F의 밀도 값이 없는 이유는 분석 절차 상, 첨두시간 환산 교통량의 용량확인 절차에서 용량을 초과하게 되면 서비스수준을 F로 처리하고 밀도 예측 단계까지 진행되지 않기 때문이다.

〈표 4-3〉 서비스수준

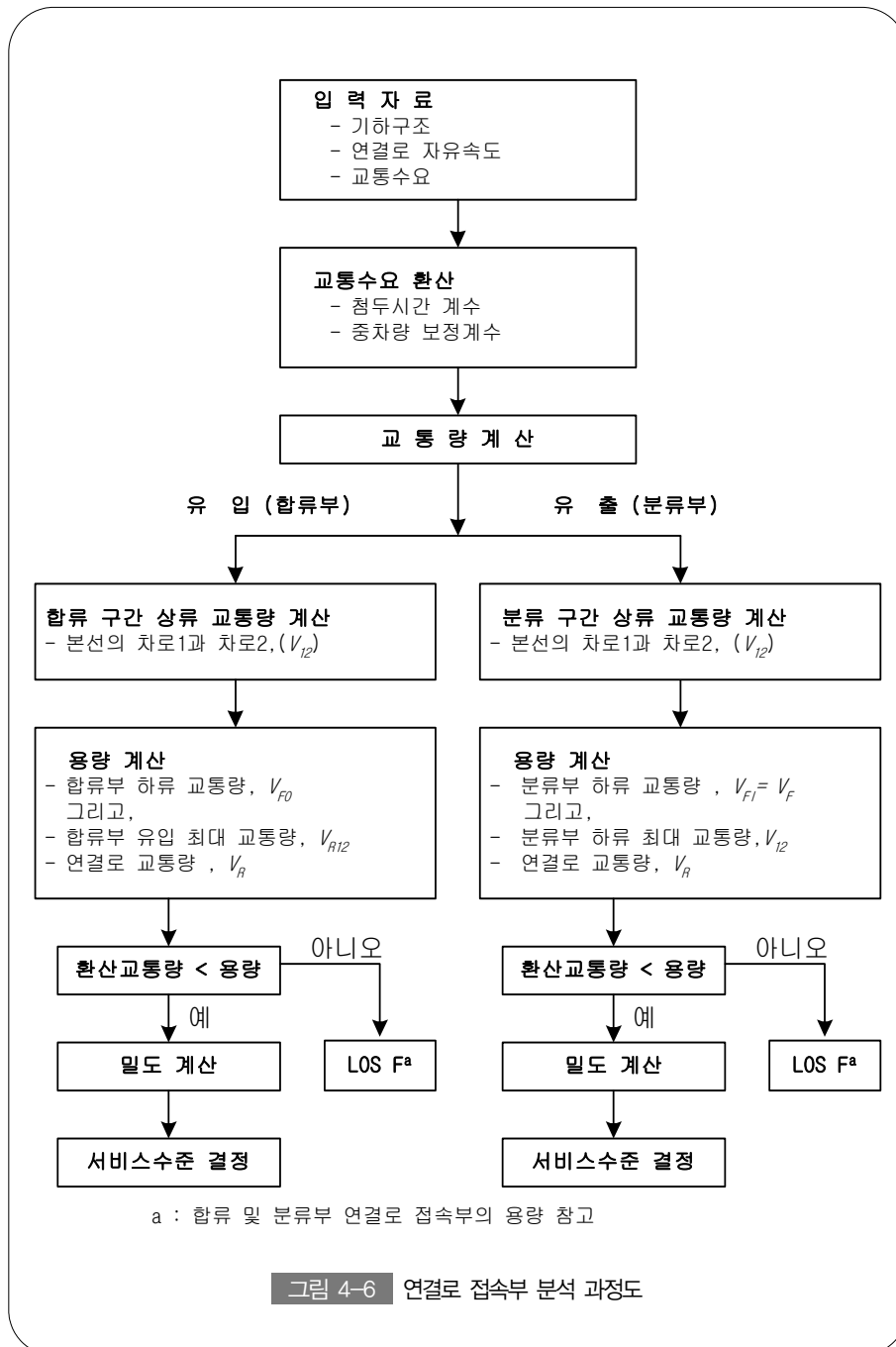
서비스수준	밀 도 (pcpkmpl)
A	≤ 6
B	≤ 12
C	≤ 17
D	≤ 22
E	> 22
F	용량 초과

3 분석 과정

연결로 접속부의 분석 과정은 계획 및 설계 단계 분석과 운영상태 분석으로 나눌 수 있으나, 교통 수요에 해당하는 변수만 다를 뿐 분석 개념은 기본적으로 동일하다. 즉 연결로 접속부의 효과적도인 밀도를 산출하기 위하여 계획 및 설계 단계에서는 예측된 교통수요를 이용하고, 운영 상태 분석에서는 실측 교통량을 이용한다. 분석 과정은 합류부 및 분류부가 동일한 방법을 거치게 되며 〈그림 4-6〉에 제시되어 있다. 연결로 접속부의 분석은 〈그림 4-7〉의 분석표를 이용한다.

연결로 접속부의 분석 과정은 계획 및 설계 분석과 운영 상태 분석으로 나누어지고, 두 가지의 분석 과정은 교통 수요에 해당하는 변수만 다를 뿐 분석 개념은 동일하기 때문에 운영상태 분석을 주로 다루고, 계획 및 설계 분석은 운영상태 분석과 다른 부분만을 언급하기로 한다.

〈그림 4-6〉은 연결로 접속부의 분석 과정도이다.



(1) 운영 상태 분석

운영 상태 분석은 연결로 접속부의 현재 또는 장래의 운영 상태를 나타내는 서비스수준을 분석하는 것이다. 이 결과를 도로 공급 정책의 판단 지표로 삼거나 기존 도로의 효과적인 운영 개선 대안을 모색하는 데에 활용한다. 연결로 접속부의 운영 상태 분석은 <그림 4-7>의 분석표를 이용한다.

1) 기하구조 및 교통수요 파악

운영상태 분석을 위한 기하구조 및 교통수요 자료는 현장 조사를 통해 수집한다. 기하구조 자료에는 본선 및 연결로의 차로 수, 접속 형태, 가속 및 감속 차로의 길이, 인접 연결로까지의 거리 등이 있으며, 교통 수요 자료는 본선 및 연결로의 교통량, 인접 상류 및 하류의 연결로 교통량이 있다. 이 밖에도 용량 확인을 위해 본선 및 연결로의 자유속도 자료도 필요하다.

2) 침두시간 환산 교통량 산출

현장에서 수집된 본선 및 연결로의 교통 수요 자료는 (식 4-1)에 의해서 침두시간 환산 교통량으로 환산한다.

$$V_P = \frac{V}{PHF \times f_{HV}} \quad (\text{식 4-1})$$

여기서,

V_P = 침두시간 환산 교통량(pcph)

V = 1시간 교통량(vph)

PHF = 침두시간계수

f_{HV} = 중차량 환산계수

$$f_{HV} = 1 / [1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)] \quad (\text{식 4-2})$$

여기서,

E_{T1}, E_{T2}, E_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 승용차환산계수

(고속도로 기본구간 편 <표 2-3> 참조)

P_{T1}, P_{T2}, P_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 구성비

3) 용량 확인

첨두시간 환산 교통량을 <표 4-1>과 <표 4-2>의 용량 값과 비교한다. 합류부에서는 본선 하류 교통량($V_{FO}=V_F+V_R$)과 유입부 교통량(V_{R12}), 연결로 교통량(V_R)을 비교하며, 분류부에서는 본선 상류 교통량($V_F=V_{FI}$)과 유출부 교통량(V_{12}), 본선 하류 교통량($V_{FO}=V_F-V_R$)과 유출 연결로 교통량(V_R)을 비교한다. 이때 각 교통량이 모두 용량을 초과할 시에는 분석을 중단하고 서비스수준을 F로 처리하며, 그렇지 않을 때는 분석을 진행한다(<그림 4-3>과 <그림 4-5> 참조).

4) 영향권 교통량 계산

영향권의 교통량을 산출하기 위해 본선 전체에 대한 차로 1, 2의 교통량 비율(영향권 비)을 산출해야 한다. 이를 위해 <표 4-4>와 <표 4-5>의 계산식을 이용한다.

<표 4-4> 합류부 영향권 비 계산(P_{FM})

구 분		$V_{12} = V_F \times P_{FM}$	(식 4-3)
본선 편도 2차로		$P_{FM} = 1.00$	(식 4-4)
본선 편도 3차로	독립 합류부	$P_{FM} = 0.5127 + 0.000193 \times V_R$	(식 4-5)
	연속 분류-합류 중 합류부	$P_{FM} = 0.635 - 0.000022 \times (V_R + V_F) - 0.00504 \times (V_u/L_u)$	(식 4-6)
본선 편도 4차로		$P_{FM} = 0.094 - 0.0000203 \times V_R + 0.0502(L_A/S_{FR})$	(식 4-7)

<표 4-5> 분류부 영향권 비 계산(P_{FD})

구 분		$V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD}$	(식 4-8)
본선 편도 2차로		$P_{FD} = 1.00$	(식 4-9)
본선 편도 3차로	독립 분류부	$P_{FD} = 0.609 - 0.0000004 \times V_F - 0.00015 \times V_R$	(식 4-10)
	연속 분류-합류 중 분류부	$P_{FD} = 0.7960 - 0.0000758 \times V_F + 0.0259 \times (V_d/L_d)$	(식 4-11)
본선 편도 4차로		$P_{FD} = 0.453$	(식 4-12)

주) 여기서,

V_{12} = 접속차로로부터 두 번째 차로까지의 교통량(pcph)

V_F = 합류부 및 분류부 상류의 본선 교통량(pcph)

P_{FM} , P_{FD} = 합류부, 분류부의 영향권 비

V_R = 분석 대상 연결로의 교통량(pcph)

L_A , L_D = 가속차로, 감속차로의 길이(m)

V_u , V_d = 인접 상류부, 하류부 연결로의 교통량(pcph)

L_u , L_d = 인접 상류부, 하류부 연결로까지의 거리(m)

S_{FR} = 분석 대상 연결로의 자유속도(kph)

5) 밀도 산출 및 서비스수준 판정

합류부 및 분류부의 영향권 비가 결정되면 V_{12} 를 계산할 수 있게 되며, 다음 식을 이용하여 연결로 접속부 영향권의 밀도를 추정한다.

$$\text{합류부 : } D_{MR} = 0.2048 + 0.003185 \times V_R + 0.005989 \times V_{12} - 0.00101 \times L_A \quad (\text{식 4-13})$$

$$\text{분류부 : } D_{DR} = 0.5108 + 0.00589 \times V_{12} - 0.0043 \times L_D \quad (\text{식 4-14})$$

여기서,

$$D_{MR} = \text{합류 영향권의 평균 밀도(pcpkmp/l)}$$

$$D_{DR} = \text{분류 영향권의 평균 밀도(pcpkmp/l)}$$

산출된 밀도는 분석 방법의 <표 4-3>을 이용하여 서비스수준을 분석한다.

(2) 계획 및 설계

계획 및 설계 분석은 장래의 추정 교통 수요나 도로 조건에 따라 요구되는 서비스수준을 만족하는 차로 수 등을 결정하는 분석이다. 계획과 설계 분석의 차이는 분석 자료의 내용적 수준 차이에 있다. 계획 분석의 경우, 연평균 일교통량을 이용하여 중방향 설계시간 교통량을 산정하고, 입력 자료는 일반적인 값을 적용한다. 연결로 접속부의 계획 및 설계 분석은 <그림 4-7>의 분석표를 사용한다.

계획 및 설계 단계 분석에 필요한 변수로는 해당 계획 구간의 연결로 및 본선 교통수요, 중차량 구성비, 첨두시간 계수 등의 교통특성 자료, 차로 폭 등의 도로특성 자료가 있다. 분석의 가장 중요한 변수인 첨두시간 교통수요는 추정된 기종점 교통량(O/D)이나 연평균 일교통량(AADT)으로부터 설계시간 교통량(DHV)과 중방향 설계시간 교통량(DDHV)을 계산, 여기에 첨두시간 계수(PHF)와 승용차 환산 계수로 보정하여 산출한다(식 4-15 참조). 교통수요를 승용차 교통량으로 환산할 때에는 고속도로 기본구간의 승용차 환산계수를 사용하면 된다. 대부분의 경우 연결로를 설계할 때에는 연결로의 위치와 본선의 개략적인 기하조건이 이미 설정되어 있으므로 연결로의 기하구조는 주변 지형과 본선의 설계 조건에 따라 제한된다. 연결로와 본선의 교통수요 역시 기존 자료나 추정된 장래 교통량을 통해 입력 자료로 주어진다.

$$\begin{aligned} \text{첨두시간 교통량} &= DDHV / (PHF \times f_{HV}) = (DHV \times D) / (PHF \times f_{HV}) \\ &= (AADT \times K \times D) / (PHF \times f_{HV}) \end{aligned} \quad (\text{식 4-15})$$

여기서,

$$D = \text{중방향 보정계수, } K = \text{설계시간 계수}(DHV/AADT)$$

산출된 연결로와 본선의 침두시간 교통수요를 이용하여 차로수를 결정하고 연결로 접속부 운영 상태 분석 절차에 따라서 서비스수준을 분석한다. 일반적으로 설계 서비스수준은 도시지역 D, 지방지역 C로 한다.

한편 차로수는 고속도로의 구간별 교통수요에 따라 달라질 수 있음에 유의해야 한다. 즉, 설계 구간별 교통수요에 맞게 차로수를 다르게 제공하는 차로 균형 개념에 따라 설계해야 한다. 연결로 유출입부의 일반적인 차로 균형 원칙은 다음과 같다.

합류부 : 합류 후 차로수 $\geq$ [합류 전 전체 차로수 - 1]

분류부 : 분류 전 차로수 $\geq$ [분류 후 전체 차로수 - 1]

계획 및 설계 단계 분석은 운영분석과 동일한 절차를 거친다. 다만, 연결로의 자유속도(S_{FR})가 문제가 된다. 운영 분석시에는 현장 관측으로 수집할 수 있으나 계획 및 설계 단계 분석에서는 현장 관측이 불가능하므로 설계 속도를 사용하여 분석 절차에 적용하면 된다.

연결로 접속부 분석표									
일 반					대상지 현황				
•분석 담당자 _____ •기관 명 _____ •분석일자 _____ •분석 시간대 _____					•고속도로 분선/통행방향 _____ •고속도로 구간 명 _____ •연결로 개수 _____				
☐ 운영(LOS) ☐ 설계 (L_A , L_D 또는 M) ☐ 계획(LOS) ☐ 계획(L_A , L_D 또는 M)									
입력 자료									
분석대상시설 독립여부 판단					$S_{FF} =$ _____ kph $S_{FR} =$ _____ kph 현황도 (차로, 가·감속차로 길이, 분선 및 연결로 교통량)				
500m이내 인접 연결로 존재여부 있음 ☐ 없음 ☐									
V_u 또는 $V_d =$ _____ vph L_u 또는 $L_d =$ _____ m									
기본 조건에서 승용차 교통량으로 환산									
교통량 (pcph)	AADT (대/일)	K	D	V (vph)	PHF	$P_{HV}(\%)$	f_{HV}	$V_P = \frac{V}{PHF \times f_{HV}}$	
V_F									
V_R									
V_u									
V_d									
합 류 부					분 류 부				
V_{I2} 추정					V_{I2} 추정				
$V_{I2} = V_F \times P_{FM}$ $P_{FM} =$ _____ (식 4-)을 이용함. $V_{I2} =$ _____ pcph					$V_{I2} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD}$ $P_{FD} =$ _____ (식 4-)을 이용함. $V_{I2} =$ _____ pcph				
용량 확인					용량 확인				
	실제 값	용 량	LOS F?		실제 값	용 량	LOS F?		
V_{FO}				$V_R = V_F$					
V_{RI2}				V_{I2}					
V_R				$V_{FO} = V_F - V_R$					
				V_R					
LOS 판정					LOS 판정				
$D_{MR} = 0.2048 + 0.003185V_{FI} + 0.005989V_{I2} - 0.00101L_A$ $D_{MR} =$ _____ pcpkmpl LOS = _____					$D_{DR} = 0.5108 + 0.00589V_{I2} - 0.0043L_D$ $D_{DR} =$ _____ pcpkmpl LOS = _____				

주) V_{FI} =연결로 접속부 인접 상류 분선 교통량, V_{FO} =연결로 접속부 인접 하류 분선 교통량
 V_u =인접 상류 연결로의 교통량, V_d =인접 하류 연결로의 교통량
 L_u =인접 상류 연결로까지의 거리, L_d =인접 하류 연결로까지의 거리

그림 4-7 고속도로 연결로 접속부 분석 표

4 예 제

〈예제 1〉 독립 합류 연결로 접속부

(1) 접속형태	독립적인 본선 4차로, 합류 연결로 1차로로 구성됨
(2) 문제	첨두시간의 서비스수준은 ?
(3) 조건	· 독립적으로 위치 · 양방향 4차로구간 · 3.5m 차로폭 · 연결로 교통량 550vph · 본선 트럭비율 10% · 가속차로 길이 225m · 연결로 자유속도 70kph · 1차로 연결로 · 평지구간 · 본선 자유속도 100kph · 본선 교통량 2,900vph · 첨두시간 계수 0.90 · 연결로 트럭 비율 4%
(4) 참고	중차량 보정계수와 운전자 보정계수는 고속도로 기본구간을 참고

〈풀 이〉

1) (식 4-1)을 이용하여 첨두시간 환산 교통량을 산출한다.

$$V_P = \frac{V}{(PHF)(f_{HV})}, \quad V_F = \frac{2,900}{(0.90)(0.95)} = 3,392\text{pcph}, \quad V_R = \frac{550}{(0.90)(0.98)} = 624\text{pcph}$$

f_{HV} 는 (식 4-2)에 의해 다음과 같이 산출하며 승용차 환산계수는 고속도로 기본구간의 값(표 2-3)을 참조한다.

$$f_{HV} = 1 / [1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)]$$

$$f_{HV}(\text{본선}) = \frac{1}{1 + 0.10(1.5 - 1)} = 0.95, \quad f_{HV}(\text{연결로}) = \frac{1}{1 + 0.04(1.5 - 1)} = 0.98$$

여기서,

E_{T1}, E_{T2}, E_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 승용차환산계수(표 2-3)

P_{T1}, P_{T2}, P_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 구성비

- 2) 합류부이므로 (식 4-3)과 독립 연결로 접속부이므로 (식 4-4)를 이용하여 V_{12} 를 계산한다.

$$V_{12} = V_F \times P_{FM} = 3,392 \times 1,000 = 3,392\text{pcph}$$

$$P_{FM} = 1.00 \text{ (식 4-4)}$$

- 3) <표 4-1>을 이용하여 용량을 확인한다.

- ① 합류부 하류의 용량을 확인한다.

$$V_{FO} = V_F + V_R$$

$$V_{FO} = 3,392 + 624 = 4,016\text{pcph}$$

<표 4-1>에서 본선 자유속도가 100kph이고, 편도 2차로의 용량이 4,400pcph이므로 용량을 초과하지 않는다.

- ② 영향권의 최대 유입부 교통량을 확인한다.

$$V_{R12} = V_R + V_{12} = 624\text{pcph} + 3,392\text{pcph} = 4,016\text{pcph}$$

<표 4-1>에서 본선 자유속도가 100kph이고 용량은 4,600pcph이므로, 용량을 초과하지 않는다.

- 4) <표 4-2>를 이용하여 연결로 용량을 확인한다.

연결로의 침두시간 환산 교통량은 624pcph이다. <표 4-2>에서 연결로의 자유속도가 70kph이고, 1차로이므로 용량은 1,900pcph로 용량을 초과하지 않는다.

- 5) 밀도 예측

(식 4-13)에 의해서 다음과 같이 예측할 수 있다.

$$D_{MR} = 0.2048 + 0.003185V_R + 0.005989V_{12} - 0.00101L_A$$

$$D_{MR} = 0.2048 + 0.003185(624) + 0.005989(3,392) - 0.00101(225) = 22.3\text{pcpkmpl}$$

- 6) 서비스수준 판정

산출된 밀도 22.3pcpkmpl는 <표 4-3>에 의해서 서비스수준 E이다.

연결로 접속부 분석표

일 반		대상지 현황						
• 분석 담당자 _____	_____	• 고속도로 본선/통행방향 _____	_____					
• 기관 명 _____	_____	• 고속도로 구간 명 _____	_____					
• 분석일자 _____	_____	• 연결로 개수 _____	_____					
• 분석 시간대 _____	_____							
☒ 운영(LOS)	☐ 설계 (L_A , L_D 또는 N)	☐ 계획(LOS)	☐ 계획(L_A , L_D 또는 N)					
입력 자료								
분석대상시설 독립여부 판단								
500m이내 인접 연결로 존재여부 있음 ☐ 없음 ☒								
V_U 또는 $V_d =$ _____ vph L_U 또는 $L_d =$ _____ m								
		$S_{FF} =$ <u>100</u> kph	$S_{FR} =$ <u>70</u> kph					
현황도 (차로, 가·감속차로 길이, 본선 및 연결로 교통량)								
기본 조건에서 승용차 교통량으로 환산								
교통량 (pcph)	AADT (대/일)	K	D	V(vph)	PHF	$P_{HV}(\%)$	f_{HV}	$V_P = \frac{V}{PHF \times f_{HV}}$
V_F				2,900	0.9	10	0.95	3,392
V_R				550	0.9	4	0.98	624
V_U								
V_d								
합 류 부				분 류 부				
V_{I2} 추정				V_{I2} 추정				
$V_{I2} = V_F \times P_{FM}$				$V_{I2} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD}$				
$P_{FM} =$ <u>1.00</u> (식 4-4)이용.				$P_{FD} =$ _____ (식 4-)이용.				
$V_{I2} =$ <u>3,392</u> pcph				$V_{I2} =$ _____ pcph				
용량 확인				용량 확인				
	환산교통량	용 량	LOS F?		환산교통량	용 량	LOS F?	
V_{FO}	3,392	4,400	아니오	$V_R = V_F$				
V_{RI2}	4,016	4,600	아니오	V_{I2}				
V_R	624	1,900	아니오	$V_{FO} = V_F - V_R$				
				V_R				
LOS 판정				LOS 판정				
$D_{MR} = 0.2048 + 0.003185V_{FR} + 0.005989V_{I2} - 0.00101L_A$				$D_{DR} = 0.5108 + 0.00589V_{I2} - 0.0043L_D$				
$D_{MR} =$ <u>22.3</u> pcpkmpl				$D_{DR} =$ _____ pcpkmpl				
LOS = <u>E</u>				LOS = _____				

주) V_{FI} =연결로 접속부 인접 상류 본선 교통량, V_{FO} =연결로 접속부 인접 하류 본선 교통량
 V_U =인접 상류 연결로의 교통량, V_d =인접 하류 연결로의 교통량
 L_U =인접 상류 연결로까지의 거리, L_d =인접 하류 연결로까지의 거리

〈예제 2〉 연속적인 분류-합류 중 합류 연결로 접속부

(1) 접속형태	본선 6차로, 합류 연결로 1차로로 구성되었으며, 300m 떨어진 상류부에 분류 연결로 접속부가 존재함.
(2) 문제	첨두시간의 서비스수준은 ?
(3) 조건	· 양방향 6차로구간 · 3.5m 차로폭 · 연결로 교통량 850vph · 본선 트럭비율 13% · 가속차로 길이 350m · 인접 연결로까지의 거리 300m · 연결로 자유속도 70kph · 인접 연결로의 트럭비율 4% · 1차로 연결로 · 평지구간 · 본선 자유속도 100kph · 본선 교통량 4,500vph · 첨두시간 계수 0.93 · 연결로 트럭 비율 6% · 인접 연결로의 교통량 580vph
(4) 참고	중차량 보정계수와 운전자 보정계수는 고속도로 기본구간을 참고

〈풀 이〉

1) (식 4-1)을 이용하여 첨두시간 환산 교통량을 산출한다.

$$V_P = \frac{V}{(PHF)(f_{HV})}, \quad V_F = \frac{4,500}{(0.93)(0.94)} = 5,148 \text{pcph}, \quad V_R = \frac{850}{(0.93)(0.97)} = 942 \text{pcph}$$

$$V_u = \frac{580}{(0.93)(0.98)} = 636 \text{pcph}$$

f_{HV} 는 (식 4-2)에 의해 다음과 같이 산출하며 승용차 환산계수는 고속도로 기본구간의 값(표 2-3)을 참조한다.

$$f_{HV} = 1 / [1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)]$$

$$f_{HV}(\text{본선}) = \frac{1}{1 + 0.13(1.5 - 1)} = 0.94, \quad f_{HV}(\text{연결로}) = \frac{1}{1 + 0.06(1.5 - 1)} = 0.97$$

$$f_{HV}(\text{인접연결로}) = \frac{1}{1 + 0.04(1.5 - 1)} = 0.98$$

여기서,

E_{T1}, E_{T2}, E_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 승용차환산계수(〈표 2-3〉)

P_{T1}, P_{T2}, P_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 구성비

2) 합류부이므로 (식 4-3)과 연속적인 연결로 접속부이므로 (식 4-6)를 이용하여 V_{12} 를 계산한다.

$$\begin{aligned} V_{12} &= V_F \times P_{FM} = 5,148 \times 0.49 = 2,525 \text{ pcph} \\ P_{FM} &= 0.635 - 0.000022 \times (V_R + V_F) - 0.00504 \times (V_d / L_d) \\ &= 0.635 - 0.000022 \times (942 + 5,148) - 0.00504 \times (636 / 300) = 0.49 \end{aligned}$$

3) <표 4-1>을 이용하여 용량을 확인한다.

① 합류부 하류의 용량을 확인한다.

$$\begin{aligned} V_{FO} &= V_F + V_R \\ V_{FO} &= 5,148 + 942 = 6,050 \text{ pcph} \end{aligned}$$

<표 4-1>에서 본선 자유속도가 100kph이고, 편도 3차로의 용량이 6,600pcph이므로 용량을 초과하지 않는다.

② 영향권의 최대 유입부 교통량을 확인한다.

$$\begin{aligned} V_{R12} &= V_R + V_{12} = 942 \text{ pcph} + 2,525 \text{ pcph} = 3,467 \text{ pcph} \\ \text{<표 4-1>에서 본선 자유속도가 100kph이고 용량은 4,600pcph이므로, 용량을 초과하지 않는다.} \end{aligned}$$

4) <표 4-2>를 이용하여 연결로 용량을 확인한다.

연결로의 침두시간 환산 교통량은 942pcph이다. <표 4-2>에서 연결로의 자유속도가 70kph이고, 1차로이므로 용량은 1,900pcph로 용량을 초과하지 않는다.

5) 밀도 예측

(식 4-13)에 의해서 다음과 같이 예측할 수 있다.

$$\begin{aligned} D_{MR} &= 0.2048 + 0.003185V_R + 0.005989V_{12} - 0.00101L_A \\ D_{MR} &= 0.2048 + 0.003185(942) + 0.005989(2,525) - 0.00101(350) = 18.0 \text{ pcpkmpl} \end{aligned}$$

6) 서비스수준 판정

산출된 밀도 18.0pcpkmpl는 <표 4-3>에 의해서 서비스수준 D이다.

연결로 접속부 분석표									
일 반					대상지 현황				
• 분석 담당자 _____ • 기관 명 _____ • 분석일자 _____ • 분석 시간대 _____					• 고속도로 본선/통행방향 _____ • 고속도로 구간 명 _____ • 연결로 개수 _____				
☒ 운영(LOS) ☐ 설계 (L_A , L_D 또는 N) ☐ 계획(LOS) ☐ 계획(L_A , L_D 또는 N)									
입력 자료									
분석대상시설 독립여부 판단									
500m이내 인접 연결로 존재여부 있음 ☐ 없음 ☐									
V_u 또는 $V_d = 580$ vph L_u 또는 $L_d = 300$ m									
					$S_{FF} = 100$ kph $S_{FR} = 70$ kph 현황도 (차로, 가·감속차로 길이, 본선 및 연결로 교통량)				
기본 조건에서 승용차 교통량으로 환산									
교통량 (pcph)	AADT (대/일)	K	D	V (vph)	PHF	$P_H(\%)$	f_{HV}	$V_P = \frac{V}{PHF \times f_{HV}}$	
V_F				4,500	0.93	13	0.94	5,148	
V_R				850	0.93	6	0.97	942	
V_u				580	0.93	4	0.98	636	
V_d									
합 류 부					분 류 부				
V_{12} 추정					V_{12} 추정				
$V_{12} = V_F \times P_{FM}$ $P_{FM} = 0.49$ (식 4-6)을 이용함. $V_{12} = 2,525$ pcph					$V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD}$ $P_{FD} =$ (식 4-) 을 이용함. $V_{12} =$ pcph				
용량 확인					용량 확인				
	환산교통량	용량	LOS F?		환산교통량	용량	LOS F?		
V_{FD}	6,050	6,600	아니오	$V_F = V_F$					
V_{R12}	3,467	4,600	아니오	V_{12}					
V_R	942	1,900	아니오	$V_{FD} = V_F - V_R$					
LOS 판정					LOS 판정				
$D_{MR} = 0.2048 + 0.003185V_R + 0.005989V_{12} - 0.00101L_A$ $D_{MR} = 18.0$ pc/kmpl $LOS = D$					$D_{DR} = 0.5108 + 0.00589V_{12} - 0.0043L_D$ $D_{DR} =$ pc/kmpl $LOS =$				

주) V_{F1} =연결로 접속부 인접 상류 본선 교통량, V_{F0} =연결로 접속부 인접 하류 본선 교통량
 V_u =인접 상류 연결로의 교통량, V_d =인접 하류 연결로의 교통량
 L_u =인접 상류 연결로까지의 거리, L_d =인접 하류 연결로까지의 거리

〈예제 3〉 독립 분류 연결로 접속부

(1) 접속형태	독립적인 본선 4차로, 연결로 1차로로 구성됨
(2) 문제	첨두시간의 서비스수준은 ?
(3) 조건	· 독립적으로 위치 · 양방향 8차로구간 · 3.5m 차로폭 · 연결로 교통량 800vph · 본선 트럭비율 9% · 감속차로 길이 190m · 연결로 자유속도 60kph · 1차로 연결로 · 평지구간 · 본선 자유속도 100kph · 본선 교통량 6,900vph · 첨두시간 계수 0.91 · 연결로 트럭 비율 5%
(4) 참고	중차량 보정계수와 운전자 보정계수는 고속도로 기본구간을 참고

〈풀 이〉

1) (식 4-1)을 이용하여 첨두시간 환산 교통량을 산출한다.

$$V_P = \frac{V}{(PHF)(f_{HV})}, \quad V_F = \frac{6,900}{(0.91)(0.96)} = 7,898 \text{ pcph}, \quad V_R = \frac{800}{(0.91)(0.98)} = 898 \text{ pcph}$$

f_{HV} 는 (식 4-2)에 의해 다음과 같이 산출하며 승용차 환산계수는 고속도로 기본구간의 값(표 2-3)을 참조한다.

$$f_{HV} = 1 / [1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)]$$

$$f_{HV}(\text{본선}) = \frac{1}{1 + 0.09(1.5 - 1)} = 0.96, \quad f_{HV}(\text{연결로}) = \frac{1}{1 + 0.05(1.5 - 1)} = 0.98$$

여기서,

E_{T1}, E_{T2}, E_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 승용차환산계수(표 2-3)

P_{T1}, P_{T2}, P_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 구성비

2) 분류부이므로 (식 4-8)과 독립 연결로 접속부 4차로이므로 (식 4-12)를 이용하여 V_{12} 를 계산한다.

$$V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD} = 898 + (7,898 - 898) \times 0.453 = 4,069 \text{ pcph}$$

$$P_{FD} = 0.453 \text{ (식 4-12)}$$

3) <표 4-1>을 이용하여 용량을 확인한다.

- ① 분류부 상류의 용량을 확인한다.

$$V_{FI} = V_F = 7,898 \text{ pcph}$$

<표 4-1>에서 본선 자유속도가 100kph이고, 편도 4차로의 용량이 8,800pcph이므로 용량을 초과하지 않는다.

- ② 영향권의 최대 유출부 교통량을 확인한다.

$$V_{I2} = 4,069 \text{ pcph}$$

<표 4-1>에서 본선 자유속도가 100kph이고 용량은 4,400pcph이므로, 용량을 초과하지 않는다.

- ③ 분류부 하류의 용량을 확인한다.

$$V_{FO} = V_F - V_R = 7,898 - 898 = 7,000 \text{ pcph}$$

<표 4-1>에서 본선 자유속도가 100kph이고, 편도 4차로의 용량이 8,800pcph이므로 용량을 초과하지 않는다.

4) <표 4-2>를 이용하여 연결로 용량을 확인한다.

연결로의 침두시간 환산 교통량은 898pcph이다. <표 4-2>에서 연결로의 자유속도가 60kph이고, 1차로이므로 용량은 1,800pcph로 용량을 초과하지 않는다.

5) 밀도 예측

(식 4-14)에 의해서 다음과 같이 예측할 수 있다.

$$D_{DR} = 0.5108 + 0.00589V_{I2} - 0.0043L_D$$

$$D_{DR} = 0.5108 + 0.00589(4,069) - 0.0043(190) = 23.7 \text{ pcpkmpl}$$

6) 서비스수준 판정

산출된 밀도 23.7pcpkmpl는 <표 4-3>에 의해서 서비스수준 E이다.

연결로 접속부 분석표

일 반		대상지 현황						
• 분석 담당자		• 고속도로 본선/통행방향						
• 기관 명		• 고속도로 구간 명						
• 분석일자		• 연결로 개수						
• 분석 시간대								
☒ 운영(LOS)	☐ 설계 (L_A , L_D 또는 N)	☐ 계획(LOS)	☐ 계획(L_A , L_D 또는 N)					
입력 자료								
분석대상시설 독립여부 판단								
500m이내 인접 연결로 존재여부 있음 ☐ 없음 ☒								
V_U 또는 $V_d =$ _____ vph L_U 또는 $L_d =$ _____ m								
		$S_{FF} =$ <u>100</u> kph $S_{FR} =$ <u>60</u> kph 현황도 (차로, 가·감속차로 길이, 본선 및 연결로 교통량)						
기본 조건에서 승용차 교통량으로 환산								
교통량 (pcph)	AADT (대/일)	K	D	$V(vph)$	PHF	$P_H(\%)$	f_{HV}	$V_P = \frac{V}{PHF \times f_{HV}}$
V_F				6,900	0.91	9	0.96	7,898
V_R				800	0.91	5	0.98	898
V_U								
V_d								
합 류 부				분 류 부				
V_{12} 추정				V_{12} 추정				
$V_{12} = V_F \times P_{FM}$ $P_{FM} =$ _____ (식 4-)을 이용함. $V_{12} =$ _____ pcph				$V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD}$ $P_{FD} =$ <u>0.453</u> (식 4- 12)을 이용함. $V_{12} =$ <u>4,069</u> pcph				
용량 확인				용량 확인				
	환산교통량	용량	LOS F?		환산교통량	용량	LOS F?	
V_{FO}				$V_R = V_F$	7,898	8,800	아니오	
V_{R12}				V_{12}	4,069	4,400	아니오	
V_R				$V_{FO} = V_F - V_R$	7,000	8,800	아니오	
				V_R	898	1,800	아니오	
LOS 판정				LOS 판정				
$D_{MR} = 0.2048 + 0.003185V_R + 0.005989V_{12} - 0.00101L_A$ $D_{MR} =$ _____ pcpkmpl LOS = _____				$D_{DR} = 0.5108 + 0.00589V_{12} - 0.0043L_D$ $D_{DR} =$ <u>23.7</u> pcpkmpl LOS = <u>E</u>				

주) V_F =연결로 접속부 인접 상류 본선 교통량, V_{FO} =연결로 접속부 인접 하류 본선 교통량
 V_U =인접 상류 연결로의 교통량, V_d =인접 하류 연결로의 교통량
 L_U =인접 상류 연결로까지의 거리, L_d =인접 하류 연결로까지의 거리

〈예제 4〉 연속적인 분류-합류 중 분류 연결로 접속부

(1) 접속형태	본선 6차로, 연결로 1차로로 구성됨. 360m 떨어진 하류부에 합류 연결로 접속부가 존재함.
(2) 문제	첨두시간의 서비스수준은 ?
(3) 조건	· 양방향 6차로구간 · 3.5m 차로폭 · 연결로 교통량 900vph · 본선 트럭비율 12% · 감속차로 길이 220m · 인접 연결로까지의 거리 360m · 연결로 자유속도 60kph · 연결로 트럭 비율 8% · 1차로 연결로 · 평지구간 · 본선 자유속도 100kph · 본선 교통량 3,900vph · 첨두시간 계수 0.90 · 인접 연결로 트럭 비율 3% · 인접 연결로 교통량 1,250vph
(4) 참고	중차량 보정계수와 운전자 보정계수는 고속도로 기본구간을 참고

〈풀 이〉

1) (식 4-1)을 이용하여 첨두시간 환산 교통량을 산출한다.

$$V_P = \frac{V}{(PHF)(f_{HV})}, \quad V_F = \frac{3,900}{(0.90)(0.94)} = 4,610 \text{ pcph}, \quad V_R = \frac{900}{(0.90)(0.96)} = 1,042 \text{ pcph}$$

$$V_d = \frac{1,250}{(0.90)(0.99)} = 1,403 \text{ pcph}$$

f_{HV} 는 (식 4-2)에 의해 다음과 같이 산출하며 승용차 환산계수는 고속도로 기본구간의 값(〈표 2-3〉)을 참조한다.

$$f_{HV} = 1 / [1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1) + P_{T3}(E_{T3} - 1)]$$

$$f_{HV}(\text{본선}) = \frac{1}{1 + 0.12(1.5 - 1)} = 0.94, \quad f_{HV}(\text{연결로}) = \frac{1}{1 + 0.08(1.5 - 1)} = 0.96$$

$$f_{HV}(\text{인접연결로}) = \frac{1}{1 + 0.03(1.5 - 1)} = 0.99$$

여기서,

E_{T1}, E_{T2}, E_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 승용차환산계수(〈표 2-3〉)

P_{T1}, P_{T2}, P_{T3} = 소형, 중형, 대형 중차량의 구성비

2) 분류부이므로 (식 4-8)과 연속적인 연결로 접속부 편도 3차로이므로 (식 4-11)을 이용하여 V_{12} 를 계산한다.

$$V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD} = 1,042 + (4,610 - 1,042) \times 0.548 = 2,998 \text{ pcph}$$

$$\begin{aligned} P_{FD} &= 0.7960 - 0.0000758 \times V_F + 0.0259 \times (V_d / L_d) \\ &= 0.7960 - 0.0000758(4,610) + 0.0259(1,403/360) = 0.548 \end{aligned}$$

3) <표 4-1>을 이용하여 용량을 확인한다.

① 분류부 상류의 용량을 확인한다.

$$V_{FI} = V_F = 4,610 \text{ pcph}$$

<표 4-1>에서 본선 자유속도가 100kph이고, 편도 3차로의 용량이 6,600pcph이므로 용량을 초과하지 않는다.

② 영향권의 최대 유출부 교통량을 확인한다.

$$V_{12} = 2,998 \text{ pcph}$$

<표 4-1>에서 본선 자유속도가 100kph이고 용량은 4,400pcph이므로, 용량을 초과하지 않는다.

③ 분류부 하류의 용량을 확인한다.

$$V_{FO} = V_F - V_R = 4,610 - 1,042 = 3,568 \text{ pcph}$$

<표 4-1>에서 본선 자유속도가 100kph이고, 편도 3차로의 용량이 6,600pcph이므로 용량을 초과하지 않는다.

4) <표 4-2>를 이용하여 연결로 용량을 확인한다.

연결로의 침두시간 환산 교통량은 1,042pcph이다. <표 4-2>에서 연결로의 자유속도가 60kph이고, 1차로이므로 용량은 1,800pcph로 용량을 초과하지 않는다.

5) 밀도 예측

(식 4-14)에 의해서 다음과 같이 예측할 수 있다.

$$D_{DR} = 0.5108 + 0.00589V_{12} - 0.0043L_D$$

$$D_{DR} = 0.5108 + 0.00589(2,998) - 0.0043(220) = 17.2 \text{ pcpkmpl}$$

6) 서비스수준 판정

산출된 밀도 17.2pcpkmpl는 <표 4-3>에 의해서 서비스수준 D이다.

연결로 접속부 분석표								
일 반				대상지 현황				
• 분석 담당자 _____ • 기관 명 _____ • 분석일자 _____ • 분석 시간대 _____				• 고속도로 본선/통행방향 _____ • 고속도로 구간 명 _____ • 연결로 개수 _____				
☒ 운영(LOS) ☐ 설계 (L_A , L_D 또는 N) ☐ 계획(LOS) ☐ 계획(L_A , L_D 또는 N)								
입력 자료								
분석대상시설 독립여부 판단								
500m이내 인접 연결로 존재여부 있음 ☒ 없음 ☐								
V_d 또는 $V_d =$ <u>1,250</u> vph L_d 또는 $L_d =$ <u>360</u> m								
				$S_{FF} =$ <u>100</u> kph		$S_{RR} =$ <u>60</u> kph		
현황도 (차로, 가·감속차로 길이, 본선 및 연결로 교통량)								
기본 조건에서 승용차 교통량으로 환산								
교통량 (pcph)	AADT (대/일)	K	D	V(vph)	PHF	$P_{HV}(\%)$	f_{HV}	$V_P = \frac{V}{PHF \times f_{HV}}$
V_F				3,900	0.90	12	0.94	4,610
V_R				900	0.90	8	0.96	1,042
V_d				1250	0.90	3	0.99	1,403
V_d								
합 류 부				분 류 부				
V_{12} 추정 $V_{12} = V_F \times P_{FM}$ $P_{FM} =$ _____ (식 4-)을 이용함. $V_{12} =$ _____ pcph				V_{12} 추정 $V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD}$ $P_{FD} =$ <u>0.548</u> (식 4- 11)을 이용함. $V_{12} =$ <u>2,998</u> pcph				
용량 확인				용량 확인				
	환산교통량	용 량	LOS F?		환산교통량	용 량	LOS F?	
V_{FO}				$V_R = V_F$	4,610	6,600	아니오	
V_{R12}				V_{12}	2,998	4,400	아니오	
V_R				$V_{FO} = V_F - V_R$	3,568	6,600	아니오	
				V_R	1,042	1,800	아니오	
LOS 판정				LOS 판정				
$D_{MR} = 0.2048 + 0.003185V_R + 0.005989V_{12} - 0.00101L_A$ $D_{MR} =$ _____ pcpkmpl LOS = _____				$D_{DR} = 0.5108 + 0.00589V_{12} - 0.0043L_D$ $D_{DR} =$ <u>17.2</u> pcpkmpl LOS = <u>D</u>				

주) V_{FI} =연결로 접속부 인접 상류 본선 교통량, V_{FO} =연결로 접속부 인접 하류 본선 교통량

V_u =인접 상류 연결로의 교통량, V_d =인접 하류 연결로의 교통량

L_u =인접 상류 연결로까지의 거리, L_d =인접 하류 연결로까지의 거리

〈부록 A〉 특수한 형태 분석

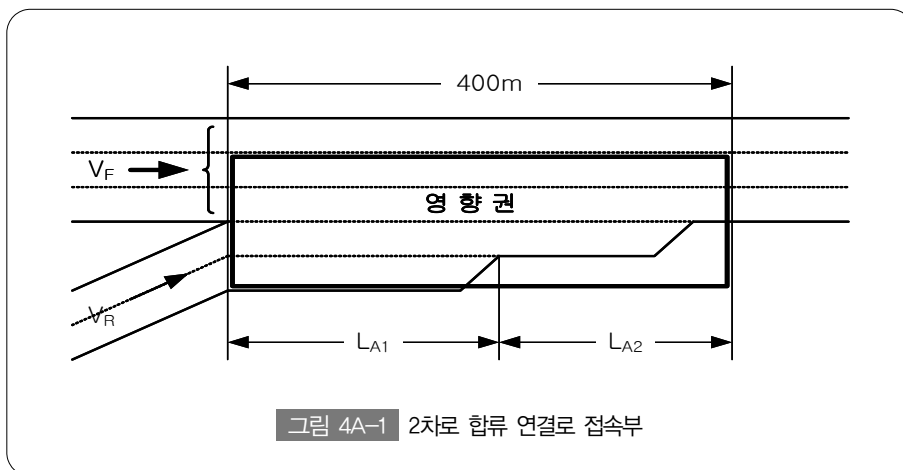
고속도로에서 나타나는 연결로 접속부는 분류 후 합류부가 나타나는 기본적인 형태만 존재하는 것은 아니다. 본 편람에서는 본선 편도 2차로, 3차로, 4차로에 한 개 차로를 가진 연결로가 접속된 형태를 기본 형태로 정의하였다. 본 부록에서는 기본 형태 외의 다른 형태를 특수한 형태로 분류하고 이에 대한 분석 방법을 제시하였다.

특수한 형태의 연결로 접속부는 기본적으로 본선 전체 교통량에 대한 접속차로 두 개의 교통량 비(P_{FM} , P_{FD})를 산출하는 절차를 제외하고는 동일한 분석 절차를 거친다. 그 때문에, 특수한 형태의 분석 절차는 연결로 접속부의 영향권 비(P_{FM} , P_{FD}) 산출 방법만을 제시하기로 한다.

1) 2차로 연결로 접속부

(가) 합류부

〈그림 4A-1〉은 대표적인 2차로 합류 연결로 접속부 형태이다. 이들 두 개의 분리된 가속차로는 차량이 좌측으로 순차적으로 차로를 변경하면서 본선으로의 유입을 강제하는 특성을 가지고 있다. 2차로 연결로 접속부는 기본적으로 단일 차로 연결로가 본선에 접속되는 경우보다 밀도가 낮다. 이는 두 개의 가속차로가 존재하고, 두 개의 가속차로가 확장되어 좀더 길게 구성되어 있기 때문이다. 그러므로 2차로 합류 연결로 접속부는 많은 교통량을 처리하고, 같은 교통량 수준에서는 한 차로 합류 연결로 접속부보다 더 좋은 서비스 수준을 유지하는데 효과적이다.



2차로 합류 연결로 접속부에서는 1차로 합류 연결로 접속부에 대한 영향권 비(P_{FM} , 〈표 4-4〉) 산출식을 대신하여 〈표 4A-1〉의 P_{FM} 값을 사용한다.

〈표 4A-1〉 2차로 합류 연결로 접속부의 영향권 비(P_{FM})

2 차로 / 일방향	$P_{FM} = 1.000$
3 차로 / 일방향	$P_{FM} = 0.600$
4 차로 / 일방향	$P_{FM} = 0.386$

연결로 접속부의 영향권 내의 밀도 산출식에서 사용되는 가속차로의 길이(L_A)는 유효 가속차로 길이(L_{Ae})로 바꾸어 계산하면 된다. 유효 가속차로 길이는 서비스수준 분석 절차 상, 밀도 예측식에 사용되는 가속 차로의 길이를 말하는데, 2차로 합류 연결로 접속부에서는 (식 4A-1)과 같이 산정한다.

– 유효 가속차로 길이 산정식 :

$$L_{Ae} = 2L_{A1} + L_{A2} \quad (\text{식 4A-1})$$

여기서,

L_{A1} , L_{A2} 는 〈그림 4A-1〉 참조.

(나) 분류부

연결로 2차로 분류부는 〈그림 4A-2〉와 같은 형태를 보인다.

〈그림 4A-2〉의 (a)는 두 개의 감속차로를 연속적으로 사용하는 경우이고, (b)는 한 개의 감속차로를 사용하는 경우이다. (b)의 경우는 감속차로를 제외하면 좌측의 연결로 차로가 고어 부분에서 차로 1과 갈라지게 된다. 2차로 유출 연결로의 존재는 접근하는 차량의 차로별 분포에 영향을 미치게 되고 V_{12} 계산에도 영향을 주게 된다.

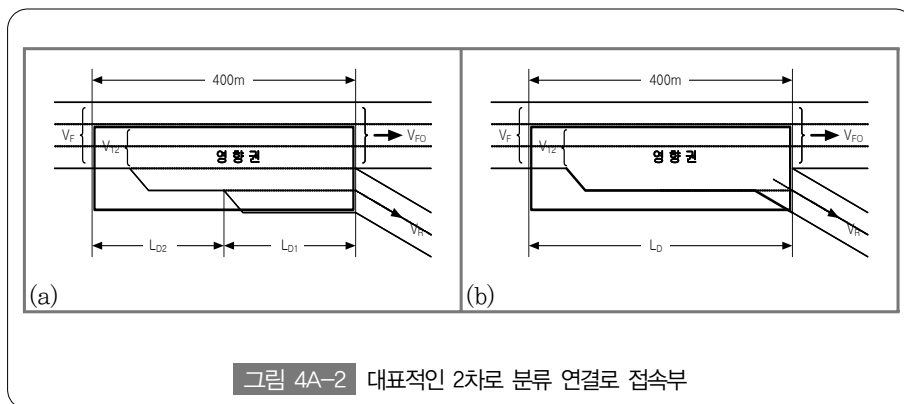


그림 4A-2 대표적인 2차로 분류 연결로 접속부

2차로 분류 연결로 접속부에서는 1차로 분류 연결로 접속부에 대한 영향권 비(P_{FD} , 〈표 4-5〉) 산출식을 대신하여 〈표 4A-2〉의 P_{FD} 값을 사용한다.

〈표 4A-2〉 2차로 분류 연결로 접속부의 영향권 비(P_{FD})

2 차로 / 일방향	$P_{FD} = 1,000$
3 차로 / 일방향	$P_{FD} = 0,450$
4 차로 / 일방향	$P_{FD} = 0,268$

연결로 접속부의 영향권 내의 밀도 산출식에서 사용되는 감속차로의 길이(L_D)는 유효 감속차로 길이(L_{De})로 바꾸어 계산하면 되며, 산정식은 (식 4A-2)와 같다.

– 유효 감속차로 길이 산정식 :

$$L_{De} = 2L_{D1} + L_{D2} \quad (\text{식 4A-2})$$

여기서,

L_{D1} , L_{D2} 는 〈그림 4A-2(a)〉 참조

2) 5차로/일방향 연결로 접속부

5차로 연결로 접속부는 USHCM 2000에서 제시하는 방법을 준용하도록 한다. 이 형태는 유효 본선 4차로 교통량을 다음과 같이 산정하여 본선 4차로 분석 방법에 따라 진행하여 분석하면 된다.

(가) 합류부

〈표 4A-3〉 본선 5차로 합류부의 유효 4차로 교통량 산출 표

본선 교통량 (V_F , pcph)	본선 교통량에 대한 차로 5의 비율(V_5 , pcph)
$\geq 8,500$	2,500
$< 8,500$	$0,285V_F$
$< 7,500$	$0,270V_F$
$< 6,500$	$0,240V_F$
$< 5,500$	$0,220V_F$

〈표 4A-3〉을 이용하여 (식 4A-3)을 계산하면 유효 본선 4차로 교통량을 산출할 수 있으며 기본형태 본선 4차로 분석 절차에 따라 분석을 진행하면 된다.

유효 본선 4차로 교통량이란, 본선 5차로를 본선 4차로 분석 절차에 적용하기 위해 산정하는 교통량을 말한다.

$$V_{Fm4e} = V_F - V_5 \quad (\text{식 4A-3})$$

여기서,

V_{Fm4e} = 합류부의 유효 본선 4차로 교통량(pcph)

V_F = 본선 5차로 총 교통량(pcph)

V_5 = 차로 5의 교통량(pcph)

(나) 분류부

〈표 4A-4〉 본선 5차로 분류부의 유효 4차로 교통량 산출 표

본선 교통량(V_F , pcph)	본선 교통량에 대한 차로 5의 비율(V_5 , pcph)
$\geq 7,000$	$0.200V_F$
$< 7,000$	$0.150V_F$
$< 6,000$	$0.100V_F$
$< 4,000$	0

〈표 4A-4〉를 이용하여 (식 4A-4)를 계산하면 유효 4차로 교통량을 산출할 수 있으며, 기본형태 본선 4차로 분석 절차에 따라 분석을 진행하면 된다.

$$V_{Fd4e} = V_F - V_5 \quad (\text{식 4A-4})$$

여기서,

V_{Fd4e} = 분류부의 유효 본선 4차로 교통량(pcph)

V_F = 본선 5차로 총 교통량(pcph)

V_5 = 차로 5의 교통량(pcph)

3) 좌측 접속 연결로 접속부

기본적인 형태는 우측에서 접속되는 것이 바람직하나, 도시고속도로와 같은 곳에서는 간혹 좌측에 접속되는 연결로 접속부가 나타난다. 좌측에서 접속되는 연결로 접속부는 본선에서부터 좌측 두 개 차로의 비율을 산출하여 분석을 수행한다. 나머지 분석 절차는 기본 형태의 분석 절차를 따른다.

좌측 접속 연결로 접속부의 합류부 및 분류부의 영향권 비(P_{FM} , P_{FD})는 〈표 4A-5〉를 적용하면 된다.

〈표 4A-5〉 좌측 접속 연결로 접속부의 영향권 비(P_{FM} , P_{FD})

	합류부(P_{FM})	분류부(P_{FD})
일방향 2차로(V_{12})	1.00 V_{12}	1.00 V_{12}
일방향 3차로(V_{23})	1.12 V_{23}	1.05 V_{23}
일방향 4차로(V_{34})	1.20 V_{34}	1.10 V_{34}

4) 차로 추가와 축소

(가) 합류부

합류부는 간혹 합류점에서 차로가 추가(lane addition)될 경우가 있다. 한 차로 연결로가 합류부에서 차로 추가될 경우, 용량은 연결로 접속부에 의해서가 아니라 연결로 기하구조 자체에 의해서 영향을 받게 된다. 2차로 연결로가 합류부에서 차로 추가될 경우에는 이를 고속도로 간 합류부(major merge)로 간주하여야 한다. 연결로가 1차로인 합류부에서 차로가 덧붙여진 형태의 분석은 상대적으로 명확하다. 구간의 합류부는 간단하게 부가차로를 가진 고속도로 기본구간으로 간주할 수 있기 때문이다.

그러나, 만약 부가 차로의 시작점에서부터 750m내에 유출 연결로가 설치되어 있다면 엇갈림 구간으로 판정할 수 있으며, 또한 그 구간은 엇갈림 구간의 분석방법으로 분석해야 한다.

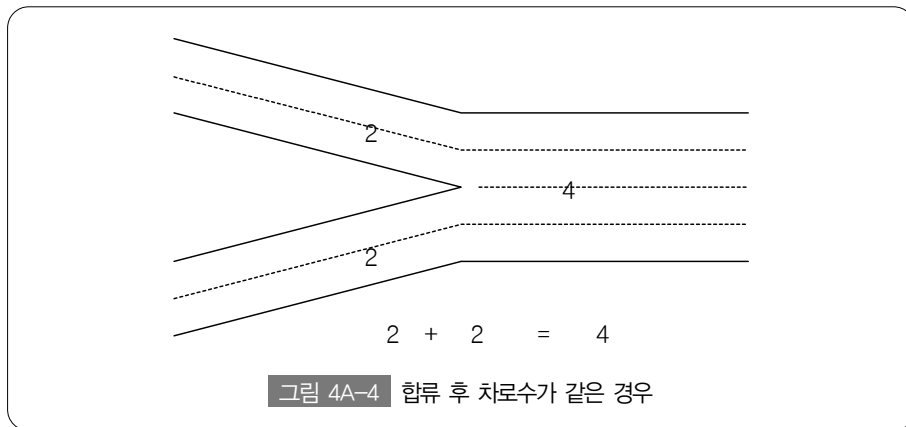
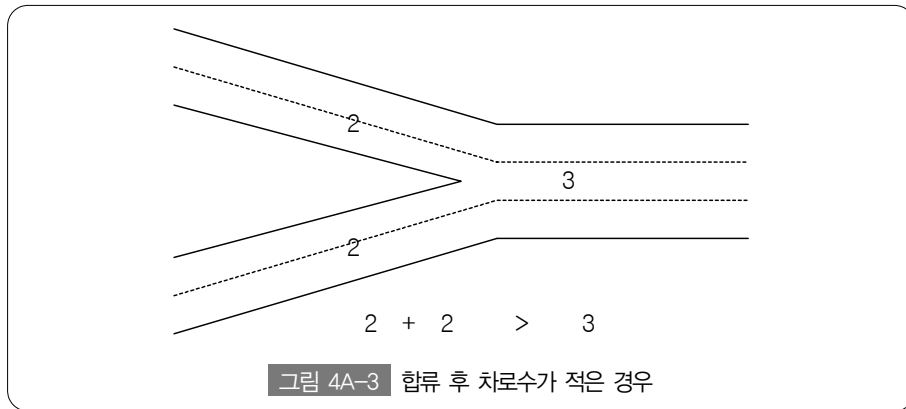
(나) 분류부

연결로가 1차로인 분류부에서 차로가 축소(lane drop)된다면 연결로의 용량은 연결로 기하구조에 의해 영향을 받게 되며 연결로 자체로 분석하면 된다. 연결로가 2차로인 분류부에서 차로가 없어지면 고속도로 간 분류부(major diverge)로 간주하여야 한다. 차로가 덧붙여진 합류점으로부터 750m내에서 차로가 없어지게 되면 엇갈림 형태가 되며, 엇갈림 분석 절차를 이용하여 분석해야 한다.

5) 고속도로 간 접속부

(가) 합류부

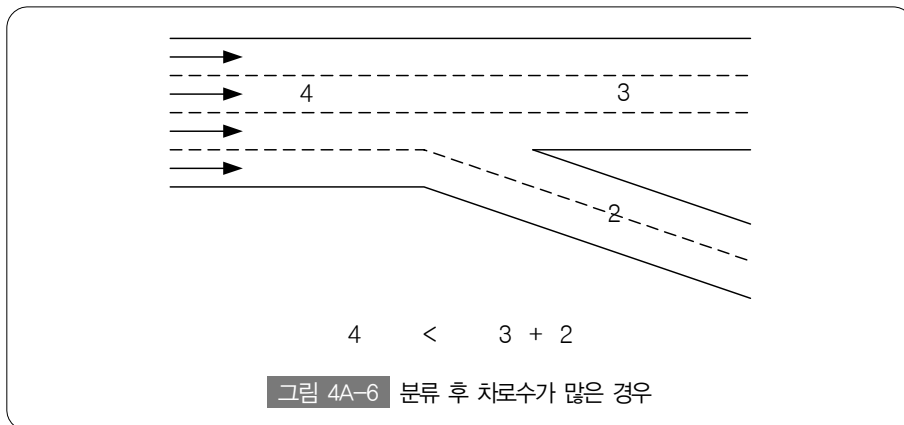
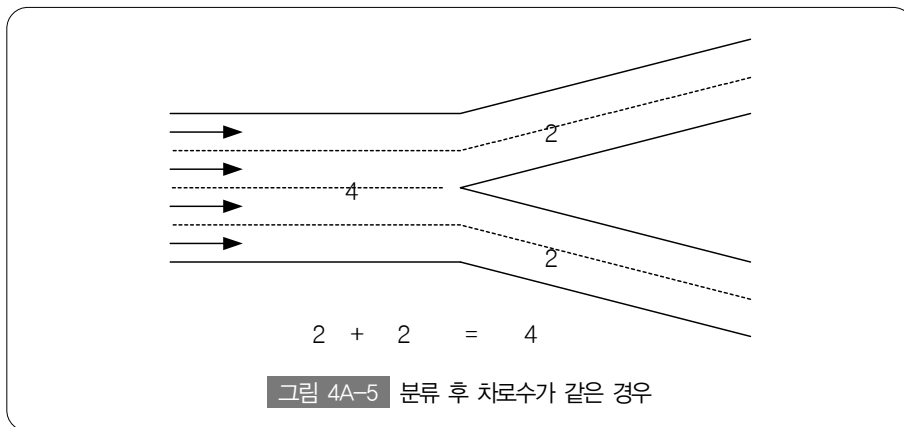
고속도로 간 합류부(major merge)는 하나의 고속도로 구간을 형성하기 위해 두 개의 고속도로가 하나로 합류하는 구간이다. 합류 도로는 고속도로 입체 교차로나 도시부 가로 또는 지방부 도로에서 나타날 수 있다. 고속도로 간 합류부는 일반적으로 고속도로 설계 기준과 비슷한 합류도로 구간의 측면에서 한 개의 차로와 두 개의 차로가 다르며 연결로나 가속 차로가 없다. 이런 고속도로 간 합류부는 다양한 기하구조를 나타내지만 〈그림 4A-3〉, 〈그림 4A-4〉와 같이 크게 두 가지 형태로 구분할 수 있다. 〈그림 4A-3〉에서 합류 후 차로수는 접근하는 차로수보다 하나가 적다. 이런 기하구조는 좌 합류 도로의 우측 차로와 우합류 도로의 좌측 차로가 하나의 차로로 합쳐져 만들어진다. 〈그림 4A-4〉와 같은 기하구조는 합류 후 차로수가 접근하는 차로수와 같은 경우이다.



고속도로 간 합류부의 교통처리 성능을 설명하는 효과적인 모형은 없다. 따라서, 분석은 합류 전과 합류 후 고속도로의 용량을 확인하는 수준으로 한다. 합류 전 및 합류 후 용량은 <표 4-1>의 일반적인 값을 이용하여 계산할 수 있다. 용량은 첨두시간 수요 교통량과 비교해 볼 수 있으며, 반면에 합류 후 고속도로 용량은 합류 전 두 개의 합류 도로의 총합과 비교해 볼 수 있다. 고속도로 간 합류부에서의 문제는 일반적으로 고속도로 하류 구간의 용량이 불충분한 결과로 발생한다.

(나) 분류부

고속도로 간 분류부에 대한 두가지 일반적인 기하구조는 <그림 4A-5>, <그림 4A-6>에 나타내었다. <그림 4A-5>는 분류 전 차로수가 분류 후 차로수와 같은 경우이고, <그림 4A-6>은 분류 후 차로수가 분류 전 차로수 보다 하나 이상 많은 경우이다.



고속도로 간 분류부의 주요 분석은 일반적으로 고속도로 본선 기준에 맞는 분류 전 용량과 분류 후 용량에 관련되어 있다. 각 분류 도로에 있어서 분류 전 수요와 분류 후 수요는 적절한 진입 및 진출 도로의 용량에 대해서 확인해야만 한다. (식 4A-5)를 이용하면 분류부 끝에서부터 상류 방향으로 400m 거리에 대해 고속도로 전체 구간의 밀도를 예측할 수 있다. 분류부에서 서비스수준 결정은 <표 4-3>을 이용한다.

$$D = 0.0109 \frac{V_F}{N} \quad (\text{식 4A-5})$$

여기서,

D = 분류부 상류 방향으로 400m 거리에 대한 고속도로 본선 전체의 평균밀도(pc/kmpl)

V_F = 분류부에 접근하는 본선 교통량(pc/hpl)

N = 분류 전 고속도로 구간의 차로수

〈부록 B〉 부호 정의

- $V_{12} = V_1 + V_2$
- $V_{R12} = V_R + V_1 + V_2 =$ 영향권 교통량(pcph)
- $V_F = V_{F1} =$ 영향권 상류 본선 교통량(pcph)
- $V_{FO} =$ 영향권 하류 본선 교통량(pcph)
- $V_R =$ 연결로 교통량(pcph)
- $V_u =$ 인접 상류 연결로 교통량(pcph)
- $V_d =$ 인접 하류 연결로 교통량(pcph)
- $P_{FM} =$ 합류부 본선 교통량에 대한 차로 1, 2 교통량의 비율
- $P_{FD} =$ 분류부 본선 교통량에 대한 차로 1, 2 교통량의 비율
- L_A 및 $L_D =$ 가속 및 감속 차로의 길이(m)
- S_{FR} 및 $S_{FF} =$ 연결로 및 본선의 자유속도(kph)
- L_u 및 $L_d =$ 인접 상류 연결로까지의 거리 및 인접 하류 연결로까지의 거리(m)
- D_{MR} 및 $D_{DR} =$ 합류 및 분류 영향권의 밀도(pcpkmpl)
- L_{Ae} 및 $L_{De} =$ 유효 가속차로 및 유효 감속차로 길이(m)
- $V_{Fm4e} =$ 합류부의 유효 본선 4차로 교통량(pcph)
- $V_{Fd4e} =$ 분류부의 유효 본선 4차로 교통량(pcph)

제5장 | 고속도로 종합 분석

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 분석 원칙
3. 계획 및 설계 단계 분석
4. 운영 상태 분석

1 개요

본 편람의 2, 3, 4장은 각각 고속도로 기본구간, 엇갈림 구간, 연결로 접속부의 계획, 설계 및 운영 상태 분석에 대하여 상세히 다룬 장이다. 이들 장에서는 각 부분 구간별로 해당 구간의 서비스수준을 분석하였다. 그러나 고속도로는 상하류 부분 구간의 운영에 잠재적인 영향을 주는 여러 요소들로 구성된 복합적인 시설이다.

고속도로를 하나의 체계로 볼 때 이러한 부분 구간들은 고속도로의 구성 요소가 되므로 설계 또는 운영 분석시에는 고속도로 체계 차원에서 이들 분석 과정을 종합할 필요가 있다. 본 장에서는, 이러한 요소들을 고속도로 전체의 관점에서 종합하는 문제 및 운영상의 영향에 대해 설명하고자 한다. 여기서 제시되는 절차는 고속도로의 특정 소구간에 적용되는 것보다는 부정확하며, 산출되는 지표들은 근사값이므로 원칙적으로 여러 가지 운영상의 영향에 대한 상대적인 분석 개념을 제시한 것이다. 그렇지만 이러한 절차들은 각 구간이 시스템에 주는 전반적인 영향에 대한 이해와 통찰의 기초를 제공해 준다.

2 분석 원칙

(1) 고속도로의 구성 요소

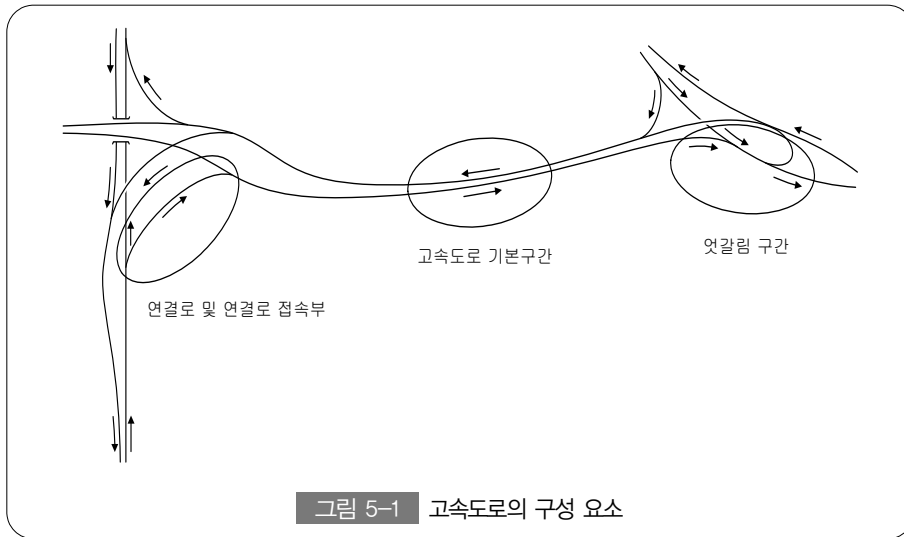
고속도로는 고속도로 기본구간, 엇갈림 구간, 연결로 접속부 등의 세 요소로 구성되어 있으며(그림 5-1) 참조), 각 구성 요소의 영향권은 그림 5-2)에 표시되어 있다.

1) 고속도로의 구성 요소

고속도로는 다음과 같은 세가지 요소로 구성되어 있다(그림 5-1) 참조).

- ① 고속도로 기본구간 : 엇갈림 구간이나 연결로 접속부 차량의 합류 및 분류의 영향을 받지 않는 고속도로 구간이다.
- ② 엇갈림 구간 : 교통 통제시설의 도움 없이 두 교통류가 맞물려 동일 방향으로 상당히 긴 도로를 따라가면서 엇갈리는 구간. 엇갈림은 합류 구간에 이어 분류구간이 있거나, 유입 연결로 바로 다음에 유출 연결로가 있어 이 두 연결로가 연속된 보조차로로 연결되어 있는 구간에서 발생한다.

- ③ 연결로 접속부 : 유입 또는 유출 연결로가 고속도로 본선에 접속되는 구간. 연결로 접속부에서 본선 차량은 합류나 분류 차량과의 마찰을 피하여 감속을 하거나 차로를 변경하므로 기본구간보다 혼란이 심하다.



2) 구성 요소의 영향권

고속도로 기본구간은 엇갈림 또는 연결로 차량의 영향권을 벗어난 구간에 위치하는데, 일반적으로 엇갈림 구간 또는 연결로 접속부의 영향권은 다음과 같이 설정한다(〈그림 5-2〉 참조).

- ① 엇갈림 구간 : 엇갈림이 시작되는 진입 연결로의 100m 상류 지점부터 엇갈림이 끝나는 진출 연결로의 100m 하류 지점까지의 구간
- ② 진입 연결로 : 연결로 접속부의 100m 상류 지점부터 400m 하류 지점까지의 구간
- ③ 진출 연결로 : 연결로 접속부의 400m 상류 지점부터 100m 하류 지점까지의 구간

(2) 구간 분할 및 분석 결과의 종합

시스템 차원에서 고속도로의 구성 요소들을 분석하기 위해서는 계획 및 설계 단계에서든, 운영 분석 단계에서든 우선적으로 각 구성 요소인 구간들을 분할하여 분석한 후, 이를 다시 종합해야 한다.

1) 분석 구간 분할

전체 고속도로 시설의 설계 분석에 관련된 원칙은 고속도로 구간을 2, 3, 4장의 방법에 의해 각각 분할하여 분석해 볼 수 있도록 소구간으로 나누는 것이다. 일반적으로 다음 지침에 따라 분석 구간을 분할하면 된다.

- ① 연결로 접속부나 엇갈림 구간의 영향권을 벗어난 각 구간은 독립된 고속도로 기본구간으로 간주한다.
- ② 이 고속도로 기본구간 내에서 종단 경사가 3%이상이고 경사길이가 500m이상인 구간 또는 종단 경사가 2%이상 3%미만이고 경사길이가 1.5km이상인 구간을 특정경사구간으로 구분하여 분석하여야 한다. 지형이 급격히 변하는 경우, 즉 평지부에서 구릉지나 산지로 변하는 경우는 하나의 구간을 분리시킨 소구간으로 나누어야 한다. 급한 경사구간이 포함되지 않은 긴 기본구간은 4장에 규정된 것과 같이 평지, 구릉지 및 산지의 확장 부분으로 생각하면 된다. 하향 경사구간은 특별히 처리할 만한 지형 자료가 없다면 일반적으로 평지로 생각하면 된다(2장 고속도로 기본구간 참조).
- ③ 엇갈림 구간과 연결로 접속부는 <그림 5-2>의 영향권을 고려하여 분할하면 된다.
- ④ 일차적으로 각각의 연결로 접속부는 분리하여 생각하지만, 영향권을 고려하여 인접 하류부나 상류부의 연결로와 함께 분석해야 한다.
- ⑤ 명확하게 엇갈림 구간으로 구분할 수 있는 연결로(연결로 엇갈림 구간)는 엇갈림 구간의 분석 절차에 따라 분석한다. 엇갈림 형태 중에서 복잡한 교통류간 엇갈림을 발생시키는 형태로 설계하는 것은 가급적 피해야 한다.

- ③ 연결로 접속부의 위치나 구간별 차로수에 따라 엇갈림 구간이 발생할 수 있는 잠재 지역을 찾는다. 다음의 세 가지 관점에서 4장의 절차를 이용하여 각 연결로 접속부를 분석한다. 이들 중 한 가지 또는 두 가지는 고려할 필요가 없겠지만, 한 가지 이상의 유효한 분석이 최적 대안 설정을 위해 필요한 경우도 있다.
- 독립된 연결로로 분석
 - 인접한 하류의 연결로와 연계하여 분석
 - 인접한 상류의 연결로와 연계하여 분석
- ④ 엇갈림 구간은 이 구간에서 일어날 만한 운영 상태를 결정하기 위하여 3장의 절차에 따라 분석하여야 한다. 설계를 할 때 유입 연결로 다음에 유출 연결로가 계속되는 경우는 보조 차로가 설치된 엇갈림 가능 구간과 보조 차로가 없는 연결로의 조합, 이 두 가지 측면을 모두 검토하여야 한다.
- ⑤ 만약 앞의 ③항과 ④항의 결과가 불합리하다면 다음과 같은 대안을 고려하여야 한다.
- 차로수 또는 연결로의 위치 변경 (교통 수요 분포에 영향을 줌)
 - 새로운 형태를 설계해 보기 위해 ② 항에서 결정된 본선 구간과 연결로의 설계 변경
 - 형태 변경, 엇갈림 발생 방지 또는 영향 감소 등을 위해 주요 인터체인지의 설계 변경
- ⑥ 앞의 ② 항에서 ④ 항까지를 반복한다.

3) 분석 결과의 종합

각 구성 요소를 독립된 시설물로 간주하여 분석한 결과는 고속도로 시스템 차원에서 다시 종합하여 검토할 필요가 있다. 특정 구간의 서비스수준이 좋게 판정되더라도 상하류의 다른 구간 서비스수준이 이보다 나쁘다면 결국 특정 구간을 포함한 상하류 구간의 서비스수준은 가장 나쁜 서비스수준을 보이는 구간의 수준으로 결정되기 때문이다. 서비스수준의 평가 기준이 각 구성 요소별로 약간씩 차이가 있으므로 계획 및 설계시 구간별 평가 결과를 절대 비교한다는 것은 그 의미가 떨어진다. 다만, 열악한 서비스수준을 보이는 구간에 대한 개선하는 데에 분석 결과를 활용할 수 있다.

본 편람 2, 3, 4장의 절차에 따라 각 소구간의 서비스수준이 결정되었을 때, 어떤 수준을 해당 설계 구간의 서비스수준으로 해야 하는 지를 결정해야 한다. 용량 측면에서 볼 때 분석 구간의 최대 교통량은 가장 나쁜 서비스수준을 보이는 구간의 용량에 좌우됨을 감안하면, 그 중 가장 낮은 서비스수준 분석 결과가 분석 구간 전체의 서비스수준을 좌우하므로, 개선의 초점을 이 구간에 두고 설계 및 운영 개선 방안을 찾아야 한다. 물론 재정상의 제약은 이러한 결정을 어렵게 만들 수도 있으나 잘못된 설계로 인해 향후 반복적인 정체 요인이 될 수 있음을 감안하여 보다 정확한 분석을 토대로 최적 대안을 선정해야 한다.

3 계획 및 설계 단계 분석

(1) 고속도로 계획 및 설계의 원칙

고속도로 계획 및 설계시 고려해야 할 주요 사항은 설계속도, 설계 서비스수준, 차로 수 균형 원칙 등이 있다.

1) 설계 수준 : 설계속도, 설계 서비스수준

도로의 기능을 크게 접근성과 이동성으로 나눌 때, 접근성의 측정 지표는 도로간의 간격을 기준으로 하고, 이동성은 속도 또는 통행 시간을 기준으로 한다. 고속도로는 무엇보다도 고속의 이동성이 요구되는 도로이므로 설계 수준은 어떤 도로보다도 높아야 한다. 일반적으로 고속도로의 설계 수준은 설계 서비스수준이나 설계속도로 표현된다.

설계 서비스수준이란 설계 대상 도로의 서비스수준(혼잡 상태)을 어느 수준까지 허용할 것인가 하는 상황과 관련된 것이다. 이 수준은 해당 도로의 기능과 특성, 입지, 교통 특성 등을 고려하여 결정한다. 설계 대상 도로가 도시 지역에 위치하는 경우 운전자들이 혼잡 상태의 도로에 비교적 익숙해 있고 도로 부지의 확보가 어려운 점 등을 감안하여 설계 서비스수준을 낮게 잡을 수 있다.

반면, 지방 지역에 위치하는 지역간 고속도로의 경우 장거리 통행이 많은 지역간 교통 특성과 부지 확보가 상대적으로 쉽다는 점 등을 고려하면 도시 지역 도로보다는 나은 서비스수준으로 설계한다. 따라서, 이 수준에 따라 차로수도 다르게 결정될 수 있다. <표 5-1>은 도로를 설계할 때 일반적으로 사용하는 설계 서비스수준이다.

<표 5-1> 도로별 설계 서비스수준

구 분	지방 지역	도시 지역
고속도로	C	D
일반도로	D	D

또, 설계속도란 도로의 기하구조를 결정하는 기본 요소의 하나로, '자동차의 주행에 영향을 미치는 도로의 물리적 형상을 상호 관련시키기 위하여 정해진 속도로서, 날씨가 쾌청하고 교통 밀도가 낮으며 자동차의 주행 조건이 도로의 구조적인 조건에만 영향을 미칠 때 보통의 운전 기술을 가진 운전자가 쾌적성을 잃지 않고 안전하게 주행할 수 있는 속도'를 말한다. 따라서, 설계 대상 도로의 기능이 접근성 보다는 고속의 이동성을 요구하는 고속도로에서 설계속도는 도로의 평면선형과 종단선형 설계시 가장 중요한 변수가 된다. 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설」(국토해양부, 2009)에는 고속도로의 설계속도를 최소 100kph로 규정하고 있다.

2) 차로수 균형 원칙 : 수요-공급의 균형

대부분의 경우 차로수는 재정상의 이유로 계획 단계에서 미리 결정되는 것이 보통이다. 그러나 차로수는 계획도로의 전 구간이 아닌 일부 구간의 차로수임에 유의해야 한다. 일반적으로 차로수 결정의 대상이 되는 계획 구간은 유출입 교통이 발생하는 출입 시설 사이이므로, 유출입 교통량의 차이에 따라 구간별로 차로수를 다르게 정할 수 있다. 즉, 설계 구간별 교통 수요에 맞게 차로수를 다르게 제공하는 차로수 균형 개념에 따라 설계해야 한다.

이 개념은, 엇갈림 구간에서는 엇갈림에 필요한 차로 변경 수를 최소화하고, 연결로 유출입부에서는 균형 있는 차로 제공을 통해 구조적인 용량 감소 요인을 제거하기 위한 설계 개념이다. 특정 구간의 서비스수준이 유출입 교통량의 많고 적음에 따라 설계 서비스수준보다 떨어질 수 있는데, 이러한 경우에는 계획된 기본 차로수에 추가로 차로를 부가하여 설계해야 한다. 입체 교차 시설의 유출입 연결로나 엇갈림 구간 설계에서 차로수 균형 개념을 적용하지 않을 경우, 이 구간의 운영 특성상 다른 구간보다 많은 혼란을 야기시켜 상시적인 병목 구간이 될 수 있으므로 유의해야 한다.

일반적으로 연결로 유출입부와 엇갈림 구간에서 차로수 균형 원칙은 다음 식과 같다(〈그림 5-3〉 참조).

- ① 유입부 ... 합류 후 차로수 $\geq$ [합류 전 전체 차로수 - 1]
- ② 유출부 ... 분류 전 차로수 $\geq$ [분류 후 전체 차로수 - 1]

유출부의 특수한 예로서, 1차로 유출 연결로의 경우 분류 전 차로수가 분류 후 전체 차로수와 같게 설계할 수 있다.

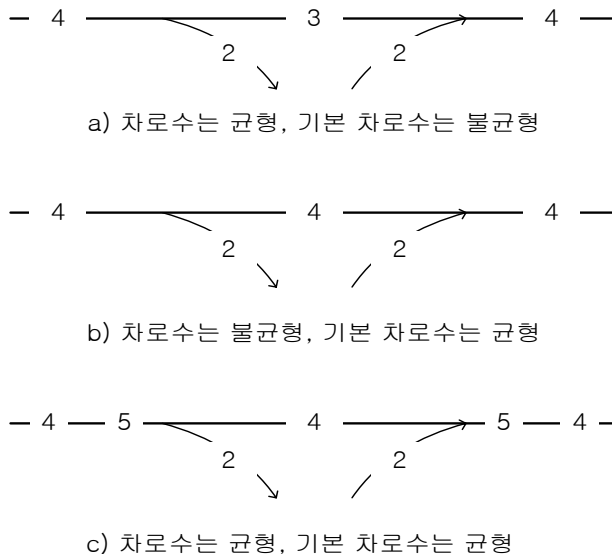


그림 5-3 차로수 균형 개념의 적용

(2) 계획 및 설계시의 분석 과정

계획 및 설계시 용량 분석 과정은 도로의 횡단면 설계와 각 고속도로 소구간들의 차로수 결정에 사용되며, 분석은 5-2절의 분석 원칙을 따른다.

여기서 설명된 절차를 설계 분석에 사용할 경우에는 어떤 자료를 입력하여 무엇을 산출해야 하는지를 알아야 한다. 용량 분석도 단지 설계 수행에 필요한 입력 자료 중의 하나에 불과하다. 그밖에도 기하 구조 설계 기준, 안전 기준, 도로표지 설치에 관한 기준 등이 포함된다.

용량 분석 절차는 원칙적으로 도로의 횡단면 구성 요소(차로수, 차로폭, 길어깨)의 설계 및 각 고속도로 소구간들의 차로수 결정에 사용된다. 일반적으로 다음과 같은 자료가 계획 및 설계 분석에 필요하다.

- 설계 서비스수준과 설계속도
- 평면 선형과 종단 선형
- 연결로와 인터체인지의 개략적인 위치
- 추정 수요 교통량 및 수요의 특성, 즉 교통류 중의 트럭, 버스 등 중차량의 구성비, 침투 시간 계수(PHF) 등

분석은 5-2절의 분석 원칙을 따르며, 계획 및 설계시의 일반적인 분석 과정은 다음과 같은 단계를 거친다.

- 1) 1단계 : 설계 조건 파악(설계 서비스수준과 설계속도, 연결로 위치 및 교통수요)
- 2) 2단계 : 각 소구간과 연결로의 차로수 결정
- 3) 3단계 : 연결로 접속부의 분석
- 4) 4단계 : 엇갈림 구간 분석
- 5) 5단계 : 분석 결과의 종합 및 평가

(3) 분석 예제

〈그림 5-4〉의 설계 문제는 앞의 절차를 설명하기 위한 예제이다. 표시된 교통수요는 첨두시간 환산 교통량(V_p , pcph)이다.

1) 1단계 : 설계 조건 파악(설계 서비스수준과 설계속도, 연결로 위치 및 교통수요, 〈그림 5-4〉)

설계 조건 : 설계 속도 100kph, 본선 지형은 평지, 지방 지역, 설계 서비스수준 C 수준(열악한 구간의 경우 최소 D 수준), 보조차로의 길이(연결로 A 300m, 연결로 B 100m, 연결로 C 150m, 연결로 D 190m)

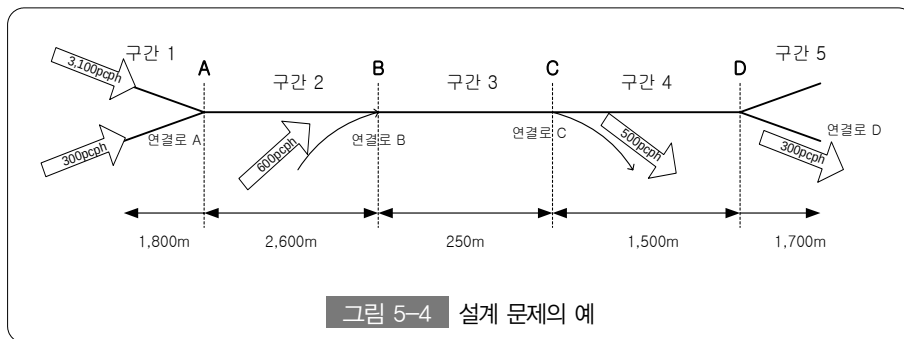


그림 5-4 설계 문제의 예

2) 2단계 : 각 소구간과 연결로의 차로수 결정

〈그림 5-4〉에 고속도로 각 구간별 수요 교통량이 표시되어 있다. 〈표 2-1〉에 제시된 서비스수준 C의 기준(1,350pcphpl)을 적용하여 각 구간의 차로수를 구한다. 따라서 각 구간(기본구간 포함)의 서비스수준은 기본적으로 C 수준이 유지되어야 한다. 이 시설은 3.5m 차로폭, 적절한 측방여유 및 100kph의 설계 속도로 설계하도록 결정되어 있다.

각 연결로에 필요한 차로수의 추정은 〈표 4-2〉를 이용하면 된다. 이 예제에서 모든 연결로의 설계 속도는 50kph 이상인 것으로 가정한다. 이 기준에 따르면 〈그림 5-4〉의 모든 연결로는 1차로로도 충분하다는 것을 알 수 있으며, 〈그림 5-4〉의 각 구간별 교통량과 필요한 차로수는 〈표 5-2〉와 같다.

〈표 5-2〉 소구간별 교통량과 필요한 차로 수

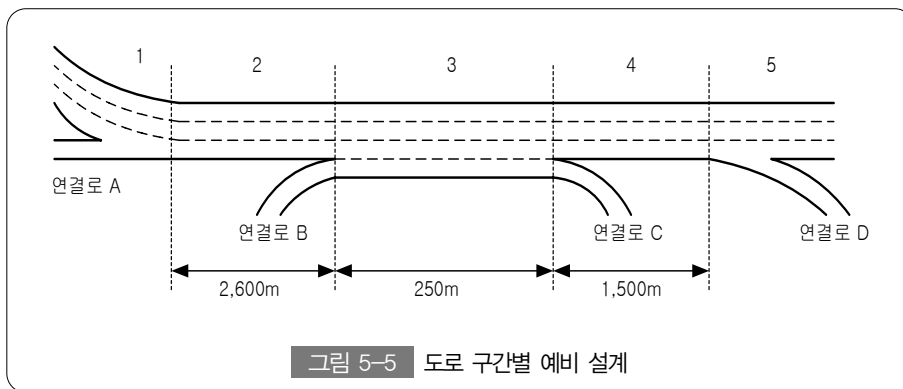
도로 구간	교통량	필요한 차로수
1	3,100	3
2	3,400	3
3	4,000	3~4
4	3,500	3
5	3,200	3

이 결과를 토대로, 가장 적절하리라 생각되는 형태를 <그림 5-5>에 표시하였다. 이 형태에서 연결로 B와 C 사이에 보조 차로를 설치하지 않으면 본선에 미치는 영향이 악화될 것이므로 보조차로로 연결하면, 이 구간은 엇갈림 구간이 된다.

3) 3단계 : 연결로 접속부 분석

예비 설계안(<그림 5-5> 참조)에 따라 연결로 B와 C 사이는 엇갈림 구간으로 규정되므로, 나머지 연결로 조합들은 연결로 분석 절차에 따라 분석하여야 한다.

- 연결로 A : 독립된 유입 연결로
- 연결로 D : 독립된 유출 연결로



① 연결로 A : 독립된 유입 연결로

독립된 유입 연결로의 분석은 <표 4-4>의 추정식에서 본선 교통량에 대한 차로 1과 2의 비율(P_{FM})을 산출한 뒤, 접속 차로로부터 두 개 차로의 교통량(V_{12})을 계산하고, 이를 이용하여 영향권의 밀도로 서비스 수준을 판정한다.

- $V_F = 3,100$, $V_R = 300$ 이므로, $P_{FM} = 0.5127 + 0.000193 \times (300) = 0.5706$.
- $V_{12} = V_F \times P_{FM} = 0.5706 \times 3,100 = 1,769\text{pcph}$.
- 최대 유입 교통량은 $V_{12} + V_R = 1,769 + 300 = 2,069\text{pcph}$ 이므로, 합류 용량을 초과하는 지를 <표 4-1>에 의해 판정했을 때, 4,600을 초과하지 않으므로 영향권의 밀도를 산출한다.
밀도 $D_{MR} = 0.2048 + 0.003185 \times (300) + 0.005988 \times (1,769) - 0.00101 \times (300) = 11.5\text{pcpkmpl}$.
- <표 4-3>에 의해 서비스수준 B.

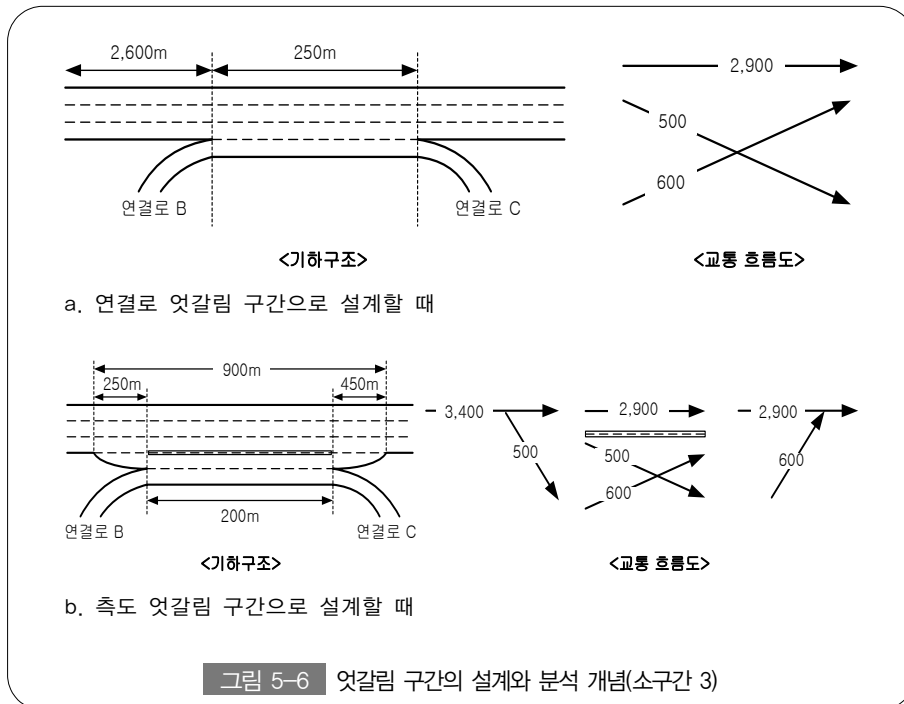
② 연결로 D : 독립된 유출 연결로

〈표 4-5〉에서 왕복 6차로 고속도로의 독립된 유출 연결로의 추정식으로 P_{FD} 를 산출한 후, V_{12} 의 교통량을 계산한다. 계산된 V_{12} 를 이용하여 밀도를 예측하고 서비스수준을 판정한다.

- $V_F = 3,500$, $V_R = 300$ 이므로, $P_{FD} = 0.609 - 0.0000004 \times (3,500) - 0.00015 \times (300) = 0.5626$.
- $V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD} = 300 + (3,500 - 300) \times 0.5626 = 2,101\text{pcph}$.
- 최대 유출 교통량 $V_{12} = 2,101\text{pcph}$ 이므로, 합류 용량을 초과하는 지를 〈표 4-1〉에 의해 판정했을 때, 4,400을 초과하지 않으므로 영향권의 밀도를 산출한다.
- 밀도 $D_{DR} = 0.5108 + 0.00589 \times (2,101) - 0.0043 \times (190) = 12.1\text{pcpkmpl}$.
- 〈표 4-3〉에 의해 서비스수준 C.

4) 4단계 : 엇갈림 구간 분석

연결로 B와 C는 그 사이가 보조차로로 연결되어 있으므로 연결로 접속부가 아닌 엇갈림 구간으로 간주하여 분석한다.(소구간 3) 엇갈림 구간 설계 형태는 노측 부지 여유가 없을 경우 연결로 엇갈림 구간으로 처리(그림 5-6a)의 경우)하거나, 여유가 있으면 측도 엇갈림 형태로 처리(그림 5-6b)의 경우)할 수 있다. 〈그림 5-6〉은 이들 형태의 기하구조와 유출입 교통량에 따른 엇갈림 도표를 나타낸 것이다.



① 연결로 엇갈림 형태로 설계할 때

연결로 엇갈림 구간에 대해서는 3장의 분석 절차를 따라 분석한다. 비엇갈림 속도(S_{nw})와 엇갈림 속도(S_w)를 계산하여 이를 교통량에 대하여 가중평균한 후, 분석 구간의 평균 밀도를 계산하여 서비스 수준을 판정한다.

$$S_{nw} = 30 + \frac{[(S_D + 10) - 30]}{(1 + W_{nw})} = 30 + \frac{[(100 + 10) - 30]}{(1 + 0.249)} = 94.1\text{kph}$$

$$S_w = 30 + \frac{[(S_D + 10) - 30]}{(1 + W_w)} = 30 + \frac{[(100 + 10) - 30]}{(1 + 0.988)} = 70.2\text{kph}$$

$$S_D = 100\text{kph}$$

$$W_{nw} = 0.00000054 \times (1 + VR)^{0.68} (V/N)^{2.0} / L^{0.17} = 0.249$$

$$W_w = 0.059 \times (1 + VR)^{2.2} (V/N)^{0.97} / L^{0.80} = 0.988$$

$$VR = V_w/V = (500+600)/4,000 = 0.275$$

$$V = (V_w + V_{nw}) = (500+600) + 2,900 = 4,000\text{pcph}$$

$$N = 3+1 = 4\text{차로}$$

$$L = 250\text{m}$$

$$\text{평균 속도 } S = \frac{V}{\frac{V_w}{S_w} + \frac{V_{nw}}{S_{nw}}} = \frac{4,000}{\frac{1100}{70.2} + \frac{2900}{94.1}} = 86.0\text{kph}$$

$$\text{평균 밀도 } D = \frac{V/N}{S} = \frac{4,000/4}{86.0} = 11.6\text{pcpkmpl} \quad \Rightarrow \text{서비스수준 B.}(\langle \text{표 3-1} \rangle)$$

주어진 엇갈림 구간에 대해 추정된 평균 밀도는 서비스수준 B에 속하므로 설계 요건에 부합한다 (서비스수준 B 중에서 C에 가까운 수준).

② 측도 엇갈림 형태로 설계할 때

측도 엇갈림 구간에 대해서는 3장의 분석 절차를 따라 분석한다. 다만, 측도 엇갈림 형태로 처리 하였을 때에는 본선에 미치는 교통 영향 측면에서 상류부의 진출 연결로(분류부)와 하류부의 진입 연결로(합류부)에 대한 추가 서비스수준 분석이 필요하다.

먼저, 측도 엇갈림 구간부터 분석하면 본선이 아닌 도로 기능이 낮은 측도에서 엇갈림 교통류를 처리하므로 별도의 속도 추정을 하지 않고 교통량에 따라 서비스수준을 판정한다. 측도 엇갈림 구간 내에 엇갈림 교통량이 1,100pcph이므로 <표 3-3>에 의하면 서비스수준 B에 속한다. 연결로 엇갈림 구간으로 설계했을 때와 같은 수준이지만, 내용적으로는 서비스수준 A에 가까운 수준이라는 차이가 있다.

문제는 측도 엇갈림 구간으로 설계했을 때 인접하여 붙는 본선 진출 연결로(분류부)와 진입 연결로(합류부)의 서비스수준이 어떠한 수준으로 되느냐이다. 측도 엇갈림 구간으로 설계할 정도의 부지 여유가 있다고 보고 상하류부 연결로의 감속 차로로 충분히 길게 잡으면, 즉 본선 진출 연결로 B의 감속 차로는 250m, 본선 진입 연결로 C의 가속차로는 450m로 한다.

본선에서 진출하여 측도 엇갈림 구간으로 진입하는 상류부의 진출 연결로 분류부 분석은 <표 4-5>에서 왕복 6차로 고속도로의 독립된 유출 연결로의 추정식으로 P_{FD} 를 산출한 후, V_{12} 의 교통량을 계산한다. 계산된 V_{12} 를 이용하여 밀도를 예측하고 서비스수준을 판정한다.

- $V_F = 3,400$, $V_R = 500$ 이므로, $P_{FD} = 0.609 - 0.0000004 \times (3,400) - 0.00015 \times (500) = 0.5326$,
 $V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD}$ 이므로, $V_{12} = 500 + (3,400 - 500) \times 0.5326 = 2,044\text{pcph}$.
- 최대 유출 교통량 $V_{12}=2,044$ 이므로, 분류 용량을 초과하는 지를 <표 4-1>에 의해 판정했을 때, 4,400pcph를 초과하지 않으므로 영향권의 밀도를 산출한다.
- 밀도 $D_{DR} = 0.5108 + 0.00589 \times (2,044) - 0.0043 \times (250) = 11.0\text{pcpkmpl}$ (<표 4-3>에서 서비스수준 B이나, 서비스수준 C에 가까운 수준).

다음으로 측도 엇갈림 구간에서 진출하여 본선으로 진입하는 하류부의 진입 연결로 합류부 분석은 <표 4-4>의 추정식에서 본선 교통량에 대한 차로 1과 2의 비율(P_{FM})을 산출한 뒤, 접속 차로로부터 두 개 차로의 교통량(V_{12})를 계산하고, 이를 이용하여 영향권의 밀도로 서비스수준을 판정한다.

- $V_F = 2,900$, $V_R = 600$ 이므로, $P_{FM} = 0.5127 + 0.000193 \times (600) = 0.6285$,
 $V_{12} = V_F \times P_{FM}$ 이므로, $V_{12} = 0.6285 \times 2,900 = 1,823\text{pcph}$.
- 최대 유입 교통량 $V_{12}+V_R = 1,823+600 = 2,423\text{pcph}$ 이므로, 합류 용량을 초과하는 지를 <표 4-1>에 의해 판정했을 때, 4,600pcph를 초과하지 않으므로 영향권의 밀도를 산출한다.
- 밀도 $DMR = 0.2048 + 0.003185 \times (600) + 0.005988 \times (1,823) - 0.00101 \times (500) = 12.6\text{pcpkmpl}$ (<표 4-3>에서 서비스수준 C이나, 서비스수준 B에 가까운 수준).

측도 엇갈림 구간으로 설계했을 경우, 서비스수준을 정리하면, 인접 상류부의 연결로 접속부(분류부)는 서비스수준 B(C에 가까운 B), 측도 엇갈림 구간은 서비스수준 B(A에 가까운 B), 하류부의 연결로 접속부(합류부)는 서비스수준 C(B에 가까운 C) 등으로 각각 분석되었다. 이들 모두 설계 요건에 부합한다.

이 결과를 연결로 엇갈림 형태로 설계했을 때와 같이 비교하면, 상류부 분류부와 측도 엇갈림 구간은 약간 나아지고 하류부 합류부는 약간 나빠지므로, 전체적으로 비슷한 서비스 상태를 보인다고 볼 수 있다. 출입 교통이 본선에 미치는 영향 측면에서 볼 때, 두 형태는 영향을 미치는 영역의 진행 방향 분산 정도가 다른 정도이지 그 영향 정도는 큰 차이가 나지 않음을 보여준다. 즉, 연결로 엇갈림 형태는 해당 구간 길이와 상하류부의 얼마 정도의 구간 길이만큼에서 본선 우측 영역에 진행 방향으로 길게 영향을 미치는 반면, 측도 엇갈림 구간의 경우 상류부의 분류부와 상류부의 합류부를 포함한 본선의 우측 두 접속부 부근에서 영향을 미침을 보여준다.

다만, 측도 엇갈림 처리 기술 대안이 i) 용량 개념에 기반을 둔 것이라기보다는 본선의 고속 교통과 출입 차량의 저속 교통을 분리시켜 안전 측면을 더 고려했다는 점에서, ii) 본선에 두 개의 출입 지점상의 영향을 주고 있음에도 큰 영향이 없음을 보인다는 점에서 비교적 긍정적인 대안임을 분석 결과는 보여 준다.

5) 5단계 : 분석 결과의 종합 및 평가

고속도로 기본구간을 포함하여 엇갈림 구간과 연결로 접속부의 모든 서비스수준이 설계시의 최소 기준치와 부합하므로 <그림 5-5>에서 시도된 예비 설계는 시행할 만한 것으로 판단된다. 다만, 소구간 3에서 측도 엇갈림 구간 설계시와 소구간 5의 분류부에서 국지적으로 그 운영 상태가 다른 구간보다 다소 양호하지 않음을 염두에 두어야 한다.

4 운영 상태 분석

고속도로 운영 분석 방법은 설계시의 접근 방법과 거의 같지만 대안을 고려하지 않는다는 점에서 더 단순하다. 모든 교통량, 기하구조 및 교통 상태 등을 알아야 하며, 연결로의 위치, 엇갈림 형태 및 기타 특성에 따라 고속도로를 소구간으로 나누어 분석해야 한다. 운영 상태 분석은 교통류가 정상류 상태일 때와 통행 와해 상태일 때로 나누어 분석한다.

(1) 정상류 상태의 분석

교통류가 정체되지 않은 정상류 상태를 분석할 때에는 앞에서 설명한 분석 지침에 따라 고속도로를 동질성 구간으로 나누어 다음 순서에 따라 분석하면 된다.

- 1) 2장의 절차에 따라 각 소구간의 서비스수준 결정
- 2) 다음과 같은 경우에 대하여 각 연결로 접속부의 서비스수준 결정 : 이들에 대한 검토는 4장의 분석 절차를 따라야 하며, 연결로가 명확하게 엇갈림 구간의 일부일 때는 3장의 절차를 이용해야 한다.
 - ① 독립된 연결로
 - ② 인접한 하류의 연결로와 연계
 - ③ 인접한 상류의 연결로와 연계
- 3) 엇갈림 구간의 서비스수준 결정(3장의 절차)

특정 소구간이 이들 분석 방법 중 여러 가지로 적용이 가능한 경우, 그 중 가장 낮은 서비스수준 분석 결과를 보이는 경우를 적용한다. 각 소구간별 서비스수준을 종합하였을 때 가장 낮은 운영 상태를 나타내는 구간이 분석 구간 전체의 서비스수준을 좌우하므로, 개선의 초점을 이 구간에 두고 운영 개선 방안을 찾아야 한다. 소구간들의 분석 결과에 대한 포괄적인 해석은 경험적인 판단에 달려 있으며, 엇갈림 구역과 연결로 접속부의 영향권에 대한 일반적인 지침은 5-2절에 설명되어 있다.

실제로 개별 요소의 영향권은 교통수요나 기하구조 조건 등에 따라 좁게는 수백 미터에서 넓게는 1km 이상의 범위에 걸쳐 다양하게 나타난다. 그러나, 이러한 영향권을 정확하게 결정하지 못한다 할지라도 인접하는 소구간보다 나쁜 서비스수준으로 운영되는 엇갈림 구간 및 연결로 접속부는 이들이 상류 구간의 운영 상태에 영향을 미치기 때문에 주의하여야 한다.

〈그림 5-7〉은 어떤 고속도로의 특정 구간 운영 상태를 소구간별로 분석한 결과를 그림으로 나타낸 것으로 매우 유용한 분석 기법이다. 이 기법에서 가정한 영향권의 기준은 5-2절에서 이미 설명한 바 있다.

- ① 유입 연결로 : 100m 상류, 400m 하류
- ② 유출 연결로 : 400m 상류, 100m 하류
- ③ 엇갈림 구역 : 유입 연결로에서 100m 상류, 유출 연결로에서 100m 하류

각 소구간에 대한 서비스수준을 표시한 〈그림 5-7〉을 보면, 소구간 4의 엇갈림 구역이 병목 구간 또는 한계 구간이라는 것이 명확하게 나타난다. 표시된 운영 상태가 유지되는 동안 소구간 4가 서비스 수준 E의 악화된 상태로 운영되어도 다른 구간에 영향을 미치지 않는다면, 다른 소구간들은 서비스 수준 B나 C로 운영될 수 있을 것이다. 이미 설명한 바와 같이 소구간 4가 상류 구간에 미치는 영향을 정확하게 결정할 수는 없으나, 그 영향이 확산되지 않는다는 보장은 없다.

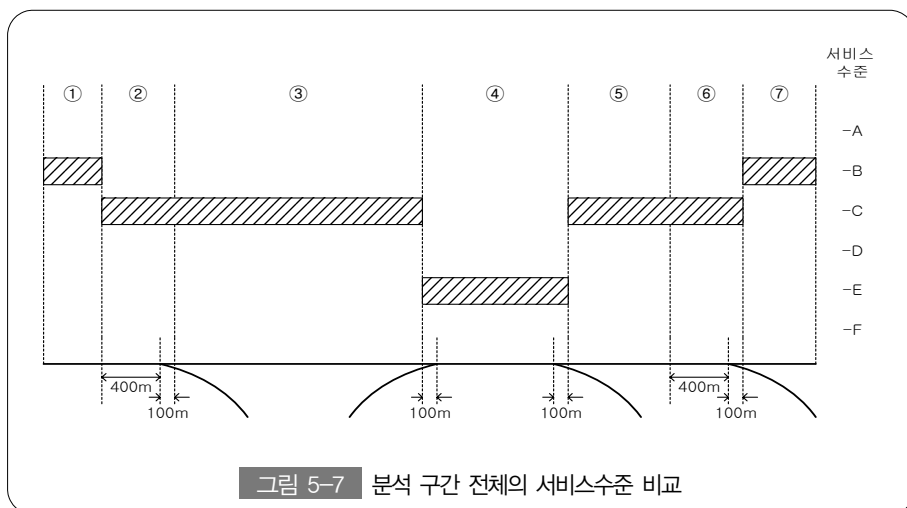


그림 5-7 분석 구간 전체의 서비스수준 비교

교통량이 이보다 조금 더 증가하면 소구간 4는 제일 먼저 통행 와해 상태가 발생하게 될 것이며, 그 여파는 상류부인 소구간 3, 소구간 2 그리고 소구간 1의 차례로 퍼져나갈 것이다. 이 구간에서 통행 와해 상태가 발생하면 이 상태의 시공간적 확산은 다음 절의 상세한 분석 기법을 사용하여 추정할 수 있다.

(2) 통행 와해 상태의 분석

고속도로의 운영 특성상 용량을 초과한 교통수요, 사고, 공사 등으로 인해 한 지점에서 통행 와해 상태가 발생하면, 그 여파는 고속도로 전체 구간에 미친다. 여기서는 고속도로의 한 지점에서 발생한 통행 와해 상태가 주는 시공간적 영향을 분석한다.

통행 와해 상태가 발생하는 동안이나 발생 직후 교통류의 움직임을 파악하기는 쉽지 않다. 그러나 중요한 것은 정체된 차량 행렬이 해소될 때 빠져나갈 수 있는 최대 교통량은 얼마나 되는가 하는 점이다. 많은 경우 차량들은 멈춰 있던 상태에서 정상적인 상태의 용량(설계속도 100kph일 때 2,200pcphpl)을 넘게 빠져나갈 수는 없다. 연속류 통행에서는 속도, 밀도 및 교통량 사이의 관계식이 용량 상태 전후에서 불연속적이며, 정체 상태에서 출발할 수 있는 최대 교통량은 안정류 상태에서의 최대 교통량보다 적다.

고속도로에서 정지 상태의 차량 행렬로부터 출발하는 교통량은 적게는 1,500pcphpl에서 많게는 2,200pcphpl의 범위에 분포한다. 지역적인 운전자 특성이 여기에 주로 영향을 미치며, 그 범위는 용량 수준에 비해 32%까지의 용량 감소에서부터 거의 감소되지 않는 경우에까지 다양하게 나타난다.

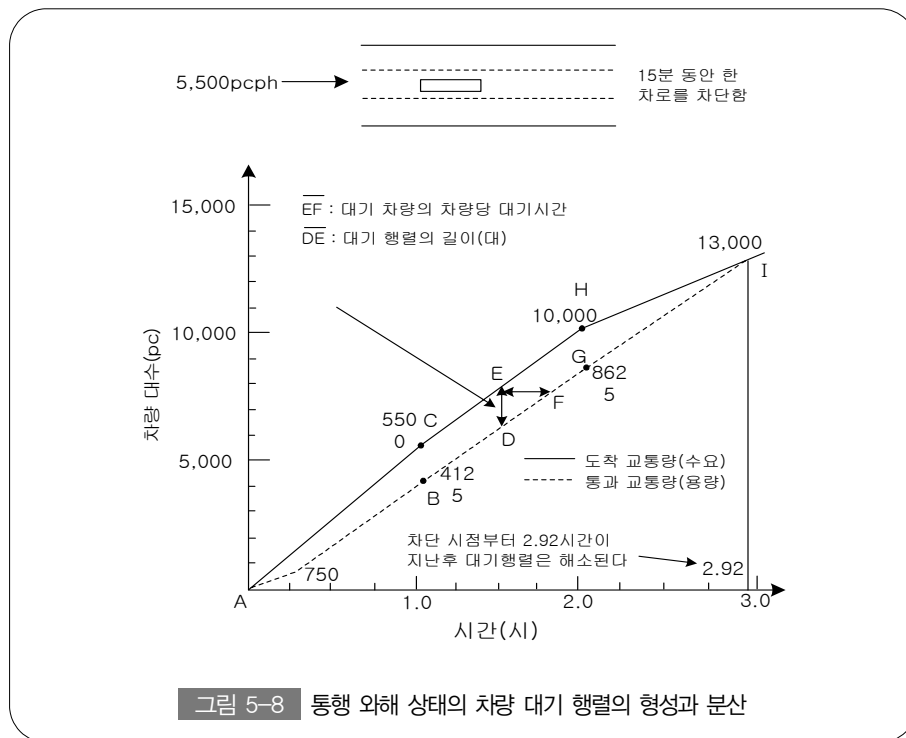
사고로 인한 일시적인 병목이나 기하구조상의 제약으로 인한 영구적인 병목이 정체 차량군 형성과 소멸에 미치는 영향은 작지 않다. <그림 5-8>에 표시된 경우를 생각해 보도록 하자. 기본 조건을 가진 설계속도 100kph의 3차로 고속도로의 한 구간에서 첨두 한 시간 동안의 교통수요는 5,500pcph, 첨두 시간 다음 한 시간 동안은 4,500pcph, 그 다음 한 시간 동안은 3,000pcph라고 가정한다. 만약, 첨두 시간의 시점에서 사고가 발생하여 15분 동안 한 차로가 차단되어 정체 차량군이 형성되었을 경우, 차로당 용량이 1,500pcphpl로 감소한다고 가정(이때의 용량은 2,200pcphpl이 될 수 없다)하면 이로 인해 다음과 같은 운영 여건의 변화를 예상할 수 있다.

- ① 한 차로를 차단할 경우 용량은 곧바로 6,600pcph에서 4,400pcph 이하로 감소하며, 수요 교통량이 5,500pcph이기 때문에 즉시 정체 차량 행렬이 발생한다. 더구나 이로 인하여 용량이 3,000pcph로 떨어진다.(2차로만 통행하면 차로당 용량이 1,500pcphpl로 감소하는 것으로 가정했을 경우) 따라서, 사고가 발생한 직후 15분 동안은 $5,500/4 = 1,375pc$ 로 도착하여 $3,000/4 = 750pc$ 만 통과하며, 625pc의 차량 행렬이 정체 구간의 뒤쪽에 형성된다.

- ② 차단된 차로가 정상 개통된 후에도 멈춰 있는 차량 행렬이 여전히 존재하기 때문에 용량은 단지 $1,500 \times 3 = 4,500\text{pcph}$ 로만 증가한다. 따라서, 다음 45분 동안은 $5,500 \times 3/4 = 4,125\text{pc}$ 가 도착하여 $4,500 \times 3/4 = 3,375\text{pc}$ 만 통과하게 되므로 750pc의 차량 행렬이 발생한다.
- ③ 두 번째 한 시간 동안은 4,500pc의 도착 교통량이 모두 통과한다. 이때 차량 행렬은 증가하거나 감소하지 않고 안정된 상태를 유지하지만 분산되지는 않는다.
- ④ 그 후, 차량 행렬은 분산되기 시작하는데, 3,000pcph가 도착하고 4,500pcph가 통과하기 때문이다. 1,375pc(625 + 750)의 차량 행렬은 0.92시간(= $1,375/(4,500 - 3,000)$)에 걸쳐 분산된다.

따라서 본래의 용량까지 회복되기까지는 15분 동안의 한 차로 불통이 발생한 후 약 2.92시간이 소요된다. 차량 행렬의 길이는 한 대당 유효 길이를 3개 차로에 동일하게 10m라고 가정할 때 4.583km(= $(1,375/3) \times 10$)에 달하게 되므로 첨두시에는 4km 이상의 길이로 한 시간 동안 지속된다.

〈그림 5-8〉은 이 분석 결과를 그림으로 나타낸 것이다. 여기의 예는 극단적인 것으로 계산을 단순화하기 위하여 차량 행렬에서의 출발률을 1,500pcphpl로 가정한 것이다. 이 값은 많은 경우에 너무 큰 값이 될 것이다. 그렇지만 통행 와해 상태의 시공간적인 파급 효과는 명확하게 나타나므로 고속도로 운영 상태 분석 과정에서는 이로 인한 잠재적인 사고까지도 고려해 볼 필요가 있다. 차량 행렬 내의 차량 길이인 10m는 근사값이며, 차량 행렬 내에서의 잦은 정지와 진행 움직임을 고려한 값이다.



이 기법은 근사적인 것이며, 불안정한 고속도로 교통 흐름에 대한 여러 가지 미시적인 특성을 고려하지 않은 것이다. 그러나, 고속도로 전체의 운영상 한 지점에서 통행 와해 상태가 주는 영향을 추정하는 데 유용하다. 그렇지만 차량 행렬에서 출발률이 지역 조건에 따라 상당히 폭넓게 변하므로 이와 같은 분석을 수행할 때는 현장에서 관측한 적절한 출발률에 따라 적절히 조정하여야 한다.

제6장 | 다차로도로

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 분석 방법론
3. 분석 과정
4. 예제

1 개요

(1) 다차로도로의 정의

다차로도로는 고속도로와 함께 지역간 간선도로 기능을 담당하는 양방향 4차로 이상의 도로로서, 고속도로와 도시 및 교외 간선도로의 도로 및 교통 특성을 함께 갖고 있으며, 확장 또는 신설된 일반국도가 주로 이에 해당된다. 다차로도로는 완전 출입 제한된 도로가 아니라는 점에서 자동차 전용도로와는 구별되며, 평균 신호교차로 간의 거리는 2km 이상(평균 신호등 밀도가 0.5개/km 이하)로 본다. 도로시설 주변의 개발 정도에 관계없이 신호등 밀도 기준치를 초과하면 도시 및 교외 간선도로에 해당된다.

국내 다차로도로에는 시설 측면에서 신호등과 같은 대표적인 단속류 시설이 설치되어 있기 때문에 연속 교통류와 단속 교통류가 혼재한다. 이 결과 다차로도로는 고속도로와 같이 연속 교통류가 보장되는 시설 수준에서부터 도시 및 교외 간선도로의 시설 수준에 이르기까지 폭 넓은 시설 수준을 보이고 있다. 그런 측면에서 국내에서 대표적인 다차로도로의 유형으로는 확장 또는 신설된 4차로 일반국도가 이에 해당된다.

도로의 기능 측면에서 다차로도로는 고속도로와 함께 주로 지역간 간선도로 기능을 하지만, 기능 면에서나 시설 수준 면에서 고속도로보다는 떨어지는 일반도로에 속한다.

또한, 지방부 다차로도로에 설치되는 유출입 지점과 신호등 여건은 시간이 지남에 따라 주변 개발로 인하여 도로 및 교외 간선도로와 유사한 시설여건과 통행 특성을 갖게 된다. 그러나 신호등 밀도에서 0.5개/km를 초과하는 도시 및 교외 간선도로와는 구별된다.

본 장은 주로 국내 지방부 도로 중에서 4차로 이상의 일반국도를 포함한 다차로도로의 서비스수준 분석에 적용할 수 있다. 지방부 일반도로에 자주 나타나는 신호등 밀도 0.5개/km 초과 지역도로에 대한 분석은 도시 및 교외 간선도로 분석 방법에 따라 분석하며 고속국도 외에 일반도로 중에서 자동차 전용도로로 지정된 다차로도로의 경우 고속도로의 분석 방법에 따라 분석한다.

(2) 다차로도로의 유형 구분

다차로도로는 도로 및 교통특성에 따라 <표 6-1>과 같이 2가지 유형으로 구분한다.

다차로도로는 연속 교통류 특성과 단속 교통류 특성을 함께 갖고 있어 그 도로교통 특성의 변동 범위가 폭 넓게 관측된다. 이러한 폭 넓은 변동폭을 고려하여 다차로도로의 서비스수준을 합리적이고 일관성 있게 분석하기 위하여 시설을 2가지 유형으로 구분한다. 유형 구분의 주요 기준으로는 설계 속도, 신호등 밀도가 있으며, 그 외에 최대 통행속도, 입체화 수준, 도로변 개발 정도와 연결관리 수준 등을 고려할 수 있다. 각 구분 기준이 상충할 때에는 설계속도, 신호등 밀도 순으로 그 유형을 정한다.

유형 I의 경우, 연속류 특성이 가장 강하게 나타나는 도로로서, 설계속도는 90~100kph, 기본조건의 각 최대 통행속도는 87kph와 97kph이다. 유형 I의 특징은 신호교차로가 없으며 입체교차로가 되어 있고 출입 연결로와 측도가 설치된 도로를 말한다.

유형 II의 경우, 연속류 특성이 다소 우세하게 나타나는 도로로서, 설계속도는 70~80kph, 기본조건의 최대 통행속도는 87kph와 70kph이다. 부속시설 측면에서 신호등 밀도가 0.5개/km 이하이며, 부분적으로 입체화가 된 상태의 도로를 말한다.

신호등 밀도가 0.5개/km 초과인 시설 여건을 가지는 다차로도로는 단속류 특성이 빈번하게 나타나는 특성상 도시 및 교외 간선도로의 유형에 해당된다.

여기서 기본 조건의 최대 통행속도는 해당 도로 유형의 기본 조건에서 구간 평균 교통량이 500vphpl 이하에서 관측된 평균 통행속도를 말한다.

다차로도로의 서비스수준 분석은 이러한 시설 유형에 따라 분석 기준과 방법을 달리 하고 있다. (6-3-1 분석 과정 참조)

<표 6-1> 다차로도로 유형 구분

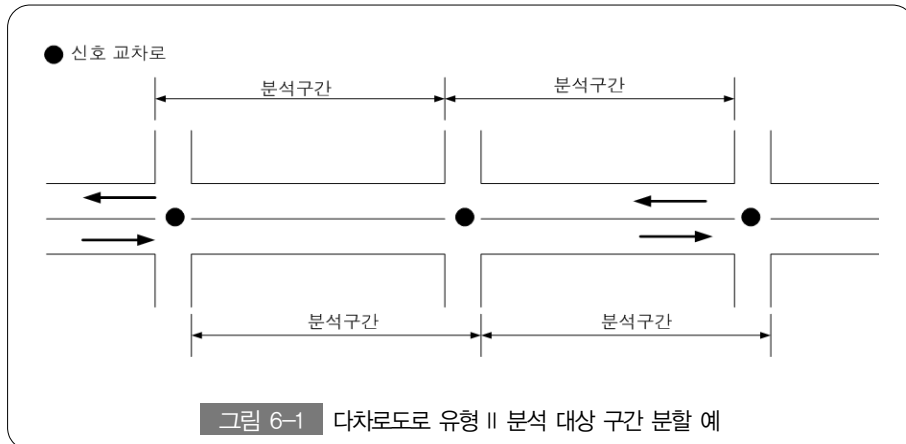
구 분	설계속도 (kph)	신호등 밀도 (개/km)	기본 조건의 최대 통행속도 (BSP, kph)
유형 I	100, 90, 80	0	97, 87
유형 II	80, 70	≤ 0.5	87, 70

주) 입체교차로, 출입 연결로, 측도, 중앙분리대 등 부속시설 수준은 여건에 따라 차이가 있으며, 각 구분 기준이 상충할 경우 설계속도, 신호등 밀도 순으로 그 유형을 정한다.

(3) 분석 대상 구간 분할

다차로도로의 서비스수준을 분석하기 위하여 각 유형별로 분석 대상 구간 분할방법을 달리한다. 유형 I은 고속도로 구성요소(기본구간, 연결로 접속부, 엇갈림 구간)를 토대로 구간 분할하며, 유형 II의 분석 기본구간은 신호교차로에서 다음 신호교차로까지 분할한다.

연속 교통류와 단속 교통류가 혼재하는 다차로도로의 특성상 서비스수준 분석을 하기 위해서 각 유형별로 분석 대상 구간 분할방법을 다르게 제시하였다. 유형 I은 고속도로 구성요소(기본구간, 연결로 접속부, 엇갈림 구간)를 토대로 구간 분할한다. 유형 II는 분석 대상 구간은 <그림 6-1>과 같이 신호교차로에서 다음 신호교차로까지 길이로 분할한다.



- i) <그림 6-1>과 같이 분석 기본구간으로서 도로용량이 변하는 지점(차로 수, 경사구간, 입체교차로, 신호교차로)에서 다음 지점까지 한 방향의 길이 이다.
- ii) 만약 두 개 이상의 연속된 구간이 도로용량(차로수), 교통수요, 자유속도, 제한속도가 비슷하면 하나의 구간으로 분석한다.

유형 I은 고속도로 분석 방법(본 편람 제 2장 참조), 유형에 해당되지 않는 다차로도로는 도시 및 교외 간선도로 분석 방법에 따라 분석한다.(본 편람 제 12장 참조)

(4) 용어 정의

- **다차로도로** : 다차로도로는 고속도로와 함께 지역간 간선도로 기능을 담당하는 양방향 4차로 이상의 도로로 고속도로와 도시 및 교외 간선도로의 도로 및 교통 특성을 함께 갖고 있음. 완전 출입 제한된 도로가 아니라는 점에서 자동차 전용도로와는 구별되며, 평균 신호등 밀도가 0.5개/km 이하인 점에서 도시 및 교외 간선도로(0.5개/km 초과)와도 구별됨.
- **유출입 지점** : 우회전으로만 본선에 출입할 수 있는 수준의 유출입로와 신호등이 설치되지 않은 교통량이 적은(50대/일) 좌회전 접근로를 포함함.
- **종단선형 경사도(H, hilliness)** : 종단 곡선이 경사진 정도로 단위 길이당 상향 경사 구간의 고저차의 합으로 표현한 척도. 단위 길이는 3km 이상으로 함.
- **평균 통행속도(kph)** : 주어진 도로 및 교통 조건에서 차량들이 내는 통행속도의 평균.
 - 기본 조건의 최대 통행속도(BS_p)
 - : 신호등의 영향을 받지 않는 평지, 직선 구간 다차로도로에서 교통량이 500vphpl 이하일 때 승용차가 낼 수 있는 최대 통행속도의 평균. 다차로도로 유형에 따라 97kph, 87kph(유형 I), 87kph, 70kph(유형 II)로 정함.
 - 주어진 도로 조건에서의 최대 통행속도(S_{P1})
 - : 도로 조건이 주어졌을 때 교통량이 500vphpl 이하인 수준에서 승용차가 낼 수 있는 최대 통행속도의 평균. 도로 조건에는 차로폭 및 측방여유폭, 평면 및 종단 선형, 유출입 지점수 등이 포함되어 있음.
 - 평균 통행속도 : S_{P1} 에서 신호등과 교통량을 고려한 차종별 평균 통행속도(S_{P2} , S_{T2})를 차종 구성비에 따라 평균한 것.
- **평면선형 굴곡도(B, bendiness)** : 평면 곡선이 굽어진 정도를 단위 구간 길이당 평면 곡선부 교각의 합으로 표현한 척도. 단위 길이는 3km 이상으로 함.

2 분석 방법론

(1) 효과척도

다차로도로의 효과척도는 평균 통행속도와 V/c비를 사용한다. 평균 통행속도는 연속 교통류와 단속 교통류가 혼재된 다차로도로 유형 II의 통행 특성을 잘 나타내는 효과척도이며, V/c비는 다차로도로 유형 I의 통행 특성을 잘 반영하는 효과척도이다.

단위 시간당 통행할 수 있는 교통량을 의미하는 교통량대용량비(V/c)는 연속 교통류 특성을 가지는 도로의 서비스 상태를 나타내는 가장 좋은 지표이며, 단위 시간당 통행할 수 있는 거리의 평균값을 의미하는 평균 통행속도는 연속 교통류와 단속 교통류가 혼재하는 도로유형 II의 서비스 상태를 나타내는 가장 좋은 지표이다. 즉, 신호등이 일정 간격으로 설치되어 있는 도로 특성상 이를 이용하는 교통류의 서비스수준을 재는 척도는 단일 지점의 속도보다는 구간 평균 통행속도 개념이 더 합리적이다.

이러한 점에서 유형 I은 교통량대용량비를 주 효과척도로 평균 통행속도는 보조 효과척도로 사용하며, 유형 II는 기본적으로 단속류 시설인 신호등이 설치되어 있다는 점에서 V/c 는 적합성이 떨어지기 때문에 평균 통행속도로 주 효과척도, V/c 는 보조 효과척도로 활용한다.

(2) 최대 통행속도와 속도 영향 인자

최대 통행속도란 서비스수준 A 상태(구간 평균 교통량 500vphpl 이하)의 교통류 조건에서 승용차가 내는 평균 통행속도를 말한다. 이 속도는 기본 조건의 평균 통행속도와 주어진 조건의 평균 통행속도로 대별된다.

평균 통행속도에 영향을 미치는 인자에는 도로 조건으로 차로폭 및 측방여유폭, 평면선형과 종단선형, 유출입 지점수 등이 있고, 교통 및 신호 운영 조건으로 교통량과 신호등 밀도 등이 있다.

1) 기본 조건

다차로도로의 기본 조건은 도로 기하구조, 교통 조건 그리고 주변 환경이 차량의 통행에 지장을 주지 않는 조건을 말하며, 그 조건은 다음과 같다.

- ① 차로폭 3.5m 이상, 측방여유폭 1.5m 이상
- ② 직선 및 평지 구간
- ③ 신호등 개수 : 0개/km
- ④ 유출입 지점수 : 0개/km

2) 최대 통행속도와 속도 영향 요인

다차로도로의 경우, 기본 조건에서 최대 통행속도는 신호등이 설치되지 않은 직선 구간에서 관측된 평균 통행속도를 말하는데, 유형 I의 경우 97kph와 87kph, 유형 II의 경우 87kph와 70kph로 한다. 유형 I의 도로는 지배적인 선형 조건이 고속도로에 가까운 도로이며, 신호등 밀도가 0개/km인 도로에서 주로 관측된다. 유형 II의 도로는 지방부 일반국도에서 일반적으로 나타난다.

다차로도로를 주행하는 차량의 평균 통행속도에 영향을 미치는 요인으로는 도로 시설 조건과 교통 및 운영 조건이 있다. 도로 시설 조건에는 차로폭 및 측방여유폭, 평면선형과 종단선형, 유출입 지점수, 신호등 밀도 등이 통행속도에 영향을 미친다. 교통 및 운영 조건에는 교통량과 직진 주방향의 주기 대 녹색시간비(g/C)가 통행속도에 영향을 미친다.

중앙분리대 설치 여부는 안전 측면에서 주요 영향 인자로 볼 수 있으며, 통행속도에는 큰 영향을 미치지 않는다. 과속 단속을 위해 설치되는 무인단속 카메라는 단일 지점에 설치할 경우 일정 구간의 평균 통행속도에 큰 영향을 미치지 않으며, 구간 단속할 경우 운전자가 해당 제한속도에 근접하도록 감속하는 것으로 나타난다.

3) 차로폭 및 측방여유폭

차로폭은 차로를 구분 짓는 차선(차로와 차로 경계 표시선)의 중심선에서 중심선까지의 거리를 말하며, 적정 차로폭은 3.5m이다. 차로폭이 3.5m보다 좁으면 운전자들은 다른 차로의 차량과 측방여유를 확보하기 위하여 서로 떨어지려고 한다. 이 때문에 운전자들은 동일 차로에서 차량간의 간격을 넓게 유지하면서 감속 운행하려는 경향을 보인다.

측방여유폭은 바깥 차로의 차선 끝에서부터 장애물까지의 거리를 말하며, 기본 조건의 측방여유폭은 1.5m 이상이다. 중앙분리대용 방호벽은 차로 끝에서부터 1.5m 내에 있어도 장애물로 간주하지 않는다. 측방여유폭의 제한에도 운전자들은 차로폭을 제한할 때와 비슷한 감속 반응을 보인다. <표 6-2>는 차로폭과 측방여유폭에 따른 속도 감소 정도를 나타낸 것이다.

<표 6-2> 차로폭 및 측방여유폭 속도 보정계수(F_{wc})

측방여유폭(m)	최대 통행속도 감소(kph)		
	차로폭 3.5m	차로폭 3.25m	차로폭 3.0m
1.5	0	1	3
1.0	1	2	4
0.5	2	3	5
0.0	3	4	6

4) 도로 선형 조건

도로의 평면선형과 종단선형은 차량의 통행속도에 영향을 준다. 구간 평균 통행속도를 주 효과적으로 하는 다차로도로의 경우, 특정 지점의 선형 조건보다 일정 구간의 전반적인 선형 조건을 나타내는 평면선형 굴곡도(bendiness, B)와 종단선형 경사도(hilliness, H)를 통행속도 영향 인자로 간주한다.

평면선형 굴곡도는 도로가 평면상 굴곡된 정도를 나타내는 지표로 단위 구간 길이(L)에 대한 교각(θ)의 변화 정도로 정의된다. 교각은 평면선형의 각 교점(IP)의 교각을 말한다. 종단선형의 굴곡도는 도로가 종단상 오르내리는 정도를 나타내는 지표로 노선의 구간 길이(L)에 대한 고저차(h)로 정의된다. 속도 영향 인자는 그 중에서 해당 방향에 포함된 오르막 경사 구간의 고저차 자료만 사용한다. 선형 조건 지표는 분석 소구간별 선형 조건을 바탕으로 산출하되, 구간 길이가 3km 미만인 경우 상류부 구간의 자료까지 사용한다. 시점부 구간의 경우 해당 구간의 평균값을 사용한다.

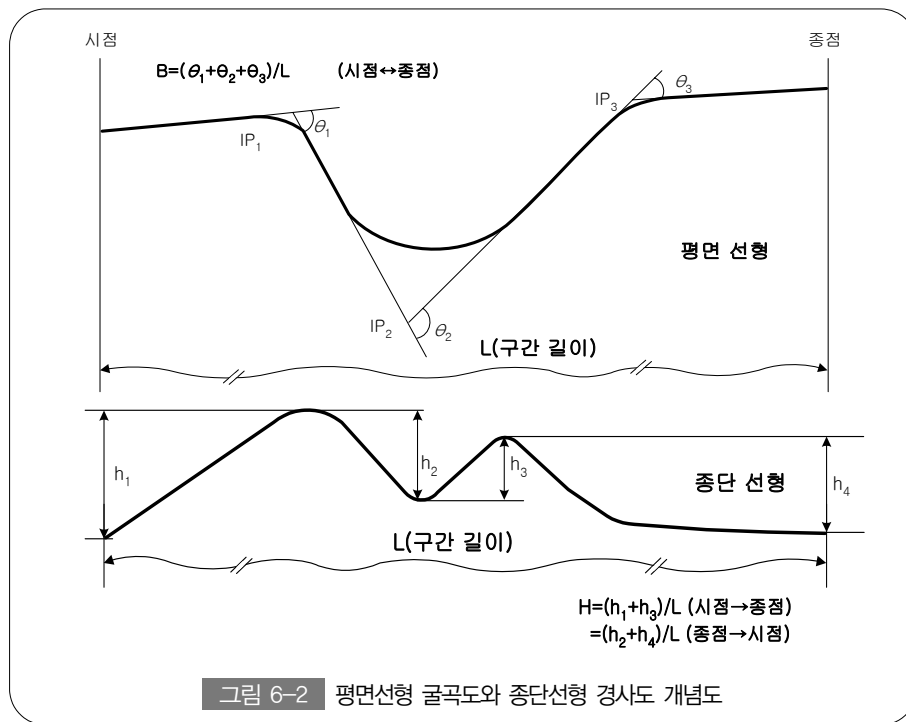
$$\text{평면선형 굴곡도 } B = \sum \theta_i / L \quad \text{종단선형 경사도 } H = \sum h_i / L \quad (\text{식 6-1})$$

여기서

$\theta_i = i$ 곡선부의 교각($^\circ$)

$h_i = i$ 종단 경사의 고저 차(m)

$L =$ 노선의 구간 길이(km, 평균 3km)



평면선형 굴곡도와 종단선형 경사도가 클수록 직선 또는 평지 조건에서보다 통행속도는 떨어진다. <표 6-3>, <표 6-4>는 평면선형 굴곡도와 종단선형 경사도에 따른 통행속도 감소 정도를 각각 나타낸 것이다.

〈표 6-3〉 평면선형 속도 보정계수(F_B)

평면선형 굴곡도 ($B, ^\circ / \text{km}$)	최대 통행속도 감소	
	97kph	87kph, 70kph
≤ 10	0	0
≤ 20	1	1
≤ 40	2	
≤ 60	3	2
≤ 80	4	3

〈표 6-4〉 종단선형 속도 보정계수(F_H)

종단 선형 경사도 (m/km)	최대 통행속도 감소(kph)		
	승용차		중차량
	97kph	87kph, 70kph	
≤ 2	0	0	0
≤ 5	1	1	3
≤ 10	2	2	5
≤ 20	4	4	10
≤ 30	6	6	15
≤ 40	9	8	19
≤ 50	11	10	22
≤ 60	13	12	25
≤ 70	15	14	27
≤ 80	17	16	28
≤ 90	19	18	30

5) 유출입 지점수

다차로도로의 단위 구간 내에 설치된 한 방향 유출입 지점수도 통행속도에 영향을 미치는 인자이다. 이 유출입 지점수는 우회전으로만 본선에 출입할 수 있는 수준의 유출입로와 신호등이 설치되지 않은 교통량이 적은(50대/일) 좌회전 접근로를 포함한다.

〈표 6-5〉는 유출입 지점수에 따른 속도 감소 정도를 나타낸 것이다.

〈표 6-5〉 유출입 지점수 속도 보정계수(F_A)

유출입 지점수(개/km)	최대 통행속도 감소(kph)
0	0
≤ 4	1
≤ 8	2
≤ 12	3
≤ 16	4
≤ 20	6
> 20	8

6) 교통량과 신호등 밀도

다차로도로에 설치된 신호등은 통행속도에 매우 큰 영향을 미친다. 이 신호등에는 다차로도로에 설치된 횡단보도 신호등과 교차로 신호등을 모두 포함하되, 주방향 직진 신호의 주기 대 녹색시간비(g/C)가 0.6 이상의 신호등을 대상으로 한다. 주방향 직진 신호의 g/C 가 0.6 미만의 신호교차로의 경우 독립 신호교차로로 간주하며 별도의 지체 영향을 평가한다(신호교차로편 참조).

신호등이 교통류의 속도에 미치는 영향은 구간 평균 교통량과 차종에 따라 달라진다. 교통량은 다차로도로에서 신호등과 함께 통행속도에 가장 큰 영향을 미치는 인자이다. 교통량에 따른 통행속도 감소 정도는 고속도로와 같은 연속류 도로에서보다 신호등이 설치된 단속류 도로에서 더 크다. 이는 주로 교차로의 지체와 노측 출입 교통량 등의 영향 때문이다.

다차로도로에서 신호등과 교통량에 따른 속도 감소는 구간 평균 교통량이 500vphpl 이하일 때에는 교통량별 감속 영향이 거의 없어 〈표 6-6〉에 의해 신호등 설치 밀도에 따른 기본적인 감소폭만 보정해주면 된다. 반면, 구간 평균 교통량이 이를 초과할 때에는 〈표 6-6〉에 의한 속도 보정에 〈표 6-7〉에 따라 교통량에 의한 추가 속도 보정을 해 주어야 한다.

〈표 6-6〉은 구간 평균 교통량이 500vphpl 이하일 때 신호등 설치 밀도와 주방향 직진 평균 g/C 에 따른 차종별 속도 감소 정도를 나타낸 것이다.

〈표 6-6〉 신호등의 속도 보정계수(교통량이 500vphpl 이하일 때, F_s)

주방향 직진 신호의 평균 g/C	최대 통행속도 감소(kph)			
	신호등 밀도(개/km) ≤ 0.3		신호등 밀도(개/km) ≤ 0.5	
	소형차	중차량	소형차	중차량
0.80	1	1	2	2
0.75	1	1	4	3
0.70	2	2	5	5
0.65	3	2	7	6
0.60	4	3	9	8

주) 소형차 : 승용차, 소형중차량 / 중차량 : 중형, 대형 중차량

〈표 6-7〉은 구간 평균 교통량이 500vphpl을 초과할 때 신호등 설치 밀도와 교통량에 따른 차종별 속도 감소 정도를 나타낸 것이다.

〈표 6-7〉 교통량에 따른 속도 보정계수(구간 평균 교통량 500vphpl 초과시, F_v)

a. 승용차의 경우

(단위 : kph)

교통량(vphpl)	신호등 밀도(개/km)		
	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 0.5
500	1	1	1
600	1	1	2
700	1	2	3
800	2	2	4
900	2	3	5
1,000	3	4	6
1,100	4	5	7
1,200	4	6	8
1,300	6	8	10
1,400	8	10	12
1,500	9	11	16
1,600	12	14	19
1,700	16	19	22
1,800	20	23	24

b. 종차량의 경우

(단위 : kph)

교통량(vphpl)	신호등 밀도(개/km)		
	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 0.5
500	1	1	3
600	1	2	4
700	2	2	4
800	2	3	5
900	2	3	6
1,000	3	4	7
1,100	3	4	8
1,200	4	5	9
1,300	4	6	10
1,400	5	7	12
1,500	6	8	14
1,600	7	9	17
1,700	9	12	20
1,800	10	15	24

주) 교통량의 범위가 중간에 있는 경우, 보간법을 사용한다.

(3) 용 량

다차로도로의 용량은 연속 교통류 조건이 확보되는 유형 I에서 설계속도 100kph는 2,200pcphpl, 설계속도 80kph는 2,000pcphpl을 적용한다. 유형 II의 도로에서는 신호교차로의 용량에 제약을 받는다.

다차로도로는 연속 교통류와 단속 교통류가 혼재하는 도로 교통 특성을 갖고 있다. 연속 교통류가 확보되는 도로 구간에 대해서는 차로당 최대 교통량을 바탕으로 용량을 제시할 수 있다. 반면, 단속 교통류의 영향이 큰 도로 구간에 대해서는 연속류 도로의 용량 개념을 제시하는 것은 불합리하다.

다차로도로의 최대 통행속도가 97kph과 87kph(설계속도 80~100kph, 제한속도 80kph이상)인 유형 I에서 용량은 설계속도 80kph는 2,000pcphpl, 설계속도 100kph는 2,200pcphpl를 적용한다. 신호 교차로가 설치된 유형 II는 (식 6-2)와 같이 신호교차로 용량 개념을 적용한다.

$$c = N \times S \times g / C \quad (\text{식 6-2})$$

여기서,

c = 직진 방향 차로의 용량(pcph)

N = 교차로에서 직진 차로 수

S = 포화 교통량(pcphpl)

g/C = 평균 녹색시간비

(4) 서비스수준

다차로도로의 서비스수준의 기준은 평균 통행속도와 V/c 를 효과적으로 <표 6-8>, <표 6-9>와 같다. 이 기준을 바탕으로 단일 구간의 서비스수준을 판정하며, 분석 대상 구간 전체의 서비스수준도 판정할 수 있다.

1) 단일 구간 서비스수준 기준

다차로도로의 서비스수준을 평가하는 데에는 다차로도로 유형별 특성을 감안해야 한다. 이를 위해서는 유형 특성에 따라 차등화된 적용 기준을 필요하며, 이와 같은 개념을 바탕으로 설정한 다차로도로의 서비스수준 기준은 <표 6-8>, <표 6-9>와 같다. 주어진 기준은 유형 I인 경우 기본구간에 대해 설계 속도에 따라 A~F 수준으로 차등화 하였고, 유형 II는 자유속도와 유효 평균 녹색시간비(g/C)에 따라 A~F 수준으로 차등화하고 있다. 유형 I의 나머지 구성요소, 엇갈림구간과 연결로 접속부의 서비스수준 기준은 고속도로편을 참조한다.

<표 6-8> 다차로도로 유형 I 서비스수준(기본구간)

서비스수준	설계속도 100kph			설계속도 80kph		
	V/c	서비스 교통량 (승용차/시/차로)	속도 (kph)	V/c	서비스 교통량 (승용차/시/차로)	속도 (kph)
A	≤ 0.27	≤ 600	≥ 97	≤ 0.25	≤ 500	≥ 86
B	≤ 0.45	$\leq 1,00$	≥ 95	≤ 0.40	≤ 800	≥ 85
C	≤ 0.61	$\leq 1,350$	≥ 93	≤ 0.58	$\leq 1,150$	≥ 84
D	≤ 0.80	$\leq 1,750$	≥ 88	≤ 0.75	$\leq 1,500$	≥ 79
E	≤ 1.00	$\leq 2,200$	≥ 77	≤ 1.00	$\leq 2,000$	≥ 67

〈표 6-9〉 다차로도로 유형 II 서비스수준

서비스수준	V/c	자유속도(kph)		서비스 교통량 (승용차/시/차로)		
		87	70	g/C = 0.8	g/C = 0.6	g/C = 0.5
A	≤ 0.20	≥ 86	≥ 70	350	250	200
B	≤ 0.45	≥ 84	≥ 68	800	600	500
C	≤ 0.70	≥ 76	≥ 61	1,250	900	800
D	≤ 0.85	≥ 68	≥ 54	1,500	1,100	950
E	≤ 1.00	≥ 58	≥ 46	1,750	1,500	1,100

2) 유형별 전체 서비스수준 기준 판정 및 분석 방법

앞서 판정된 각 구간별 서비스수준에 대해 도로망 수준에서 분석 대상 구간 전체의 서비스수준을 판정할 필요가 있는 경우 다음과 같은 절차를 따른다.

① 전체 분석 대상 구간에 적용할 수 있는 서비스수준별 기준값을 산정한다. 즉, 각 분석 구간별 서비스 수준의 기준값을 토대로 (식 6-3)을 이용하여 분석 대상 전체 구간의 서비스수준 기준을 산정한다.

$$S_i = \frac{L}{\sum_{n=1}^n \frac{L_n}{S_{n,i}}} \quad (\text{식 6-3})$$

여기서,

S_i = 전체 구간에 대한 서비스수준 i 의 경계값(평균 통행속도, kph)

L = 전체 구간 길이(km)

n = 분할된 구간 개수

L_n = 구간 n 의 길이(km)

$S_{n,i}$ = 구간 n 의 서비스수준 i 의 경계값(평균 통행속도, kph)

② 각 구간별로 계산된 평균 통행속도를 (식 6-4)를 이용하여 전체 구간 평균 통행속도로 환산한다.

$$S = \frac{L}{\sum_{n=1}^n \frac{L_n}{S_n}} \quad (\text{식 6-4})$$

여기서,

S = 전체 구간의 평균 통행속도(kph)

L = 전체 구간 길이(km)

n = 분할된 구간 개수

L_n = 구간 n 의 길이(km)

S_n = 구간 n 의 평균 통행속도(kph)

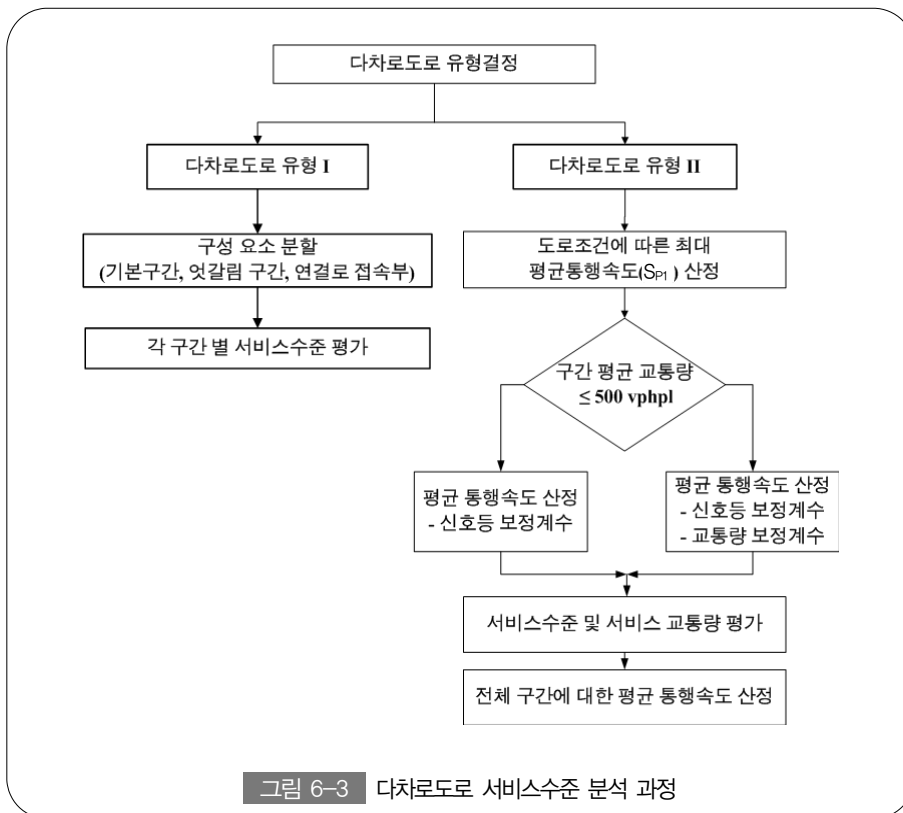
③ 전체 구간의 평균 통행속도와 ①단계에서 산정된 서비스수준 기준값을 비교하여 전체 구간에 대한 서비스수준을 평가한다.

3 분석 과정

(1) 운영 상태 분석

가. 운영 상태 분석은 다차로도로의 특정 구간에 대해 현재의 운영 상태를 나타내는 서비스수준을 분석하는 것이다. 이 결과를 도로 공급 정책의 판단 지표로 삼거나 기존 도로의 효과적인 운영 개선 대안을 모색하는데에 활용한다.

나. 운영 상태 분석 과정은 <그림 6-3>에 따르며, 방향별로 분석한다. 유형 I은 고속도로의 서비스수준 분석 절차를 따르며, 유형 II는 도로 및 교통 조건 설정, 최대 통행속도(S_{PI}) 산정, 구간별 평균 통행속도 산정, 서비스수준 평가 순으로 서비스수준을 분석한다.



분석 대상의 다차로도로는 앞에서 정립한 유형구분에 의해서, 부속 시설(입체 교차로, 평면 교차로 밀도)과 설계속도에 따라 도로 유형(I, II)을 결정한다. 유형 I은 고속도로의 서비스수준 분석 과정을 따르며, 다차로도로 유형 II의 상세한 서비스수준 분석 과정은 다음과 같다.

1) 도로 및 교통 조건 설정

대상 다차로도로에 대한 서비스수준을 분석하기 위한 입력 자료를 수집하는 단계이다. 입력 자료에는 크게 도로 조건과 교통 조건이 필요하다. 도로 조건에는 도로(선형, 설계속도, 유·출입 형태, 평면 교차로)와 교통 시설(신호 주기, g/C) 등이 해당된다. 교통 조건에는 교통량과 차량 구성(승용차, 중차량) 등이 해당된다.

도로 조건의 경우는 대부분 설계 도면을 토대로 자료를 수집하고, 도면에서 수집할 수 없는 자료는 직접 현장 조사를 한다. 교통 조건은 각 조사 지점에서 분석 시간대 동안 관측한 구간 교통량 자료 또는 계획시에는 구간별 수요를 이용하는데, 첨두시간 환산 교통량(V_p)을 쓴다.

2) 최대 통행속도 산정

각 구간별로 승용차의 최대 통행속도를 산정한다. 최대 통행속도 산정 방법은 다음과 같이 두 가지 방법에 의해 결정한다. i) 현장 관측에 의한 방법 ii) 이론식에 의한 방법

i) 현장 관측에 의한 방법

현장 관측에 의한 방법은 현장에서 직접 각 차량들의 공간 속도를 측정하는 것이다. 시간과 예산을 고려하여 적절한 조사 방법을 선택한 다음, 조사 대상 구간의 평균 교통량이 500vphpl 이하에서 승용차에 대하여 30개 이상의 표본을 관측한다. 이렇게 관측된 자료를 토대로 각 차량별로 평균치에 해당되는 공간 속도를 최대 통행속도로 선정한다.

ii) 이론식에 의한 방법

이론식에 의한 방법은 (식 6-5)를 이용하여 이상 조건의 자유속도를 도로 조건에 따른 보정계수를 적용하여 분석 대상 구간의 최대 통행속도를 산정한다.

$$S_{P1} = BS_P - F_{WC} - F_B - F_H - F_A \quad (\text{식 6-5})$$

여기서,

S_{P1} = 주어진 도로 조건에 대한 승용차의 최대 통행속도(kph)

BS_P = 기본 조건에서 승용차의 최대 통행속도(kph)

설계속도 80kph : 87kph, 설계속도 70kph : 70kph

F_{WC} = 차로폭 및 측방 여유폭 보정계수(<표 6-2>)

F_B = 평면선형 보정계수(〈표 6-3〉)

F_H = 종단선형 보정계수(〈표 6-4〉)

F_A = 유출입 지점수 보정계수(〈표 6-5〉)

3) 구간별 평균 통행속도 산정

최대 통행속도, 신호등 밀도, 교통량 범위에 따라서 차종별로 평균 통행속도를 산정한다. 차종별로 산정된 평균 통행속도는 차종별 구성 비율에 따라 가중치를 주어 전체 차량에 대한 평균 통행속도를 산출한다.

i) 분할된 소구간의 평균 교통량이 500vphpl 이하 일 때

차종별 최대 통행속도를 신호등 밀도 보정계수를 적용하여 보정한다.

$$S_{P2} = S_{P1} - F_S \quad (\text{식 6-6})$$

$$S_{T2} = 80 - F_{WC} - F_H - F_A - F_S \quad (\text{식 6-7})$$

여기서,

S_{P2} = 승용차의 평균 통행속도(kph)

S_{T2} = 중차량의 최대 통행속도(kph)

S_{P1} = 승용차의 최대 통행속도(kph)

F_S = 차종별 신호 밀도에 따른 신호등 보정계수(kph)(〈표 6-6〉)

차종별로 산출된 평균 통행속도는 (식 6-8)과 같이, 전체 차량에 대한 평균 통행속도를 산출한다.

$$S = (1 - p) \times S_{P2} + p \times S_{T2} \quad (\text{식 6-8})$$

여기서,

S = 평균 통행속도(kph)

S_{P2} = 승용차의 평균 통행속도(kph)

S_{T2} = 중차량의 평균 통행속도(kph)

p = 중차량 비

ii) 분할된 소구간의 평균 교통량이 500vphpl을 초과할 때

교통량 수준이 500vphpl보다 큰 경우는 차종별로 최대 통행속도를 신호등 보정계수 이외에 교통량과 신호등 추가 지체를 포함한 보정계수로 다음과 같이 보정한다. 전체 차량에 대한 평균 통행속도는 앞의 방법과 동일하게 산정한다.

$$S_{P2} = S_{P1} - F_S - F_V \quad (\text{식 6-9})$$

$$S_{T2} = 80 - F_{WC} - F_H - F_A - F_S - F_V \quad (\text{식 6-10})$$

$$S = (1-p) \times S_{P2} + p \times S_{T2}$$

여기서,

$$F_V = \text{차종별 신호등 밀도에 따른 교통량 보정 계수 (kph)} (\langle \text{표 6-7} \rangle)$$

4) 각 구간별 서비스수준 평가

세 번째 단계에서 산출된 평균 통행속도를 토대로 각 구간별 서비스수준을 평가한다.

5) 전체 구간의 서비스수준 평가

각 구간별로 분석된 서비스수준을 토대로 전체 분석 대상 구간에 대한 서비스수준을 분석하는 단계이다. 먼저, 해당 분석 대상 구간의 운영 상태를 판단하는 기준(서비스수준)을 설정하고, 각 구간별로 산정된 평균 통행속도를 바탕으로 전체 구간에 대한 평균 통행속도를 산정한다. 전체 구간의 평균통행속도와 설정된 서비스수준 기준을 비교하여 전체 구간에 대한 서비스수준을 판정한다. 자세한 분석 절차는 앞에서 제시한 바 있다.

6) 상세한 서비스수준 산정방법

교차로의 상세한 서비스수준 분석이 필요할 경우는 다음과 같이 분석한다.

- i) 분석 구간을 구간과 교차로로 분할함.
- ii) 구간은 다차로도로 서비스수준 분석 방법론 적용
- iii) 교차로는 신호교차로 분석 방법론 적용
- iv) 전체 구간 서비스수준 평가

$$S = \frac{L}{\sum_1^n \frac{L_{1,n}}{S_{1,n}} + \sum_1^n \frac{d_n}{3,600}}$$

여기서,

$$S = \text{평균 통행속도(km/h)}$$

$$L = \text{전체구간 길이(km)}$$

$$S_{1,n} = \text{각 구간별 평균 통행속도(km/h)}$$

$$L_{1,n} = \text{각 구간별 길이(km)}$$

$$d_n = \text{각 교차로별 제어지체(초)}$$

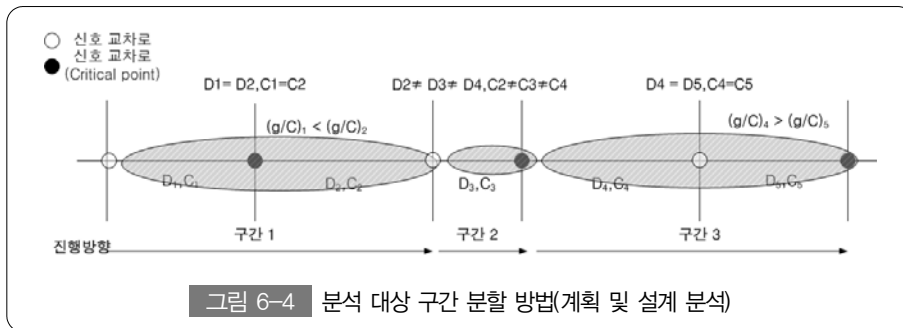
(2) 계획 및 설계 분석

- 가. 다차로도로를 계획 또는 설계할 때 주요 분석 과정은 대상 구간의 개략적인 서비스수준을 분석하는 경우와 적정 차로수를 산정하는 경우로 대별된다.
- 나. 운영 상태 분석과 달리 개략적으로 설정된 도로 및 교통 조건을 토대로 계획 및 설계도로의 서비스수준을 평가한다.

계획 및 설계 단계에서 해당 대상 구간의 서비스수준 분석은 운행 단계에서만큼 상세하지 않으며 해당 계획 또는 설계도로의 개략적인 서비스수준을 평가한다. 분석 대상의 다차로도로는 앞에서 정립한 유형구분에 의해서, 도로 유형(I, II)을 결정한다. 유형 I은 고속도로의 계획 및 설계 분석 과정을 따르며, 유형 II는 다음과 같은 절차를 따른다.

1) 분석 대상 구간 분할

- 분석 대상 구간의 분할 기준은 교통수요가 변하는 지점에서 다음 변하는 지점까지 한 방향의 길이다. 각 분할된 구간은 그 종점의 신호교차로까지를 포함하며, 그 시점의 신호교차로는 이웃 분석 대상 구간에 포함한다(〈그림 6-4〉 참조).
- 각 분할된 대상구간에서 유효 녹색시간비(g/C)가 제일 작은 신호교차로를 임계지점(Critical) 지점으로 선정한다. 임계지점의 용량과 g/C 가 다차로도로의 용량분석과 통행속도 산정하는데 적용한다.



2) 최대 통행속도 산정

- 제한속도, 유출입 밀도, 유효 녹색시간비(g/C), 신호교차로 밀도에 따라 최대 통행속도를 산정한다. 제한속도 70kph인 경우 최대 통행속도는 70kph이다.

$$S = 98.41 + \alpha - 10.94 \times DA - 54.37 \times DS + 59.06 \times g/C \times DS$$

여기서,

S = 최대 통행속도(kph)

α = -7.64 (제한속도 80kph) 또는 0(제한속도 90kph)

DA = 유출입 밀도(개/km)

g/C = 유효 녹색시간 비

DS = 신호교차로 밀도(개/km)

3) 용량 산정과 통행속도 예측

- 각 구간별 용량은 교차부와 단조부로 구분하여 다음과 같은 공식에 의해 산정하며, 통행속도 산정시 교차부 용량을 적용한다.

① 교차로 용량

$$\text{용량(대/시)} = S_i \times N \times F_{HV} \times g/C$$

여기서,

S_i = 포화 교통류율(pcphpl)

N = 차로수(회전차로는 제외)

F_{HV} = 중차량 보정계수(신호교차로편 참조)

g/C = 유효 녹색 시간비

② 단조부 용량

$$\text{용량(대/시)} = S_i \times N \times F_{HV}$$

여기서,

S_i = 2,000(pcphpl)

N = 차로수

F_{HV} = 중차량 보정계수(고속도로 기본구간 편 참조)

- 통행속도 산정은 다음과 같은 공식에 의해 산정한다.

$$S = \frac{S_f}{[1 + 0.51(V/c)^{3.55}]}$$

여기서,

s = 평균 통행속도(km/h)

s_f = 자유속도(km/h)

V = 교통량(대/시)

c = 용량(대/시)

4) 적정 차로수 산정

- 서비스수준을 평가 시 V/c 비와 통행속도를 <표 6-4>와 비교하여 개략적으로 평가한다.
- 목표 서비스수준 및 교통수요에 따른 차로 수를 평가 시 교차부 용량외에 단로부용량도 평가한다. 만약 계획 교통수요에 비해 교차부 용량은 부족하지만, 단로부 용량이 만족할 경우는 단로부용량을 토대로 차로 수를 결정과 함께 교차부 운영개선을 위한 대책을 수립한다.

4 예 제

<예제 1> 다차로도로 일반지형의 서비스수준 평가

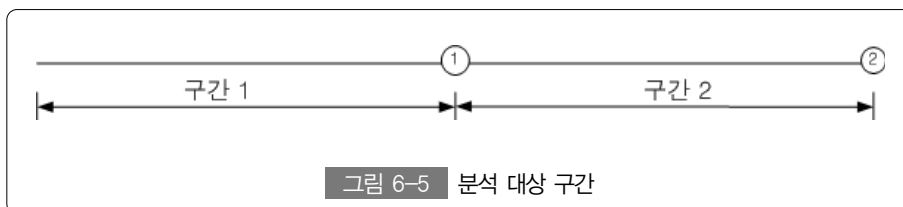
다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 일반국도 5km 구간이 있다. 이 도로에 대한 구간별 자료는 <그림 6-5>에 도시된 것과 같다. 이 도로의 구간별 자료를 바탕으로 속도를 추정하고 구간 및 전체 구간의 서비스수준을 판정하라.

도로 및 교통 조건

- ✓ 설계속도 80kph
- ✓ 양방향 4차로
- ✓ 차로폭 3.5m
- ✓ 측방여유폭 1.5m
- ✓ 첨두시간계수(PHF) 0.95
- ✓ 중차량 구성비 5%

가 정

- ✓ 포장 상태와 기후 조건은 양호한 상태로 가정
- ✓ 시내 방향에 대한 서비스수준만 분석



구간자료

구분 \ 구간	구간 1	구간 2
구간 길이(km)	3.0	2.0
차로 수(양방향)	4	4
구간 교통량(대/시)	1,900	2,500
유출입지점 수(개)	2	3
평면굴곡도(°/km)	6	6
종단경사도(m/km)	2	2

신호교차로 자료

구분 \ 교차로	①	②
신호주기	140	120
g/C	0.75	0.80

〈풀 이〉

1) 도로 유형 결정

분석 대상 구간은 2개의 구간으로 분할되며(〈그림 6-5〉 참조), 2개 구간 모두 신호등 밀도가 0.5개/km 이하인 유형 II에 해당된다.

2) 주어진 도로 조건에서 구간별 승용차의 최대 통행속도(S_{P1})를 산출한다.

$$\begin{aligned}
 S_{P1} &= B_{SP} - F_{WC} - F_B - F_H - F_A \text{ (〈표 6-2〉~〈표 6-5〉)} \\
 &= 87 - 1 - 1 - 1 - 1 = 83\text{kph (구간 1)} \\
 &= 87 - 1 - 1 - 1 - 1 = 83\text{kph (구간 2)}
 \end{aligned}$$

3) 구간별 평균 통행속도(S_{P2} , S_{T2} , S)를 산출한다.

이 예제에서는 교통량이 500vphpl 이상이므로, 교통량 보정을 해야 한다.

$$\begin{aligned}
 S_{P2} &= S_{P1} - F_S - F_V \text{ (〈표 6-6〉~〈표 6-7〉)} \\
 &= 83 - 4 - 5.5 = 73.5\text{kph (구간 1)} \\
 &= 83 - 2 - 9.0 = 72.0\text{kph (구간 2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{T2} &= 80 - F_{WC} - F_H - F_A - F_S - F_V \text{ (〈표 6-2〉, 〈표 6-4〉~〈표 6-7〉)} \\
 &= 80 - 1 - 3 - 1 - 4 - 6.5 = 64.5\text{kph (A구간)} \\
 &= 80 - 1 - 3 - 1 - 2 - 9.5 = 63.5\text{kph (B구간)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= (1-p) \times S_{P2} + p \times S_{T2} \\
 &= (1-0.05) \times 73.5 + 0.05 \times 64.5 = 73.1\text{kph (구간 1)} \\
 &= (1-0.05) \times 72.0 + 0.05 \times 63.5 = 72.1\text{kph (구간 2)}
 \end{aligned}$$

4) 서비스수준을 판정한다.(〈표 6-8〉)

전체 구간 서비스수준 기준 판정 : 서비스수준별 평균 통행속도 기준을 계산

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{L}{\sum_{n=1}^n \frac{L_n}{S_{n,i}}} \text{에서} \\
 S &= \frac{7}{\left(\frac{3.0}{73.1} + \frac{2.0}{72.1}\right)} = 72\text{kph}
 \end{aligned}$$

- 전체 구간 서비스수준 기준 판정 : 이 속도를 앞의 전체 구간 서비스수준 기준과 비교하면 분석 대상 전체 구간의 서비스수준은 D이다.

〈예제 2〉 설계 시 차로 수 결정

다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 지방지역 일반국도 확장 설계를 하고자 한다. 이 도로의 운영 상태를 D로 유지하려면 몇 차로로 설계해야 하는가?

도로 및 교통 조건

✓ 설계속도 80kph	✓ 첨두시간계수(<i>PHF</i>) 0.95
✓ 차로폭 3.5m	✓ 중방향 설계시간교통량 (<i>DDHV</i>) 3,000대/방향
✓ 측방여유폭 1.5m	✓ 중차량 구성비 15%
✓ 지형은 평지	✓ 신호등 밀도 0.5개/km
	✓ 신호교차로 g/C : 0.6

가 정

- ✓ 포장 상태와 기후 조건은 양호한 상태로 가정

〈표 이〉 고속도로 기본구간의 차로수 산정 방법에 따라 산정한다.

1) 설계시간 교통량을 첨두시간계수로 보정한다.

$$PDDHV = \frac{DDHV}{PHF} = 3,000/0.95 = 3,158\text{vph}$$

2) 다차로도로 유형 결정 및 최대 서비스 교통량을 계산한다(〈표 6-1〉, 〈표 6-9〉 참조).

✓ 다차로도로 유형은 유형 II

✓ 최대 서비스 교통량 계산

(가) 임계 신호교차로 용량 : $MSF_D(g/C = 0.6) = 1,100\text{pcphpl}$

(나) 구간 용량 : $MSF_D(\text{설계속도 } 80\text{kph}) = 1,500\text{pcphpl}$

3) 보정계수의 값을 찾는다.

✓ 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(f_W , 〈표 6-2〉 참조)

✓ 중차량 보정계수(f_{HV} , 〈표 2-3〉 및 〈표 2-4〉참조)

$$f_W = 1.0, E_{T1} = 1.5$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{T1}(E_{T1} - 1)P_{T2}(E_{T2} - 1)} = 0.93$$

4) 공급 서비스 교통량(SF_i)을 산정한다.

(가) 임계 신호교차로 용량

$$SF_i = MSF_i \times f_W \times f_{HV}$$

$$SF_D = 1,100 \times 1 \times 0.93 = 1,023\text{vphpl}$$

(나) 구간 용량

$$SF_i = MSF_i \times f_W \times f_{HV}$$

$$SF_D = 1,500 \times 1 \times 0.93 = 1,395\text{vphpl}$$

5) 차로 수(N)를 결정한다.

(가) 임계 신호교차로 용량

$$N = \frac{PDDHV}{SF_i} = 3,158/1,023 = 3.08 \text{ 차로/방향}$$

(나) 구간 용량

$$N = \frac{PDDHV}{SF_i} = 3,158/1,395 = 2.26 \text{ 차로/방향}$$

☞ 설계 서비스수준이 D인 점을 고려하면, 구간은 편도 3차로가 필요하며, 신호교차로 부근은 4차로가 필요하다.

만약 신호운영 변경에 의해 g/C를 0.8로 할 경우, 임계 신호교차로 용량과 차로 수는 다음과 같다.

$$SF_i = MSF_i \times f_W \times f_{HV}$$

$$SF_D = 1,500 \times 1 \times 0.93 = 1,395 \text{ vphpl}$$

$$N = \frac{PDDHV}{SF_i} = 3,158/1,395 = 2.26 \text{ 차로/방향}$$

따라서 g/C를 변경할 수 없는 경우 신호교차로부근은 4차로, 구간은 3차로이면 서비스수준 D를 유지할 수 있다. g/C 0.6 초과하여 신호운영 가능할 경우 구간과 동일하게 차로 수 3차로이면 서비스수준 D를 유지할 수 있다.

〈예제 3〉 설계 단계에서 서비스수준 및 용량 검토

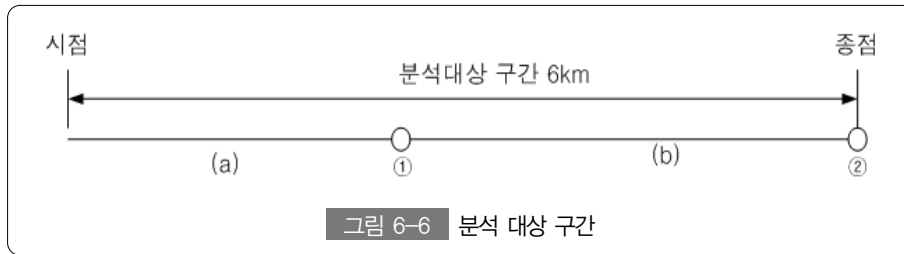
다음과 같은 도로 및 교통 조건을 갖는 지방부 중소도시를 우회하는 왕복 4차로 일반도로 6km를 신설 설계 중에 있다. 이 도로에 대한 구간별 자료는 〈그림 6-6〉에 도시된 것과 같다. 서비스수준과 용량 측면에서 이 도로의 문제점을 분석하고 개선 대안을 검토해 보라.

도로 및 교통 조건

- ✓ 설계속도 80kph
- ✓ 양방향 4차로
- ✓ 차로폭 3.5m, 측방여유폭 1.5m
- ✓ 지형은 평지
- ✓ 침투시간계수(PHF) 0.95
- ✓ 중차량 구성비 5%

가 정

- ✓ 포장 상태와 기후 조건은 양호한 상태로 가정



구간 자료(양방향 동일)

구분 \ 구간	(a)	(b)
구간 길이(km)	2.0	4.0
차로 수(양방향)	4	4
중방향 설계시간교통량(DDHV)	2,300(대/방향)	2,200(대/방향)
유출입지점수(개)	4	5

신호운영 자료

구분 \ 교차로	①	②
C(초)	120	120
g/C	0.7	0.8
판정	임계 교차로(Critical Point)	

〈풀 이〉

1) 분석 대상 구간 분할

분석 대상 구간 6km에 대한 구간 분할 결과, 교통수요가 변화가 크지 않기 때문에 한 개의 구간으로 구분하였으며, 유형 II로 구분된다.

2) 설계시간 교통량을 첨두시간계로 보정한다.

$$PDDHV = \frac{DDHV}{PHF} = 2,200/0.95 = 2,315\text{vph}$$

$$PDDHV = \frac{DDHV}{PHF} = 2,300/0.95 = 2,421\text{vph(적용)}$$

3) 최대 통행속도 산정한다.

$$\begin{aligned}
 S &= 98.41 + \alpha - 10.94 \times DA - 54.37 \times DS + 59.06 \times g/C \times DS \\
 &= 98.41 - 7.64 - 10.94 \times 1.5 - 54.37 \times 0.33 + 59.06 \times 0.7 \times 0.33 \\
 &= 70 \text{ km/h}
 \end{aligned}$$

4) 용량 산정과 통행속도 예측한다.

① 교차로 용량

$$\begin{aligned}
 SF_i &= MSF_i \times N \times f_{HV} \times g/C \\
 &= 2,200 \times 2 \times 0.98 \times 0.7 \\
 &= 3,018 (\text{대/시})
 \end{aligned}$$

② 단로부 용량

$$\begin{aligned}
 SF_i &= MSF_i \times N \times f_{HV} \\
 &= 2,000 \times 2 \times 0.98 \\
 &= 3,920 (\text{대/시})
 \end{aligned}$$

③ 통행속도 산정

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{S_f}{\left[1 + 0.51 \left(\frac{V/c}{70}\right)^{3.55}\right]} \\
 &= \frac{S_f}{\left[1 + 0.51 (2,421/3,018)^{3.55}\right]} \\
 &= 57 \text{ km/h}
 \end{aligned}$$

5) 서비스수준을 판정한다.(<표 6-9>)

서비스수준 D

6) 개선 방안을 검토한다.

- 교차로간 구간 용량과 교차로 용량은 구간 수요를 처리할 수 있다.
- 임계 교차로 : 구간 용량에 비해 임계 교차로의 용량은 23%가 감소되었기 때문에 교차로 접근부의 차로 수 증설하거나 신호운영 개선(g/C비율 0.8이상 등) 대안을 검토할 필요가 있다.
- 각 설계 대안별 용량 확보 수준과 서비스수준(평균 통행속도) 변화 및 소요 예산을 검토하여 최적의 대안을 찾는다.

〈부록 A〉 부호 정의

- B_{SP} = 기본 조건에서 승용차의 최대 통행속도(kph)
- S_{P1} = 주어진 도로 조건에 대한 승용차의 최대 통행속도(kph)
- S_{P2} = 주어진 도로 및 교통 조건에 대한 승용차의 평균 통행속도(kph)
- S_{T2} = 주어진 도로 및 교통 조건에 대한 중차량의 평균 통행속도(kph)
- S = 평균 통행속도(kph)
- B = 평면선형 굴곡도($^{\circ}$ /km)
- H = 종단선형 경사도(m/km)
- F_{WC} = 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(kph)
- F_B = 평면선형 보정계수(kph)
- F_H = 종단선형 보정계수(kph)
- F_A = 유출입 지점수 보정계수(kph)
- F_S = 차종별 신호등 밀도에 따른 신호등 보정계수(kph)
- F_V = 차종별 신호등 밀도에 따른 교통량 보정계수(kph)

〈부록 B〉 2001년 도로용량편람과 개정 편람과의 차이점

구 분	2001 편람	2013 편람
분석대상	- 신호교차로 간격 1km 이상인 다차로 도로 - 단속류와 연속류 혼재 - 설계속도, 신호등 밀도, 기본 조건의 최대 평균통행 속도에 따라 3개의 도로 유형으로 구분	- 신호교차로 간격 2km 이상인 다차로 도로 - 단속류와 연속류 혼재 - 설계속도, 신호등 밀도, 기본 조건의 최대 평균통행 속도에 따라 2개의 도로 유형으로 구분
주 요 보정계수	- 속도 보정 : 차로폭 및 측방여유폭, 도로 선형(평면, 종단), 유출입 지점수, 신호등, 교통량 등	- 속도 보정 : 신호등 밀도 변경에 따른 각 보정계수 재정립
주 요 효과척도	- 평균통행속도(신호등 지체 고려)	- 평균 통행속도(신호등 지체 고려)이외에 V/c 추가
용 량	- 유형 I : 2,000pcphpl - 유형 II, III : 신호교차로 용량 제약	- 유형 I : 설계속도 100kph인 경우 2,200pcphpl, 설계속도 80kph인 경우 2,000pcphpl - 유형 II : g/C비에 따라 용량 제시
서 비 스 수 준	- 도로 유형과 신호등 밀도별 서비스수준 기준 - 연속류, 단속류 모두 고려	- 도로 유형과 g/C별 서비스수준 기준 - 연속류, 단속류 모두 고려 - 계획 및 설계 분석에 대한 개략적인 서비스수준 분석 절차 제시

제7장 | 2차로도로

2013 도로용량편람

1. 서 론
2. 일반적인 고려사항
3. 서비스수준 평가
4. 예 제

1 서론

(1) 정의 및 개요

2차로도로는 중앙선을 기준으로 하여 각 방향별로 한 차로씩 차량이 운행되는 도로를 말한다. 2차로도로에서는 고속 차량이 저속 차량에 의해 통행이 지연되는 경우, 대향차로를 이용할 수 있는 시거와 대향 차량과의 간격이 확보되어야만 앞지르기를 할 수 있으므로, 단순히 옆 차로를 이용해서 앞지르기할 수 있는 다차로도로보다 교통량 처리 능력이 상당히 떨어진다.

이 같은 문제를 일정부분 해소하기 위하여 기존 2차로도로의 특정구간에 방향별 1회 이상의 앞지르기 가능한 차로(이하, 앞지르기차로)를 설치할 수 있는데, 이를 2+1차로도로라고 한다. 2+1차로도로는 진행방향 본선의 좌측(중앙분리대측)에 1개의 차로를 추가로 설치하여 주행차로가 2개 차로가 되는 것이 특징이다.

연속류 혹은 단속류와 혼재된 도로로 운영되는 2차로도로에서는 고속 차량이 저속 차량을 앞지르기 하고 싶어도, 대향차로를 이용해서 앞지르기를 해야 하므로 대향차로에 차량이 있을 때에는 앞지르기를 할 수 없어 앞 차량을 뒤따르는 차량군을 형성하게 된다.

따라서, 2차로도로에서는 적절한 시기에 고속차량이 저속 차량을 앞지르기하여, 긴 차량군이 형성 되지 않도록 다음과 같은 시설배치가 필요하다. 즉, 2차로도로의 효율적인 운영을 위해서는 오르막 차로와 양보차로, 턴아웃(turnout), 2+1차로도로 구간과 회전 차량을 위한 회전차로를 적절하게 배치하여 도로의 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

2차로도로를 분석하는 과정은 계획 및 설계분석과 운행상태 분석으로 구분된다. 계획 및 설계분석은 도로망 계획 시에 다양한 지형과 서비스수준에 따른 계획 교통량을 이용하여 2차로도로의 서비스수준을 추정하는데 적용한다.

운행상태 분석은 일반지형(특정경사 포함)과 2+1차로도로에 대한 서비스수준 판단 및 계획 교통량의 서비스수준 결정과 각 서비스수준에서 2차로도로가 수용할 수 있는 최대 교통량을 산출하는데 이용한다.

2차로도로에서는 2.5톤 미만의 소형중차량을 승용차에 포함하여 적용하며, 중형 및 대형 중차량을 중차량으로 정의한다.

(2) 용어 정의

- 총지체율(TDR, Total Delay Rate) : 일정구간을 주행하는 차량군 내에서 차량이 평균적으로 지체하는 비율.
- 총중량/엔진성능 : 트럭의 엔진성능에 대한 총중량의 비(kg/kw).

2 일반적인 고려사항

(1) 도로의 구분

2차로도로는 설계속도에 따라서 다음과 같은 세 가지 유형으로 분류 할 수 있다.

- 1) 유형 I : 연속 교통류 특징을 가지고 있는 2차로도로
- 2) 유형 II : 기본적으로 연속류 구간에 단속류 특징이 가미된 2차로도로
- 3) 유형 III : 도로주변이 개발된 지역으로서 접근성을 강조하는 단속 교통류 특징을 가지고 있는 2차로도로

2차로도로는 도로·교통 여건에 따라 세 가지 유형으로 분류한다. 우리나라 2차로도로 중에서 일반적으로 유형 I은 주로 고속도로와 같은 고규격도로, 유형 II는 주로 신호 교차로 간격이 2km 이상인 일반도로, 유형 III은 신호 교차로 간격이 2km 미만인 일반도로가 해당된다.

(2) 기본 조건

2차로도로의 기본 조건은 도로 기하구조, 교통 여건 그리고 주변 환경이 차량의 주행에 지장을 주지않는 다음과 같은 조건에 해당한다.

- 차로폭 : 3.5m 이상
- 측방여유폭 : 1.5m 이상
- 앞지르기가능구간이 100%인 도로
- 승용차만으로 구성된 교통류
- 교통 통제 또는 회전 차량으로 인하여 직진 차량이 방해받지 않는 도로
- 평지

2차로도로는 진행 차량과 대향 차량이 중앙선을 사이에 두고 동시에 주행하는 독특한 운행 특성 때문에, 대향차로의 상황에 따라 앞지르기 여부가 결정된다.

2차로도로의 앞지르기 가능구간 비율은 도로설계 조건과 예상되는 교통 조건에 따라 결정된다. 앞지르기가능구간은 앞지르기가능 표시가 되어있는 구간이나 앞지르기시거가 450m이상인 도로 구간을 말한다. 2차로도로 앞지르기가능구간의 일반적인 범위는 평지에서 시거가 좋은 구간이 100%에 가깝고, 평면곡선이 불량한 산지부 도로는 거의 0%에 가깝다.

(3) 지형구분

2차로도로의 지형은 일반지형과 특정 경사구간으로 구분한다.

1) 일반지형

- ① 평지 : 평면선형과 종단선형의 어떠한 조합에서도 중차량이 승용차와 거의 동일한 속도를 유지할 수 있는 곳이다. 이 구간에는 일반적으로 0% 이상 2%미만의 종단경사 구간을 포함한다.
- ② 구릉지 : 평면선형과 종단선형의 다양한 조합으로 인하여 중차량의 속도가 승용차의 속도보다 다소 떨어지는 곳이다. 이 지형에서는 중차량이 드물게 오르막 한계속도로 주행하기도 한다. 이 구간은 일반적으로 2% 이상 5% 미만의 종단경사구간을 포함한다.

2) 특정경사구간

종단경사가 3% 이상이고, 경사길이가 500m 이상인 경사구간을 말하며, 평면선형과 종단선형의 다양한 조합으로 인하여 중차량의 속도가 승용차의 속도보다 구릉지 이상으로 떨어지는 산지를 포함한다. 산지구간은 중차량이 자주 오르막 한계속도로 주행한다. 이 구간은 일반적으로 5% 이상의 종단경사구간을 포함한다.

2차로도로는 지형의 일반적인 형태에 따라 평지, 구릉지, 산지로 구분할 수 있으며, 구릉지와 산지 중에서 종단경사가 3% 이상이고, 경사길이가 500m 이상인 경사구간을 특정경사구간으로 정의한다.

(4) 효과척도

서비스수준을 판별하는 기준을 효과척도라 하며, 2차로도로를 운행하는 운전자에게 제공할 수 있는 서비스 수준을 나타내는 지표로 “총지체율”과 “평균 통행속도”를 사용한다.

1) 총지체율의 정의

2차로도로에서는 차량들이 도로를 운행하는 동안 저속 차량으로 인하여 차량군이 형성되며, 차량군 내의 차량들은 운행이 자유롭지 못하여 지체하게 된다. 총지체율이란, 일정구간을 주행하는 차량군 내에서 차량이 평균적으로 지체하는 비율을 말한다. 다시 말해서, 총지체율이란 운전자가 희망하는 속도에 대한 지체정도를 표현하는 척도이다. 교통량이 적을 때에는 차량들은 거의 지체되지 않으며, 평균 차두간격도 커지므로 앞지르기 가능성이 높아진다. 교통량이 적은 조건에서 총지체율은 낮지만, 용량에 가까워질수록 앞지르기기회가 줄어들어 거의 모든 차량들이 차량군을 형성하게 되고 총지체율은 높아진다. (식 7-1)은 현장자료를 사용하여 총지체율을 산정하는 식이며, (식 7-2)는 이론적 식을 이용하여 총지체율을 산정하는 것이다. 현장관측이 어려울 경우 이론적 식을 적용하여 총지체율을 산정한다.

$$TDR = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{TT_{ai} - TT_d}{TT_{ai}} \right)}{n} \quad (\text{식 7-1})$$

여기서,

TDR = 총지체율(%)
 TT_{ai} = 실제 통행시간
 TT_d = 희망 통행시간
 n = 교통량(대)

$$TDR = 100 \times (1 - e^{(a \times V_d^b)}) \quad (\text{식 7-2})$$

여기서,

TDR = 총지체율(%)
 V_d = 진행방향 교통량(승용차/시)
 a, b = 매개변수 값(〈표 7-1〉 참조)

〈표 7-1〉 총지체율 산정 모델의 매개변수 값(a, b)

대향 교통량 (승용차/시)	변수	매개변수 값
≤ 200	a	-0.0008
	b	0.8650
≤ 400	a	-0.0010
	b	0.8397
≤ 600	a	-0.0016
	b	0.7934
≤ 1,000	a	-0.0020
	b	0.7754
> 1,000	a	-0.0040
	b	0.6856

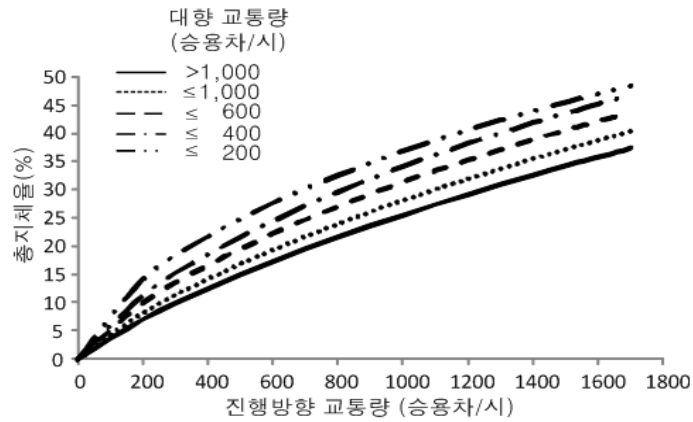


그림 7-1 교통량과 총지체율의 관계

〈그림 7-1〉은 2차로도로의 총지체율과 교통량의 일반적인 관계를 나타내며, 대향 교통량 수준별로 진행방향의 교통량이 증감함에 따라 곡선에 가까운 형태로 변화한다.

2) 평균 통행속도 정의

평균 통행속도는 주어진 도로·교통 조건에서 일정구간을 주행하는 차량의 평균 속도를 말한다. 이상 조건을 가지는 2차로도로에 대해 자유속도 100km/h~60km/h로 4개 유형으로 구분하였으며, 〈그림 7-2〉는 교통량의 속도와의 관계를 나타낸다.

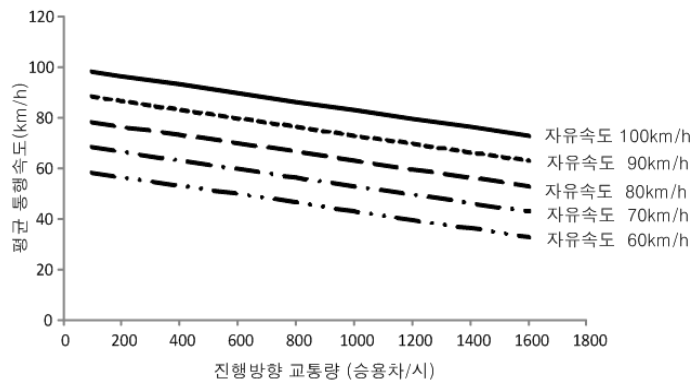


그림 7-2 자유속도 수준 별 교통량-속도 관계 예

(5) 용량 및 서비스수준

- 1) 용량 : 용량이란 주어진 도로 조건에서, 15분 동안 최대로 통과 할 수 있는 승용차 교통량을 1시간 단위로 환산한 값이다.
- 2) 서비스수준 : 서비스수준이란 도로를 이용하는 차량의 운행상태의 질을 나타내는 기준이다.

1) 용량

용량은 주어진 도로 조건에서 최대로 관측할 수 있는, 15분 동안의 승용차 교통량을 1시간 단위로 환산한 값이며, 기존 시설을 평가하거나 장래 시설의 계획 및 설계에 이용된다.

2차로도로 기본 조건에서 도로 용량은 3,200승용차/시/양방향(pcpH)이며 방향별 최대 1,700pcpH이다. 2차로도로에서는 대향차로의 차량이 진행 차량의 교통류에 영향을 미치므로, 2차로도로의 용량은 다차로도로 2개 차로의 용량보다 작다. 용량을 표시할 때는 양방향 교통량으로 나타내는 점도 다차로도로와 다르다.

2) 서비스수준

도로를 운행하는 차량의 운행상태를 나타내는 서비스수준은 A~F까지 모두 여섯 단계로 구분된다. 2차로도로의 서비스수준을 나타내는 효과적도는 총지체율이며, 교통량에 따른 각 서비스수준은 <표 7-2>와 같다.

<표 7-2> 서비스수준

구 분		도로유형 Ⅰ			교통량(pcpH)	도로유형 Ⅱ		
LOS	총지체율(%)	통행속도(kph)				총지체율(%)	통행속도(kph)	
		100	90	80			70	60
A	≤ 11	≥ 95	≥ 85	≥ 75	≤ 650	≤ 15	≥ 65	≥ 55
B	≤ 21	≥ 85	≥ 75	≥ 65	≤ 1,300	≤ 25	≥ 55	≥ 45
C	≤ 30	≥ 80	≥ 70	≥ 60	≤ 1,900	≤ 40	≥ 45	≥ 40
D	≤ 39	≥ 75	≥ 65	≥ 55	≤ 2,600	≤ 50	≥ 40	≥ 30
E	≤ 48	≥ 70	≥ 60	≥ 50	≤ 3,200	≤ 60	≥ 35	≥ 25
F	> 48	< 70	< 60	< 50	—	> 60	< 35	< 25

각 서비스수준에서의 교통은행 특성은 다음과 같다.

(가) 서비스수준 A

서비스수준 A는 교통류의 질이 가장 좋은 상태이며, 교통량이 적어 앞지르기에 문제가 거의 없고, 3대 이상으로 이루어지는 차량군은 거의 관찰되지 않는다. 총지체율은 유형 I에서 11%, 유형 II에서 15% 이하이다. 기본 조건에서 양방향 최대 통과 교통량은 도로유형에 관계없이 650pcph이다.

(나) 서비스수준 B

서비스수준 B는 앞지르기수요가 점점 많아져 서비스수준 B의 최저 경계에서 앞지르기용량과 앞지르기 수요는 거의 비슷하며, 총지체율은 유형 I에서 21%, 유형 II에서 25%정도이다. 기본 조건에서 양방향 최대 통과 교통량은 1,300pcph이다.

(다) 서비스수준 C

서비스수준 C에서는 차량군의 형성, 차량군의 크기, 앞지르기 방해의 빈도 등이 상당히 증가한다. 앞지르기수요가 앞지르기용량을 초과한다. 교통량이 아주 많은 상태에서는 차량군이 대형차량으로 인한 혼잡이 발생되기 쉽다. 총지체율은 유형 I에서 30%, 유형 II에서 40%정도이다. 기본 조건에서 양방향 최대 통과 교통량은 1,900pcph이다.

(라) 서비스수준 D

서비스수준 D에서 교통류는 불안정하여, 양방향 모두 교통량이 많아져서 앞지르기하기가 매우 힘들다. 이 때는 앞지르기수요가 매우 높으나 앞지르기용량은 거의 0이 된다. 차량군의 평균길이는 5~10대이다. 앞지르기금지구간의 비율은 앞지르기에 거의 영향을 주지 않으며, 회전 차량 또는 도로 주변의 혼란은 교통류에 충격파를 주게 된다. 총지체율은 유형 I에서 39%, 유형 II에서 50%정도이다. 기본 조건에서 양방향 최대 통과 교통량은 2,600pcph이다.

(마) 서비스수준 E

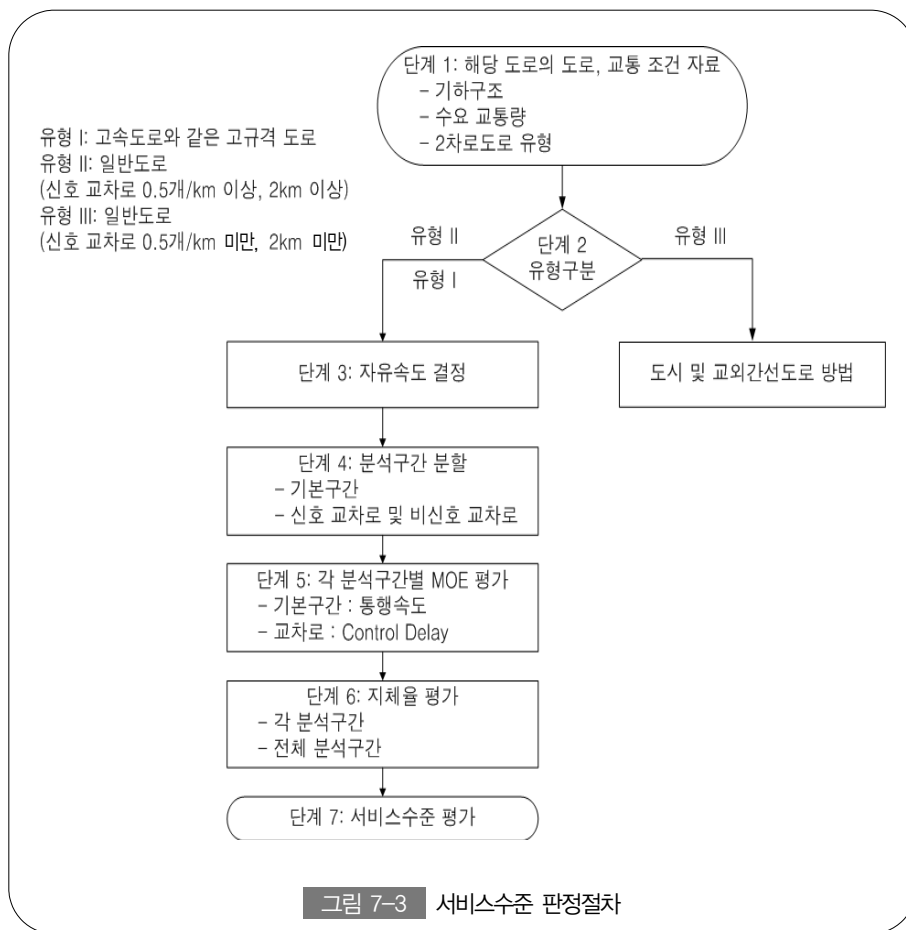
서비스수준 E에서는 용량상태가 발생하며, 총지체율은 유형 I에서 48%, 유형 II에서 60% 정도이다. 서비스수준 E에서는 실질적으로 앞지르기가 불가능하므로, 저속 차량이나 기타 방해 요소가 생기면 차량군은 더욱 더 길어진다. 서비스수준 E에서 통과시킬 수 있는 최대 통과 교통량을 그 도로의 용량으로 정의한다. 기본 조건에서 2차로도로의 용량은 3,200pcph이다.

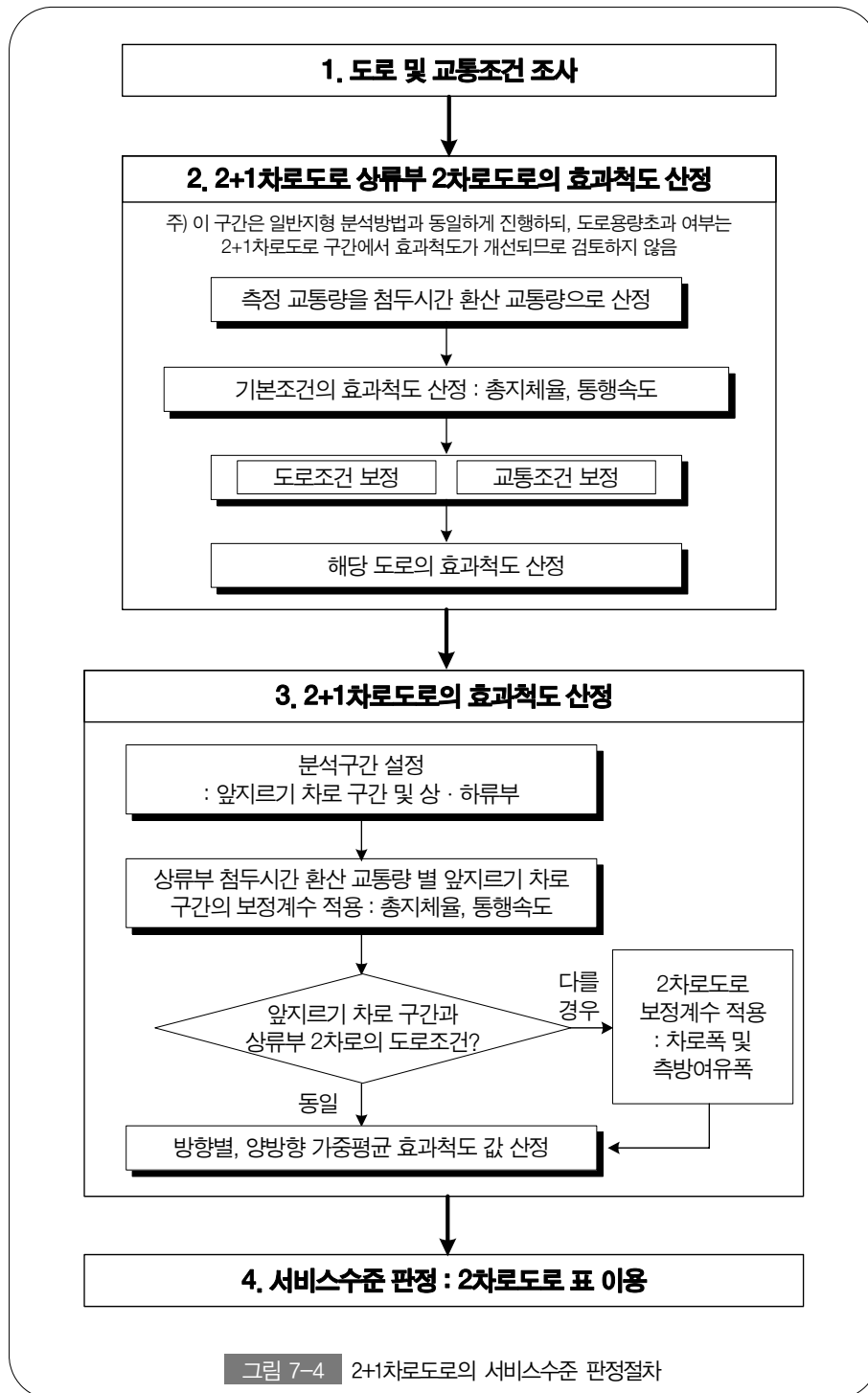
(바) 서비스수준 F

서비스수준 F는 수요 교통량이 용량을 초과하는 혼잡한 상태의 교통 흐름을 의미하고, 이 때의 총지체율은 유형 I에서 48%를, 유형 II에서는 60%를 초과하게 된다. 이 때의 통과교통량은 용량보다 작고, 평균 통행속도도 임계속도보다 작다. 서비스수준 E에서 교통류 내에 유입 교통량이 증가하면, 서비스수준 F로 변한다.

3 서비스수준 평가

서비스수준을 산정하기 위해서 도로의 유형을 구분하고, 첨두시간 환산 교통량을 산출한 뒤 기본 조건에서의 총지체율과 평균 통행속도를 산출하여 각종 총지체율과 평균 통행속도 보정계수를 적용하게 된다. 2차로도로는 <그림 7-3>의 과정을, 2+1차로도로는 <그림 7-4>의 과정을 거쳐 해당도로의 서비스 수준을 분석한다.





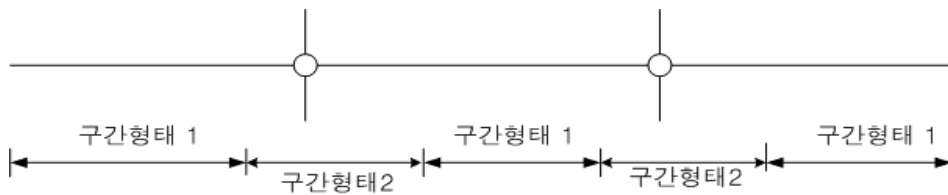
(1) 운영상태 분석 절차

단계 1 : 2차로도로 유형구분(I, II, III) 및 자유속도 결정

- I : 연속류 특징을 가지고 있는 2차로도로(고규격 고속도로)
 II : 도로주변이 개발이 미비하며, 연속류와 단속류 특징이 혼재된 포함된 2차로도로
 (주요특징은 신호교차로 간격이 2km 이상)
 III : 도로주변이 개발되었으며, 단속류 특징을 가지고 있는 2차로도로
 (주요특징은 신호교차로 간격이 2km 미만) -도시 및 교외간선도로 분석 방법론 적용

단계 2 : 구간 분할

- 분석 대상구간 분할방법



- ① 구간형태 1 : 2차로도로 기본 구간으로서, 신호 교차로의 영향을 미치지 않는 구간
 ② 구간형태 2 : 신호교차로의 영향을 받는 구간으로서, 구간 길이는 제어지체의 세 가지 요소
 (감속지체, 정지지체, 가속지체)를 포함하는 구간

- 구간형태 2(신호교차로 영향권 길이)의 길이 산정

$$ESL = 242 + 74 \times (V_d/100) - 102 \times (LB) - 70 \times [(V_d/100) \times (g/C)] + 152 \times [(V_d/100) \times L \times DIS] \quad (\text{식 7-3})$$

여기서,

ESL = 신호교차로 상류부 영향권 길이(m)

V_d = 진행방향 교통량(승용차/시)

LB = 좌회전 전용차로 유무(유 = 1, 무 = 0)

g/C = 유효 녹색시간비

L = 진행방향 교통량 좌회전 비율

DIS = 진행방향 교통량 분포 비율

- ① 신호교차로 영향을 받은 하류부 영향권 길이 : 100m
 ② 구간형태 2의 길이 = 상류부 영향권 길이(m) + 100m

단계 3 : 각 구간형태와 각 분석대상 구간별 MOE 평가

- 구간형태 1

① 교통류를 환산

$$V_p = \frac{V}{PHF \times f_{HV}}, f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} \quad (\text{식 7-4})$$

여기서,

V_p = 교통류율(승용차/시)

V = 교통량(대/시)

PHF = 첨두시간 계수(〈표 7-3〉)

E_T = 통행속도 중차량보정계수(〈표 7-4〉, 〈표 7-5〉, 〈표 7-8〉)

총지체율 중차량보정계수(〈표 7-6〉, 〈표 7-7〉, 〈표 7-9〉)

② 용량확인

일방향 교통량이 1,700pcphpl, 양방향 교통량 3,200pcph를 초과하지 않는 경우 분석절차 진행

③ 총지체율 산정

$$TDR_{1,i} = 100 \times (1 - e^{-(a \times V_d^a)}) + f_{np,D} + f_{w,D} \quad (\text{식 7-5})$$

여기서,

$TDR_{1,i}$ = 구간형태 1의 i 구간 총지체율(%)

V_d = 진행방향 교통량(승용차/시)

$f_{np,D}$ = 방향별 분포 비율과 앞지르기 가능구간 비율에 따른 총지체율 보정계수(%) (〈표 7-13〉)

$f_{w,D}$ = 차로 폭 및 측방여유폭 총지체율 보정계수(%) (〈표 7-10〉)

④ 통행속도 산정

$$ATS_{1,i} = FFS - 0.0132 \times V_d - 0.0037 \times V_o - f_{np,ATS} - f_{w,ATS} \quad (\text{식 7-6})$$

여기서,

$ATS_{1,i}$ = 구간형태 1의 i 구간 평균 통행속도(km/h)

FFS = 자유속도(km/h)

V_d = 진행방향 교통량(승용차/시)

V_o = 대향교통량(승용차/시)

$f_{np,ATS}$ = 방향별 분포 비율과 앞지르기 가능구간 비율에 따른 통행속도 보정계수(km/h)
(〈표 7-12〉)

$f_{w,ATS}$ = 차로 폭 및 측방여유폭 통행속도 보정계수(%) (〈표 7-11〉)

- 구간형태 2

① 교통류율 환산

$$V_p = \frac{V}{PHF \times f_{HV}}, f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} \quad (\text{식 7-7})$$

여기서,

 V_p = 교통류율(승용차/시) V = 교통량(대/시)

PHF = 침두시간 계수

 E_T = 중차량보정계수(신호교차로 편 적용)

② 제어지체 산정

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (\text{식 7-8})$$

여기서,

 d = 차량당 평균제어지체(초/대) d_1 = 균일 제어지체(초/대) PF = 신호연동에 의한 연동보정계수 d_2 = 임의도착과 과포화를 나타내는 증분지체로서, 분석기간 바로 앞 주기 끝에 잔여 차량이 없을 경우(초/대) d_3 = 분석기간 이전의 잔여 대기차량에 의해 분석기간에 도착하는 차량이 받는 추가지체(초/대)

③ 통행속도 산정

$$ATS_{2,i} = \frac{3.6 \times L_{2,i}}{(d + 3.6 \times L_{2,i} / FFS_{up})} \quad (\text{식 7-9})$$

여기서,

 $ATS_{2,i}$ = 구간형태 2의 i 구간 통행속도(km/h) $L_{2,i}$ = 구간형태 2(신호교차로 영향권)의 i 구간 길이(m) FFS_{up} = 상류부 자유속도(km/h)

④ 총지체율 산정

$$TDR_{2,i} = \frac{d}{((3.6 \times L_{2,i}) / FFS)} \quad (\text{식 7-10})$$

여기서,

$TDR_{2,i}$ = 구간형태 2의 i 구간 총지체율(%)

d = 제어지체(초/대)

단계 4 전체구간에 대한 통행속도와 지체율 평가

$$ATS_{\text{전체구간}} = \frac{L}{\sum_i \frac{L_{1,i}}{ATS_{1,i}} + \sum_j \frac{L_{2,j}}{ATS_{2,j}}} \quad (\text{식 7-11})$$

여기서,

$ATS_{\text{전체구간}}$ = 전체구간 통행속도(km/h)

$ATS_{1,i}$ = 구간형태 1의 i 구간 통행속도(km/h)

$ATS_{2,i}$ = 구간형태 2의 i 구간 통행속도(km/h)

L = 전체구간 길이(km)

$L_{1,i}$ = 구간형태 1의 i 구간 길이(km)

$L_{2,i}$ = 구간형태 2의 i 구간 길이(km)

$$TDR_{\text{전체구간}} = \sum_i TDR_{1,i} \times \frac{L_{1,i}}{L} + \sum_j TDR_{2,j} \times \frac{L_{2,i}}{L} \quad (\text{식 7-12})$$

여기서,

$TDR_{\text{전체구간}}$ = 전체구간 총지체율(%)

$TDR_{1,i}$ = 구간형태 1의 i 구간 총지체율(%)

$TDR_{2,i}$ = 구간형태 2의 i 구간 총지체율(%)

〈표 7-3〉 2차로도로의 일반적인 첨두시간 계수(PHF)

교통량 (승용차/시/양방향)	첨두시간계수	교통량 (승용차/시/양방향)	첨두시간계수
≤ 200	0.80	$\leq 1,600$	0.93
≤ 400	0.83	$\leq 1,800$	0.94
≤ 600	0.86	$\leq 2,000$	0.95
≤ 800	0.88	$\leq 2,200$	0.95
$\leq 1,000$	0.90	$\leq 2,400$	0.96
$\leq 1,200$	0.91	$> 2,400$	0.96
$\leq 1,400$	0.92		

서비스 수준	A	B	C	D	E
첨두시간 계수	0.86	0.92	0.95	0.96	1.00

주) 첨두시간 계수는 현장에서 측정하는 것이 바람직하고, 본 표는 일반적인 값이므로 제한적으로 사용하여야 함

〈표 7-4〉 진행방향 교통량 수준에 따른 평지구간 중차량 보정계수(통행속도, E_T)

진행방향 교통량(대/시)	중차량 보정계수
100	4.1
200	3.7
300	3.2
400	2.7
500	2.3
600	1.8
700	1.3
800	1.0
900	1.0
1,000	1.0

〈표 7-5〉 진행방향 교통량 수준에 따른 구릉지 구간 중차량 보정계수(통행속도, E_T)

진행방향 교통량(대/시)	중차량 보정계수
100	6.6
200	5.9
300	5.2
400	4.5
500	3.8
600	3.1
700	2.5
800	1.8
900	1.1
1,000	1.0

〈표 7-6〉 진행방향 교통량 수준에 따른 평지구간 중차량 보정계수(총지체율, E_T)

진행방향 교통량(대/시)	중차량 보정계수
100	2.6
200	2.3
300	2.1
400	1.9
500	1.6
600	1.4
700	1.2
800	1.0
900	1.0
1,000	1.0

〈표 7-7〉 진행방향 교통량 수준에 따른 구릉지 구간 중차량 보정계수(총지체율, E_T)

진행방향 교통량(대/시)	중차량 보정계수
100	3.7
200	3.3
300	3.0
400	2.6
500	2.3
600	2.0
700	1.6
800	1.3
900	1.0
1,000	1.0

〈표 7-8〉 특정경사구간의 승용차 환산계수(통행속도, E_T)

특정경사 구배	특정경사 구간길이(m)	진행방향 교통량(대/시)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	≥1000
0.03	400	2.9	2.2	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	800	3.4	2.7	1.9	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	1,200	3.9	3.1	2.4	1.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	1,600	4.4	3.6	2.9	2.2	1.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	2,400	5.3	4.6	3.8	3.1	2.4	1.6	1.0	1.0	1.0	1.0
	3,200	6.3	5.5	4.8	4.0	3.3	2.6	1.8	1.1	1.0	1.0
	4,800	8.1	7.4	6.7	5.9	5.2	4.5	3.7	3.0	2.3	1.5
	6,400	10.0	9.3	8.6	7.8	7.1	6.4	5.6	4.9	4.2	3.4
0.04	400	4.4	3.7	3.0	2.2	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	800	4.9	4.2	3.4	2.7	2.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
	1,200	5.4	4.6	3.9	3.2	2.4	1.7	1.0	1.0	1.0	1.0
	1,600	5.8	5.1	4.4	3.6	2.9	2.2	1.4	1.0	1.0	1.0
	2,400	6.8	6.1	5.3	4.6	3.8	3.1	2.4	1.6	1.0	1.0
	3,200	7.7	7.0	6.3	5.5	4.8	4.1	3.3	2.6	1.9	1.1
	4,800	9.6	8.9	8.2	7.4	6.7	6.0	5.2	4.5	3.7	3.0
	6,400	11.5	10.8	10.1	9.3	8.6	7.8	7.1	6.4	5.6	4.9
0.05	400	5.9	5.2	4.4	3.7	3.0	2.2	1.5	1.0	1.0	1.0
	800	6.4	5.6	4.9	4.2	3.4	2.7	2.0	1.2	1.0	1.0
	1,200	6.9	6.1	5.4	4.6	3.9	3.2	2.4	1.7	1.0	1.0
	1,600	7.3	6.6	5.9	5.1	4.4	3.7	2.9	2.2	1.4	1.0
	2,400	8.3	7.5	6.8	6.1	5.3	4.6	3.9	3.1	2.4	1.7
	3,200	9.2	8.5	7.8	7.0	6.3	5.5	4.8	4.1	3.3	2.6
	4,800	11.1	10.4	9.6	8.9	8.2	7.4	6.7	6.0	5.2	4.5
	6,400	13.0	12.3	11.5	10.8	10.1	9.3	8.6	7.9	7.1	6.4
0.06	400	7.4	6.7	5.9	5.2	4.5	3.7	3.0	2.2	1.5	0.8
	800	7.9	7.1	6.4	5.7	4.9	4.2	3.5	2.7	2.0	1.2
	1,200	8.3	7.6	6.9	6.1	5.4	4.7	3.9	3.2	2.5	1.7
	1,600	8.8	8.1	7.3	6.6	5.9	5.1	4.4	3.7	2.9	2.2
	2,400	9.8	9.0	8.3	7.6	6.8	6.1	5.3	4.6	3.9	3.1
	3,200	10.7	10.0	9.2	8.5	7.8	7.0	6.3	5.6	4.8	4.1
	4,800	12.6	11.9	11.1	10.4	9.7	8.9	8.2	7.5	6.7	6.0
	6,400	14.5	13.8	13.0	12.3	11.6	10.8	10.1	9.3	8.6	7.9
0.07	400	8.9	8.1	7.4	6.7	5.9	5.2	4.5	3.7	3.0	2.3
	800	9.4	8.6	7.9	7.1	6.4	5.7	4.9	4.2	3.5	2.7
	1,200	9.8	9.1	8.4	7.6	6.9	6.1	5.4	4.7	3.9	3.2
	1,600	10.3	9.6	8.8	8.1	7.4	6.6	5.9	5.1	4.4	3.7
	2,400	11.2	10.5	9.8	9.0	8.3	7.6	6.8	6.1	5.4	4.6
	3,200	12.2	11.5	10.7	10.0	9.2	8.5	7.8	7.0	6.3	5.6
	4,800	14.1	13.3	12.6	11.9	11.1	10.4	9.7	8.9	8.2	7.5
	6,400	16.0	15.2	14.5	13.8	13.0	12.3	11.6	10.8	10.1	9.4

〈표 7-9〉 특정경사구간의 승용차 환산계수(총지체율, E_T)

특정경사 구배	특정경사 구간길이(m)	진행방향 교통량(대/시)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	≥1000
0.03	400	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	800	1.7	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	1,200	1.9	1.6	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	1,600	2.2	1.9	1.6	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	2,400	2.8	2.4	2.1	1.8	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	3,200	3.3	3.0	2.7	2.3	2.0	1.7	1.3	1.0	1.0	1.0
	4,800	4.4	4.1	3.8	3.4	3.1	2.8	2.4	2.1	1.8	1.4
	6,400	5.5	5.2	4.9	4.5	4.2	3.9	3.5	3.2	2.9	2.5
0.04	400	2.3	1.9	1.6	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	800	2.6	2.2	1.9	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	1,200	2.8	2.5	2.2	1.8	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
	1,600	3.1	2.8	2.4	2.1	1.8	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0
	2,400	3.7	3.3	3.0	2.7	2.3	2.0	1.7	1.3	1.0	1.0
	3,200	4.2	3.9	3.5	3.2	2.9	2.5	2.2	1.9	1.5	1.2
	4,800	5.3	5.0	4.6	4.3	4.0	3.6	3.3	3.0	2.6	2.3
	6,400	6.4	6.1	5.8	5.4	5.1	4.8	4.4	4.1	3.7	3.4
0.05	400	3.2	2.8	2.5	2.2	1.8	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0
	800	3.4	3.1	2.8	2.4	2.1	1.8	1.4	1.1	1.0	1.0
	1,200	3.7	3.4	3.0	2.7	2.4	2.0	1.7	1.4	1.0	1.0
	1,600	4.0	3.7	3.3	3.0	2.7	2.3	2.0	1.6	1.3	1.0
	2,400	4.5	4.2	3.9	3.5	3.2	2.9	2.5	2.2	1.9	1.5
	3,200	5.1	4.8	4.4	4.1	3.8	3.4	3.1	2.8	2.4	2.1
	4,800	6.2	5.9	5.5	5.2	4.9	4.5	4.2	3.9	3.5	3.2
	6,400	7.3	7.0	6.6	6.3	6.0	5.6	5.3	5.0	4.6	4.3
0.06	400	4.0	3.7	3.4	3.0	2.7	2.4	2.0	1.7	1.4	1.0
	800	4.3	4.0	3.6	3.3	3.0	2.6	2.3	2.0	1.6	1.3
	1,200	4.6	4.3	3.9	3.6	3.3	2.9	2.6	2.3	1.9	1.6
	1,600	4.9	4.5	4.2	3.9	3.5	3.2	2.9	2.5	2.2	1.9
	2,400	5.4	5.1	4.8	4.4	4.1	3.8	3.4	3.1	2.7	2.4
	3,200	6.0	5.6	5.3	5.0	4.6	4.3	4.0	3.6	3.3	3.0
	4,800	7.1	6.7	6.4	6.1	5.7	5.4	5.1	4.7	4.4	4.1
	6,400	8.2	7.9	7.5	7.2	6.8	6.5	6.2	5.8	5.5	5.2
0.07	400	4.9	4.6	4.3	3.9	3.6	3.3	2.9	2.6	2.2	1.9
	800	5.2	4.9	4.5	4.2	3.9	3.5	3.2	2.9	2.5	2.2
	1,200	5.5	5.1	4.8	4.5	4.1	3.8	3.5	3.1	2.8	2.5
	1,600	5.8	5.4	5.1	4.7	4.4	4.1	3.7	3.4	3.1	2.7
	2,400	6.3	6.0	5.6	5.3	5.0	4.6	4.3	4.0	3.6	3.3
	3,200	6.9	6.5	6.2	5.9	5.5	5.2	4.9	4.5	4.2	3.8
	4,800	8.0	7.6	7.3	7.0	6.6	6.3	6.0	5.6	5.3	5.0
	6,400	9.1	8.7	8.4	8.1	7.7	7.4	7.1	6.7	6.4	6.1

〈표 7-10〉 차로 폭 및 측방여유폭 보정계수(총지체율, $f_{w,D}$)

차로폭(m) \ 측방여유폭(m)	≥ 3.50	≥ 3.25	≥ 3.00	≥ 2.75
≥ 1.5	0	3%	6%	9%
≥ 1.0	3%	6%	9%	12%
≥ 0.5	6%	9%	12%	15%

〈표 7-11〉 차로 폭 및 측방여유폭 보정계수(통행속도, $f_{w,ATS}$)

측방여유폭(m)	최대 통행속도 감소(kph)		
	차로폭 3.5m	차로폭 3.25m	차로폭 3.0m 이하
1.5	0	1	3
1.0	1	2	4
0.5	2	3	5
0.0	3	4	6

〈표 7-12〉 방향별 분포 및 앞지르기금지구간 비율에 따른 보정계수(통행속도, $f_{np,ATS}$)

일방향 교통량 (승용차/시)	대향 교통량 (승용차/시)	앞지르기 금지 구간 비율				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1
100	200	3.9	4.3	4.6	4.9	5.2
	400	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6
	600	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0
	800	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4
	1,000	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8
	1,200	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2
	1,400	0.4	0.7	1.0	1.3	1.7
	1,600	0.1	0.1	0.5	0.8	1.1
200	200	4.0	4.3	4.6	4.9	5.3
	400	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7
	600	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1
	800	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5
	1,000	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9
	1,200	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3
	1,400	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7
	1,600	0.1	0.2	0.5	0.8	1.1
400	200	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
	400	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8
	600	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2

일방향 교통량 (승용차/시)	대향 교통량 (승용차/시)	앞지르기 금지 구간 비율				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1
	800	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6
	1,000	1.8	2.1	2.4	2.7	3.1
	1,200	1.2	1.5	1.9	2.2	2.5
	1,400	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9
	1,600	0.1	0.4	0.7	1.0	1.3
600	200	4.3	4.6	4.9	5.2	5.6
	400	3.7	4.0	4.4	4.7	5.0
	600	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4
	800	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8
	1,000	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2
	1,200	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6
	1,400	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0
800	1,600	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4
	200	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7
	400	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1
	600	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5
	800	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9
	1,000	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4
	1,200	1.5	1.9	2.2	2.5	2.8
1,000	1,400	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2
	1,600	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6
	200	4.6	4.9	5.2	5.6	5.9
	400	4.0	4.4	4.7	5.0	5.3
	600	3.5	3.8	4.1	4.4	4.7
	800	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1
	1,000	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5
1,200	1,200	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9
	1,400	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3
	1,600	0.5	0.8	1.1	1.4	1.8
	200	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0
	400	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
	600	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8
	800	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3
1,400	1,000	2.4	2.7	3.1	3.4	3.7
	1,200	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1
	1,400	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5
	1,600	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9
	200	4.9	5.2	5.6	5.9	6.2
	400	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6
	600	3.8	4.1	4.4	4.7	5.0
1,600 이상	800	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4
	1,000	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8
	1,200	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2
	1,400	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6
	1,600	0.8	1.1	1.4	1.7	2.1
	200	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3
	400	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7
	600	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1
	800	3.3	3.6	3.9	4.3	4.6
	1,000	2.7	3.0	3.4	3.7	4.0
	1,200	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4
	1,400	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8
	1,600	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2

〈표 7-13〉 방향별 분포 및 앞지르기금지구간 비율에 따른 보정계수(총지체율, $f_{np,D}$)

일방향 교통량 (승용차/시)	대향 교통량 (승용차/시)	앞지르기 금지 구간 비율				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1
200	200	4.8%	5.2%	5.6%	6.0%	6.5%
	400	4.0%	4.4%	4.8%	5.3%	5.7%
	600	3.2%	3.6%	4.1%	4.5%	4.9%
	800	2.4%	2.9%	3.3%	3.7%	4.1%
	1,000	1.7%	2.1%	2.5%	2.9%	3.4%
	1,200	0.9%	1.3%	1.7%	2.2%	2.6%
	1,400	0.1%	0.5%	1.0%	1.4%	1.8%
	1,600	0.1%	0.1%	0.2%	0.6%	1.0%
400	200	5.2%	5.6%	6.0%	6.4%	6.8%
	400	4.4%	4.8%	5.2%	5.6%	6.1%
	600	3.6%	4.0%	4.4%	4.9%	5.3%
	800	2.8%	3.2%	3.7%	4.1%	4.5%
	1,000	2.0%	2.5%	2.9%	3.3%	3.7%
	1,200	1.3%	1.7%	2.1%	2.5%	2.9%
	1,400	0.5%	0.9%	1.3%	1.7%	2.2%
	1,600	0.1%	0.1%	0.5%	1.0%	1.4%
600	200	5.5%	5.9%	6.4%	6.8%	7.2%
	400	4.7%	5.2%	5.6%	6.0%	6.4%
	600	4.0%	4.4%	4.8%	5.2%	5.6%
	800	3.2%	3.6%	4.0%	4.4%	4.9%
	1,000	2.4%	2.8%	3.3%	3.7%	4.1%
	1,200	1.6%	2.1%	2.5%	2.9%	3.3%
	1,400	0.9%	1.3%	1.7%	2.1%	2.5%
	1,600	0.1%	0.5%	0.9%	1.3%	1.8%
800	200	5.9%	6.3%	6.7%	7.2%	7.6%
	400	5.1%	5.5%	6.0%	6.4%	6.8%
	600	4.3%	4.8%	5.2%	5.6%	6.0%
	800	3.6%	4.0%	4.4%	4.8%	5.2%
	1,000	2.8%	3.2%	3.6%	4.0%	4.5%
	1,200	2.0%	2.4%	2.8%	3.3%	3.7%
	1,400	1.2%	1.6%	2.1%	2.5%	2.9%
	1,600	0.4%	0.9%	1.3%	1.7%	2.1%
1,000	200	6.3%	6.7%	7.1%	7.5%	7.9%
	400	5.5%	5.9%	6.3%	6.7%	7.2%
	600	4.7%	5.1%	5.5%	6.0%	6.4%
	800	3.9%	4.3%	4.8%	5.2%	5.6%
	1,000	3.1%	3.6%	4.0%	4.4%	4.8%
	1,200	2.4%	2.8%	3.2%	3.6%	4.1%
	1,400	1.6%	2.0%	2.4%	2.9%	3.3%
	1,600	0.8%	1.2%	1.7%	2.1%	2.5%
1,200	200	6.6%	7.1%	7.5%	7.9%	8.3%
	400	5.9%	6.3%	6.7%	7.1%	7.5%
	600	5.1%	5.5%	5.9%	6.3%	6.8%
	800	4.3%	4.7%	5.1%	5.6%	6.0%
	1,000	3.5%	3.9%	4.4%	4.8%	5.2%
	1,200	2.7%	3.2%	3.6%	4.0%	4.4%
	1,400	2.0%	2.4%	2.8%	3.2%	3.6%
	1,600	1.2%	1.6%	2.0%	2.4%	2.9%

일방향 교통량 (승용차/시)	대향 교통량 (승용차/시)	앞지르기 금지 구간 비율				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1
1,400	200	7.0%	7.4%	7.8%	8.3%	8.7%
	400	6.2%	6.6%	7.1%	7.5%	7.9%
	600	5.4%	5.9%	6.3%	6.7%	7.1%
	800	4.7%	5.1%	5.5%	5.9%	6.3%
	1,000	3.9%	4.3%	4.7%	5.1%	5.6%
	1,200	3.1%	3.5%	4.0%	4.4%	4.8%
	1,400	2.3%	2.8%	3.2%	3.6%	4.0%
1,600 이상	1,600	1.6%	2.0%	2.4%	2.8%	3.2%
	200	7.4%	7.8%	8.2%	8.6%	9.1%
	400	6.6%	7.0%	7.4%	7.9%	8.3%
	600	5.8%	6.2%	6.7%	7.1%	7.5%
	800	5.0%	5.5%	5.9%	6.3%	6.7%
	1,000	4.3%	4.7%	5.1%	5.5%	5.9%
	1,200	3.5%	3.9%	4.3%	4.7%	5.2%
	1,400	2.7%	3.1%	3.5%	4.0%	4.4%
	1,600	1.9%	2.3%	2.8%	3.2%	3.6%

(2) 2+1차로도로의 운영상태 분석 절차

1) 2+1차로도로 구간의 분석 대상구간 설정

통상 2+1차로도로는 일반지형에 설치되므로, 일반지형의 서비스수준 평가방법에 따르며, 2+1차로도로 구간에 대한 총지체율 산정과정이 추가된다. 이때 분석 대상구간은 2+1차로도로 및 2+1차로도로의 상류부와 하류부 각각 300m를 설정한다. 300m는 2+1차로도로 진입 전 및 진출 후 대향방향으로 앞지르기를 금지해야 하는 거리이다. 특별한 경우, 상류부 및 하류부의 구간거리를 달리 적용할 수 있다.

2) 2+1차로도로 구간 상류부 2차로구간의 침두시간 환산 교통량 산정

2차로도로 구간형태 1(연속류도로)의 방법 참조

3) 2+1차로도로 구간 상류부 2차로도로 구간의 총지체율 및 통행속도 산출

2차로도로 구간형태 1(연속류도로)의 방법 참조하여 산출하며, 하류부는 상류부의 총지체율 및 통행속도와 동일하다.

4) 2+1차로도로 구간 상류부 2차로도로 구간의 용량확인

일반지형 분석과정에서는 2차로도로의 침두시간 환산 교통량이 용량을 초과하면, 더 이상의 분석 절차를 거치지 않고 서비스수준 F로 분석하게 된다. 단, 2+1차로도로 구간에 진입하게 되면 운영상태가 개선되는 점을 감안하여, 2+1차로도로의 용량인 3,600pcph(1차로 구간 1,500pcph, 2차로 구간 2,100pcph)를 기준으로 확인한다.

5) 2+1차로도로 앞지르기 차로 구간의 총지체율 및 통행속도 산출

2+1차로도로 상류부 2차로도로의 총지체율 값에 <표 7-14>의 보정계수를 침두시간 환산 교통량에 따라 적용하여 산출한다.

6) 2+1차로도로의 총지체율 및 통행속도 산출

2+1차로도로 상류부 및 하류부 2차로도로의 거리 등을 고려하여 (식 7-13)을 이용하여 2+1차로도로의 총지체율을 산출한다. 이때, 2+1차로도로 양방향 구간의 총지체율은 방향별로 각각 산출한 뒤 방향별 분석대상 구간길이에 따라 평균하여 산출한다.

(식 7-13)에서 산출된 총지체율은 <표 7-2>에 의해 서비스수준이 판정된다.

2+1차로도로의 총지체율 산출식은 (식 7-13)과 같다.

$$TDR_{2+1_i} = \sum_{i=1}^n \frac{TDR_{up_i} (L_{up_i} + f_{pl_i} \cdot \frac{(1 + \frac{f_{w,D_{pl_i}}}{100})}{(1 + \frac{f_{w,D_{up_i}}}{100})} \cdot L_{pl_i}) + (TDR_{dn_i} \cdot \frac{(1 + \frac{f_{w,D_{pl_i}}}{100})}{(1 + \frac{f_{w,D_{dn_i}}}{100})} \cdot L_{dn_i})}{L_{up_i} + L_{pl_i} + L_{dn_i}} \quad (\text{식 7-13})$$

여기서,

TDR_{2+1_i} = 2+1차로도로 일방향 i 개 구간의 총지체율

TDR_{up_i} = TDR_d : i 번째 2차로도로 일방향 기본구간의 총지체율(2+1차로도로 상류부)

TDR_{dn_i} = i 번째 2+1차로도로 일방향 하류부의 총지체율

L_{up_i} = i 번째 분석대상 구간 중 앞지르기 차로 구간 상류부의 분석 구간길이(m)

L_{dn_i} = i 번째 앞지르기 차로 진입 전의 분석대상구간 길이(m)

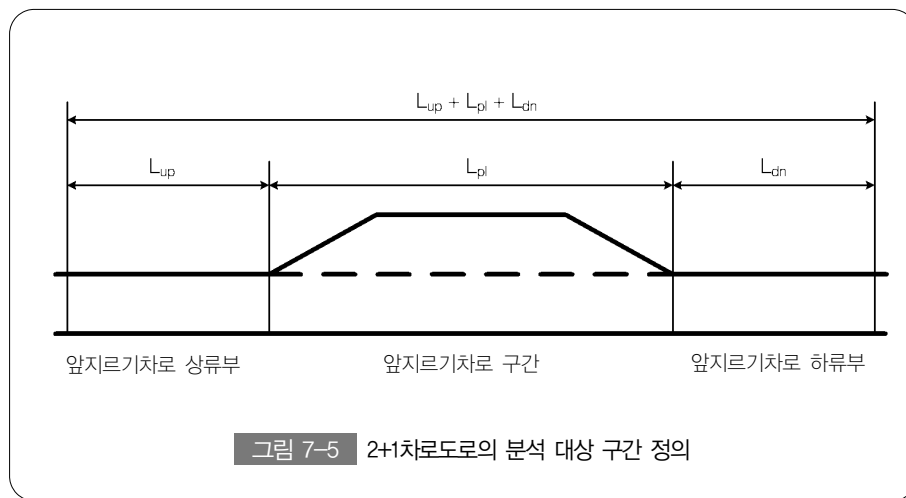
L_{pl_i} = i 번째 앞지르기 차로 구간길이(m)

f_{pl_i} = i 번째 앞지르기 차로 구간의 총지체율 보정계수(<표 7-14>)

$f_{w,D_{up_i}}$ = i 번째 앞지르기 차로 상류부 구간의 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(<표 7-10>)

$f_{w,D_{pl_i}}$ = i 번째 앞지르기 차로 구간의 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(<표 7-10>)

$f_{w,D_{dn_i}}$ = i 번째 앞지르기 차로 하류부 구간의 차로폭 및 측방여유폭 보정계수(<표 7-10>)

〈표 7-14〉 2+1차로도로 구간의 총지체율 보정계수(f_{pl})

교통량(pcphpl)	보정계수	교통량(pcphpl)	보정계수
≤ 100	0.789	≤ 1,000	0.645
≤ 200	0.761	≤ 1,100	0.644
≤ 300	0.735	≤ 1,200	0.646
≤ 400	0.713	≤ 1,300	0.651
≤ 500	0.694	≤ 1,400	0.660
≤ 600	0.678	≤ 1,500	0.671
≤ 700	0.665	≤ 1,600	0.686
≤ 800	0.655	≤ 1,700	0.704
≤ 900	0.648	-	-

방향별로 총지체율이 산출되면, (식 7-14)를 이용하여 전체 구간의 총지체율을 산출한다.

$$(TDR_{2+1})_{TD} = \frac{(TDR_{2+1})_{IN} \times L_{IN} + (TDR_{2+1})_{OUT} \times L_{OUT}}{L_{IN} + L_{OUT}} \quad (\text{식 7-14})$$

여기서,

$(TDR_{2+1})_{TD}$ = 양방향 총지체율

$(TDR_{2+1})_{IN}$ = 진행방향 총지체율

$(TDR_{2+1})_{OUT}$ = 대향방향 총지체율

L_{IN} = 진행방향 분석 대상 구간길이

L_{OUT} = 대향방향 분석 대상 구간길이

만약 앞지르기차로 구간 상류부 2차로도로의 차로폭 및 측방여유폭이 다를 경우, 보정이 필요하다. 차로폭 및 측방여유폭 보정계수는 앞지르기차로 구간의 상류부 총지체율 산정시 이미 반영되었으나, 2+1차로도로의 차로폭 및 측방여유폭이 달라지게 되면, 보정계수를 한번 더 적용하여 영향 정도를 반영해야 한다.

2+1차로도로는 앞지르기차로의 서비스수준 분석은 앞지르기차로가 1개 있는 구간을 단위구간으로 하여 방향별로 별도의 서비스수준을 분석하고, 구간에 대한 서비스수준은 방향별로 산출된 총지체율을 평균하여 나타낸다.

특히, 앞지르기차로가 연속되어 나타나는 경우엔 분석 대상 앞지르기차로 구간별로 총지체율 보정계수를 구간길이에 따라 보정하여 도출한다.

2+1차로도로의 통행속도 산출식은 (식 7-15)와 같다.

$$ATS_{2+1_i} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{up_i} + L_{pl_i} + L_{dn_i}}{\frac{L_{up_i}}{ATS_{up_i}} + \frac{L_{pl_i}}{ATS_{up_i} \cdot fs_{pl_i} \cdot p} + \frac{L_{dn_i}}{ATS_{dn_i} \cdot q}} \quad (\text{식 7-15})$$

여기서,

ATS_{2+1_i} = 2+1차로도로 일방향 i 개 구간의 통행속도

ATS_{up_i} = TDR_d : i 번째 2차로도로 일방향 기본구간의 통행속도(2+1차로도로 상류부)

ATS_{dn_i} = i 번째 2+1차로도로 일방향 하류부의 통행속도

fs_{pl_i} = i 번째 앞지르기 차로 구간의 통행속도 보정계수(〈표 7-15〉)

$f_{w,ATS_{pl_i}}$ = i 번째 앞지르기 차로 구간의 차로폭 및 측방여유폭 통행속도 보정계수(〈표 7-11〉)

$f_{w,ATS_{dn_i}}$ = i 번째 앞지르기 차로 하류부 구간의 차로폭 및 측방여유폭 통행속도 보정계수(〈표 7-11〉)

$$p = \frac{ATS_{up_i} - f_{w,ATS_{up_i}}}{ATS_{up_i} - f_{w,ATS_{pl_i}}}, \quad q = \frac{ATS_{up_i} \cdot fs_{pl_i} \cdot p - f_{w,ATS_{pl_i}}}{ATS_{up_i} \cdot fs_{pl_i} \cdot p - f_{w,ATS_{dn_i}}}$$

〈표 7-15〉 2+1차로도로 구간인 통행속도 보정계수($f_{s_{pl}}$)

교통량(pcphpl)	보정계수	교통량(pcphpl)	보정계수
≤ 100	1.025	≤ 1,000	1.081
≤ 200	1.034	≤ 1,100	1.084
≤ 300	1.042	≤ 1,200	1.086
≤ 400	1.050	≤ 1,300	1.088
≤ 500	1.057	≤ 1,400	1.089
≤ 600	1.063	≤ 1,500	1.089
≤ 700	1.069	≤ 1,600	1.088
≤ 800	1.074	≤ 1,700	1.087
≤ 900	1.078	-	-

방향별로 통행속도가 산출되면, (식 7-16)을 이용하여 전체 구간의 통행속도를 산출한다.

$$(ATS_{2+1})_{TD} = \frac{L_{IN} + L_{OUT}}{\frac{L_{IN}}{(ATS_{2+1})_{IN}} + \frac{L_{OUT}}{(ATS_{2+1})_{OUT}}} \quad (\text{식 7-16})$$

여기서,

$(ATS_{2+1})_{TD}$ = 양방향 통행속도

$(ATS_{2+1})_{IN}$ = 진행방향 통행속도

$(ATS_{2+1})_{OUT}$ = 대향방향 통행속도

1) 개요

2+1차로도로의 총지체율 및 통행속도는 기본적으로 상류부 2차로도로의 산출결과에 영향을 받는다. 따라서, 앞지르기차로 구간에서의 총지체율 및 통행속도 개선 정도를 보정하여 2+1차로도로의 서비스 수준을 분석할 수 있다.

2+1차로도로는 방향별로 분석하고, 1개 앞지르기 차로 구간을 서비스수준 분석단위로 하여 n개 구간의 앞지르기차로를 대상으로 효과척도를 산출한다. 2+1차로도로에 영향을 미치는 요인은 앞지르기차로 구간길이지만 상류부 2차로도로의 기하구조가 변경되는 경우(차로폭 및 측방여유폭의 변화) 2+1차로도로의 세부 구간별로 구분하여 차로폭 및 측방여유폭 보정계수를 적용하여야 한다.

2+1차로도로 구간과 상류부 및 하류부 2차로도로 구간은 대향차로를 이용한 앞지르기를 허용하지 않기 때문에 앞지르기금지구간 비율에 따른 보정계수는 적용하지 않는다.

2) 2+1차로도로의 용량 확인

2+1차로도로의 용량은 대향방향이 1,500pcph를 가정할 경우, 1,900pcph 즉, 3,400pcph이다. 그러나, 이는 순간적인 용량일 뿐 전체 구간에서는 2차로도로의 용량에 해당하는 교통류가 2+1차로도로를 주행하는 것으로 교통류 전체의 주행속도(즉, 통행시간)를 향상시킬 수는 있으나 수요가 용량에 도달하기는 어렵다. 특히, 2+1차로도로의 전·후 구간은 2차로도로로 연결되는 것이 바람직하다. 4차로도로에서 2+1차로도로 구간이 연결될 경우, 운전자들은 2+1차로도로를 4차로도로로 인식하기 쉬워 합류부에서의 교통안전에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 이 문제와 관련하여 2+1차로도로의 앞지르기 차로 구간길어도 2km이상을 초과하지 않는 것이 바람직하다.

따라서, 2+1차로도로 구간에서는 용량을 확인하지 않아도 된다.

3) 2+1차로도로의 보정계수 적용

2+1차로도로의 총지체율 및 통행속도는 <표 7-14>, <표 7-15>의 보정계수를 적용하고, 상류부 및 하류부 구간길이와 앞지르기차로 구간길이를 가중 평균하여 산출한다. 기본적으로 2+1차로도로 상류부 2차로도로의 총지체율 및 통행속도가 산정된 후에, 2+1차로도로 구간의 분석대상구간을 설정하여 효과척도를 산정하게 된다.

(가) 앞지르기차로 구간에서의 보정계수

2+1차로도로 상류부 2차로도로의 총지체율 및 통행속도를 기준으로 앞지르기차로 구간에서는 총지체율의 감소 및 통행속도가 개선된다. 앞지르기차로 구간의 총지체율 및 통행속도 보정계수는 상류부 2차로도로의 침두시간 환산 교통량에 따라 각각 적용한다.

(나) 차로폭 및 측방여유폭에 따른 보정계수

2+1차로도로의 차로폭 및 측방여유폭이 상류부의 2차로도로 기본 조건과 동일하다면, 이미 2차로도로 총지체율 산정시에 적용되기 때문에 별도로 고려하지 않아도 되지만, 2+1차로도로의 차로폭 및 측방여유폭은 상류부 및 하류부 2차로도로 구간과 동일하지 않을 경우가 있다. 따라서, 앞지르기차로 구간을 기준으로 상류부 및 하류부의 차로폭 및 측방여유폭이 달라지게 되면, 세부 구간별로 그 영향정도를 반영해 주어야 한다.

차로폭 및 측방여유폭에 따른 보정계수는 총지체율 및 통행속도 산출식에 동일하게 적용된다.

4 예 제

〈예제 1〉 2차로도로 일반지형의 서비스수준 평가

지방부 2차로도로는 총 연장 7km이며, 3km 지점에 신호교차로가 설치·운영하고 있다. 양방향 첨두시간 1시간 교통량이 1,000vph이다. 도로조건 및 교통조건이 다음과 같을 때 첨두시간 동안 운행되는 교통류의 서비스 수준은 얼마인가?

- 도로조건 : 자유속도 70kph, 차로폭 3.5m, 측방여유폭 1.0m, 평지, 앞지르기 금지구간 50%
- 교통조건 : 트럭 5%, 방향별 교통량 분포 60/40
- 신호교차로 조건 : 2현시 운영, 신호주기 90초(황색신호 3초)

주방향 좌회전 교통량 : 50vph, 우회전 교통량 : 50vph

부도로 양방향 직진 교통량 : 100vph, 각 회전 교통량 : 50vph

〈풀 이〉

1) 서비스수준 분석

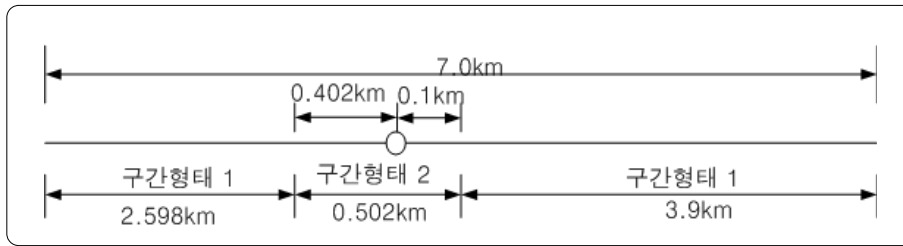
총지체율을 구하기 이전에 분석 대상도로의 유형을 결정해야 한다. 설계속도 70kph이며, 신호교차로 간격이 2km 이상으로 연속류와 단속류 특징이 혼재된 도로는 유형 II에 해당한다.

먼저 분석 대상구간을 분할한다. 각 분석구간별로 평균 통행속도와 총지체율을 구하기 위해서, 첨두시간 계수와 승용차 환산계수를 이용하여 첨두시간 환산 교통량을 구한다. 첨두시간 최대 교통류율에 따른 기본 조건에서의 평균 통행속도와 총지체율을 산출하여 각종 보정계수를 적용함으로써, 최종 평균 통행속도와 총지체율을 산출하고 제시된 서비스수준표에서 예제의 도로에서 나타나는 서비스수준을 분석한다.

① 분석 대상구간 분할 방법

- 기본 2차로도로 구간(구간형태 1)과 신호교차로의 영향을 받는 구간(구간형태 2)로 구분한다.

$$\begin{aligned}
 ESL &= 242 + 74 \times (V_d/100) - 102 \times LB - 70 \times [(V_d/100) \times g/C] + 152 \times [(V_d/100) \times L \times DIS] \\
 &= 242 + 74 \times (600/100) - 102 \times 0 - 70 \times (600/100) \times 0.78 + 152 \times [(600/100) \times 0.08 \times 0.6] \\
 &= 402m
 \end{aligned}$$



② 구간형태 1 MOE 평가

가. 침두시간 환산 교통량 산정

- 다음 공식에 의해 평균 통행속도와 총지체율에 대한 침두시간 환산 교통량을 각각 산출한다.

$$\text{평균 통행속도 : } V_i = \frac{V_i}{PHF \times f_{HV}}, f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.05 \times (1.8 - 1)} = 0.96$$

$$V_i = \frac{600}{0.95 \times 0.96} = 658 \text{ pcph}$$

$$\text{총지체율 : } V_i = \frac{V_i}{PHF \times f_{HV}}, f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.05 \times (1.4 - 1)} = 0.98$$

$$V_i = \frac{600}{0.95 \times 0.98} = 644 \text{ pcph}$$

나. 용량확인

- 일방향 교통량이 용량값 1,700pcph를 초과하지 않고 양방향 3,200pcph를 초과하지 않으므로 분석 절차를 진행한다.

다. 총지체율 산정

- 다음 공식에 의해 총지체율을 산정한다.

$$\begin{aligned} TDR_{1,1} &= 100 \times (1 - e^{-(a \times V_d^b)}) + f_{np,D} + f_{w,D} \\ &= 100 \times (1 - e^{-0.0016 \times 644^{0.7934}}) + 5.4 + 3 \\ &= 32.1\% \end{aligned}$$

라. 평균 통행속도 산정

- 다음 공식에 의해 평균 통행속도를 산정한다.

$$\begin{aligned} ATS_1 &= FFS - 0.0132 \times V_d - 0.0037 \times V_o - f_{np,ATS} - f_{w,ATS} \\ &= 70 - 0.0132 \times 658 - 0.0037 \times 439 - 4.2 - 1 \\ &= 54 \text{ km/h} \end{aligned}$$

③ 구간형태 2 MOE 평가

가. 제어지체 산정(신호교차로 편)

- 제어지체 = 12.8초/대
- 평균 통행속도

$$\begin{aligned} ATS_{2,1} &= \frac{3.6 \times L_{2,1}}{(d + 3.6 \times L_{2,1} / FFS)} \\ &= \frac{3.6 \times 502}{(12.8 + 3.6 \times 502 / 54)} \\ &= 39 \text{ km/h} \end{aligned}$$

- 지체율

$$\begin{aligned} TDR_{2,1} &= \frac{d}{((3.6 \times L_{2,1}) / FFS)} \\ &= \frac{12.8}{(3.6 \times 502 / 54)} = 0.38 \end{aligned}$$

④ 전체구간에 대한 서비스수준 판정

- 주어진 도로 및 교통조건에서 전체구간에 대한 평균 통행속도는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} ATS_{\text{전체구간}} &= \frac{L}{\sum_i \frac{L_{1,i}}{ATS_{1,i}} + \sum_j \frac{L_{2,j}}{ATS_{2,j}}} \\ &= \frac{7}{\frac{6.498}{54} + \frac{0.502}{39}} = 53 \text{ km/h} \end{aligned}$$

- 주어진 도로 및 교통조건에서 전체구간에 대한 총지체율은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} TDR_{\text{전체구간}} &= \sum_i TDR_{1,i} \times \frac{L_{1,i}}{L} + \sum_j TDR_{2,j} \times \frac{L_{2,i}}{L} \\ &= 32.1 \times \frac{6.498}{7} + 38 \times \frac{0.502}{7} = 32.5\% \end{aligned}$$

따라서, 도로유형 II의 총지체율 33%(평균 통행속도 53km/h)에 해당하는 서비스수준은 C이다.

〈예제 2〉 2차로도로 특정경사구간의 서비스수준 평가

지방부 양방향 2차로도로의 첨두시간 1시간 교통량이 1,400vph였다. 도로조건 및 교통조건이 다음과 같을 때 첨두시간 동안 운행되는 교통류의 서비스수준은 얼마인가? 이때 기대되는 교통량과 오르막차로의 설치여부를 판단하고 설치가 필요하다면 설치길이를 산정하라.

- 도로조건 : 설계속도 80kph, 차로폭 3.5m, 측방여유폭 1.0m,
경사도 5%, 경사구간길이 800m, 앞지르기 금지구간 60%
- 교통조건 : 방향별 교통량 분포 (상향/하향) : 60/40,
트럭 15%

〈풀 이〉

1) 서비스수준 분석

충지체율을 구하기 이전에 분석 대상도로의 유형을 결정해야 한다. 설계속도 80kph이며, 연속류이기 때문에 예제 2에서 제시하는 도로는 유형 I로 판단할 수 있다.

먼저 충지체율과 평균 통행속도를 구하기 위해서, 승용차 환산계수 및 첨두시간계수를 이용하여 첨두시간 환산 교통량을 구한다. 첨두시간 환산 교통량에 따른 기본 조건에서의 충지체율과 평균 통행속도를 산출하여 각종 보정계수를 적용하여 최종 충지체율과 평균 통행속도를 산출하고 제시된 서비스수준표에서 예제의 도로에서 나타나는 서비스수준을 분석한다.

① 첨두시간 환산 교통량 산정(충지체율)

- 기본 조건에서의 충지체율을 구하기 위해 (식 7-4)에 의해 첨두시간 환산 교통량을 산출한다.

$$\text{(식 7-4)에 의해, } V_P = \frac{840}{0.92 \times 0.99} = 922 \text{ pcph}$$

여기에서 첨두시간계수는 <표 7-3>에 의해 0.92이며, 중차량의 혼입율이 15%이며, 경사도 5%, 경사길이 800m, 일방향 교통량이 840대/시 (왜냐하면, 양방향 1,400대/시이고, 방향별 분포가 60/40이므로 한 방향은 $1,400 \times 0.6 = 840$), 승용차환산계수는 <표 7-10>에서 1.1이다. 그러므로 중차량 보정계수는 (식 7-4)에 의해 다음과 같다. $f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.15(1.1 - 1)} = 0.99$ 따라서, 첨두시간 환산 교통량은 922pcph가 된다.

② 첨두시간 환산 교통량 산정(평균 통행속도)

- 기본 조건에서의 평균 통행속도를 구하기 위해 (식 7-4)에 의해 첨두시간 환산 교통량을 산출한다.

$$\text{(식 7-4)에 의해, } V_P = \frac{840}{0.92 \times 0.97} = 941 \text{ pcph}$$

여기에서 첨두시간계수는 <표 7-3>에 의해 0.92이며, 중차량의 혼입율이 15%이며, 경사도 5%, 경사길이 800m, 일방향 교통량이 840대/시 (왜냐하면, 양방향 1,400대/시이고, 방향별 분포가 60/40이므로 한 방향은 $1,400 \times 0.6 = 840$), 승용차환산계수는 <표 7-7>에서 1.2이다. 그러므로 중차량 보정계수는 (식 7-4)에 의해 다음과 같다. $f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.15(1.2 - 1)} = 0.97$ 따라서, 첨두시간 환산 교통량은 941pcph가 된다.

③ 용량 확인

첨두시간 환산 교통량은 2,331pcph이고, 방향별 분포가 큰 값이 60%이므로 일방향 첨두시간 환산 교통량은 1,399pcph가 된다. 일방향 교통량이 용량 값 1,700pcph를 초과하지 않고 양방향 3,200pcph를 초과하지 않으므로 분석 절차를 진행한다.

④ 총지체율 산정

• ①에서 산출된 첨두시간 환산 교통량 922pcph에 해당하는 기본 조건에서의 총지체율을 다음과 같이 구한다. 총지체율은 35.4%이다.

$$\begin{aligned} TDR_{1,1} &= 100 \times (1 - e^{-(a \times V_d^b)}) + f_{np,D} + f_{w,D} \\ &= 100 \times (1 - e^{-0.0020 \times 922^{0.7754}}) + 5.5 + 0 \\ &= 38.4\% \end{aligned}$$

⑤ 평균 통행속도 산정

• ②에서 산출된 첨두시간 환산 교통량 941pcph에 해당하는 기본 조건에서의 평균 통행속도를 다음과 같이 구한다. 평균 통행속도는 62km/h이다.

$$\begin{aligned} ATS_{1,1} &= FFS - 0.0132 \times V_d - 0.0037 \times V_o - f_{np,ATS} - f_{w,ATS} \\ &= 80 - 0.0132 \times 941 - 0.0037 \times 628 - 3.5 - 0 \\ &= 62 \text{ km/h} \end{aligned}$$

⑥ 서비스수준 판정

• 주어진 도로 및 교통조건에서 해당교통량의 총지체율과 평균 통행속도는 다음과 같다.

총지체율은 38.4%이며, 평균 통행속도는 62km/h로, <표 7-1>에서 도로유형 I의 서비스수준은 D이다.

〈예제 3〉 2+1차로도로의 서비스수준 평가

양방향 첨두시간 교통량이 1,600vph이고, 다음의 조건을 가진 2+1차로도로의 서비스수준을 분석하라.

- 도로조건 : 앞지르기차로 구간길이 1,500m 자유속도 80kph, 차로폭 3.5m, 측방여유폭 1.0m, 평지
- 교통조건 : 트럭 5%, 방향별 교통량 분포 60/40

〈풀 이〉

먼저 예제에서 2+1차로도로 상류부 2차로도로의 도로유형을 구분하고, 분석 대상 구간 길이를 특정한다. 다음으로, 2+1차로도로 상류부 2차로도로의 첨두시간 환산 교통량을 산출하고 이를 이용하여 이 구간의 총지체율과 통행속도를 산출한다.

2+1차로도로 상류부 2차로도로의 총지체율과 통행속도를 기준으로 보정계수를 적용하여 앞지르기차로 구간의 총지체율과 통행속도를 계산한다. 2+1차로도로 하류부 구간의 총지체율과 통행속도는 상류부 2차로도로의 산출결과와 동일하다.

진행방향 및 대향방향별로 2+1차로도로의 총지체율과 통행속도를 산출하여 분석 대상 구간길이를 가중평균한 효과적도 값을 도출하고, 서비스수준 표에 의해 서비스수준을 판정한다.

① 첨두시간 환산 교통량 산정

- 진행방향 첨두시간 환산 교통량

$$V_i = \frac{V_i}{PHF \times f_{HV}}, f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.05 \times (1.5 - 1)} = 0.98$$

$$V_i = \frac{960}{0.95 \times 0.98} = 1,032 pcph$$

- 대향방향 첨두시간 환산 교통량

$$V_i = \frac{V_i}{PHF \times f_{HV}}, f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.05 \times (1.5 - 1)} = 0.98$$

$$V_i = \frac{640}{0.95 \times 0.98} = 688 pcph$$

② 2+1차로도로 상류부 2차로도로의 총지체율 및 통행속도 산정 : 하류부도 동일

- 진행방향 총지체율(식 7-5) 및 통행속도(식 7-6)

$$\begin{aligned} TDR_{up} &= 100 \times (1 - e^{(a \times V_d^b)}) + f_{np,D} + f_{w,D} \\ &= 100 \times (1 - e^{-0.00156 \times 1,031^{0.7334}}) + 5.4 + 3 \\ &= 43.2\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ATS_1 &= FFS - 0.0132 \times V_d - 0.0037 \times V_o - f_{np,ATS} - f_{w,ATS} \\ &= 80 - 0.0132 \times 1,032 - 0.0037 \times 688 - 4.2 - 1 \\ &= 58.6 \text{ km/h} \end{aligned}$$

- 대향방향 총지체율(식 7-5) 및 통행속도(식 7-6)

$$\begin{aligned} TDR_{dn} &= 100 \times (1 - e^{(a \times V_d^b)}) + f_{np,D} + f_{w,D} \\ &= 100 \times (1 - e^{-0.00304 \times 688^{0.6885}}) + 5.4 + 3 \\ &= 35.2\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ATS_1 &= FFS - 0.0132 \times V_d - 0.0037 \times V_o - f_{np,ATS} - f_{w,ATS} \\ &= 80 - 0.0132 \times 688 - 0.0037 \times 1032 - 4.2 - 1 \\ &= 61.9 \text{ km/h} \end{aligned}$$

③ 방향별 2+1차로도로의 총지체율 및 통행속도 산정

- 진행방향 총지체율(식 7-13) 및 통행속도(식 7-15)

$$TDR_{2+1_i} = \sum_{i=1}^n \frac{TDR_{up_i} \cdot \frac{(1 + \frac{f_{w,D_{pl_i}}}{100})}{(1 + \frac{f_{w,D_{up_i}}}{100})} \cdot L_{pl_i} + (TDR_{dn_i} \cdot \frac{(1 + \frac{f_{w,D_{pl_i}}}{100})}{(1 + \frac{f_{w,D_{dn_i}}}{100})} \cdot L_{dn_i})}{L_{up_i} + L_{pl_i} + L_{dn_i}}$$

$$TDR_{2+1_{IV}} = \frac{43.2(300 + 0.644 \cdot 1,500) + 300 \cdot 43.2}{300 + 1,500 + 300} = 32.2\%$$

$$ATS_{2+1_i} = \sum_{i=1}^n \frac{\frac{L_{up_i} + L_{pl_i} + L_{dn_i}}{ATS_{up_i}} + \frac{L_{pl_i}}{ATS_{up_i} \cdot fs_{pl_i} \cdot p} + \frac{L_{dn_i}}{ATS_{dn_i} \cdot q}}{L_{up_i} + L_{pl_i} + L_{dn_i}}$$

$$ATS_{2+1_{IV}} = \frac{300 + 1,500 + 300}{\frac{300}{58.6} + \frac{1,500}{58.6 \cdot 1.084 \cdot 1} + \frac{300}{58.6 \cdot 1}} = 62 \text{ km/h}$$

본 예제에서는 2+1차로도로 구간과 상류부 및 하류부 2차로도로의 제원이 동일하다고 가정하였기 때문에 차로폭 및 측방여유폭 보정계수는 2+1차로도로 상류부에서 1회만 적용되었다.

- 대향방향 총지체율(식 7-13) 및 통행속도(식 7-15)

$$TDR_{2+1_{OUT}} = \frac{35.2(300 + 0.667 \cdot 1,500) + 35.2 \cdot 300}{300 + 1,500 + 300} = 26.8\%$$

$$ATS_{2+1_{OUT}} = \frac{300 + 1,500 + 300}{\frac{300}{61.9} + \frac{1,500}{61.9 \cdot 1.069 \cdot 1} + \frac{300}{61.9 \cdot 1}} = 64.8 \text{ km/h}$$

- 2+1차로도로 전체 구간의 총지체율(식 7-14) 및 통행속도(식 7-16) 산정

$$(TDR_{2+1})_{TD} = \frac{(TDR_{2+1})_{IN} \times L_{IN} + (TDR_{2+1})_{OUT} \times L_{OUT}}{L_{IN} + L_{OUT}}$$

$$(TDR_{2+1})_{TD} = \frac{32.2 \cdot 2,100 + 26.8 \cdot 2,100}{2,100 + 2,100} = 29.53\%$$

$$(ATS_{2+1})_{TD} = \frac{L_{IN} + L_{OUT}}{\frac{L_{IN}}{(ATS_{2+1})_{IN}} + \frac{L_{OUT}}{(ATS_{2+1})_{OUT}}}$$

$$(ATS_{2+1})_{TD} = \sum_{i=1}^n \frac{\frac{2,100 + 2,100}{\frac{2,100}{62.0} + \frac{2,100}{64.8}}}{\frac{2,100}{62.0} + \frac{2,100}{64.8}} = 63.36 \text{ km/h}$$

④ 2+1차로도로의 서비스수준 분석

상기 2+1차로도로는 총지체율 29.53%, 평균통행속도 63.36km/h이며 이는 서비스수준 C에 해당된다.

진행방향은 2차로도로 → 2+1차로도로로 진행하면서 총지체율 43.2 → 32.2, 통행속도 58.6km/h → 62km/h로 변화하여 서비스수준이 E → D로 개선되었고, 대향방향도 총지체율 35.2 → 26.8, 통행속도 61.9km/h → 64.8km/h로 변화하여 서비스수준이 D → C 수준으로 개선되었음을 알 수 있다.

〈예제 4〉 오르막차로 설치 검토

예제 2에서 경사도가 7%이고, 첨두시간 교통량 1,600vph 조건에 대해 서비스수준을 판정하고 오르막차로의 설치여부를 판단하여 설치가 필요하다면 설치길이를 산정하라.

〈풀 이〉

1) 서비스수준 분석

총지체율을 구하기 위해서, 승용차 환산계수 및 첨두시간계수를 이용하여 첨두시간 환산 교통량을 구한다. 첨두시간 환산 교통량에 따른 기본 조건에서의 총지체율을 산출하여 각종 총지체율 보정계수를 적용하여 최종 총지체율을 산출하고 제시된 서비스수준표에서 예제의 도로에서 나타나는 서비스수준을 분석한다.

① 첨두시간 환산 교통량 산정

- 기본 조건에서의 총지체율을 구하기 위해 (식 7-4)에 의해 첨두시간 환산 교통량을 산출한다.

$$\text{(식 7-4)에 의해, } V_P = \frac{960}{0.92 \times 0.847} = 1,231 \text{ pcph}$$

여기에서 첨두시간계수는 <표 7-3>에 의해 0.92이며, 중차량의 혼입율이 15%이며, 경사도 5%, 경사 길이 800m, 일방향 교통량이 960대/시 (왜냐하면, 양방향 1,800대/시이고, 방향별 분포가 60/40이므로 한 방향은 $1,600 \times 0.6 = 960$), 승용차환산계수는 <표 7-10>에서 2.2이다. 그러므로 중차량 보정계수는 (식 7-4)에 의해 다음과 같다. $f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.15(2.2 - 1)} = 0.847$ 따라서, 첨두시간 환산 교통량은 1,231pcph가 된다.

- 기본 조건에서 평균 통행속도를 구하기 위해 (식 7-4)에 의해 대향방향 첨두시간 환산 교통량을 산출한다.

$$\text{(식 7-4)에 의해, } V_P = \frac{640}{0.92 \times 0.847} = 821 \text{ pcph}$$

여기에서 첨두시간계수는 <표 7-3>에 의해 0.92이며, 중차량의 혼입율이 15%이며, 경사도 5%, 경사 길이 800m, 대향방향 교통량이 640대/시 (왜냐하면, 양방향 1,600대/시이고, 방향별 분포가 60/40이므로 한 방향은 $1,600 \times 0.4 = 640$), 승용차환산계수는 <표 7-7>에서 2.2이다. 그러므로 중차량 보정

계수는 (식 7-4)에 의해 다음과 같다. $f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.15(2.2 - 1)} = 0.847$ 따라서, 첨두시간 환산 교통량은 821pcph가 된다.

② 용량 확인

첨두시간 환산 교통량은 2,052pcph이고, 방향별 분포가 큰 값이 60%이므로 일방향 첨두시간 환산 교통량은 1,231pcph가 된다. 일방향 교통량이 용량 값 1,700pcph를 초과하지 않고 양방향 3,200pcph를 초과하지 않으므로 분석 절차를 진행한다.

③ 총지체율 산정

• ①에서 산출된 첨두시간 환산 교통량 1,231pcph에 해당하는 기본 조건에서의 총지체율을 다음과 같이 구한다. 총지체율은 47.7%이다.

$$\begin{aligned} D_1 &= 100 \times (1 - e^{-(a \times V_d^b)}) + f_{np,D} + f_{w,D} \\ &= 100 \times (1 - e^{-0.00403 \times 1,231^{0.6856}}) + 3.6 + 3 \\ &= 47.7\% \end{aligned}$$

④ 평균 통행속도 산정

• ②에서 산출된 첨두시간 환산 교통량 1,231pcph에 해당하는 기본 조건에서의 평균 통행속도를 다음과 같이 구한다. 평균 통행속도는 61km/h이다.

$$\begin{aligned} ATS_1 &= FFS - 0.0132 \times V_d - 0.0037 \times V_o - f_{np,ATS} - f_{w,ATS} \\ &= 80 - 0.0132 \times 1,231 - 0.0037 \times 821 - 3.6 - 1 \\ &= 56.0 \text{ km/h} \end{aligned}$$

⑤ 서비스수준 판정

• 주어진 도로 및 교통조건에서 해당교통량의 총지체율과 평균 통행속도는 다음과 같다.

총지체율은 47.7%이며, 평균 통행속도는 56km/h로, <표 7-2>에서 도로유형 I의 서비스수준은 E이다.

또한, 서비스수준이 E 이므로 오르막차로 설치시 고려사항에 의하여 오르막 차로를 설치하여야 한다.

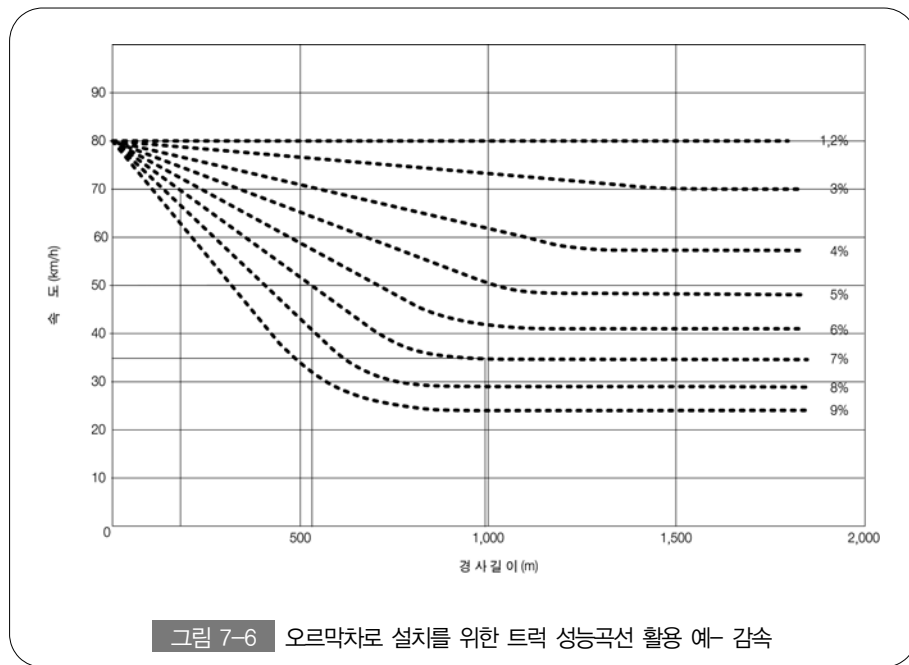
2) 오르막 차로 설치 시 고려사항

오르막 차로의 설치는 다음과 같은 사항을 고려하여 결정한다.(<도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 『해설』, 2012>참조)

- ① 교통량 또는 서비스 수준 : 특정경사 구간에서의 서비스 수준이 E, F로 운행되는 곳
- ② 대표 트럭의 속도 감소 : 대표트럭은 총중량/엔진성능이 100kg/kw인 트럭이며, 이 트럭의 오르막 성능 곡선(〈그림 7-6〉)을 이용하여 속도 감소를 예측한다.
- ③ 오르막 구간 진입속도 : 오르막 구간의 진입속도는 설계속도 80kph 이상인 경우는 모두 80kph로 하고, 설계속도 80kph미만인 경우에는 설계속도로 설정한다.
- ④ 오르막 차로 설치기준 : 오르막 구간 정점에서의 속도는 진입속도에서 20kph를 감한 값 이상을 유지하도록 해야하며, 20kph 이하로 감소하는 구간에서는 오르막차로를 설치해야 한다. 다만, 우리나라와 같이 산지부가 많은 지역적 조건을 감안할 때, 설계속도 40kph이하의 도로에서는 설계속도와 주행속도의 차가 심하지 않으므로 그 필요성을 검토하여 설치하지 아니할 수 있다.

3) 오르막 차로 설치 구간길이

본 예제 2에서 설계속도는 70kph이기 때문에, 트럭의 진입속도는 70kph로 결정한다.



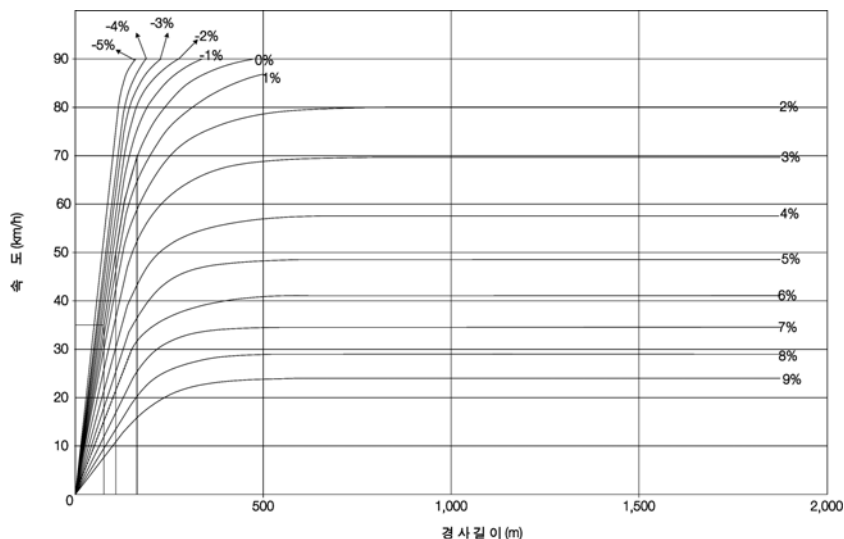


그림 7-7 오르막차로 설치를 위한 트럭 성능곡선 활용 예- 가속

다음으로 오르막 구간의 정점에서 나타나는 오르막 한계속도는 <그림 7-6>의 감속곡선에서 경사도 7%에서 약 35kph이므로 35kph의 속도 감소가 예상된다. 따라서 오르막 차로는 속도가 50kph 이하로 감소하기 시작하는 지점 즉, 경사 진입부에서 약 350m(=550m-200m) 떨어진 지점에서부터 설치해야 한다.

<그림 7-8>에서 O-A-C-D는 오르막차로를 설치하였을 경우의 평균 오르막 속도 곡선이며, O-A-B-C-D는 설치하지 않았을 경우의 것이다. 이때 1,300m 경사구간 이후의 구간(B-C-D)에서 트럭의 가속 정도는 <그림 7-7>에 나타나 있다. 따라서 오르막 차로 설치 필요구간(AC)는 660m = 1,010m - 350m가 된다. 또한, 차로 변경에 소요되는 시간을 3초로 가정하면 시점부와 종점부의 테이퍼 최소 길이는 45m가 된다. 여기에 종점부 테이퍼 최소 길이는 차량이 본선으로 진입하기 전 가속을 하기 때문에 적용 값에 여유를 두어 60m로 결정한다. 결국, 오르막 차로의 최소 설치 길이는 765m 이상이어야 한다.

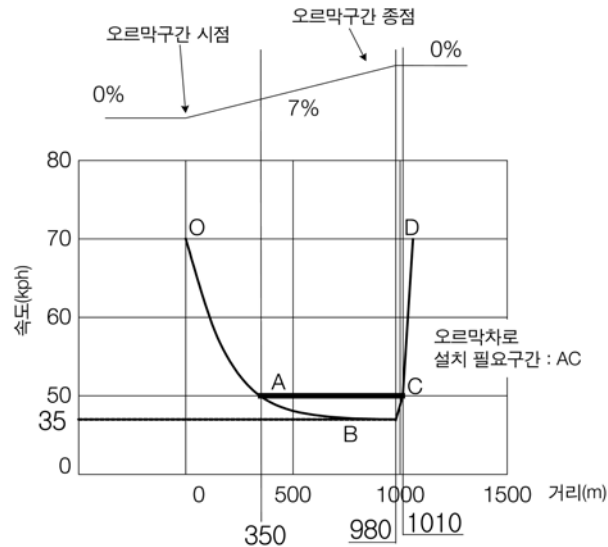


그림 7-8 속도-경사길이에 따른 오르막 차로의 설치 예

〈부록 A〉 2차로도로의 효율적인 운용 및 개량시설 설치방안

2차로도로상에서 나타나는 지체차량 증가, 앞지르기할 수 없는 상태, 서비스 수준의 저하, 위험한 앞지르기 행위 등 운행 및 안전상 발생하는 문제점은 2차로도로를 4차로 이상의 도로로 확장하지 않더라도 운행에 대한 폭넓은 개선방안과 개량시설 설치를 통한 서비스 수준의 개선으로 완화시킬 수 있다. 다음은 운행 및 안전상 발생할 수 있는 문제점을 완화시킬 수 있는 방법이다.

- 1) 앞지르기시거 확보를 위한 선형 개량
- 2) 좌회전차로 및 우회전차로 설치
- 3) 진행방향 앞지르기가능, 대향방향 앞지르기금지 차로표시
- 4) 교차로의 효율적인 처리
- 5) 오르막차로 설치
- 6) 턴아웃(turnout) 설치
- 7) 양보차로 설치
- 8) 짧은 4차로 구간 설치

1) 앞지르기사거 확보를 위한 선형 개량

앞지르기사거의 확보는 2차로도로의 설계시 반드시 고려해야 할 사항이며, 서비스 교통량에 상당한 영향을 준다. 앞지르기가 제한되기 때문에 차량들이 긴 차량군을 형성할 수 있으므로, 이때 발생하는 차량군을 분산시키기 위해서는 적절한 시거를 확보하여 가능한 한 최대한의 앞지르기기회를 제공하도록 하는 것이 바람직하다.

2) 좌회전차로 및 우회전차로 설치

우리나라 일반국도를 운행하다 보면, 시외곽 지역이나 소도시 읍면 마을부근에서 회전차량으로 인하여 2차로도로 주행차로 전체가 지체되는 경우를 자주 발견하게 되며, 가끔씩 우회전차량으로 인한 속도감속이나 급정지 등으로 인하여 사고가 발생하는 경우도 있다. 따라서 2차로도로 주행차로의 흐름을 원활히 해 주기 위하여 좌우회전을 위한 대기공간이 필요한 곳에는 독립적인 좌회전차로 및 우회전차로를 설치하는 것이 바람직하다.

3) 진행방향 앞지르기 가능구간, 대향방향 앞지르기 금지차로 표시

우리나라는 지형상 구릉지와 산지가 많다. 따라서 우리나라 지형을 고려하여 도로선형을 최대한 양호하게 설계한다 하더라도 구간마다 앞지르기사거가 완전히 확보되기는 어려우며, 양방향 모두 앞지르기 가능구간으로 허용하기에는 위험한 구간이 있다. 따라서 양방향으로 앞지르기를 허용할 경우 안전상 문제를 야기시킬 수 있는 구간에는 진행방향 앞지르기가능, 대향방향 앞지르기금지 등의 차로 표시를 하는 것이 안전상, 도로 운영상 바람직하다.

4) 교차로의 효율적인 처리

2차로도로의 분석에서 교통흐름을 연속류로 가정하고 있는데, 이 교통류는 지방지역 도로를 대표한다고 볼 수 있다. 그러나 지방의 일부지역과 도시 외곽지역 및 소도시 읍면에는 지역이 개발됨에 따라 차량출입을 위한 교차시설을 필요로 하는 곳이 늘어나고 있다.

교차점의 처리는 입체교차와 평면교차 방식이 고려될 수 있는데, 입체교차와 평면 교차 방식의 선택은 교통 여건, 도로 여건, 투자 여건 등 제반 여건을 고려하여 결정되어야 하며, 평면교차로 2차로도로를 처리할 경우 좌·우회전 차로나, 직진 전용차로를 설치하여 차량통행을 원활히 할 수 있도록 하여야 한다.

5) 오르막차로 설치

대형차와 같은 단위 엔진성능당 총중량이 큰 차량은 종단경사가 급한 오르막구간에서 속도가 뚜렷하게 떨어지며, 교통량이 많은 경우에는 다른 차량들이 저속차량을 앞지르기할 수 없으므로 저속차량의 뒤를

따르게 된다. 그 결과 용량이 감소되고, 경우에 따라서는 오르막구간에서 무리한 앞지르기를 시도함으로써 교통사고의 원인이 되기도 한다. 오르막구간에서 저속차량과 성능이 좋은 차량을 분리하여 통행시키기 위하여 설치하는 부가차로를 오르막차로라 한다. 오르막차로의 길이는 속도-경사도를 이용하여 적정 길이를 산정하고 기하구조는 인접 2차로도로와 동일하게 한다.

〈그림 7A-1〉과 〈그림 7A-2〉는 경사지에서 표준트럭의 감속 및 가속곡선을 나타낸다.

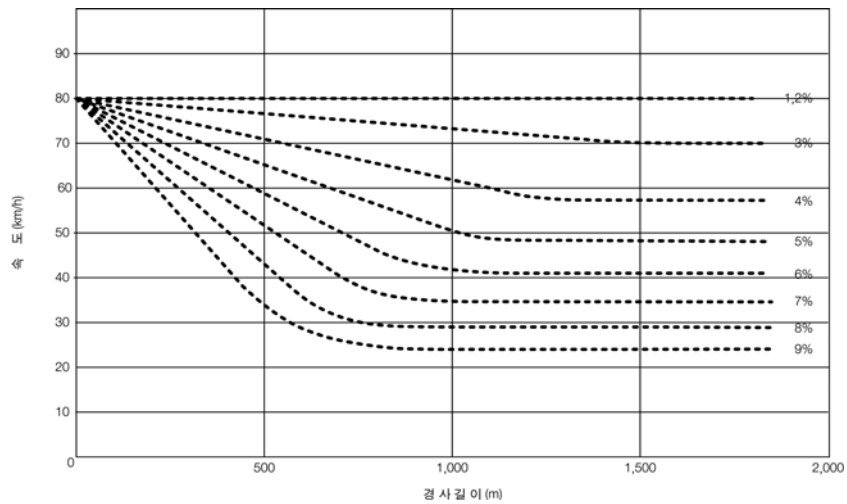


그림 7A-1 속도-경사길이에 따른 감속곡선(100kg/kw 표준트럭)

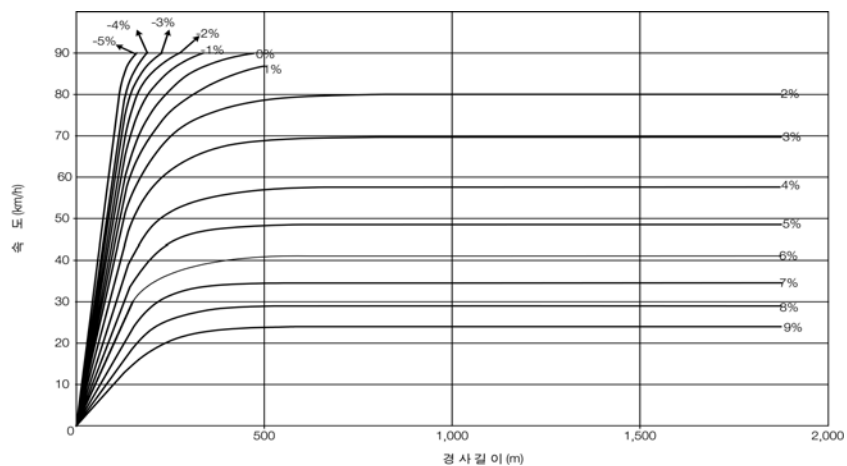
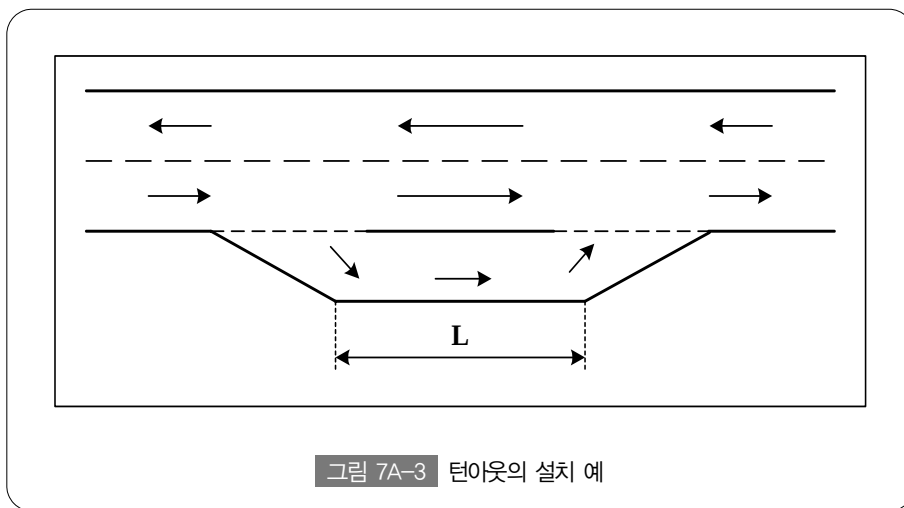


그림 7A-2 속도-경사길이에 따른 가속곡선(100kg/kw 표준트럭)

6) 턴아웃(turnout) 설치

턴아웃은 2차로도로의 한쪽 차로에 설치하여 저속차량의 양보를 유도하기 위한 시설로서, 상향경사 및 하향경사는 물론 평지에서도 교통류의 서비스 수준을 높이기 위해 설치되고 있다. 이 방법을 적절히 사용할 경우 상당량의 차량지체시간이 감소되며, 이에 대한 안정성도 인정되고 있다. <그림 7A-3>은 턴아웃의 설치 예이다.



여기에서 턴아웃의 최소길이 L은 접근 속도에 따라 달라진다. 미국의 도로용량편람에 의하면 턴아웃의 최소길이는 <표 7A-1>과 같다.

<표 7A-1> 2차로도로에서 턴아웃의 최소길이

접근속도(kph)	> 40	> 48	> 64	> 80	> 88	> 96
최소길이(m)	60	60	75	115	130	160

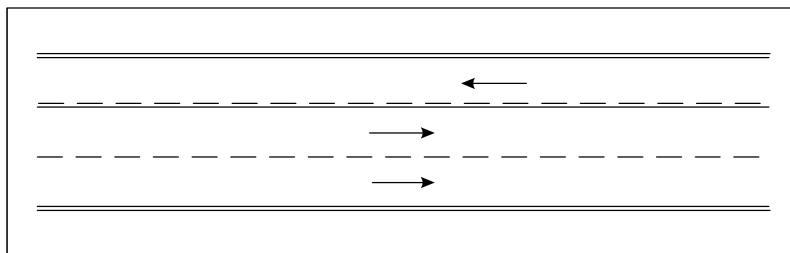
자료 : 1985년도 미국 도로용량편람, p 8-25

7) 양보차로 설치

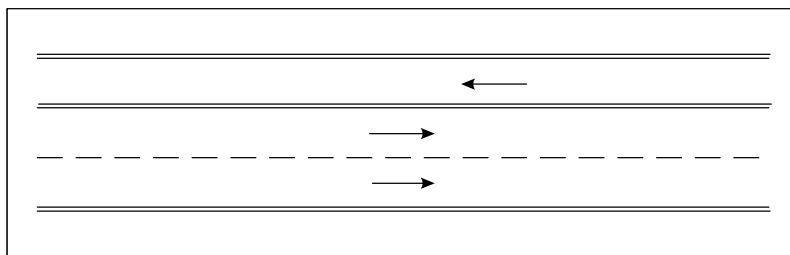
양보차로란 앞지르기 금지구간에서 차량소통을 증진시킴과 동시에 도로 안전성을 제고하기 위하여 저속차량을 위해 설치하는 차로를 말한다. 우리나라는 앞지르기 금지구간과 중차량이 많은 점을 감안할 때 2차로도로의 운영개선 방안으로 양보차로를 설치하는 것이 바람직하다.

양보차로의 설치 지역은 양보차로 진입 전에 운전자들이 충분히 인식할 수 있도록 표지판을 설치하여

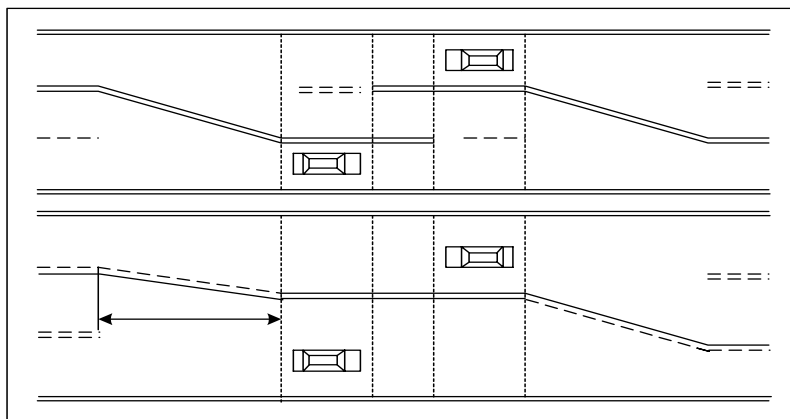
양보차로를 효율적으로 이용할 수 있도록 해야 한다. <그림 7A-4>에서는 양보차로의 노면표시 예를 보여준다.



(a) 전형적인 2차로 노면표시 : 대향 방향에 대해 앞지르기 허용



(b) 전형적인 2차로 노면표시 : 대향 방향에 대해 앞지르기 금지



(c) 전형적인 전이구간 노면표시

그림 7A-4 양보차로의 설치 예

다음은 도로 설계자들이 양보차로 설계시 고려해야 할 사항이다.

① 양보차로의 설치 조건

양보차로의 설치는 교통량이 양방향 400vph이상이고, 중차량 구성비가 20% 이상인 구간에서 앞지르기 가능구간이 30%이하일 때 도로 여건 및 경제성을 고려하여 결정한다.

② 양보차로의 길이

양보차로의 길이는 대체적으로 800m~2,000m범위가 적당하며, 교통량에 따른 양보차로의 길이는 <표 7A-2>를 이용하여 결정한다.

<표 7A-2> 양보차로의 길이

양방향 교통량(pch)	양보차로의 길이(m)
400 ~ 1,000	800 ~ 1,200
1,000 ~ 2,000	1,200 ~ 2,000
2,000 이상	양보차로 효과가 적다 (4차로 확장 필요)

③ 양보차로의 설치 간격

양보차로의 설치 간격은 <표 7A-3>을 기준으로 한다.

<표 7A-3> 양보차로의 설치 간격

구 분	양보차로의 설치간격(km)
• 저속차량에 의한 교통류의 지체가 다소 있는 경우	16 ~ 24
• 교통량이 많고 앞지르기기회가 확보되지 않는 경우	5 ~ 8

8) 짧은 4차로구간 설치

2차로도로에서 차량군이나 저속 차량의 방해로 제거하고, 안전한 앞지르기구간을 제공하기 위해 짧은 구간의 4차로를 건설하기도 한다. 이러한 구간은 특히 구릉지 또는 선형이 구불구불하거나 양방향의 종단이 급한 경사로 되어 있는 곳에서 효과적으로 이용될 수 있다. 짧은 4차로구간의 사용은 대상 도로의 장기계획, 도로부지의 이용 가능성, 기존 단면, 지형, 차량군의 형성과 앞지르기 특성에 따라 결정되어야 한다.

2차로에서 4차로로 변환시 앞지르기 시거가 충분히 확보될 수 있도록 설계하여야 한다. AASHTO에서 제의하고 있는 4차로구간의 길이는, 저속차량 뒷쪽에 있는 몇 대의 차량들이 이어질 2차로구간에 도달하기 전에 완전히 앞지르기할 수 있을 만큼 길어야 한다고 언급하고 있다. 대부분의 차량군이 분산될 수 있는 충분한 길이는 1.6km~2.4km정도이며, 4차로구간의 길이가 2.4km이상이 되면 운전자들은 도로가 기본적으로 2차로로 되어 있다는 인식을 잊어버리게 된다는 점에 유의하여야 한다.

〈부록 B〉 부호 정의

- TDR = 해당 도로구간의 여건이 고려된 총지체율
- TDR_b = 기본 조건에서의 총지체율
- PHF = 첨두시간계수
- V_P = 첨두시간 환산 교통량(pcph)
- f_{HV} = 중차량 보정계수
- f_{dw} = 차로폭 및 측방여유폭에 따른 보정계수
- f_{dD-P} = 방향별 분포 및 앞지르기금지구간 비율에 따른 보정계수
- S_h = 방향별 분포비 중 큰 값

〈부록 C〉 2001년 도로용량편람과 개정 편람과의 차이점

구 분	2001 편람	2013 편람
도로유형 구 분	- 유형 I과 유형 II 도로를 설계속도와 도로기능에 따라 구분하였음.	- 도로유형을 연속류구간(도로유형 I)과 신호교차로 구간(도로유형 II)으로 제시
효과척도 (MOE)	- 도로 유형별 총지체율	- 총지체율 외 2차 효과척도(통행속도) 추가
추가 분석 시설	-	- 2+1차로도로 분석방법 추가

제8장 | 신호교차로

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 방법론
3. 분석 과정
4. 예 제

1 개요

신호교차로는 방향이 다른 두 개 이상의 도로가 만나는 곳으로서 교통시스템 중에서 가장 복잡한 지점이다. 따라서 여러 방향의 이동류가 한 지점을 안전하고 효율적으로 통과하기 위해서는 통행권을 순차적으로 할당하는 교통신호가 있어야 한다. 연속교통류의 용량 및 서비스 수준을 분석하는 데는 교통량과 그 분포, 교통구성 및 도로의 기하특성을 고려해야 하지만, 신호교차로의 용량 및 서비스 수준을 분석하는 데는 이러한 조건 외에 신호시간 및 신호운영 방식 등을 추가로 고려하여야 한다.

교통신호등은 동일한 공간을 사용하는 상충되는 교통류에 대해서 사용시간을 할당해 준다. 이와 같은 시간할당은 교차로 접근로의 용량과 교차로의 용량, 나아가 교차로 전체의 운영에 많은 영향을 준다.

신호교차로의 용량 및 서비스 수준의 분석은 주어지거나 또는 예상되는 조건하에서의 서비스 수준을 찾아내는 데 초점을 맞춘다. 분석은 처음에 각 차로군의 용량 및 서비스 수준을 구하고, 이를 종합하여 한 접근로에 대한 용량이나 서비스 수준을 구하며, 다시 이를 종합하여 교차로 전체의 서비스 수준을 구할 수 있다.

용량은 용량 그 자체가 사용되는 경우는 극히 드물며, 대신 V/c 비의 형태로 많이 사용된다. 서비스 수준은 차량 당 제어지체를 기준으로 하고, 제어지체는 교차로에서 신호운영으로 인한 총지체로서, 감속지체, 정지지체, 가속지체를 합한 접근지체에다 초기 대기행렬로 인한 초기지체를 합한 것이다. 이 초기 대기행렬은 분석기간 이전에 교차로를 다 통과하지 못한 차량들로서, 분석기간 동안 도착한 차량이 이들에 의해 받는 지체를 초기지체라 한다.

(1) 용량과 서비스수준

신호교차로의 용량 및 서비스수준 분석의 목적은 각 현시의 임계차로군의 V/S 비를 이용하여 교차로의 V/c 비 즉 임계 V/c 비를 구하거나, 모든 차로군의 V/c 비를 이용하여 교차로 전체 차량당 평균지체시간을 구하여 서비스수준을 판단하거나, 모든 차로군의 V/S 비를 이용하여 적절한 현시 방법과 적정 신호시간을 계산하기 위한 것이다.

임계차로군(critical lane group)이란 한 현시 내에서 동시에 이동하는 차로군 중 V/S 비가 가장 큰 차로군을 말한다. 만약 한 현시 내에서 동시에 이동하는 교통류가 같은 접근로에 있으면 둘 또는 세 이동류를 합한 교통류가 임계차로군이 되거나, 경우에 따라서는 둘 또는 세 이동류 중에서 V/c 비가 큰

것이 임계차로군이 된다.

신호교차로 분석은 각 차로군별로 이루어지며 이를 이용하여 접근로별 및 교차로 전체에 대해 종합을 하지만, 교차로 전체의 용량이나 전체의 평균 V/c 비는 아무런 의미를 가지지 않음에 유의해야 한다. 왜냐 하면 교차로의 설계와 신호시간은 각 현시의 임계차로군만 만족시키면 되기 때문이며, 기타 다른 차로군의 V/c 비도 함께 고려하여 이를 평균한 값은 의미가 없다. 예를 들어 신호시간이 불합리 한 경우, 어느 한 접근로 또는 차로군의 V/c 비는 1.0을 훨씬 초과하는 반면 다른 접근로들 또는 차로군들의 V/c 비는 매우 적어 이를 종합하면 교차로 전체의 종합 V/c 비가 낮아 이 교차로의 교통운영 성과가 양호하다는 잘못된 결론을 내릴 수도 있다.

교차로의 용량은 한 차로군 또는 접근로의 용량을 말하며 교차로 전체의 용량은 의미가 없다. 또 교차로 접근로별 용량은 실제의 도로조건, 교통조건 및 신호조건 하에서 교차로 정지선을 통과 할 수 있는 차로군별 최대교통량을 말한다. 교통류율은 일반적으로 침두 15분 교통량을 4배하여 시간당 교통량(vph)으로 표시하는 침두 시간교통류율로 나타낸다.

교통조건은 각 접근로의 방향별 교통량, 중차량 구성비, 교차로 지역 내의 버스 이용현황, 도로변의 주차활동, 정지선 부근 이면도로의 진출입 차량대수, U턴 교통량, 횡단보행자 수 등을 말한다. 도로 조건은 차로수, 차로폭, 경사, 교차로 주변의 토지이용 특성, 우회전 도류화, 좌회전 곡선반경, 좌우 회전 전용차로 유무, 상류부 링크 길이, 버스 정류장의 위치와 버스 베이 유무 등을 말한다. 신호 조건은 신호주기, 차량 및 보행자 녹색신호시간, 황색신호시간, 상류부 교차로와의 옅셋, 좌회전 형태 등을 말한다.

신호교차로의 용량은 포화교통류율의 개념에 기초를 두고 있다. 포화교통류율 또는 포화교통량은 차로군 또는 어떤 접근로가 유효녹색시간의 100%를 모두 사용한다는 가정하에서 실제 현장의 도로 및 교통조건하에서 어떤 접근로 또는 차로를 이용하는 최대교통량을 말한다. 따라서 포화교통량 S 는 유효 녹색시간당 차량대수로 나타낸다.

어떤 접근로 또는 차로군의 교통량비(flow ratio)는 실제 교통류율 대 포화교통량의 비로 나타내며, i 접근로 또는 차로군에 대한 이 값은 $(V/S)_i$ 로 표시된다. 또 접근로 또는 차로군의 용량은 포화교통량 에다 유효녹색시간비를 곱하여 얻는다.

어느 접근로 또는 차로군의 교통량 대 용량의 비 V/c 는 교차로 분석에서 X 로 나타내기도 하며 이를 포화도(degree of saturation)라 부르기도 한다.

(2) 용어 정의

- **간격수락(gap acceptance)** : 부도로의 차량이 주도로의 차간시간을 이용하여 횡단하거나 합류하는 것.
- **계획분석(planning analysis)** : 개략적으로 추정된 교통량과 개략적인 신호시간으로, 임계차로 교통량의 합과 용량을 비교하여 교차로의 전반적인 크기를 구하거나 교차로 용량의 적절성을 파악하는 분석.
- **주기과포화 현상(cycle failure)** : 어느 주기 동안 도착한 교통량이 가장 가까운 녹색시간동안에 정지선을 다 벗어나지 못 할 경우를 의미함.
- **교통량비(flow ratio)** : 신호교차로의 접근로 또는 차로군의 교통류율 대 포화교통류율 V/S 비를 말하며, y 로 나타내기도 함.
- **교통섬(traffic island)** : 상충하는 교통류를 분리하거나 보행자 대피를 위하여 설치한 차로간의 특정구역을 말한다. 차량은 이 구역과 이를 보호하기 위하여 주의표지 등을 설치한 주변구역을 침범해서는 안 됨.
- **교통통제(traffic control)** : 도로교통법에 근거하여 도로에서의 위험을 방지하고, 교통의 원활한 소통을 도모하기 위하여 도로에서의 통행과 이 에 수반되는 각종 행위를 금지, 제한, 지시, 지정, 안내하는 것을 의미함.
- **균일지체(uniform delay)** : 주어진 교통량이 정확하게 일정한 차두간격으로 도착한다고 가정 할 때의 차량 당 평균 접근지체.
- **기본조건(base condition)** : 어떤 교통시설의 용량이 더 이상 증가 할 수 없는 좋은 조건으로서 이를 이상적 조건(ideal condition)이라고도 함.
- **포화교통류율(saturation flow rate)** : 실제조건하의 신호교차로에서 정지해 있던 차량이 정지선을 통과 할 수 있는 최대 교통량으로서, 녹색신호가 계속 될 때 손실시간이 없는 1 시간 동안의 교통류율로 나타낸다. 단위는 한 차로 당 녹색신호 한 시간당 승용차대수(passenger cars per hour of green per lane : pcphgpl).
- **기본 포화교통류율(base saturation flow rate)** : 기본 조건하에서의 포화교통류율로서 우리나라에서는 2,200 pcphgpl.
- **녹색시간비(green time ratio)** : 유효녹색시간의 주기에 대한 비율.
- **도류화(channelization)** : 차량과 보행자를 안전하고 질서 있게 이동시킬 목적으로 교통섬이나 노면표시를 이용해 상충하는 교통류를 분리시키거나 규제하여 명확한 통행로를 지시해 주는 것.
- **보정계수(adjustment factor)** : 기본조건하에서 어떤 파라미터가 갖는 값을 실제조건하에서의 값으로 바꾸기 위해서 곱하는 계수.

- **분석기간(analysis period)** : 교통시설의 용량을 분석하는 단위시간. 만약 이 기간 동안 교통수요가 용량을 초과하면, 이 용량초과로 인한 초기대기행렬을 고려하기 위해 분석기간을 연장.
- **서비스수준(level of service)** : 교통류의 질적 수준 즉, 교통류의 운영상태를 나타내는 것으로서, 운전자나 승객의 정성적인 평가기준이다. 교통시설의 종류에 따라 평가기준이 다르나, 신호 교차로는 차량 당 제어지체를 평가기준으로 함.
- **설계분석(design analysis)** : 교통량, 교차로 구조, 신호시간 및 요구 서비스 수준 등 4가지 요소 중에서 다른 3가지를 안다고 할 때 나머지 한 요소 즉, 교통량, 교차로 구조, 또는 신호시간을 구하는 분석.
- **소거손실시간(clearance lost time)** : 황색신호 중에서 실제로 차량이 이용하는 진행연장시간(end lag)을 뺀 시간.
- **순행속도(cruising speed)** : 어느 특정 도로구간에서 교통통제설비가 없거나 없다고 가정할 때 주어진 교통조건과 도로의 기하조건 및 도로변의조건에 의해 영향을 받는 속도. 도시부 도로에서는 상류부교차로 정지선에서부터 분석 교차로의 정지까지의 구간에서신호에 의한 가속, 감속, 정지 등의 영향을 받지 않는 구간의 속도.
- **양방 보호좌회전 신호(dual left turn protected)** : 서로 마주 보는 접근로의 좌회전이동일 현시에 진행되는 신호.
- **연동계수(progression factor)** : 신호연동이 교통류에 미치는 효과를 나타내는 계수로서, 균일 지체에만 적용.
- **오프셋 편의율(offset bias ratio)** : 상류 교차로에서 하류 교차로까지의 도달시간과 오프셋의 차이를 주기로 나눈 값으로서, 이 값이 0~1.0사이 값을 갖도록 임의의 정수를 더하거나 빼줌.
- **운영분석(operational analysis)** : 교통량, 신호시간 및 교차로의 기하구조가 주어지고지체 및 서비스 수준을 구하는 분석으로서 신호교차로 분석에서 가장 기본이 되는 분석.
- **유효녹색시간(effective green time)** : 어느 교통류가 진행되는 시간으로서, 주기에서적색시간과 출발지연시간을 빼고 진행연장시간을 더한 시간.
- **이동류(movement)** : 직진, 좌회전, 우회전 등 방향별 교통류
- **임계차로군(critical lane group)** : 주어진 신호현시 동안 가장 큰 교통량비(V/S) 값을 갖는 차로군
- **임계 V/c비(critical V/c ratio)** : 교차로 전체를 대상으로 임계 차로군들의 V/c 비를 종합한 값
- **전용 회전차로(exclusive turn lane)** : 좌회전 또는 우회전만 이용하는 차로.
- **제어지체(control delay)** : 신호제어로 인해 차로군이 속도를 줄이거나 정지함에 따른 지체로서, 감속이나 정지함이 없을 때의 통행시간과 비교한 통행시간 증가분. 이 것은 균일지체(uniform delay), 증분지체(incremental delay) 및 추가지체(initial queue delay)로 구성.
- **증분지체(incremental delay)** : 비균일 도착에 의한 임의지체(random delay)와, 분석 기간 내에서 몇 몇 과포화주기(cycle failure)에 의한 과포화지체(overflow delay)를 포함한 지체.

- **직좌 동시신호(directional separation)** : 한 접근로의 직진과 좌회전이 동시에 진행되는 신호이다. 따라서 반대편의 접근로도 이 신호방식으로 운영되어야 함.
- **직진환산계수(through-car equivalent)** : 좌회전 또는 우회전 교통류의 포화차두시간을 직진의 포화차두시간으로 나눈 값.
- **진행연장시간(end lag)** : 황색신호가 켜지면 교차로 안이나 가까이에서 진행하던 차량은 정지선에 급정거 할 수 없으므로 황색신호의 일부분을 녹색신호처럼 불가피하게 이용하는 시간. 우리나라에서는 이 값으로 2.0초를 사용.
- **차두시간(headway)** : 교통류 내에서 연속된 두 차량간의 시간간격으로서, 두 차량의 앞 범퍼 또는 두 차량의 뒷 범퍼를 기준으로 잴 시간.
- **차로군(lane group)** : 신호교차로의 접근로에서 용량과 서비스수준 분석을 하는데 개별 단위가 되는 차로들의 묶음.
- **차로이용율(lane utilization)** : 어떤 이동류가 2개 이상의 차로를 이용할 때 차로간의 교통량 분포. 그러나 교통수요가 용량에 도달 할수록 차로간의 교통량 차이는 줄어들.
- **초기 대기행렬(initial queue)** : 분석기간이 시작되기 전에 다 해소되지 못하고 남아있는 차량들로서, 분석기간에 도착한 차량에게 추가적인 지체를 유발함.
- **추가지체(initial queue delay)** : 분석기간 시작 전에 대기차량이 남아 있으면, 이 대기차량이 방출되는 동안 분석기간에 도착한 차량이 감당해야 할 추가적인 지체.
- **추종시간(follow-up time)** : 간격수락을 위해 대기행렬 상태에 있던 차량이 긴 차간간격을 만나 두 대 이상의 차량이 연속해서 간격수락을 할 때의 최소 차두시간.
- **출발손실시간(start-up lost time)** : 녹색신호가 켜지면 정지선 가까이에 있는 처음 5~6대의 차량은 포화차두시간보다 조금 더 긴 차두시간으로 정지선을 벗어나게 된다. 이 처음 몇 대 차량이 추가로 소비하는 증분시간의 합을 말하며, 우리나라에서는 2.3초로 사용.
- **포화도(degree of saturation)** : 교통류를 대 용량의 비 V/c 를 말하며, 신호교차로에서는 이 값을 X 로 나타내기도 함.
- **포화차두시간(saturation headway)** : 포화교통류를 때의 차두시간. 정지선에서 대기 하던 차량들이 녹색신호에서 정지선을 벗어날 때, 대기행렬중의 6번째 차량부터 대기행렬의 마지막 차량의 평균차두시간.
- **효과척도(measure of effectiveness: MOE)** : 교통시설의 서비스 수준을 정의하기 위한 것으로서 명확하고 계량적이어야 하며, 현장 측정이 가능하고, 도로 및 교통조건에 변화에 민감해야 함.

2 방법론

(1) 분석의 종류

신호교차로의 분석에 포함되는 요소는 교차로의 기하구조, 교통조건, 신호운영조건, 및 서비스수준이며, 이들 중 3개의 조건이 주어지면 나머지 한 조건을 구할 수 있다. 이 조합의 구성에 따라 운영분석, 설계분석, 계획분석으로 구분한다. 계획분석은 개략적인 조건들을 사용한다.

신호교차로를 분석할 때 고려되는 요소는 크게 교차로의 기하구조, 교통조건, 신호운영조건, 및 지체 또는 서비스 수준이다. 이들 4개의 요소 중에서 3개의 요소가 주어지면 나머지 하나는 결정이 된다. 구하고자 하는 목적에 따라 이들의 조합과 그 명칭을 나타내면 다음과 같다.

- ① 운영분석 : 교통량, 신호운영 및 기하구조를 알고 서비스 수준을 구함.
- ② 설계분석 : i) 교차로 구조, 요구 서비스수준, 교통량을 알고 신호시간을 계산하거나,
ii) 교차로 구조, 요구 서비스수준, 신호조건을 알고 교통량을 구하거나,
iii) 교통량, 신호시간 및 요구 서비스수준을 알고 접근차로수 등을 계산
- ③ 계획분석 : 교차로의 전반적 크기 결정, 또는 교차로용량의 과부족 여부 파악

운영분석(operational analysis)은 교통량, 신호시간 및 교차로의 기하구조가 주어지고 지체 및 서비스 수준을 구하는 분석으로서 신호교차로 분석에서 가장 기본이 되며 간단한 분석이다.

설계분석(design analysis)에서는 일반도로 분석에서 요구되는 서비스수준 즉, 설계 서비스 수준은 의미가 없거나 그다지 중요하지 않다. 또 교차로 구조와 교통량이 주어졌을 때 최적 신호시간이외의 신호시간은 구할 필요가 없다. 뿐만 아니라 교차로 구조와 신호시간이 주어졌을 때 설계 서비스 수준을 만족시키는 교통량은 구할 수는 있으나, 이 서비스 수준이 지체값에 의해 결정되므로 다양한 교통량 값을 사용하여 운영분석을 여러 번 반복함으로써 얻을 수 있다. 교통량과 신호시간이 주어질 때 어떤 서비스 수준을 만족시키는 교차로의 크기를 구하는 것도 마찬가지로 반복적인 운영분석을 통해서 최적값을 찾는 과정이다.

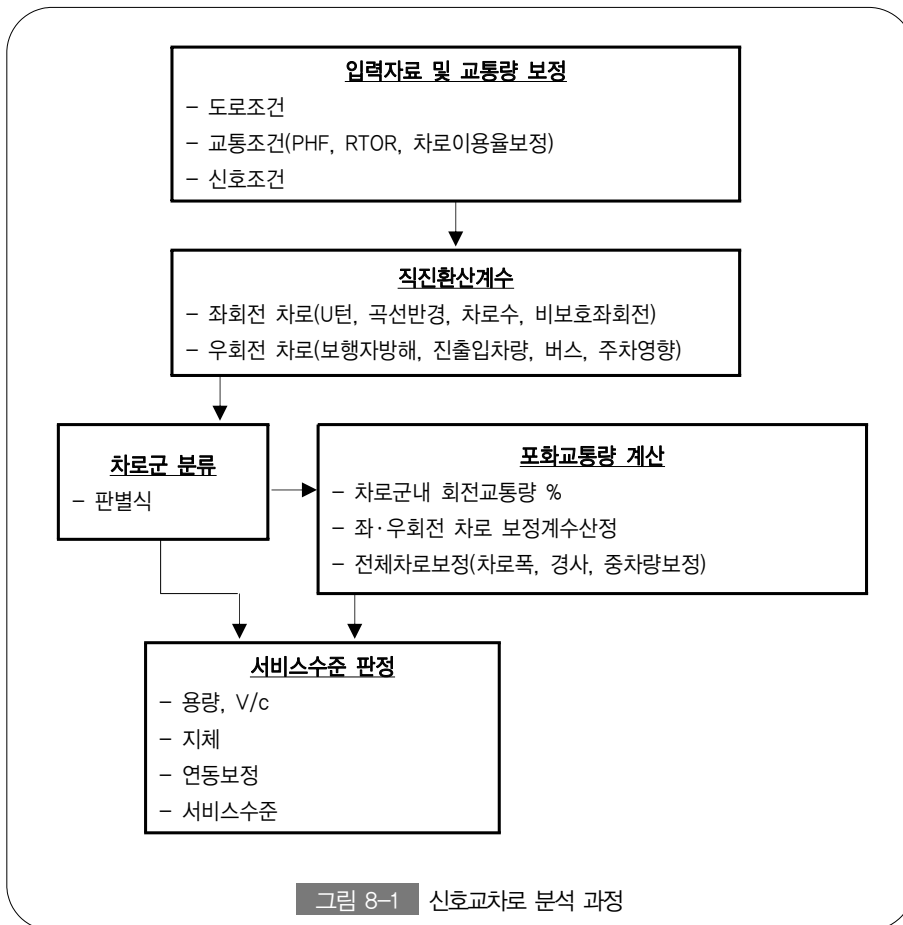
계획분석(planning analysis)은 교차로의 전반적인 크기를 구하거나 교차로 용량의 적절성을 파악하기 위해 실시된다. 이 분석에 사용되는 입력자료는 개략적으로 추정된 교통량과 교차로 구조로서 임계차로 교통량의 합과 용량을 비교하는 것이다. 이 분석 역시 개략적인 입력자료를 사용한다는 것 외에는 분석절차나 방법이 설계분석과 매우 비슷하다.

<표 8-1>은 이러한 5가지의 분석종류를 요약한 것이다. 본 편람에서 설명한 방법론은 이 다섯 가지의 분석에 모두 적용될 수 있으나, 중복을 피하기 위해 운영분석 위주로 설명을 하였다. 신호 또는 교차로를 위한 설계분석에서는 이 두 조건을 동시에 변화시켜야 할 필요도 있다. 즉 신호와 교차로 기하조건은 따로 떼어 놓을 수 없기 때문에 대부분의 분석에서는 시행착오법으로 반복해서 계산해야 한다.

〈표 8-1〉 분석의 종류

분석종류	주어지는 조건	구하는 조건	비고
운영분석	교통량 신호시간 교차로 구조	서비스수준	-
설계분석	교통량 교차로 구조	서비스수준을 가장 좋게 하는 최적 신호시간	초기 신호시간을 가정한 후 이를 변화시키면서 반복계산
설계분석	신호시간 교차로 구조 요구 서비스수준	최대교통량	변수 간 상호연관성 때문에 반복계산 필요
설계분석	교통량 신호시간 요구 서비스수준	교차로 구조	초기 교차로의 구조를 가정한 후 이를 변화시키면서 반복 계산
계획분석	교통량 교차로 구조	적정 신호계획을 추정하고, 이 때의 서비스 수준 또는 용량 적절성 파악	대부분의 입력자료는 추정

운영분석은 5개의 모듈 즉, 입력자료 및 교통량 보정, 직진환산계수 산정, 차로군 분류, 포화교통량 산정, 서비스 수준 결정으로 나눌 수 있다. 〈그림 8-1〉은 분석방법의 기본적인 계산절차와 입력자료를 나타낸다.



(2) 서비스 수준

신호교차로에서 서비스수준의 평가기준으로 사용되는 지체는 운전자의 욕구불만, 불쾌감 및 통행시간의 손실을 나타내는 대표적인 파라미터이다. 특히 이 서비스수준의 기준은 분석기간(보통 첨두 15분) 동안의 차량 당 평균제어지체로 나타낸다. 이 지체의 크기에 따라 서비스수준을 A, B, C, D, E, F, FF, FFF 등 8개의 등급으로 나타낸다.

차량 당 평균제어지체란 분석기간에 도착한 차량들이 교차로에 진입하면서부터 교차로를 벗어나서 제 속도를 낼 때까지 걸린 추가적인 시간손실의 평균값을 말한다. 또 여기에는 분석기간 이전에 교차로를 다 통과하지 못한 차량으로 인해서 분석기간 동안에 도착한 차량이 받는 추가지체도 포함된다.

평균제어지체는 각 차로군별로 계산되며, 이를 각 접근로별로 종합하고, 또 각 접근로별의 지체를 종합하여 교차로 전체에 대한 평균지체값을 계산한다. 지체는 현장에서 측정을 하거나 계산에 의해서 구할 수 있는 것으로서, 주기길이, 녹색시간비, 연동형식 및 차로군의 V/c비에 의해서 좌우된다.

아래 <표 8-2>는 신호교차로에서 차량당 평균제어지체값에 해당하는 서비스 수준을 나타낸 것이다.

<표 8-2> 신호교차로의 서비스 수준 기준

서비스수준	차량당 제어지체
A	≤ 15초
B	≤ 30초
C	≤ 50초
D	≤ 70초
E	≤ 100초
F	≤ 220초
FF	≤ 340초
FFF	> 340초

1) 서비스수준 A

지체가 15초 이하인 운행상태로서, 양호한 연속진행 신호시스템을 갖는 교차로에서 대부분의 차량들은 녹색시간 동안에 도착하므로 정지함이 없이 진행하게 된다. 이러한 상태는 교통량이 적을 때이므로 신호주기가 짧으면 지체를 줄이는 데 도움이 된다.

2) 서비스수준 B

일반적으로 연속진행 상태가 좋으나 서비스수준 A 때보다 지체가 좀 긴 15~30초의 상태이다. 신호주기도 비교적 짧다.

3) 서비스수준 C

비교적 좋은 연속진행 상태이며 신호주기는 비교적 길다. 이 수준에서는 녹색신호에 도착해도 정지해야 하는 경우가 상당히 많으며 심지어는 그 녹색신호 동안에 교차로를 통과하지 못하는 수도 있다. 지체는 차량 당 평균 30~50초 정도이다.

4) 서비스수준 D

상당히 혼잡한 상태로서, 부적절한 연속진행시스템, 지나치게 짧거나 긴 주기, 또는 높은 V/c비 때 발생한다. 많은 차량들이 정지하게 되고, 정지하지 않고 교차로를 통과하는 차량의 비율은 매우 적다.

또 한 주기 이상 기다려도 통과 못하는 차량이 더욱 많아진다. 지체는 차량 당 평균 50~70초 정도이다.

5) 서비스수준 E

차량 당 평균 70~100초의 지체로 운영되는 상태를 말하며, 이 지체의 범위가 운전자로서 받아들일 수 있는 최대의 지체한계로 생각된다. 이와 같은 상태는 일반적으로 좋지 못한 연속진행상태, 높은 V/c비 및 불합리한 신호시간 때문에 발생하게 되며 한 주기 이상 기다려야 하는 경우가 빈번하다.

6) 서비스수준 F

대부분의 운전자들이 받아들일 수 없는 과도한 지체 상태로서 과포화상태, 즉 도착교통량이 용량을 초과할 때 주로 발생한다. 좋지 못한 연속진행과 불합리한 신호시간이 이러한 상태를 유발하는 주요 원인이 된다. 평균지체는 100~220초 정도이다.

7) 서비스수준 FF

심각한 과포화 상태이다. 교차로를 통과하는 데 평균적으로 2주기 이상 3주기 이내의 시간이 소요된다. 신호시간을 개선한다 하더라도 연속진행이 어려워 서비스수준 F 이상 좋아지기 힘들다. 교통 수요를 줄이거나 회전을 금지하거나 교차로의 구조를 개선함으로써 이 상황을 호전시킬 수 있다.

8) 서비스수준 FFF

극도로 혼잡한 상황으로, 교차로를 통과하는 데 3주기 이상 소요되는 상태이다. 평상시에는 이와 같은 상황이 거의 발생하지 않으나 상습 정체지역에서 돌발상황이 발생했거나 악천후시 관측될 수 있는 혼잡상황이다.

지체가 복합적인 평가기준이기 때문에 지체와 용량의 관계 또한 복잡하다. <표 8-2>의 서비스수준은 지체의 크기에 따라 운전자들이 느끼는 서비스수준이므로 이를 용량과 1 대 1로 대응시킬 수 있는 것은 아니다. 도로에서는 서비스수준 E 상태가 용량 상태라고 정의하고 있으나, 신호교차로에서는 예를 들어 V/c비가 1.0보다 적은 값에서도 지체의 크기는 서비스수준 F를 초과하는 경우도 생길 수 있다.

주어진 어떤 교통량에 대한 지체는 포화교통량, 주기, 녹색시간비 및 연속진행 정도에 따라 좌우된다. 또 V/c비는 포화교통량과 녹색시간비에 의해 영향을 받으므로 V/c비는 지체와 밀접한 관계가 있다. 설사 녹색시간비가 일정하다 하더라도 주기의 길이에 따라 지체가 달라지지만, 흔히들 알고 있는 것처럼 주기가 길다고 해서 지체가 커지고 주기가 짧다고 해서 지체가 작은 것은 아니다. 어떤 교통량에서든지 지체가 최소가 되는 적정주기가 있으며, 이 적정주기는 교통량비에 따라 그 크기가 달라진다. 즉 동일한 녹색시간비라 하더라도 주기의 길이가 너무 짧거나 길면 지체는 매우 커진다.

(3) 입력자료 및 교통량 보정

1. 도로, 교통, 신호조건에 관한 자료 정리
2. 첨두 시간교통류율 환산 : (식 8-1)
3. 차로이용율 보정 : (식 8-2), <표 8-5>
4. 우회전 교통량 보정 : (식 8-3), <표 8-6>

1) 입력자료

교차로조건, 교통량 및 신호조건에 관한 자료를 준비한다. 분석대상이 현재의 교차로이면 현장관측으로부터 자료를 얻을 수 있다. 장래의 조건하에서 분석한다면, 예측 또는 제안된 교통량 및 교차로조건, 신호시간을 사용한다. 장래조건에 대한 분석을 할 때는, 현장관측을 할 수가 없기 때문에 합리적인 예측모형식을 이용해서 많은 변수들의 값을 결정한다.

<표 8-3>은 신호교차로의 운영분석에 필요한 입력자료를 도로조건, 교통조건 및 교통신호조건별로 구분한 것이다.

(가) 도로조건

분석하는 접근부의 모든 기하구조를 파악해야 한다. 특히 접근로 전체의 차로수와 좌회전 전용 및 공용 차로수, 차로폭, 경사 등은 물론이고, 우회전 교통섬의 유무, 횡단보도의 유무, 노상주차시설 유무 등에 관한 자료가 준비되어야 한다.

〈표 8-3〉 차로군 분석에 필요한 입력자료

조건형태	변 수
도로조건	차로수, N 평균차로폭, $w(m)$ 경사, $g(\%)$ 상류부 링크 길이(m) 좌우회전 전용차로 유무 및 차로수, 좌회전 곡선반경, R_L 우회전 도류화 유무 주변의 토지이용 특성 버스베이 유무 버스 정거장 위치, I 노상주차시설 유무 진·출입로의 위치(m)
교통조건	분석기간(시간) 이동류별 교통수요, $V(vph)$ 기본포화교통유율, $S_0(pcphgpl)$ 첨두시간계수, PHF 중차량 비율, $P_T(\%)$ 버스정차대수, $V_b(vph)$ 주차활동, $V_{park}(vph)$ 순행속도, (kph) 진·출입 차량대수, $V_{ex}, V_{en}(vph)$ U턴 교통량(vph) 횡단보행자 수(인/시) 초기 대기차량 대수(대) 승하차 인원(인/대)
신호조건	주기, $C(초)$ 차량녹색시간, $G(초)$ 보행자 녹색시간, $G_p(초)$ 황색시간, $Y(초)$ 상류부 교차로와의 오프셋(초) 좌회전 형태

(나) 교통조건

교통량 특히 과포화가 일어나는 경우는 각 접근로별, 각 이동류별 교통수요를 조사해야 한다. 조사 내용은 분석의 대상이 되는 시간대의 첨두시간 교통유율이다. 이 때 분석 대상이 반드시 첨두시간이 아닌 임의의 시간 일 수도 있다. 만약 첨두시간 교통유율을 모를 경우에는 시간교통량을 PHF로 나누어 사용할 수 있다. 만약 V/c 비가 약 0.9 이상인 경우가 발생하면, 제어지체는 분석기간의 길이에 따라 크게 달라진다. 이 경우, 만약 15분이 넘도록 비교적 일정한 교통유율을 나타내면 그 일정 유율의 시간을 분석기간으로 한다.

만약 분석기간의 V/c 비가 1.0을 넘으면, 과포화 상태가 해소될 때까지 분석기간을 연장한다. 또, 이렇게 연장된 분석기간 내에 교통수요의 변동이 심하면, 이 기간을 15분보다 짧은 단위로 여러 개 나누어 각각에 대해서 분석을 한다.

중차량에 대한 보정은 차로균별로 하며, 횡단보행자는 횡단신호와 함께 우회전을 방해하는 요소로 사용된다.

기본 조건에서의 포화교통류율 S_0 는 2,200pcphgpl(passenger car per hour of green per lane)이다. 여기서 기본 조건이란 다음과 같은 조건을 말한다.

- ① 차로폭: 3 m 이상
- ② 경사가 없는 접근부
- ③ 교통류는 직진이며, 모두 승용차로 구성
- ④ 접근부 정지선의 상류부 75 m 이내에 버스 정류장이 없음
- ⑤ 접근부 정지선의 상류부 75 m 이내에 노상 주정차 시설 없음
- ⑥ 접근부 정지선의 상류부 60 m 이내에 진출입 차량이 없을 것

신호교차로의 교통특성 중에서 매우 중요한 것이 상류부 교차로와의 연동수준이다. 이 연동수준은 링크의 길이, 순행속도, 주기 및 녹색시간비에 좌우된다.

(다) 신호조건

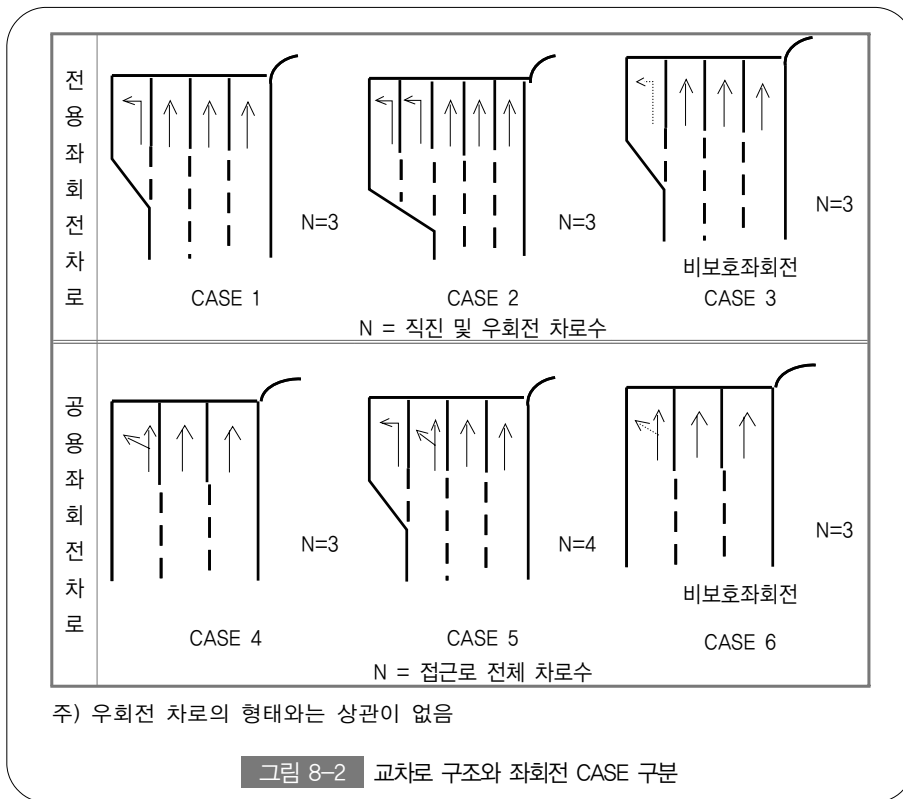
분석에 필요한 신호조건은 현시계획, 주기, 녹색시간, 및 황색시간이다. 운영분석에서는 이들의 값이 주어지며, 최적 신호현시 및 신호시간을 찾기 위한 설계분석에서는 교통수요와 포화교통류율에 관한 보정이 끝난 후에 이들을 계산해야 하나 이 과정은 다른 많은 책에 설명되어 있으므로 본 편람에서는 생략한다. 그러나 비보호좌회전을 고려해야 하는 경우에는 포화교통량이 신호시간에 의해 영향을 받으므로 포화교통량과 신호시간을 반복적으로 계산할 필요가 있다.

신호교차로는 신호운영방법과 좌회전 전용차로 유무에 따라 용량분석 방법이 달라진다. <표 8-4>는 신호운영과 좌회전 차로의 개수 및 차로 운영형태에 따라 편의상 CASE 별로 구분한 것이며, <그림 8-2>는 교차로 구조 특히 좌회전 차로의 형태와 좌회전 CASE의 관계를 그림으로 나타낸 것이다. 우회전은 모든 경우에 다 해당되므로 표에서는 나타내지 않았으나 도류화 된 공용우회전과 도류화 되지 않은 공용우회전 및 전용 우회전의 경우로 나누어 분석한다.

<표 8-4> 신호운영과 좌회전 차로별 구분

신호운영 \ 좌회전차로	전용좌회전 차로수		공용좌회전 차로수	
	1	2	1	2
양방보호좌회전	CASE 1	CASE 2		
직좌 동시신호			CASE 4	CASE 5*
비보호좌회전신호	CASE 3		CASE 6	

* 왼쪽 차로가 좌회전 전용차로라 하더라도 오른쪽 차로가 공용이면 두 차로 다 공용으로 간주



여기서,

- ① CASE 1 : 전용 좌회전차로가 1개이며, 양방 보호좌회전신호 또는 직좌 동시신호
- ② CASE 2 : 전용 좌회전 차로가 2개이며, 신호운영은 CASE 1과 같음
- ③ CASE 3 : 전용 좌회전 차로가 1개이며, 비보호 좌회전 신호
- ④ CASE 4 : 직진과 좌회전 공용차로가 1개이며, 직좌 동시신호
- ⑤ CASE 5 : 맨 왼쪽 차로는 전용 좌회전, 그 다음 차로는 직진과 좌회전의 공용차로이며, 신호는 CASE 4와 같음
- ⑥ CASE 6 : 직진과 좌회전 공용차로가 1개이며, 비보호 좌회전 신호

2) 교통량 보정

분석에 사용되는 교통량은 분석시간대의 평균 교통류율(vph)을 말한다. 분석기간은 보통 15분이지만 시간당 교통량이 주어지는 수도 있다. 이 때는 첨두시간계수를 이용하여 첨두시간 교통류율로 환산해 사용한다. 또 차로군에서 각 차로간의 교통량 분포가 일정하지 않아 교통량이 많이 이용하는 차로를 기준으로 보정을 해 준다.

분석의 대상이 되는 교통량은 녹색신호를 사용하는 것에 국한되므로 적색신호에서 우회전하는(right turn on red: RTOR) 교통량은 분석에서 제외시켜야 한다.

(가) 첨두 시간교통량을 환산

첨두시간 교통류율은 분석시간대(보통 첨두 한 시간)내의 첨두 15분 교통량을 4배해서 한시간 교통량으로 나타낸 것으로서, (식 8-1)과 같이 시간당 교통량을 첨두시간계수(peak hour factor: PHF)로 나누어 얻는다.

$$V_P = \frac{V_H}{PHF} \quad (\text{식 8-1})$$

여기서,

V_P : 첨두시간 교통류율(vph)

V_H : 시간 교통량(vph)

PHF : 첨두시간계수

PHF를 이용하여 시간 교통량을 첨두시간 교통류율로 환산할 때, 모든 이동류가 이 시간대에 동일한 첨두현상을 보인다고 가정한 것이므로 나중 계산되는 제어지체 값은 어느 정도 높게 추정된다. 만약 첨두시간 교통류율을 직접 측정을 했다면 PHF를 적용할 필요가 없다. 교차로의 모든 이동류가 동시에 첨두현상을 보이지는 않기 때문에 각 이동류별로 15분교통량을 직접 측정하여 최대로 혼잡한 분석 시간대를 찾아내는 것도 좋다.

(나) 차로이용률 보정

같은 차로군에 포함된 이동류 또는 이동류들이 여러 차로를 이용할 경우 차로별로 같은 이용도를 보이지 않는다. 운영분석을 할 때 보다 세밀한 분석을 위해서 차로이용률계수를 이용해 이러한 차로군 내 차로별 이용률 차이를 보정하는 것이 바람직하다. 그러나 차로군의 V/c비가 0.9를 넘는 경우는 차로별 이용률의 차이가 적거나 없는 경우가 많다.

차로이용률의 보정은 첨두교통량에 차로이용률계수(F_U)를 곱하여 보정한다. 차로군 분류를 하지 않고는 차로군의 차로수를 알 수 없을 뿐만 아니라, 직진의 공용회전차로 이용률이 상대적으로 낮기 때문에 직진교통은 공용회전차로를 제외한 차로를 이용한다고 가정한다. 따라서 직진교통의 직진차로별 평균교통량을 계산하고 <표 8-5>로부터 차로이용률계수를 찾는다.

전용 좌회전 차로가 2개 이상인 접근로나 T형 교차로에서 흔히 볼 수 있는 바와 같이 전용 좌(또는 우)회전차로가 2개 이상일 때도 이 계수를 적용한다. 설계분석이나 계획분석을 할 때는 <표 8-5>의 희망하는 설계수준으로부터 차로이용률계수를 찾는다.

$$V = V_P \times F_U \quad (\text{식 8-2})$$

여기서,

V = 보정된 교통량(vph)

V_P = 첨두 시간교통류율(vph)

F_U = 차로이용률 계수

〈표 8-5〉 차로이용 계수(F_U)

직진의 전용차로수	차로별 평균교통량(vphpl)		설계수준	
	800 이하	800 초과	서비스수준 C, D	서비스수준 E
1차로	1.00	1.00	1.00	1.00
2차로	1.02	1.00	1.02	1.00
3차로	1.10	1.05	1.10	1.05
4차로 이상	1.15	1.08	1.15	1.08

(다) 우회전 교통량 보정

신호교차로 분석은 녹색신호를 소모하는 차량만 취급을 하므로, 도류화 되지 않은 공용 우회전 차로에서 적색신호에 우회전하는 차량(RTOR)은 분석에서 제외된다. 또 도류화 된 공용 우회전 차로에서도 RTOR 및 직진신호 때 이 차로를 벗어난 우회전 차량은 분석에서 제외된다. 다시 말하면, 우측차로는 일반적으로 다른 직진차로보다 넓기 때문에 직진 옆으로 우회전하여 빠져 나가는(녹색신호라 할지라도) 교통량은 분석에서 제외된다. 이들 차량은 신호와 관계없이 우회전하는 우회전 전용차량으로 간주될 수 있기 때문이다. 정지선 부근에 교통섬으로 도류화된 공용우회전 차로는 일반적으로 차로폭이 넓으므로 이러한 경우가 더 많다.

정지선 부근에 우회전 도류화 시설이 없는 공용 우회전 차로와 도류화된 공용 우회전 차로 및 세 갈래 교차로에서 흔히 볼 수 있는 전용 우회전 차로를 가진 대표적인 교차로 접근로를 〈그림 8-3〉에 나타내었다. 이들 각 경우에 따른 우회전 교통량 보정계수(F_R)는 〈표 8-6〉에 나와 있다. 이 계수는 우회전 교통량 중에서 직진신호를 배타적으로 소모하면서(직진이 소모하지 않으면서) 우회전하는 교통량의 비율을 나타낸다.

주어진 전체 우회전 교통량에 이 보정계수를 곱하면 분석에 사용되는 우회전 교통량을 얻을 수 있다.

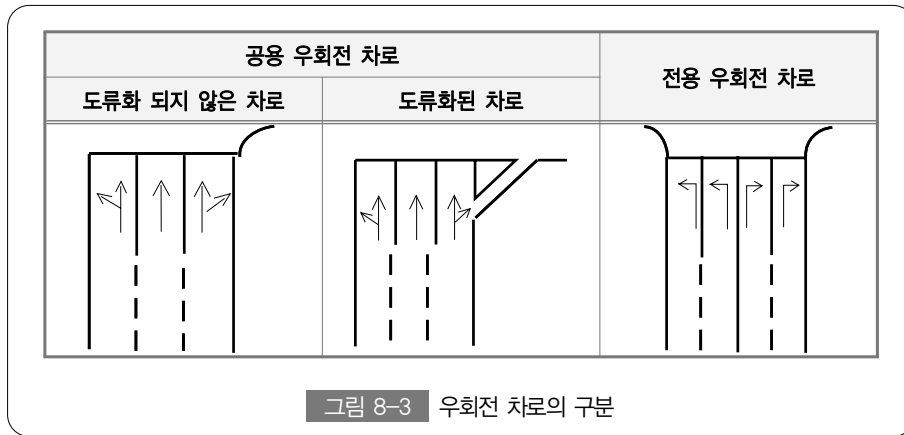
$$V_R = V_{RO} \times F_R \quad (\text{식 8-3})$$

여기서,

V_R = RTOR에 대해서 보정된 우회전 교통량(vph)

V_{RO} = 총 우회전 교통량(vph)

F_R = 우회전 교통량 보정계수

〈표 8-6〉 우회전 교통량 보정계수(F_R)

우회전 차로 구분		$F_R(V_R/V_{R0})$
4 갈래 교차로	도류화 되지 않은 공용 우회전 차로	0.5
	도류화 된 공용 우회전 차로	0.4
3 갈래 교차로	전용 우회전 차로 기타 우회전 차로	0.5

(4) 회전 및 노변차로의 직진환산계수

1) 좌회전 차로의 직진환산계수(E_L)

$$E_L = E_l \times E_p \times E_u \quad (\text{식 8-6})$$

① E_l : 좌회전 자체의 직진환산계수 〈표 8-7〉

② E_p : 좌회전 곡선반경 영향 직진환산계수 〈표 8-9〉

③ E_u : U턴 영향 직진환산계수 〈표 8-10, 11〉

2) 우회전 차로의 노변마찰로 인한 포화차두시간 손실(L_H)

$$L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times 0.3 \quad (\text{식 8-10})$$

① L_{dw} : 진출입차량의 방해 시간 (식 8-7)

② L_{bb} : 버스 정차로 인한 방해 시간 (식 8-8)

③ L_p : 주차활동으로 인한 방해 시간 (식 8-9)

3) 우회전 차로의 직진환산계수(E_{R1} , E_{R2})

① E_{R1} : 도류화 되지 않은 공용우회전의 직진환산계수 (식 8-11)

② E_{R2} : 도류화된 공용우회전의 직진환산계수 (식 8-12)

모든 회전차로 및 노변차로는 교통류 내부 및 외부마찰에 의해 이동효율이 감소한다. 내부마찰이란 차량 상호간 또는 횡단보행자와의 간섭, 또는 도로조건으로 인한 포화차두시간의 증가를 말하며, 외부마찰이란 도로변의 버스 정차, 주차활동, 이면도로의 진출입차량으로 인한 포화차두시간의 증가를 말한다. 따라서 좌회전 차로는 내부마찰이 거의 대부분이며, 우회전 차로는 내부마찰 및 외부마찰을 같이 받는다. 우회전이 없거나 금지된 접근로는 외부마찰만 받는다.

포화교통량은 포화차두시간(saturation headway)으로 나타낼 수도 있다. 따라서 어떤 교통류 또는 차량의 평균 포화차두시간을 기본 포화류율의 포화차두시간($3,600/2,200 \approx 1.63$ 초)으로 나눈 값, 또는 기본 포화류율을 그 교통류의 포화류율로 나눈 값은 그 교통류 또는 그 차량의 평균 직진환산계수(through-car equivalent)이다. 예를 들어 어느 교통류의 포화류율이 1,800pcphgpl이라 할 때, 이 교통류의 평균 직진환산계수는 $2,200/1,800 = 1.22$ 이다.

어느 교통류의 직진환산계수를 계산할 때, 그 접근로내의 직진 이동류에 대한 실제 현장의 포화교통류율을 사용하지 않고, 기본 포화교통류율을 사용하는 이유는 차로군 분류를 할 때까지 직진은 기본 조건을 갖는다고 가정하기 때문이다. 즉 차로폭, 경사 및 중차량에 대한 보정은 모든 이동류에 대하여 일률적으로 하기 때문에 포화교통량 보정의 맨 마지막 단계에서 한다.

이 직진환산계수를 사용하면 각 이동류의 교통량을 포화 차두시간의 누적인 차로이용율로 나타낼 수 있고 이를 비교하여 차로군 분류를 할 수 있다.

1) 좌회전 차로의 직진환산계수(E_L)

(가) 좌회전 자체의 직진환산계수(E)

좌회전의 곡선반경이 20m 이상이고 U턴이 없을 때, 좌회전의 평균 직진환산계수는 좌회전이 가능한 차로수와 신호운영의 방법에 따라 달라진다. 비보호좌회전으로 운영되는 경우 이 평균 직진환산계수는 대향직진 교통량, 좌회전 교통량, 차로수 및 녹색시간비에 따라 달라진다.

〈표 8-7〉 좌회전 자체의 직진환산계수(E_L)

신호운영 \ 좌회전 차로	전용좌회전 차로수		공용좌회전 차로수	
	1	2	1	2
양방보호좌회전	1.00	1.05	 	
직좌 동시신호			1.00	1.02*
비보호좌회전신호	E_{13} 공식**		E_{16} 공식***	

주) * 왼쪽 차로가 좌회전 전용차로라 하더라도 오른쪽 차로가 공용이면 두 차로 모두 공용으로 간주

$$^{**}E_{13} = \frac{2,200}{V_o P} + \frac{2,200(1-g/C)V_o}{(2,200N - V_o)V_L} \quad (\text{식 8-4})$$

$$^{***}E_{16} = \frac{2,200}{V_o P} + \frac{1}{V_L} \left[\frac{2,200(1-g/C)V_o}{2,200N - V_o} - \frac{3,600V_{Th}}{CNV_L} \right] \quad (\text{식 8-5})$$

여기서,

P = 대향직진 한 gap당 비보호좌회전 할 수 있는 평균 차량대수 <표 8-8>

V_o = 대향직진 교통량(vph)

N = 접근로 차로수(전용 좌회전 차로 제외)

V_L = 좌회전 교통량(vph)

V_{Th} = 직진 교통량(vph)

C = 주기(초)

g/C = 유효 녹색시간비

<표 8-8> 대향직진 교통량별 한 gap당 비보호좌회전 가능 대수

V_o	100	200	400	600	800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
P	14.1	6.35	2.57	1.39	0.84	0.54	0.37	0.25	0.18	0.13

주) 보간법을 사용할 것

(나) 좌회전 곡선반경에 따른 좌회전의 직진환산계수(E_p)

좌회전은 곡선반경에 따라 포화교통류율이 변한다. <표 8-9>는 좌회전 궤적의 곡선반경에 따른 포화류율의 변화를 직진환산계수로 나타낸 것이다.

<표 8-9> 좌회전 곡선반경별 직진환산계수(E_p)

좌회전 곡선반경(m)	≤ 9	≤ 12	≤ 15	≤ 18	≤ 20	> 20
직진환산계수(E_p)	1.14	1.11	1.09	1.06	1.05	1.00

(다) U턴%에 따른 좌회전의 직진환산계수(E_u)

좌회전 차로에서 U턴의 비율이 좌회전의 포화유율에 영향을 준다. U턴 자체의 교통량은 다른 이동류와는 다른 신호에서 진행하고 또 그것이 신호시간에 영향을 주지 않기 때문에 분석에서 제외된다. <표 8-10>은 좌회전 차로가 하나일 때, <표 8-11>은 좌회전 차로가 2개일 때 맨 좌측차로에서의 U턴이 좌회전 포화유율에 미치는 영향을 직진환산계수로 나타내었다.

이 표들은 공용 좌회전차로가 하나 혹은 두개일 때(왼쪽은 전용 좌회전, 오른쪽은 공용 좌회전(CASE 5)의 경우에도 사용할 수 있다. 또 U턴 전용차로가 있는 접근로에서는 U턴의 영향이 없으므로 E_u 은 1.0이다.

〈표 8-10〉 U턴%별 좌회전의 직진환산계수 - 좌회전 차로 1개(E_{u1})

U턴 %*	0	10	20	30	40	50	60
E_{u1}	1.00	1.21	1.39	1.64	1.97	2.55	3.25

주) *보정되지 않은 전체 좌회전과 U턴 교통량을 합한 교통량에 대한 U턴 교통량 비율이며, 사이 값은 보간법을 이용할 것

〈표 8-11〉 U턴%별 좌회전의 직진환산계수 - 좌회전 차로 2개(E_{u2})

U턴 %*	0	10	20	30
E_{u2}	1.00	1.17	1.30	1.48

주) *보정되지 않은 전체 좌회전과 U턴 교통량을 합한 교통량에 대한 U턴 교통량 비율이며, 사이 값은 보간법을 이용할 것

(라) 좌회전 차로의 종합 직진환산계수(E_L)

좌회전 차로의 종합 직진환산계수는 앞에서 설명한 좌회전 차로수에 따른 좌회전 자체의 영향, 좌회전 궤적의 곡선반경의 영향, U턴의 영향을 종합적으로 고려한 것으로서 (식 8-6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_L = E_1 \times E_P \times E_U \quad (\text{식 8-6})$$

2) 노변마찰로 인한 포화차두시간 손실(L_H)

우회전 차로를 이용하는 차량들의 도로이용율은 우회전 차량 자체에 의한 영향이나 교차도로를 횡단하는 보행자에 의한 방해 이외에도 버스에 의한 방해, 주차에 의한 방해, 진출입차량에 의한 방해들로 인해 영향을 받는다. 이들 3개의 영향은 차로 이용율의 손실시간으로 계산되고, 이를 합산하여 하나의 우회전 직진환산계수로 나타낸다. 즉 이들의 영향이 우회전 차량에만 작용한다고 가정한다. 우회전 공용차로는 우회전과 직진이 같이 이용을 하나, 그 구성비가 도로조건과 교통조건에 따라 수시로 변하므로 노변마찰의 영향을 우회전 또는 직진에 구분하여 적용하기 어렵다. 뿐만 아니라 실제 분석에 이용되는 것은 횡단보행자로 인한 손실시간과 우회전 차로의 노변마찰로 인한 손실시간을 합한 것이다. 이를 직진환산계수 E_R 로 나타내어 $E_R V_R$ 의 형태로 이용되기 때문에 이 영향이 우회전 차량에만 적용된다 하더라도 상관이 없다. 만약 우회전 교통량이 적으면 E_R 가 커지므로 노변마찰의 총량은 변함이 없다. 일방통행의 경우에는 좌측의 노변마찰도 고려해야 한다.

(가) 진출입 차량에 의한 방해시간(L_{dw})

〈그림 8-4〉와 같이 신호교차로 정지선 부근에 이면도로 진출입로가 있는 경우가 많다. 이들 도로를 통한 진출입 차량들로 인해 본선교통류의 흐름은 방해받게 된다. 따라서 진출입 교통량이 증가할수록 본선의 포화교통류율이 감소하게 된다. 또 진출입로의 거리가 정지선에서 멀수록 정지선 방출 포화차두시간에 미치는 영향은 적어지나, 진출입 교통량이 각 진출입로를 균등하게 이용한다고 가정하면 이 영향으로 인한 시간당 전체 방해시간 L_{dw} 는 (식 8-7)과 같이 나타낼 수 있다. 이 방해시간은 우회전의 포화차두시간에 비해서 증분된 시간이며, 정지선에서 60m 이상의 진출입로는 영향이 없는 것으로 본다.

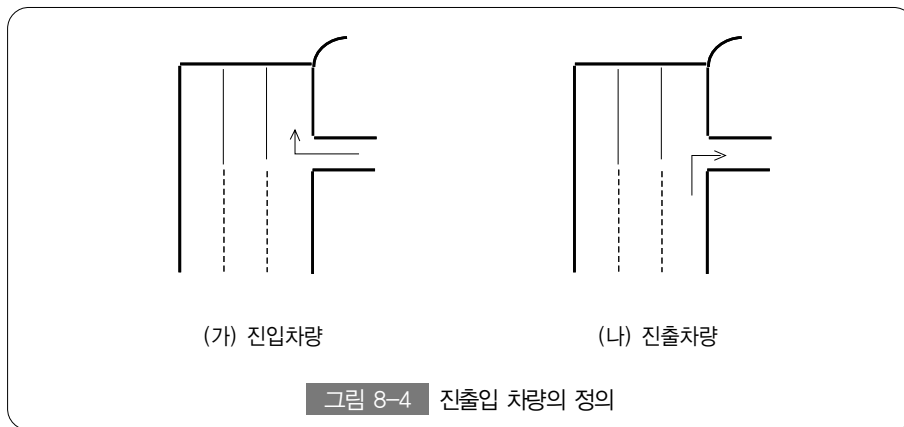
$$L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex} \quad (\text{식 8-7})$$

여기서,

L_{dw} = 이면도로 진출입으로 인한 시간당 손실시간(초)

V_{en} = 간선도로로 진입하는 교통량(vph)

V_{ex} = 간선도로에서 진출하는 교통량(vph)



(나) 버스 정차로 인한 방해시간(L_{bb})

버스정류장에서 버스정차에 따른 이동류의 방해는 정차 버스대수, 정차시간, 승하차 활동, 버스정류장의 위치에 따른 영향을 받게 된다. 버스정류장 방해는 버스의 정차활동이 일어나는 차로에 대해서만 적용을 하며, 시간당 버스 정차대수가 10대 이하인 경우에는 영향이 없는 것으로 한다. 버스정류장의 위치는 정지선에서 버스정거장까지의 거리(m)를 말하며 거리가 75m 이상인 경우에는 버스정류장 방해가 없는 것으로 한다. 승하차 활동의 대, 중, 소 구분시, 버스 1대당 평균 승하차인수를 조사하여 적용하는 것이 바람직하나 분석가의 판단에 따라 사용하여도 무방하다.

버스정류장으로 인한 시간당 손실시간(L_{bb})은 (식 8-8)로 구할 수 있으며, 버스 1대의 정차에 따른 포화 차두시간의 평균 손실시간은 <표 8-12>에 나타나 있다. 이 손실시간도 마찬가지로 우회전 포화 차두시간과 비교한 증분시간이다.

$$L_{bb} = T_b \times 1_b \times V_b \quad (\text{식 8-8})$$

여기서,

L_{bb} = 버스정류장으로 인한 시간당 손실시간(초)

T_b = 버스 1대의 정차에 따른 포화차두시간 증분(초)

1_b = 버스정류장 위치계수 = $(75 - 1)/75$

(단, 1은 정지선에서 버스정류장까지의 거리(m)이며, 이 값이 75m이상이면 $1_b = 0$)

V_b = 시간당 버스 정차대수

<표 8-12> 버스 1대의 정차에 따른 포화차두시간 손실시간(T_b)

구 분	주행차로에 버스 정차*			별도의 버스승차대 정차
	소	중	대	
승차인원(인/대)	4인 이하	5 ~ 8인	9인 이상	해당 없음
하차인원(인/대)	7인 이하	8 ~ 14인	15인 이상	
T_b (초)	10.8	15.3	22.8	1.4

주) * 대: 버스이용객 많음. 시장, 백화점, 버스터미널, 주요 전철역에 의한 환승지점 등

중: 버스이용객 중간. 일반적인 업무지구, 상업지구, 전철역 주변 등

소: 버스이용객 적음. 일반적인 주택지역, 기타

(다) 주차활동으로 인한 방해시간(L_p)

신호교차로 주변에 주차를 할 수 있는 경우 주차활동에 의해 차량의 정상적인 통행은 방해받게 되고 포화교통류율은 감소하게 된다. 이 영향은 정지선에서 75m이내에서만 일어난다. 신호교차로 접근로의 노상주차활동으로 인한 포화차두시간의 손실 L_p 는 (식 8-9)로 구한다.

$$L_p = 360 + 18 V_{park} \quad (\text{노상주차를 허용할 경우}) \quad (\text{식 8-9})$$

$$= 0 \quad (\text{노상주차를 금지할 경우})$$

여기서,

L_p = 주차활동으로 인한 우회전 포화차두시간의 증분값(초)

V_{park} = 시간당 주차활동(vph)

(라) 노변마찰의 종합(L_H)

앞에서 언급한 우측차로의 노변마찰 즉, 진출입 차량, 버스정차 및 주차활동에 의한 우측차로의 포화 차두시간 손실에는 적색시간동안에 진출입하는 차량, 버스정차 및 주차의 영향도 포함되어있다. 그러나 적색시간동안 접근차량들이 정지해 있으므로 이들 노변마찰의 영향은 흡수되어 녹색신호에서 진행할 때는 이들의 영향이 사라진다. 따라서 노변마찰에 의한 영향을 종합하여 (식 8-10)과 같이 나타낸다. 일방통행의 경우에는 좌측 노변마찰도 같은 방법으로 구한다.

$$L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_P) \times 0.3 \quad (\text{식 8-10})$$

여기서,

L_H = 우측 차로의 노변마찰에 의한 차두시간 손실(초)

g/C = 우회전이 포함된 차로군(일반적으로 직진과 우회전의 공용차로군)이 받는 녹색시간비

3) 우회전 차로의 직진환산계수(E_R)

신호교차로의 맨 우측 차로는 거의 대부분 직진과 우회전이 함께 이용하는 공용 우회전차로로 운영된다. 그러나 교통섬으로 도류화되어 우회전하는 경우는 정지선에서는 직진이 이용을 하나 우회전도 그 차로에 할당된 녹색신호를 이용하여 정지선 이전에서 우회전을 하므로 이 차로도 공용 우회전차로로 분류된다. 이때 우회전의 정지선은 교통섬 노즈(nose)부분의 우회전 경로 입구로 볼 수 있다.

도류화 되어 있지 않은 공용 우회전 차로에서는 녹색신호 때 우회전 차량이 회전한 후 교차도로의 보행자에 의해 진행이 차단되어 직진 및 우회전의 진행이 방해를 받는다. 이 때 첫 우회전 차량 앞에 도착한 직진은 녹색신호를 이용하므로, 횡단보행자로 인해 이 차로가 이용 할 수 없는 시간은 실제 차단 시간보다 짧다. 도류화된 공용 우회전 차로의 경우, 횡단보도가 교통섬에 연결되어 있으면 우회전이 횡단보행자에 의해 거의 차단되지 않으나, 교차도로 횡단보도가 교통섬 지나서 있으면 도류화가 되어 있지 않은 경우와 같다.

우회전 차로가 기본적인 도로 및 교통조건을 가질 때, 포화된 우회전의 교통류율은 직진차량이 정지선을 벗어날 때와 마찬가지로 우회전 차량이 우회전 차로를 포화상태로 벗어날 때의 평균 최소차두 시간을 측정함으로써 얻을 수 있다. 우회전의 포화교통류율은 우회전의 곡선반경에 따라 다소 차이가 있으나, 도시부 도로의 일반적인 교차로의 우회전 곡선반경에서 자유로운 우회전 상태의 포화교통류율 S_{R0} 는 1,900 pcphgpl의 값을 갖는다.

T형 교차로 등에서 흔히 볼 수 있는 바와 같이 맨 우측차로에 우회전이 없이 직진만 있거나, 모두 우회전만 있는 전용 우회전의 경우는 차로군 분류가 필요 없으므로 직진환산계수를 계산하지 않고 이 다음 단계에서 바로 포화교통량을 구한다.

(가) 도류화 되지 않은 공용우회전 차로의 직진환산계수(E_{R1})

도류화가 되어 있지 않은 공용 우회전차로에서와 같이 정지선을 직진과 우회전이 같이 사용을 하며, 우회전후 교차도로의 횡단보도의 보행자 횡단신호가 우회전을 일시적으로 차단하며, 그동안 첫 우회전 차량 앞에 도착한 직진이 방출될 경우의 직진환산계수는 (식 8-11)과 같다.

$$\begin{aligned}
 E_{R1} &= \frac{S_0}{S_{R0}} + \frac{1}{V_R} \left[\frac{f_c G_P S_0}{C} + \frac{S_0 L_H}{3,600} - \frac{3,600 V_{Th}}{CN_T V_R} \right] \\
 &= 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_P}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{Th}}{CN_T V_R} \right] \geq 1.16 \quad (\text{식 8-11})
 \end{aligned}$$

여기서,

S_0 = 기본 조건하에서의 기본 포화교통량(2,200 pcphgpl)

S_{R0} = 우회전의 기본 포화교통량(1,900 pcphgpl)

V_R = 보정된 우회전 교통량(vph)

f_c = 횡단보행신호 중에서 우회전을 방해하는 시간의 비율

G_P = 교차도로의 횡단보행신호(초)

C = 주기(초)

L_H = 이면도로 진출입, 버스정차, 노상주차에 의한 노변마찰(초)

V_{Th} = 직진 교통량(vph)

N_T = 직진이 가능한 차로수, $N_T = N$ (CASE 1, 2, 3, 4, 6)

= $N - 1$ (CASE 5)

f_c 의 값은 <표 8-13>과 같다. 이 값은 교통안전시설실무편람(경찰청)에서 제시한 우회전 차량이 횡단 보행자에게 통행 우선권을 양보하면서 우회전 할 수 있는 경우에 대한 것이다.

<표 8-13> 우회전이 이용할 수 없는 횡단보도 신호시간 비율(f_c)

구 분	횡단 보행자 수(양방향)				
인/시간	≤ 500	≤ 1,000	≤ 2,000	≤ 3,000	> 3,000
f_c	0.3	0.6	0.8	0.9	1.0

(나) 도류화 된 공용우회전 차로의 직진환산계수(E_{R2})

도류화되어 있는 공용차로에서 교차도로의 횡단보도가 없거나, 있더라도 교통섬과 연결되어 있어 우회전 차량이 우회전 한 후 보행자에 의한 방해를 거의 받지 않는 경우의 직진환산계수는 (식 8-12)와 같다.

$$E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R} \quad (\text{식 8-12})$$

드문 경우이긴 하나 만약 도류화되어 있더라도 우회전 후에 횡단보도를 만나게 되는 경우의 직진 환산계수는 앞의 E_{R1} 공식을 사용한다.

우측 차로가 넓어 우회전이 적색뿐만 아니라 녹색신호에서도 제한적으로나마 직진과 함께 2중으로 통행이 되면 직진환산계수는 1.0이다.

(5) 차로군 분류

한 접근로에서 동일한 현시에 진행하는 이동류들의 차로이용율이 다를 수 있으며, 따라서 차로별 서비스 수준도 다르다. 이 이용율이 같은 이동류끼리 묶어서 몇 개의 차로군으로 분류하고 분석도 이 차로군 별로 한다. 실질적 전용 좌우회전 유무는 V_{STL} 과 V_{LF} , V_{STR} 과 V_{RF} 를 비교해서 판별한다. N은 전용 좌회전 차로를 제외한 접근로 전체의 차로수이다. N=10이면 아래 계산이 불필요하다.

1) V_{LF} 및 V_{RF} (vph)

$$\textcircled{1} V_{LF} = \frac{3,600 V_{Th}}{C N V_L} \quad (\text{CASE 4, 6}) \quad (\text{식 8-13})$$

$$= \frac{7,200 V_{Th}}{C(N-1) V_L} \quad (\text{CASE 5}) \quad (\text{식 8-14})$$

$$\textcircled{2} V_{RF} = \frac{3,600 V_{Th}}{C N V_R} \quad (\text{CASE 1, 2, 3, 4, 6}) \quad (\text{식 8-15})$$

$$= \frac{3,600 V_{Th}}{C(N-1) V_R} \quad (\text{CASE 5}) \quad (\text{식 8-16})$$

여기서,

V_{LF} : 공용 좌회전 차로에서 첫 좌회전 앞에 도착하는 직진차량 대수 $\leq V_{Th}/N$

V_{RF} : 공용 우회전 차로에서 첫 우회전 앞에 도착하는 직진차량 대수 $\leq V_{Th}/N$

2) V_{STL} 및 V_{STR}

$$\textcircled{1} V_{STL} = \frac{1}{N} [V_{Th} + E_R V_R - E_L V_L (N-1)] \quad (\text{CASE 4, 6}) \quad (\text{식 8-17})$$

$$= \frac{1}{N} [2(V_{Th} + E_R V_R) - E_L V_L (N-2)] \quad (\text{CASE 5}) \quad (\text{식 8-18})$$

$$\textcircled{2} V_{STR} = \frac{1}{N} [V_{Th} - E_R V_R (N-1)] \quad (\text{CASE 1, 2, 3}) \quad (\text{식 8-19})$$

$$= \frac{1}{N} [V_{Th} + E_L V_L - E_R V_R (N-1)] \quad (\text{CASE 4, 5, 6}) \quad (\text{식 8-20})$$

여기서,

V_{STL} : 공용 좌회전 차로를 이용하는 직진차량의 교통량(vph)

V_{STR} : 공용 우회전 차로를 이용하는 직진차량의 교통량(vph)

3) 차로군 분류

- ① 전용 좌회전 차로는 별도 차로군
- ② 접근로 차로수(전용 좌회전 차로 제외)가 1개 이면 하나의 통합 차로군
- ③ $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진, 좌, 우회전 모두 하나의 통합차로군
- ④ $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군
 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군
- ⑤ $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 공용 차로군
 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 공용 차로군

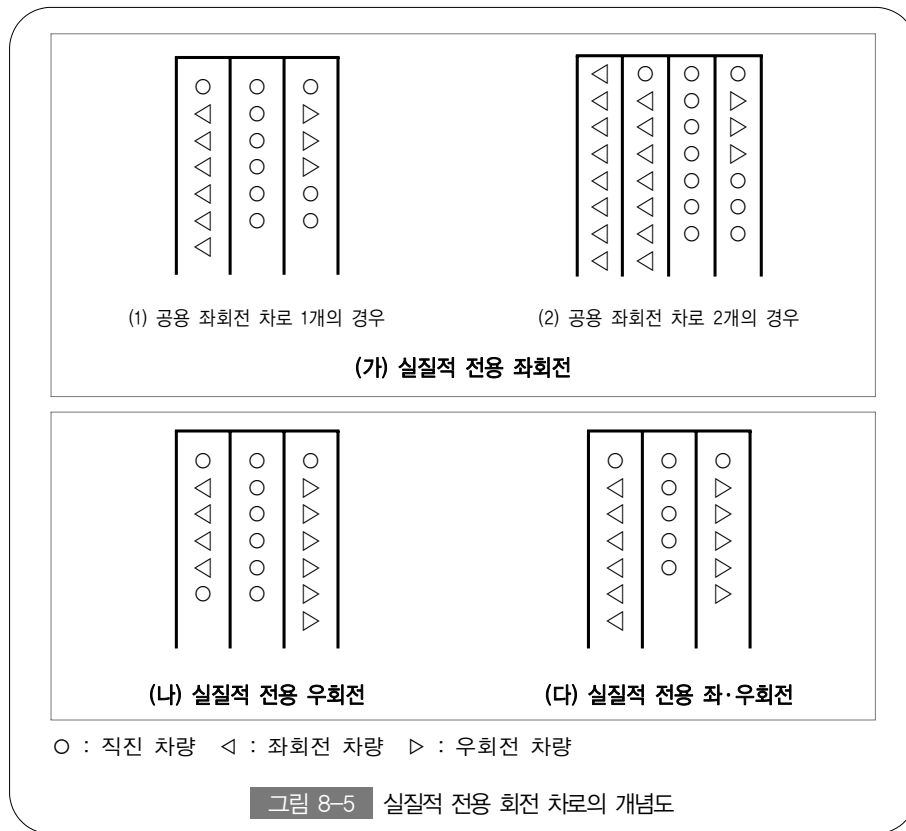
신호교차로 용량분석은 접근로별, 차로군(lane group)별로 구분해 실시하며, 차로군은 이동류의 교통량 분포에 따라 달라진다. 즉 서로 다른 현시에 진행되는 이동류는 별개의 차로군을 형성한다. 또 같은 현시에 진행되는 서로 다른 이동류의 경우, 교통량비(flow ratio : V/S) 또는 V/c비가 다르면 별개의 차로군으로 분류한다. 반대로 좌회전 또는 우회전 차로를 직진이 공용하므로서, 교통량비에 관해서 직진차로와 평형상태를 나타내면 이 좌회전 또는 우회전 이동류는 직진과 함께 같은 차로군을 형성하며 통합해서 분석한다.

1) 차로군 분류의 개념

신호교차로는 신호운영방법과 좌회전 전용차로 유무에 따라 용량분석 방법이 달라진다. 이해를 돕기 위해서 앞의 <표 8-7>에 나타난 신호운영과 좌회전 차로의 개수 및 차로 운영형태에 따른 CASE를 참고로 하는 것이 좋다. 우회전은 모든 경우에 다 해당되므로 표에서는 나타내지 않았으나 공용우회전과, 접근로에 교통섬을 갖는 전용 우회전의 경우로 나누어 분석한다.

차로군 분류는 기본적으로 실질적 전용회전 차로(de facto turn lane)의 존재 유무를 판별하는 것이다. 다시 말하면, 좌회전 또는 우회전 차로에서 회전 교통량이 많아 실질적으로 전용차로와 같은 역할을 하면, 이 차로는 별도의 차로군으로 분석을 한다. 반대로 이 차로에서 회전 교통량이 적어 직진이 함께 공용할 수 있다면, 이 차로는 직진차로와 같은 차로군이 되어 묶어서 분석을 한다. <그림 8-5>는 이러한 실질적 전용 회전차로의 개념을 그림으로 나타낸 것이다. 이 그림에서의 차량은 정지선에서 대기하고 있는 차량이 아니라 정지선을 이용하는 차량의 대수를 나타낸 것이다.

따라서 전용좌회전 차로가 있는 경우, 이 차로는 항상 별도의 차로군이 된다. 이 때 나머지 직진과 우회전 차로가 통합되어 한 차로군이 되는 경우와, 우회전 교통량이 많아 실질적 전용 우회전 차로가 되는 경우 두 가지가 있다.



CASE 5는 맨 왼쪽 차로가 전용 좌회전 차로이기는 하나 공용좌회전 차로로 간주한다. 그 이유는; i) 좌회전 두 차로가 같은 현시에 진행을 하며, ii) 좌회전 전용신호를 사용할 수 없으며, iii) 두 차로 간에 평형상태를 유지하려는 경향이 존재하기 때문이다. 즉 전용 좌회전 차로에서처럼 일정한 좌회전 교통량만 이용하는 것이 아니라 직진 교통량의 많고 적음에 따라 이 두 차로를 이용하는 좌회전 교통량의 상대적 크기가 변하여 인접차로와 평형상태를 유지하려는 경향이 있다. 이러한 세 가지 특성은 전용 좌회전 차로에서는 볼 수 없는 것으로서, 공용차로가 하나일 때와 꼭 같은 특성을 보인다.

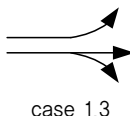
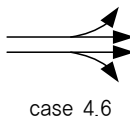
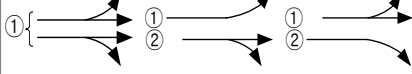
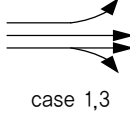
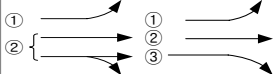
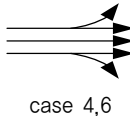
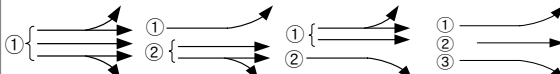
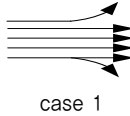
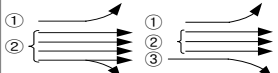
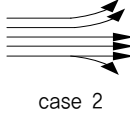
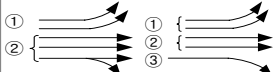
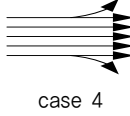
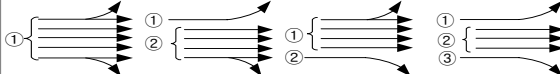
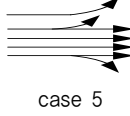
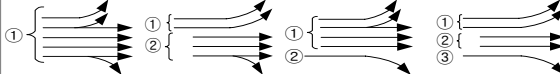
차로군 분류방법을 정리하면 다음과 같다.

- ① 좌회전 전용차로(CASE 1, 2, 3)는 별개의 차로군으로 분석한다. 설사 동시신호로 운영된다 하더라도 이 차로의 V/c비가 인접한 직진차로의 V/c비와 같을 수가 없기 때문이다.
- ② 접근로 차로수(전용 좌회전 차로 제외)가 1개이면 그 한 차로는 하나의 차로군을 이룬다.
- ③ 좌회전 공용차로가 한 개 있는 경우(CASE 4), 직진 과 공용차로가 평형상태인지, 아니면 좌회전 교통량이 많아(이 차로의 V/S, V/c비가 직진차로의 그것보다 많아) 좌회전 전용차로처럼 운영 되는지를 결정해야 한다.

- ④ 좌회전 전용차로가 공용차로와 함께 있는 경우(CASE 5)는 공용차로로 간주한다. 이 때는 좌회전 차로, 공용차로, 및 직진 차로가 평형상태를 나타내는 경우와, 두 개의 좌회전 차로가 실질적 좌회전 전용차로가 되는 경우(CASE 2와 같이)를 판별해야 한다.
- ⑤ 우회전 전용차로의 경우도 마찬가지로 직진과 우회전 공용차로가 평형상태인지, 아니면 우회전 교통량이 많아 우회전 전용차로처럼 운영되는지를 결정해야 한다.

공용차로에서 실질적 좌우회전 전용차로(de facto LT, RT lane)인 경우는 공용차로가 전용차로와 같은 역할을 한다. 이 차로가 전용 좌 또는 우회전 차로와 다른 점은, 전용회전 차로의 경우는 직진이 전혀 그 차로를 이용하지 못하지만, 실질적 전용회전차로의 경우에는 첫 회전차량 앞에 도착하는 직진이 이 차로를 이용하며, V/S (또는 V/c)가 직진차로의 그것보다 크다는 사실이다.

차로군 분류 이후의 모든 계산은 차로군 별로 한다. <그림 8-6>은 차로별 사용 이동류와 이에 따른 가능한 차로군을 나타낸 것이다.

차로수*	차로별 이동류	가능 차로군 조합
2	 case 1,3	
	 case 4,6	
3	 case 1,3	
	 case 4,6	
4 이상	 case 1	
	 case 2	
	 case 4	
	 case 5	

주) * 전용 좌회전 차로를 포함한 차로수로서, 분석에서 사용하는 차로수와는 다르다.

그림 8-6 차로별 이동류와 가능 차로군

2) 차로군 분류 방법

녹색신호 때 각 차로당 방출되는 교통량은 평형상태를 유지하려는 경향을 갖는다는 가정하에 차로군을 분류한다. 따라서 각 이동류의 전체 직진환산교통량을 차로수로 나누어 그 값보다 큰 값을 갖는 직진 환산 회전 교통류는 실질적 전용 회전으로 간주되고 평균값 이하이면, 직진과 같이 이용하는 공용회전으로 본다.

이 때 회전 이동류의 첫 차량 앞에 먼저 도착하는 직진 교통량 V_{LF} , V_{RF} 가 고려되어야 한다. 공용 차로에서는 그것이 실질적 공용차로이든 실질적 전용차로이든 첫 회전차량 앞에 도착하여 공용차로를 이용하는 직진교통량이 적은 양이기는 하나 반드시 존재하여 분석에 영향을 준다. 이 교통량은 공용 차로를 이용하는 최소 직진 교통량이며, 전용 좌회전 차로가 있는 CASE 1, 2, 3에서는 $V_{LF} = 0$ 이다. 또 전용 좌회전 차로를 제외한 차로수가 1개이면 그 차로는 한 개의 통합 차로군을 이루며, 아래 값을 계산할 필요가 없다. V_{LF} 및 V_{RF} 값을 구하는 공식은 다음과 같다.

(가) V_{LF} 및 V_{RF}

$$\textcircled{1} V_{LF} = \frac{3,600 V_{Th}}{CNV_L} \quad (\text{CASE 4, 6}) \quad (\text{식 8-13})$$

$$= \frac{7,200 V_{Th}}{C(N-1)V_L} \quad (\text{CASE 5}) \quad (\text{식 8-14})$$

$$\textcircled{2} V_{RF} = \frac{3,600 V_{Th}}{CNV_R} \quad (\text{CASE 1, 2, 3, 4, 6}) \quad (\text{식 8-15})$$

$$= \frac{3,600 V_{Th}}{C(N-1)V_R} \quad (\text{CASE 5}) \quad (\text{식 8-16})$$

여기서,

V_{LF} = 공용 좌회전 차로에서 첫 좌회전 앞에 도착하는 직진 교통량(vph) $\leq V_{Th}/N$

V_{RF} = 공용 우회전 차로에서 첫 우회전 앞에 도착하는 직진 교통량(vph) $\leq V_{Th}/N$

V_{Th} = 직진 교통량(vph)

V_L = 좌회전 교통량(vph)

V_R = 우회전 교통량(vph)

C = 주기(초)

N = 접근로 전체 차로수(전용 좌회전 차로 제외)

또 공용 좌회전 차로를 이용하는 직진교통량 V_{STL} 과, 공용 우회전 차로를 이용하는 직진교통량 V_{STR} 은 다음 식을 이용하여 구할 수 있으며, 이 값들과 앞에서 구한 V_{LF} , V_{RF} 을 비교하여 <표 8-14>와 같이 차로군을 분류한다.

(나) V_{STL} 및 V_{STR}

$$\textcircled{1} V_{STL} = \frac{1}{N} [V_{Th} + E_R V_R - E_L V_L (N - 1)] \quad (\text{CASE 4, 6}) \quad (\text{식 8-17})$$

$$= \frac{1}{N} [2(V_{Th} + E_R V_R) - E_L V_L (N - 2)] \quad (\text{CASE 5}) \quad (\text{식 8-18})$$

$$\textcircled{2} V_{STR} = \frac{1}{N} [V_{Th} - E_R V_R (N - 1)] \quad (\text{CASE 1, 2, 3}) \quad (\text{식 8-19})$$

$$= \frac{1}{N} [V_{Th} + E_L V_L - E_R V_R (N - 1)] \quad (\text{CASE 4, 5, 6}) \quad (\text{식 8-20})$$

여기서,

V_{STL} = 공용 좌회전 차로를 이용하는 직진 교통량(vph)

V_{STR} = 공용 우회전 차로를 이용하는 직진 교통량(vph)

E_L = 좌회전의 직진환산계수

E_R = 우회전의 직진환산계수

〈표 8-14〉 차로군 분류 기준

- 1) CASE 1, 2, 3에서 전용 좌회전 차로는 별도 차로군
- 2) 차로수(전용 좌회전 차로 제외)가 1개이면 하나의 통합 차로군
- 3) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면 : 직진, 좌, 우회전 모두 하나의 통합차로군
- 4) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면 : 실질적 전용 좌회전 차로군
 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면 : 실질적 전용 우회전 차로군
- 5) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면 : 직진과 좌회전 통합차로군
 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면 : 직진과 우회전 통합차로군

(6) 포화교통량 산정

아래 공식을 이용하여 차로군의 회전 교통량비 P 를 계산한 후, 공식 $f = \frac{1}{1 + P(E-1)}$ 에 대입하여 좌회전 또는 우회전 보정계수를 구한다.

$$1) \text{ 실질적 전용 좌회전 차로군: } P_L = \frac{V_L}{V_{LF} + V_L} \quad (\text{식 8-21})$$

$$2) \text{ 실질적 전용 우회전 차로군: } P_R = \frac{V_R}{V_{RF} + V_R} \quad (\text{식 8-22})$$

$$3) \text{ 공용 좌회전 차로군: } P_{LT} = \frac{V_L}{V_{Th} - V_{RF} + V_L} \quad (\text{식 8-23})$$

$$4) \text{ 공용 우회전 차로군: } P_{RT} = \frac{V_R}{V_{Th} - V_{LF} + V_R} \quad (\text{식 8-24})$$

$$5) \text{ 직진+좌+우회전 통합차로군: } P_{LT} = \frac{V_L}{V_T}, P_{RT} = \frac{V_R}{V_T} \quad (\text{식 8-25})$$

$$(V_T = V_{Th} + V_L + V_R)$$

$$f_{LT} \times f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1) + P_{RT}(E_R - 1)} \quad (\text{식 8-26})$$

$$6) \text{ 전용 좌회전 차로군: } f_{LT} = \frac{1}{E_L} \quad (\text{식 8-27})$$

7) i 차로군의 포화교통량 계산

$$S_i = 2,200 \times N_i \times f_{LT} (\text{또는 } f_{RT}) \times f_w \times f_g \times f_{HV} \quad (\text{식 8-28})$$

공용 좌 또는 우회전 차로군의 회전차로 보정계수는 회전차로의 직진환산계수와 그 차로군의 회전교통량 비율을 이용하여 구할 수 있다. 각 차로군에 포함된 회전교통량의 비율은 각 차로군의 총교통량을 알아야 구할 수 있다. 각 차로군의 총 교통량은 V_{LF} 또는 V_{RF} 를 고려하여 계산한다.

1) 차로군 별 회전교통량 비율(P_{LT} , P_{RT} , P_L , P_R)

전용 좌회전 차로가 있는 경우(CASE 1, 2, 3), 직진과 우회전의 통합 차로군에서 우회전의 비율은 쉽게 구할 수 있다. 그러나 실질적인 전용 우회전 차로군에서의 우회전 비율은 우회전 교통량과 첫 우회전 앞에 도착한 직진교통량(V_{RF})을 합한 값에 대한 우회전 교통량의 비율이다.

공용 좌회전 차로가 있는 경우(CASE 4, 5, 6)는 차로군을 구성하는 이동류의 조합에 따라 회전교통량의 비율이 달라진다. 특히 모든 이동류가 통합 차로군으로 묶일 때 회전교통량의 비율은 모든 접근 교통량에 대한 회전교통량의 비율이 된다. 이를 요약하면 다음과 같다. 여기서 직진과의 통합 차로군에 대한 회전비율은 P_{LT} 또는 P_{RT} 로 나타내며, 전용 또는 실질적 전용 회전 차로군의 회전비율은 P_L 또는 P_R 로 나타낸다. 전용 좌회전 차로군의 좌회전 비율 P_L 은 1.0이다.

(가) 실질적 전용 회전 차로군

$$\textcircled{1} \text{ 실질적 전용 좌회전 차로군 : } P_L = \frac{V_L}{V_{LF} + V_L} \quad (\text{식 8-21})$$

$$\textcircled{2} \text{ 실질적 전용 우회전 차로군 : } P_R = \frac{V_R}{V_{RF} + V_R} \quad (\text{식 8-22})$$

(나) 공용 회전 차로군

$$\textcircled{1} \text{ 공용 좌회전 차로군 : } P_{LT} = \frac{V_L}{V_{Th} - V_{RF} + V_L} \quad (\text{식 8-23})$$

$$\textcircled{2} \text{ 공용 우회전 차로군 : } P_{RT} = \frac{V_R}{V_{Th} - V_{LF} + V_R} \quad (\text{식 8-24})$$

* 전용 좌회전 차로가 있는 경우(CASE 1, 2, 3)는 $V_{LF} = 0$

(다) 통합 차로군

$$\text{i) 직진 + 좌 + 우회전 통합 차로군 : } P_{LT} = \frac{V_L}{V_T}, P_{RT} = \frac{V_R}{V_T} \quad (\text{식 8-25})$$

(여기서 $V_T = V_{Th} + V_L + V_R$)

여기서,

P_L = 실질적 전용좌회전 차로군에서 좌회전의 비율

P_{LT} = 직진·좌회전 공용차로군에서 좌회전의 비율

P_R = 실질적 전용우회전 차로군에서 우회전의 비율

P_{RT} = 직진·우회전 공용차로군에서 우회전의 비율

V_T = 직진·좌회전·우회전 통합 차로군에서 접근로의 총교통량(vph)

2) 차로군별 회전 보정계수(f_{LT} , f_{RT})

차로군 분류에서 좌회전 이동류는 전용 좌회전, 실질적 전용 좌회전, 공용 좌회전으로 분류되며, 우회전 이동류는 실질적 전용 우회전, 공용 우회전으로 분류되어 분석할 차로군의 형태가 결정된다. 또 모든 이동류 즉, 직진, 좌회전 및 우회전이 하나의 통합차로군에 포함되는 경우도 있다. 기본 포화 교통류율에 적용하는 최종적인 보정계수는 앞에서 언급한 회전교통량의 비율 P와 회전교통류의 직진 환산계수 E를 이용하여 다음 기본식으로부터 얻을 수 있다.

$$f = \frac{1}{1 + P(E - 1)} \quad (\text{식 8-26})$$

$$(가) \text{ 전용 좌회전 차로군} : f_{LT} = \frac{1}{E_L} \quad (\text{식 8-27})$$

(나) 실질적 전용 회전 차로군

$$① \text{ 실질적 전용 좌회전 차로군} : f_{LT} = \frac{1}{1 + P_L(E_L - 1)} \quad (\text{식 8-28})$$

$$② \text{ 실질적 전용 우회전 차로군} : f_{RT} = \frac{1}{1 + P_R(E_R - 1)} \quad (\text{식 8-29})$$

(다) 공용 회전 차로군

$$① \text{ 공용 좌회전 차로군} : f_{LT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1)} \quad (\text{식 8-30})$$

$$② \text{ 공용 우회전 차로군} : f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{RT}(E_R - 1)} \quad (\text{식 8-31})$$

$$(라) \text{ 통합 차로군} : f_{LT} \times f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1) + P_{RT}(E_R - 1)} \quad (\text{식 8-32})$$

여기서,

f_{LT} = 좌회전 보정계수

f_{RT} = 우회전 보정계수

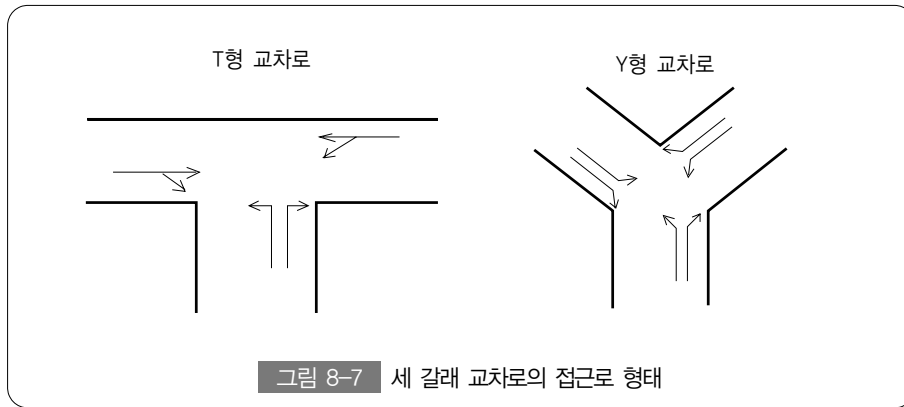
E_L = 좌회전의 직진환산계수

E_R = 우회전의 직진환산계수

3) 세갈래 교차로

T형 또는 Y형 교차로의 접근로는 네 갈래 교차로와 다른 특성을 가지나 분석의 개념은 마찬가지이다. 즉 차로군 분류를 한 다음 각 차로군별로 분석을 하고 이를 접근로 및 교차로 전체에 대해서 종합한다. <그림 8-7>과 같이 세 갈래 교차로의 접근로는 다음과 같은 3가지가 있다.

- ① 직진과 우회전만 있는 접근로
- ② 직진과 좌회전만 있는 접근로
- ③ 좌회전과 우회전만 있는 접근로



(가) 직진과 우회전만 있는 접근로

네 갈래 교차로의 CASE 1, 2, 3에서 전용 좌회전 차로가 없다고 가정한 것과 같다. 이 접근로에 실질적 전용 우회전 차로군이 형성되면 직진차로군과 함께 2개의 차로군이 존재하며, 직·우 공용 차로군이 형성되면 1개의 통합차로군을 가진다.

직진과 우회전 이동류의 차로군 분류 방법은 다음과 같다.

$V_{STR} < V_{RF}$ 이면; 실질적 전용 우회전 차로군

$V_{STR} > V_{RF}$ 이면; 직·우 공용차로군

여기서 V_{RF} 및 V_{STR} 을 구하는 공식은 네 갈래 교차로의 CASE 1, 2에서 사용한 것과 같이 (식 8-15) 및 (식 8-19)이다. 즉,

$$\textcircled{1} V_{RF} = \frac{3,600 V_{Th}}{CNV_R}$$

$$\textcircled{2} V_{STR} = \frac{1}{N} [V_{Th} - E_R V_R (N - 1)]$$

실질적 전용 우회전 차로군 또는 직·우 공용차로군의 우회전 보정계수 f_{RT} 는, 먼저 다음 공식을 이용하여 P_R 또는 P_{RT} 를 구하고, 일반식, $f = 1/[1 + P(E - 1)]$ 으로부터 계산된다.

$$P_R = \frac{V_R}{V_{RF} + V_R} \text{ (실질적 전용 우회전 차로군의 경우)}$$

$$P_{RT} = \frac{V_R}{V_{Th} + V_R} \text{ (직·우 공용차로군의 경우)}$$

여기서,

P_R = 실질적 전용 우회전차로군에서 우회전의 비율

P_{RT} = 직진·우회전 공용차로군에서 우회전의 비율

실질적 전용 우회전 차로군의 경우, 나머지 한 차로군은 직진 전용 차로군으로서, 적용되는 보정계수는 f_w , f_g , f_{HV} 밖에 없다.

(나) 직진과 좌회전만 있는 접근로

좌회전이 전용차로를 이용하는 경우와 직진과 공용차로를 이용하는 경우로 나눈다. 좌회전 전용차로가 있으면 이 차로는 항상 2개의 차로군으로 분류되며, 좌회전이 공용차로를 이용하면 이 차로가 실질적 전용좌회전 차로이나 아니냐에 따라 2개 혹은 1개의 차로군으로 분류된다. 우회전이 없으므로 직진의 우측차로가 노변마찰을 받는다.

① 좌회전 전용차로가 있는 경우

접근로는 두 개의 차로군 즉 전용 좌회전 차로군과 직진 차로군으로 이루어진다. 좌회전 전용차로의 포화교통량은 네 갈래 교차로의 CASE 1, 2에서 좌회전 전용차로의 포화교통량을 구하는 방법과 같다. 즉, 좌회전 차로의 직진환산계수 E_L 을 구하면 좌회전 보정계수 f_{LT} 는 $1/E_L$ 이다.

직진 전용차로의 포화교통량은 도로 오른쪽의 노변마찰의 영향을 고려한 보정계수 f_{Th} 를 이용하여 구할 수 있다. 이 값을 구하는 공식은 (식 8-33)과 같다.

$$f_{Th} = 1 - \frac{L_H}{3,600N} \quad (\text{식 8-33})$$

여기서,

f_{Th} = 오른쪽 노변마찰이 있는 직진 전용차로군의 보정계수

L_H = 노변마찰로 인한 차두시간 손실(초)

N = 좌회전 전용차로를 제외한 접근로 전체의 차로수

② 좌회전 공용차로가 있는 경우

접근로는 직진차로군과 실질적 전용 좌회전 차로군의 2개 차로군으로 구성되거나, 한 개로 통합된 직·좌 공용차로군으로 구성된다. 실질적 전용 좌회전 차로군의 존재여부는 공용 좌회전 차로를 이용하는 직진교통량 V_{STL} 과 공용차로의 첫 좌회전 차량 앞에 도착하는 직진차량 대수 V_{LF} 를 비교하여 판별한다. 이 때 V_{STL} 을 구하는 식은 (식 8-34)와 같다.

$$V_{STL} = \frac{1}{N} \left[V_{Th} - E_L V_L (N-1) + \frac{L_H}{1.63} \right] \quad (\text{식 8-34})$$

$V_{STL} < V_{LF}$ 이면; 실질적 전용 좌회전 차로군

$V_{STL} > V_{LF}$ 이면; 직·좌 공용차로군

여기서 V_{LF} 는 좌회전이 가능한 차로수가 1개이면(CASE 4, 6) (식 8-13), 2개이면(CASE 5) (식 8-14)를 이용해서 구한다. N 은 접근로 전체의 차로수이다. 즉,

$$\begin{aligned} V_{LF} &= \frac{3,600 V_{Th}}{CNV_L} && \text{(CASE 4, 6)} \\ &= \frac{7,200 V_{Th}}{C(N-1)V_L} && \text{(CASE 5)} \end{aligned}$$

㉓ 실질적 전용 좌회전 차로군이 존재 할 때의 좌회전 보정계수 :

실질적 전용 좌회전 차로군의 좌회전 보정계수 f_{LT} 는 아래 공식을 이용하여 먼저 P_L 를 구하고 보정계수를 구하는 일반식 $f = 1/[1 + P(E - 1)]$ 을 이용하여 계산한다.

$$P_L = \frac{V_L}{V_{LF} + V_L}$$

여기서 P_L 는 실질적 전용 좌회전 차로군에서의 좌회전 비율이다.

실질적 전용 좌회전 차로군이 형성되는 경우, 나머지 차로군은 직진 전용차로군이 되며, 이 차로군의 보정계수 f_{Th} 는 (식 8-35)를 이용해서 구한다.

$$f_{Th} = 1 - \frac{L_H}{3,600N_{Th}} \quad \text{(식 8-35)}$$

여기서 N_{Th} 는 실질적 전용 좌회전의 차로를 제외한 직진 전용의 차로수이다.

㉔ 직·좌 공용차로군의 보정계수

$$\begin{aligned} P_{LT} &= \frac{V_L}{V_{Th} + V_L} \\ f_{LT} &= \frac{1}{1 + P_{LT} \left[E_L - 1 + \frac{L_H}{1.63 V_L} \right]} \end{aligned} \quad \text{(식 8-36)}$$

여기서,

P_{LT} = 직진·좌회전 공용차로군의 좌회전 비율

f_{LT} = 직진·좌회전 공용차로군의 포화교통량 보정계수

E_L = 좌회전의 직진환산계수

L_H = 직진의 노변차로 마찰(초)

(다) 전용 좌회전 및 전용 우회전 접근로

Y형 교차로는 주로 이와 같은 접근로들로 이루어지며, T형 교차로에도 최소한 한 개는 이와 같은 접근로이다. 이와 같은 접근로의 차로군은 항상 2개이다. 따라서 차로군을 별도로 분류할 필요가 없다. 전용 좌회전 차로군의 좌회전 보정계수 f_{LT} 는 $1/E_L$ 이다.

또 전용 우회전 차로군에 대해서는 E_R 을 계산할 필요 없이 (식 8-37)에서 보정계수 f_{RT} 를 바로 계산한다.

$$f_{RT} = 0.86 \left[1 - \frac{f_c G_p}{CN_R} - \frac{L_H}{3,600 N_R} \right] \quad (\text{우회전 교통섬이 없는 경우}) \quad (\text{식 8-37})$$

$$= 0.86 \left[1 - \frac{L_H}{3,600 N_R} \right] \quad (\text{우회전 교통섬이 있는 경우})$$

여기서,

E_L = 좌회전의 직진환산계수 (<표 8-7>)

f_{RT} = 전용 우회전 차로군의 포화교통량 보정계수

N_R = 전용 우회전의 차로수

4) 포화교통류율 보정

포화교통류율은 조사지점마다 각각의 조건이 다르기 때문에 일정하지 않다. 따라서 분석에 사용할 포화교통류율을 직접 현장에서 조사하는 것이 바람직 하지만, 이는 어디까지나 현재의 주어진 도로 조건과 교통조건에서의 운영분석에서만 타당성을 갖는 것이다. 장래의 도로 및 교통조건에서의 운영 분석 또는 설계분석 및 계획분석 등 많은 부분에서는 합리적인 절차에 따라 다음과 같은 공식을 이용하여 계산된 포화교통류율 값을 사용한다.

$$S_i = S_0 \times N_i \times f_{LT}(\text{또는 } f_{RT}) \times f_w \times f_g \times f_{HV} \quad (\text{식 8-38})$$

여기서,

S_i = 차로군 i의 포화교통류율(vphg)

S_0 = 기본 포화교통류율(2,200 pcphgpl)

N_i = i 차로군의 차로수

f_{LT}, f_{RT} = 좌·우 회전 차로 보정계수(직진의 경우는 1.0)

f_w = 차로폭 보정계수

f_g = 접근로 경사 보정계수

f_{HV} = 중차량 보정계수

(가) 기본포화교통류율(S_0)

기본포화교통류율은 기본 조건을 갖는 지점에서의 포화교통류율으로서, 다양한 조건에서의 포화교통류율의 기본이 되며 실제 조건에 맞는 포화교통류율은 이 기본포화교통류율에 각종 제약 조건에 따른 감소계수 즉 보정계수를 적용하여 얻는다.

이 값은 전국 어디서나 적용할 수 있는 공간적인 범용성을 가지며, 동일한 조건하에서 빈번히 도달되는 반복성을 갖는다. 따라서 어느 특정한 곳에서 특별한 시간대에 실제 현장관측치가 매우 높은 값을 나타낼 수도 있으나, 본 장에서는 기본 조건하에서의 기본포화교통류율로 2,200 pcphgpl의 값을 사용한다.

(나) 차로폭 보정계수(f_w)

이동류의 포화교통류율은 차로폭에 영향을 받는다. 즉, 차로의 폭이 좁을 경우 옆 차로 또는 옆 이동류에 의해진행에 방해를 받거나 심리적인 위축감을 느끼게 되므로 포화교통류율이 줄어든다. 반대로 차로폭이 지나치게 넓어 정지선에서 두 개의 차로로 이용되는 경우 차량의 통과율이 커지지만 차량 상호간의 상충이 증가하고 안전상의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 차로폭에 의한 포화교통류율의 감소 효과는 <표 8-15>와 같다. 차로군내의 차로폭이 서로 다를 때는 이들의 평균값을 사용한다.

<표 8-15> 차로폭 보정계수(f_w)

차로폭(m)	≤ 2.6	≤ 2.9	≥ 3.0
f_w	0.88	0.94	1.00

(다) 경사 보정계수(f_g)

신호교차로의 접근부의 경사도 포화교통류율에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 접근부 정지선 방향이 상향경사인 경우 포화교통류율이 감소하며, 하향경사인 경우는 평지와 변함이 없다. 교차로의 경사를 측정할 때는 접근부 근처에서 조사한 경사의 평균값을 사용한다.

<표 8-16> 경사 보정계수(f_g)

경사(%)	≤ 0	+ 3	≥+ 6
f_g	1.00	0.96	0.93

주) 보간법을 사용할 것

(라) 중차량 보정계수(f_{HV})

기본 포화교통류율은 소형차(승용차)를 기준으로 하지만 실제 교통류는 각종 차량이 혼입되어 있어 이를 중차량 보정계수로 보정하여 포화교통류율을 실 교통량과 같은 단위로 산정한다. 즉, 중차량 보정계수는 실교통량으로 조사된 교통량을 직접 이용하기 위하여 포화교통류율을 보정하는 보정계수이다.

각 이동류별로 이 값이 다를 수 있으나 차로군 별로 분석을 하기 때문에 접근로 전체에 대하여 단일 보정계수를 사용한다. 이 보정계수는 승용차 이외의 모든 중차량의 혼입율을 고려한 평균 승용차환산 계수 1.8을 사용하여 (식 8-39)에 의해 계산된다.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P(E_{HV} - 1)} = \frac{1}{1 + 0.8P} \quad (\text{식 8-39})$$

여기서,

f_{HV} = 중차량 보정계수

P = 중차량의 실교통량에 대한 혼입비율

E_{HV} = 중차량 승용차환산계수(= 1.8)

(7) 서비스 수준 결정

- 1) 각 차로군 별 용량 및 V/c 비 계산 (식 8-40, 41)
- 2) 초기 대기차량(Q_0)이 없으면
 - ① 균일지체(d_1) (식 8-47)
 - ② 증분지체(d_2) (식 8-50)
- 3) 초기 대기차량(Q_0)이 있으면
 - ① Q_0 와 $(1-X)cT$ 를 비교하여 CASE I, II, III 중 선택 (식 8-44, 45, 46)
 - ② 균일지체(d_1) (식 8-48, 49)
 - ③ 증분지체(d_2) (식 8-50)
 - ④ 추가지체(d_3) (식 8-51, 52, 53)
- 4) 연동계수(P_F)를 적용하여 제어지체 계산 <표 8-17>

$$d = d_1(P_F) + d_2 + d_3 \quad (\text{식 8-43})$$
- 5) 차로군별 지체를 교통량에 관해서 가중평균하여 접근로의 평균지체를 계산하고 서비스수준 판정 (식 8-55), <표 8-2>
- 6) 접근로별 지체를 교통량에 관해서 가중평균하여 교차로 전체의 평균지체계산 및 서비스수준 판정 (식 8-56), <표 8-2>

1) 용량 및 V/c

신호교차로에서 각 접근로의 용량은 각 현시에 따른 차로군별로 구한다. 즉 교차로 접근로의 용량은 전반적인 도로조건, 교통조건 및 신호조건에서 교차로를 통과할 수 있는 차로군별 용량으로 나타낸다. 이 용량은 각 차로군의 V/c 비와 지체 및 서비스 수준을 구하거나, 차로군의 지체를 교통량에 관해서 가중평균하여 그 접근로, 나아가 교차로 전체의 평균지체 및 서비스 수준을 구하기 위해 사용된다. 따라서 한 접근로의 차로군별 용량을 합하여 그 접근로의 용량으로 나타내는 것은, 서로 다른 이동류의 용량을 합하는 것이므로 의미가 없다.

$(V/S)_i$ 는 i 차로군의 교통량과 포화교통류율의 비를 의미하는 것으로 이를 교통량비(flow ratio)라 하고 y_i 로 나타내기도 한다. i 차로군의 용량은 (식 8-40)을 이용해서 얻는다.

$$c_i = S_i \times \frac{g_i}{C} \quad (\text{식 8-40})$$

여기서,

c_i = i 차로군의 용량(vph)

S_i = i 차로군의 포화교통류율(vph)

g_i = i 차로군의 유효녹색시간(초)

C = 주기(초)

$(V/c)_i$ 는 i 차로군의 교통량과 용량의 비를 의미하는 것으로서 이를 포화도(degree of saturation)라 하고 X_i 로 나타내기도 한다. 따라서 교통량비와 포화도와와의 관계는 (식 8-41)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_i = \left(\frac{V}{c} \right)_i = \frac{V_i}{S_i \left(\frac{g_i}{C} \right)} = \frac{V_i C}{S_i g_i} \quad (\text{식 8-41})$$

여기서,

$X_i = (V/c)_i$ = i 차로군의 포화도

V_i = i 차로군의 교통량(vph)

g_i/C = i 차로군의 유효녹색시간비

X_i 값은 일반적으로 0~1.0의 값을 가지나, 도착교통량이 용량을 초과하는 경우에는 1.0보다 큰 값을 나타낼 때도 있다. 앞에서 언급한 몇 개의 차로군을 가진 접근로의 경우와 마찬가지로 교차로 전체의 용량도 별 의미가 없다.

2) 임계차로군 및 임계 V/c 비

각 신호현시에 움직이는 차로군들 중에서 교통량비 y 값이 가장 큰 차로군이 임계차로군이 되며, 신호의 파라미터는 이들이 좌우한다. 각 현시에 속한 임계차로군의 교통량비를 합한 값은 신호주기를 계산하거나 교차로 전체의 임계 V/c비를 계산하는 데 사용된다. 이 값은 적절한 신호운영 조건하에서 교차로 전체의 혼잡도를 나타내는 지표이다. 신호운영이 불합리한 교차로에서는 이 값이 적더라도 어느 이동류 또는 접근로 및 교차로 전체의 서비스 수준이 좋지 않을 수도 있다. 반대로 이 값이 클 경우 신호운영 조건을 개선하면 이 값이 현저히 줄어들 수도 있다. 따라서 임계 V/c 비가 교차로 전체의 서비스 수준을 잘 나타낸다고 볼 수 없다. 임계 V/c 비를 구하는 공식은 (식 8-42)와 같다.

$$X_c = \frac{C}{C-L} \sum y_i \quad (\text{식 8-42})$$

여기서,

X_c = 교차로 전체의 임계 V/c 비

C = 주기(초)

L = 주기당 총 손실시간(초)

y_i = 각 현시의 임계차로군의 교통량비

3) 지체 계산 및 연동계수 적용

여기서의 지체는 분석기간 동안에 도착한 차량에 대한 평균제어지체를 말하며, 여기에는 분석기간 이전의 해소되지 않은 잔여차량에 의해 야기되는 지체도 포함한다. 제어지체란 접근부의 감속지체 및 정지지체, 출발시의 가속지체를 모두 합한 접근지체를 말하며 분석기간 시작 전에 남아 있는 대기행렬에 의한 영향도 포함된다. 어느 차로군의 차량 당 평균제어지체를 구하는 공식은 (식 8-43)과 같다.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (\text{식 8-43})$$

여기서,

d = 차량 당 평균제어지체(초/대)

d_1 = 균일 제어지체(초/대)

PF = 신호연동에 의한 연동보정계수

d_2 = 임의도착과 과포화를 나타내는 증분지체로서, 분석기간 바로 앞 주기 끝에 잔여차량이 없을 경우(초/대)

(가) 초기 대기차량(initial queue)의 영향

분석기간 시작 전에 대기차량이 있으면 분석기간 초기에 도착한 차량은 대기행렬을 이루고, 이 대기차량들이 방출되는 동안 분석기간에 도착한 차량은 추가적인 지체를 해야 한다. 따라서 분석 시작 시점에 대기차량이 없으면 이 추가지체는 고려할 필요가 없다. 이 추가지체는 분석기간 동안에 도착한 차량의 지체를 구하는 것이므로 분석기간 동안의 초기 대기차량의 지체는 고려하지 않는다.

이러한 추가지체가 있을 때는 다음에 설명되는 균일지체의 값이 달라지므로 주의해야 한다. 그 이유는 초기 대기차량이 있으면 이들이 처리될 때까지는 균일지체 때보다 큰 지체를 받기 때문이다. 추가지체는 분석기간을 몇 개의 소구간으로 나누어서 분석할 때, 앞 단계의 대기행렬이 다음 단계의 지체에 주는 영향을 분석할 때에도 이용된다.

추가지체 d_3 가 존재하는 경우를 3가지 유형으로 구분해 보면 <그림 8-8>과 같다.

- ① 유형 I : 초기 대기차량이 존재하고 분석기간 이내에 도착하는 모든 교통량을 처리하고 분석기간 이후에는 대기차량이 남지 않는 경우. 즉,

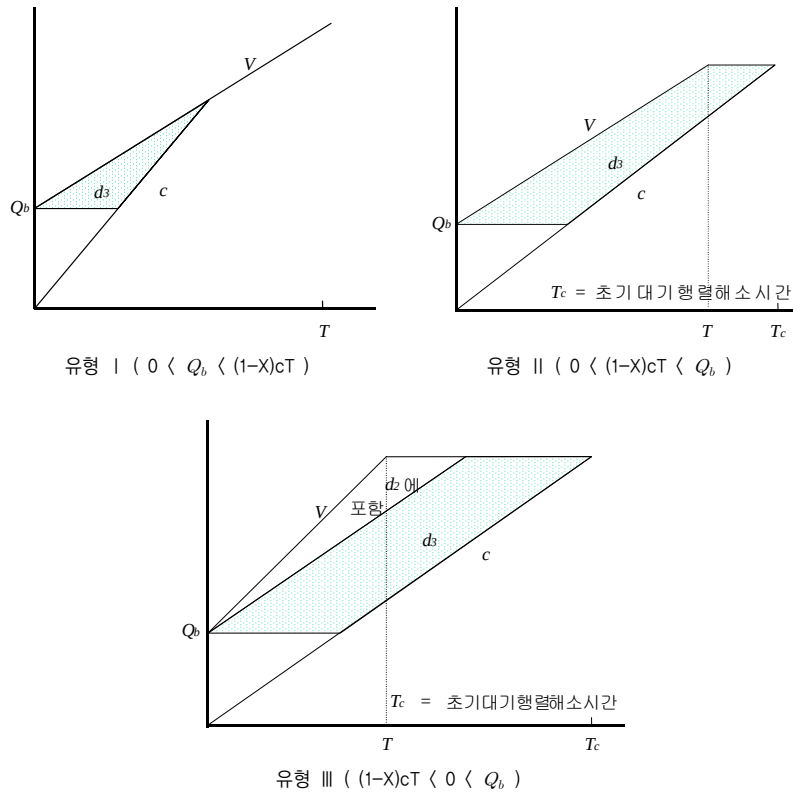
$$0 < Q_0 < (1-X)cT \quad (\text{식 8-44})$$

- ② 유형 II : 초기 대기차량이 존재하고 분석기간 이후에 여전히 대기차량이 남아 있으나 그 길이가 초기 대기행렬보다는 줄어든 경우. 즉,

$$0 < (1-X)cT < Q_0 \quad (\text{식 8-45})$$

- ③ 유형 III : 초기 대기차량이 존재하고 분석기간이 지난 후에도 여전히 대기차량이 남아 있으나 그 길이가 초기 대기행렬보다 늘어난 경우. 즉,

$$(1-X)cT < 0 < Q_0 \quad (\text{식 8-46})$$

그림 8-8 추가지체(d_3)의 모형

유형 II, III에서는 분석기간이 끝난 후에 남아 있는 대기차량의 지체(분석기간 이후에 발생하는)도 추가지체가 포함된다. 왜냐 하면 이 들의 지체가 분석기간 이후에 발생한다 하더라도 분석은 분석기간에 도착한 차량을 대상으로 하므로, 이 지체를 추가지체에 포함시켜야 한다. 추가지체에 관한 자세한 내용은 다음에 다시 설명된다.

(나) 균일지체(uniform delay)

앞에서 언급한 바와 같이 주어진 교통량이 교차로에 정확하게 일정한 차두간격으로 도착한다고 가정할 때의 차량 당 평균지체는; 1) 초기 대기차량이 없는 경우, 2) 초기 대기차량이 있으나 분석기간 이내에 다 해소가 될 경우, 3) 초기 대기차량이 있고 분석기간이 끝난 후에도 대기차량이 남아 있는 경우 각각에 대해 (식 8-47), (식 8-48), (식 8-49)와 같은 확정모형으로 구할 수 있다.

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} \quad (Q_b = 0 \text{ 때}) \quad (\text{식 8-47})$$

$$= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2TS(1-y)} \quad (\text{유형 I 때 사용}) \quad (\text{식 8-48})$$

$$= \frac{R}{2} \quad (\text{유형 II, III 때 사용}) \quad (\text{식 8-49})$$

여기서,

Q_b = 초기 대기차량 대수(대)

d_1 = 균일지체(초/대)

C = 주기(초)

g = 해당 차로군에 할당된 유효녹색시간(초)

X = 해당 차로군의 포화도

R = 적색신호 시간(초)

y = 교통량비(flow ratio)(=V/S)

T = 분석기간 길이(시간)

S = 해당 차로군의 포화교통량(vphg)

(다) 증분지체(incremental delay)

증분지체는 비균일 도착에 의한 임의지체(random delay)와, 분석기간 내에서 몇몇 과포화 주기(cycle failure)에 의한 과포화 지체(overflow delay)를 포함한다. 따라서 분석기간의 시작과 끝 부분에는 잔여 대기행렬이 없는 상태이다. 어느 차로군의 증분지체는 그 차로군의 포화도(X), 분석기간의 길이(T) 및 그 차로군의 용량(c)에 크게 좌우된다. (식 8-50)은 증분지체를 구하는 식으로서, 이 때 X는 1.0보다 큰 값을 가질 수도 있다.

$$d_2 = 900 T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right] \quad (\text{식 8-50})$$

여기서,

d_2 = 임의도착 및 분석기간 안에서의 과포화 영향을 나타내는 증분지체

T = 분석기간 길이(시간)

X = 해당 차로군의 포화도

c = 해당 차로군의 용량(vph)

(라) 추가지체(initial queue delay)

분석 전 과포화로 인한 초기 대기행렬 때문에 발생하는 추가지체는 분석기간 동안의 V/c 비에 따라 그 영향이 크게 나타날 수도 있고 적게 나타날 수도 있다. V/c 비가 1.0과 같거나 크면 그 영향이 크고 1.0보다 적으면 그 영향이 줄어든다. 그러나 V/c 비가 0.5이상일 때는 그 영향이 상당기간 지속될 수 있기 때문에 이를 무시해서는 안 될 것이다. 또한 서비스 수준 분석이 일반적으로 첨두시간에 대해서 많이 이루어지기 때문에 분석기간 전에 과포화가 발생하였다면 분석기간 중에도 과포화가 될 가능성이 클 수밖에 없으므로 초기 대기행렬이 지체에 미치는 영향은 크다. 이로 인한 지체시간의 크기는 초기 대기행렬의 길이에 따라 다르기 때문에 일률적으로 말할 수 없지만 최대 100초 이상의 값을 가질 수도 있기 때문에 서비스 수준에 상당한 영향을 줄 수 있다.

초기 대기차량(Q_b)는 현장에서 차로군별로 관측하여야 하며 계획분석에서는 관측이 불가능하기 때문에 0으로 간주하면 될 것이다. 기존 교차로의 장래에 대한 분석시에도 장래의 대기차량을 알 수 없기 때문에 장래 V/c 비에 따라 현재의 초기대기차량 대수를 준용하도록 권장한다. 즉, 장래 V/c 비가 1.0 이상이거나 현재 V/c 비보다 큰 차로군에 대해서는 현재의 초기 대기차량을 적용하고 장래 V/c 비가 1.0미만이고 현재 V/c 비 이하일 때는 초기 대기차량이 없는 것으로 가정하고 분석하면 될 것이다.

교차로 개선안에 대한 분석시에도 장래분석과 같은 방법으로 분석하면 된다. 이렇게 함으로서 현황과 장래, 현황과 개선안에 대한 지체값이 일관성을 갖게 된다. 현황에는 초기 대기차량을 고려하여 지체를 계산하고 개선안이나 장래에는 모두 초기 대기차량이 없는 것으로 분석한다면 오류를 범할 수도 있기 때문에 V/c 비에 따라 구분하여 적용하도록 한다. 앞에서 설명한 세가지 유형별 추가지체의 모형식은 (식 8-51), (식 8-52), (식 8-53)과 같다.

$$d_3 = \frac{1,800 Q_b^2}{cT(c - V)} \quad (\text{유형 I 때}) \quad (\text{식 8-51})$$

$$= \frac{3,600 Q_b}{c} - 1,800 T(1 - X) \quad (\text{유형 II 때}) \quad (\text{식 8-52})$$

$$= \frac{3,600 Q_b}{c} \quad (\text{유형 III 때}) \quad (\text{식 8-53})$$

여기서,

d_3 = 추가지체(분석기간 이전에 잔류한 과포화 대기행렬로 인한 지체)

Q_0 = 분석기간(T)이 시작될 때 존재하는 초기 대기차량대수(대)

c = 분석기간 중의 해당 차로군의 용량(vph)

V = 분석기간 중의 해당 차로군의 도착교통량(vph)

초기 대기차량이란 분석기간 시작 순간에 관측했을 때 교차로를 통과하지 못하고 남아있는 잔여 차량을 말하며, 이것은 차로군별로 조사되어야 한다. 초기 대기차량을 구하기 위해서는 현장관측방법을 사용한다. 설계 및 계획분석에서는 초기 대기행렬을 현장조사할 수 없기 때문에 생략한다.

현장관측은 분석시간대에 과포화 상태가 발생하는 접근로에서 필요한 차로군에 대해서만 실시하며, 조사대상은 차로별 차량대수가 아니라 차로군별 차량대수이다. 조사는 각 차로군별로 3회 이상 조사한 자료의 평균치를 쓰는 것이 좋다.

(마) 연동 계수(PF)

신호교차로에서의 지체는 연속적인 차량의 흐름이 어느 정도 원활한가에 의해 크게 좌우된다. 가령 도착교통량이 거의 용량에 도달할 정도로 많아도 교통류가 연속적으로 잘 진행하도록 신호의 연동이 잘 맞추어진 경우 개별차량이 느끼는 지체는 그다지 크지 않으며, 반대로 도착교통량이 용량에 훨씬 못 미치더라도 교차로간의 신호연동이 좋지 않은 경우 개별차량이 받는 지체는 매우 클 수가 있다. 고정 시간 신호시스템에서 연동방향의 접근로에서 발생하는 지체는 연동의 효율에 크게 영향을 받는다. 특히 연동효과는 앞에서 설명한 균일지체에 가장 크게 작용하므로 연동계수는 균일지체에만 적용된다.

이 연동계수는 연동의 효과를 나타내는 모든 이동류에 대해서 적용한다. 정확히 말하면, 연동의 주된 대상이 되는(주로 직진) 이동류와 동일한 신호현시에 진행되는 모든 이동류들에 적용한다. 동일한 현시에 움직이는 이 이동류들이 같은 차로군이든 다른 차로군이든 상관없이 같은 연동계수가 적용된다. 따라서 동시신호의 경우 모든 이동류가 동시에 진행하므로 모두 연동계수를 적용한다. 만약 직진교통을 연동시킬 때, 좌회전 신호가 직진과 다른 현시에서 움직인다면, 이 좌회전은 연동효과를 적용하지 않고 연동계수를 1.0으로 사용한다. 일반적으로 공용 우회전 차로는 직진과 같은 현시에서 진행하므로 직진과 같은 연동계수를 적용한다. 고정시간신호에서 연동계수는 옵셋편의율(偏倚率) TVO과 유효녹색시간비(g/C)로부터 <표 8-17>을 이용해서 보간법으로 구한다. 이 표에서 옵셋편의율 TVO는 (식 8-54)와 같이 계산한다.

$$TVO = \frac{T_c - offset}{C} \quad (\text{식 8-54})$$

만약 TVO가 1.0보다 크거나 0보다 적으면, 적절한 값의 정수를 빼거나 더하여 TVO의 값이 0~1.0 사이의 값을 갖도록 한다. 이 연동계수의 자세한 산출 방법은 부록을 참조하면 된다.

여기서,

TVO = 옵셋편의율

C = 간선도로의 연동에 필요한 공통주기(초)

g = 연동방향 접근로의 유효녹색시간(초)

T_c = 상류부 교차로의 정지선에서부터 분석 교차로의 정지선까지의 구간에서 신호에 의한

가속, 감속, 정지 등의 영향을 받지 않는 구간의 속도와 링크길이로부터 구한 시간(초)

$offset$ = 상류부 교차로와 분석 교차로간의 연속진행방향 녹색신호 시작시간의 차이(초).

주기보다 적은 값 사용

〈표 8-17〉 고정시간신호 연동계수(PF)

TVO	g/C								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	1.04	0.86	0.76	0.71	0.71	0.73	0.78	0.86	1.06
0.1	0.62	0.56	0.54	0.55	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.2	1.04	0.81	0.59	0.55	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.3	1.04	1.11	0.98	0.77	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.4	1.04	1.11	1.20	1.14	0.94	0.73	0.72	0.81	0.92
0.5	1.04	1.11	1.20	1.31	1.30	1.09	0.83	0.81	0.92
0.6	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.47	1.22	0.81	0.92
0.7	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.56	1.63	1.27	0.92
0.8	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.47	1.58	1.76	1.00
0.9	1.04	1.11	1.15	1.08	1.06	1.09	1.17	1.32	1.59
1.0	1.03	1.01	0.89	0.80	0.74	0.71	0.71	0.81	1.08

주) 연동시스템에 속하지 않는 교차로, 또는 연동되는 이동류(주로 직진)의 현시와는 다른 현시에 진행되는 이동류(주로 양방분리 좌회전)에 대해서는 1.0 적용하고, 사이 값은 보간법 사용

4) 지체 종합 및 서비스수준 판정

신호교차로의 각 차로군의 차량당 제어지체가 결정되면, 〈표 8-2〉를 이용하여 각 차로군별 서비스 수준을 결정하고, 각 접근로의 제어지체는 차로군별 제어지체를 교통량에 관하여 가중평균하여 구하고 서비스 수준을 결정한다. 또 각 접근로의 제어지체를 교통량에 관하여 가중평균하여 교차로의 평균제어 지체를 구하고 서비스 수준을 결정한다. 이를 수식으로 표현하면 (식 8-55), (식 8-56)과 같다.

$$d_A = \frac{\sum d_i V_i}{\sum V_i} \quad (\text{식 8-55})$$

$$d_I = \frac{\sum d_A V_A}{\sum V_A} \quad (\text{식 8-56})$$

여기서,

d_A = A 접근로의 차량 당 평균제어지체(초/대)

d_i = A 접근로 i 차로군의 차량 당 평균제어지체(초/대)

V_i = i 차로군의 보정교통량(vph)

d_I = I 교차로의 차량 당 평균제어지체(초/대)

V_A = A 접근로의 보정교통량(vph)

이전 도로용량 편람과 비교해서 서비스 수준의 결정기준이 달라진 점은 F수준을 F, FF 및 FFF수준으로 구분하였다는 점과, 차량 당 지체시간의 기준이 상향되었다는 점이다. F수준을 3단계로 구분한 것은 F수준의 범위가 너무 넓기 때문에 이를 세분하여 신호주기 몇 번 만에 교차로를 통과할 수 있는가에 따라 구분하였다.

차량 당 지체기준이 상향조정된 것은, 이전에는 차량 당 정지지체를 MOE로 사용하였으나 이번에는 차량 당 제어지체를 사용하였다는 점과 신호주기가 외국에 비해서 긴 편인 우리나라의 교차로 운영특성을 고려하였기 때문이다.

3 분석 과정

분석은 <표 8-1>에 나타난 바와 같이 운영분석과 설계분석 및 계획분석으로 나눌 수 있다. 운영분석은 도로 및 교통조건, 신호시간 등을 알고 서비스 수준을 구하는 문제이며, 설계분석은 도로 및 교통량 또는 신호시간을 구하는 문제이다. 계획분석은 교차로의 전반적인 크기나 교차로 용량의 과부족을 파악하는 문제이다. 그러나 설계분석이나 계획분석을 명확히 구분 지을 수 없는 경우가 많다. 예를 들어 교차로 구조와 교통량은 알고 서비스 수준을 가장 좋게 하는 적정신호를 결정하는 문제는 설계분석이라 할 수 있으나 계획분석에서도 이러한 문제가 있을 수 있다. 즉 교차로 구조와 교통량을 알고 서비스 수준을 가장 좋게 하는 적정신호에서의 용량을 구하는 문제는 설계분석과 거의 다를 바 없기 때문이다. 왜냐 하면 설계분석에서 적정신호를 구하는 것이나 계획분석에서 적정신호에서의 용량을 구하는 것이나 꼭 같이 몇 번의 반복 과정을 거쳐 서비스 수준을 구해야 하기 때문이다.

따라서 설계분석이나 계획분석은 결국 운영분석의 과정을 다시 거치는 경우가 많다. 구태여 설계분석과 계획분석을 구분한다면 입력자료들이 구체적이며 현실적인 자료인지 혹은 장래에 대한 개략적인

추정값인지의 차이이다.

계산과정에서 소수점 처리는 계산의 정확성은 물론이고 일관되고 통일성 있는 계산값을 나타내기 위해서 매우 중요하다. 이것의 처리 방법에 따라 최종적인 결과에 큰 차이를 나타낼 수도 있다. 소수점 이하의 유효자리수는 각 파라미터에 따라 다르며, 본 절에서 주어진 예제 풀이와 같이 나타내되 반올림을 한다. 이전 단계에서 계산한 파라미터 값을 이용하여 다음 단계의 계산할 때는 특히 유의해야 한다. 처음의 파라미터 값을 반올림하여 구한 다음, 그 반올림하여 구한 값을 이용하여 다음 파라미터 값을 구한다.

(1) 운영분석

운영분석은 교차로 구조, 교통조건 및 교통운영조건이 주어지고 교차로의 서비스수준을 구하는 과정이다.

운영분석은 1) 입력자료 및 교통량 보정, 2) 직진환산계수 산정, 3) 차로군 분류, 4) 포화교통량 산정, 5) 서비스 수준 결정의 단계를 거쳐 이루어진다. 각 단계의 계산과정은 해당 분석표를 이용할 수 있다. 이 분석표는 위의 계산 과정과 같은 순서로 구성되어 있으나, 한 과정은 반드시 한 장의 분석표에 표시 되는 것은 아니다.

1) 입력자료

입력자료는 교차로 기하구조, 교통량, 신호조건 등 분석에 필요한 모든 도로, 교통조건 및 교통운영 조건을 망라한다. 기존 교차로를 분석한다면, 대부분의 자료는 현장에서 관측한다. 반면에 장래의 조건을 분석하고자 한다면, 예측된 교통량 자료를 사용하고 교차로 기하구조 및 신호조건은 주어진 값을 사용한다. <그림 8-9>는 자료입력에 사용되는 운영분석표이다. 이 분석표의 맨 위 부분은 분석대상 교차로의 이름, 주변의 토지이용 특성, 자료조사 시간 및 조사자의 이름을 기록한다. 그 아래 부분은 교차로의 기하구조 및 좌회전통제의 종류를 스케치한다. 또 교차로 전체에 일률적으로 적용되는 값, 예를 들어 분석기간, 첨두시간계수(PHF), 중차량 혼입율(P), 출발지연시간(start-up delay), 진행연장 시간(end lag) 등 필요한 자료와 버스 베이(bus bay)유무를 여기에 기입한다. 우리나라에서는 출발 지연시간을 2.3초, 진행연장시간을 2.0초로 통일하여 사용하고 있다. 따라서 유효녹색시간은 녹색신호 시간보다 0.3초 짧다.

입력자료 중에서 반복적으로 사용되는 자료는 각 운영분석표에 반복해서 기록된다. 예를 들어 이동류별 교통량, 보정 교통량, 차로군별 교통량, 차로군 분류 표시 등이다. 초기 대기차량(initial queue)의 값 Q_0 는 지체 계산 때만 필요하므로 그때 주어진다.

분석과정의 이해를 돕기 위하여 대표적인 한 접근로의 자료를 사용하여 앞으로 모든 과정을 설명 하도록 한다. 분석은 <그림 8-9>의 운영분석표에 나타난 교차로의 동향(EB) 접근로를 대상으로 한다.

(가) 그림으로 반드시 표현되어야 할 사항

- ① 차로수
- ② 좌회전 전용차로 유무
- ③ 교통섬, 횡단보도
- ④ 차로의 이용 상황

좌회전 전용차로의 길이는 충분하다고 가정하고 이 길이의 영향은 분석에서 고려하지 않는다.

(나) 그림과 함께 제시할 자료

- ① 분석기간: 보통 15분 단위(0.25 시간)로 한다.
- ② 첨두시간계수(PHF)
- ③ 중차량 혼입율
- ④ 각 접근로별 버스 베이 유무

(다) 각 접근로별로 기입할 사항

- ① 회전이동류별 교통량(vph)
- ② 회전이동류별 초기 대기차량대수(vph) : 분석표 4의 ②에 기입한다.
- ③ U턴 교통량(vph)
- ④ 정지선에서부터 60m 이내에 있는 이면도로로부터의 진입 교통량(vph)
- ⑤ 정지선으로부터 60m 이내에 있는 이면도로로의 진출 교통량(vph)
- ⑥ 정지선으로부터 75m 이내에 있는 버스정거장에서의 버스 정차대수(vph)
- ⑦ 정지선으로부터 75m 이내에서 노상주차 가능여부
- ⑧ 주차가 가능한 경우 시간당 주차활동대수(주차하러 들어오거나 주차가 끝나고나가는 대수) (vph)
- ⑨ 우회전을 방해하는 교차도로의 양방향 횡단보행자수(인/시)
- ⑩ 보행신호시간(초)
- ⑪ 상류부의 링크 길이(m)
- ⑫ 상류부 링크의 순행속도(kph): m/초의 단위로 환산하여 사용한다.
- ⑬ 경사(%), 평균 차로폭(m), 정지선으로부터 버스 정류장까지의 거리(m), 좌회전곡선반경(m)

(라) 신호에 관한 사항

- ① 주기
- ② 현시를 순서대로 스케치
- ③ 좌회전의 형태(CASE 번호)
- ④ 신호시간(초)
- ⑤ 오프셋(초) 값은 운영분석표 4의 ⑧에 기록

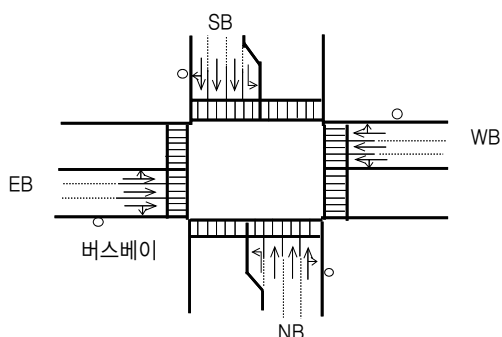
입 력 자 료

교차로명: A도로 × B도로

도로조사시간: 2001.4.26. 15:30~15:45

지점특성: 일반업무지구

조 사 자: 장삼오, 이사육



기 타

- ① 분석기간 : 0.25 시간
- ② PHF = 0.95
- ③ 중차량 혼입율(P)=5%
- ④ 버스베이 : NB만 있음

교통 및 신호

접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
① 교통량, V_H (vph)	90	600	320									
③ U턴 교통량(vph)	0											
④ 진입교통량, V_{en} (vph)	23											
⑤ 진출교통량, V_{ex} (vph)	20											
⑥ 버스정차대수, V_b (vph)	11											
⑦ 주차여부(O, X)	O											
⑧ 주차활동대수, V_{park} (vph)	10											
⑨ 횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)	400											
⑩ 보행신호시간 ¹⁾ , G_p (초)	40											
⑪ 상류 링크길이(m)	400											
⑫ 순행속도(kph)	50											
⑬ 경사/ w / l / R_L ²⁾	0/3.3/30/12											

1) 우회전을 방해하는 교차로도로의 횡단을 말함

2) w=평균차로폭(m), l=버스정거장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)

신호현시 및 좌회전 형태 : ① (주기 = 120초)

② 현시							③ 좌회전 형태 EB, WB: 비보호 (CASE 6)
④ 신호 시간	G= 45 Y= 3	G= 20 Y= 3	G= 46 Y= 3				NB, SB: 양방보호 (CASE 1)

그림 8-9 입력자료 (운영분석표 1)

2) 교통량 보정 및 차로군 분류

(가) 교통량 보정

교통량 보정은 시간 교통량을 침두 15분 교통류율로 바꾸고, 한 이동류가 여러 차로를 이용할 경우 가장 이용율이 높은 차로를 기준으로 한 교통량으로 환산하는 것이다. 적색신호에서 교차로를 빠져나가는 우회전 교통량은 분석에서 제외되어야 하므로 이에 대한 보정을 해 준다. 이를 제외하는 이유는 분석하는 교통량은 녹색신호 시간을 소비하는 모든 교통량이기 때문이다. 원 안의 번호는 <그림 8-10>의 각 항목의 번호와 일치한다.

- ① 교통량 : 교차로에 진입하는 각 이동류별 한시간 교통량이다. 이 교통량은 운영 분석표 1의 ①에 기입된 값의 반복이다. 즉, 좌회전 = 90vph, 직진 = 600vph, 우회전 = 320vph이다.
- ② 차로이용률 계수 : 직진교통이 직진만의 차로를 이용한다고 가정하고 <표 8-5>를 이용하여 구하며, 직진 교통량에만 적용된다. 여기서는 직진만의 차로 수가 1 개이며, 직진 교통량이 800vph 이하이므로 이 계수는 1.0이다.
- ③ RTOR 보정 : 공용 우회전차로에서 적색신호에 우회전하는 차량을 제외한다. <표 8-6>을 이용해서 구한다. 이 접근로는 도류화 되지 않은 공용 우회전 차로를 가지므로 이 계수는 0.5이다.
- ④ 보정교통량 : 위의 모든 교통량을 운영분석표 1에서 주어진 PHF로 나눈 다음, 직진 교통량은 차로이용률 계수를 곱하고, 우회전 교통량은 위 ③에서 얻은 계수를 곱한다. 따라서, 좌회전 = $90/0.95=95\text{vph}$, 직진 = $(600/0.95) \times 1.0=632\text{vph}$, 우회전 = $(320/0.95) \times 0.5=168\text{vph}$ 이다.

(나) 차로군 분류

모든 분석은 차로군별로 이루어진다. 심지어 공용차로를 이용하여 같은 신호 현시에 진행하는 이동류라 할지라도 다른 차로군을 형성하여 별도로 분석될 수도 있다. 그 이유는 공용차로의 경우 직진 교통은 공용차로를 이용할 수 있으나, 회전차량은 공용차로 이외의 직진차로를 이용할 수가 없기 때문이다.

차로군 분류는 근본적으로 공용 좌우회전 차로에서 내부 및 외부마찰로 인한 차두시간의 손실을 직진 환산계수로 나타내어, 운전자가 교차로 정지선에 접근하거나, 정지해서 대기하거나, 혹은 녹색신호에서 방출될 때 혼잡도(V/c, V/S 비)에 관해서 평형을 이루려는 경향을 가지고 각 차로를 이용한다는 가정에서부터 출발한다.

따라서 좌회전은 내부마찰 즉, 좌회전 자체의 비효율, 좌회전 곡선반경의 영향, U턴의 영향을 종합하여 직진과 비교하여 직진환산계수를 구한다. 우회전은 내.외부마찰 즉, 우회전 자체의 비효율, 노변의 버스, 노상주차, 이면도로의 진출입 차량 등에 의한 영향을 종합하여 직진과 비교한 직진환산계수를 구한다.

전용 회전차로는 항상 별개의 차로군을 가지며, 공용차로의 경우는 실질적 공용차로인지 혹은 실질적

전용차로인지를 판별하는 것이 차로군 분류의 핵심이다. <그림 8-10>의 후반부는 이러한 차로군 분류의 과정을 순서대로 나타내었다.

- ① 차로수, N : 분석에서 사용되는 N 값은 공용 좌회전 차로가 있는 경우는 접근로 전체의 차로수, 전용 좌회전 차로가 있는 경우는 접근로 전체 차로중에서 이 전용 좌회전 차로를 제외한 차로수를 사용한다. 따라서 이 값은 3이다.
- ② 보정 대향직진 교통량, V_o : 맞은편 접근로의 직진 교통량이다. 이 값은 보정된 값으로서, 이 예에서는 600vph라 가정한다.
- ③ 비보호 간격수락율, P : <표 8-8>에서 1.39의 값을 얻는다. 이것은 대향 직진 차량 한 간격 당 평균 1.39대가 비보호 좌회전 할 수 있다는 의미이다. 대향직진 교통량이 표에서 주어진 값들 사이에 있으면 보간법으로 구한다.
- ④ 좌회전의 직진환산계수, E_l : 공용 좌회전차로에서의 비보호 좌회전이므로 CASE 6에 해당되며, <표 8-7> 및 (식 8-5)을 사용하여 구하면 다음과 같다.

$$E_{l6} = \frac{2,200}{600 \times 1.39} + \frac{1}{95} \left[\frac{2,200(1 - 44.7/120)600}{2,200 \times 3 - 600} - \frac{3,600 \times 632}{120 \times 3 \times 95} \right] = 3.39$$

- ⑤ 좌회전 곡선반경의 영향, E_p : <표 8-9>에서 1.11 값을 얻는다.
- ⑥ U턴의 영향, E_u : 이 예에서 U턴의 영향은 없다고 보았다. 왜냐 하면 비보호좌회전에서 U턴을 허용하기에는 무리가 있고 또 도로폭의 여유가 이를 허용 하지 않는다고 가정을 했다. 따라서 U턴의 영향 계수 E_u 는 1.0이다. 만약 좌회전 가능한 차로가 2개인 접근로에서 U턴 교통량이 120vph이고 좌회전 교통량이 880 vph이면 U턴%는 12% (120/1,000) 이므로 E_{u2} 는 <표 8-11>에서 1.2이다. U턴 전용차로가 있는 경우 이 계수는 1.0이다.
- ⑦ 종합적인 좌회전의 직진환산계수, E_L : 위의 3개의 계수의 곱은, $3.39 \times 1.11 \times 1.0 = 3.76$ 이다.
- ⑧ 진출입로의 영향, L_{dw} : 진출입차량으로 인한 차두시간 손실, $L_{dw} = 0.9 \times 23 + 1.4 \times 20 = 49$ 초 이다.
- ⑨ 버스정차의 영향, T_b : <표 8-12>에서 버스 베이가 없이 주행차로에 정차를 하 며, 주변이 일반 업무지구이므로 이 값은 15.3초
- ⑩ 버스정류장 위치 계수, l_b : 버스정류장의 위치가 접근로의 정지선으로부터 30m 후방에 있으므로 (운영분석표 1의 ⑬에 표시), $l_b = 0.6$.
- ⑪ 버스정류장의 영향, L_{bb} : 버스정류장으로 인한 차두시간 손실시간. 버스정차 대수는 운영분석표 1의 ⑥에 11대로 주어졌다. $L_{bb} = 15.3 \times 0.6 \times 11 = 101$ 초

- ⑫ 노상주차의 영향, L_p : 노상주차가 허용되며, 주차활동대수 V_{park} 가 10대이므로,
 $L_p = 360 + 18 \times 10 = 540$ 초
- ⑬ 노변마찰의 영향, L_H : 우회전차로의 총 노변마찰, 즉 녹색신호동안의 차두손실 시간은 $(49 + 101 + 540) \times 0.3 = 207$ 초
- ⑭ 우회전 횡단차단시간, $f_c G_p$: <표 8-13>에서 횡단보행자 400인/시 때 $f_c = 0.3$ 이 며, $G_p = 40$ 초
 이므로 $0.3 \times 40 = 12$ 초
- ⑮ 우회전차로 직진환산계수, E_R : (식 8-11)에서,
- $$E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{168} \left[\frac{12}{120} + \frac{208}{3,600} - \frac{1.63 \times 632}{120 \times 3 \times 168} \right] = 3.00$$
- ⑯ $V_{LF} = \frac{3,600 \times 632}{120 \times 3 \times 95} = 67\text{vph}$ (식 8-13)
- ⑰ $V_{RF} = \frac{3,600 \times 632}{120 \times 3 \times 168} = 38\text{vph}$ (식 8-15)
- ⑱ $V_{STL} = \frac{1}{3} [632 + 3 \times 168 - 3.76 \times 95(3 - 1)] = 141\text{vph}$ (식 8-17)
- ⑲ $V_{STR} = \frac{1}{3} [632 + 3.76 \times 95 - 3 \times 168(3 - 1)] = -6\text{vph}$ (식 8-20)
- ⑳ 차로군 분류: $V_{STL} > V_{LF}$, $V_{STR} < V_{RF}$

따라서, <표 8-14>에 의해서 이 접근로는 두 개의 차로군 즉, 공용 좌회전 차로군과 실질적 전용 우회전 차로군으로 구성된다. 다시 말하면 공용 좌회전차로를 비보호 좌회전과 직진이 같이 이용을 하므로 이 두 이동류는 통합되어 하나의 V/S 또는 V/c비로 나타낼 수 있으며, 공용 우회전 차로는 거의 전용 우회전 차로와 같이 사용된다. 나중에 용량계산 모듈(운영분석표 3)에서 계산되는 바와 같이 우회전 차로의 V/c비가 좌회전과 직진 통합 차로군의 V/c비보다 크다는 것을 알 수 있다. 앞으로 이 접근로의 모든 분석은 이들 각 차로군에 대해서 이루어진다.

교통량 보정 및 차로군 분류												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
① 교통량, V_d (vph)	90	600	320									
② 차로이용률계수(표 8-5)	1.0											
③ RTOR보정(표 8-6)	0.5											
④ 보정 교통량, V (vph)	95	632	168									
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
① 차로수, $N^1)$	3											
② 보정 대향직진교통량 ²⁾ , V_d (vph)	600											
③ 비보호간격수락률 ²⁾ , P (표 8-8)	1.39											
④ 좌회전직진환산계수, E (표 8-7)	3.39											
⑤ 좌회전곡선반경 영향, E_p (표 8-9)	1.11											
⑥ U턴 영향, E_u (표 8-10, 11)	1.0											
⑦ $E_L = E_l \times E_p \times E_u$	3.76											
⑧ 진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	49											
⑨ 버스정차의 영향, T_b (표 8-12)(초)	15.3											
⑩ 버스정류장 위치, $I_b = (75 - l)/75$	0.6											
⑪ 버스영향, $L_{bb} = T_b \times I_b \times V_d$ (초)	101											
⑫ 노상주차영향, $L_p = 360 + 18 V_{park}$ (초)	540											
⑬ 노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times 0.3$ (초)	207											
⑭ 우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ (표 8-13)	12											
⑮ 우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R	3.00											
⑯ V_{LF} (식 8-13, 14)	67											
⑰ V_{RF} (식 8-15, 16)	38											
⑱ V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)	141											
⑲ V_{STR} (식 8-19, 20)	-6											
⑳ 차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수 2) 비보호좌회전에서만 적용 3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략 4) $E_R = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3600} - \frac{1.63 V_{Th}}{CN_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전) $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전) 5) 3지 교차로에서 직진과 직·좌 공용차로가 있는 접근로에만 사용 6) 차로군 분류기준 (1) 전용 좌회전 차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군 (2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진, 좌, 우회전 모두 하나의 통합 차로군 (3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군 (4) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군												

그림 8-10 교통량 보정 및 차로군 분류 (운영분석표 2)

3) 포화교통량 및 용량 계산

차로군 분류가 끝나면 이후의 모든 과정은 차로군별로 분석이 된다. 각 차로군의 교통량이 새롭게 구해지고, 따라서 각 차로군내에 포함된 회전교통량의 비율도 구할 수 있다. 이 비율과 회전교통의 직진환산계수로부터 좌우회전의 보정계수, 정확히 말해 좌우회전 차로의 보정계수를 구한다. 이렇게 해서 얻은 보정계수와 접근로 전체에 일률적으로 적용되는 차로폭 보정계수, 경사 보정계수, 중차량 보정계수를 사용하여 각 차로군의 포화교통량을 얻는다. 용량도 마찬가지로 차로군별로 구한다. <그림 8-11>은 포화교통량 및 용량 계산과정을 나타낸 운영분석표이다.

(가) 포화교통량 계산

- ① 차로군 분류 : 앞의 운영분석표 2에서 표시된 차로군 분류와 같다.
- ② 이동류 교통량 : 앞의 운영분석표 2의 교통량 보정 ④항과 같다.
- ③ 회전의 직진환산계수, E_L , E_R : 앞의 운영분석표 2의 차로군 분류 ⑦, ⑮항과 같다.
- ④ 차로군별 교통량, V_i : 각 차로군별 교통량은 공용 회전차로에서 첫 회전차량 앞에 도착하는 직진 교통량 즉, V_{LF} 또는 V_{RF} 값을 알면 이를 쉽게 구할 수 있다. 예를 들어 본 예제에서 공용 좌회전 차로군의 총 교통량은 총 직진 교통량에서 V_{RF} 를 빼고 좌회전 교통량을 합하면 된다. 반면 실질적 우회전 차로군의 교통량은 우회전 교통량에다 V_{RF} 를 더하면 된다

가) 공용 좌회전 : $V_{Th} - V_{RF} + V_L = 632 - 38 + 95 = 689\text{vph}$

나) 공용 우회전 : 해당 없음

다) 실질적 좌회전 : 해당 없음

라) 실질적 우회전 : $V_{RF} + V_R = 38 + 168 = 206\text{vph}$

마) 실질적 직진 : 해당 없음

바) 통합 차로군 : 해당 없음

- ⑤ 회전 교통량비, P_L , P_{LT} , P_R , P_{RT} : 각 차로군의 총 교통량에서 회전 교통량이 차지하는 비율이다. 편의상 공용 회전차로군에서는 P_{LT} 또는 P_{RT} 로 나타내며, 실질적 전용 차로군에서는 P_L 또는 P_R 로 나타낸다. 따라서,

위의 공용 좌회전 차로군의 회전 교통량비는 $P_{LT} = 95/689 = 0.14$,

실질적 우회전 차로군의 회전 교통량비는 $P_R = 168/206 = 0.82$

- ⑥ 회전 보정계수, f_{LT} , f_{RT} : 위의 회전 교통량비와 분석표 2의 ④항 및 ⑮항에서 구한 직진환산계수를 이용하여 보정계수를 구한다.

$$\text{공용 좌회전 차로군 : } f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.14(3.76 - 1)} = 0.721$$

$$\text{실질적 전용 우회전 차로군 : } f_{RT} = \frac{1}{1 + 0.82(3 - 1)} = 0.379$$

- ⑦ 차로폭 보정계수, f_w : 두 차로군에 동일하게 적용되는 값이다. 차로폭은 운영분석표 1의 ⑬항에 나타나 있으며, <표 8-15>에서 이에 대한 보정계수 값은 1.0 이다.
- ⑧ 경사 보정계수, f_g : 두 차로군에 동일하게 적용되는 값이다. 경사는 분석표 1의 ⑬항에 나타나 있으며, <표 8-16>에서 이에 대한 보정계수 값은 1.0
- ⑨ 중차량 보정계수, f_{HV} : 모든 접근로에 동일하게 적용되는 값이다. 중차량 혼입률은 운영분석표 1의 그림 우측 ③항에 나와 있으며, 이에 대한 보정계수는 (식 8-39)로부터 구한다. 즉

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.8 \times 0.05} = 0.96$$

- ⑩ 차로군의 포화교통량, S_i : (식 8-38)을 이용하여 각 차로군별로 구한다. 여기서 차로군의 차로수는 이동류에 사용되는 차로수를 말한다.

$$\text{공용 좌회전 차로군 : } S_{LT} = 2,200 \times 2 \times 0.721 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.96 = 3046 \text{vphg}$$

$$\text{실질적 전용 우회전 차로군 : } S_R = 2,200 \times 1 \times 0.379 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.96 = 800 \text{vphg}$$

(나) 용량계산

- ① 차로군 분류 : 운영분석표 2 및 앞의 포화교통량 계산의 ①항 차로군 분류와 같다.
- ② 차로군 교통량, V_i : 앞의 포화교통량 계산의 ④항과 같다.
- ③ 차로군의 교통량비, $(V/S) = y$: 각 차로군의 교통량을 포화교통량으로 나눈 값이다. 이 값은 포화도에 유효녹색시간비를 곱한 값과 같다. 그러나 계산 결과의 통일을 위해서 교통량을 포화교통량으로 나눈 값을 사용한다.

$$(V/S)_{LT} = 689/3,046 = 0.226 \quad (V/S)_R = 206/800 = 0.258$$

- ④ 현시의 임계차로군 : 각 신호현시에서 진행되는 차로군 중에서 y 값이 가장 큰 차로군을 말한다. 따라서 다른 접근로 및 다른 현시에 대해서 모두 고려해야한다. 이 예에서는 동향(EB) 접근로와 서향(WB) 접근로 모두를 고려할 때 임계차로군이 동향(EB) 접근로의 실질적 전용 우회전 차로군이라고 가정한 것이다. 설계 또는 계획분석에서는 이 차로군을 기준으로 신호 파라미터를 결정한다. 해당되는 차로군에 ν 표시를 한다.

- ⑤ 임계차로군의 V/S 합 : 위에서 표시한 임계차로군의 y 값을 합한 것이다. 이 값은 교차로 전체의 임계 V/c를 구하거나, 설계분석 및 계획분석에서 적정신호주기를 구하는 데 사용된다. 이 값은 교차로의 모든 접근로에 대한 신호현시의 임계차로군 및 그들 차로군의 V/S비를 알아야만 이 값을 구할 수 있다.

- ⑥ 차로군 유효녹색시간비, g/C : 차로군이 받는 녹색시간비이다. 유효녹색시간은 녹색신호시간에서 0.3초를 뺀 값을 사용한다.

$$g/C = (45 - 0.3)/120 = 0.373$$

- ⑦ 차로군 용량, $c = S(g/C)$: 각 차로군의 포화교통량에다 유효녹색시간비를 곱한 것이다.

$$c_{LT} = 3046 \times 0.373 = 1136\text{vph} \quad c_R = 800 \times 0.373 = 298\text{vph}$$

- ⑧ 차로군의 포화도, $(V/c) = X$: 각 차로군의 교통량을 용량으로 나눈 값이다. 어떤 차로군에 대한 이 값이 1.0보다 크면 사실상 이 차로군은 매우 혼잡하다는 것을 의미한다. 그러나 이러한 바람직하지 못한 교통성과에도 불구하고 교차로 전체의 서비스수준이나 다음에 설명하는 임계 V/c 비는 매우 좋게 나타나는 수가 있으므로 교차로 전체의 서비스수준이나 임계 V/c 비를 절대적으로 신뢰해서는 아니 된다.

$$X_{LT} = 689/1,136 = 0.61 \quad X_R = 206/298 = 0.69$$

- ⑨ 손실시간, 임계 V/c 비 : 신호현시 당 손실시간은 황색시간 + 0.3초이다. 만약 이 교차로가 3현시로 운영된다면 각 현시 당 3초의 황색시간을 가지므로, 주기 당 손실시간 $L = 3(3+0.3) = 9.9$ 초이다. 임계 V/c 비는 적정한 신호운영 조건하에서 교차로 전체의 혼잡도를 나타내는 지표이다. 신호운영이 잘못되어 있으면 어느 이동류 또는 접근로의 V/c 비가 1.0보다 큰데도 불구하고 이 임계 V/c 비의 값은 1.0보다 작을 수 있다. 따라서 임계 V/c 비가 교차로 전체의 서비스 수준을 잘 나타낸다고 볼 수 없다. 위와 같은 경우, 신호운영 조건을 개선하여 이 값을 현저히 줄일 수 있다. 이 값은 (식 8-42)로부터 얻는다.

- ⑩ 적정주기 : 설계분석에서만 필요한 항이므로 설계분석 과정에서 설명된다.

포 화 교 통 량 계 산													
접근로		EB			WB			NB			SB		
① 차로군 분류		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
② 이동류 교통량, V		95	632	168									
③ 회전 직진환산계수, E_L, E_R		3.76 / 3.0											
④ 차로군별 교통량 V_i (vph)	공용LT: $V_{Th}-V_{Rf}+V_L$	689											
	공용RT: $V_{Th}-V_{Lf}+V_R$												
	실질LT ¹⁾ : $V_{Lf}+V_L$												
	실질RT ¹⁾ : $V_{Rf}+V_R$	206											
	실질TH: $V_{Th}-V_{Lf}-V_{Rf}$												
통합차로군: $V_{Th}+V_L+V_R$													
⑤ 회전교통량비 ²⁾ P_L, P_{LT}, P_R, P_{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$			0.14 / 0.82								
⑥ 회전보정계수 ³⁾ f_{LT}, f_{RT}		$\frac{1}{1+P(E-1)}$			0.721 / 0.379								
⑦ 차로폭 보정계수, f_w <표 8-15>		1.0											
⑧ 경사 보정계수, f_g <표 8-16>		1.0											
⑨ 중차량 보정계수, f_{HV} (식 8-39)		0.96											
⑩ 포화교통량: $S=2200N \times f_{LT}$ (또는 $f_{RT}) \times f_w \times f_g \times f_{HV}$		3046 / 800											
1) 전용 좌우회전에도 사용													
3) 직·좌·우회전 통합 차로군 때는 아래 공식을 사용													
2) 회전교통량비		$f_{LT} \times f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1) + P_{RT}(E_R - 1)}$											
(1) 실질적 회전 차로군: P_L, P_R													
(2) 공용 회전 차로군 및 통합 차로군: P_{LT}, P_{RT}													
(3) 3지 교차로는 (식 8-33, 35, 36, 37)을 사용하여 바로 f_{Th}, f_{LT}, f_{RT} 계산													
용 량 계 산													
차로군 및 접근로		EB			WB			NB			SB		
① 차로군 분류		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
② 차로군 교통량, V_i (vph)		689 / 206											
③ 차로군 교통량비, $(V/S)_i = y_i$		0.226 / 0.258											
④ 현시의 임계 차로군(✓)		✓											
⑤ 임계차로군의 V/S 합													
⑥ 차로군 녹색시간비, $(g/C)_i$		0.373											
⑦ 차로군 용량, $c_i = S_i(g/C)_i$		1136 / 298											
⑧ 차로군 포화도, $(V/c)_i = X_i$		0.61 / 0.69											
⑨ 손실시간, 임계 V/c 비		3(3 + 0.3) = 9.9초											
⑩ 적정주기(설계분석시)													

그림 8-11 포화교통량 및 용량계산(운영분석표 3)

4) 지체계산 및 서비스 수준 결정

차로군별로 균일지체, 증분지체 및 추가지체를 계산하고 연동효과에 의한 지체를 보정하여 총 평균 제어지체를 구한 다음 각 차로군의 서비스 수준을 구한다. 한 접근로의 서비스 수준 분석은, 이 접근로에 포함된 각 차로군들의 평균제어지체를 그들의 교통량에 관하여 가중평균하여 얻은 접근로의 평균제어 지체로부터 구한다. 또 교차로 전체의 서비스 수준은, 각 접근로의 평균제어지체를 그들의 교통량에 관하여 가중평균하여 교차로 전체의 평균제어지체를 계산한 후 <표 8-2>로부터 얻는다.

이렇게 해서 얻은 교차로 전체의 평균지체 또는 서비스 수준은 녹색시간 동안 교차로를 이용하는 모든 교통량에 관한 평균값인 반면, 앞 절에서 설명한 교차로 전체의 임계 V/c 비는 각 현시의 임계 차로군에 관한 것이므로 교차로의 교통상황을 나타내는 방법에서 차이가 남을 유념해야 한다. 임계 V/c 비가 매우 큰 데도 불구하고 평균지체의 값이 그다지 크지 않으면, 이 교차로의 임계차로군과 그렇지 않는 차로군 간의 혼잡도의 차이가 많다는 의미이다. 이런 경우는 각 차로군의 교통수요에 적절한 신호현시 및 신호시간으로 변경해 주면 임계 V/c 비를 줄일 수 있다.

(가) 차로군 분석

- ① 차로군 분류 : 운영분석표 2, 3에 나타난 것과 같음
- ② 초기 대기차량 대수, Q_b : 분석기간 이전에 다 처리되지 않은 차량이 남아 분석기간 동안 도착 차량의 지체에 영향을 주는 차량대수(대). 본 예제에서는 공용 좌회전 차로군에는 $Q_b = 40$ 대, 실질적 전용 우회전 차로군에는 Q_b 가 없다고 가정.
- ③ 추가지체 유형 판단 : 공용 좌회전 차로군에는 초기 대기차량이 존재하므로, $(1-X)cT$ 를 계산하여 Q_b 과 비교한다. 즉;

유형 I : $0 < Q_b < (1-X)cT$ (식 8-43)

유형 II : $0 < (1-X)cT < Q_b$ (식 8-44)

유형 III : $(1-X)cT < 0 < Q_b$ (식 8-45)

이 예제에서 $(1 - X)cT = (1 - 0.61) \times 1136 \times 0.25 = 111 \text{ 대} > 40 \text{ 대}$

따라서, 공용 좌회전 차로군은 유형 I에 해당.

- ④ 균일지체, d_1 : 도착교통이 완전히 일정한 시간간격으로 도착한다고 가정 할 때의 지체값이다. 공용 좌회전 차로군은 위의 추가지체 유형 I에 해당하므로, 두 번째 식을 사용해서 구한다.

$$d_1 = \frac{75^2}{2 \times 120 \times (1 - 0.226)} + \frac{40 \times 75}{2 \times 0.25 \times 3,046(1 - 0.226)} = 32.8 \text{ 초/대}$$

실질적 전용 우회전 차로군에 대해서는;

$$d_1 = \frac{0.5 \times 120(1 - 0.373)^2}{1 - 0.69 \times 0.373} = 31.8 \text{ 초/대}$$

- ⑤ 증분지체, d_2 : 도착교통의 무작위성, 과포화성으로 인한 증분 지체이다.

공용 좌회전 차로군 :

$$d_2 = 900 \times 0.25 \left[(0.61 - 1) + \sqrt{(0.61 - 1)^2 + \frac{4 \times 0.61}{1,136 \times 0.25}} \right] = 2.4 \text{ 초/대}$$

실질적 전용 우회전 차로군 :

$$d_2 = 900 \times 0.25 \left[(0.69 - 1) + \sqrt{(0.69 - 1)^2 + \frac{4 \times 0.69}{298 \times 0.25}} \right] = 12.4 \text{ 초/대}$$

- ⑥ 추가지체, d_3 : 초기 대기차량에 의해서 분석기간 동안에 도착한 차량이 받는 지체이다. 공용 좌회전 차로군은 유형 I이므로;

$$d_3 = \frac{1,800 \times (40)^2}{1,136 \times 0.25 \times (1136 - 689)} = 22.7 \text{ 초/대}$$

실질적 전용 우회전 차로군은 Qb가 없으므로 d_3 는 0이다.

- ⑦ 순행시간, T_c : 이 접근로 상류부 링크의 순행시간으로서, 링크의 길이는 400 m이고 순행속도는 50 kph이므로(운영분석표 1 참조) 순행시간은 $400 \times 3.6/50 = 28.8$ 초이다.

- ⑧ 오프셋 : 이 값은 상류부의 주 이동류와 이 차로군의 녹색시간이 켜지는 시간의 차이로서 이 예제에서는 운영분석표 4의 ⑧에 나타난 값 10초이다.

- ⑨ 오프셋편의율, TVO : 순행시간과 오프셋이 얼마나 잘 일치하는가를 나타내는 지표이다. 이 값이 - 값이나 1.0보다 큰 값을 갖는 경우는 정수 값을 빼주어서, 이 값이 0~1.0 사이의 값이 되도록 만들어 준다. 본 예에서; $TVO = (T_c - \text{offset})/C = (28.8 - 10)/120 = 0.16$

- ⑩ 연동계수, PF : 연동의 효과를 나타내는 모든 이동류에 대해서 적용한다. 좌 우회전 및 직진이 동시신호에서 진행하므로 모두 연동효과를 가진다. 이 연동계수는 오프셋편의율(偏倚率) TVO과 녹색시간비(g/C)로부터 <표 8-17>을 이용해서 보간법으로 구한다. $PF = 0.56$

- ⑪ 평균 제어지체, d : 균일지체에 연동계수를 곱하고, 증분지체와 추가지체를 합 한 값이다.

공용 좌회전 차로군 : $d = 32.8 \times 0.56 + 2.4 + 22.7 = 43.5 \text{ 초/대}$

실질적 전용 우회전 : $d = 31.8 \times 0.56 + 12.4 + 0 = 30.2 \text{ 초/대}$

- ⑫ 차로군 서비스 수준 : 위에서 구한 차로군의 평균 제어지체 값으로부터 <표 8-2>를 이용하여 구한다.

공용 좌회전 차로군 : C

실질적 전용 우회전 차로군 : C

(나) 접근로 분석

- ① 접근로 지체 : 해당 접근로에 포함된 이동류의 지체를 교통량에 관해서 가중평균한 값이다.

$$d_{EB} = \frac{43.5 \times 689 + 30.2 \times 206}{689 + 206} = 40.4 \text{ 초/대}$$

- ② 접근로 서비스 수준 : <표 8-2>에서 찾는다. LOS = C

(다) 교차로 분석

- ① 접근로 교통량 : 접근로 전체의 교통량. $689 + 206 = 895 \text{ vph}$

- ② 교차로 지체 : 각 접근로의 평균지체를 교통량에 관해서 가중평균한 값이다.

$$d_I = \frac{40.4 \times 895 + d_{WB} \times V_{WB} + d_{SB} \times V_{SB} + d_{NB} \times V_{NB}}{895 + V_{WB} + V_{SB} + V_{NB}}$$

- ③ 교차로 서비스 수준 : 위의 dI 값을 이용하여 <표 8-2>에서 찾는다.

지체 계산 및 서비스수준 판정												
차로군 분석												
접근로	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
① 차로군 분류												
② 초기 대기차량대수, Q_0 (대)	40 / 0											
③ 추가지체 유형 판단1)	유형 I / -											
④ 균일지체 $d = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} (Q_0 = 0 \text{ 때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-g)} + \frac{Q_0 R}{2Ts(1-g)} (\text{유형 I 때})$ $= \frac{R}{2} (\text{유형 II, III 때})$	32.8 / 31.8											
⑤ 증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$	2.4 / 12.4											
⑥ 추가지체 ²⁾ , α_3 (식 8-51, 52, 53)	22.7 / 0											
⑦ 순행시간 $T_c = \text{링크길이}/\text{순행속도}$ (초)	28.8											
⑧ (적정)오프셋 (초)	10											
⑨ 오프셋 편익율 $TVO = (T_c - \text{offset})/C$	0.16											
⑩ 연동계수, PF (표 8-17)	0.56											
⑪ 평균 제어지체 (초/대) $d_i = d(PF) + \alpha_2 + \alpha_3$	43.5 / 30.2											
⑫ 차로군 서비스수준(표 8-2)	C / C											
1) $Q_0 > 0$ 때 다음 식을 이용해서 판단 유형 I: $0 < Q_0 < (1-X)cT$ 유형 II: $0 < (1-X)cT < Q_0$ 유형 III: $(1-X)cT < 0 < Q_0$												
2) $Q_0 > 0$ 때만 사용: α_3 $= \frac{1,800Q_0^2}{cT(c-V)} (\text{유형 I 때})$ $= \frac{3,600Q_0}{c} - 1,800T(1-X) (\text{유형 II 때})$ $= \frac{3,600Q_0}{c} (\text{유형 III 때})$												
접근로 분석												
① 접근로 지체, $d_A = \frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$	40.4											
② 접근로 서비스수준(표 8-2)	C											
교차로 분석												
① 접근로 교통량, $VA = \sum V_i$ (vph)	895											
② 교차로 지체, $d_i = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$												
③ 교차로 서비스수준(표 8-2)												

그림 8-12 지체계산 및 서비스수준 판정(운영분석표 4)

(2) 설계분석

설계분석은 교차로 구조, 교통조건, 신호조건 중에서 2가지와, 소요 서비스수준이 주어졌을 때, 나머지 한 가지 요소를 구하는 분석이다. 신호조건을 구할 경우는 가장 좋은 서비스수준을 나타내는 신호조건을 구한다.

앞에서 설명한 바와 같이 교차로 구조, 교통량, 신호시간의 3가지 요소 중에서 2가지와 소요 서비스수준이 주어지고 나머지 한 가지 요소를 구하는 것이 설계분석이다. 그러나 각 요소들의 적정값을 찾는다는 것은 결국 반복적인 운영분석의 과정을 거쳐야 하므로 분석과정이 순서만 바뀔 뿐 운영분석의 틀을 벗어나지는 않는다. 따라서 3가지 종류의 설계분석에 대한 각각의 분석표를 사용하기보다 운영분석표를 사용한다.

가장 대표적인 설계분석은 교차로 구조와 교통량이 주어지고 서비스수준을 가장 좋게 하는 적정 신호를 구하는 문제이다. 나머지 문제 즉 교통량과 신호조건 및 소요 서비스수준이 주어지고 교차로 구조를 결정하는 문제는 교차로 구조를 공학적인 판단으로 가정하고 반복적인 운영분석을 통하여 구할 수 있다. 또 교차로 조건, 신호조건 및 소요 서비스수준이 주어지고 최대 서비스교통량을 구하는 문제는 교차로 전체에 관한 문제라기보다 한 접근로에 관한 문제이므로 비교적 단순하다.

설계분석의 대표적인 문제 즉 교차로 구조와 교통량이 주어지고 서비스수준을 가장 좋게 하는 적정 신호를 계산하는 문제의 분석과정을 예로 들어 다음에 설명한다. 구하는 신호 파라미터는 적정주기, 적정현시, 적정 녹색시간이며, 이 중에서 분석에 가장 큰 영향을 주는 것은 주기이다. 이 문제는 교통량 및 교차로 조건이 주어지고 최소 지체값을 나타내는 신호시간을 찾는 것이다. 다시 말하면 최적 신호시간을 구하는 문제이므로 설계 서비스 수준은 의미가 없다.

설계분석 과정을 설명하는 데 사용된 예제는 뒤의 예제 2번에서 주어진 것과 유사한 교차로이다. 예제 2에서 사용된 운영분석을 목적으로 한 신호시간 계획은 최적의 상태가 아니므로 이 신호를 최적화하는 과정을 본 예제에서 설명한다. 단지 4개의 접근로를 모두 설명하기에는 번거로움이 있기 때문에 북향(NB) 접근로 하나만을 기준으로 설명하였다. 초기 대기차량은 없다고 가정한다.

1) 입력자료(설계분석표 1)

신호에 관한 파라미터 값 외에는 운영분석 때와 같은 방법으로 기입한다. 분석의 과정에서 필요한 경우 어떤 신호 파라미터의 값을 공학적인 판단으로 가정을 하고 나중에 다시 검토한다. <그림 8-13>은 설계분석의 입력자료 양식이다.

- ① 좌회전 형태, 개략적인 주기를 가정: 접근로의 모양에 따라 좌회전 형태를 가정한다. 전용 좌회전 차로가 있으면 양방 보호좌회전 신호, 공용 좌회전 차로가 있으면 직좌 동시신호를 사용한다. 개략적인 주기는 교통량과 차로수를 감안하여 공학적인 판단을 하여 가정한다. 적정주기보다 큰 주기가 작은 주기보다 낫다. 이렇게 가정한 주기는 나중에 최적화된다. 일반적으로 직진 교통량이

차로 당 500 vph 이상이면 처음 120초 주기로 가정한다. 본 예제에서는 운영분석에서 사용한 주기와 구분하기 위하여 130초 주기로 가정한다. 황색시간은 교차로 크기와 접근속도를 고려하여 적절한 값으로 정한다. 여기서는 모든 이동류에 대하여 3초로 한다.

- ② 보행자 신호시간 G_p : 설계분석에서는 이 값이 해당 접근로의 우측 접근로의 횡단보행자 최소 신호시간을 나타낸다. 즉 북향(NB) 접근로를 분석 할 경우, 서향(WB) 접근로의 보행자 횡단 거리를 33m라 가정하면 보행속도를 1.2 m/초라 할 때, 보행자 점멸시간 = $33/1.2 = 28$ 초, 최소 보행자 녹색시간 = 4 초이므로 횡단보행자 최소신호시간은 32 초이다.

이 값은 두 가지 목적으로 사용된다. 각 접근로의 우회전 가능한 녹색시간 은 교차도로의 횡단보행자 최소신호시간보다 짧아서는 아니 되므로 적정주기를 결정하는데 기준을 제공한다. 또 이 값은 f_c 계수와 함께 우회전을 차단하는 시간을 나타내는 데 사용되며, 반복계산 할 때 수렴속도를 빨리하기 위하여 이 값을 변화 시키지 않는다.

우회전이 도류화 되어 있어 우회전 한 후 교차도로의 횡단보행자에 의해 방해받지 않는 경우는 이 값을 사용할 필요가 없다.

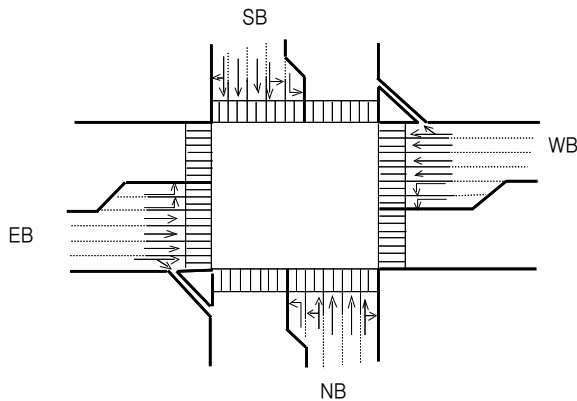
입력 자료

교차로명: “가” 도로 × “나” 도로

조사시간: 2001.5.15, 17:30 ~ 45

지점특성: 백화점 앞

조 사 자: 장삼오, 이사육



기타

분석기간 : 0.25 시간

PHF : 0.95

중차량 혼입율(P) : 5 %

버스베이 : 동·서 접근로만 있음

교통 및 신호

접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_A (vph)							160	1,200	350			
U턴 교통량(vph)							0					
진입교통량, V_{ent} (vph)							30					
진출교통량, V_{ex} (vph)							40					
버스정차대수, V_b (vph)							30					
주차여부(o, x)							x					
주차활동대수, V_{park} (vph)							-					
횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)							250					
② 보행신호시간 ¹⁾ , G_p (초)							32					
상류 링크길이(m)							500					
순행속도(kph)							60					
경사/ w / / / R_L ²⁾							0/3.3/60/20					

1) 우회전을 방해하는 교차도로의 횡단을 말함

2) w =평균차로폭(m), l =버스정거장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)

신호현시 및 좌회전 형태 : ①(주기 = 130초 가정)

현 시							좌회전 형태
신호시간	G= Y= 3	G= Y= 3	G= Y= 3	G= Y= 3	G= Y= 3	G= Y= 3	동서도로:양방보호 남북도로:직좌동시

그림 8-13 입력 자료(설계분석표 1)

2) 교통량 보정 및 차로군 분류(설계분석표 2)

E_L , E_R 계산에서 신호운영 변수를 고려하는 것 외에는 운영분석 때와 같은 방법으로 표를 작성한다.
<그림 8-14>는 설계분석에 사용되는 교통량 보정 및 차로군 분류 양식이다.

- ① E_L 을 <표 8-7>을 이용해서 찾거나 비보호 좌회전인 경우 계산한다. 좌회전 자체의 영향, 곡선 반경의 영향, U턴의 영향을 종합하여 E_L 을 계산한다.
- ② L_H 을 계산한다. 공용 우회전은 직진과 같은 녹색신호에서 진행하므로 녹색신호동안의 노변마찰을 다음과 같이 구한다. 즉, L_H 값은 $220 \times 0.3 = 66$ 이다.
- ③ 우회전 차단시간 $f_c G_p$ 를 계산한다. 여기서는 $0.3 \times 32 = 10$ 초이다. 그러나 우회전도류화가 되어 있는 경우는 우회전 차단이 되지 않으므로 계산할 필요가 없다.
- ④ E_R 을 계산한다. E_R 값은 다음과 같다.

$$E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{Th}}{C N_T V_R} \right]$$

(우회전 교통섬이 없는 공용우회전)

$$E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$$

(우회전 교통섬이 있는 공용우회전)

$$\text{이 접근로의 } E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{184} \left[\frac{10}{130} + \frac{66}{3,600} - \frac{1.63 \times 1,288}{130 \times 4 \times 184} \right] = 2.04 \text{ 이다.}$$

이 접근로는 CASE 5에 해당되므로 $N_T = 5 - 1 = 4$ 이다(식 8-11 참조).

- ⑤ V_{LF} , V_{RF} , V_{STL} , V_{STR} 을 운영분석과 같은 방법으로 계산한다.
- ⑥ 차로군 분류를 한다.

교통량 보정 및 차로군 분류 C = 130초												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_d (vph)							160	1,200	350			
차로이용률계수<표 8-5>								1.02				
RTOR보정<표 8-6>								0.5				
보정 교통량, V (vph)							168	1,288	184			
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, $N^1)$								5				
보정 대향직진교통량 ²⁾ , V_d (vph)								-				
비보호간격수락률 ²⁾ , P (표 8-8)								-				
① 좌회전직진환산계수, E (표 8-7)								1.02				
좌회전곡선반경영향, E_p (표 8-9)								1.05				
U턴 영향, E_u (표 8-10, 11)								1.0				
① $E_L = E_l \times E_p \times E_u$								1.07				
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)								83				
버스정차의 영향, T_b (표 8-12)(초)								22.8				
버스정류장위치, $l_b = (75 -)/75$								0.2				
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)								137				
주차영향, $L_p = 360 + 18 V_{park}$ (초)								0				
② 노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times g/C$ (초)								66				
③ 우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ (표 8-13)								10				
④ 우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R								2.04				
⑤ V_{LF} (식 8-13, 14)								106				
V_{RF} (식 8-15, 16)								48				
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)								557				
V_{STR} (식 8-19, 20)								-7				
⑥ 차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT

1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수, 2) 비보호좌회전에서만 적용,
3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략
4) $E_R = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{Th}}{C N_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전)
 $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전)
5) 3지 교차로에서 직진과 직좌 공용차로가 있는 접근로에만 사용
6) 차로군 분류기준
(1) 전용 좌회전차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군
(2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진,좌,우회전 모두 하나의 통합 차로군
(3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군
(4) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군

그림 8-14 교통량 보정 및 차로군 분류(설계분석표 2)

3) 포화교통량 및 용량 계산

포화교통량 계산 방법은 운영분석 때와 다름이 없다. 용량계산은 다음과 같다.

- ① 각 차로군의 교통량비, $(V/S)_i$ 를 계산한다. 이 단계에서는 북향(NB) 접근로 이외의 접근로에 대한 자료도 알아야 하므로 다른 접근로의 차로군에 대한 값을 가정해서 제시한다. 그러나 이 가정된 값들은 뒤의 예제 5에서 실제로 계산된 값이다.
- ② 현시 결정 및 임계차로군 : 동서도로 접근로는 전용 좌회전 차로가 있으므로 양방 보호좌회전 또는 직좌 동시신호 중 어느 것을 사용해도 좋다. <그림 8-15>에 나타난 각 차로군의 V/S비로부터 적정 현시는 다음과 같이 구한다.

㉞ 동서도로 :

㉞ 직좌 동시신호 때의 교통량비의 합

- 동향 접근로의 임계차로군의 V/S비 = 0.245

- 서향 접근로의 임계차로군의 V/S비 = 0.286

계 0.531

㉞ 양방보호 좌회전 및 직진신호 때의 교통량비의 합

- 양방보호 좌회전신호 때의 임계차로군의 V/S비 = 0.155

- 직진 때의 임계차로군의 V/S비 = 0.286

계 0.441

* 따라서 양방보호 좌회전 및 직진신호를 사용하는 것이 더 좋다.

㉞ 남북도로 :

공용 좌회전 차로가 있으므로 직좌 동시신호를 사용할 수 밖에 없다.

따라서, 북향 접근로의 임계차로군의 V/S비 = 0.200

남향 접근로의 V/S비 = 0.206

계 0.406

뒤에 적정주기를 구하는 반복계산에도 불구하고 이 적정 현시방법은 변하지 않는다.

③ 임계차로군의 V/S 합 : $(0.441 + 0.406) = 0.847$

④ 차로군별 유효녹색시간비 :

주기 당 유효녹색시간 = $130 - 13.2 = 116.8$ 초

가) 동서도로 양방 보호좌회전 : $116.8 \times 0.155/0.847 = 21.4$ 초

나) 동서도로 양방 직진 : $116.8 \times 0.286/0.847 = 39.4$ 초

다) 남북도로 북향접근로 직좌 동시신호 : $116.8 \times 0.200/0.847 = 27.6$ 초

라) 남북도로 남향접근로 직좌 동시신호 : $116.8 \times 0.206/0.847 = 28.4$ 초

따라서 차로군별 유효녹색시간비는

가) 동서도로보좌회전 : $21.4/130 = 0.165$

나) 동서도로 직진 : $39.4/130 = 0.303$

다) 북향 접근로 : $27.6/130 = 0.212$

라) 남향 접근로 : $28.4/130 = 0.218$

- ⑤ 차로군 용량, c_i : 각 차로군의 포화교통량에다 차로군 녹색시간비를 곱하여 얻는다. 북향 접근로의 공용좌회전+직진용량 = $8,380 \times 0.212 = 1777\text{vph}$

실질적 전용 우회전용량 = $1,159 \times 0.212 = 246\text{vph}$

- ⑥ 차로군 포화도, X_i : 각 차로군의 교통량을 용량으로 나눈다.

북향 접근로의 공용좌회전+직진의 포화도 : $1,408/1,777 = 0.79$

실질적 전용 우회전의 포화도 : $232/246 = 0.94$

- ⑦ 손실시간, 임계 V/c 비(X_c) : 4현시가 필요하며, 황색신호시간을 3초라 가정 할 때 주기 당 손실시간은 $4(3 + 0.3) = 13.2\text{초}$ 이다.

임계 V/c 비는 임계차로군의 V/S 비의 합에 $C/(C - L)$ 값을 곱하여 얻는다.

$$\text{즉 } X_c = \frac{C}{C - L} \sum y_i = \frac{130}{130 - 13.2} (0.847) = 0.94$$

- ⑧ 적정주기 : 적정주기는 Webster 공식을 이용한다.

$$\text{적정주기 : } C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum y_i} = \frac{1.5 \times 13.2 + 5}{1 - 0.847} = 162 \approx 170\text{초}$$

120~140초를 넘는 주기는 비록 그것이 평균지체를 최소화하는 적정주기 일지라도 잘 사용하지 않는다. 이 때는 좌회전을 금지하든가 혹은 교차로를 입체화 하는 등 다른 대책을 강구하는 것이 좋다. 여기서는 분석 목적상 이 값을 그대로 사용한다.

그러나 여기서 유의해야 할 것은 이렇게 해서 구한 주기가 반드시 지체를 최소화하는 것이 아니다. 왜냐 하면 적정주기를 구하기 위한 Webster 공식은 지체를 최소화하기 위한 공식이기는 하나 이 공식이 본 편람에서 사용하는 지체공식과 다르기 때문이다. 따라서 최적주기를 얻기 위해서는 각 주기마다 지체를 계산하여 비교해야 한다.

포 화 교 통 량 계 산 C = 130초														
접 근 로			EB			WB			NB			SB		
차 로 군			LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
이동류 교통량, V									168	1,288	184			
회전 직진환산계수, E _L , E _R									1.07 / 2.04					
차로군 별 교통량 V _i (vph)	공용 LT: V _{Th} -V _{RF} +V _L								1,408					
	공용 RT: V _{Th} -V _{LF} +V _R													
	실질 LT ¹⁾ : V _{LF} +V _L													
	실질 RT ¹⁾ : V _{RF} +V _R								232					
	실질 TH: V _{Th} -V _{LF} -V _{RF}													
통합 차로군: V _{Th} +V _L +V _R														
회전교통량비 ²⁾ P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}			V _L or V _R V _i						0.12 / 0.79					
회전보정계수 ³⁾ f _{LT} , f _{RT}			1 1 + P(E - 1)						0.992 / 0.549					
차로폭 보정계수, f _w <표 8-15>									1.0					
경사 보정계수, f _g <표 8-16>									1.0					
중차량 보정계수, f _{HV} (식 8-39)									0.96					
포화교통량: S=2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}									8,380 / 1,159					
1) 전용 좌우회전에도 사용														

그림 8-15 포화교통량 및 용량 계산(설계분석표 3)

4) 적정신호시간을 찾기 위한 반복계산

위에서 구한 신호주기 170초와 각 차로군별 g/C 비는 최적화된 값이 아니다. 따라서 이 단계에서 얻은 이 값을 사용하여 E_R 을 구하고 차로군 분류, 포화교통량 계산 및 용량을 계산하고 다시 새로운 주기를 찾는다.

반복과정이 끝나는 시점은 i) 어느 직진 차로군의 녹색시간이 이와 평행한 횡단보도의 최소녹색신호 시간보다 작아질 때이거나, ii) 직진 차로군의 녹색시간이 이와 평행한 횡단보도의 최소녹색신호 시간보다 크면서 반복계산에서 적정주기의 변화가 없거나 어느 값 부근에서 진동을 계속하는 경우이며, 이 때는 그중 긴 주기를 적정주기로 하고 반복계산을 종료한다.

예로 든 이 문제에서는 주기 170초가 너무 길 뿐만 아니라, 서향접근로의 횡단보행자 신호시간(북향 직좌 동시신호에서)이 $C \times g/C = 170 \times 0.202 = 34$ 초가 되어 앞에서 구한 최소보행자 신호 시간(설계분석표 1) 32초보다 길다. 따라서 한번 더 반복 계산한다. 반복계산에서 변하는 것은 C 이므로 따라서 E_L , E_R 이 변하고 이에 따라 차로별 교통량 분포가 변한다. <그림 8-16> 및 <그림 8-17>은 170초 주기에 대한 자료를 이용하여 적정주기를 찾은 것이며, 그 결과 잠정적인 적정주기 150초를 얻었다.

교통량 보정 및 차로군 분류 C = 170초												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_d(vph)$							160	1,200	350			
차로이용률계수<표 8-5>							1.02					
RTOR보정<표 8-6>							0.5					
보정 교통량, $V(vph)$							168	1,288	184			
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, $N^1)$							5					
보정 대향직진교통량 ²⁾ , $V_d(vph)$							-					
비보호간격수락률 ²⁾ , P (표 8-8)							-					
좌회전직진환산계수, E (표 8-7)							1.02					
좌회전곡선반경 영향, E_p (표 8-9)							1.05					
U턴 영향, E_u (표 8-10, 11)							1.0					
$E_L = E_l \times E_p \times E_u$							1.07					
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)							83					
버스정차의 영향, T_b (표 8-12)(초)							22.8					
버스정류장위치, $l_b = (75 - l)/75$							0.2					
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)							137					
주차영향, $L_p = 360 + 18 V_{park}$ (초)							0					
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times g/C$ (초)							66					
우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ (표 8-13)							10					
우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R							1.88					
V_{LF} (식 8-13, 14)							81					
V_{RF} (식 8-15, 16)							37					
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)							545					
V_{STR} (식 8-19, 20)							18					
차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT

1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수. 2) 비보호좌회전에서만 적용,
3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략
4) $E_R = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{Th}}{C N_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전)
 $E_R = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전)
5) 3지 교차로에서 직진과 좌회 공용차로가 있는 접근로에만 사용
6) 차로군 분류기준
(1) 전용 좌회전차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군
(2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진·좌·우회전 모두 하나의 통합 차로군
(3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군
(4) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군

그림 8-16 교통량 보정 및 차로군 분류(설계분석표 2 - 반복계산)

포 화 교 통 량 계 산 C = 170초														
접 근 로			EB			WB			NB			SB		
차 로 군			LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
이동류 교통량, V									168	1,288	184			
회전 직진환산계수, E_L, E_R									1.07 / 1.88					
차로군 별 교통량 V_i (vph)	공용 LT: $V_{Th}-V_{RF}+V_L$								1,419					
	공용 RT: $V_{Th}-V_{LF}+V_R$													
	실질 LT ¹⁾ : $V_{LF}+V_L$													
	실질 RT ¹⁾ : $V_{RF}+V_R$								221					
	실질 TH: $V_{Th}-V_{LF}-V_{RF}$													
통합 차로군: $V_{Th}+V_L+V_R$														
회전교통량비 ²⁾ P_L, P_{LT}, P_R, P_{RT}			$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$						0.12 / 0.83					
회전보정계수 ³⁾ f_{LT}, f_{RT}			$\frac{1}{1+P(E-1)}$						0.992 / 0.578					
차로폭 보정계수, f_w <표 8-15>									1.0					
경사 보정계수, f_g <표 8-16>									1.0					
중차량 보정계수, f_{HV} (식 8-39)									0.96					
포화교통량: $S=2200N_i \times f_{LT}$ (또는 $f_{RT}) \times f_w \times f_g \times f_{HV}$									8,380 / 1,221					
1) 전용 좌우회전에도 사용 3) 직·좌·우회전 통합 차로군 때는 아래 공식을 사용														
2) 회전교통량비			$f_{LT} \times f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1) + P_{RT}(E_R - 1)}$											
(1) 실질적 회전 차로군: P_L, P_R														
(2) 공용 회전 차로군 및 통합 차로군: P_{LT}, P_{RT}														
(3) 3지 교차로는 (식 8-33, 35, 36, 37)을 사용하여 바로 f_{Th}, f_{LT}, f_{RT} 계산														
용 량 계 산														
차로군 및 접근로			EB			WB			NB			SB		
차로군 분류			LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
차로군 교통량, $V(vph)$									1,419 / 221					
차로군 교통량비, $(V/S)_i = y_i$			0.138 / 0.245			0.155 / 0.286			0.169 / 0.181			0.203		
현시의 임계 차로군(✓)						✓	✓			✓			✓	
임계차로군의 V/S 합			0.826											
차로군 녹색시간비, $(g/C)_i$									0.202					
차로군 용량, $c_i = S(g/C)_i$									1,693 / 247					
차로군 포화도, $(V/c)_i = X_i$									0.84 / 0.89					
손실시간, 임계 V/c 비			$4(3 + 0.3) = 13.2$ 초 0.90											
적정주기(설계분석식)			150 초											

그림 8-17 포화교통량 및 용량 계산(설계분석표 3 - 반복계산)

5) 반복계산

주기가 150초가 되므로 말미암아 용량이 변하므로 각종 교통량 및 차로군이 변할 수 있다. 〈그림 8-18〉 및 〈그림 8-19〉는 앞의 주기 170초에서 반복계산한 방법과 같이 계산하여 잠정 적정주기를 구하는 과정을 나타낸 것이다. 이 결과, 잠정 적정주기로 다시 150초를 얻는다. 따라서 이 단계에서 반복계산은 종결된다.

그러나 북향 접근로의 신호가 서향 접근로를 횡단하는 보행신호시간을 만족하는가를 확인할 필요가 있다. 이 결과 보행자횡단신호로 $150 \times 0.207 = 31$ 초를 확보할 수 있으나 여전히 최소횡단 보행신호 시간 32초 보다 짧다. 그러나 보행자 점멸 신호시간을 차량용 황색신호시간 만큼 줄이고 차량용 황색 시간을 보행자 적색시간으로 활용하여 마지막 횡단보행자를 빨리 건너가게 하는 방법을 사용할 수도 있다(더 자세한 것은 보행자 신호운영 방법에 관한 문헌을 참조하는 것이 좋다). 따라서 이 단계에서 반복계산을 끝내고 150초 주기를 사용하도록 한다. 즉 이보다 짧은 주기는 횡단보행자 신호시간을 확보할 수 없다.

그러나 여기서 유의해야 할 것은 이 150초의 주기가 최소보행자 신호시간을 만족시키는 최소주기 이기는 하나 지체를 최소화시키는 최적주기는 아니라는 사실이다. 최적 상태란 운영분석의 마지막 단계인 교차로 전체의 평균제어지체를 기준으로 한 서비스수준으로 판단하기 때문에, 적정주기를 계산한 후 매 단계마다 지체를 계산하여 최적여부를 판단해야 한다. 왜냐 하면, Webster 공식에 의한 적정주기란 Webster의 지체모형식에 의한 지체를 최소화 하는 주기인 반면, 서비스수준을 산정하기 위해서 본 편람에서 사용하는 지체공식은 Webster의 지체공식과 다르기 때문이다.

교통량 보정 및 차로군 분류 C = 150초												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_d(vph)$							160	1,200	350			
차로이용률계수(표 8-5)								1.02				
RTOR보정(표 8-6)								0.5				
보정 교통량, $V(vph)$							168	1,288	184			
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, $N^1)$								5				
보정 대향직진교통량 ²⁾ , $V_d(vph)$								-				
비보호간격수락률 ²⁾ , P (표 8-8)								-				
좌회전직진환산계수, E_L (표 8-7)								1.02				
좌회전곡선반경 영향, E_p (표 8-9)								1.05				
U턴 영향, E_U (표 8-10, 11)								1.0				
$E_L = E_L \times E_p \times E_U$								1.07				
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)								83				
버스정차의 영향, T_b (표 8-12)(초)								22.8				
버스정류장위치, $l_b = (75 - \eta) / 75$								0.2				
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)								137				
주차영향, $L_p = 360 + 18 V_{park}$ (초)								0				
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times g / C$ (초)								66				
우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ (표 8-13)								10				
우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R								1.95				
V_{LF} (식 8-13, 14)								92				
V_{RF} (식 8-15, 16)								42				
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)								551				
V_{STR} (식 8-19, 20)								7				
차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT

1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수. 2) 비보호좌회전에서만 적용
 3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략
 4) $E_R = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{Th}}{C N_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전)
 $E_R = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전)
 5) 3지 교차로에서 직진과 좌회전 공용차로가 있는 접근로에만 사용
 6) 차로군 분류기준
 (1) 전용 좌회전차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군
 (2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진,좌,우회전 모두 하나의 통합 차로군
 (3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군
 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군
 (4) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군
 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군

그림 8-18 교통량 보정 및 차로군 분류(설계분석표 2 - 반복계산2)

포 화 교 통 량 계 산 C = 140초														
접 근 로			EB			WB			NB			SB		
차 로 군			LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
이동류 교통량, V									168	1,288	184			
회전 직진환산계수, E _L , E _R									1.07 / 1.95					
차로군 별 교통량 V _i (vph)	공용 LT: V _{Th} -V _{Rf} +V _L								1,414					
	공용 RT: V _{Th} -V _{Lf} +V _R													
	실질 LT ¹⁾ : V _{Lf} +V _L													
	실질 RT ¹⁾ : V _{Rf} +V _R								226					
	실질 TH: V _{Th} -V _{Lf} -V _{Rf}													
통합 차로군: V _{Th} +V _L +V _R														
회전교통량비 ²⁾ P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}			$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$						0.12 / 0.81					
회전보정계수 ³⁾ f _{LT} , f _{RT}			$\frac{1}{1 + P(E-1)}$						0.992 / 0.565					
차로폭 보정계수, f _w <표 8-15>									1.0					
경사 보정계수, f _g <표 8-16>									1.0					
중차량 보정계수, f _{HV} (식 8-39)									0.96					
포화교통량: S=2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}									8,380 / 1,193					
1) 전용 좌우회전에도 사용 3) 좌우회전 통합 차로군 때는 아래 공식을 사용														
2) 회전교통량비 $f_{LT} \times f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1) + P_{RT}(E_R - 1)}$														
(1) 실질적 회전 차로군: P _L , P _R														
(2) 공용 회전 차로군 및 통합 차로군: P _{LT} , P _{RT}														
(3) 3지 교차로는 (식 8-33, 35, 36, 37)을 사용하여 바로 f _{Th} , f _{LT} , f _{RT} 계산														
용 량 계 산														
차로군 및 접근로			EB			WB			NB			SB		
차로군 분류			LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
차로군 교통량, V _i (vph)									1,414 / 226					
차로군 교통량비, (V/S) _i = y _i			0.138 / 0.245			0.155 / 0.286			0.169 / 0.189			0.205		
현시의 임계 차로군(✓)						✓	✓		✓			✓		
임계차로군의 V/S 합			0.835											
차로군 녹색시간비, (g/C) _i									0.207					
차로군 용량, c _i = S(g/C) _i									1,735 / 247					
차로군 포화도, (V/c) _i = X _i									0.81 / 0.91					
손실시간, 임계 V/c 비			4(3 + 0.3) = 13.2 초										0.91	
적정주기(설계분석시)			150 초											

그림 8-19 포화교통량 및 용량 계산(설계분석표 3 - 반복계산2)

6) 적정신호 조건에 대한 지체 및 서비스수준

적정신호주기, 적정현시 및 녹색시간비가 결정되고 이에 대한 포화도가 계산되면 운영분석과 같은 방법으로 지체를 계산하고 서비스수준을 결정한다. 이 때 적정오프셋의 값은 연동계수를 최소로 하는 오프셋이며 그 방법은 다음과 같다.

- ① 적정오프셋 : 먼저 <표 8-17>에서 최적 오프셋편의율(TVO)을 찾는다. 연동계수값이 가장 적은 것은 TVO가 0.1이다.

$$\text{링크의 순행시간} = 500 / (60 / 3.6) = 30\text{초}$$

$$\text{따라서 TVO} = (\text{순행시간} - \text{오프셋}) / \text{주기} = (30 - \text{오프셋}) / 150 = 0.1$$

$$\text{적정 오프셋} = 30 - 150(0.1) = 15\text{초}$$

이렇게 계산한 결과는 <그림 8-20>과 같다.

지체 계산 및 서비스수준 판정 C = 150초												
적정 신호현사: 동서도로-양방 보호좌회전, 남북도로-직좌 동시신호												
차로군 분석												
접 근 로 차로군 분류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량대수, Q_b (대)												
추가지체 유형 판단 ¹⁾												
균일지체: $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1,X)g/C]} \quad (Q_b=0 \text{ 때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-y)} \text{ (유형 I 때)}$ $= \frac{R}{2} \text{ (유형 II, III 때)}$												
증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$												
추가지체 ²⁾ , d_3 (식 8-51, 52, 53)												
순행시간 $T_c = \text{링크길이/순행속도}$ (초)												
(적정)오프셋 (초)												
오프셋 편익율 $TVO = (T_c - \text{offset})/C$												
연동계수, PF (표 8-17)												
평균 제어지체 (초/대) $d_i = d(PF) + d_2 + d_3$												
차로군 서비스수준(표 8-2)												
1) $Q_b > 0$ 때 다음 식을 이용해서 판단: 유형 I : $0 < Q_b < (1-X)cT$ 유형 II : $0 < (1-X)cT < Q_b$ 유형 III : $(1-X)cT < 0 < Q_b$												
2) $Q_b > 0$ 때만 사용 : d_3												
$= \frac{1,800Q_b^2}{cT(c-V)} \quad \text{(유형 I 때)}$												
$= \frac{3,600Q_b}{c} - 1,800T(1-X) \quad \text{(유형 II 때)}$												
$= \frac{3,600Q_b}{c} \quad \text{(유형 III 때)}$												
접근로 분석												
접근로 지체, $d_A = \frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$	36.6			42.3			40.8			39.3		
접근로 서비스수준(표 8-2)	C			C			C			C		
교차로 분석												
접근로 교통량, $V_A = \sum V_i$ (vph)	2,578			2,811			1,640			1,922		
교차로 지체, $d_i = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$	39.7											
교차로 서비스수준(표 8-2)	C											

그림 8-20 지체계산 및 서비스수준 판정(설계분석표 4)

(3) 계획분석

계획분석은 교차로의 전반적인 크기를 구하거나 교차로 용량의 과부족 여부를 파악하는 것이다. 입력자료는 개략적으로 추정된 교통량과 교차로 구조로서 적절한 신호시간을 추정하여 임계차로군의 V/c 비와 교차로 전체의 임계 V/c 비를 구하는 것이다.

개략적인 교차로 구조 및 교통량 자료로부터 최적 서비스수준을 나타내는 적정 신호시간을 산출하므로, 최적 신호시간을 산정하는 설계분석의 과정과 매우 비슷하다. 그러나 계획분석에서는 다시 이 신호시간을 이용하여 임계차로군의 V/c 비나 교차로 전체의 임계 V/c 비를 구한다. 만약 각 접근로 또는 이동류 나아가 교차로 전체의 개략적인 서비스수준을 구하고자 한다면 이는 운영분석의 과정과 흡사하다.

1) 교차로 기하구조

교차로의 기하구조가 결정되어 있다면 계획분석표에 표시되어 있는 교차로 그림에 차로수와 차로 배치의 모양을 스kets치 한다. 교차로의 기하구조가 결정되어 있지 않다면 기하구조를 추정하거나 가정하여야 한다.

접근로 폭이 전용 좌회전 차로를 추가로 설치 할 수 있는지 검토하여 가능한 한 전용 좌회전 차로를 설치하는 것이 좋다.

아래 <그림 8-21>의 예에서는 동서도로는 별도의 전용 좌회전차로가 없는 3개 차로의 접근로를 가지며, 남북도로는 별도의 전용 좌회전차로와 3개 차로의 접근로를 갖는다.

2) 교통수요

분석표에 각 이동류별 교통수요를 기록한다. 교통수요란 이 교통량이 장래 기대되는 교통량이므로 분석하는 데 첨두시간 교통량 또는 시간당 교통량 중에서 어느 것을 사용할 것인가를 결정해야 한다. 첨두시간교통량은 시간교통량을 계획 첨두시간계수(PHF)로 나누어 사용해야 한다. 우회전 교통량은 RTOR을 고려하여 실제 우회전 교통수요의 1/2로 한다. 여기서 모든 이동류나 차로군의 포화교통량을 구하는 대신 이들의 교통량을 직진환산교통량으로 환산하고 직진의 포화교통량을 1,800vphgpl을 일률적으로 적용한다. 좌회전, 우회전의 직진환산계수는 각각 1.0, 2.0으로 한다.

여기서 교통량은 모든 차종이 혼합된 실교통량(vph)을 나타낸다. 각 접근로별로 각 이동류에 따라 주어진 교통량을 분석표에 기록한다. 예에서 주어진 동향(EB) 접근로의 교통수요는 시간교통량으로서, 좌회전 및 직진교통은 PHF 0.95만을 적용하고, 우회전은 RTOR 0.5, PHF 0.95, 및 직진환산계수 2.0을 적용하므로 결국 전체 우회전 교통수요에 PHF만 적용한 것과 같은 값을 갖는다.

3) 좌회전 차로 운영 및 신호현시 방법에 따른 임계차로군 V/S

전용 좌회전차로가 별도로 있는 경우는 양방보호좌회전 신호 또는 작좌 동시신호로 운영할 수 있다. 공용 좌회전 차로인 경우는 작좌 동시신호만 가능하다.

그러나 경우에 따라서는 맨 왼쪽 차로를 전용 좌회전 차로로 운영하고, 나머지 차로를 직진과 우회전이 이용하게 하는 방법도 있을 수 있다. 이 때의 신호는 별도의 전용 좌회전 차로의 경우와 마찬가지로 양방보호좌회전 또는 작좌 동시신호를 사용 할 수 있다. 이와 같이 특별한 경우는, 맨 왼쪽 차로를 직진교통이 절대 이용할 수 없도록 보장할 수 있는 대책이 없다면, 이 차로는 매우 비효율적으로 운영이 되며 사고위험 또한 크다.

앞에서 구한 보정 교통수요의 직진과 회전 교통량을 적절한 차로에 분포시켜 차로당 교통량을 구한다. 이때의 기본 전제조건은 이동류에 따라 각 차로별로 교통량이 균일하게 되도록 분배한다. 전용 좌회전 차로에는 좌회전 교통량을 할당하고, 나머지 차로에는 직진 및 우회전 교통량을 할당한다. 이 때 우회전은 항상 직진과 같은 차로군을 형성한다고 가정한다. 그 이유는 이 분석이 계획분석이므로 신호의 효율상 바람직하지 않은 실질적 전용 우회전 차로군이 형성되는 것을 피하도록 하기 때문이다.

아래 예에서 동서도로는 별도의 전용 좌회전 차로가 없기 때문에 좌회전 처리는 두가지 방법으로 한다.

(가) 맨 왼쪽 차로를 전용 좌회전으로 운영

① 차로당 교통량

- 1차로(좌회전): 126vph
- 2, 3차로(직진, 우회전): $(1,095+295)/2 = 695\text{vph}$

(나) 맨 왼쪽 차로를 작좌 공용으로 운영

① 차로당 교통량

- 1, 2, 3 차로(좌회전, 직진, 우회전): $(126+1,095+295)/3 = 505\text{vph}$

각 차로군의 차로당 교통량을 1,800 vphgpl로 나누어 교통량비 V/S를 구한다. 가능한 신호현시 대안, 즉 양방보호좌회전 신호 또는 작좌 동시신호에서의 임계차로군의 V/S 비를 합하여 그 값이 가장 적은 신호현시 방법을 택한다.

(가) 맨 왼쪽 차로를 전용 좌회전으로 운영

① 접근로의 교통량비

- 동향 접근로의 V/S

$$126/1,800 = 0.07$$

$$695/1,800 = 0.386$$

- 서향 접근로의 V/S

$$179/1,800 = 0.1$$

$$342/1,800 = 0.19$$

② 신호운영 방법에 따른 임계차로군의 V/S 합

- 양방보호좌회전으로 운영할 경우:

$$0.07 < 0.1$$

$$0.386 > 0.19$$

따라서 서향 접근로의 좌회전과 동향 접근로의 직진+우회전이 임계차로군이다.

즉, 임계차로군의 V/S 합 = $0.1 + 0.386 = 0.486$

- 직·좌 동시신호로 운영할 경우:

$$0.07 < 0.386$$

$$0.1 < 0.19$$

따라서 서향 접근로의 직진+우회전과 동향 접근로의 직진+우회전이 임계차로군이다.

임계차로군의 V/S 합 = $0.386 + 0.19 = 0.576$

(나) 맨 왼쪽 차로를 직·좌 공용으로 운영

① 접근로의 교통량비

- 동향 접근로의 V/S

$$505/1,800 = 0.281$$

- 서향 접근로의 V/S

$$288/1,800 = 0.16$$

② 신호운영 방법에 따른 임계차로군의 V/S 합

- 직·좌 동시신호로 운영할 경우: 각 현시의 차로군은 1개이므로,

$$\text{임계차로군의 V/S 합} = 0.281 + 0.16 = 0.441$$

위의 임계차로군 V/S 합의 값 0.486, 0.576, 0.441 중에서 가장 적은 것이 0.441이므로 이 현시, 즉 공용 좌회전 차로로 운영되며, 직·좌 동시신호가 가장 좋음

4) 신호 및 임계 V/c 비

두 교차도로의 임계차로군의 V/S비를 합한 후, Webster 공식을 이용하여 적정주기를 구한다. 이 때 손실시간으로는 황색신호시간만 사용한다. 아래 예제에서는 주기당 총 손실시간은 4현시 × 3초 = 12초이다.

남북도로 두 접근로의 임계차로군 V/S 비의 합을 0.326이라 가정하면, 교차로 전체의 임계차로군의 V/S 합이 $0.441 + 0.326 = 0.767$ 이므로 적정주기는;

$$C_o = \frac{1.5 \times 12 + 5}{1 - 0.767} = 100 \text{ 초}$$

따라서 교차로 전체의 임계 V/c비 X_c 는 다음과 같다.

$$X_c = \frac{C}{C - L} \sum y_i = \frac{100}{100 - 12} \times 0.767 = 0.87$$

5) 각 차로군 및 교차로 전체의 서비스수준

계획분석에서는 보통 이 단계까지 필요가 없이 위의 단계에서 얻은 임계 V/c 만으로도 교차로의 운영성과를 충분히 판단할 수 있다.

녹색시간을 임계차로군의 V/S비에 비례하여 할당하고, 여기서 각 차로군의 녹색시간비를 구한다. 이를 차로당 포화교통량 1,800 vphgpl에 적용하여 용량 및 V/c를 구하고 지체를 계산한다. 이러한 계산과정은 운영분석과 같으나 사용된 자료가 개략적인 것이기 때문에 그 결과 또한 개략적이지만, 공학적인 판단자료로는 충분하다.

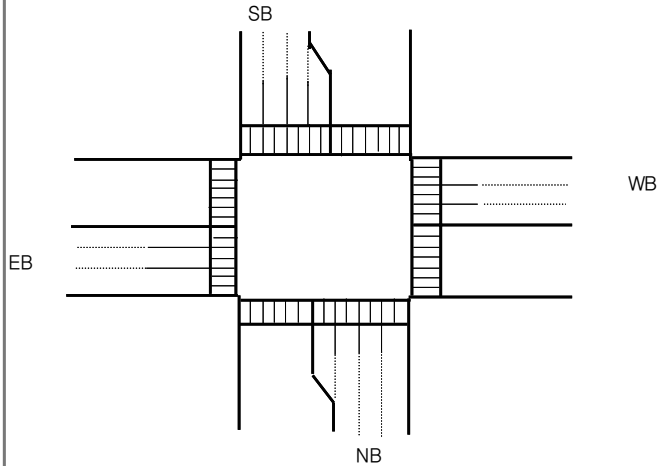
계 획 분 석 표

교차로명: “다 ” 도로×” 라 ”도로

계획기간: 2005.4.25일 오후 첨두시간

지점특성: 주거지역

분석자: 장삼오, 이사육



기타

분석기간: 0.25 시간
PHF : 0.95

교 통

접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_A (vph)	120	1,040	280	170	540	110						
보정 교통량, V (vph)	126	1,095	148	179	568	58						
직진환산교통량 (vph)	126	1,095	295	179	568	116						

좌회전차로 운영 및 신호현시 방법에 따른 임계 차로군 V/S

전용 좌회전 ¹⁾	차로당 교통량	126	695	179	342				
	V/S	0.07	0.386	0.1	0.190				
	양방보호좌회전 신호	0.1 + 0.386 = 0.486							
	직·좌 동시신호	0.386 + 0.19 = 0.576							
공용 좌회전	차로당 교통량	505		288					
	V/S	0.281		0.160					
	직·좌 동시신호	0.281 + 0.16 = 0.441							
적정현시 및 V/S 합		직·좌 동시신호, $\Sigma y = 0.441$				양방보호좌회전 신호, $\Sigma y = 0.326$			

신호 및 임계 V/c 비

임계 차로군의 V/S 합	$0.441 + 0.326 = 0.767$
적정 주기(초)	100초
임계 V/c 비	0.87

1) 전용 좌회전 차로가 별도로 있는 경우, 또는 전용 좌회전 차로가 없더라도 맨 왼쪽 차로를 전용 좌회전 차로로 운영하며 직진 및 우회전은 나머지 차로들을 이용하는 경우에 해당한다. 후자의 경우, 맨 왼쪽 차로를 직진이 사용한다면 안전 및 효율상 심각한 문제가 야기 될 수 있으므로 유의해야 함.

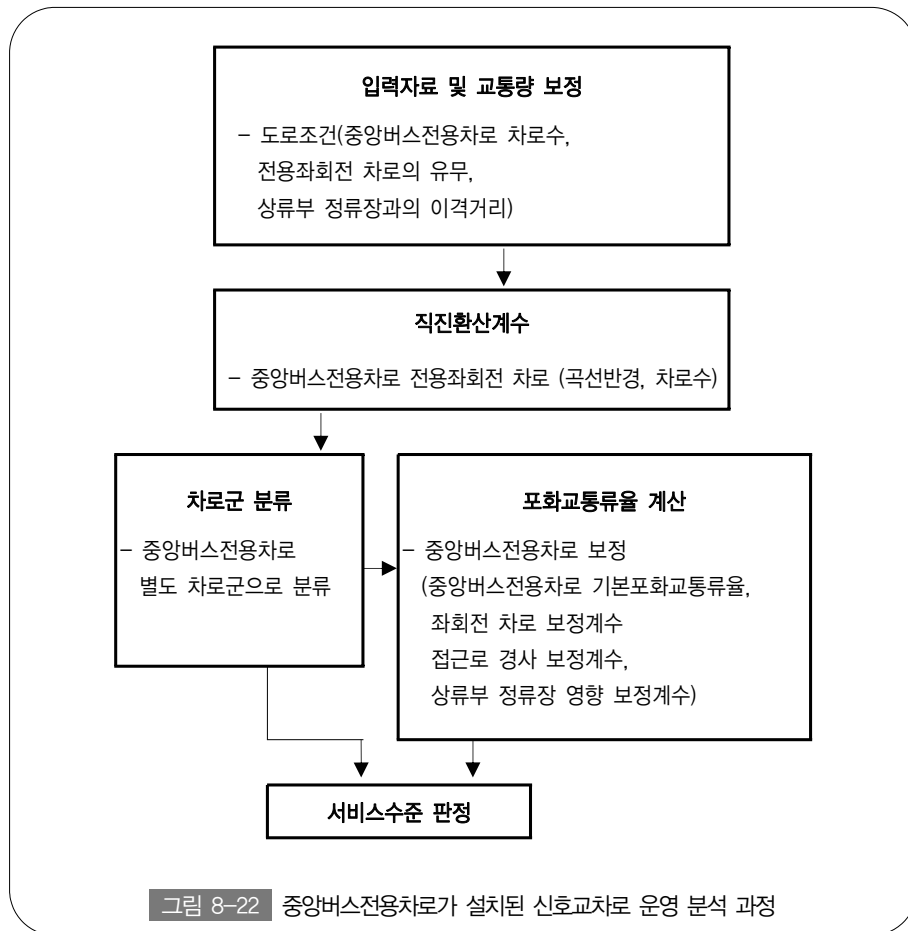
그림 8-21 계획분석표

4 중앙버스전용차로 설치에 따른 방법론 및 분석과정

(1) 개요

중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 분석은 앞에서 살펴본 일반적인 신호교차로의 분석방법을 기초로 하되, 중앙버스전용차로를 일반차로와 구분하여 포화교통류율을 계산하고 차로군 분류 시 독립된 차로군으로 분류하여 분석한다.

신호교차로는 중앙버스전용차로의 설치에 따라 교차로의 기하구조 및 신호운영에 영향을 받는다. 중앙버스전용차로가 설치된 교차로의 경우 현시가 주로 직진으로 구성되며, 경우에 따라 좌회전이 허용되게 된다. 또한, 중앙버스전용차로는 중차량으로 분류되는 버스만 주행할 수 있는 차로로, 승용차와 버스가 혼재하지 않고 신호교차로가 운영된다. 따라서 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로는 기존의 신호교차로 분석 방법론을 기본으로 하되 중앙버스전용차로의 포화교통류율을 별도의 보정계수를 이용하여 보정하고 독립된 차로군으로 분류하여 분석한다. 중앙버스전용차로의 용량 및 서비스 수준을 구하고, 이를 다른 차로군과 종합하여 한 접근로에 대한 서비스 수준을 구하며, 다시 이를 종합하여 교차로 전체의 서비스 수준을 구한다. 이, 중앙버스전용차로의 서비스 수준은 앞에서 살펴본 신호교차로의 서비스 수준 기준과 동일하다. 본 절에서는 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 분석 방법론과 분석과정을 다루며, 중앙버스전용차로의 분석을 위해 기존 분석 방법론에 추가되는 내용을 제시하도록 한다. 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 운영 분석 과정은 <그림 8-22>와 같다.



(2) 입력자료 및 교통량 보정

1) 입력자료

입력자료는 일반 신호교차로의 입력자료에 기하구조상 상이점이 있는 중앙버스전용차로의 도로조건, 교통조건, 신호조건 자료를 추가로 준비한다.

(가) 도로조건

중앙버스전용차로 분석을 위해 도로조건으로 다음과 같은 중앙버스전용차로 관련자료를 추가로 준비한다.

- ① 중앙버스전용차로 차로수
- ② 중앙버스전용차로 좌회전전용차로 유무
- ③ 중앙버스전용차로 상류부 버스 정류장 이격거리, l_{ub}

(나) 교통조건

중앙버스전용차로가 있는 교차로의 경우 버스전용차로는 중차량으로 분류되는 버스만이 주행하는 도로로, 승용차와 중차량이 혼재되어 구성되지 않는다. 모든 조건이 기본 중앙버스전용차로의 기본포화교통량을 S_{b0} 는 1,100vphgpl이다. 여기서 중앙버스전용차로의 기본 조건이란 다음과 같은 조건을 말한다.

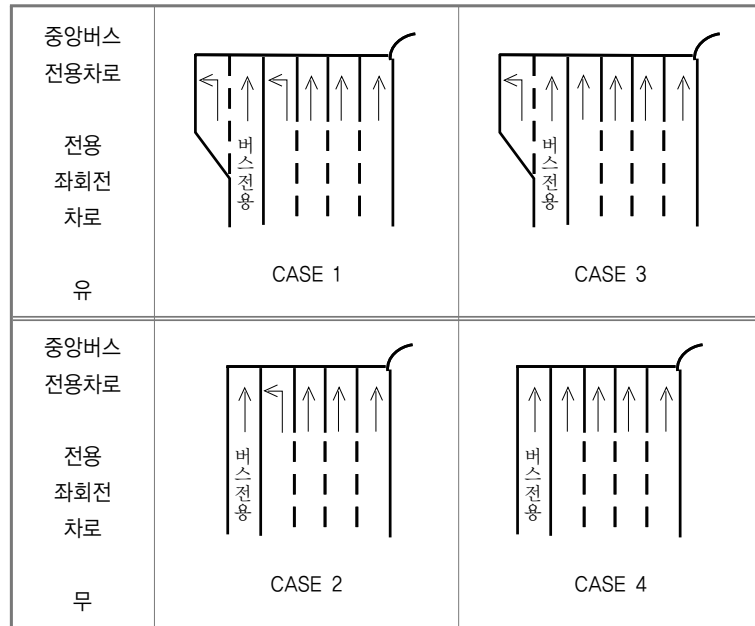
- ① 차로폭 3.5m 이상
- ② 경사가 없는 접근부
- ③ 교통류는 직진이며, 모두 버스로 구성
- ④ 접근부 정지선의 상류부 120m 이내에 버스 정류장이 없을 것

(다) 신호조건

중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로에서는 중앙버스전용차로 및 일반차로의 좌회전 전용차로 유무와 그에 따른 신호운영방법에 따라 신호교차로의 용량분석 과정이 달라진다. <표 8-18>은 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로를 좌회전 신호운영방법에 따라 CASE 별로 구분한 것이며, <그림 8-23>은 전용좌회전 차로의 유무와 좌회전 CASE의 관계를 그림으로 나타낸 것이다.

<표 8-18> 좌회전 신호운영에 따른 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 구분

신호교차로 기하구조 신호운영	중앙버스전용차로 전용좌회전차로 유		중앙버스전용차로 전용좌회전차로 무	
	일반차로 전용좌회전차로 유	일반차로 전용좌회전차로 무	일반차로 전용좌회전차로 유	일반차로 전용좌회전차로 무
양방보호좌회전	CASE 1	CASE 3	CASE 2	
직·좌 동시신호				
직진현시(좌회전 불가)				CASE 4



주) 우회전 차로의 형태와는 상관이 없음

그림 8-23 교차로 구조와 좌회전 CASE 구분

여기서,

- ① CASE 1 : 전용 좌회전차로가 중앙버스전용차로 및 일반차로 각 1개이며, 양방 보호좌회전신호
- ② CASE 2 : 일반차로에만 전용 좌회전 차로가 있으며, 신호는 양방 보호 좌회전신호
- ③ CASE 3 : 중앙버스전용차로에만 전용 좌회전차로가 1개이며, 신호는 양방 보호 좌회전신호 또는 직·좌동시신호
- ④ CASE 4 : 좌회전 차로가 존재하지 않으며, 직진현시만 운영

2) 교통량 보정

교통량 보정 방법은 중앙버스전용차로의 유무 여부와 관계없이 기존의 신호교차로 분석방법론을 따른다.

(3) 중앙버스전용차로 중 좌회전차로의 직진환산계수

1) 중앙버스전용차로 중 좌회전 차로의 직진환산계수(E_L)

$$E_L = E_i \times E_p \quad (\text{식 8-57})$$

① E_i : 좌회전 자체의 직진환산계수 (=1.00)

② E_p : 좌회전 곡선반경 영향 직진환산계수 〈표 8-9〉

중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로에서 좌회전이 허용되는 교차로 분석 시 교통류 내부 및 외부마찰에 의해 이동효율이 감소하므로, 직진환산계수를 계산한다. 다만, 중앙버스전용차로가 설치된 교차로의 좌회전 차로에서는 U턴이 불가하여 영향을 받지 않으므로 기존의 직진환산계수 산출을 위한 식에서 U턴 영향 직진환산계수를 제외하여 계산한다.

1) 좌회전 차로의 직진환산계수(E_L)

(가) 좌회전 자체의 직진환산계수(E_i)

중앙버스전용차로의 전용 좌회전차로는 1차로이고 비보호좌회전 신호를 운영하지 않으므로 중앙버스전용차로의 신호운영에 관계없이 좌회전 자체의 직진환산계수(E_i)는 〈표 8-7〉에 따라 1.00을 사용한다.

(나) 좌회전 곡선반경에 따른 좌회전의 직진환산계수(E_p)

좌회전 곡선반경에 따른 좌회전의 직진환산계수(E_p)는 〈표 8-9〉에서 제시하는 값을 이용한다.

(4) 차로군 분류

중앙버스전용차로는 일반차로와 교통류 특성이 상이하므로 독립된 차로군으로 분류하여 분석한다. 중앙버스전용차로가 직진 1차로로 구성되어 있다면 독립된 하나의 차로군으로 분석하며, 직진 및 전용좌회전 차로로 구성되어 운영되면 전용좌회전 차로 및 직진차로를 구분하여 두 개의 차로군으로 분석한다.

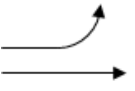
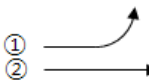
1) 차로군 분류

① 직진 차로는 독립된 차로군

② 전용좌회전 차로는 직진 차로군과 별개의 독립된 차로군

신호교차로는 중앙버스전용차로의 유무에 따라 차로군 분류 방법이 달라진다. 중앙버스전용차로는 일반차로와 구분지어 독립된 차로군으로 분류한다. 또한, 〈표 8-18〉에 명시된 중앙버스전용차로가

설치된 신호교차로의 구조는 중앙버스전용차로의 전용좌회전 차로의 유무에 따라 2가지 CASE로 분류되며, 중앙버스전용차로에 전용좌회전 차로가 운영될 경우 직진 차로군과 별개의 차로군으로 분류하여 분석한다. <그림 8-24>는 중앙버스전용차로의 차로별 이동류와 이에 따른 차로군을 나타낸 것이다. 중앙버스전용차로의 차로수가 1차로의 직진 차로일 경우 한 개의 직진 차로군으로 분석한다. 중앙버스전용차로가 직진 및 좌회전 차로로 구성된 2차로일 경우 전용 좌회전 차로와 직진차로를 구분하여 2개의 차로군으로 분석한다.

중앙버스전용차로 차로수*	차로별 이동류	차로군 조합
1	 case 2,4	
2	 case 1,3	

주) * 전용 좌회전 차로를 포함한 차로수로서, 분석에서 사용하는 차로수와는 다르다.

그림 8-24 중앙버스전용차로의 차로별 이동류와 차로군

중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로에서 일반차로는 기존의 방법론을 준용하여 차로군을 분류한다. 이 때, 일반차로에서 좌회전이 허용되지 않는 경우 <그림 8-2>의 전용좌회전 차로가 설치된 CASE 1, 2, 3과 같이 직진 교통류가 좌회전 교통류의 영향을 받지 않으므로 V_{RF} , V_{STR} 을 계산하는데 있어 CASE 1에 해당하는 (식 8-15)와 (식 8-19)를 이용하도록 한다.

(5) 포화교통류율 계산

아래 공식을 이용하여 중앙버스전용차로 전용좌회전 차로군의 좌회전 보정계수(f_{BLT})를 구한다. 중앙버스전용차로 좌회전 보정계수(f_{BLT}), 접근로 경사 보정계수(f_g), 상류부 정류장 영향 보정계수(f_{ub})를 이용하여 중앙버스전용차로의 차로군별 포화교통류율을 계산한다.

$$1) \text{ 전용좌회전 차로군의 회전 보정계수: } f_{BLT} = \frac{1}{E_L} \quad (\text{식 8-57})$$

2) i 차로군의 포화교통류율 계산

$$S_i = 1,100 \times N_i \times f_{BLT} \times f_g \times f_{ub} \quad (\text{식 8-58})$$

1) 포화교통류율 보정

중앙버스전용차로의 분석을 위한 포화교통류율 보정은 일반차로에서의 보정 방법과 유사하나 중차량인 버스만 중앙버스전용차로를 이용하므로 기본포화교통류율 값이 일반차로와 상이하다는 점과 중차량보정계수를 반영하지 않는다는 점에서 차이가 있다. 또한, 버스정류장이 교차로 정지선에 근접하게 위치할 경우 녹색현시에도 승객의 승하차가 발생할 수 있으며, 이는 중앙버스전용차로의 용량을 저하시키는 원인이 되므로 상류부 정류장 이격거리에 따른 영향을 반영하여야 한다. 중앙버스전용차로의 포화교통류율은 다음과 같은 공식을 이용하여 계산된 값을 사용한다.

$$S_{bi} = S_{b0} \times N_i \times f_{BLT} \times f_g \times f_{ub} \quad (\text{식 8-58})$$

여기서,

S_{bi} = 중앙버스전용차로 차로군 i의 포화교통류율(vphg)

S_{b0} = 중앙버스전용차로의 기본포화교통류율(= 1,100vphgpl)

N_i = i 차로군의 차로수

f_{BLT} = 중앙버스전용차로 좌회전 보정계수(직진인 경우는 1.0)

f_g = 접근로 경사 보정계수

f_{ub} = 상류부 정류장 영향 보정계수

(가) 기본포화교통류율(S_{b0})

앞에서 명시한 중앙버스전용차로에서 기본 조건에서의 기본포화교통류율로 1,100vphgpl의 값을 사용한다.

(나) 중앙버스전용차로 좌회전 보정계수(f_{BLT})

중앙버스전용차로에 좌회전 차로가 운영될 경우 전용좌회전 차로이므로, 중앙버스전용차로 좌회전 보정계수는 전용 좌회전 차로군의 회전 보정계수를 산출하는 (식 8-57)을 이용하여 얻는다.

(다) 경사 보정계수(f_g)

중양버스전용차로가 설치된 신호교차로 접근부의 경사가 포화교통류율에 미치는 영향은 기존 신호교차로 분석 방법과 동일하게 <표 8-16>에 제시된 기존의 경사 보정계수를 이용한다.

(라) 상류부 정류장 영향 보정계수(f_{ub})

버스는 승객의 승하차를 위한 정차시간이 발생하며, 녹색신호시간을 정차시간으로 소모하게 되면 포화교통류율의 저하를 가져온다. 중양버스전용차로는 버스정차의 영향을 줄이기 위해 앞지르기 차로를 설치하고 있으나, 무정차 통과차량 외에는 정차를 해야 하므로 그 영향이 발생하지 않을 수는 없다. 상류부 정류장 이격거리에 따른 정차의 영향권은 120m로, 교차로 정지선으로부터 상류부 120m 이하의 거리에 정류장이 설치되어 있으면 정차에 의한 영향을 받을 것으로 판단되므로 상류부 정류장 영향 보정계수(f_{ub})를 이용하여 포화교통류율 보정에 반영한다. 상류부 정류장 영향 보정계수(f_{ub})는 <표 8-19>에 명시된 값을 적용한다.

<표 8-19> 상류부 정류장 영향 보정계수(f_{ub})

상류부 정류장의 이격거리(m)	≤ 20	70	≥ 120
f_{ub}	0.51	0.68	1.00

주) 보간법을 사용할 것

(6) 서비스 수준 결정

중양버스전용차로가 설치된 교차로의 서비스 수준 결정은 기존의 방법론과 동일하게 수행한다. 중양버스전용차로가 설치된 교차로의 분석은 중양버스전용차로를 포함한 각 차로군의 용량 및 V/c비를 산출하여 차량당 제어지체를 계산하고, 이를 이용하여 교차로의 평균제어지체를 계산함으로써 서비스수준을 판정한다.

(7) 분석 과정

중양버스전용차로의 분석 방법론의 이해를 돕기 위해 분석 과정을 살펴보도록 한다. 앞선 신호교차로편 3절에서 일반 신호교차로에 대한 운영분석, 설계분석, 계획분석의 과정을 상세히 살펴보았으므로, 한 접근로에 대한 운영분석 과정을 통해 중양버스전용차로가 설치된 신호교차로의 분석 과정을 검토한다. 설계분석, 계획분석 시 중양버스전용차로에 대한 운영분석 과정을 동일하게 반영한다.

1) 입력자료

입력자료는 분석에 필요한 모든 도로, 교통조건 및 교통운영 조건이 포함되는 것으로, 중앙버스 전용차로가 설치됨으로 인해 도로조건으로 중앙버스전용차로 유무 및 차로수와 교차로 정지선으로부터 상류부 정류장 간 이격거리를 추가로 파악하여야 한다. 앞서 명시한대로 분석 과정의 이해를 돕기 위해 <그림 8-25>의 운영분석표 1에 나타난 교차로의 동향(EB) 접근로를 대상으로 하여 분석 과정을 살펴본다. 이 때, 중앙버스전용차로 설치에 따라 입력자료에 추가되는 사항은 다음과 같으며, 항목 번호는 <그림 8-25>의 운영분석표 1의 번호와 동일하다.

(가) 그림으로 반드시 표현되어야 할 사항

- 좌회전 전용차로 유무
- 중앙버스전용차로 유무
- 중앙버스전용차로의 교통신호 조건

(나) 각 접근로별로 기입할 사항

- ⑦ (중앙버스전용차로) 정지선으로부터 상류부 정류장의 이격거리(m)
- ⑭ 경사(%), 평균 차로폭(m), 정지선으로부터 노변 버스정류장까지의 거리(m), 좌회전곡선반경(m)

(다) 신호에 관한 사항

- ③ 좌회전의 형태(CASE 번호)

입력 자료														
교차로명: A도로 × B도로				도로조사시간: 2013.4.26. 15:30 ~ 15:45										
지점특성: 일반업무지구				조 사 자: 장삼오, 이사육										
기 타														
① 분석기간 : 0.25 시간 ② PHF = 0.95 ③ 종차량 혼입율(P)=5% ④ 버스베이 : EB, WB만 있음														
교통 및 신호														
접근로 및 이동류	EB				WB				NB			SB		
	중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
① 교통량, V_H (vph)	200	-	600	320										
③ U턴 교통량(vph)	0													
④ 진입교통량, V_{en} (vph)	23													
⑤ 진출교통량, V_{ex} (vph)	20													
⑥ 노변버스정차대수, V_b (vph)	-													
⑦ 상류부 정류장 이격거리 l_{ub} (m)	70													
⑧ 주차여부(O, X)	0													
⑨ 주차활동대수, V_{park} (vph)	10													
⑩ 횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)	400													
⑪ 보행신호시간 ¹⁾ , G_p (초)	40													
⑫ 상류 링크길이(m)	400													
⑬ 순행속도(kph)	50													
⑭ 경사/ w / l / R_L ²⁾	0/3.3/-/-													
1) 우회전을 방해하는 교차도로의 횡단을 말함 2) w=평균차도폭(m), l=노변 버스정류장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)														
신호현시 및 좌회전 형태 : ① (주기 = 120초)														
② 현시														
④ 신호시간	G= 45 Y= 3				G= 20 Y= 3				G= 46 Y= 3					
③ 좌회전 형태 NB, SB : 양방보호 (일반 CASE 1) EB, WB : 좌회전 금지 (중앙 CASE 4)														

그림 8-25 입력자료(운영분석표 1)

2) 교통량 보정 및 차로군 분류

(가) 교통량 보정

중앙버스전용차로의 교통량은 기존의 방법론을 이용하여 보정한다. 원 안의 번호는 <그림 8-13>의 각 항목의 번호와 일치한다.

- ① 교통량 : 중앙버스전용차로 직진 = 200vph, 일반차로 직진 = 600vph, 우회전 = 320vph
- ② 차로이용률 계수 : 중앙버스전용차로는 직진만의 차로 수가 1 개이며, 직진 교통량이 800vph 이하 이므로 이 계수는 1.00이다. 일반차로는 직진만의 차로수가 2 개이며, 직진 교통량이 800vph 이하 이므로 이 계수는 1.02이다.
- ③ RTOR 보정 : 도류화 되지 않은 공용 우회전 차로, 0.5 (본 장 3절 (1) 운영분석 참고)
- ④ 보정교통량 : 중앙버스전용차로의 직진 = $(200/0.95) \times 1.00 = 211\text{vph}$,
일반차로의 직진 = $(600/0.95) \times 1.02 = 644\text{vph}$,
일반차로의 우회전 = $(320/0.95) \times 0.5 = 168\text{vph}$

(나) 차로군 분류

중앙버스전용차로는 독립된 차로군으로 분류하며, 전용 회전차로는 항상 별개의 차로군으로 분류하여 분석한다.

- ① 차로수, N : 일반차로의 차로수 3, 중앙버스전용차로의 차로수 1
- ② 보정 대향직진 교통량(V_o), ③ 비보호 간격수락율(P), ④ 좌회전의 직진환산계수(E_L), ⑤ 좌회전 곡선반경의 영향(E_p), ⑥ U턴의 영향(E_u), ⑦ 종합적인 좌회전의 직진환산계수(E_L) : 본 예제에서 좌회전 및 U턴 해당사항 없음
- ⑧ 진출입로의 영향, L_{dw} : 49초 (본 장 3절 (1) 운영분석 참고)
- ⑨ 노변버스정차의 영향(T_b), ⑩ 노변버스정류장 위치 계수(I_b), ⑪ 노변버스정류장의 영향(L_{bb}) : 중앙버스전용차로가 설치된 접근로이므로, 버스정차가 일반차로 주행차량에 영향을 미치지 않는다.
- ⑫ 노상주차의 영향, L_p : $360 + 18 \times 10 = 540\text{초}$ (본 장 3절 (1) 운영분석 참고)
- ⑬ 노변마찰의 영향, L_H : $(49 + 540) \times 45/120 = 221\text{초}$ (식 8-10)
- ⑭ 우회전 횡단차단시간, $f_c G_p$: $0.3 \times 40 = 12\text{초}$ (본 장 3절 (1) 운영분석 참고)

- ⑮ 우회전차로 직진환산계수, E_R :

$$E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{168} \left[\frac{12}{120} + \frac{221}{3,600} - \frac{1.63 \times 644}{120 \times 3 \times 168} \right] = 3.05 \quad (\text{식 8-11})$$

$$\textcircled{16} V_{RF} = \frac{3,600 \times 644}{120 \times 3 \times 168} = 38\text{vph}$$

$$\textcircled{17} V_{STR} = \frac{1}{3} [644 - 3.05 \times 168(3 - 1)] = -127\text{vph} \quad (\text{식 8-19})$$

- ⑮ 차로군 분류: $V_{STR} < V_{RF}$ (실질적 전용 우회전 차로군), 중앙버스전용차로 독립된 차로군으로 분류

따라서, <표 8-14>에 의해서 이 접근로는 세 개의 차로군 즉, 중앙버스전용차로 직진 차로군, 일반 차로 직진 차로군과 실질적 전용 우회전 차로군으로 구성된다. 다시 말하면 중앙버스전용차로 및 일반 차로에 각각 직진 교통류의 차로군이 있으며, 공용 우회전 차로는 거의 전용 우회전 차로와 같이 사용된다.

교통량 보정 및 차로군 분류															
교통량 보정	EB				WB				NB			SB			
	중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	
① 교통량, V_H (vph)	200	-	600	320											
② 차로이용률계수<표 8-5>	1.0		1.02												
③ RTOR보정<표 8-6>	-		0.5												
④ 보정 교통량, V (vph)	211	-	644	168											
차로군 분류															
접 근 로	EB		WB		NB			SB							
	중앙버스전 용차로	일반차로	중앙버스전 용차로	일반 차로											
① 차로수, $N^{(1)}$	1	3													
② 보정 대향직진교통량 ²⁾ , V_o (vph)	-														
③ 비보호간격수락률 ²⁾ , P (표 8-8)	-														
④ 좌회전직진환산계수, E_i (표 8-7)	-														
⑤ 좌회전곡선반경 영향, E_p (표 8-9)	-														
⑥ U턴 영향, E_u (표 8-10, 11)	-														
⑦ $E_L = E_i \times E_p \times E_u$	-														
⑧ 진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	49														
⑨ 노변버스정차의 영향, T_b (표 8-12)(초)	-														
⑩ 노변버스정류장 위치, $l_b = (75-l)/75$	-														
⑪ 노변버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)	-														
⑫ 노상주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}$ (초)	540														
⑬ 노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times g/C$ (초)	221														
⑭ 우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ (표 8-13)	12														
⑮ 우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R	3.05														
⑯ V_{LF} (식 8-13, 14)	-														
⑰ V_{RF} (식 8-15, 16)	38														
⑱ V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)	-														
⑲ V_{STR} (식 8-19, 20)	-127														
㉔ 차로군 분류 ⁶⁾ (O)	중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	

1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수

2) 비보호좌회전에서만 적용

3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략

4) $E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{Th}}{CN_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전)
 $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전)

5) 3지 교차로에서 직진과 직·좌 공용차로가 있는 접근로에만 사용

6) 차로군 분류기준

1) 중앙버스전용차로는 독립된 차로군

2) 전용 좌회전 차로는 별도 차로군

3) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진·좌·우회전 모두 하나의 통합 차로군

4) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군
 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군

5) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군
 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군

그림 8-26 교통량 보정 및 차로군 분류(운영분석표 2)

3) 포화교통류율 및 용량 계산

차로군 분류 후의 분석 과정은 차로군별로 분석이 되므로, 중앙버스전용차로의 차로군도 별도로 포화교통류율 및 용량을 계산하여 분석한다. 중앙버스전용차로의 포화교통류율은 중앙버스전용차로의 기본포화교통류율에 중앙버스전용차로 좌회전 보정계수, 경사 보정계수, 상류부 정류장 영향 보정계수를 반영하여 계산되며, 중앙버스전용차로의 용량 계산은 기존의 방법론을 준용한다. <그림 8-27>은 중앙 버스전용차로 및 일반차로 차로군의 포화교통류율 및 용량 계산과정을 나타낸 운영분석표이다.

(가) 포화교통류율 계산

- ① 차로군 분류, ② 이동류 교통량, ③ 회전의 직진환산계수(E_L , E_R) : 앞의 운영분석표 2(<그림 8-26>)에서 제시된 값과 같다.
- ④ 차로군별 교통량, V_i :
 - 가) 중앙버스전용차로의 직진 : $VB_{Th} = 211\text{vph}$
 - 나) 실질적 우회전 : $V_{RF} + V_R = 38 + 168 = 206\text{vph}$
 - 다) 실질적 직진(일반차로의 직진) : $V_{Th} - V_{RF} = 644 - 38 = 606\text{vph}$
- ⑤ 회전 교통량비, P_L , P_{LT} , P_R , P_{RT} : 실질적 우회전 차로군의 회전 교통량비 $P_R = 168/206 = 0.82$ (본 장 3절 (1) 운영분석 참고)
- ⑥ 회전 보정계수, $f_{LT}(f_{BLT})$, f_{RT} :
 - 가) 중앙버스전용차로의 직진 차로군 = 1.0
 - 나) 일반차로의 실질적 직진 차로군 = 1.0
 - 다) 실질적 전용 우회전 차로군 $f_{RT} = \frac{1}{1 + 0.82(3.05 - 1)} = 0.373$ (식 8-29)
- ⑦ 차로폭 보정계수, f_w : 일반차로의 포화교통류율 보정에만 적용되는 계수로 본 예제에서의 차로폭 보정계수(f_w) 값은 1.0
- ⑧ 경사 보정계수, f_g : 중앙버스전용차로 및 일반차로 세 차로군에 동일하게 적용되는 값으로 본 예제에서의 보정계수 값은 1.0
- ⑨ 중차량 보정계수, f_{HV} : $f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.8 \times 0.05} = 0.96$, 중앙버스전용차로는 중차량인 버스만 전용으로 다니는 차로로 중차량 보정계수를 반영하지 않는다.
- ⑩ 상류부 정류장 영향 보정계수, f_{ub} : 중앙버스전용차로의 포화교통류율 보정에서 영향권(120m) 내 상류부 정류장이 위치하면 <표 8-20>에 따라 계수 값을 정하며, 본 예제에서는 이격거리가 70m이므로 보정계수 값은 0.68이다.

⑪ 차로군의 포화교통류율, S_i :가) 중앙버스전용차로 직진 차로군 : $SB_{TH} = 1,100 \times 1 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.68 = 748\text{vphg}$ 나) 일반차로 실질적 직진 차로군 : $S_{TH} = 2,200 \times 2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.96 = 4,224\text{vphg}$ 다) 실질적 전용 우회전 차로군 : $S_R = 2,200 \times 1 \times 0.373 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.96 = 788\text{vphg}$

(나) 용량계산

① 차로군 분류 : 운영분석표 2(〈그림 8-26〉) 및 앞의 포화교통량 계산의 ①항 차로군 분류와 같다.

② 차로군 교통량(V_i) : 앞의 포화교통량 계산의 ④항과 같다.③ 차로군의 교통량비, $(V/S) = y$: $(V/S)_{\text{중앙TH}} = 211/748 = 0.282$ $(V/S)_{TH} = 606/4,224 = 0.143$ $(V/S)_R = 206/788 = 0.261$

④ 현시의 임계차로군 : 본 예제에서는 동향(EB) 접근로와 서향(WB) 접근로 모두 직진현시로 이루어져 있으므로, 서향 접근로보다 동향 접근로의 교통량이 많다고 가정하면, 동향 접근로의 중앙버스전용차로 직진 차로군이 임계차로군이 된다.

⑤ 임계차로군의 V/S 합 : 위에서 표시한 임계차로군의 y 값을 합한 값⑥ 차로군 유효녹색시간비, g/C : $(45 - 0.3)/120 = 0.373$ ⑦ 차로군 용량, $c = S(g/C)$: $c_{\text{중앙TH}} = 748 \times 0.373 = 279\text{vph}$, $c_{TH} = 4,224 \times 0.373 = 1576\text{vph}$, $c_R = 788 \times 0.373 = 294\text{vph}$ ⑧ 차로군의 포화도, $(V/c) = X$: $X_{\text{중앙TH}} = 211/279 = 0.76$, $X_{TH} = 606/1,576 = 0.38$, $X_R = 206/294 = 0.70$ ⑨ 손실시간, 임계 V/c 비 : $L = 3(3+0.3) = 9.9$ 초

포 화 교 통 량 계 산

접근로		EB				WB				NB				SB			
① 차로군 분류		중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT		
② 이동류 교통량, V		211	-	644	168												
③ 회전 직진환산계수, E _L , E _R		- / - / 3.05															
④ 차로군별 교통량 V _i (vph)	중앙버스전용차로 직진	211															
	공용LT: V _{Th} -V _{RF} +V _L																
	공용RT: V _{Th} -V _{LF} +V _R																
	실질LT ¹⁾ : V _{LF} +V _L																
	실질RT ¹⁾ : V _{RF} +V _R	206															
	실질TH: V _{Th} -V _{LF} -V _{RF}	606															
통합차로군: V _{Th} +V _L +V _R																	
⑤ 회전교통량비 ²⁾ P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$		- / - / 0.82													
⑥ 회전보정계수 ³⁾ f _{LT} (f _{BLT}), f _{RT}		$\frac{1}{1 + P(E - 1)}$		1.0 / 1.0 / 0.663													
⑦ 차로폭 보정계수, f _w <표 8-15>		1.0															
⑧ 경사 보정계수, f _g <표 8-16>		1.0															
⑨ 중차량 보정계수, f _{HV} <식 8-39>		0.96															
⑩ 상류부 정류장 영향 보정계수, f _{ub} <표 8-20>		0.68															
⑩ 포화교통류율: (중앙버스전용)S=1100N _i ×f _{BLT} ×f _g ×f _{ub} (일반)S=2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}		748 / 4224 / 788															

1) 전용 좌·우회전에도 사용

3)직·좌·우회전 통합 차로군 때는 아래 공식을 사용

2) 회전교통량비

$$f_{LT} \times f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1) + P_{RT}(E_R - 1)}$$

(1) 실질적 회전 차로군: P_L, P_R(2) 공용 회전 차로군 및 통합 차로군: P_{LT}, P_{RT}(3) 3지 교차로는 (식 8-33, 35, 36, 37)을 사용하여 바로 f_{Th}, f_{LT}, f_{RT} 계산

용 량 계 산

차로군 및 접근로					EB				WB				NB			SB		
① 차로군 분류					중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
② 차로군 교통량, V_i (vph)					211 / 606 / 206													
③ 차로군 교통량비, $(V/S)_i = y_i$					0.282 / 0.143 / 0.261													
④ 현시의 임계 차로군(v)					✓													
⑤ 임계차로군의 V/S 합																		
⑥ 차로군 녹색시간비, $(g/C)_i$					0.373													
⑦ 차로군 용량, $c_i = S(g/C)_i$					279 / 1,576 / 294													
⑧ 차로군 포화도, $(V/c)_i = X_i$					0.76 / 0.38 / 0.70													
⑨ 손실시간, 임계 v/c 비									3(3 + 0.3) = 9.9초									
⑩ 적정주기(설계분석시)																		

그림 8-27 포화교통류율 및 용량계산(운영분석표 3)

4) 지체계산 및 서비스 수준 결정

(가) 차로군 분석

- ① 차로군 분류 : 운영분석표 2(〈그림 8-26〉) 참고
- ② 초기 대기차량 대수, Q_b : 중앙버스전용차로 직진 차로군 및 실질적 전용 우회전 차로군에는 Q_b 가 없고, 일반차로 직진 차로군에는 $Q_b = 40$ 대가 있다고 가정
- ③ 추가지체 유형 판단 : 본 예제에서 $(1 - X)cT = (1 - 0.38) \times 1,576 \times 0.25 = 244$ 대 > 40 대, 일반차로 직진 차로군은 유형 I
- ④ 균일지체, d_1 :

가) 중앙버스전용차로 직진 차로군 :

$$d_1 = \frac{0.5 \times 120(1 - 0.373)^2}{1 - 0.76 \times 0.373} = 32.9 \text{ 초/대}$$

나) 일반차로 직진 차로군(유형 I) :

$$d_1 = \frac{75^2}{2 \times 120 \times (1 - 0.143)} + \frac{40 \times 75}{2 \times 0.25 \times 4,224(1 - 0.143)} = 29.0 \text{ 초/대}$$

다) 실질적 전용 우회전 차로군 :

$$d_1 = \frac{0.5 \times 120(1 - 0.373)^2}{1 - 0.70 \times 0.373} = 31.9 \text{ 초/대}$$

- ⑤ 증분지체, d_2 :

가) 중앙버스전용차로 직진 차로군 :

$$d_2 = 900 \times 0.25 \left[(0.76 - 1) + \sqrt{(0.76 - 1)^2 + \frac{4 \times 0.76}{279 \times 0.25}} \right] = 17.6 \text{ 초/대}$$

나) 일반차로 직진 차로군 :

$$d_2 = 900 \times 0.25 \left[(0.38 - 1) + \sqrt{(0.38 - 1)^2 + \frac{4 \times 0.38}{1,576 \times 0.25}} \right] = 0.7 \text{ 초/대}$$

다) 실질적 전용 우회전 차로군 :

$$d_2 = 900 \times 0.25 \left[(0.70 - 1) + \sqrt{(0.70 - 1)^2 + \frac{4 \times 0.70}{294 \times 0.25}} \right] = 13.0 \text{ 초/대}$$

⑥ 추가지체, d_3 :

가) 일반차로의 직진 차로군(유형 I) : $d_3 = \frac{1,800 \times (40)^2}{1,576 \times 0.25 \times (1,576 - 606)} = 7.5 \text{ 초/대}$

나) 중앙버스전용차로의 직진 차로군과 실질적 전용 우회전 차로군은 Q_b 가 없으므로 d_3 는 0초/대이다.

⑦ 순행시간, T_c : $400 \times 3.6/50 = 28.8 \text{ 초}$ (본 장 3절 (1) 운영분석 참고)

⑧ 옹셋 : 운영분석표 4에 제시된 값 10초

⑨ 옹셋 편의율, TVO : $(T_c - \text{offset})/C = (28.8 - 10)/120 = 0.16$ (본 장 3절 (1) 운영분석 참고)

⑩ 연동계수, PF : 0.56 (본 장 3절 (1) 운영분석 참고)

⑪ 평균 제어지체, d :

가) 중앙버스전용차로 직진 차로군 : $d = 32.9 \times 0.56 + 17.6 + 0 = 36.0 \text{ 초/대}$

나) 일반차로 직진 차로군 : $d = 29.0 \times 0.56 + 0.7 + 7.5 = 24.4 \text{ 초/대}$

다) 실질적 전용 우회전 : $d = 31.9 \times 0.56 + 13.0 + 0 = 30.9 \text{ 초/대}$

⑫ 차로군 서비스 수준 : <표 8-2>

가) 중앙버스전용차로 직진 차로군 : C

나) 일반차로 직진 차로군 : B

다) 실질적 전용 우회전 : C

(나) 접근로 분석

① 접근로 지체 : $d_{EB} = \frac{36.0 \times 211 + 24.4 \times 606 + 30.9 \times 206}{211 + 606 + 206} = 28.1 \text{ 초/대}$

② 접근로 서비스 수준 : <표 8-2>에 따라 LOS = B

(다) 교차로 분석

① 접근로 교통량 : $211 + 606 + 206 = 1023 \text{ vph}$

② 교차로 지체 : $d_I = \frac{28.1 \times 1,023 + d_{WB} \times V_{WB} + d_{SB} \times V_{SB} + d_{NB} \times V_{NB}}{1,023 + V_{WB} + V_{SB} + V_{NB}}$

③ 교차로 서비스 수준 : <표 8-2>에서 d_I 값을 이용하여 찾는다.

지체 계산 및 서비스수준 판정														
차로군 분석														
접근로	EB				WB				NB			SB		
	중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
① 차로군 분류	중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
② 초기 대기차량대수, Q _b (대)	0 / 40 / 0													
③ 추가지체 유형 판단 ¹⁾	- / 유형 I / -													
④ 균일지체 $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} (Q_b = 0\text{때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-y)} (\text{유형 I 때})$ $= \frac{R}{2} (\text{유형 II, III 때})$	32.9/29.0/31.9													
⑤ 증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$	17.6 / 0.7 / 13.0													
⑥ 추가지체 ²⁾ , d ₃ (식 8-51, 52, 53)	0 / 7.5 / 0													
⑦ 순행시간 T _c = 링크길이/순행속도 (초)	28.8													
⑧ (적정)옴셋 (초)	10													
⑨ 옴셋 편익율 TVO = (T _c - offset)/C	0.16													
⑩ 연동계수, PF<표 8-17>	0.56													
⑪ 평균 제어지체 (초/대) d _i = d ₁ (PF) + d ₂ + d ₃	36.0/24.4/30.9													
⑫ 차로군 서비스수준<표 8-2>	C / B / C													
1) Q _b > 0 때 다음 식을 이용해서 판단 유형 I: 0 < Q _b < (1-X)cT 유형 II: 0 < (1-X)cT < Q _b 유형 III: (1-X)cT < 0 < Q _b														
2) Q _b > 0 때만 사용: d ₃ $= \frac{1,800 Q_b^2}{cT(c-V)} (\text{유형 I 때})$ $= \frac{3,600 Q_b}{c} - 1,800 T(1-X) (\text{유형 II 때})$ $= \frac{3,600 Q_b}{c} (\text{유형 III 때})$														
접근로 분석														
① 접근로 지체, $d_A = \frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$	28.1													
② 접근로 서비스수준<표 8-2>	B													
교차로 분석														
① 접근로 교통량, V _A = ∑ V _i (vph)	1,023													
② 교차로 지체, $d_i = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$														
③ 교차로 서비스수준<표 8-2>														

그림 8-28 지체계산 및 서비스수준 판정(운영분석표 4)

5 특수상황에 관한 분석

도시가로의 차량 흐름과 용량은 통상적인 분석에서 주어진 도로 및 교통 조건과 제어 조건 외에 도로 운영 조건의 일시적인 변화나 환경 조건에 의해서도 영향을 받는다. 도시가로에서의 도로점용공사와 기상악화 등이 그 대표적인 조건들이 될 수 있는데, 상황 발생이 어느 정도 사전적으로 예측 가능한 이러한 특수상황에 대한 고려가 단속류 시설의 운영분석절차 내에 포함될 필요가 빈번히 있게 된다.

이러한 상황을 좀 더 구체적으로 보면 도로점용공사는 교차로 신호영향권 내에서 정지선 포화 교통류율에 영향을 미치는 대부분의 공사유형을 포함하고, 악천후는 강우 및 강설 등의 상황은 포함하나 도시가로 주위의 최소한의 밝기 때문에 어둠은 제외하기로 한다. 그러므로 도로점용공사 및 강우, 강설 등 악천후의 영향을 반영한 포화교통류율은 정상적인 상황에서의 계획 및 운영분석에 쓰이는 특정 차로그룹의 포화교통류율에 공사영향 보정계수(f_{WZ})나 날씨 보정계수(f_{IW})를 선택적으로 적용하여 산정하도록 한다.

$$S'_i = S_i \times f_{WZ} \times f_{IW}$$

여기서,

S'_i = 특수상황(공사구간, 날씨)이 반영된 i 차로군의 포화교통류율($vphg$)

S_i = i 차로군의 포화교통류율($vphg$)

f_{WZ} = 공사영향 보정계수

f_{IW} = 날씨 보정계수

도시가로 시설 역시 합리적인 운영을 위해서는 거의 상존하다시피 한 도로상의 점용공사와 국지적이고 돌발적인 기상악화가 가지는 반복적인 용량감소 영향을 숙지하고 특정 노선과 구간의 운영상태 분석을 통한 사전적 시행계획 조정과 제어전략 마련에 노력하여야 도심에서 흔히 겪게 되는 지나친 혼잡을 줄일 수 있다.

(1) 공사구간에 의한 영향

신호교차로의 인근에서 도로조건의 변화를 유발하는 공사를 수행하는 경우 해당하는 접근부 차로군의 포화 교통류율은 공사구간의 위치, 정지선과의 거리, 부여된 녹색시간, 공사구간 유형(차로점유 및 정도, 형태 그리고 노면의 재질과 상태) 등에 따라 그 값이 크게 달라질 수 있다. 그러므로 이와 같은 여러 조건의 상호작용을 고려하여 포화교통류율을 보정한 후 용량의 산정과 서비스수준 결정에 임해야 한다.

신호교차로에서의 점용공사는 상기 제 조건들의 상호작용으로 인하여 포화교통류율의 감소를 유발하게 되는데, 특별히 위치별로 공사유형(차로 수 감소, 차로 폭 축소, 차로측방이동, 노면재질의 변화)에 따라 용량감소지점에서 용량감소율(CRF: Capacity Reduction Factor)을 유의해서 적용하여야 한다.

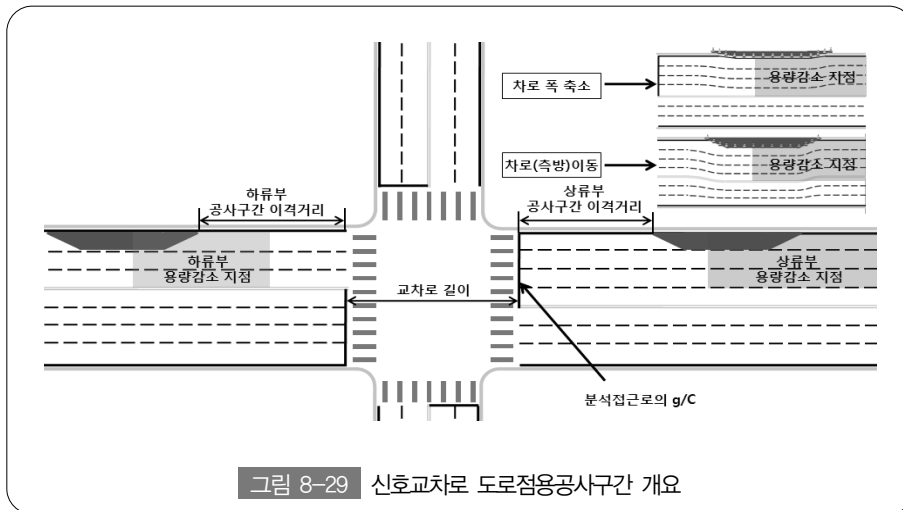


그림 8-29 신호교차로 도로점용공사구간 개요

용량감소율이란 도로점용공사로 인하여 상·하류의 용량감소지점에서 발생하는 여러 영향(공사로 인한 차로여건, 차량 및 인력의 드나듐)을 감안한 것으로 공사유형에 상관없이 모든 도로점용공사구간에 반영된다. 차로 수 감소에 대한 용량감소율은 차로 수 감소 유형에 따라 달리 적용하며, 차로 폭 축소에 대한 감소율은 차로 폭 보정계수 <표 8-15>로 대신한다. 복공판이나 차로(측방)이동의 경우에는 설치 위치나 측방이동 횟수에 따라 용량감소율이 조금 다르게 나타나나 단순화하여 적용한다.

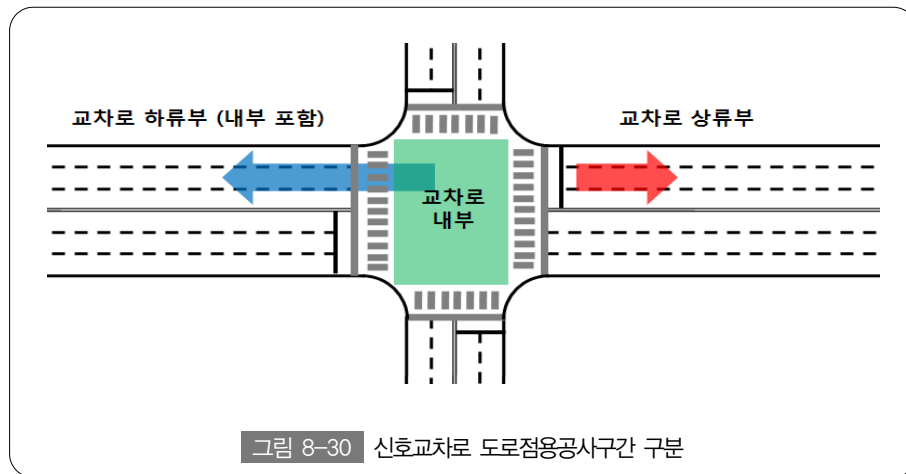
〈표 8-20〉 공사유형별 용량감소율

공사유형		용량감소율(%)	용량감소 지수(CRF)
차로 수 감소	2 to 1	17	0.83
	3 to 2	15	0.85
	4 to 3	13	0.87
차로 폭 축소*	< 2.6	12	0.88
	< 2.9	6	0.94
	≥ 3.0	-	1.00
차로(측방)이동		10	0.90
복공판		10	0.90

주) * 도로용량편람 차로 폭 보정계수 <표 8-15>를 적용함

1) 도로점용공사구간 포화교통류율 산정모형 유형 구분

신호교차로의 도로점용공사는 정지선을 기준으로 상류부 공사와 하류부 공사로 구분되며, 공사구간의 위치에 따라 포화교통류율 산정식을 다르게 사용하여야 한다. 정지선 상류부 공사의 포화교통류율 산정식은 녹색시간과 소거가능거리를 고려하여 산정하며, 정지선 하류부의 포화교통류율은 감소된 차로 수 등의 병목지점으로 차량을 통과시키게 되어 발생하는 충격파를 고려하여 산정한다.

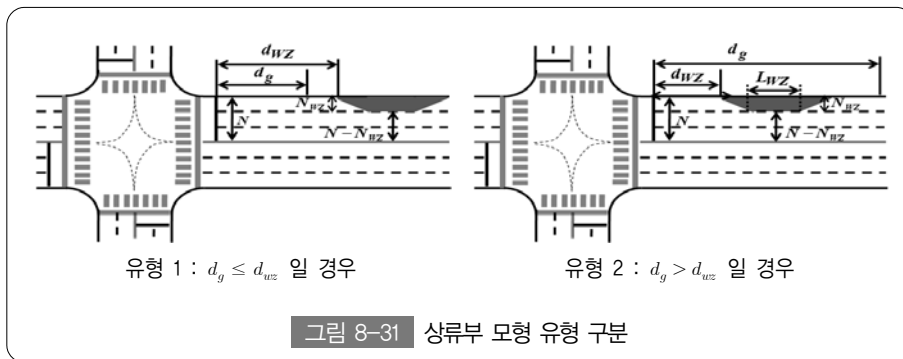


포화교통류율 산정모형은 도로점용공사로 인하여 감소된 포화교통류율을 산출하기 위한 모형이며, 종속변수인 포화교통류율의 감소에 영향을 미치는 여러 요인을 독립변수로 선정하였다. 상류부와 하류부에 공통적으로 영향을 주는 공통변수와 공사구간의 위치에 따라 적용되는 선택변수가 존재하며, 모형의 기본 조건은 다음과 같다.

- ① 동일한 현시에 이동하는 하나의 차로그룹을 대상으로 분석함.
- ② 분석 접근로의 정지선을 기준으로 상류부와 하류부 공사로 구분하며, 교차로 내부에서의 공사는 하류부 모형을 적용함.
- ③ 하류부의 경우 공사구간 이격거리에 교차로의 폭을 더하여 적용·분석함.
- ④ 정지선 차로 수에는 좌·우회전포켓을 포함시키지 않음.

(가) 교차로 상류부 유형 구분

상류부 모형의 근본적인 개념은 접근로에 부여된 녹색시간동안 통과할 수 있는 교통량이 상류측 공사로 인한 병목구간의 영향을 받느냐 여부에 따라 포화교통류율의 감소 또는 유지를 결정한다는 것이다. 따라서 상류부 모형은 도로점용공사구간 이격거리(d_{wz})가 소거가능거리(d_g)보다 크냐 작으냐에 따라 <그림 8-31>와 같이 구분한다.



소거가능거리는 녹색시간동안 정지선을 통과할 수 있는 최후차량 위치까지의 거리로서 포화차두 시간($\bar{h}$)을 활용하여 (식 8-59)와 같이 나타낼 수 있다.

$$d_g = \frac{g_i}{\bar{h}} \times d_{fb} \quad (\text{식 8-59})$$

여기서,

d_g = 녹색시간 소거가능거리(m)

d_{fb} = 차량 정지시 차두공간간격(m)

g_i = 유효녹색시간(s)

$\bar{h}$ = 포화차두시간(s)

교차로 하류부 또는 내부에서 시행되는 공사이지만 정지선 상류측 최우측 차로를 선제적으로 우회전 전용으로 운영하는 경우에는 최우측 차로 상류부에서 직진차량들이 좌측으로 조기 합류하도록 유도되기 때문에 그 지점을 기준으로 정지선 상류부 공사로 취급하여 분석하도록 한다. <부록J 참조>

(나) 교차로 하류부(내부 포함) 유형 구분

하류부 모형은 순방향 도달시간(g_F) 및 충격파 역진시간(g_B)의 합인 충격파 회기 총시간(g_T)을 기준으로 유효녹색시간이 과소하냐에 따라 구분된다.

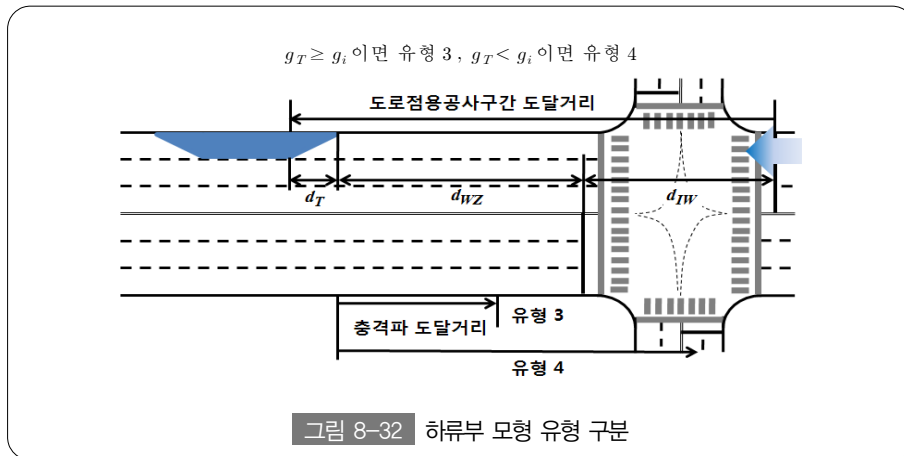
$$g_T = g_F + g_B + 1.0 \quad (\text{식 8-60})$$

$$g_F = (d_T + d_{WZ} + d_{IW})/u_o \geq 0, \quad g_B = (d_{WZ} + 0.5 \times d_{IW})/w \geq 0 \quad (\text{식 8-61})$$

충격파 회기 총시간은 인지반응시간(1.0)과 순방향 도달시간 및 충격파 역진시간의 합으로 나타낼 수 있는데, 녹색등화와 함께 차량이 포화상태에서 정지선을 출발하여 공사구간 입구에 도달하고 다시 거기서 생긴 충격파가 교차로의 중간 지점을 통과하는데 소요되는 시간이라고 풀어서 기술할 수 있다.

충격파 회기 총시간 이후에도 유효녹색시간이 여전히 남아 있다면 그 동안은 충격파로 인해 정지선을 원활한 상태에서 지날 수 없게 되며, 이 소요시간 전에 녹색시간이 종료되었다면 충격파의 영향을 받지

않게 될 것이다. 두 경우에 해당하는 포화교통류를 산정을 위해 유효녹색시간 동안의 유출량을 3,600초로 환산하면 전자는 정상상태의 포화교통류율에 미치지 못하고 후자는 정상상태의 값을 유지하게 될 것이다. 따라서 <그림 8-32>와 같이 내부를 포함한 하류부 시행공사는 두 가지 유형으로 구분할 수 있다.



여기서,

d_T = 공사구간 테이퍼 길이(m)

u_o = 평균이동속도(m/s)

d_{WZ} = 공사구간 이격거리(m)

w = 충격파 속도(m/s)

d_{TW} = 교차로 폭(m)

다만 공사구간의 위치가 교차로 내부에 해당하는 경우에는 d_{WZ} 의 측정이 애매해질 수 있는데, 이 경우에는 교차로 내부 구분선을 침범하는 거리만큼 음수화(-)하여 사용하면 된다. <부록J 참조>

하류부 모형에서 충격파 속도(w)는 two-regime linear q-k 모형을 활용하여 산출이 가능하다. 도시가로임을 고려하여 포화교통류율 2,000vphgpl, 임계밀도 30vpkmpl, 최대밀도 130vpkmpl을 기본 값으로 하여 산출된 20km/h(=5.56m/s)를 적용한다. 다만 대상 교차로의 현장자료가 있는 경우에는 현장 값을 사용하여 산출하여도 무방하다. <부록J 참조>

평균이동속도는 교차로 정지선에서 공사구간까지 차량이 이동하는 평균속도로서 차량이 정지선에서 출발하는 발진 가속도와 이동거리에 소요되는 통행시간을 활용하여 계산한다. 모형에 적용할 평균이동 속도는 정지선에서 공사구간까지의 거리에 따라 구분하여 적용하면 되는데, 본 편람에서는 평균가속도 4km/h(=1.11m/s)을 기준으로 산출하였으며 이와 다른 가속도를 사용하고자 할 때에는 부록J에서 제시한 공식과 방법을 따르면 된다.

〈표 8-21〉 5개 구간으로 구분한 평균이동속도 (가속도 4km/h)

구분 ($d_T + d_{WZ} + d_{TW}$)	평균이동속도(km/h)	평균이동속도(m/s)
≤ 20	10.2	2.84
≤ 50	16.9	4.69
≤ 100	23.9	6.64
≤ 150	30.5	8.49
> 150	36.0	10.00

2) 도로점용공사구간 포화교통류율 산정

공사구간의 포화교통류율은 전술한대로 공사구간의 위치(상·하류부)와 그 공사구간의 도로 및 운영 조건에 따라 유형이 구분되고 그 유형에 따라 적용해야 할 산정식이 다르기 때문에 유의해야 한다. 또한 공사형태와 유형에 따라서도 CRF를 다르게 적용하여 신호교차로 도로점용공사구간의 포화교통류율을 산출해야한다.

〈표 8-22〉 신호교차로 상·하류부 도로점용공사구간 포화교통류율 보정공식 및 계수(f_{WZ})

공사위치 산정공식	정지선 상류부 공사		정지선 하류부 공사	
	$d_g \leq d_{WZ}$	$d_g > d_{WZ}$	$g_T \geq g_i$	$g_T < g_i$
포화교통류율 보정 공식*	유형 1 공식	유형 2 공식	유형 3 공식	유형 4 공식

주) 보정계수인 f_{WZ} 는 S_{iWZ} / S_i 로 계산하면 되며 유형에 따라 공식을 이용하면 직접 포화교통류율을 산정할 수 있다.

* 포화교통류율 보정 공식은 상류부, 하류부 논리모형 공식 참조

$$\text{유형 1 : } S_{iWZ} = \frac{\frac{g_i \times d_{fb}}{h} \times N - d_{fb} \times N_{WZ}}{d_{fb}} \times \frac{3,600}{g_i \times N} = \frac{3,600}{h} - \frac{3,600 \times N_{WZ}}{g_i \times N} \quad (\text{식 8-62})$$

$$\text{유형 2 : } S_{iWZ} = \frac{d_{WZ} \times N - d_{fb} \times N_{WZ} + CRF \times \left\{ d_g - d_{WZ} + L_{WZ} \times \left(\frac{1 - CRF}{CRF} \right) \right\} \times (N - N_{WZ})}{d_{fb}} \times \frac{3,600}{g_i \times N} \quad (\text{식 8-63})$$

$$\text{유형 3 : } S_{iWZ} = \frac{3,600}{h} \quad (\text{식 8-64})$$

$$\text{유형 4 : } S_{iWZ} = \left[\left(\frac{g_T}{h} \times N \right) + \frac{(g_i - g_T)}{h} \times CRF \times (N - N_{WZ}) \right] \times \frac{3,600}{g_i \times N} \quad (\text{식 8-65})$$

여기서,

d_g = 녹색시간동안 정지선 상류 대기행렬 소거가능거리(m)

N = 차로 수(좌회전 포켓을 제외한 정지선 차로 수)

N_{WZ} = 도로점용공사가 시행중인 폐쇄된 차로 수(공사구간 횡단면에서 측정)

d_{WZ} = 공사구간 이격거리(m)

L_{WZ} = 공사구간 길이(m)

CRF = 용량감소지수

g_T = 충격파 회기 총시간(s)

g_i = 유효녹색시간(s)

도로점용공사는 안쪽차로, 중앙차로, 바깥차로 중 어느 차로를 점유하느냐에 따라서 포화교통류율 감소폭의 차이가 날 수도 있다. 안쪽차로와 바깥차로를 점유한 경우보다 중앙차로를 점유한 경우에서 포화교통류율 감소폭이 더 크다고 일부 관측 결과가 보고하고 있으나 그 차이가 미세하고 현장자료를 구하기가 어렵기 때문에 현장여건을 판단하고 분석하는 과정에서 분석가의 재량으로 결정해야 한다.

〈표 8-23〉과 〈표 8-24〉는 각각 상류부와 하류부에서 시행되는 공사에 따라 정지선 포화교통류율의 변화를 산정한 예이다. 현장의 여러 조건들을 반영하고 포화차두시간($\bar{h}$) 1.8초, 차량 정지시 차두공간 간격(d_{fb}) 6.0m, 충격파 속도(w) 5.56m/s, 평균가속도 1.11m/s, 용량감소지수(CRF) 0.83을 적용하여 산출한 공사영향 보정계수(f_{WZ})이다. 하류부 유형의 공사구간에 적용되는 평균이동속도(u_o)는 〈표 8-21〉을 반영하여 산출하였다.

〈표 8-23〉 상류부의 차로 수, 녹색시간, 이격거리에 따른 공사영향 보정계수(f_{WZ})

차로 수	공사구간 점용 차로 수	녹색 시간	도로점용공사구간 이격거리(m)							
			0*	30	60	90	120	150	180	210
4	1	30	0.74	0.85	0.96	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99
		40	0.71	0.79	0.88	0.96	1.00	0.99	0.99	0.99
		50	0.69	0.76	0.83	0.89	0.96	1.00	0.99	0.99
		60	0.68	0.74	0.79	0.85	0.91	0.96	1.00	0.99
	2	30	0.47	0.65	0.82	1.00	0.97	0.97	0.97	0.97
		40	0.46	0.59	0.72	0.85	0.98	0.98	0.98	0.98
		50	0.45	0.55	0.66	0.76	0.87	0.97	0.98	0.98
		60	0.44	0.53	0.62	0.71	0.79	0.88	0.97	0.99
3	1	30	0.65	0.78	0.91	1.00	0.98	0.98	0.98	0.98
		40	0.62	0.72	0.82	0.92	1.00	0.99	0.99	0.99
		50	0.61	0.69	0.77	0.85	0.93	1.00	0.99	0.99
		60	0.60	0.67	0.73	0.80	0.87	0.94	1.00	0.99
	2	30	0.29	0.51	0.73	0.94	0.96	0.96	0.96	0.96
		40	0.29	0.45	0.61	0.78	0.94	0.97	0.97	0.97
		50	0.29	0.42	0.55	0.68	0.81	0.94	0.98	0.98
		60	0.29	0.39	0.50	0.61	0.72	0.83	0.94	0.98

주) * 이격거리가 0m 이므로 실제로 정지선에서 차로 수가 감소된 경우임 (테이프 길이 0m)

〈표 8-24〉 하류부의 차로 수, 녹색시간, 이격거리에 따른 공사영향 보정계수(f_{WZ})

차로 수	공사구간 점용 차로 수	녹색 시간	도로점용공사구간 이격거리*(m)							
			210	180	150	120	90	60	30	0**
4	1	30	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.88	0.79	0.64
		40	1.00	1.00	1.00	0.94	0.88	0.81	0.75	0.63
		50	1.00	0.98	0.93	0.87	0.83	0.78	0.72	0.63
		60	0.97	0.92	0.88	0.83	0.79	0.75	0.71	0.63
	2	30	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.81	0.67	0.43
		40	1.00	1.00	1.00	0.90	0.81	0.71	0.61	0.43
		50	1.00	0.97	0.89	0.80	0.73	0.65	0.57	0.43
		60	0.96	0.88	0.81	0.74	0.68	0.61	0.54	0.42
3	1	30	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.86	0.75	0.57
		40	1.00	1.00	1.00	0.92	0.85	0.78	0.70	0.56
		50	1.00	0.98	0.91	0.85	0.79	0.74	0.67	0.56
		60	0.97	0.91	0.85	0.80	0.75	0.71	0.65	0.56
	2	30	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	0.77	0.60	0.30
		40	1.00	1.00	1.00	0.88	0.76	0.65	0.52	0.29
		50	1.00	0.97	0.86	0.76	0.67	0.57	0.47	0.29
		60	0.95	0.85	0.76	0.68	0.60	0.52	0.44	0.29

주) * 하류부의 경우 이격거리는 $d_{WZ} + d_{HW}$ 값으로 적용함

** 테이퍼 길이 0m로 통상 내부공사에 해당됨

3) 서비스수준 분석방법

○ 교차로 인근 도로점용공사로 인한 포화교통류율 보정은 (식 8-66)과 같이 산정한다.

$$\begin{aligned}
 S_{i_{WZ}} &= S_0 \times N_i \times f_{RT} \times f_w \times f_g \times f_{HV} \times f_{WZ} \\
 &= S_i \times f_{WZ}
 \end{aligned}
 \quad (\text{식 8-66})$$

여기서,

$S_{i_{WZ}}$: 교차로 인근 점용공사로 인한 차로군 i 의 포화교통류율($vphg$)

f_{WZ} : 공사영향 보정계수

대부분의 공사가 1~2개 좌회전 차로에 영향을 준다거나 2차로 이하의 접근부에서나 볼 수 있는 사실상의 일개 차로군이 형성되게 진행되는 점용공사는 거의 없으므로 주로 직진차로군(우회전 포함)에 적용한다.

○ 용량 및 V/c

각 현시에 따른 차로군별 용량은 전반적인 도로조건, 교통조건 및 신호조건에서 교차로를 통과할 수 있는 최대량을 의미하는데 앞의 절차를 따르는 경우 접근로 정지선을 기준으로 전후(상류부 및 하류부, 통상 교차로영향권 이내)에 공사구간이 전개되었을 때 합리적으로 통과시킬 수 있고 반복적으로 관측할 수 있는 량을 의미한다. 공사구간의 영향을 받는 차로군 i 의 용량은 (식 8-67)을 이용해서 얻는다.

$$c_{i_{wz}} = S_{i_{wz}} \times \frac{g_i}{C} \quad (\text{식 8-67})$$

여기서,

$c_{i_{wz}}$ = 차로군 i 의 용량

$S_{i_{wz}}$ = 차로군 i 의 포화교통류율($vphg$)

g_i = 차로군 i 의 유효녹색시간(s)

○ 지체 산정

지체는 신호교차로 방법론을 원용하여 계산한다.

(2) 기상악화 상황에 의한 영향

기상악화/악천후(Inclement Weather) 상황에 의한 영향 분석은 강우 및 강설강도(강우 및 강설량)에 따른 날씨보정계수를 적용하여 포화교통류율을 산정한다.

1) 기상악화에 따른 신호교차로의 포화교통류율 산정식

기상악화 시 신호교차로의 차량들간 통과시간간격인 차두시간은 평상시에 비해 증가한다. 이로 인해 포화교통류율은 감소하는 경향이 있다. 기상악화 시 차두시간이 증가(또는 포화교통류율이 감소)하는 근본적인 원인은 매우 다양하나, 일반적으로 운전자의 인지반응시간이 길어지는 것에 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 기상악화에 따른 신호교차로의 포화교통류율에 대한 분석이 필요하다.

$$S_i = S_0 \times N_i \times f_{LT} \text{ (또는 } f_{RT}) \times f_w \times f_g \times f_{HV} \times f_{IW} \quad (\text{식 8-68})$$

여기서,

S_i = 차로군 i 의 포화교통류율 ($vphg$)

f_w = 차로폭 보정계수

S_0 = 기본 포화교통류율 (2,200 pcphgpl)

f_g = 접근로 경사 보정계수

$$N_i = i \text{ 차로군의 차로수}$$

$$f_{LT}, f_{RT} = \text{좌·우회전 차로 보정계수}$$

$$f_{HV} = \text{중차량 보정계수}$$

$$f_{IW} = \text{날씨보정계수}$$

2) 기상악화에 따른 교통 특성

(가) 강우시

강우시 신호교차로의 차량들간 통과시간간격인 차두시간은 평상시에 비해 증가한다. 이로 인해 포화교통류율은 감소하는 경향이 있다. 강우시 차두시간이 증가(또는 포화교통류율이 감소)하는 근본적인 원인은 매우 다양하다. 이는 일반적으로 강우시 주변 환경에 대한 운전자의 가시권이 제약되어, 교통안전을 고려한 인지반응시간이 길어지는 것에 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 강우에 따른 신호교차로의 포화교통류율에 대한 분석이 필요하다.

① 강우강도 정의 및 측정방법

신호교차로의 강우에 의한 영향을 분석하기 위해서는 강우강도를 설정해야 한다. 강우강도는 단위 면적당 시간당 강우량(mm/hr)을 이용하며, 강우량은 분석지점에서 직접 측정하거나 기상청의 DB를 이용한다. 이를 통해 시간당 강우량에 따른 날씨보정계수를 적용하여 신호교차로 분석에 이용한다.

② 강우강도에 따른 포화차두시간 증가율

강우강도가 높아질수록 포화차두시간이 증가하여 신호교차로의 포화교통류율을 감소시키는 요인으로 작용한다. 따라서 강우강도에 따른 포화차두시간의 증가율은 <표 8-25>와 같다.

<표 8-25> 강우강도에 따른 날씨보정계수 및 포화차두시간

강우량 구분(mm/hr)	포화차두시간(sec)	증가율 (%)
0	1.90	—
0~2	2.05	7.4
2~4.5	2.29	20.3
4.5~	2.39	25.8

(나) 강설시

① 강설강도 설정

강설강도는 시간당 강설량(cm/h)으로 고속도로 기본구간의 강설강도 분류와 동일하며, <표 8-26>과 같이 기후 양호시를 제외한 3단계로 분류한다.

<표 8-26> 강설강도 분류(신호교차로)

강설량 구분(cm/hour)	비고
0	기후의 영향을 받지 않는 맑은 날
0.1 이하	
0.1 ~ 2.0	
2.1 ~	대설 및 폭설 등 포함

② 강설강도에 따른 포화 차두시간 증가율

일반적으로 기후 양호시 대비 강설시 포화 차두시간은 증가하며, 강설강도가 높아질수록 증가율은 더 증가하여 신호교차로의 용량을 감소시키는 요인으로 작용한다.

신호교차로에서 강설의 영향은 포화 차두시간 이외에 출발 손실시간의 증가 또한 유발시킬 것으로 판단되나, 강설시 신호를 받아 출발하는 선두 차량의 반응 시간이 증가한다고 할지라도 뒤따라오는 차량들의 포화 차두시간 또한 동시에 증가하기 때문에 결과적으로 두드러진 출발손실시간의 증가는 발생하지 않게 된다. <표 8-27>은 강설량에 따른 신호교차로 강설시 포화차두시간 변화를 나타낸다.

<표 8-27> 강설량에 따른 신호교차로 강설시 포화차두시간 변화

강설량	포화 차두시간	증가율
양호(0cm/h)	1.82	-
0.1cm/h 이하	2.46	35.2%
0.1 ~ 2.0cm/h	2.80	53.8%
2.1cm/h ~	3.02	65.9%

3) 신호교차로의 기상악화 상황의 용량산정을 위한 보정계수

신호교차로의 기상악화 상황의 용량산정을 위한 날씨보정계수는 <표 8-28>과 같다.

기상악화 상황의 용량산정을 위한 보정계수는 기본적인 도로·교통조건 하에서 기상악화 상황시 기상 조건이 교통류에 미치는 영향을 나타내는 계수이므로, 기본 조건에 해당하지 않는 기상악화 상황의 경우에는 타 보정계수와 함께 적용하도록 한다.

<표 8-28> 신호교차로의 기상악화 상황의 용량산정 보정계수

구분		보정계수
강우	0mm/h	1.00
	0 ~ 2mm/h	0.93
	2 ~ 4.5mm/h	0.83
	4.5mm/h 이상	0.79
강설	0cm/h	1.00
	0.1cm/h 이하	0.65
	0.1 ~ 2.0cm/h	0.46
	2.1cm/h 이상	0.34

6 예 제

다음에 다루는 예제는 신호교차로의 운영분석, 설계분석 및 계획분석에 포함되는 모든 가능한 접근로 23개를 선정하여 풀이하였다. 각 교차로 및 접근로의 특징은 <표 8-29>와 같다.

<표 8-29> 각 예제의 접근로별 특성

예제	접근로	좌회전 종류	우회전 도류화	U턴	초기 대기차량 (Q_0)	분석종류
1	EB*	비 보 호(CASE 6)	없음	×	○(유형 I)	운영분석
	WB	비 보 호(CASE 6)		×	×	
	NB	양방보호(CASE 1)		○	×	
	SB	양방보호(CASE 1)		×	×	
2	EB	양방보호(CASE 2)	○	×	×	운영분석
	WB	양방보호(CASE 2)	○	○	○(유형 III)	
	NB	직좌동시(CASE 5)	×	×	○(유형 II)	
	SB	직좌동시(CASE 5)	×	○	×	
3	EB	비 보 호(CASE 3)	없음	×	×	운영분석
	WB	비 보 호(CASE 3)		×	×	
	NB	직좌동시(CASE 4)		○	×	
	SB	직좌동시(CASE 4)		×	×	
4 (T형 교차로)	EB	직진	없음	×	×	운영분석
	WB	직좌동시(CASE 4)		×	×	
	NB	좌우동시		×	×	
5	EB	양방보호(CASE 2)	○	×	×	설계분석
	WB	양방보호(CASE 2)	○	○	○	
	NB*	직좌동시(CASE 5)	×	×	○	
	SB	직좌동시(CASE 5)	×	○	×	
6	한 접근로의 신호조건, 포화교통량, 설계 서비스수준이 주어지고 최대 서비스 교통량을 구함					설계분석
7	EB*	적정현시를 계획	없음	×	×	계획분석
	WB*			×	×	
	NB			×	×	
	SB			×	×	

주) * 8-3절 분석과정의 예제에서 다루었음

〈예제 1〉

네갈레 교차로에서의 교통상황을 분석하고자 한다. 모든 도로조건, 교통조건 및 교통운영조건은 다음의 입력자료에 나타나 있다. 이 교차로의 특징은 어느 접근로에도 우회전 도류화가 되어 있지 않으며, 좌회전 전용차로가 없는 공용차로에서의 비보호 좌회전이 동서도로에서 허용이 되며(CASE 6), 남북도로는 전용 좌회전차로가 1개인 접근로를 갖으며(CASE 1), 양방보호 신호로 운영된다. 또 우회전 도류화를 위한 교통섬이 없으며, 북향(NB) 접근로에 U턴이 허용된다. 동향(EB) 접근로는 분석기간 초기에 초기 대기 차량이 남아 있으나 분석기간 동안 해소가 된다.

이 교차로의 모든 차로군의 용량과 V/c 비 및 서비스수준을 구하라. 또 모든 접근로 및 교차로 전체의 서비스수준을 구하고, 교차로 전체의 임계 V/c 비를 구하라.

〈풀 이〉

이 교차로의 동향(EB) 접근로는 앞의 운영분석 적용과정에서 예를 들어 풀이 한 것과 같은 것이다. 나머지 모든 접근로에 대한 차로군을 분류하고 각 차로군별 용량, V/c 비, 지체, 서비스수준을 구하는 방법은 적용과정에서 예를 든 바와 같다.

접근로별 평균제어지체는 차로군별 지체를 교통량에 관하여 가중평균하여 구하며, 교차로 전체의 평균제어지체는 접근로의 지체를 가중평균하여 얻는다. 이 평균제어지체로부터 〈표 8-2〉를 사용하여 서비스수준을 구한다.

분석표 3의 용량계산에서 각 차로군의 포화도와 임계 V/c 비를 검토하면 이 교차로의 신호운영이 적절한지 아닌지를 개략적으로 판단 할 수 있다. 즉 적정현시에서는 각 현시의 임계차로군의 포화도가 비슷한 값을 가지며, 이 값은 또 임계 V/c 비와도 유사한 값을 갖는다. 본 예제에서는 3개 현시의 임계차로군의 포화도는 각각 0.69, 0.94, 0.71이며, 임계 V/c 비는 0.746으로서 각 값들의 차이가 너무 심하므로 신호가 적정현시로 운영된다고 말하기 어렵다. 따라서 이 교차로의 신호조건을 개선하면 모든 지체값도 줄어들며, 임계 V/c 비도 감소할 것이다.

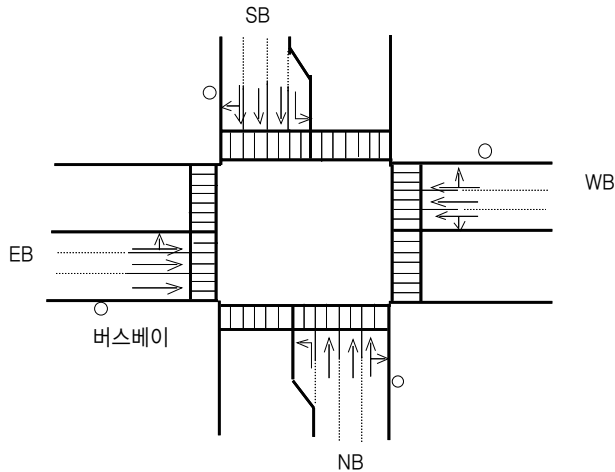
입력 자료

교차로명: A도로 × B

도로조사시간: 01.4.26.15:30 ~ 15:45

지점특성: 일반업무지구

조 사 자: 장삼오, 이사욱



기 타

분석기간 : 0.25 시간

PHF = 0.95

중차량 혼입율(P) = 5%

버스베이 : NB만 있음

교통 및 신호

접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	90	600	320	70	570	210	150	1,300	175	240	770	152
U턴 교통량(vph)	0			0			90			0		
진입교통량, V_{en} (vph)	23			20			0			50		
진출교통량, V_{ex} (vph)	20			20			0			60		
버스정차대수, V_b (vph)	11			6			30			40		
주차여부(O, X)	O			X			O			O		
주차활동대수, V_{park} (vph)	10			-			5			12		
횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)	400			500			300			400		
보행신호시간 ¹⁾ , G_p (초)	40			40			43			43		
상류 링크길이(m)	400			300			500			400		
순행속도(kph)	50			50			60			60		
경사 / w / l / R_L ²⁾	0/3.3/30/12			0/3.3/45/12			0/3.3/60/15			0/3.3/60/15		

1) 우회전을 방해하는 교차도로의 횡단을 말함

2) w=평균차로폭(m), l=버스정거장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)

신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 120초)

현 시							좌회전 형태
신호시간	G = 45 Y = 3	G = 20 Y = 3	G = 46 Y = 3				EB, WB: 비보호 (CASE 6) NB, SB: 양방보호 (CASE 1)

교통량 보정 및 차로군 분류												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_H(vph)$	90	600	320	70	570	210	150	1,300	175	240	770	52
차로이용률계수<표 8-5>	1.0			1.0			1.02			1.02		
RTOR보정<표 8-6>	0.5			0.5			0.5			0.5		
보정 교통량, $V(vph)$	95	632	168	74	600	111	158	1,396	92	253	827	80
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, $N^1)$	3			3			3			3		
보정 대향직진교통량 ²⁾ , $V_o(vph)$	600			632			-			-		
비보호간격수락률 ²⁾ , P <표 8-8>	1.39			1.30			-			-		
좌회전직진환산계수, E <표 8-7>	3.39			3.56			1.00			1.00		
좌회전곡선반경 영향, E_p <표 8-9>	1.11			1.11			1.09			1.09		
U턴 영향, E_u <표 8-10, 11>	1.0			1.0			1.89			1.0		
$E_L = E_i \times E_p \times E_u$	3.76			3.95			2.06			1.09		
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	49			60			14			129		
버스정차의 영향, T_b <표 8-12>(초)	15.3			15.3			1.4			15.3		
정류장위치, $I_b = (75 - I)/75$	0.6			0.4			0.2			0.2		
버스영향, $L_{bb} = T_b \times I_b \times V_b$ (초)	101			37			8			122		
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}$ (초)	540			0			450			576		
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times g/C$ (초)	207			29			141			248		
우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ <표 8-13>	12			12			12.9			12.9		
우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R	3.00			2.82			3.02			5.88		
V_{LF} (식 8-13, 14)	67			81			0			0		
V_{RF} (식 8-15, 16)	38			54			152			103		
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)	141			109			0			0		
V_{STR} (식 8-19, 20)	-6			89			280			-38		
차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수 2) 비보호좌회전에서만 적용 3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략 4) $E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{Th}}{C N_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전) $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전) 5) 세갈래 교차로에서 직진과 좌회전 공용차로가 있는 접근로에만 사용 6) 차로군 분류기준 (1) 전용 좌회전차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군 (2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진,좌,우회전 모두 하나의 통합 차로군 (3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군 (4) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군												

포 화 교 통 량 계 산

접 근 로		EB			WB			NB			SB		
차로군분류		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
이동류 교통량, V		95	632	168	74	600	111	158	1,396	92	253	827	80
회전 직진환산계수, E_L, E_R		3.76 / 3.0			3.95 / 2.82			2.06 / 3.02			1.09 / 5.88		
차로군 별 교통량 V_i (vph)	공용 LT: $V_{Th}-V_{RF}+V_L$	689											
	공용 RT: $V_{Th}-V_{LF}+V_R$							1488					
	실질 LT ¹⁾ : $V_{LF}+V_L$							158			253		
	실질 RT ¹⁾ : $V_{RF}+V_R$	206									183		
	실질 TH: $V_{Th}-V_{LF}-V_{RF}$										724		
	통합 차로군: $V_{Th}+V_L+V_R$				785								
회전교통량비 ²⁾ P_L, P_{LT}, P_R, P_{RT}		$\frac{V_{L \text{ or } R}}{V_i}$			0.14 / 0.82			0.09 / 0.14			1.0 / 0.06		
회전보정계수 ³⁾ f_{LT}, f_{RT}		$\frac{1}{1+P(E-1)}$			0.721 / 0.379			0.658			0.485 / 0.892		
차로폭 보정계수, f_w <표 8-15>		1.0			1.0			1.0			1.0		
경사 보정계수, f_g <표 8-16>		1.0			1.0			1.0			1.0		
중차량 보정계수, f_{HV} (식 8-39)		0.96			0.96			0.96			0.96		
포화교통량: $S=2200N_i \times f_{LT}(\text{또는 } f_{RT}) \times f_w \times f_g \times f_{HV}$		3,046 / 800			4,169			1024 / 5,652			1,937/4,224/672		

1) 전용 좌·우회전에도 사용 3) 직·좌·우회전 통합 차로군 때는 아래 공식을 사용

$$2) \text{회전교통량비 } f_{LT} \times f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1) + P_{RT}(E_R - 1)}$$

(1) 실질적 회전 차로군: P_L, P_R

(2) 공용 회전 차로군 및 통합 차로군: P_{LT}, P_{RT}

(3) 3지 교차로는 (식 8-33, 35, 36, 37)을 사용하여 바로 f_{Th}, f_{LT}, f_{RT} 계산

용 량 계 산

차로군 및 접근로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
차로군 교통량, V_i (vph)	689 / 206			785			158 / 1,488			253/724/183		
차로군 교통량비,(V/S)= y_i	0.226 / 0.258			0.188			0.154 / 0.263			0.131/0.171/0.272		
현시의 임계 차로군(v)	v						v			v		
임계차로군의 V/S 합	0.684											
차로군 녹색시간비, $(g/C)_i$	0.373			0.373			0.164 / 0.381			0.164 / 0.381		
차로군 용량, $C_i = S_i(g/C)_i$	1,136 / 298			1555			168 / 2,153			318/1,609/256		
차로군 포화도, $(V/C)_i = X_i$	0.61 / 0.69			0.50			0.94 / 0.69			0.80/0.45/0.71		
손실시간, 임계 V/c 비	3*3.3 = 9.9 초											
적정주기(설계분석시)	0.746											

지체 계산 및 서비스수준 판정												
차로군 분석												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량 대수, Q _b (대)	40 / 0			0			0			0		
추가지체 유형 판단 ¹⁾	CASE I / -			-			-			-		
균일지체: $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} \quad (Q_b=0 \text{ 때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-y)} \text{ (유형 I 때)}$ $= \frac{R}{2} \text{ (유형 II, III 때)}$	32.8 / 31.8			30.0			49.6 / 31.2			48.3/27.7/31.5		
증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$	2.4 / 12.4			1.2			55.2 / 1.8			18.7/0.9/15.4		
추가지체 ²⁾ , d ₃ (식 8-51, 52, 53)	22.7 / 0			0			0			0		
순행시간 T _c = 링크길이/순행속도 (초)	28.8			21.6			30			24		
(적정)오프셋 (초)	10			18			30			25		
오프셋 편익율 TVO = (T _c - offset)/C	0.16			0.03			0			0		
연동계수, PF(표 8-17)	0.56			0.67			1.0 / 0.72			1.0 / 0.72		
평균 제어지체 (초/대) d _i = d _i (PF) + d ₂ + d ₃	43.5 / 30.2			21.3			104.8 / 24.3			67.0/20.8/38.1		
차로군 서비스수준(표 8-2)	C / C			B			F / B			D / B / C		
1) Q _b > 0 때 다음 식을 이용해서 판단 유형 I : 0 < Q _b < (1-X)cT 유형 II : 0 < (1-X)cT < Q _b 유형 III : (1-X)cT < 0 < Q _b												
2) Q _b > 0 때만 사용 : d ₃ $= \frac{1,800Q_b^2}{cT(c-V)} \text{ (유형 I 때)}$ $= \frac{3,600Q_b}{c} - 1,800T(1-X) \text{ (유형 II 때)}$ $= \frac{3,600Q_b}{c} \text{ (유형 III 때)}$												
접근로 분석												
접근로 지체, $d_A = \frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$	40.4			21.3			32.0			33.6		
접근로 서비스수준(표 8-2)	C			B			C			C		
교차로 분석												
접근로 교통량, V _A = ∑ V _i (vph)	895			784			1,646			1,160		
교차로 지체, $d_i = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$	32.2											
교차로 서비스수준(표 8-2)	C											

〈예제 2〉

네갈레 교차로에서의 교통운영상황을 분석하고자 한다. 모든 도로조건, 교통조건 및 교통운영조건은 다음의 입력자료에 나타나 있다. 이 교차로는 동서도로의 각 접근로가 전용 좌회전 차로 2개를 가지며, 양방보호 신호로 운영되며(CASE 2), 우회전 차로에는 우회전 도류화 교통섬이 설치되어 있다. 남북도로의 접근로는 좌회전 가능한 차로수가 2개이며 동시신호로 운영된다(CASE 5). U턴은 서향(WB) 접근로와 남향(SB) 접근로에서 허용된다. 서향(WB) 접근로는 초기 대기차량이 있으며 분석기간 동안 계속 증가한다. 북향(NB) 접근로는 초기 대기차량이 있으며 분석기간 동안 다 해소되지는 않으나 처음보다는 줄어든 대기차량수이다. 이 교차로의 모든 차로군의 용량과 V/c 비 및 서비스수준을 구하라. 또 모든 접근로 및 교차로 전체의 서비스수준을 구하고, 교차로 전체의 임계 V/c 비를 구하라.

〈풀 이〉

이 예제는 2개의 전용 좌회전 차로를 갖는(CASE 2) 두 접근로와 2개의 공용 좌회전 차로를 갖는(CASE 5) 두 접근로의 대형 교차로에 관한 분석이다. 모든 분석과정은 적용과정 또는 예제 1에서 설명한 바와 같아 생략한다.

이 교차로도 신호시간에 문제가 있음을 알 수 있다. 즉, 각 현시의 임계차로군의 포화도가 1.1, 0.94, 0.86, 0.92이며 임계 V/c 비는 0.94로서 서로간에 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 또 동서도로 접근로의 좌회전의 포화도가 1.0 이상임에도 불구하고 임계 V/c 비는 1.0보다 적다. 따라서 신호시간 계획을 다시 해야 할 필요가 있으며, 경우에 따라서는 주기를 증가시키는 것도 검토해야 한다.

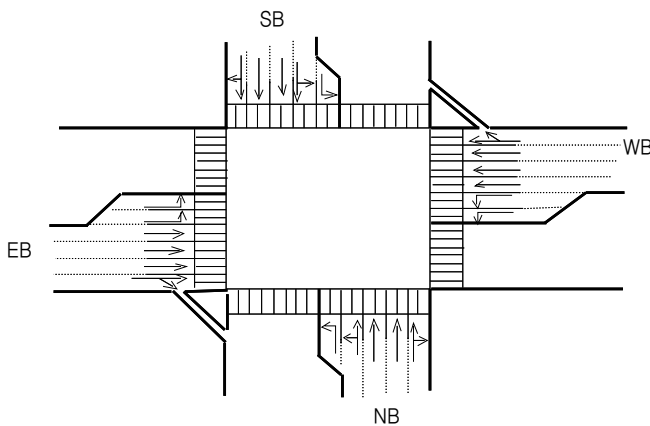
입력 자료

교차로명: “가”도로 × “나”도로

조사시간: 2001.5.15, 17:30 ~ 45

지점특성: 백화점 앞

조 사 자: 장삼오, 이사육



기타

분석기간 : 0.25 시간

PHF : 0.95

중차량 혼입율(P) : 5 %

버스베이 : 동·서 접근로만
있음

교통 및 신호

접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	490	1,700	200	441	1,600	1186	160	1,200	350	400	1,300	200
U턴 교통량(vph)	0			80			0			60		
진입교통량, V_{en} (vph)	0			0			30			20		
진출교통량, V_{ex} (vph)	0			0			40			50		
버스정차대수, V_b (vph)	60			60			18			18		
주차여부(O, X)	X			X			X			X		
주차활동대수, V_{park} (vph)	-			-			-			-		
횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)	300			400			250			200		
보행신호시간 ¹⁾ , G_p (초)	37			37			27			27		
상류 링크길이(m)	600			600			500			500		
순행속도(kph)	70			70			60			60		
경사/ w / l / R_L ²⁾	0/3.4/60/18			0/3.4/60/18			0/3.3/60/20			0/3.3/60/20		

1) 우회전을 방해하는 교차도로의 횡단을 말함

2) w=평균차로폭(m), l=버스정거장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)

신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 120초)

현 시							좌회전 형태 EB, WB : 양방보호 (CASE 2) NB, SB : 동시신호 (CASE 5)
신호시간	G = 17 Y = 3	G = 37 Y = 3	G = 27 Y = 3	G = 27 Y = 3	G = Y =	G = Y =	

교통량 보정 및 차로군 분류

교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_H(vph)$	490	1,700	200	441	1,600	1,186	160	1,200	350	400	1,300	200
차로이용률계수<표 8-5>	1.02 / 1.10			1.02 / 1.10			1.02			1.02		
RTOR보정<표 8-6>	0.4			0.4			0.5			0.5		
보정 교통량, $V(vph)$	526	1,968	84	474	1,853	484	168	1,288	184	421	1,396	105
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, $N^1)$	4			4			5			5		
보정 대향직진교통량 ²⁾ , $V_o(vph)$	-			-			-			-		
비보호간격수락률 ²⁾ , $P<표 8-8>$	-			-			-			-		
좌회전직진환산계수, $E<표 8-7>$	1.05			1.05			1.02			1.02		
좌회전곡선반경 영향, $E_p<표 8-9>$	1.06			1.06			1.05			1.05		
U턴 영향, $E_u<표 8-10, 11>$	1.0			1.24			1.0			1.21		
$E_L = E_i \times E_p \times E_u$	1.11			1.38			1.07			1.30		
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	0			0			83			88		
버스정차의 영향, $T_b<표 8-12>$ (초)	1.4			1.4			22.8			22.8		
버스정류장위치, $l_b=(75-l)/75$	0.2			0.2			0.2			0.2		
버스영향, $L_{bb}=T_b \times l_b \times V_b$ (초)	17			17			82			82		
주차영향, $L_p=360+18V_{park}$ (초)	0			0			0			0		
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw}+L_{bb}+L_p) \times g/C$ (초)	5			5			50			51		
우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p<표 8-13>$	0			0			8.1			8.1		
우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R	1.20			1.17			1.91			2.11		
V_{LF} (식 8-13, 14)	-			-			115			50		
V_{RF} (식 8-15, 16)	176			29			53			100		
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)	-			-			548			319		
V_{STR} (식 8-19,20)	416			39			12			211		
차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT

1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수

2) 비보호좌회전에서만 적용

3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략

$$4) E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{th}}{C N_T V_R} \right] \quad (\text{우회전 교통섬이 없는 공용우회전})$$

$$E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R} \quad (\text{우회전 교통섬이 있는 공용우회전})$$

5) 세갈래 교차로에서 직진과 직좌 공용차로가 있는 접근로에만 사용

6) 차로군 분류기준

(1) 전용 좌회전차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군

(2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진,좌,우회전 모두 하나의 통합 차로군(3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군(4) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군

포 화 교 통 량 계 산															
접 근 로		EB			WB			NB			SB				
차 로 군		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT		
이동류 교통량, V		526	1,968	84	474	1,853	484	168	1,288	184	421	1,396	105		
회전 직진환산계수, E _L , E _R		1.11 / 1.20			1.38 / 1.17			1.07 / 1.91			1.30 / 2.11				
차로군 별 교통량 V _i (vph)	공용 LT: V _{Th} -V _{RF} +V _L							1,403							
	공용 RT: V _{Th} -V _{LF} +V _R	2,052			2,337										
	실질 LT ¹⁾ : V _{LF} +V _L	526			474										
	실질 RT ¹⁾ : V _{RF} +V _R							237							
	실질 TH: V _{Th} -V _{LF} -V _{RF}														
통합 차로군: V _{Th} +V _L +V _R											1,922				
회전교통량비 ²⁾ P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$			1.0 / 0.04			1.0 / 0.21			0.12 / 0.78			0.22 / 0.05	
회전보정계수 ³⁾ f _{LT} , f _{RT}		$\frac{1}{1 + P(E - 1)}$			0.90 / 0.992			0.725 / 0.966			0.992 / 0.585			0.892	
차로폭 보정계수, f _w <표 8-15>		1.0			1.0			1.0			1.0				
경사 보정계수, f _g <표 8-16>		1.0			1.0			1.0			1.0				
중차량 보정계수, f _{HV} (식 8-39)		0.96			0.96			0.96			0.96				
포화교통량: S _i =2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}		3,802 / 8,380			3,062 / 8,161			8,380 / 1,236			9,420				
1) 전용 좌·우회전에도 사용															

지체 계산 및 서비스수준 판정												
차로군 분석												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량대수, Q _b (대)	0			8 / 0			0 / 12			0		
추가지체 유형 판단 ¹⁾	-			유형 III / -			- / 유형 II			-		
균일지체: $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} \quad (Q_b=0 \text{ 때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-y)} \quad (\text{유형 I 때})$ $= \frac{R}{2} \quad (\text{유형 II, III 때})$	51.7 / 38.3			51.5 / 40.6			43.5 / 46.5			45.6		
증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$	39.2 / 2.7			73.5 / 8.6			2.8 / 27.8			8.1		
추가지체 ²⁾ , d ₃ (식 8-51, 52, 53)	0			67.6 / 0			0 / 93.5			0		
순행시간 T _c = 링크길이/순행속도 (초)	30.9			30.9			30			30		
(적정)오프셋 (초)	30			30			30			30		
오프셋 편의율 TVO = (T _c - offset)/C	0			0			0			0		
연동계수, PF(표 8-17)	1.0 / 0.76			1.0 / 0.76			0.84			0.84		
평균 제어지체 (초/대) d _i = d _i (PF) + d ₂ + d ₃	90.9 / 31.8			192.6 / 39.5			39.3 / 160.4			46.4		
차로군 서비스수준(표 8-2)	E / C			F / C			C / F			C		
1) Q _b > 0 때 다음 식을 이용해서 판단 유형 I : 0 < Q _b < (1-X)cT 유형 II : 0 < (1-X)cT < Q _b 유형 III : (1-X)cT < 0 < Q _b												
2) Q _b > 0 때만 사용 : d ₃ $= \frac{1,800Q_b^2}{cT(c-V)} \quad (\text{유형 I 때})$ $= \frac{3,600Q_b}{c} - 1,800T(1-X) \quad (\text{유형 II 때})$ $= \frac{3,600Q_b}{c} \quad (\text{유형 III 때})$												
접근로 분석												
접근로 지체, $d_A = \frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$	43.9			65.3			56.8			46.4		
접근로 서비스 수준(표 8-2)	C			D			D			C		
교차로 분석												
접근로 교통량, V _A = ∑V _i (vph)	2,578			2,811			1,640			1,922		
교차로 지체, $d_i = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$	53.5											
교차로 서비스수준(표 8-2)	D											

〈예제 3〉

네갈래 교차로에서의 교통운영상황을 분석하고자 한다. 모든 도로조건, 교통조건 및 교통운영조건은 다음의 입력자료에 나타나 있다. 이 교차로의 동서도로는 전용 좌회전 차로를 가진 비보호 좌회전으로 운영되며 (CASE 3) 남북도로의 접근로는 공용 좌회전 차로 1개이며 동시신호로 운영된다(CASE 4). 모든 접근로의 우회전 도류화는 없으며, U턴은 북향(NB) 접근로에서만 허용된다. 모든 접근로에서 초기 대기차량은 없다.

이 교차로의 모든 차로군의 용량과 V/c 비 및 서비스수준을 구하라. 또 모든 접근로 및 교차로 전체의 서비스수준을 구하고, 교차로 전체의 임계 V/c 비를 구하라.

〈풀 이〉

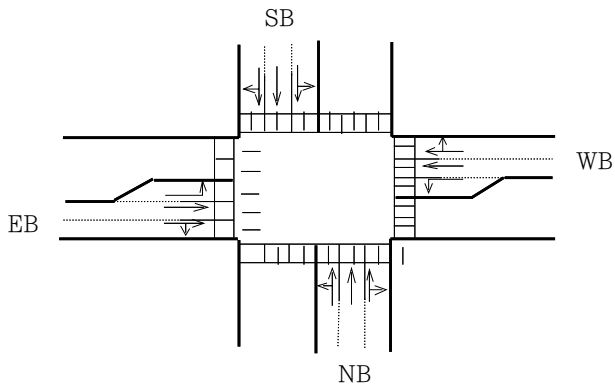
이 예제는 전용 좌회전 차로에서 비보호좌회전을 하는(CASE 3) 두 접근로와, 1개의 공용차로를 갖는(CASE 4) 두 접근로의 교차로에 대한 분석이다. 모든 분석과정은 적용과정 또는 예제 1에서 설명한 바와 같아 생략한다.

이 교차로는 신호시간이 적정화되지 않았음을 분석표의 용량계산에서 알 수 있다. 즉 각 현시의 임계차로군의 포화도가 0.78, 0.69, 0.71이며 임계 V/c 비는 0.725로서 서로간에 많은 차이가 있으나 비교적 혼잡이 적은 교차로임을 알 수 있다.

입력 자료

교차로명: “다”도로 × “라”도로
지점특성: 시장앞

조사시간: 2001.6.18. 16:00 ~ 15
조 사 자: 장삼오, 이사육



기 타

분석기간 : 0.25 시간
PHF : 0.95
중차량 혼입율(P) : 5 %
버스베이 : 모든 접근로 다 있음

교통 및 신호

접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	50	570	180	60	618	190	200	400	80	50	600	100
U턴 교통량(vph)	0			0			60			0		
진입교통량, V_{en} (vph)	5			5			7			10		
진출교통량, V_{ex} (vph)	8			12			8			0		
버스정차대수, V_b (vph)	10			12			10			12		
주차여부(O, X)	X			X			X			X		
주차활동대수, V_{park} (vph)	-			-			-			-		
횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)	600			600			600			600		
보행신호시간 ¹⁾ , G_p (초)	27			27			27			27		
상류 링크길이(m)	400			400			500			500		
순행속도(kph)	60			60			60			60		
경사/ w / l / R_L ²⁾	0/3.5/30/10			0/3.5/30/10			4/3.3/45/12			4/3.3/45/12		

1) 우회전을 방해하는 교차도로의 횡단을 말함

2) w=평균차로폭(m), l=버스정거장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)

신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 100초)

현시							좌회전 형태 EB, WB : 비보호 (CASE 3) NB, SB : 동시신호 (CASE 4)
신호시간	G = 31 Y = 3	G = 30 Y = 3	G = 30 Y = 3	G = Y =	G = Y =	G = Y =	

교통량 보정 및 차로군 분류												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	50	570	180	60	618	190	200	400	80	50	600	100
차로이용률계수<표 8-5>	1.0			1.0			1.0			1.0		
RTOR보정<표 8-6>	0.5			0.5			0.5			0.5		
보정 교통량, V (vph)	53	600	95	63	650	100	210	421	42	53	632	53
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, $N^{1)}$	2			2			3			3		
보정 대향직진교통량 ²⁾ , V_o (vph)	650			600			-			-		
비보호간격수락률 ²⁾ , P (표 8-8)	1.25			1.39			-			-		
좌회전직진환산계수, E_l (표 8-7)	7.69			6.46			1.0			1.0		
좌회전곡선반경영향, E_p (표 8-9)	1.13			1.13			1.11			1.11		
U턴 영향, E_u (표 8-10, 11)	1.0			1.0			1.47			1.0		
$E_L = E_l \times E_p \times E_u$	8.69			7.3			1.63			1.11		
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	15.7			21.3			18			6		
버스정차의 영향, T_b (표 8-12)(초)	1.4			1.4			1.4			1.4		
버스정류장위치, $l_b = (75-l)/75$	0.6			0.6			0.4			0.4		
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)	8.4			10.1			5.6			6.7		
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}$ (초)	0			0			0			0		
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times g/C$ (초)	7			9			7			4		
우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ (표 8-13)	16.2			16.2			16.2			16.2		
우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R	3.77			3.62			6.91			5.25		
V_{LF} (식 8-13, 14)	-			-			24			143		
V_{RF} (식 8-15, 16)	114			117			120			143		
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)	-			-			9			264		
V_{STR} (식 8-19, 20)	121			144			61			45		
차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수 2) 비보호좌회전에서만 적용 3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략 $E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_m}{C N_T V_R} \right] \quad (\text{우회전 교통섬이 없는 공용우회전})$ $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R} \quad (\text{우회전 교통섬이 있는 공용우회전})$ 5) 세갈래 교차로에서 직진과 좌회전 공용차로가 있는 접근로에만 사용 6) 차로군 분류기준 (1) 전용 좌회전차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군 (2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진, 좌, 우회전 모두 하나의 통합 차로군 (3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군 (4) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군												

포 화 교 통 량 계 산

접 근 로		EB			WB			NB			SB		
차 로 군		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
이동류 교통량, V		50	600	95	63	650	100	210	421	42	53	632	53
회전 직진환산계수, E_L, E_R		8.69	3.77		7.3	3.62		1.63	6.91		1.11	5.25	
차로군 별 교통량 V_i (vph)	공용 LT: $V_{Th}-V_{RF}+V_L$										542		
	공용 RT: $V_{Th}-V_{LF}+V_R$	695			750								
	실질 LT: $V_{LF}+V_L$	53			63			234					
	실질 RT: $V_{RF}+V_R$							162			196		
	실질 TH: $V_{Th}-V_{LF}-V_{RF}$							277					
통합 차로군: $V_{Th}+V_L+V_R$													
회전교통량비 ¹⁾ P_L, P_{LT}, P_R, P_{RT}	$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$	1.0 / 0.14			1.0 / 0.13			0.90 / 0.26			0.1 / 0.27		
회전보정계수 ²⁾ f_{LT}, f_{RT}	$\frac{1}{1 + P(E-1)}$	0.115/0.721			0.137/0.746			0.638/0.394			0.989/0.466		
차로폭 보정계수, f_w <표 8-15>		1.0			1.0			1.0			1.0		
경사 보정계수, f_g <표 8-16>		1.0			1.0			1.0			1.0		
중차량 보정계수, f_{HV} (식 8-39)		0.96			0.96			0.96			0.96		
포화교통량: $S=2200N_i \times f_{LT}(\text{또는 } f_{RT}) \times f_w \times f_g \times f_{HV}$		243/3,046			289/3,151			1,347/2,112/791			3,969/935		

1) 전용 좌·우회전에도 사용 3) 직·좌·우회전 통합 차로군 때는 아래 공식을 사용

$$2) \text{회전교통량비 } f_{LT} \times f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1) + P_{RT}(E_R - 1)}$$

(1) 실질적 회전 차로군: P_L, P_R

(2) 공용 회전 차로군 및 통합 차로군: P_{LT}, P_{RT}

(3) 3지 교차로는 (식 8-33, 35, 36, 37)을 사용하여 바로 f_{Th}, f_{LT}, f_{RT} 계산

용 량 계 산

차로군 및 접근로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
차로군 교통량, V_i (vph)	53 / 695			63 / 750			234/ 277/ 162			542/ 196		
차로군 교통량비, $(V/S)_i = y_i$	0.218 / 0.228			0.218 / 0.238			0.174/0.13/0.205			0.137 / 0.21		
현시의 임계 차로군(v)				v			v			v		
임계차로군의 V/S 합	0.653											
차로군 녹색시간비, $(g/C)_i$	0.307			0.307			0.297			0.297		
차로군 용량, $C_i = S(g/C)_i$	75 / 935			89 / 967			400/627/235			1,179 / 278		
차로군 포화도, $(V/c)_i = X_i$	0.71 / 0.74			0.71 / 0.78			0.59/0.44/0.69			0.46 / 0.71		
손실시간, 임계 V/c 비	$3 \times (3 + 0.3) = 9.9$ 초											
적정주기(설계분석시)	0.725											

지체 계산 및 서비스수준 판정												
차로군 분석												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량 대수, Q _b (대)	0			0			0			0		
추가지체 유형 판단 ¹⁾	-			-			-			-		
균일지체: $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} \quad (Q_b = 0 \text{ 때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-y)} \text{ (유형 I 때)}$ $= \frac{R}{2} \text{ (유형 II, III 때)}$	30.7 / 31.1			30.7 / 31.6			30/28.4/31.1			28.6 / 31.3		
증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$	44.0 / 5.2			38.3 / 6.2			6.3/2.2/15.4			1.3 / 14.3		
추가지체 ²⁾ , d ₃ (식 8-51, 52, 53)	0			0			0			0		
순행시간 T _c = 링크길이/순행속도 (초)	24			24			30			30		
(적정)오프셋 (초)	20			30			30			30		
오프셋 편의율 TVO = (T _c - offset)/C	0.04			0.94			0			0		
연동계수, PF(표 8-17)	0.67			1.04			0.76			0.76		
평균 제어지체 (초/대) d _i = d _i (PF) + d ₂ + d ₃	64.6 / 26.0			70.2 / 39.1			29.1/23.8/39.0			23.0 / 38.1		
차로군 서비스수준(표 8-2)	D / B			E / C			B / B / C			B / C		
1) Q _b > 0 때 다음 식을 이용해서 판단 유형 I : 0 < Q _b < (1-X)cT 유형 II : 0 < (1-X)cT < Q _b 유형 III : (1-X)cT < 0 < Q _b												
2) Q _b > 0 때만 사용 : d ₃ $= \frac{1,800 Q_b^2}{cT(c-V)} \text{ (유형 I 때)}$ $= \frac{3,600 Q_b}{c} - 1,800 T(1-X) \text{ (유형 II 때)}$ $= \frac{3,600 Q_b}{c} \text{ (유형 III 때)}$												
접근로 분석												
접근로 지체, $d_A = \frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$	28.7			41.5			26.4			27.0		
접근로 서비스수준(표 8-2)	B			C			B			B		
교차로 분석												
접근로 교통량, V _A = ∑ V _i (vph)	748			813			673			738		
교차로 지체, $d_i = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$	31.3											
교차로 서비스수준(표 8-2)	C											

〈예제 4〉

남향(SB) 접근로가 없는 T형 교차로이다. 동향(EB) 접근로는 직진신호만 있으며, 이 때 오른쪽 1개 차로는 직진과 우회전 공용이며 도류화가 되어 있지 않다. 서향(WB) 접근로는 공용 좌회전 차로 1개가 있으며 직·좌 동시신호(CASE 4)로 운영된다. 북향(NB) 접근로는 좌·우회전 각각 2개 차로씩 할당되며 좌·우 동시신호로 운영된다.

이 교차로의 모든 차로군의 용량과 V/c 비 및 서비스수준을 구하라. 또 모든 접근로 및 교차로 전체의 서비스 수준을 구하고, 교차로 전체의 임계 V/c 비를 구하라.

〈풀 이〉

이 예제는 전형적인 세갈래 교차로로서 우측차로의 노변마찰이 매우 큰 것이 특징이다. 동향(EB) 접근로는 네갈래 교차로에서 전용 좌회전 차로를 제외한 나머지 차로를 분석할 때와 같은 방법으로 분석을 하면 된다.

서향(WB) 접근로는 우회전이 없으므로 직진의 우측 차로가 노변마찰을 받는다. 좌회전은 직진과 공용이므로 실질적 전용 좌회전 여부를 판별하기 위해서는 (식 8-34)를 이용하여 V_{STL} 을 구하고 (식 8-13)을 이용해서 구한 V_{LP} 와 비교한다.

북향(NB) 접근로는 우측 노변마찰이 우회전 차로군의 우측 1개 차로에서 발생하며 이 접근로의 차로군 수는 2개이다.

각 현시의 임계차로군의 V/c 비가 0.83, 0.82, 0.82로서 녹색시간이 적절하게 할당되어 있으며, 임계 V/c 비의 값이 0.82로서 임계차로군들의 V/c 비와 거의 같은 것으로 볼 때 녹색신호가 적절히 할당되었다고 할 수 있다.

입력 자료												
교차로명: “가”도로 × “나” 도로						조사시간: 2001. 10.24 15:00 ~ 15						
지점특성: 상업지역						조 사 자: 장삼오, 이사육						
기 타 분석기간 : 0.25 시간 PHF : 0.95 중차량 혼입율(P) : 5 % 버스베이 : 모두 없음												
교통 및 신호												
접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_H(vph)$	-	1,100	90	68	1,200	-	900	-	830			
U턴 교통량(vph)	0			0			0					
진입교통량, $V_{en}(vph)$	17			14			11					
진출교통량, $V_{ex}(vph)$	13			10			8					
버스정차대수, $V_b(vph)$	10			15			12					
주차여부(o, x)	o			o			o					
주차활동대수, $V_{park}(vph)$	8			6			4					
횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)	600			700			650					
보행신호시간 ¹⁾ , $G_p(초)$	28			28			28					
상류 링크길이(m)	400			400			300					
순행속도(kph)	60			60			60					
경사/ w / l / $R_L^{(2)}$	0/3.3/30/-			0/3.3/20/15			0/3.5/25/18					
1) 우회전을 방해하는 교차도로의 횡단을 말함 2) w=평균차로폭(m), l=버스정거장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)												
신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 100초)												
현 시												
신호시간	G = 30 Y = 3	G = 31 Y = 3	G = 30 Y = 3	G = Y =	G = Y =	G = Y =	좌회전 형태 EB: 좌회전 없음 WB: 직좌 동시 (CASE 4) NB: 좌우 동시					

교통량 보정 및 차로군 분류												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_H(vph)$	-	1,100	90	68	1,200	-	900	-	830			
차로이용률계수<표 8-5>		1.02			1.02			1.02				
RTOR보정<표 8-6>		0.5			-			0.5				
보정 교통량, $V(vph)$	-	1,181	47	72	1,288	-	966	-	446			
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, $N^{1)}$	3			3			4					
보정 대향직진교통량 ²⁾ , $V_o(vph)$	-			-			-					
비보호간격수락률 ²⁾ , P <표 8-8>	-			-			-					
좌회전직진환산계수, E_L <표 8-7>	-			1.0			1.05					
좌회전곡선반경영향, E_p <표 8-9>	-			1.09			1.06					
U턴 영향, E_u <표 8-10, 11>	-			-			-					
$E_L = E_L \times E_p \times E_u$	-			1.09			1.11					
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	34			27			21					
버스정차의 영향, T_b <표 8-12>(초)	15.3			15.3			15.3					
버스정류장위치, $l_b = (75 - l)/75$	0.6			0.73			0.67					
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)	92			168			123					
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}$ (초)	504			468			432					
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times g/C$ (초)	189			199			173					
우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ <표 8-13>	16.8			16.8			16.8					
우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R	5.09			-			-					
V_{LF} (식 8-13, 14)	-			215			-					
V_{RF} (식 8-15, 16)	302			-			-					
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)	-			418			-					
V_{STR} (식 8-19, 20)	234			-			-					
차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수 2) 비보호좌회전에서만 적용 3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략 4) $E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_m}{CN_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전) $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전) 5) 세갈래 교차로에서 직진과 직좌 공용차로가 있는 접근로에만 사용 6) 차로군 분류기준 (1) 전용 좌회전차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군 (2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진,좌,우회전 모두 하나의 통합 차로군 (3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군 (4) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군												

Korea Highway Capacity Manual 2013 **345**

지체 계산 및 서비스수준 판정												
차로군 분석												
접 근 로 차로군 분류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량 대수, Q _b (대)	0			0			0					
추가지체 유형 판단 ¹⁾	-			-			-					
균일지체: $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} (Q_b=0 \text{ 때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-y)} (\text{유형 I 때})$ $= \frac{R}{2} (\text{유형 II, III 때})$	30.3 / 32.2			33.4			33.0 / 27.3					
증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$	2.9 / 17			4.7			6.5 / 1.1					
추가지체 ²⁾ , d ₃ (식 8-51,52,53)	-			-			-					
순행시간 T _c = 링크길이/순행속도 (초)	24			24			18					
(적정)오프셋 (초)	20			15			30					
오프셋 편익율 TVO = (T _c - offset)/C	0.04			0.09			0.88					
연동계수, PF(표 8-17)	0.67			0.56			1.16					
평균 제어지체 (초/대) d _i = d _i (PF) + d ₂ + d ₃	23.2 / 38.6			23.4			42.8 / 32.8					
차로군 서비스수준 <표 8-2>	B / C			B			C / C					
1) Q _b > 0 때 다음 식을 이용해서 판단 유형 I : 0 < Q _b < (1-X)cT 유형 II : 0 < (1-X)cT < Q _b 유형 III : (1-X)cT < 0 < Q _b												
2) Q _b > 0 때만 사용 : d ₃ $= \frac{1,800Q_b^2}{cT(c-V)} (\text{유형 I 때})$ $= \frac{3,600Q_b}{c} - 1,800T(1-X) (\text{유형 II 때})$ $= \frac{3,600Q_b}{c} (\text{유형 III 때})$												
접근로 분석												
접근로 지체, d _A = $\frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$	25.8			23.4			39.6					
접근로 서비스수준<표 8-2>	B			B			C					
교차로 분석												
접근로 교통량, V _A = $\sum V_i$ (vph)	1,228			1,360			1,412					
교차로 지체, d _i = $\frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$	29.9											
교차로 서비스수준<표 8-2>	B											

〈예제 5〉

교차로 조건과 교통량 조건이 다음의 분석표에 나타난 것과 같을 때, 이 교차로의 전반적인 서비스수준을 가장 좋게 하는 최적 신호시간을 구하라. 이 예제는 앞의 설계분석과정을 설명 할 때 예로 든 문제와 같은 문제를 모든 접근로에 대해서 분석한 것이다. 이 교차로는 예제 2번에서 주어진 교차로 조건 및 교통량 조건과 유사하며 초기 대기차량은 없다고 가정한 것이다.

〈풀 이〉

이 문제는 교통량 및 교차로 조건이 주어지고 최소 지체값을 나타내는 신호시간 을 찾는 것이다. 다시 말하면 최적 신호시간을 구하는 문제이므로 설계 서비스 수준은 의미가 없다.

신호 최적화 과정은 반복적인 운영분석 과정을 거쳐야하므로 번거로울 수도 있다. 예를 들어 초기에 가정한 주기를 사용하여 구한 1차 최적 주기가 170초이고, 이를 이용하여 다시 2차 최적주기를 구하면 또 다른 주기를 나타내는 경우는 반복계산이 불가피하다. 그러나 대부분의 경우 2~3회의 계산에서 일정한 주기값에 수렴된다.

본 예제에서의 최적주기는 서향(WB) 접근로의 횡단보도를 횡단하는 데 필요한 최소 녹색시간의 제약으로 인해서 주기가 150초 보다 적을 수는 없다.

최적 상태란 운영분석의 마지막 단계인 교차로 전체의 평균제어지체를 기준으로한 서비스수준으로 판단하기 때문에, 적정주기를 계산한 후 매 단계마다 지체를 계산하여 최적여부를 판단해야 한다. 왜냐 하면, 앞에서도 언급한 바와 같이 Webster 공식에 의한 적정주기란 Webster의 지체모형식에 의한 지체를 최소화 하는 주기인 반면, 서비스수준을 판정하기 위해서 본 편람에서 사용하는 지체공식은 Webster의 지체공식과 다르기 때문이다.

본 예제는 8-3-2절의 설계분석의 분석과정에서 예로 든 문제를 모든 접근로에 대해서 풀이한 것이다.

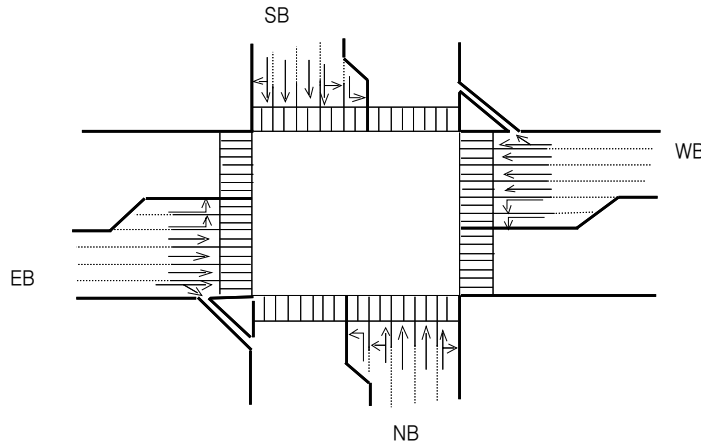
입력 자료

교차로명: "가"도로 × "나"도로

조사시간: 2001.5.15, 17:30 ~ 45

지점특성: 백화점 앞

조 사 자: 장삼오, 이사육



기 타

분석기간 : 0.25 시간

PHF : 0.95

중차량 혼입율(P) : 5 %

버스베이 : 동·서 접근로
만 있음

교통 및 신호

접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	490	1,700	200	441	1,600	1,186	160	1,200	350	400	1,300	200
U턴 교통량(vph)	0			80			0			60		
진입교통량, V_{en} (vph)	0			0			30			20		
진출교통량, V_{ex} (vph)	0			0			40			50		
버스정차대수, V_b (vph)	60			60			30			30		
주차여부(O, X)	X			X			X			X		
주차활동대수, V_{park} (vph)	-			-			-			-		
횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)	300			400			250			200		
보행신호시간 ¹⁾ , G_p (초)	-			-			32			32		
상류 링크길이(m)	600			600			500			500		
순행속도(kph)	70			70			60			60		
경사/ w / l / R_L ²⁾	0/3.4/60/18			0/3.4/60/18			0/3.3/60/20			0/3.3/60/20		

1) 우회전을 방해하는 교차도로의 횡단을 말함

2) w=평균차로폭(m), l=버스정거장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)

신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 130 초 가정)

현 시							좌회전 형태
신호시간	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	동서도로 : 양방보호 남북도로 : 직좌동시

교통량 보정 및 차로군 분류 C = 130 초												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	490	1,700	200	441	1,600	1,186	160	1,200	350	400	1,300	200
차로이용률계수<표 8-5>	1.02 / 1.10			1.02 / 1.10			1.02			1.02		
RTOR보정<표 9-6>	0.4			0.4			0.5			0.5		
보정 교통량, V (vph)	526	1,968	84	474	1,853	484	168	1,288	184	421	1,396	105
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, N^1	4			4			5			5		
보정 대향직진교통량 ²⁾ , V_o (vph)	-			-			-			-		
비보호간격수락률 ²⁾ , P <표 9-8>	-			-			-			-		
좌회전직진환산계수, E_l <표 9-7>	1.05			1.05			1.02			1.02		
좌회전곡선반경 영향, E_p <표 9-9>	1.06			1.06			1.05			1.05		
U턴 영향, E_u <표 9-10, 11>	1.0			1.24			1.0			1.21		
$E_L = E_l \times E_p \times E_u$	1.11			1.38			1.07			1.30		
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	0			0			83			88		
버스정차의 영향, T_b <표 9-12>(초)	1.4			1.4			22.8			22.8		
버스정류장위치, $l_b = (75-l)/75$	0.2			0.2			0.2			0.2		
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)	17			17			137			137		
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}$ (초)	0			0			0			0		
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times 0.3$ (초)	5			5			66			68		
우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ <표 9-13>	-			-			10			10		
우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R	1.20			1.17			2.04			2.29		
V_{LF} (식 9-13, 14)	-			-			106			46		
V_{RF} (식 9-15, 16)	162			27			48			92		
V_{STL} (식 9-17, 18, 34 ⁵⁾)	-			-			557			326		
V_{STR} (식 9-19, 20)	416			39			-7			196		
차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수												

포 화 교 통 량 계 산 C = 130 초														
접 근 로			EB			WB			NB			SB		
차 로 군			LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
이동류 교통량, V			526	1,968	84	474	1,853	484	168	1,288	184	421	1,396	105
회전 직진환산계수, E _L , E _R			1.11 / 1.20			1.38 / 1.17			1.07 / 2.04			1.30 / 2.29		
차로군 별 교통량 V _i (vph)	공용LT: V _{Th} -V _{Rf} +V _L								1,408					
	공용RT: V _{Th} -V _{Lf} +V _R		2,052			2,337								
	실질LT ¹⁾ : V _{Lf} +V _L		526			474								
	실질RT ¹⁾ : V _{Rf} +V _R								232					
	실질TH: V _{Th} -V _{Lf} -V _{Rf}													
통합 차로군: VTh+VL+VR												1,922		
회전교통량비 ²⁾ P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$	1.0 / 0.04			1.0 / 0.21			0.12 / 0.79			0.22 0.05		
회전보정계수 ³⁾ f _{LT} , f _{RT}		$\frac{1}{1 + P(E-1)}$	0.90 / 0.992			0.725 / 0.966			0.992 / 0.549			0.885		
차로폭 보정계수, f _w <표 8-15>			1.0			1.0			1.0			1.0		
경사 보정계수, f _g <표 8-16>			1.0			1.0			1.0			1.0		
중차량 보정계수, f _{HV} (식 8-39)			0.96			0.96			0.96			0.96		
포화교통량: S _i =2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}			3,802 / 8,380			3,062 / 8,161			8,380 / 1,159			9,346		
1) 전용 좌·우회전에도 사용														

교통량 보정 및 차로군 분류 C = 170 초												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	490	1,700	200	441	1,600	1,186	160	1,200	350	400	1,300	200
차로이용률계수<표 8-5>	1.02 / 1.10			1.02 / 1.10			1.02			1.02		
RTOR보정<표 8-6>	0.4			0.4			0.5			0.5		
보정 교통량, V (vph)	526	1,968	84	474	1,853	484	168	1,288	184	421	1,396	105
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, N^1	4			4			5			5		
보정 대향직진교통량 ² , V_o (vph)	-			-			-			-		
비보호간격수 ² , P <표 8-8>	-			-			-			-		
좌회전직진환산계수, E_l <표 8-7>	1.05			1.05			1.02			1.02		
좌회전곡선반경 영향, E_p <표 8-9>	1.06			1.06			1.05			1.05		
U턴 영향, E_u <표 8-10, 11>	1.0			1.24			1.0			1.21		
$E_L = E_l \times E_p \times E_u$	1.11			1.38			1.07			1.30		
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	0			0			83			88		
버스정차의 영향, T_b <표 8-12>(초)	1.4			1.4			22.8			22.8		
버스정류장위치, $I_b = (75 - I) / 75$	0.2			0.2			0.2			0.2		
버스영향, $L_{bb} = T_b \times I_b \times V_b$ (초)	17			17			137			137		
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}$ (초)	0			0			0			0		
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times 0.3$ (초)	5			5			66			68		
우회전횡단차단 ³ , $f_c G_p$ <표 8-13>	-			-			10			10		
우회전차로 직진환산계수 ⁴ , E_R	1.20			1.17			2.04			2.29		
V_{LF} (식 8-13, 14)	-			-			106			46		
V_{RF} (식 8-15, 16)	162			27			48			92		
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵)	-			-			557			326		
V_{STR} (식 8-19, 20)	416			39			-7			196		
차로군 분류 ⁶ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수 2) 비보호좌회전에서만 적용 3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략 4) $E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{th}}{CN_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전) $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전) 5) 세갈래 교차로에서 직진과 직좌 공용차로가 있는 접근로에만 사용 6) 차로군 분류기준 (1) 전용 좌회전차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군 (2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진,좌,우회전 모두 하나의 통합 차로군 (3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군 (4) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군												

포 화 교 통 량 계 산															
		EB			WB			NB			SB				
접 근 로															
차 로 군		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT		
이동류 교통량, V		526	1,968	84	474	1,853	484	168	1,288	184	421	1,396	105		
회전 직진환산계수, E _L , E _R		1.11 / 1.20			1.38 / 1.17			1.07 / 1.88			1.30 / 2.12				
차로군별 교통량 V _i (vph)	공용LT: V _{Th} -V _{RF} +V _L							1,419							
	공용RT: V _{Th} -V _{LF} +V _R	2,052			2,337										
	실질LT ¹⁾ : V _{LF} +V _L	526			474										
	실질RT ¹⁾ : V _{RF} +V _R							221							
	실질TH: V _{Th} -V _{LF} -V _{RF}														
통합 차로군: V _{Th} +V _L +V _R											1,922				
회전교통량비 ²⁾ P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_{LT} \text{ or } V_{RT}}{V_i}$			1.0 / 0.04			1.0 / 0.21			0.12 / 0.83			0.22 / 0.05	
회전보정계수 ³⁾ f _{LT} , f _{RT}		$\frac{1}{1 + P(E-1)}$			0.90 / 0.992			0.725 / 0.966			0.992 / 0.578			0.891	
차로폭 보정계수, f _w <표 8-15>		1.0			1.0			1.0			1.0				
경사 보정계수, f _g <표 8-16>		1.0			1.0			1.0			1.0				
중차량 보정계수, f _{HV} (식 8-39)		0.96			0.96			0.96			0.96				
포화교통량: S _i =2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}		3,802 / 8,380			3,062 / 8,161			8,380 / 1221			9,409				
1) 전용 좌·우회전에도 사용															

교통량 보정 및 차로군 분류 C = 150 초												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	490	1,700	200	441	1,600	1,186	160	1,200	350	400	1,300	200
차로이용률계수<표 8-5>	1.02 / 1.10			1.02 / 1.10			1.02			1.02		
RTOR보정<표 8-6>	0.4			0.4			0.5			0.5		
보정 교통량, V (vph)	526	1,968	84	474	1,853	484	168	1,288	184	421	1,396	105
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, $N^{1)}$	4			4			5			5		
보정 대향직진교통량 ²⁾ , V_o (vph)	-			-			-			-		
비보호간격수락률 ²⁾ , P <표 8-8>	-			-			-			-		
좌회전직진환산계수, E_i <표 8-7>	1.05			1.05			1.02			1.02		
좌회전곡선반경 영향, E_p <표 8-9>	1.06			1.06			1.05			1.05		
U턴 영향, E_u <표 8-10, 11>	1.0			1.24			1.0			1.21		
$E_L = E_i \times E_p \times E_u$	1.11			1.38			1.07			1.30		
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	0			0			83			88		
버스정차의 영향, T_b <표 8-12>(초)	1.4			1.4			22.8			22.8		
버스정류장위치, $l_b = (75-l)/75$	0.2			0.2			0.2			0.2		
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)	17			17			137			137		
주차영향, $L_p = 360+18V_{park}$ (초)	0			0			0			0		
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw}+L_{bb}+L_p) \times 0.3$ (초)	5			5			66			68		
우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ <표 8-13>	-			-			10			10		
우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , ER	1.20			1.17			1.95			2.20		
V_{LF} (식 8-13, 14)	-			-			92			40		
V_{RF} (식 8-15, 16)	141			23			42			80		
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)	-			-			551			322		
V_{STR} (식 8-19, 20)	416			39			7			204		
차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT

1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수

2) 비보호좌회전에서만 적용

3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략

4) $E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{th}}{CN_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전)
 $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전)

5) 세갈래 교차로에서 직진과 직좌 공용차로가 있는 접근로에만 사용

6) 차로군 분류기준

1) 전용 좌회전차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군

2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진·좌·우회전 모두 하나의 통합 차로군

3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군
 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군

4) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군
 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군

포 화 교 통 량 계 산 C = 150 초													
접 근 로		EB			WB			NB			SB		
차 로 군		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
이동류 교통량, V		526	1,968	84	474	1,853	484	168	1,288	184	421	1,396	105
회전 직진환산계수, E _L , E _R		1.11 / 1.20			1.38 / 1.17			1.07 / 1.95			1.30 / 2.20		
차로군별 교통량 V _i (vph)	공용LT: V _{Th} -V _{RF} +V _L							1,414					
	공용RT: V _{Th} -V _{LF} +V _R	2,052			2,337								
	실질LT ¹⁾ : V _{LF} +V _L	526			474								
	실질RT ¹⁾ : V _{RF} +V _R							226					
	실질TH: V _{Th} -V _{LF} -V _{RF}												
통합 차로군: V _{Th} +V _L +V _R											1,922		
회전교통량비 ²⁾ P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$		1.0 / 0.04		1.0 / 0.21		0.12 / 0.81		0.22 / 0.05			
회전보정계수 ³⁾ f _{LT} , f _{RT}		$\frac{1}{1 + P(E-1)}$		0.90 / 0.992		0.725 / 0.966		0.992 / 0.565		0.888			
차로폭 보정계수, f _w <표 8-15>		1.0		1.0		1.0		1.0		1.0			
경사 보정계수, f _g <표 8-16>		1.0		1.0		1.0		1.0		1.0			
중차량 보정계수, f _{HV} (식 8-39)		0.96		0.96		0.96		0.96		0.96			
포화교통량: S=2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}		3,802 / 8,380		3,062 / 8,161		8,380 / 1,193		9,377					
1) 전용 좌·우회전에도 사용													

지체 계산 및 서비스수준 판정 C = 150초												
차로군 분석												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량대수, Q _b (대)	0			0			0			0		
추가지체 유형 판단 ¹⁾	-			-			-			-		
균일지체: $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} (Q_b=0 \text{ 때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-y)} (\text{유형 I 때})$ $= \frac{R}{2} (\text{유형 II, III 때})$	60.1 / 46.9			61.3 / 49.6			56.8 / 58.2			56.8		
증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$	11.2 / 2.4			24.0 / 6.8			4.2 / 38.0			8.1		
추가지체 ²⁾ , d ₃ (식 8-51, 52, 53)	0			0			0			0		
순행시간 T _c = 링크길이/순행속도 (초)	31			31			30			30		
(적정)오프셋 (초)	16			16			15			15		
오프셋 편의율 TVO = (T _c - offset)/C	0.1			0.1			0.1			0.1		
연동계수, PF(표 8-17)	1.0 / 0.54			1.0 / 0.54			0.56			0.55		
평균 제어지체 (초/대) d _i = d _i (PF) + d ₂ + d ₃	71.3 / 27.7			85.3 / 33.6			36.0 / 70.6			39.3		
차로군 서비스수준(표 8-2)	E / B			E / C			C / E			C		
1) Q _b > 0 때 다음 식을 이용해서 판단: 유형 I : 0 < Q _b < (1-X)cT 유형 II : 0 < (1-X)cT < Q _b 유형 III : (1-X)cT < 0 < Q _b												
2) Q _b > 0 때만 사용 : d ₃ $= \frac{1,800Q_b^2}{cT(c-V)} \quad (\text{유형 I 때})$ $= \frac{3,600Q_b}{c} - 1,800T(1-X) \quad (\text{유형 II 때})$ $= \frac{3,600Q_b}{c} \quad (\text{유형 III 때})$												
접근로 분석												
접근로 지체, $d_A = \frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$	36.6			42.3			40.8			39.3		
접근로 서비스수준(표 8-2)	C			C			C			C		
교차로 분석												
접근로 교통량, V _A = ∑ V _i (vph)	2,578			2,811			1,640			1,922		
교차로 지체, $d_i = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$	39.7											
교차로 서비스수준(표 8-2)	C											

〈예제 6〉

공용 좌회전 차로를 포함해서 3개 차로를 갖는 어느 접근로의 신호조건 및 포화교통량, 설계 서비스 수준이 다음과 같을 때, 이 접근로의 최대 서비스 교통량을 구하는 문제이다.

- 주기 = 120초
- $g/C = 0.3$
- $S = 5,400\text{vphg}$
- 옹셋 편의율 = 0.2
- 설계 서비스 수준 = B

〈풀 이〉

본 예제는 어느 접근로의 최대 서비스 교통량을 구하는 설계분석 문제이다. 교차로 전체의 최대 서비스 교통량은 의미가 없기 때문에 이에 대해서는 고려하지 않는다. 여기서 포화교통량을 구하지 않고 주어지는 이유는 차로군을 분류할 수 없는 이유와 같다. 즉 회전 교통량의 비를 모를 뿐만 아니라 차로군 분류를 위한 판별식을 사용할 수 없으며(교통량을 알 수 없으므로) 또 이 문제가 접근로 전체의 서비스 수준이 B가 되는 최대 서비스 교통량을 구하는 것이므로 모든 이동류는 한 차로군을 형성한다고 가정을 하며 또 포화교통량도 주어진다. 만약 여러개의 차로군이 형성된다고 한다면 계산은 대단히 복잡해진다. 계산 순서는 다음과 같다.

- 1) 지체는 V/c 비, X ; 녹색시간비, g/C ; 주기, C ; 차로군 용량, c ; 연동계수, PF의 함수이다.

$$\text{차로군 즉 접근로 용량} = S \times g/C = 5,400 \times 0.3 = 1,620\text{vph}$$

- 2) 〈표 8-2〉에서 서비스수준 B의 지체값의 범위는 20 ~ 30 초/대이며, 최대 서비스 교통량은 30 초/대 일 때에 해당된다. 따라서,

$$30 = d_1(\text{PF}) + d_2 + d_3$$

$$\text{PF} = 0.59 \text{ 〈표 8-17에서〉}$$

$$d_1(\text{PF}) = \frac{0.5C(1 - g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} = 60(0.7)^2 / (1 - 0.3X) = 17.35 / (1 - 0.3X)$$

$$d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$$

$$= 225 \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{405}} \right]$$

$$d_3 = 0$$

3) 지체값을 X 의 함수로 나타내었으므로 X 에 따른 지체의 값을 계산한다.

X	d_1 (PF)	d_2	d_3
0.0	17.35	0	17.35
0.1	17.89	0.12	18.01
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
0.7	21.96	2.54	24.50
0.8	22.83	4.24	27.07
0.9	23.77	8.42	32.19
1.0	24.79	22.36	47.15

그러므로 $X = 0.86$ 때 $d = 30$ 초/대 이다.

따라서 서비스수준 B에서의 최대 서비스 교통량은,

$$SFB = c \times X = 1,620 \times 0.86 = 1,393\text{vph}$$

이 값은 개략적인 도로 및 교통운영 조건에서 얻은 것이므로 PHF나 차로이용률 계수로 보정하는 것은 의미가 없다.

〈예제 7〉

어느 도시의 주거지역에 네갈래 교차로를 계획하고자 한다. 교차로의 개략적인 모양과 예상되는 교통량 및 기타 파라미터는 아래 계획분석표에서 보인 바와 같다. 이 교차로는 주어진 교통량을 충분히 처리할 수 있는가를 판단하라.

〈풀 이〉

8-3-3절의 적용과정에서 예를 든 교차로의 남북도로 두 접근로를 포함하여 교차로 전체를 분석하는 계획분석 문제이다. 이 북향(NB) 및 남향(SB) 접근로는 동서도로의 두 접근로와는 달리 전용 좌회전 차로를 계획하고 있으므로 적정 신호현시를 계획 할 때 이 점만 주의하면 된다. 나머지 방법은 적용과정의 풀이에서 예를 든 것과 같다.

풀이의 결과 적정주기는 100초이며, 이 때의 임계 V/c 비는 0.87로서 매우 적절한 서비스수준에서 예상되는 교통량을 잘 처리할 것이라 판단된다. 만약 주기를 100초보다 짧게하면 서비스수준은 나빠지고 V/c 비도 커진다.

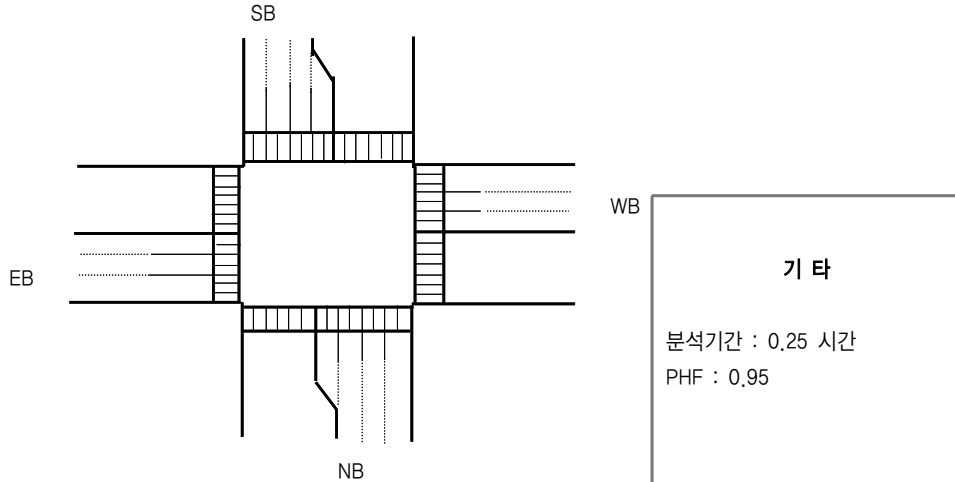
계 획 분 석 표

교차로명: “다” 도로 × “라” 도로

계획기간: 2005.4.25일 오후 첨두시간

지점특성: 주거지역

분 석 자: 장삼오, 이사육



교통

접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	120	1,040	280	170	540	110	150	750	175	220	870	140
보정 교통량, V (vph)	126	1,095	148	179	568	58	158	789	92	232	916	74
직진환산교통량 (vph)	126	1,095	295	179	568	116	158	789	184	232	916	148

좌회전차로 운영 및 신호현시 방법에 따른 임계 차로군 V/S

전용 좌회 전 ¹⁾	차로당 교통량	126	695	179	342	158	324	232	355
	V/S	0.07	0.386	0.1	0.190	0.088	0.180	0.129	0.197
	양방보호좌회전 신호	0.1 + 0.386 = 0.486				0.129 + 0.197 = 0.326			
	직·좌 동시신호	0.386 + 0.19 = 0.576				0.180 + 0.197 = 0.377			
공용 좌회 전	차로당 교통량	505		288		-		-	
	V/S	0.281		0.160		-		-	
	직·좌 동시신호	0.281 + 0.16 = 0.441				-			
	적정현시 및 V/S 합	직·좌 동시신호, $\Sigma y = 0.441$				양방보호좌회전 신호, $\Sigma y = 0.326$			

신호 및 임계 V/c 비

임계 차로군의 V/S 합	$0.441 + 0.326 = 0.767$
적정 주기 (초)	100초
임계 V/c 비	0.87

1) 전용 좌회전 차로가 별도로 있는 경우, 또는 전용 좌회전 차로가 없더라도 맨 왼쪽 차로를 전용 좌회전 차로로 운영하며 직진 및 우회전은 나머지 차로들을 이용하는 경우에 해당한다. 후자의 경우, 맨 왼쪽 차로를 직진이 사용한다면 안전 및 효율상 심각한 문제가 야기 될 수 있으므로 유의해야 함.

〈예제 8〉

중앙버스전용차로가 설치된 4지 교차로에서의 교통상황을 분석하고자 하며, 모든 도로조건, 교통조건 및 교통운영조건은 다음의 입력자료에 나타나 있다. 이 교차로의 가장 큰 특징은 중앙버스전용차로 직진차로가 동향(EB) 및 서향(WB) 접근로에 있어 좌회전이 허용되지 않고 직진신호만 허용된다는 점이다. 또한, 모든 접근로에 우회전 도류화가 되어 있지 않으며, 북향(NB) 및 남향(SB) 접근로에 1차로의 전용좌회전 차로가 있어 양방향 보호 신호로 운영된다. 북향(NB) 접근로만 U턴이 허용되며, 동향(EB) 접근로의 일반차로에서 초기 대기 차량이 남아 있으나 분석기간 동안 해소가 된다. 이 교차로의 모든 차로군의 용량과 V/c비 및 서비스수준을 구하라. 또 모든 접근로 및 교차로 전체의 서비스수준을 구하고, 교차로 전체의 임계 V/c비를 구하라.

〈풀 이〉

이 교차로의 동향(EB) 접근로는 앞의 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 운영분석 적용과정의 예시와 같다. 나머지 일반차로 및 중앙버스전용차로를 포함하는 접근로에 대한 차로군을 분류하고 각 차로군별 용량, V/c비, 지체, 서비스수준을 구하는 방법은 앞에서 살펴본 바와 같다.

동향(EB) 및 서향(WB) 접근로의 중앙버스전용차로의 직진차로와 북향(NB) 및 남향(SB) 접근로의 전용좌회전 차로는 독립된 차로군으로 분류한다. 동향(EB) 접근로의 공용 우회전 차로는 분석 결과에 따라 실질적 전용우회전 차로군으로 분류되었으며, 서향(WB), 북향(NB), 남향(SB) 접근로에서는 공용 우회전 차로군으로 분류되었다. 이에 따른 각 차로군의 포화도와 임계 V/c비를 검토한 결과 각 현시에서 임계차로군의 포화도가 각각 0.77, 0.94, 0.70으로 차이가 크고 임계 V/c 비의 값이 0.77로 각 임계차로군의 포화도와 차이가 있으므로, 교차로의 신호운영이 적절하지 않다는 것을 판단할 수 있다. 특히, 북향(NB), 남향(SB) 접근로의 좌회전 현시에서의 임계차로군 포화도는 0.94로 다른 현시의 임계차로군 포화도와 비교해 상대적으로 큰 값을 보이며, 북향(NB), 남향(SB) 접근로의 전용 좌회전 차로군의 서비스 수준이 E, D로 분석되어 좌회전 현시의 신호시간을 개선해야 할 것으로 판단된다. 따라서 이 신호교차로의 신호조건을 개선하면 지체값이 줄고 임계 V/c 비도 감소할 것이다.

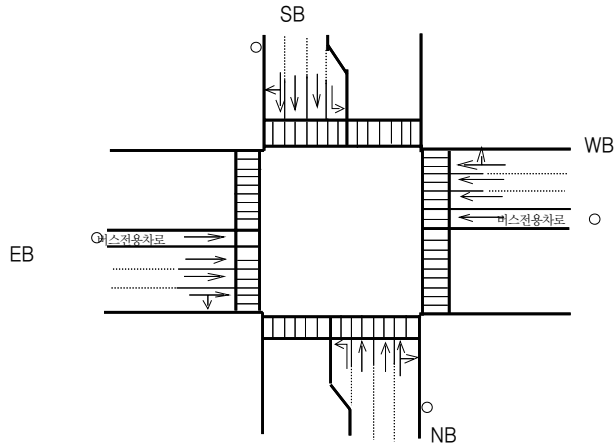
입력 자료

교차로명: A도로 X B도로

도로조사시간: 2013.4.26. 15:30~15:45

지점특성: 일반업무지구

조 사 자: 장삼오, 이사육



기 타

분석기간 : 0.25 시간

PHF = 0.95

중차량 혼입율(P)=5%

버스베이 : EB, WB,
NB만 있음

교통 및 신호

접근로 및 이동류	EB				WB				NB			SB		
	중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	200	-	600	320	260	-	950	340	150	1,300	175	240	770	152
U턴 교통량(vph)	0				0				90			0		
진입교통량, V_{en} (vph)	23				20				0			50		
진출교통량, V_{ex} (vph)	20				30				10			60		
노변버스정차대수, V_b (vph)	-				-				30			40		
상류부 정류장 이격거리 l_{ub} (m)	70				100				-			-		
주차여부(O, X)	O				X				O			O		
주차활동대수, V_{park} (vph)	10				-				5			12		
횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)	400				500				300			400		
보행신호시간 ¹⁾ , G_p (초)	40				40				43			43		
상류 링크길이(m)	400				300				500			400		
순행속도(kph)	50				50				60			60		
경사/ w / l / R_L ²⁾	0/3.3/-/-				0/3.3/-/-				0/3.3/60/15			0/3.3/60/15		

1) 우회전을 방해하는 교차도로의 횡단을 말함

2) w=평균차로폭(m), l=노변 버스정류장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)

신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 120초)

현시				좌회전 형태 NB, SB : 양방보호 (일반 CASE 1)
신호시간	G= 45 Y= 3	G= 20 Y= 3	G= 46 Y= 3	EB, WB : 좌회전 금지 (중앙 CASE 4)

교통량 보정 및 차로군 분류														
교통량 보정	EB				WB				NB			SB		
	중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	200	-	600	320	260	-	950	340	150	1,300	175	240	770	152
차로이용률계수<표 8-5>	1.0		1.02		1		1.02		1.02			1.02		
RTOR보정<표 8-6>	-		0.5		-		0.5		0.5			0.5		
보정 교통량, V (vph)	211	-	644	168	274	-	1,020	179	158	1,396	92	253	827	80
차로군 분류														
접 근 로	EB		WB		NB			SB						
	중앙버스 전용차로	일반차로	중앙버스 전용차로	일반차로										
차로수, $N^{(1)}$	1	3	1	3	3			3			3			
보정 대향직진교통량 ⁽²⁾ , V_o (vph)	-		-		-			-			-			
비보호간격수락률 ⁽²⁾ , P (표 8-8)	-		-		-			-			-			
좌회전직진환산계수, E_L (표 8-7)	-		-		1.00			1.00			1.00			
좌회전곡선반경 영향, E_p (표 8-9)	-		-		1.09			1.09			1.09			
U턴 영향, E_u (표 8-10, 11)	-		-		1.89			1.0			1.0			
$E_L = E_L \times E_p \times E_u$	-		-		2.06			1.09			1.09			
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	49		60		14			129			14			
노변버스정차의 영향, T_b (표 8-12)(초)	-		-		1.4			15.3			1.4			
노변버스정류장 위치, $l_b = (75-l)/75$	-		-		0.2			0.2			0.2			
노변버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)	-		-		8			122			8			
노상주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}$ (초)	540		-		450			576			450			
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times g/C$ (초)	221		23		181			317			181			
우회전횡단차단 ⁽³⁾ , $f_c G_p$ (표 8-13)	12		12		12.9			12.9			12.9			
우회전차로 직진환산계수 ⁽⁴⁾ , E_R	3.05		2.15		3.29			5.25			3.29			
V_{LF} (식 8-13, 14)	-		-		-			-			-			
V_{RF} (식 8-15, 16)	38		57		152			103			152			
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁽⁵⁾)	-		-		-			-			-			
V_{STR} (식 8-19, 20)	-127		83		264			148			264			
차로군 분류 ⁽⁶⁾ (O)	중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
1) 전용좌회전 차로로 제한된 접근로 총 차로수 2) 비보호좌회전에서만 적용 3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략 4) $E_{R1} = 1.16 + \frac{2.200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{TH}}{CN_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전) $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전) 5) 3지 교차로에서 직진과 직·좌 공용차로가 있는 접근로에만 사용 6) 차로군 분류기준 (1) 중앙버스전용차로는 독립된 차로군 (2) 전용 좌회전 차로는 별도 차로군 (3) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진·좌·우회전 모두 하나의 통합 차로군 (4) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군 (5) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군														

포 화 교 통 량 계 산

접근로		EB				WB				NB				SB					
차로군 분류		중량 TH	LT	TH	RT	중량 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT				
이동류 교통량, V		211	-	644	168	274	-	1,020	179	158	1,396	92	253	827	80				
회전 직진환산계수, E _L , E _R		- / - / 3.05				- / 2.15				2.06 / 3.29				1.09 / 5.25					
차로군별 교통량 V _i (vph)	중앙버스전용차로 직진	211				274													
	공용LT: V _{Th} -V _{Rf} +V _L																		
	공용RT: V _{Th} -V _{Lf} +V _R					1,199				1,488				907					
	실질LT ¹⁾ : V _{Lf} +V _L									158				253					
	실질RT ¹⁾ : V _{Rf} +V _R	206																	
	실질TH: V _{Th} -V _{Lf} -V _{Rf}	606																	
통합차로군: V _{Th} +V _L +V _R																			
회전교통량비 ²⁾ P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$		- / - / 0.82				- / 0.15				1.0 / 0.06				1.0 / 0.09			
회전보정계수 ³⁾ f _{LT} (f _{BLT}), f _{RT}		$\frac{1}{1 + P(E-1)}$		1.0/1.0 / 0.373				1.0 / 1.176				0.485/0.879				0.917/0.723			
차로폭 보정계수, f _w <표 8-15>		1.0				1.0				1.0				1.0					
경사 보정계수, f _g <표 8-16>		1.0				1.0				1.0				1.0					
중차량 보정계수, f _{HV} (식 8-39)		0.96				0.96				0.96				0.96					
상류부 정류장 영향 보정계수, f _{ub} <표 8-20>		0.68				0.87				-				-					
포화교통류율: (중앙버스전용)S _i =1100N _i ×f _{BLT} ×f _g ×f _{ub} (일반)S _i =2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}		748/4,224/788				957/7,451				1,024/5,569				1,937/4,581					

1) 전용 좌·우회전에도 사용

3)직·좌·우회전 통합 차로군 때는 아래 공식을 사용

2) 회전교통량비

$$f_{LT} \times f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1) + P_{RT}(E_R - 1)}$$

(1) 실질적 회전 차로군: P_L, P_R(2) 공용 회전 차로군 및 통합 차로군: P_{LT}, P_{RT}(3) 3지 교차로는 (식 8-33, 35, 36, 37)을 사용하여 바로 f_{Th}, f_{LT}, f_{RT} 계산

용 량 계 산

차로군 및 접근로	EB				WB				NB				SB			
차로군 분류	중량 TH	LT	TH	RT	중량 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT		
차로군 교통량, V_i (vph)	211 / 606 / 206				316 / 1,199				158 / 1,488				253 / 907			
차로군 교통량비, $(V/S)_i = y_i$	0.282 / 0.143 / 0.261				0.286 / 0.161				0.154 / 0.267				0.131 / 0.198			
현시의 임계 차로군(v)					✓				✓	✓						
임계차로군의 V/S 합	0.707															
차로군 녹색시간비, $(g/C)_i$	0.373				0.373				0.164 / 0.381				0.164 / 0.381			
차로군 용량, $c_i = S(g/C)_i$	279 / 1,576 / 294				357 / 2,779				168 / 2,122				318 / 1,745			
차로군 포화도, $(V/c)_i = X_i$	0.76 / 0.38 / 0.70				0.77 / 0.43				0.94 / 0.70				0.80 / 0.52			
손실시간, 임계 V/c 비	3(3 + 0.3) = 9.9초															
적정주기(설계분석시)	0.77															

지체 계산 및 서비스수준 판정														
차로군 분석														
접근로	EB				WB				NB			SB		
차로군 분류	중요 TH	LT	TH	RT	중요 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량대수, Q _b (대)	0 / 40 / 0				0				0			0		
추가지체 유형 판단 ¹⁾	- / 유형 I / -				-				-			-		
균일지체 $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} (Q_b = 0\text{때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-y)} (\text{유형 I 때})$ $= \frac{R}{2} (\text{유형 II, III 때})$	32.9/29.0/31.9				33.1/28.1				49.6/31.4			48.3/28.7		
증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$	17.6/0.7/13.0				14.8/0.5				55.2/2.0			18.8/1.1		
추가지체 ²⁾ , d ₃ (식 8-51, 52, 53)	0/7.5/0				0				0			0		
순행시간 T _c = 링크길이/순행속도 (초)	28.8				21.6				30.0			24.0		
(적정)오프셋 (초)	10				18				15			10		
오프셋 편의율 TVO = (T _c - offset)/C	0.16				0.03				0.13			0.12		
연동계수, PF<표 8-17>	0.56				0.67				0.67/0.55			0.67/0.55		
평균 제어지체 (초/대) d _i = d _i (PF) + d ₂ + d ₃	36.0/24.4/30.9				37.0/19.3				88.4/19.3			51.2/16.9		
차로군 서비스수준<표 8-2>	C / B / C				C / B				E / B			D / B		
1) Q _b > 0 때 다음 식을 이용해서 판단 유형 I: 0 < Q _b < (1-X)cT 유형 II: 0 < (1-X)cT < Q _b 유형 III: (1-X)cT < 0 < Q _b														
2) Q _b > 0 때만 사용: d ₃ $= \frac{1,800Q_b^2}{cT(c-V)} \text{ (유형 I 때)}$ $= \frac{3,600Q_b}{c} - 1,800T(1-X) \text{ (유형 II 때)}$ $= \frac{3,600Q_b}{c} \text{ (유형 III 때)}$														
접근로 분석														
접근로 지체, $d_A = \frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$	28.1				23.0				25.9			24.4		
접근로 서비스수준<표 8-2>	B				B				B			B		
교차로 분석														
접근로 교통량, V _A = ∑V _i (vph)	1,023				1,515				1,646			1,160		
교차로 지체, $d_i = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$	25.2													
교차로 서비스수준<표 8-2>	B													

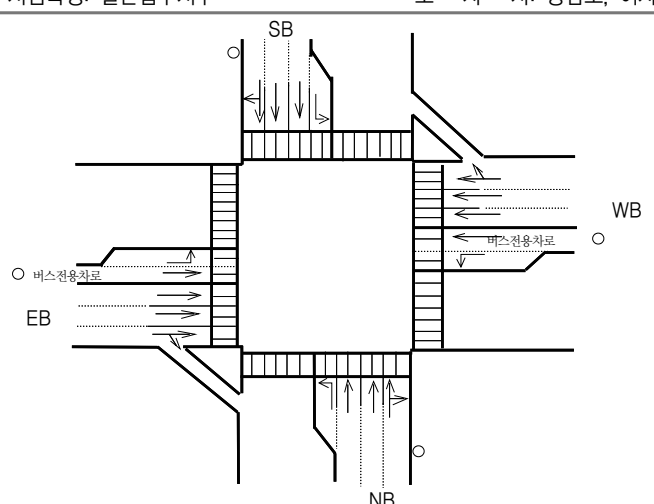
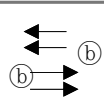
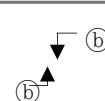
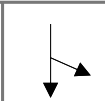
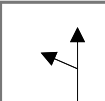
〈예제 9〉

중앙버스전용차로가 설치된 4지 교차로에서의 교통상황을 분석하고자 하며, 모든 도로조건, 교통조건 및 교통 운영조건은 다음의 입력자료에 나타나 있다. 이 교차로의 동향(EB) 및 서향(WB) 접근로에는 중앙버스전용차로 직진 및 전용좌회전 차로가 있으며, 우회전 도로화가 되어 있다. 북향(NB) 및 남향(SB) 접근로에 1차로의 전용 좌회전 차로가 있고 직좌동시 신호로 운영되고 U턴이 허용된다. 이 교차로의 모든 차로군의 용량과 V/c 비 및 서비스수준을 구하라. 또 모든 접근로 및 교차로 전체의 서비스수준을 구하고, 교차로 전체의 임계 V/c 비를 구하라.

〈풀 이〉

앞의 예제와 비교하였을 때 주요 차이점은 중앙버스전용차로에 전용좌회전 차로가 있어 동향(EB) 및 서향(WB) 접근로에 좌회전이 허용된다는 것과 우회전 도로화가 되어 있다는 점이다. 중앙버스전용차로는 일반차로와 구분하여 독립된 차로군으로 분류하며, 전용좌회전 차로가 운영될 경우 직진과 별개의 차로군으로 분류한다. 따라서, 본 예제에서는 중앙버스전용차로를 두 개의 차로군으로 분류하여 분석하게 된다. 그 외 분석과정은 앞서 살펴본 방법 및 과정과 동일하다.

동향(EB) 및 서향(WB) 접근로는 중앙버스전용차로의 직진 및 전용좌회전 차로군과 공용우회전 차로군으로 분류되며, 북향(NB) 및 남향(SB) 접근로는 전용좌회전 차로군과 공용 우회전 차로군으로 분류되었다. 이에 따른 각 차로군의 포화도와 임계 V/c 비를 검토한 결과 각 현시에서 임계차로군의 포화도가 각각 0.73, 0.68, 0.74, 0.75로 산출되었고 교차로의 임계 V/c 비의 값이 0.73인 것으로 나타났다. 교차로의 두 번째 현시인 동향(EB) 및 서향(WB) 양방보호 좌회전 현시의 포화도만 0.68로 그 외 현시들의 임계차로군 포화도 및 교차로 임계 V/c 비와 차이가 있는 것으로 분석되었다. 또한, 동향(EB) 및 서향(WB) 접근로의 중앙버스전용차로 전용좌회전 차로군의 서비스 수준은 E로 교차로 서비스 수준인 C에 비해 낮은 것으로 나타났다. 따라서 이 신호교차로는 동향(EB) 및 서향(WB) 접근로의 양방보호 좌회전 현시가 다른 현시와 불균형을 이루어 중앙버스전용차로 전용좌회전 차로군만 서비스 수준이 낮은 것으로 판단되므로, 교차로의 신호조건을 개선하면 모든 차로군의 지체와 포화도가 비슷한 값으로 균형을 이룰 것이다.

입 력 자 료																
교차로명: C도로 × D도로								도로조사시간: 2013.4.26. 15:30~15:45								
지점특성: 일반업무지구								조 사 자: 장삼오, 이사육								
																
기 타 분석기간 : 0.25 시간 PHF = 0.95 중차량 혼입율(P)=5% 버스베이 : EB, WB만 있음																
교통 및 신호																
접근로 및 이동류	EB				WB				NB				SB			
	중앙 LT	중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 LT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	85	240	-	730	420	100	220	-	810	440	260	780	125	240	770	220
U턴 교통량(vph)	0				0				40				60			
진입교통량, V_{en} (vph)	15				22				30				20			
진출교통량, V_{ex} (vph)	18				27				40				50			
노변버스정차대수, V_b (vph)	-				-				30				30			
상류부 정류장 이격거리 l_{ub} (m)	150				170				-				-			
주차여부(O, X)	X				X				X				X			
주차활동대수, V_{park} (vph)	-				-				-				-			
횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)	400				500				250				200			
보행신호시간 ¹⁾ , G_p (초)	40				40				32				32			
상류 링크길이(m)	600				600				500				500			
순행속도(kph)	65				65				60				60			
경사/ w / l / R_L ²⁾	0/3.3/-/20				0/3.3/-/20				0/3.3/60/20				0/3.3/60/20			
1) 우회전을 방해하는 교차도로의 횡단을 말함 2) w=평균차로폭(m), l=노변 버스정류장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)																
신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 180초)																
현시																
신호시간	G= 57 Y= 3		G= 27 Y= 3		G= 42 Y= 3		G= 42 Y= 3								좌회전 형태 NB, SB : 직좌동시 (일반 CASE 1) EB, WB : 양방보호 (중앙 CASE 3)	

교통량 보정 및 차로군 분류																
교통량 보정	EB					WB					NB			SB		
	중앙 LT	중앙 TH	LT	TH	RT	중앙 LT	중앙 TH	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_H(vph)$	85	240	-	730	420	100	220	-	810	440	260	780	125	240	770	220
차로이용률계수(표 8-5)	1.00		1.02			1.00		1.00			1.02			1.02		
RTOR보정(표 8-6)	-		0.4			-		0.4			0.5			0.5		
보정 교통량, $V(vph)$	89	253	-	784	177	105	232	-	853	185	274	837	66	253	827	116
차로군 분류																
접 근 로	EB			WB			NB			SB						
	중앙버스 전용차로	일반차로		중앙버스 전용차로	일반 차로											
차로수, $N^{1)}$	1		3	1		3	3			3						
보정 대향직진교통량 ²⁾ , $V_o(vph)$	-			-			-			-						
비보호간격수락률 ²⁾ , P (표 8-8)	-			-			-			-						
좌회전직진환산계수, E_L (표 8-7)	1.0			1.0			1.0			1.0						
좌회전곡선반경 영향, E_p (표 8-9)	1.05			1.05			1.05			1.05						
U턴 영향, E_u (표 8-10, 11)	-			-			1.26			1.39						
$E_L = E_L \times E_p \times E_u$	1.05			1.05			1.32			1.46						
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)	39			58			83			88						
노변버스정차의 영향, T_b (표 8-12)(초)	-			-			10.8			10.8						
노변버스정류장 위치, $l_b = (75-l)/75$	-			-			0.2			0.2						
노변버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)	-			-			65			65						
노상주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}$ (초)	-			-			-			-						
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times g/C$ (초)	12			18			35			36						
우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ (표 8-13)	-			-			10			10						
우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R	1.20			1.22			1.99			2.00						
V_{LF} (식 8-13, 14)																
V_{RF} (식 8-15, 16)	30			31			85			48						
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)																
V_{STR} (식 8-19, 20)	120			134			191			121						
차로군 분류 ⁶⁾ (O)	중앙 LT	중앙 TH	일반 RT	중앙 LT	중앙 TH	일반 RT	중앙 LT	중앙 TH	일반 RT	중앙 LT	중앙 TH	일반 RT	중앙 LT	중앙 TH	일반 RT	
1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수 2) 비보호좌회전에서만 적용 3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략 4) $E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{3,600} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_m}{C N_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전) $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전) 5) 3지 교차로에서 직진과 직·좌 공용차로가 있는 접근로에만 사용 6) 차로군 분류기준 (1) 중앙버스전용차로는 독립된 차로군 (2) 전용 좌회전 차로는 별도 차로군 (3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진·좌·우회전 모두 하나의 통합 차로군 (4) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군 (5) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군																

포 화 교 통 량 계 산															
접근로		EB			WB			NB			SB				
차로군 분류		승용차 LT	승용차 TH	승용차 RT	승용차 LT	승용차 TH	승용차 RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT		
이동류 교통량, V		89	253	-78	177	105	232	-85	185	274	837	66	253	827	116
회전 직진환산계수, E _L , E _R		1.05 / - / 1.20			1.05 / - / 1.22			1.32 / 1.99			1.46 / 2.00				
차로군별 교통량 V _i (vph)	중앙버스전용차로 좌회전	89			105										
	중앙버스전용차로 직진	253			232										
	공용LT: V _{Th} -V _{RF} +V _L														
	공용RT: V _{Th} -V _{LF} +V _R	961			1,038			903			943				
	실질LT ¹⁾ : V _{LF} +V _L							274			253				
	실질RT ¹⁾ : V _{RF} +V _R														
	실질TH: V _{Th} -V _{LF} -V _{RF}														
통합차로군: V _{Th} +V _L +V _R															
회전교통량비 ²⁾ P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$			1.0/-/0.18			1.0/-/0.18			1.0/0.07			1.0/0.12	
회전보정계수 ³⁾ f _{LT} (f _{BLT}), f _{RT}		$\frac{1}{1 + P(E-1)}$			0.952/1.0/0.965			0.952/1.0/0.962			0.758/0.935			0.685/0.893	
차로폭 보정계수, f _w <표 8-15>		1.0			1.0			1.0			1.0				
경사 보정계수, f _g <표 8-16>		1.0			1.0			1.0			1.0				
중차량 보정계수, f _{HV} (식 8-39)		0.96			0.96			0.96			0.96				
상류부 정류장 영향 보정계수, f _{ub} <표 8-20>		1.0			1.0			-			-				
포화교통류율: (중앙버스전용)S _i =1100N _i ×f _{BLT} ×f _g ×f _{ub} (일반)S _i =2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}		1,047/1,100/6,124			1,047/1,100/6,095			1,601/5,924			1,447/5,658				
1) 전용 좌·우회전에도 사용															

지체 계산 및 서비스수준 판정				
차로군 분석				
접근로	EB	WB	NB	SB
차로군 분류	LT TH R	LT TH R	LT TH RT	LT TH RT
초기 대기차량대수, Q_0 (대)	0	0	0	0
추가지체 유형 판단 ¹⁾	-	-	-	-
균일지체 $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} (Q_0 = 0 \text{ 때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_0 R}{2Ts(1-y)} (\text{유형 I 때})$ $= \frac{R}{2} (\text{유형 II, III 때})$	71.4/54.8/50.1	72.6/53.5/50.9	64.1/62.7	64.3/63.7
증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$	14.3/12.7/0.9	21.5/9.9/1.1	12.5/2.5	14.3/3.4
추가지체 ²⁾ , d_3 (식 8-51, 52, 53)	0	0	0	0
순행시간 $T_c = \text{링크길이}/\text{순행속도}$ (초)	33.2	33.2	30.0	30.0
(적정)오프셋 (초)	15	15	12	12
오프셋 편의율 $TVO = (T_c - \text{offset})/C$	0.1	0.1	0.1	0.1
연동계수, PF<표 8-17>	1.0 / 0.54	1.0 / 0.54	0.57	0.57
평균 제어지체 (초/대) $d_i = d_i(PF) + d_2 + d_3$	85.7/42.3/35.5	94.1/38.8/28.6	49.0/38.2	51.0/39.7
차로군 서비스수준<표 8-2>	E / C / C	E / C / B	C / C	D / C
1) $Q_0 > 0$ 때 다음 식을 이용해서 판단 유형 I: $0 < Q_0 < (1-X)cT$ 유형 II: $0 < (1-X)cT < Q_0$ 유형 III: $(1-X)cT < 0 < Q_0$ 2) $Q_0 > 0$ 때만 사용: d_3 $= \frac{1,800 Q_0^2}{cT(c-V)} (\text{유형 I 때})$ $= \frac{3,600 Q_0}{c} - 1,800T(1-X) (\text{유형 II 때})$ $= \frac{3,600 Q_0}{c} (\text{유형 III 때})$				
접근로 분석				
접근로 지체, $d_A = \frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$	40.2	35.3	40.7	42.1
접근로 서비스수준<표 8-2>	C	C	C	C
교차로 분석				
접근로 교통량, $V_A = \sum V_i$ (vph)	1,303	1,375	1,177	1,196
교차로 지체, $d_i = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$	39.4			
교차로 서비스수준<표 8-2>	C			

〈부록 A〉 신호교차로 운영 및 설계분석표

입 력 자 료												
교차로명: _____				조사시간: _____								
지점특성: _____				조 사 자: _____								
											기 타 분석기간 : 시간 PHF : 중차량 혼입율(P) : 버스베이 :	
교통 및 신호												
접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)												
U턴 교통량(vph)												
진입교통량, V_{en} (vph)												
진출교통량, V_{ex} (vph)												
버스정차대수, V_b (vph)												
주차여부(o, x)												
주차활동대수, V_{park} (vph)												
횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)												
보행신호시간 ¹⁾ , G_p (초)												
상류 링크길이(m)												
순행속도(kph)												
경사/ w / l / R_L ²⁾												
1) 우회전을 방해하는 교차도로의 횡단을 말함 2) w=평균차로폭(m), l=버스정거장의 위치(m), R_L =좌회전 곡선반경(m)												
신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 초)												
현 시										좌회전 형태 EB, WB: NB, SB:		
신호시간	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =						

교통량 보정 및 차로군 분류												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_H(vph)$												
차로이용률계수<표 8-5>												
RTOR보정<표 8-6>												
보정 교통량, $V(vph)$												
차로군 분류												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로수, $N^{1)}$												
보정 대향직진교통량 ²⁾ , $V_o(vph)$												
비보호간격수락률 ²⁾ , P <표 8-8>												
좌회전직진환산계수, E_l <표 8-7>												
좌회전곡선반경영향, E_p <표 8-9>												
U턴 영향, E_u <표 8-10, 11>												
$E_L = E_l \times E_p \times E_u$												
진출입로 영향, $L_{dw} = 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex}$ (초)												
버스정차의 영향, T_b <표 8-12> (초)												
버스정류장위치, $l_b = (75 - l)/75$												
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)												
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}$ (초)												
노변마찰의 영향 $L_H = (L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times g/C$ (초)												
우회전횡단차단 ³⁾ , $f_c G_p$ <표 8-13>												
우회전차로 직진환산계수 ⁴⁾ , E_R												
V_{LF} (식 8-13, 14)												
V_{RF} (식 8-15, 16)												
V_{STL} (식 8-17, 18, 34 ⁵⁾)												
V_{STR} (식 8-19, 20)												
차로군 분류 ⁶⁾ (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
1) 전용좌회전 차로를 제외한 접근로 총 차로수 2) 비보호좌회전에서만 적용 3) 우회전 교통섬이 있으면 계산 생략 4) $E_{R1} = 1.16 + \frac{2,200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{L_H}{3,600} - \frac{1.63 V_{th}}{CN_T V_R} \right]$ (우회전 교통섬이 없는 공용우회전) $E_{R2} = 1.16 + \frac{L_H}{1.63 V_R}$ (우회전 교통섬이 있는 공용우회전) 5) 3지 교차로에서 직진과 좌회전 공용차로가 있는 접근로에만 사용 6) 차로군 분류기준 (1) 전용 좌회전차로는(CASE 1, 2, 3) 별도 차로군 (2) $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진·좌·우회전 모두 하나의 통합 차로군 (3) $V_{STL} < V_{LF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전 차로군 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전 차로군 (4) $V_{STL} > V_{LF}$ 이면: 직진과 좌회전 통합 차로군 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 직진과 우회전 통합 차로군												

지체 계산 및 서비스수준 판정												
차로군 분석												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량 대수, Q_b (대)												
추가지체 유형 판단 ¹⁾												
균일지체: $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} \quad (Q_b=0 \text{ 때})$ $= \frac{R^2}{2C(1-g)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-g)} \quad (\text{유형 I 때})$ $= \frac{R}{2} \quad (\text{유형 II, III 때})$												
증분지체 $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$												
추가지체 ²⁾ , d_3 (식 8-51, 52, 53)												
순행시간 $T_c = \text{링크길이}/\text{순행속도}$ (초)												
(적정)오프셋 (초)												
오프셋 편의율 $TVO = (T_c - \text{offset})/C$												
연동계수, PF (표 8-17)												
평균 제어지체 (초/대) $d_i = d_i(PF) + d_2 + d_3$												
차로군 서비스수준(표 8-2)												
1) $Q_b > 0$ 때 다음 식을 이용해서 판단: 유형 I : $0 < Q_b < (1-X)cT$ 유형 II : $0 < (1-X)cT < Q_b$ 유형 III : $(1-X)cT < 0 < Q_b$												
2) $Q_b > 0$ 때만 사용 : d_3 $= \frac{1,800 Q_b^2}{cT(c - V)}$ (유형 I 때)												
$= \frac{3,600 Q_b}{c} - 1,800T(1-X)$ (유형 II 때)												
$= \frac{3,600 Q_b}{c}$ (유형 III 때)												
접근로 분석												
접근로 지체, $d_A = \frac{\sum(d_i V_i)}{\sum V_i}$												
접근로 서비스수준(표 8-2)												
교차로 분석												
접근로 교통량, $V_A = \sum V_i$ (vph)												
교차로 지체, $d_i = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$												
교차로 서비스수준(표 8-2)												

〈부록 B〉 신호교차로 계획분석표

계 획 분 석 표													
교차로명: _____						계획기간: _____							
지점특성: _____						분 석 자: _____							
기 타 분석기간 : 시간 PHF :													
교통													
접근로 및 이동류		EB			WB			NB			SB		
		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)													
보정 교통량, V (vph)													
직진환산교통량 (vph)													
좌회전차로 운영 및 신호현시 방법에 따른 임계 차로군 V/S													
전용 좌회전 ¹⁾	차로당 교통량												
	V/S												
	양방보호좌회전 신호												
	직·좌 동시신호												
공용 좌회전	차로당 교통량												
	V/S												
	직·좌 동시신호												
적정현시 및 V/S 합													
신호 및 임계 V/c 비													
임계 차로군의 V/S 합													
적정 주기 (초)													
임계 V/c비													
1) 전용 좌회전 차로가 별도로 있는 경우, 또는 전용 좌회전 차로가 없더라도 맨 왼쪽 차로를 전용 좌회전 차로로 운영하며 직진 및 우회전은 나머지 차로들을 이용하는 경우에 해당한다. 후자의 경우, 맨 왼쪽 차로를 직진이 사용한다면 안전 및 효율상 심각한 문제가 야기될 수 있으므로 유의해야 함.													

〈부록 C〉 접근로의 차로군 분류방법

신호교차로 용량분석은 접근로별, 차로군(lane group)별로 구분해 실시하며, 차로군은 이동류의 교통량 분포에 따라 달라진다. 즉 서로 다른 현시에 진행되는 이동류는 별개의 차로군을 형성한다. 또 같은 현시에 진행되는 서로 다른 이동류의 경우, 교통량비(flow ratio : V/S) 또는 V/c비가 다르면 별개의 차로군으로 분류한다. 반대로 좌회전 또는 우회전 차로를 직진이 공용하므로써, 교통량비에 관해서 직진차로와 평형상태를 나타내면 이 좌회전 또는 우회전 이동류는 직진과 함께 같은 차로군을 형성하며 통합해서 분석한다.

1) 차로군 분류의 개념

신호교차로는 신호운영방법과 좌회전 전용차로 유무에 따라 용량분석 방법이 달라진다.

〈표 8C-1〉은 신호운영과 좌회전 차로의 개수 및 차로 운영형태에 따라 편의상 CASE 별로 구분한 것이다. 우회전은 모든 경우에 다 해당되므로 표에서는 나타내지 않았으나 정지선 부근에서 도류화가 된 공용우회전과 도류화가 되지 않은 우회전의 경우로 나누어 분석한다.

〈표 8C-1〉 신호운영과 좌회전 차로별 구분

신호운영 \ 좌회전차로	전용좌회전 차로수		공용좌회전 차로수	
	1	2	1	2
양방보호신호	CASE 1	CASE 2	CASE 4 CASE 5*	
직좌동시신호				
비보호좌회전신호	CASE 3		CASE 6	

주) * 왼쪽 차로가 좌회전 전용차로라 하더라도 오른쪽 차로가 공용이면 두 차로 다 공용으로 간주

- ① CASE 1: 전용 좌회전차로가 1개이며, 양방보호좌회전 신호 또는 직좌 동시신 호
- ② CASE 2: 전용 좌회전 차로가 2개이며, 신호운영은 CASE 1과 같음
- ③ CASE 3: 전용 좌회전 차로가 1개이며, 비보호 좌회전 신호
- ④ CASE 4: 직진과 좌회전 공용차로가 1개이며, 직좌 동시신호
- ⑤ CASE 5: 맨 왼쪽 차로는 전용 좌회전, 그 다음 차로는 직진과 좌회전의 공용차로이며, 신호는 CASE 4와 같음
- ⑥ CASE 6: 직진과 좌회전 공용차로가 1개이며, 비보호 좌회전 신호

차로군 분류는 기본적으로 실질적 전용회전 차로(de facto turn lane)의 존재 유무를 판별하는 것이다. 다시 말하면, 좌회전 또는 우회전 차로에서 회전 교통량이 많아 실질적으로 전용차로와 같은

역할을 하면, 이 차로는 별도의 차로군으로 분석을 한다. 반대로 이 차로에서 회전 교통량이 적어 직진이 함께 공용할 수 있다면, 이 차로는 직진차로와 같은 차로군이 되어 묶어서 분석을 한다.

따라서 전용좌회전 차로가 있는 경우, 이 차로는 항상 별도의 차로군이 된다. 이 때 나머지 직진과 우회전 차로가 통합되어 한 차로군이 되는 경우와, 우회전 교통량이 많아 실질적 전용 우회전 차로가 되는 경우 두 가지가 있다.

공용 좌회전 차로가 있으면; i) 직진, 좌회전, 우회전이 모두 한 차로군으로 묶이는 경우, ii) 실질적 전용 좌회전 차로가 한 차로군이 되고, 직진 및 공용 우회전 차로가 다른 한 차로군을 이루는 경우, iii) 실질적 전용 우회전 차로가 한 차로군을 이루고, 직진 및 좌회전 차로가 다른 한 차로군을 이루는 경우, iv) 직진, 좌회전, 우회전 모두 별개의 차로군을 이루는 경우가 있다.

CASE 5는 맨 왼쪽 차로가 전용 좌회전 차로이기는 하나 공용좌회전 차로로 간주한다. 그 이유는; i) 좌회전 두 차로가 같은 현시에 진행을 하며, ii) 좌회전 전용신호를 사용할 수 없으며, iii) 두 차로 간에 평형상태를 유지하려는 경향이 존재하기 때문이다. 즉 전용 좌회전 차로에서 처럼 일정한 좌회전 교통량만 이용하는 것이 아니라 직진 교통량의 많고 적음에 따라 이 두 차로를 이용하는 좌회전 교통량의 상대적 크기가 변하여 인접차로와 평형상태를 유지하려는 경향이 있다. 이러한 세가지 특성은 전용 좌회전 차로에서는 볼 수 없는 것으로서, 공용차로가 하나일 때와 꼭 같은 특성을 보인다.

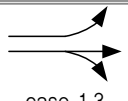
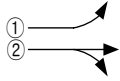
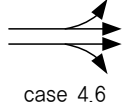
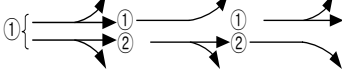
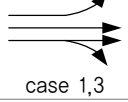
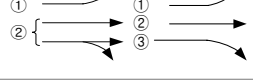
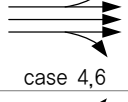
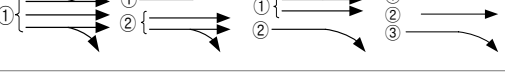
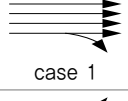
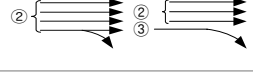
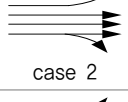
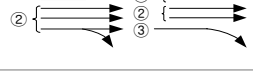
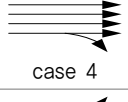
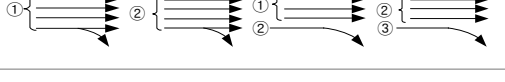
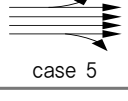
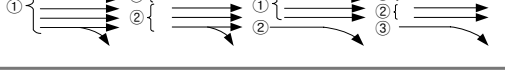
CASE 5의 차량군 분류는 공용차로에서의 4가지 경우 이외에, 드물기는 하지만 맨 왼쪽 차로만 좌회전이 이용을 하고 오른쪽 공용차로는 실질적 전용 직진 차로가 되는 경우가 있으며, 이 경우도 우회전 차로가 직진과 한 차로군이 되는 경우와 실질적 전용 우회전 차로가 되는 경우 두 가지로 나누어 생각할 수 있다. 이와 같은 경우는 좌회전 교통량이 매우 적을 때 생기며, 사실상 이런 경우는 전용 좌회전 한 차로로 운영을 하면 신호운영의 융통성을 얻을 수 있어 좋다. 즉 공용 좌회전 2개 차로는 동시신호 밖에 사용할 수 없으나, 전용 좌회전 차로는 동시신호 또는 양방 보호좌회전 신호도 사용할 수 있기 때문이다. 따라서 이와 같은 경우는 여기서 취급하지 않는다.

차로군 분류방법을 정리하면 다음과 같다.

- ① 좌회전 전용차로(CASE 1, 2, 3)는 별개의 차로군으로 분석한다. 설사 동시신호로 운영된다 하더라도 이 차로의 V/c비가 인접한 직진차로의 V/c비와 같을 수가 없기 때문이다.
- ② 좌회전 공용차로가 한 개 있는 경우(CASE 4), 직진과 공용차로가 평형상태인지, 아니면 좌회전 교통량이 많아(이 차로의 V/S, V/c비가 직진차로의 그것보다 많아) 좌회전 전용차로처럼 운영 되는지를 결정해야 한다.
- ③ 좌회전 전용차로가 공용차로와 함께 있는 경우(CASE 5)는 공용차로로 간주한다. 이 때는 좌회전차로, 공용차로, 및 직진 차로가 평형상태를 나타내는 경우와, 두 개의 좌회전 차로가 실질적 좌회전 전용차로가 되는 경우(CASE 2와 같이)를 판별해야 한다.
- ④ 우회전 전용차로의 경우도 마찬가지로 직진과 우회전 공용차로가 평형상태인지, 아니면 우회전 교통량이 많아 우회전 전용차로처럼 운영되는지를 결정해야 한다.

공용차로에서 실질적 좌·우회전 전용차로(de facto LT, RT lane)는 그 차로의 직진이 첫 회전차량 앞에 도착한 차량밖에 없다. 따라서 그 차로의 좌회전 비율이 거의 100%이면 공용차로는 실질적 전용 회전차로이다. 분석할 때는 반드시 이 실질적 전용 회전차로의 존재 여부를 판단해야 한다. 미국 HCM의 경우는 이 과정의 필요성을 언급하고 있으나, 그 판별 방법에 관한 설명이 없으며, 모든 풀이 과정도 평형상태 즉, 직진과 회전이동류의 통합 차로군에 관한 것 뿐이다.

차로군 분류 이후의 모든 계산은 차로군별로 한다. <그림 8C-1>은 차로별 사용 이동류와 이에 따른 가능한 차로군을 나타낸 것이다.

차로수*	차로별 이동류	가능 차로군 조합
2	 case 1,3	
	 case 4,6	
3	 case 1,3	
	 case 4,6	
4 이상	 case 1	
	 case 2	
	 case 4	
	 case 5	

주) * 전용 좌회전차로를 포함한 차로수로서, 분석에서 사용하는 차로수와는 다르다.

그림 8C-1 차로별 이동류와 가능 차로군

2) 차로군 분류 방법

녹색신호 때 각 차로당 방출되는 교통량은 평형상태를 유지하려는 경향을 갖는다는 가정하에 차로군을 분류한다. 따라서 각 이동류의 전체 직진환산교통량을 차로수로 나누어 그 값보다 큰 값을 갖는 직진환산 회전 교통류는 실질적 전용 회전으로 간주되고 평균값 이하이면, 직진과 같이 이용하는 공용 회전으로 본다. 이 때 회전 이동류의 첫 차량 앞에 먼저 도착하는 직진의 교통량 V_{LF} , V_{RF} 가 고려되어야 한다. 그러나 직진차로당 직진 교통량의 크기가 좌·우회전의 직진환산 회전 이동류보다 적으면, 차로당 직진환산 교통량을 계산할 필요 없이 실질적 전용 좌회전, 실질적 전용 우회전이다.

전용 좌회전 차로가 있는 경우(CASE 1, 2, 3)는 이 방법을 사용하기가 매우 간단하나, 공용 좌회전 차로가 있는 CASE 4, 5, 6의 경우는 3개 이동류의 상대적 크기에 따라 차로군 분류가 다양하게 변하므로 대단히 복잡하다.

(가) V_{LF} , V_{RF} 결정

공용차로에서는 그것이 실질적 공용차로이든 실질적 전용차로이든 첫 회전차량 앞에 도착하여 공용차로를 이용하는 직진교통량이 적은 양이기는 하나 반드시 존재하여 분석에 영향을 준다. 이 교통량은 공용차로를 이용하는 최소 직진 교통량이다. 이 값은 다음과 같다.

V_{LF} :

$$V_{LF} = \frac{3600 V_{Th}}{CNV_L} \text{ (CASE 4, 6)}$$

$$V_{LF} = \frac{7200 V_{Th}}{C(N-1)V_L} \text{ (CASE 5)}$$

V_{RF} :

$$V_{RF} = \frac{3600 V_{Th}}{CNV_R} \text{ (CASE 1, 2, 3, 4, 6)}$$

$$V_{RF} = \frac{3600 V_{Th}}{C(N-1)V_R} \text{ (CASE 5)}$$

여기서,

V_{LF} = 공용 좌회전 차로에서 첫 좌회전 앞에 도착하는 직진 교통량(vph)

V_{RF} = 공용 우회전 차로에서 첫 우회전 앞에 도착하는 직진 교통량(vph)

V_{Th} = 직진 교통량(vph)

V_L = 좌회전 교통량(vph)

V_R = 우회전 교통량(vph)

C = 주기(초)

N = 접근로 전체 차로수(전용 좌회전 차로 제외)

(나) CASE 별 차로군 분류

또 공용좌회전 차로를 이용하는 직진교통량을 V_{STL} , 공용우회전 차로를 이용하는 직진교통량을 V_{STR} 라 할 때 각 CASE 별로 실질적 전용좌 또는 우회전 차로 여부는 다음과 같이 결정된다.

가) CASE 1, 2, 3

① 실질적 전용 우회전 여부 검토

$$\text{판별식} : V_{STR} = \frac{1}{N} [V_{Th} - E_R V_R (N - 1)]$$

* $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 공용 우회전

* $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 우회전

(좌회전은 전용 좌회전 차로이므로 별도 차로군)

나) CASE 4, 5, 6

① CASE 4, 6의 판별식

$$V_{STL} = \frac{1}{N} [V_{Th} + E_R V_R - E_L V_L (N - 1)]$$

$$V_{STR} = \frac{1}{N} [V_{Th} + E_L V_L - E_R V_R (N - 1)]$$

② CASE 5의 판별식

$$V_{STL} = \frac{1}{N} [2(V_{Th} + E_R V_R) - E_L V_L (N - 2)]$$

$$V_{STR} = \frac{1}{N} [V_{Th} + E_L V_L - E_R V_R (N - 1)]$$

③ 실질적 전용 좌·우회전 여부 검토

* $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 공용 좌회전, 공용 우회전

* $V_{STL} > V_{LF}$ 이고 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 공용 좌회전, 실질적 전용 우회전

* $V_{STL} < V_{LF}$ 이고 $V_{STR} > V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전, 공용 우회전

* $V_{STL} < V_{LF}$ 이고 $V_{STR} < V_{RF}$ 이면: 실질적 전용 좌회전, 실질적 전용 우회전

〈부록 D〉 비보호좌회전의 직진환산계수

비보호좌회전이란, 좌회전을 위한 별도의 신호가 없이 직진신호에서 대향직진 교통에 통행우선권을 양보하면서, 대향 직진교통류의 차두시간을 이용하여 좌회전이 허용되는 신호교차로 운영방식이다.

비보호좌회전 운영방식은 교통량이 비교적 적은 교차로, 즉 좌회전 교통량과 대향직진 교통량이 적은 교차로에서 적용할 수 있는 것으로서, 우리 나라 도시부에서는 일반화되어 있지 않으나 외국에서는 일반화되어 있다. 우리 나라도 신호기설치기준에 따라 신호기를 설치한다면 많은 교차로가 비보호좌회전 운영방식으로 새로이 신호화 될 여지가 있으며, 시일이 경과함에 따라 이들 교차로의 교통량이 많아지게 되면 보호좌회전 운영방식으로 바꿀 수 있다.

비보호좌회전은 좌회전 전용차로 없이 한 차로를 직진과 좌회전이 공용하는 경우와, 드물기는 하나 전용좌회전 차로에서 비보호좌회전으로 운영하는 방식이 있다. 그러나 전용차로이든 공용차로이든 한 접근로의 두 개 차로에서 비보호좌회전이 이루어지는 경우는 없다.

비보호좌회전이 허용되는 교차로는 적은 교차로이므로 대부분 U turn이 허용되지 않는다. 또 녹색 신호라 할지라도 정지선에 일단 정지한 후 수락간격이 나타나면 신속히 좌회전하므로 앞 차량 때문에 차두시간에 영향을 받거나 곡선반경에 영향을 받지 않는다.

1) 전용 좌회전차로에서의 비보호좌회전의 직진환산계수(E_3)

비보호좌회전은 대향직진의 차두시간을 이용하여 이루어진다. 대향직진은 녹색신호 초기에 포화 차량군으로 방출된후 대기행렬이 해소되면 임의도착 상태로 방출된다고 가정한다. 이 때 포화 차량군의 길이를 g_q 라 하고, 임의방출 시간을 g_u 라 하면:

$$g_q = \frac{V_o(C - g)}{S_0N - V_o}$$

$$g_u = g - g_q = \frac{S_0Ng - V_oC}{S_0N - V_o} \text{ 이다.}$$

대향직진 차량군 이후의 임의도착시간 g_u 동안 비보호좌회전의 차두시간은 $\frac{3,600}{V_oP}$ 이다. 여기서 P는 대향교통류 한 gap당 비보호좌회전할 수 있는 차량대수로서 gap acceptance 모형에서 다음과 같이 나타낼 수 있다. 즉,

$$P = \frac{e^{-\mu\tau}}{1 - e^{-\mu d}}$$

여기서,

$$\mu = \text{대향교통유율}(=V_o/3,600)$$

$$\tau = \text{임계차두시간}(4.9\text{초})$$

$$d = \text{긴 gap에서 연속 비보호좌회전 할 때, 좌회전의 최소 차두시간}(2.3\text{초})$$

대향직진 교통량에 따른 P값은 <표 8D-1>과 같다

<표 8D-1> 대향직진 교통량에 따른 gap당 평균 비보호좌회전 대수

V_o	100	200	400	600	800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
P	14.1	6.350	2.572	1.388	0.841	0.543	0.365	0.252	0.177	0.126

주) 보간법을 사용할 것

비보호좌회전 한 대당 대향직진에 의한 차단시간은 g_q/v_L 이다. 따라서 비보호좌회전 한 대당 평균 차두시간 $\bar{h}$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 즉,

$$\bar{h} = \frac{3,600}{V_o P} + \frac{g_q}{v_L}$$

$$\text{여기서, } g_q = \frac{V_o(C - g)}{S_0 N - V_o} \text{ 이고 } v_L = V_L \times \frac{C}{3,600} \text{ 이다.}$$

따라서 직진환산계수는 $\bar{h}$ 에다 직진의 차두시간을 나눈 값과 같으므로;

$$\begin{aligned} E_{L3} &= \left(\frac{3,600}{V_o P} + \frac{g_q}{v_L} \right) \frac{S_0}{3,600} = \frac{S_0}{V_o P} + \frac{S_0 g_q}{3,600 v_L} \\ &= \frac{S_0}{V_o P} + \frac{(1 - g/C) V_o S_0}{(S_0 N - V_o) V_L} \\ &= \frac{2,200}{V_o P} + \frac{2,200(1 - g/C) V_o}{(2,200 N - V_o) V_L} \end{aligned}$$

여기서,

P = 대향직진 한 gap당 비보호좌회전 할 수 있는 평균 차량대수(<표 8-8>)

V_o = 대향직진 교통량(vph)

N = 접근로 차로수(전용 좌회전 차로 제외)

V_L = 좌회전 교통량(vph)

V_{Th} = 직진 교통량(vph)

$C = \text{주기(초)}$

$g/C = \text{유효 녹색시간비}$

2) 공용 좌회전 차로에서 비보호좌회전의 직진환산계수(E_{L6})

공용좌회전 차로에서는 대향직진에 의한 차단시간 중 일부를 첫 좌회전 차량 앞에 먼저 도착한 직진이 이용을 한다. 이 직진 이용시간은 $V_{LF} \times 3,600/S_0$ 이다. 따라서 비보호좌회전이 차단 당하는 시간은 위의 g_q 에서 이 값만큼 뺀 시간이다. 그러므로 위의 유도식을 참조하면 다음과 같다. 여기서 첫 좌회전 앞에 먼저 도착한 직진차량 대수 V_{LF} 의 시간당 평균값은 $3,600V_{Th}/(CNV_L)$ 이다.

$$\begin{aligned} E_{L6} &= \left(\frac{3,600}{V_o P} + \frac{g_q - v_{LF} \cdot 3,600/S_0}{v_L} \right) \times \frac{S_0}{3,600} \\ &= \frac{S_0}{V_o P} + \frac{\frac{V_o(C-g)}{S_0 N - V_o} \frac{S_0}{3,600} - v_{LF}}{V_L C/3,600} \\ &= \frac{S_0}{V_o P} + \frac{1}{V_L} \left[\frac{(1 - g/C) V_o S_0}{S_0 N - V_o} - V_{LF} \right] \\ &= \frac{S_0}{V_o P} + \frac{1}{V_L} \left[\frac{(1 - g/C) V_o S_0}{S_0 N - V_o} - \frac{3,600 V_{Th}}{CNV_L} \right] \\ &= \frac{2,200}{V_o P} + \frac{1}{V_L} \left[\frac{2,200(1 - g/C) V_o}{2,200 N - V_o} - \frac{3,600 V_{Th}}{CNV_L} \right] \end{aligned}$$

〈부록 E〉 우회전의 직진환산계수($E_{R1,2}$)

신호교차로의 맨 우측차로의 정지선은 거의 대부분 직진과 우회전이 함께 이용하는 공용 우회전 차로로 운영된다. 그러나 교통섬으로 도류화되어 우회전하는 경우는, 비단 정지선은 직진만 이용을 하나 그 차로에 할당된 녹색신호를 우회전도 이용을 하므로 이것도 공용 우회전으로 분류된다. 이 때 우회전의 정지선은 교통섬 nose 부분의 우회전 경로 입구로 볼 수 있다.

전용 우회전은 T형 교차로에서와 같이 우측차로를 직진이나 좌회전이 이용할 수 없는 경우이다.

공용 우회전 차로는 녹색신호에서 우회전 차량이 회전 한 후 교차도로의 보행자에 의해 진행이 차단되어 직진 및 우회전의 진행을 방해한다. 도류화된 공용 우회전 차로의 경우, 횡단보도가 교통섬에 연결되어 있으면 우회전이 횡단 보행자에 의해 차단되지 않지만, 우회전한 후 횡단보도를 만나면 우회전 차량이 도류로의 우회전경로에 가득 차지 않는 한 맨 우측 차로상의 직진이나 우회전 진행을 방해하지 않는다.

공용 우회전차로에서는 첫 우회전 차량 앞에 도착한 직진은 녹색신호를 이용하므로 횡단 보행자로 인해 이 차로가 이용할 수 없는 시간은 실제 차단시간보다 적다.

1) 우회전 교통량 보정

신호교차로 분석은 녹색신호를 소모하는 차량만 취급을 하므로, 공용 우회전 차로에서 적색신호에 우회전하는 차량(RTOR)은 분석에서 제외되며, 도류화된 공용 우회전차로에서도 RTOR 및 녹색신호 때 이 차로를 벗어난 우회전 차량은 분석에서 제외된다. 즉, 우측 차로는 일반적으로 다른 직진 차로 보다 넓기 때문에 직진 옆으로 우회전하여 빠져나가는 교통량도(녹색신호라 할 지라도) 분석에서 제외된다. 이들 차량은 신호와 관계없이 우회전하는 우회전 전용차량으로 간주될 수 있기 때문이다. 도류화된 공용 우회전 차로는 일반적으로 차로폭이 넓으므로 이러한 경우가 더 많다.

한 마디로 분석에 사용되는 우회전 교통량은 녹색신호를 소모하는 우회전만을 말한다.

공용우회전 차로 및 전용 우회전 차로의 우회전 분석 교통량 대 총 우회전 교통량의 비(V_R/V_{RO})는 다음과 같다. 신호교차로의 용량 및 서비스수준 분석에 사용되는 모든 우회전 교통량은 실제 총 우회전 교통량에서 <표 8E-1>의 보정계수를 곱해 주어 얻은 값을 사용해야 한다.

<표 8E-1> 우회전 교통량 보정계수

구 분	보정계수(V_R / V_{RO})
공용 우회전차로	0.5
도류화 공용 우회전차로	0.4
전용 우회전 차로	0.5

주) V_R : 분석에 사용되는 보정된 우회전 교통량

V_{RO} : 총 우회전 교통량

2) 기본 조건하에서의 우회전의 포화교통류율(S_{RT})

포화된 우회전의 교통류율은 직진차량이 정지선을 벗어날 때와 마찬가지로 우회전차량이 우회전 차로를 포화상태로 벗어날 때의 평균 최소차두시간을 측정함으로써 얻을 수 있다. 우회전의 포화 교통류율은 우회전의 곡선반경에 따라 다소 차이가 있으나, 도시부 도로의 일반적인 교차로의 우회전 곡선반경에서 자유로운 우회전 상태의 포화교통류율 S_{RT} 는 1,900 pcphgpl의 값을 갖는다.

3) 도류화되지 않은 공용 우회전의 직진환산계수(E_{RI})

비보호좌회전의 경우와 마찬가지로 포화상태에서 우회전 자체의 차두시간은 $3,600/S_{RT}$ 이며, 우회전 차단시간은 보행자 횡단시간 G_p 중 일부분인 $f_c G_p$ 이다. 여기서 f_c 는 <표 8E-2>에 나타나 있으며, 보행자

수가 많으면 큰 값을 갖는다. 첫 우회전 차량 앞에 도착하는 시간당 직진 교통량 V_{RF} 는 $3,600V_{Th}/(CN_T V_R)$ 이다. 이 교통량의 한 주기당 값을 v_{RF} 라 할 때, 이 차단시간을 이용하는 시간은 $V_{RF} \times 3,600/S_0$ 이다. 따라서 교차도로의 횡단보행자로 인한 손실시간은 $f_c G_P - V_{RF}(3,600/S_0)$ 이므로,

$$\begin{aligned} E_{R1} &= \left[\frac{3,600}{S_{RT}} + \frac{f_c G_P - v_{RF}(3,600/S_0)}{v_R} \right] \times \frac{S_0}{3,600} \\ &= \frac{S_0}{S_{RT}} + \frac{f_c G_P (S_0/3,600) - v_R}{V_R C/3,600} \\ &= 1.16 + \frac{1}{V_R} \left[\frac{f_c G_P S_0}{C} - V_{RF} \right] \\ &= 1.16 + \frac{1}{V_R} \left[\frac{f_c G_P S_0}{C} - \frac{3,600 V_{Th}}{CN_T V_R} \right] \end{aligned}$$

여기서,

S_0 = 기본 조건하에서의 기본 포화교통량(2,200pcphgpl)

S_{R0} = 우회전의 기본 포화교통량(1,900pcphgpl)

V_R = 보정된 우회전 교통량(vph)

f_c = 횡단보행신호 중에서 우회전을 방해하는 시간의 비율

G_P = 교차도로의 횡단보행신호(초)

C = 주기(초)

L_H = 이면도로 진출입, 버스정차, 노상주차에 의한 노변마찰(초)

V_{Th} = 직진 교통량(vph)

N_T = 직진 가능한 차로수 $N_T = N$ (CASE 1, 2, 3, 4, 6)
 $= N-1$ (CASE5)

〈표 8E-2〉 우회전이 이용할 수 없는 횡단보도 신호시간 비율(f_c)

구 분	횡단 보행자 수 (양방향)				
인/시간	≤ 500	≤ 1,000	≤ 1,500	≤ 2,000	> 2,000
f_c	0.70	0.85	0.94	0.98	1.00

위의 E_R 은 현재 교통량이 포화상태로 방출될 때 의 실제적인 직진환산계수이다. 녹색신호 초기에 보행자에 의한 우회전 차단시간을 직진환산계수에 반영하기 때문에 우회전 교통량에 따라 이 계수의 값이 달라진다. 즉 회전 교통량이 많아지면 이 값은 줄어든다.

4) 도류화된 공용 우회전의 직진환산계수(E_{R2})

도류화된 공용 우회전 차로는 적색신호에서 우회전 차량 앞에 도착하는 직진차량이 우회전 경로를 막을 때까지 그 사이에 도착하는 우회전 차량은 자유로이 우회전한다. 또 우회전 한 후 교차도로의 횡단보도로부터 방해받지 않는다. 더욱이 우회전차로 폭이 넓어 신호와 상관없이 우회전하는 경우가 많다. 따라서 이러한 차로에서는 분석에 이용되는 우회전 교통량이 매우 적다. 또 직진차량에 의해 우회전 입구가 차단된다 하더라도 녹색신호동안에 직진이 진행함에 따라 녹색시간동안 우회전이 항상 가능하다. 그러나 우회전 교통량이 매우 많아 교통섬 사이에 우회전 대기행렬이 생기는 경우도 있으나 녹색시간동안 해소가 가능하므로 이와 같이 배타적으로 녹색신호를 소모하는 우회전만 분석에 포함하면된다. 따라서,

$$\begin{aligned} E_{R2} &= \frac{3,600}{S_{RT}} \times \frac{S_0}{3,600} \\ &= \frac{S_0}{S_{RT}} \\ &= 1.16 \end{aligned}$$

〈부록 F〉 연동계수

〈분석에 사용되는 표 및 그림〉

〈표 8F-1〉 신호교차로의 서비스 수준 기준

서비스 수준	차량당 제어지체
A	15초 이하
B	15 ~ 30초
C	30 ~ 50초
D	50 ~ 70초
E	70 ~ 100초
F	100 ~ 220초
FF	220 ~ 340초
FFF	340초 이상

〈표 8F-2〉 차로이용 계수(F_U)

이동류의 전용 차로수	차로별 평균교통량(vph)		설계수준	
	800 이하	800 초과	서비스수준 C, D	서비스수준 E
1차로	1.00	1.00	1.00	1.00
2차로	1.02	1.00	1.02	1.00
3차로	1.10	1.05	1.10	1.05
4차로 이상	1.15	1.08	1.15	1.08

〈표 8F-3〉 우회전 교통량 보정계수(F_R)

공용 우회전 차로 구분	F_R
도류화 되지 않은 공용 우회전 차로	0.5
도류화된 공용 우회전 차로	0.4
전용 우회전 차로	0.5

〈표 8F-4〉 좌회전 자체의 직진환산계수(E_i)

신호운영 좌회전차로	전용좌회전 차로수		공용좌회전 차로수	
	1	2	1	2
양방보호신호	1.00	1.05		
동 시 신 호			1.00	1.02*
비보호좌회전신호	E_{i3} 공식**		E_{i6} 공식***	

주) * 왼쪽 차로가 좌회전 전용차로라 하더라도 오른쪽 차로가 공용이면 두 차로 다 공용으로 간주

$$** E_{i3} = \frac{2,200}{V_o P} + \frac{2,200(1 - g/C) V_o}{(2,200N - V_o) V_L} \quad (\text{식 8-4})$$

$$*** E_{i6} = \frac{2,200}{V_o P} + \frac{1}{V_L} \left[\frac{2,200(1 - g/C) V_o}{2,200N - V_o} - \frac{3,600 V_{th}}{CN V_L} \right] \quad (\text{식 8-5})$$

여기서 P는 대향직진 한 gap당 비보호좌회전 할 수 있는 평균 차량대수이며, V_o 에 따른 P값은 〈표 8F-5〉과 같다.

〈표 8F-5〉 대향직진 교통량별 한 gap당 비보호좌회전 가능 대수

V_o	100	200	400	600	800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
P	14.1	6.35	2.57	1.39	0.84	0.54	0.37	0.25	0.18	0.13

〈표 8F-6〉 좌회전 곡선반경별 직진환산계수(E_p)

좌회전 곡선반경(m)	9	12	15	18	20	20 이상
직진환산계수(E_p)	1.14	1.11	1.09	1.06	1.05	1.00

〈표 8F-7〉 U턴%별 좌회전의 직진환산계수 - 좌회전차로 1개(E_{u1})

U턴 %*	0	10	20	30	40	50	60
E_{u1}	1.00	1.21	1.39	1.64	1.97	2.55	3.25

주) * 보정되지 않은 전체 좌회전과 U턴 교통량을 합한 교통량에 대한 U턴 교통량 비율

** 보간법을 이용할 것

〈표 8F-8〉 U턴%별 좌회전의 직진환산계수 - 좌회전차로 2개(E_{u2})

U턴 %*	0	10	20	30
E_{u1}	1.00	1.17	1.30	1.48

주) * 보정되지 않은 전체 좌회전과 U턴 교통량을 합한 교통량에 대한 U턴 교통량 비율

** 보간법을 이용할 것

〈표 8F-9〉 버스 1대의 정차에 따른 포화차두시간 손실시간(T_b)

구 분	주행차로에 버스 정차*			별도의 버스승차대 정차
	소	중	대	
승차인원(인/대) 하차인원(인/대)	4인 이하 7인 이하	5~8인 8~14인	9인 이상 15인 이상	해당 없음
T_b (초)	10.8	15.3	22.8	1.4

주) * 대: 버스이용객 많음. 시장, 백화점, 버스터미널, 주요 전철역에 의한 환승지점 등

중: 버스이용객 중간. 일반적인 업무지구, 상업지구, 전철역 주변 등

소: 버스이용객 적음. 일반적인 주택지역, 기타

〈표 8F-10〉 우회전이 이용할 수 없는 횡단보도 신호시간 비율(f_c)

구 분	횡단 보행자 수 (양방향)				
인/시간	≤ 500	$\leq 1,000$	$\leq 2,000$	$\leq 3,000$	$> 3,000$
f_c	0.3	0.6	0.8	0.9	1.0

(가) V_{LF} 및 V_{RF}

$$i) V_{LF} = \frac{3,600 V_{Th}}{CNV_L} \quad (\text{CASE 4, 6}) \quad (\text{식 8-13})$$

$$= \frac{7,200 V_{Th}}{C(N-1)V_L} \quad (\text{CASE 5}) \quad (\text{식 8-14})$$

$$ii) V_{RF} = \frac{3,600 V_{Th}}{CNV_R} \quad (\text{CASE 1, 2, 3, 4, 6}) \quad (\text{식 8-15})$$

$$= \frac{3,600 V_{Th}}{C(N-1)V_R} \quad (\text{CASE 5}) \quad (\text{식 8-16})$$

(나) V_{STL} 및 V_{STR}

$$i) V_{STL} = \frac{1}{N} [V_{Th} + E_R V_R - E_L V_L (N-1)] \quad (\text{CASE 4, 6}) \quad (\text{식 8-17})$$

$$= \frac{1}{N} [2(V_{Th} + E_R V_R) - E_L V_L (N-2)] \quad (\text{CASE 5}) \quad (\text{식 8-18})$$

$$ii) V_{STR} = \frac{1}{N} [V_{Th} - E_R V_R (N-1)] \quad (\text{CASE 1, 2, 3}) \quad (\text{식 8-19})$$

$$= \frac{1}{N} [V_{Th} + E_L V_L - E_R V_R (N-1)] \quad (\text{CASE 4, 5, 6}) \quad (\text{식 8-20})$$

〈표 8F-11〉 차로폭 보정계수(f_w)

차로폭(m)	≤ 2.6	≤ 2.9	≥ 3.0
f_w	0.88	0.94	1.00

〈표 8F-12〉 경사 보정계수(f_g)

경사(%)	≤ 0	+ 3	$\geq + 6$
f_g	1.00	0.96	0.93

주) 보간법을 사용할 것

$$f_{Th} = 1 - \frac{L_H}{3,600N_{Th}} \quad (\text{식 8-33})$$

$$V_{STL} = \frac{1}{N} \left[V_{Th} - E_L V_L (N-1) + \frac{L_H}{1.63} \right] \quad (\text{식 8-34})$$

$$f_{Th} = 1 - \frac{L_H}{3,600N_{Th}} \quad (\text{식 8-35})$$

$$f_{LT} = \frac{1}{1 + P_{LT} \left[E_L - 1 + \frac{L_H}{1.63 V_L} \right]} \quad (\text{식 8-36})$$

$$f_{RT} = 0.86 \left[1 - \frac{f_c G_p}{CN_R} - \frac{L_H}{3,600N_R} \right] \quad (\text{우회전 교통섬이 없는 경우}) \quad (\text{식 8-37})$$

$$= 0.86 \left[1 - \frac{L_H}{3,600N_R} \right] \quad (\text{우회전 교통섬이 있는 경우})$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 0.8P} \quad (\text{식 8-39})$$

$$\text{CASE I : } 0 < Q_b < (1-X)cT \quad (\text{식 8-44})$$

$$\text{CASE II : } 0 < (1-X)cT < Q_b \quad (\text{식 8-45})$$

$$\text{CASE III : } (1-X)cT < 0 < Q_b \quad (\text{식 8-46})$$

균일지체 :

$$d_1 = \frac{0.5 C(1 - g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} \quad (Q_b = 0 \text{ 때 사용}) \quad (\text{식 8-47})$$

$$= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-y)} \quad (\text{CASE I 때 사용}) \quad (\text{식 8-48})$$

$$= \frac{R}{2} \quad (\text{CASE II, III 때 사용}) \quad (\text{식 8-49})$$

추가지체 :

$$d_3 = \frac{1,800 Q_b^2}{cT(c-V)} \quad (\text{식 8-51})$$

$$d_3 = \frac{3,600 Q_b}{c} - 1,800 T(1-X) \quad (\text{식 8-52})$$

$$d_3 = \frac{3,600 Q_b}{c} \quad (\text{식 8-53})$$

〈표 8F-13〉 고정시간신호 연동계수(PF)

TVO	g/C								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	1.04	0.86	0.76	0.71	0.71	0.73	0.78	0.86	1.06
0.1	0.62	0.56	0.54	0.55	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.2	1.04	0.81	0.59	0.55	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.3	1.04	1.11	0.98	0.77	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.4	1.04	1.11	1.20	1.14	0.94	0.73	0.72	0.81	0.92
0.5	1.04	1.11	1.20	1.31	1.30	1.09	0.83	0.81	0.92
0.6	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.47	1.22	0.81	0.92
0.7	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.56	1.63	1.27	0.92
0.8	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.47	1.58	1.76	1.00
0.9	1.04	1.11	1.15	1.08	1.06	1.09	1.17	1.32	1.59
1.0	1.03	1.01	0.89	0.80	0.74	0.71	0.71	0.81	1.08

- 주) 1) 연동시스템에 속하지 않는 교차로 또는 연동되지 않는 방향(주로 직진과 다른 현시에 진행하는 좌회전)의 이동류에 대해서는 1.0 적용
 2) 보간법 사용

〈부록 G〉 연동보정계수 산정방법

고정신호 연동계수를 보다 정확하게 산정하기 위해서는 다음 절차를 따라 수행한다.

① 차량군 창 의 결정(W)

첫 번째 단계로서 차량군창(Platoon Window : W)을 결정하는데 W는 상류부 녹색신호시간이 하류부 교차로에서 조밀한 교통량으로 연속 통과하는 시간연장을 의미한다. W는 상류부 녹색신호시간 중 포화상태로 통과하는 시간보다는 같거나 크며 상류부의 전체 녹색신호시간보다는 작다.

$$\frac{(C - g_i) \times p \times q_a}{s - p \times q_a} \leq W \leq g_i \quad (\text{식 8G-1})$$

여기서,

C = 신호주기(초)

g_i = 상류부 직진차량군의 포화부분 길이(초)

p = 직진교통류 비율

q_a = 하류부 접근교통량(대/초/차로)

s = 포화교통류율(대/녹색시간(초)/차로)

만약, 상류부 출발차량군이 주기동안 하류부에 균일하게 도착하거나 기타 다른 정보가 제공되지 않으면 $W = g_i$ 가 된다.

② 상류부 출발교통류율(q_u)

W 가 결정되면 W 동안의 상류부 통과교통류율을 산정한다.

$$q_u = p \times q_a \times \frac{C - f \times (g_i - W)}{W} \quad (\text{식 8G-2})$$

여기서,

q_u = 상류부 통과교통류율(대/초), $q_u \leq s$

f = 상류부 교차로 연동계수(경험적인 값), $f \cong 0.064 \times \sqrt{t_i}$, $f \leq 1.0$

t_i = 교차로 평균통행시간(초)

③ 평활화 계수(F)

차량군 분산관계를 설명하는 평활화 계수(F)는 도로 및 교통량특성계수 α , β 와 교차로 통행시간 t 로부터 결정된다.

$$F = \frac{1}{1 + \alpha \times \beta \times t} \quad (\text{식 8G-3})$$

여기서,

F = 평활화 계수

α , β = 도로 및 교통량 특성계수($\alpha = 0.35$, $\beta = 0.80$)

t = 교차로 통행시간(초)

④ 다음 신호주기와 중첩되는 교통류율(q_o)

이전 신호주기의 마지막부분에 도착하여 통과하지 못하고 남은 교통류가 다음 신호주기에 중첩되는 상황의 교통류를 구한다.

$$q_o \cong 1.26 \times p \times q_a \times (1 - F)^{(C - g_i)} \quad (\text{식 8G-4})$$

여기서,

q_o = 다음 신호주기 중첩 교통류율

⑤ 하류부 교차로에서 차량군도착의 보정폭

아래 <그림 8G-1>처럼 차량군의 선두는 상류부 교차로에서 출발한 후 $\beta \times t$ 초 다음에 하류부에 도달하며 하류부 교차로에서의 교통량은 W_1 시간이 지난 후에 교통량 $p \times q$ 에 도달하게 된다.

$$W_l = \frac{\ln[(p \times q_a - s)/(q_o - s)]}{\ln(1 - F)} \quad (\text{식 } 8G-5)$$

$$W_l \geq 0.0$$

또한, 차량군이 통과하는 시간은 첫 번째 차량이 도달한 후 W_l 시간 이후부터 시작되어 총 통과시간 (W_e)은 (식 8G-6)과 같다.

$$W_e = W_l + W \quad (\text{식 } 8G-6)$$

⑥ 차량군 창내의 교통류율(q_w)

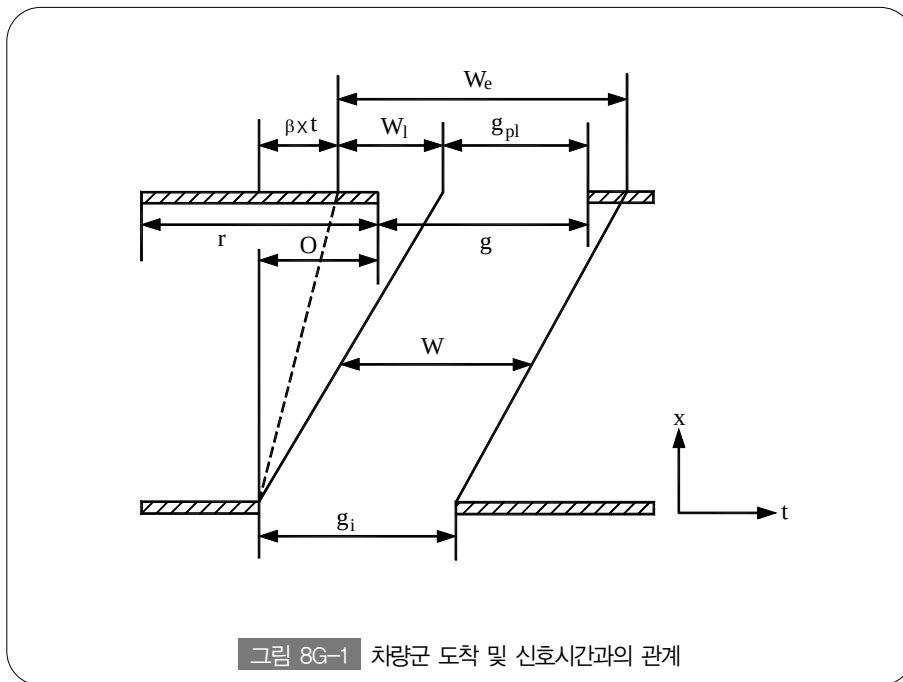
차량군 분산모형의 간략화된 교통류 예측식을 이용하여 W_l 과 W_e 동안 적분하면 차량군창을 통과하는 도착 교통류율을 구할 수 있다.

$$q_w = q_u + \frac{(q_o - q_u) \times [1 - (1 - F)^{-W}] \times (1 - F)^{(W_e + f)}}{W \times \ln(1 - F)} \quad (\text{식 } 8G-7)$$

$$q_w \geq p \times q_a$$

여기서,

f = 경험적 보정계수(=4.0)



⑦ 하류부 도착교통류율(q_{pl})

차량군 창내의 도착교통류율의 합은 2차 교통류율을 포함하여

$$q_{pl} = q_w + (1-p) \times q_a \quad (\text{식 8G-8})$$

로 산정된다. 차량군 창밖의 도착교통류율 중에서 연속진행교통류율(q_p)과 비연속진행교통류율(q_s)을 산정하면 (식 8G-9)와 같다.

$$q_p = \frac{p \times q_a \times C - W \times q_w}{C - W} \quad (\text{식 8G-9})$$

$$q_s = q_p + (1-p) \times q_a \quad (\text{식 8G-10})$$

이와 같은 도착교통류율이 하류부 신호현시와 만나면서 교차로 접근부에서의 연동지체도가 산정된다.

⑧ 차량군 도착시 녹색시간 간격결정

차량군이 하류부 녹색현시 어느 위치에 도착하는가는 통행시간과 오프셋(offset)과의 관계에 의하여 (식 8G-11), (식 8G-12)와 같이 4가지 값의 조합에 따라 좌우된다.

$$G_1 = O + g; \quad G_2 = O; \quad (\text{식 8G-11})$$

$$P_1 = W_e + \beta \times t; \quad P_2 = W_l + \beta \times t; \quad (\text{식 8G-12})$$

그러나 통행시간이나 주기가 매우 길어 질 경우, 상기 4개의 값은 보정되어야 한다. 즉,

$$G_1 - C > W_l + \beta \times t \quad \text{일 경우,} \quad \begin{pmatrix} G_1 = O + g - C \\ G_2 = O - C \end{pmatrix}$$

$$P_1 - C > O \quad \text{일 경우,} \quad \begin{pmatrix} P_1 = W_e + \beta \times t - C \\ P_2 = W_l + \beta \times t - C \end{pmatrix} \text{가 된다.}$$

또한 4개의 값이 결정되면 차량군이 하류부에 도착할 때의 도착 녹색시간간격(g_{pl})은 (식 8G-13)과 같다.

$$g_{pl} = \min \begin{pmatrix} G_1 \\ P_1 \end{pmatrix} - \max \begin{pmatrix} G_2 \\ P_2 \end{pmatrix} \quad (\text{식 8G-13})$$

이 때, g_{pl} 이 정확히 계산되어졌는지 점검하는 것이 필요하다. 즉,

$$W > (C - g) \quad \text{일 경우,} \quad g_{pl} \geq W - (C - g)$$

$$W \leq (C - g) \quad \text{일 경우,} \quad g_{pl} \geq 0.0$$

인지를 반드시 확인하여야 한다.

⑨ 하류부 녹색과 적색시간동안의 도착교통류율(q_g , q_r) 산정

g_{pl} 이 계산되면 녹색과 적색현시 동안의 도착교통류율을 간단한 비례관계로 계산할 수 있다.

$$q_g = \frac{q_{pl} \times g_{pl} + q_s \times (g - g_{pl})}{g} \quad (\text{식 8G-14})$$

$$q_r = \frac{q_a \times C - q_g \times g}{C - g} \quad (\text{식 8G-15})$$

여기서,

q_r = 하류부 적색시간동안의 도착교통류율(대/적색시간(초)/차로)

q_g = 하류부 녹색시간동안의 도착교통류율(대/녹색시간(초)/차로)

⑩ 차량군 연동계수(PF)와 지체산정

하류부 녹색시간을 통과하는 차량군 크기에 의하여 차량군 연동계수(PF)를 산정하면 (식 8G-16)과 같다.

$$PF = \frac{q_r}{q_a} \times \left(1 - \frac{q_a}{s}\right) \times \left(1 + \frac{q_r}{s - q_g}\right) \quad (\text{식 8G-16})$$

여기서,

PF = 연동계수

s = 포화교통류율(대/녹색시간(초)/차로)

q_a = 하류부 접근교통량(대/초/차로)

q_r = 하류부 적색시간동안의 도착교통류율(대/적색시간(초)/차로)

q_g = 하류부 녹색시간동안의 도착교통류율(대/녹색시간(초)/차로)

〈그림 8G-2〉와 〈그림 8G-3〉은 고정신호의 연동계수를 구하기 위하여 필요한 자료를 정리하고 산정하는 분석표이며, 이 분석표 양식은 본 장 부록 B에 기재하여 두었다.

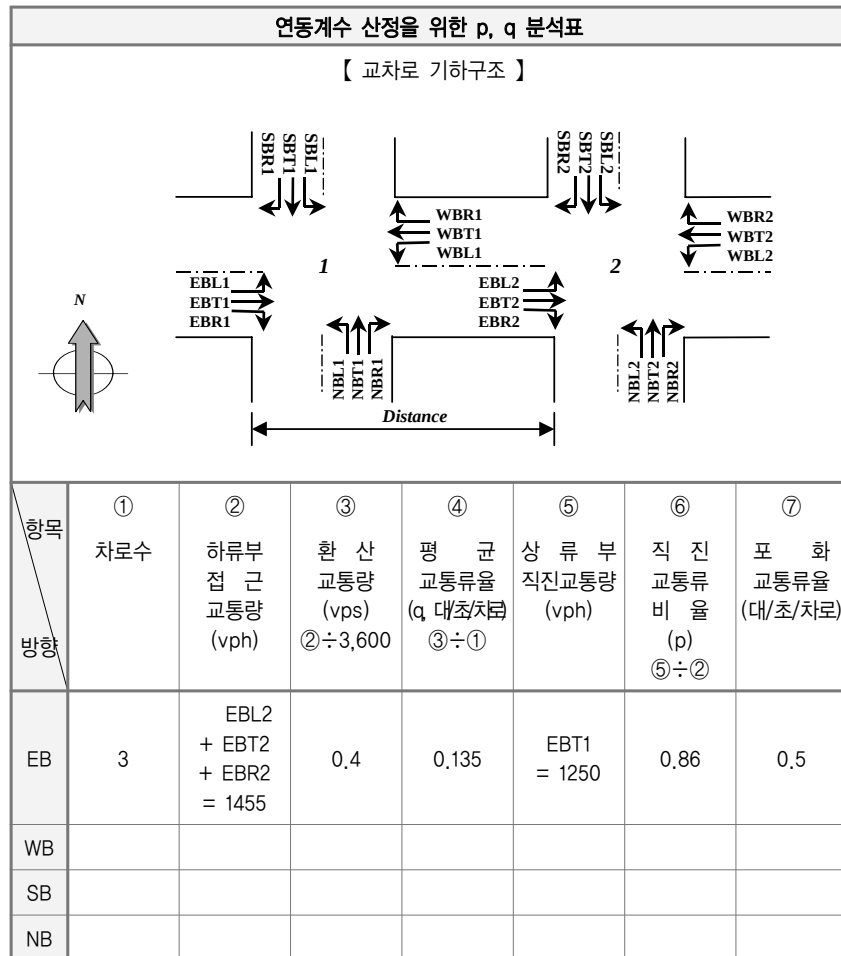


그림 8G-2 고정신호의 연동계수 산정을 위한 p, q 산정의 예

연동계수 산정을 위한 분석과정표				
입 력 자 료		EB	WB	NB SB
신호주기, C (초)		70		
상류부 녹색시간, g (초)		35		
하류부 녹색시간, g _i (초)		35		
오프셋(offset), O (초)		24		
통행시간, t (초)		30		
직진교통류비율, p		0.86		
평균교통류율, q _a (대/초/차로)		0.135		
포화교통류율, s (대/녹색시간(초)/차로)		0.5		
차량군창, W (초)		35		
계 산		EB	WB	NB SB
$f = 0.064\sqrt{t}$		0.35		
$q_u = p \times q \times [C - f \times (g_i - W)] / W$		0.232		
$F = 1 / [1 + \alpha \times \beta \times t]; \alpha = 0.35 \beta = 0.80$		0.107		
$q_o = 1.26 \times p \times q \times (1 - F)^{(C - g_i)}$		0.003		
$W_1 = \frac{\ln[(p \times q - s) / (q_o - s)]}{\ln(1 - F)}$		2.3		
$W_e = W_1 + W$		37.3		
$q_w = q_u + \frac{(q_o - q_u) \times [1 - (1 - F)^{-W}] \times (1 - F)^{(W_e + 4)}}{W \times \ln(1 - F)}$		0.204		
$q_{pl} = q_w + (1 - p) \times q$		0.223		
$q_p = (p \times q \times C - W \times q_w) / (C - W)$		0.028		
$q_s = q_p + (1 - p) \times q$		0.047		
$G_1 = O + g$	$G_2 = O$	59	24	
$P_1 = W_e + \beta \times t$	$P_2 = W_1 + \beta \times t$	61	26	
$MIN = \text{Minimum of } [G_1, P_1]$		59		
$MAX = \text{Maximum of } [G_2, P_2]$		26.2		
$g_{pl} = MIN - MAX$		32.8		
$q_g = [q_{pl} \times g_{pl} + q_s \times (g - g_{pl})] / g$		0.212		
$q_r = (q \times C - q_g \times g) / (C - g)$		0.058		
$P = (q_g \times g) / (q \times C)$		0.784		
$PF = \frac{q_r}{q} \times (1 - \frac{q}{s}) \times (1 + \frac{q_r}{s - q_g})$		0.379		

1. $G_1 < C$ 일 경우, $G_1 = O + g - C$ 이며, $G_2 = O - C$
2. $P_1 < C$ 일 경우, $P_1 = W_e + \beta \times t - C$ 이며, $P_2 = O - W_1 + \beta \times t - C$
3. $W > (C - g)$ 일 경우, $g_{pl} \geq W - (C - g)$ $W \leq (C - g)$ 일 경우, $g_{pl} \geq 0$

그림 8G-3 고정신호의 연동화계수 산정의 예

〈부록 H〉 신호교차로의 지체조사 방법

신호교차로의 서비스 수준은 교차로의 제어지체를 현장에서 관측하여 구할 수도 있다. 교차로의 제어지체에 영향을 주는 것에는 차로수, 차도폭, 경사, 출입제한, 도류화 및 버스정거장과 같은 도로 조건과, 각 접근로의 교통량, 회전교통량, 차종, 접근속도, 주차, 보행자 및 운전자 특성과 같은 교통 조건, 신호기 종류, 신호시간, 정지 및 양보표지, 회전 및 주차제한과 같은 교통통제조건이 있다.

교차로의 지체조사는 통행시간을 조사하여 접근지체를 구하는 방법과, 정지지체만 조사한 후 여기에다 30%를 추가하여 접근지체를 구하는 방법이 있다. 분석기간 이전에 남아 있는 대기차량에 의한 추가 지체는 여기서 고려하지 않는다. 따라서 제어지체는 접근지체를 의미한다.

1) 통행시간 방법

교차로 전·후지점을 통과하는 통행시간을 측정하는 방법이다. 이를 위해서는 시험차량 방법, 차량 번호판 판독법 등을 이용할 수 있고, 교차로 인근 건물 위에서 stop watch로 측정할 수도 있다.

또 하나의 방법은, 각 접근로의 이동류별로 짧은 시간간격(예를 들어 매 15초)마다 교차로 전·후의 정해진 지점 사이에 있는 차량의 순간밀도를 연속적으로 측정하고, 아울러 조사기간(예를 들어 10분) 동안 교차로를 통과한 차량대수를 측정하여 계산에 의해 그 접근로의 해당 이동류에 대한 평균통행 시간을 구하는 방법이다. 〈표 8H-1〉은 이 방법으로 얻은 측정자료의 예를 나타낸 것이다.

〈표 8H-1〉 교차로 통행시간 조사(순간밀도 조사)

조사 시작시간	순 간 밀 도				통과대수
	+ 0초	+ 15초	+ 30초	+ 45초	
5:00 PM	0	4	5	7	14
5:01	3	8	4	2	12
5:02	5	0	6	1	18
5:03	5	3	6	6	12
5:04	6	7	4	7	14
소계	19	22	25	23	
총 밀도 = N	89				70

주) 통과대수는 5:00 - 5:05까지 조사

위 조사자료에서 평균통행시간 $T = N \cdot t / V = 89 \times 15 / 70 = 19.1$ 초이다. 이 때 이 조사는 한 접근로의 한 이동류에 관한 것이다. 교차로의 접근지체를 구하기 위해서는 이 통행시간에서 순행시간을 빼야 한다.

2) 정지지체 방법

교차로에서 어느 한 접근로 또는 한 이동류에 대한 정지한 시간만 조사하는 것이다. 짧은 시간간격(예를 들어 매 15초)마다 정지해 있는 차량대수를 연속적으로 측정하고, 아울러 조사기간(예를 들어 10분)동안 교차로 통과 차량 중에서 정지한 대수와 그대로 통과한 대수를 측정하여 그 이동류의 평균 정지지체를 구한다. <표 8H-2>는 이 방법으로 얻은 측정자료의 예를 나타낸 것이다.

<표 8H-2> 교차로 정지지체 조사

조사 시작시간	정지차량 대수				접근교통량	
	+0초	+15초	+30초	+45초	정지대수	통과대수
5:00 PM	0	2	7	9	11	6
5:01	4	0	0	3	6	14
5:02	9	16	14	6	18	0
5:03	1	4	9	13	17	0
5:04	5	0	0	2	4	17
소계	19	22	30	33	56	37
계	104				93	

*접근교통량은 5:00 - 5:05까지 조사

위 조사자료로부터;

총 정지지체 = $104 \times 15 = 1,560$ 대.초

정지차량당 평균정지지체 = $1,560/56 = 27.8$ 초

차량당 평균정지지체 = $1,560/93 = 16.8$ 초

정지차량 % = $56/93 = 60.2$ %

이 조사는 한 접근로에 대해서 또는 한 이동류에 대해서 조사하는 것이다.

〈부록 1〉 중앙버스전용차로 설치에 따른 효과분석 방법론

중앙버스전용차로의 긍정적인 효과는 버스의 지체를 최소화하여 이를 통해 버스이용율을 높이는 것이라 할 수 있다. 따라서 중앙버스전용차로의 효과를 분석하기 위해서는 일반차로에서 주행하는 승용차의 지체시간은 다소 증가하더라도 중앙버스전용차로를 주행하는 버스의 지체시간은 감소하여 더 많은 승객들이 신호교차로 지체시간 감소의 편익을 누리게 되는 측면으로 효과를 측정해야 할 것이다. 그러므로 중앙버스전용차로의 효과를 측정하기 위해서 버스승객에 대한 편익을 고려한 새로운 효과 분석 방법론의 개발이 필요하다. 버스 지체가 감소함에 따라 버스 승객이 겪는 지체 감소를 측정하기 위해서는 기존의 차량대수만을 고려한 효과척도(초/대)로는 곤란하고 버스 재차인원을 감안한 효과척도가 필요할 것이다.

중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 운영 특성에서 검토했듯이, 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 MOE를 일반신호교차로와 같은 “초/대”로 사용한다면(즉, 승용차와 버스의 지체를 같은 비중으로 처리한다면, 정확히 버스는 승용차의 1.8배) 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 효율은 일반신호교차로의 효율보다 떨어지거나 가장 기본조건인 경우(일반차로 및 버스전용차로의 차로별 교통량이 같은 경우)에도 같을 수 밖에 없다. 그러므로 버스전용차로의 효과를 측정하기 위해서는 버스 지체에 대한 비중을 높여야 할 것이며, 그 방법으로 차종별 재차인원을 고려할 수 있도록 기존의 MOE인 “초/대”를 “초/인”으로 MOE를 전환하는 방안을 고려할 수 있을 것이다.

우선 버스전용차로를 설치함으로써 일반신호교차로의 지체가 어떻게 변화하는지를 파악하기 위해 간단한 샘플을 만들어 보았다. 교차로 관련 기하구조, 신호 및 교통량 조건은 다음과 같다.

- 차로 수: 3차로
- 신호주기 120초, 녹색현시 70초
- 승용차 직진교통량 1,800대/시, 버스 직진교통량 200대/시

1) 일반신호교차로

분석의 단순화를 위해 초기대기행렬은 없으며, 연동보정계수는 1.0, 분석기간 1시간으로 가정하였다.

차량당 평균 지체시간을 산정하기 위해서는 우선 용량을 구해야 하며, 용량을 구하기 위해서는 포화교통류율을 먼저 구해야 한다.

① 포화교통류율 (S_i)

포화교통류율은 기본 포화교통류율(2,200pcphgpl), 차로수 및 각종 보정계수를 이용하여 (식 8I-1)과 같이 산정한다.

$$s_i = s_0 \times N_i \times f_{LT}(\text{또는 } f_{RT}) \times f_w \times f_g \times f_{HV} \quad (\text{식 8I-1})$$

여기서,

S_i = 차로군 i의 포화교통류율(vphg)

S_0 = 기본 포화교통류율(승용차: 2,200 pcphgpl, 버스: 1,100 vphgpl)

N_i = i 차로군의 차로수

f_{LT}, f_{RT} = 좌·우 회전 차로 보정계수(직진의 경우는 1.0)

f_w = 차로폭 보정계수

f_g = 접근로 경사 보정계수

f_{HV} = 중차량 보정계수(버스전용차로의 경우 1.0)

직진일 경우만을 고려했으므로 좌·우 회전 차로 보정계수는 1.0이고, 차로폭 보정계수 및 경사 보정계수도 모두 기본 조건인 1.0으로 가정하였다.

중차량보정계수는 버스의 비율 약 10% (0.10= 200/2,000)와 중차량 승용차 환산계수 1.8을 적용하여 (식 8I-2)와 같이 구하였다.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P(E_{HV} - 1)} = \frac{1}{1 + 0.10(1.8 - 1)} = 0.93 \quad (\text{식 8I-2})$$

이와 같은 계수들을 (식 8I-1)에 대입하여 포화교통류율을 산정하면 (식 8I-3)과 같이 6,111vphg 이다.

$$s_i = 2,200 \times 3 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.93 = 6,111(vphg) \quad (\text{식 8I-3})$$

② 용량(c) 및 포화도(X)

차로군의 용량은 포화교통류율에 주기와 녹색현시 비율을 이용하여 (식 8I-4)와 같이 산정한다.

$$c_i = S_i \times \frac{g_i}{C} = 6,111 \times \frac{70}{120} = 3,565(vph) \quad (\text{식 8I-4})$$

그러므로, 이 차로군의 용량은 3,565vph 이며, 포화도(X)는 0.56(=2,000/3,565)이다.

③ 균일지체(d_1)

균일지체(d_1)는 (식 8I-5)와 같이 15.5초/대이다.

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} = \frac{0.5 \times 120 \left(1 - \frac{70}{120}\right)^2}{1 - \left[\min(1, 0.56) \frac{70}{120}\right]} = 15.5(\text{초/대}) \quad (\text{식 8I-5})$$

④ 증분지체(d_2)

증분지체(d_2)는 (식 8I-6)과 같이 0.6초/대이다.

$$d_2 = 900 T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right] \quad (\text{식 8I-6})$$

$$= 900 \cdot 1 \left[(0.56-1) + \sqrt{(0.56-1)^2 + \frac{4 \cdot 0.56}{3,565 \cdot 1}} \right] = 0.6(\text{초/대})$$

⑤ 차량당 평균 지체시간

그러므로 차량당 평균 지체시간은 16.1초/대 (=15.5+0.6) 이다. 이 차로군에 대해 MOE를 초/인으로 전환할 경우, 재차인원에 상관없이 16.1초/인이 된다. 이는 각 차량이 겪는 지체가 16.1초일 경우 그 차량들 안의 개개인 겪게 되는 지체도 역시 16.1초이기 때문으로 다음과 같이 구할 수 있다.

승용차의 재차인원을 1.25인/대, 버스의 재차인원을 15.05인/대로 가정할 경우, 승용차 승객이 겪는 총 지체는 36,225초($1,800 \times 1.25 \times 16.1$)이고, 버스 승객이 겪는 총 지체는 48,461초($200 \times 15.05 \times 16.1$)이다. 각 차종별 총 지체의 합을 총 재차인원으로 나누면 인당 평균 지체시간 16.1초/인 (= $(36,225+48,461) / (2,250+3,010)$)이 산정되어 초/대와 같게 나타난다.

(나) 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로

모든 가정은 일반신호교차로와 같이하고, 3차로로 구성된 직진차로군을 1차로의 버스전용직진차로군과 2차로의 승용차 직진차로군으로 분류하였다.

■ 승용차 직진차로군

① 포화교통류율 (S_i)

포화교통류율은 기본 포화교통류율(2,200 pcphgpl), 차로수 및 각종 보정계수를 이용하여 산정하며, 이 경우 차로수는 3차로에서 2차로로 변경되었고, 버스는 모두 버스전용차로를 이용하므로 중차량보정계수는 1.0이 된다.

그러므로, 승용차 직진차로군의 포화교통류율은 (식 8I-7)과 같이 4,400vphg 이다.

$$s_i = 2,200 \times 2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 4,400(vphg) \quad (\text{식 8I-7})$$

② 용량(c) 및 포화도(X)

승용차 직진차로군의 용량은 포화교통류율에 녹색현시 비율을 적용하여 2,567vph로 나왔으며, 포화도(X)는 0.70(=1,800/2,567)이다.

$$c_i = S_i \times \frac{g_i}{C} = 4,400 \times \frac{70}{120} = 2,567(vph) \quad (\text{식 8I-8})$$

③ 균일지체(d_1)

균일지체(d_1)는 (식 8I-9)와 같이 17.6초/대이다.

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} = \frac{0.5 \times 120 \left(1 - \frac{70}{120}\right)^2}{1 - \left[\min(1, 0.70) \frac{70}{120}\right]} = 17.6 (\text{초/대}) \quad (\text{식 8I-9})$$

④ 증분지체(d_2)

증분지체(d_2)는 (식 8I-10)과 같이 1.6초/대이다.

$$d_2 = 900 T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right] \quad (\text{식 8I-10})$$

$$= 900 \cdot 1 \left[(0.78 - 1) + \sqrt{(0.78 - 1)^2 + \frac{4 \cdot 0.70}{2,567 \cdot 1}} \right] = 1.6 (\text{초/대})$$

⑤ 차량당 평균 지체시간

그러므로 차량당 평균 지체시간은 19.3초/대 (=17.63+1.64) 이다. 이 경우도 마찬가지로 MOE를 초/인으로 전환할 경우, 재차인원에 상관없이 19.3초/인이 된다.

■ 버스전용 직진차로군

① 포화교통류율 (S_i)

버스전용차로에서 버스의 포화교통류율은 중차량보정계수 1.0을 적용하여 1,100vphg 된다.

$$s_i = 1,100 \times 1 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 1,100 (\text{vphg}) \quad (\text{식 8I-11})$$

② 용량(c) 및 포화도(X)

버스전용 직진차로군의 용량은 포화교통류율에 녹색현시 비율을 적용하여 642vph로 나왔으며, 포화도(X)는 0.31(=200/642)이다.

$$c_i = S_i \times \frac{g_i}{C} = 1,100 \times \frac{70}{120} = 642 (\text{vph}) \quad (\text{식 8I-12})$$

③ 균일지체(d_1)

균일지체(d_1)는 (식 8I-13)과 같이 12.7초/대이다.

$$d_1 = \frac{0.5C\left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X)\frac{g}{C}\right]} = \frac{0.5 \times 120\left(1 - \frac{70}{120}\right)^2}{1 - \left[\min(1, 0.31)\frac{70}{120}\right]} = 12.7(\text{초/대}) \quad (\text{식 8I-13})$$

④ 증분지체(d_2)

증분지체(d_2)는 (식 8I-14)와 같이 1.3초/대이다.

$$\begin{aligned} d_2 &= 900 T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right] \quad (\text{식 8I-14}) \\ &= 900 \cdot 1 \left[(0.31-1) + \sqrt{(0.31-1)^2 + \frac{4 \cdot 0.31}{642 \cdot 1}} \right] = 1.3(\text{초/대}) \end{aligned}$$

⑤ 차량당 평균 지체시간

그러므로 차량당 평균 지체시간은 14.0초/대 (=12.7+1.3) 이다.

이 경우도 마찬가지로 MOE를 초/인으로 전환할 경우, 재차인원에 상관없이 14.0초/인이 된다.

■ 승용차차로군과 버스전용 직진차로군 통합

버스전용차로를 설치함으로써 승용차의 지체는 16.1초/대에서 19.3초/대로 증가하였지만, 버스의 지체는 16.1초/대에서 14.0초/대로 감소하였다. 이 두개의 차로군을 하나의 차로군으로 통합하기 위해 차종별로 지체시간을 가중평균하면 (식 8I-15)와 같이 약 18.7초/대로 버스전용차로 설치 이전과 비교하여 지체시간은 증가한 것으로 나타난다.

$$\frac{19.3 \times 1,800 + 14.0 \times 200}{1,800 + 200} = 18.7(\text{초/대}) \quad (\text{식 8I-15})$$

이는 중앙버스차로 설치에 대한 부의 효과만이 고려되고 긍정적인 효과는 배제한 분석의 결과로 중앙버스차로의 긍정적인 효과를 반영하기 위해 MOE를 초/인으로 하여 재산정하면 (식 8I-16)과 같이 16.3초/인이 된다.

$$\frac{19.3 \times (1,800 \times 1.25) + 14.0 \times (200 \times 15.05)}{(1,800 \times 1.25) + (200 \times 15.05)} = 16.3(\text{초/인}) \quad (\text{식 8I-16})$$

즉, 승객의 입장에서 보면, 버스전용차로를 설치함에 따라 승용차 승객 2,250명은 인당 약 3.1초 (=19.3-16.1)의 손실을 보는 반면, 버스 승객 3,010명은 인당 약 2.1(=16.1-14.0)초의 이익을 얻으므로 버스전용차로 설치의 목적에 부합한다.

위의 예에서는 버스전용차로를 설치함으로써 차로군 전체의 지체시간이 0.2초/인 증가하였지만, 이는 승용차 및 버스의 교통량에 따라 충분히 달라질 수 있을 것이다. 차종별 교통량에 따른 변화를 보기 위하여 승용차 및 버스의 교통량을 변수로 민감도 분석을 시행하였다.

현실적인 교통량이라 할 수 있는 승용차교통량 수준을 500대/시에서 500대/시 간격으로 3,000대/시 까지 하였고, 버스교통량 수준을 50대/시에서 50대/시 간격으로 250대/시까지 하였다. 교통량 변화에 따른 일반신호교차로의 지체시간과 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 지체시간은 <표 8I-1>, <표 8I-2>, <표 8I-3>과 같다.

<표 8I-1> 교통량에 따른 일반신호교차로의 지체시간

(초/대, 초/인)

버스 \ 승용차	500	1,000	1,500	2,000	2,500
50	11.5	12.7	14.1	15.8	18.1
100	11.7	12.9	14.4	16.2	18.6
150	11.9	13.2	14.7	16.6	19.2
200	12.1	13.4	15.0	17.0	19.8
250	12.4	13.7	15.3	17.5	20.5

<표 8I-2> 교통량에 따른 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 지체시간

(초/대)

버스 \ 승용차	500	1,000	1,500	2,000	2,500
50	11.9	13.8	16.6	21.3	42.3
100	11.9	13.8	16.5	21.1	41.7
150	12.2	13.8	16.4	21.0	41.2
200	12.5	13.9	16.5	20.9	40.7
250	13.0	14.2	16.6	20.9	40.4

일반신호교차로의 지체시간은 각 차종의 교통량변화에 따라 11.5초/대~20.5초대로 나타났으며, 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 지체시간은 11.9초/대~42.3초/대로 평균 약 38.8%가 증가 하는 것으로 나타났으며, 교통량이 증가할수록 일반신호교차로 지체시간의 거의 2배 이상 늘어났다.

〈표 8I-3〉 교통량에 따른 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 지체시간

(초/인)

버스 \ 승용차	500	1,000	1,500	2,000	2,500
50	11.5	12.9	15.2	19.1	36.7
100	12.0	12.9	14.6	18.0	32.8
150	12.7	13.3	14.7	17.5	30.3
200	13.6	14.0	15.1	17.4	28.7
250	14.8	14.9	15.8	17.8	27.8

MOE가 초/인일 경우 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 지체시간은 11.5초/인~36.7초/인으로 평균 약 21.0%가 증가하는 것으로 나타났으며, 교통량이 증가할수록 증가폭도 증가하는 것으로 나타났다.

MOE를 초/대 했을 경우에는 교통량에 관계없이 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 지체시간은 일반신호교차로의 지체시간보다 무조건 증가하는 것으로 나타난 반면, MOE를 초/인으로 했을 경우 〈표 8I-4〉와 같이 차종별 교통량에 따라 지체시간이 증가 또는 감소하는 것으로 나타나 버스전용차로의 편익 및 부의편익이 모두 반영되어 버스전용차로의 효과를 측정하기 위한 적절한 MOE로 고려할 수 있을 것이다.

〈표 8I-4〉 교통량에 따른 일반신호교차로와 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 지체시간 차이 (초/인)

버스 \ 승용차	500	1,000	1,500	2,000	2,500
50	0.03	-0.21	-1.11	-3.34	-18.61
100	-0.23	0.04	-0.29	-1.77	-14.20
150	-0.77	-0.12	-0.01	-0.87	-11.12
200	-1.50	-0.57	-0.09	-0.42	-8.91
250	-2.43	-1.26	-0.45	-0.32	-7.33

〈표 8I-5〉는 현장조사를 통해 수집된 시간대별 차종별 재차인원 변화에 따른 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로의 인당 평균제어지체 변화를 보여주고 있다. 일반신호교차로 서비스수준 분석 방법을 적용한 경우 평균제어지체(초/인)가 재차인원에 관계없이 모든 시간대에 16.13초/인으로 나타난 반면 중앙버스전용차로를 설치한 신호교차로의 서비스수준 분석 방법론을 적용한 경우 평균제어지체(초/인)가 재차인원에 따라 15.75~16.62초/인으로 다르게 나타남을 알 수 있다. 특히, 출퇴근 첨두시 상대적으로

버스 이용객들이 많은 시간대(7시~9시, 17시~19시)는 중앙버스전용차로의 설치로 인한 전체 신호 교차로 평균제어지체(초/인) 감소로 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 심지어 중앙버스전용차로 설치로 인한 신호교차로 전체의 평균제어지체(초/인)가 가장 높은 오후 14~15시, 16.62인/초의 경우에도 차종별 이용승객 측면으로 보면, 승용차 승객 2,232명의 신호교차로 평균제어지체가 19.27초/인(중앙버스전용차로가 없는 일반신호교차로 평균제어지체 16.13초/인보다 3.14초/인 증가), 버스 승객 2,262명의 신호교차로 평균제어지체가 14.00초/인(중앙버스전용차로가 없는 일반신호교차로 평균제어지체 16.13초/인보다 2.13초/인 감소)으로 상대적으로 더 많은 승객들이 제어지체 감소의 편익을 보게 되는 것으로 분석되어 중앙버스전용차로 설치로 인한 버스이용자들의 편익을 증진시키고, 대중교통 활성화를 통한 버스 이용률 증가의 목적에 부합한다.

〈표 8I-5〉 시간대별 중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로 지체도 비교

시간대	교통량(대/시)		재차인원(인)		일반신호 교차로 인 당 평균제어지체(A) (초/인)	중앙버스전용차로가 설치된 신호교차로 인당 평균제어지체			
	승용차	버스	승용차	버스		승용차 (초/인)	버스 (초/인)	승용차+버스(B) (초/인)	(A)-(B)
7~8시	1,800	200	1.21	17.46	16.13	19.27	14.00	16.02	0.11
8~9시	1,800	200	1.23	19.84	16.13	19.27	14.00	15.89	0.24
9~10시	1,800	200	1.24	15.87	16.13	19.27	14.00	16.18	-0.05
10~11시	1,800	200	1.24	12.11	16.13	19.27	14.00	16.53	-0.40
11~12시	1,800	200	1.24	11.90	16.13	19.27	14.00	16.55	-0.42
12~13시	1,800	200	1.24	12.65	16.13	19.27	14.00	16.47	-0.34
13~14시	1,800	200	1.25	11.70	16.13	19.27	14.00	16.58	-0.45
14~15시	1,800	200	1.24	11.31	16.13	19.27	14.00	16.62	-0.49
15~16시	1,800	200	1.25	12.46	16.13	19.27	14.00	16.50	-0.37
16~17시	1,800	200	1.26	15.90	16.13	19.27	14.00	16.19	-0.06
17~18시	1,800	200	1.28	18.82	16.13	19.27	14.00	16.00	0.13
18~19시	1,800	200	1.27	23.04	16.13	19.27	14.00	15.75	0.38

주: 재차인원은 가구통행실태조사 현행화 연구용역 중 수도권 버스전용차로지점 현장조사 자료 활용

(A), (B)는 재차인원과 교통량을 고려한 인 당 평균지체시간임

〈부록 J〉 도시가로 도로점용공사구간 포화교통류율 산정

1) 상류부 모형 유형 구분 방법

상류부 공사의 포화교통류율을 산정할 때 필요한 소거가능거리(d_g)는 (식 8J-1)을 이용하여 산출한다.

$$d_g = \frac{g_i}{h} \times d_{fb} \quad (\text{식 8J-1})$$

먼저 $\bar{h}$ 는 현장에서 측정된 자료를 통한 포화교통류율을 사용하는 것을 권장하나, 정상시의 포화교통류율 산출공식으로 구한 다음 환산하여도 무방하다. $g_i/\bar{h}$ 는 녹색시간동안 평균차두시간으로 상류부 정지선을 통과할 수 있는 차량의 수를 의미하게 되는데 이후 차량 정지시 차두공간간격을 곱해 줌으로써 소거가능거리를 도출한다.

상류부 유형은 도로점용공사구간 이격거리(d_{wz})가 소거가능거리(d_g)보다 크냐 작으냐에 따라 구분되었는데, 계산이 다소 복잡한 상류부 유형 2는 대부분 d_{wz} 가 0을 포함 작은 경우나 녹색시간이 길어 d_g 가 커지는 경우에 해당되게 된다.

$$\begin{aligned} \text{유형 2 : } S_{i_{wz}} &= \frac{d_{wz} \times N - d_{fb} \times N_{wz} + L_{wz} \times (N - N_{wz}) + CRF \times (d_g - d_{wz} - L_{wz}) \times (N - N_{wz})}{d_{fb}} \times \frac{3,600}{g_i \times N} \\ &= \frac{d_{wz} \times N - d_{fb} \times N_{wz} + CRF \times \left\{ d_g - d_{wz} + L_{wz} \times \left(\frac{1 - CRF}{CRF} \right) \right\} \times (N - N_{wz})}{d_{fb}} \times \frac{3,600}{g_i \times N} \quad (\text{식 8J-2}) \end{aligned}$$

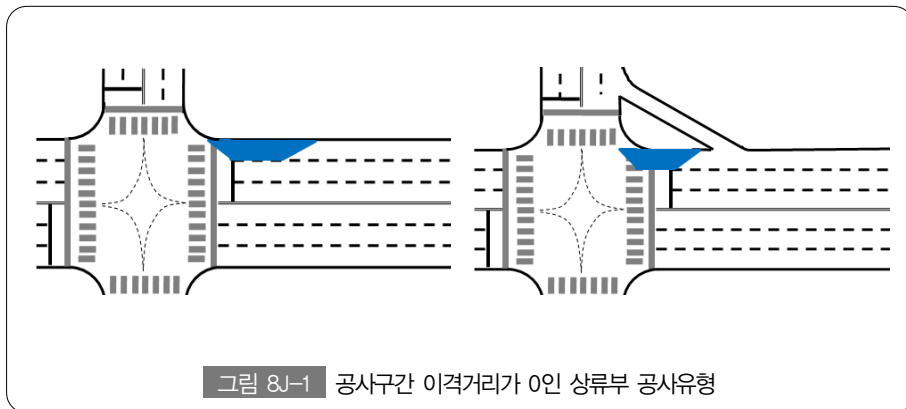


그림 8J-1 공사구간 이격거리가 0인 상류부 공사유형

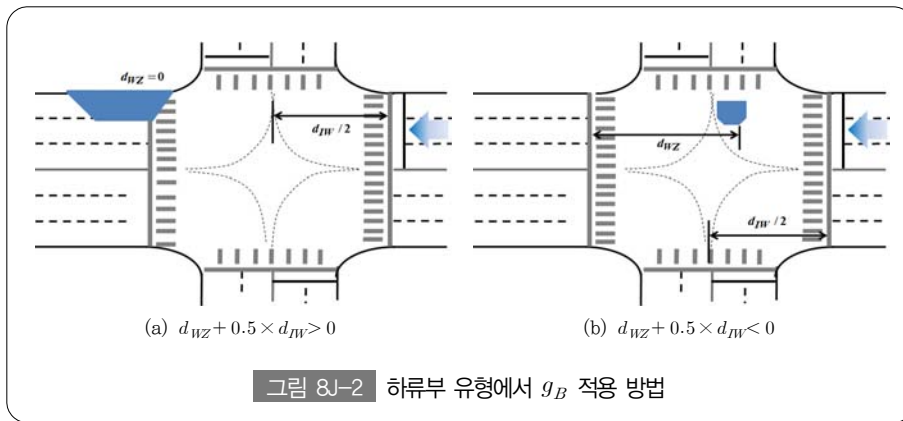
2) 하류부(내부) 모형 유형 구분 방법

하류부 공사는 접근방향에 부여된 녹색시간동안 상류부 정지선을 통과한 선두차량이 하류부 도로 점용공사구간에 도달하여 용량이 감소된 구간으로 차량을 통과시키게 됨으로써 충격파가 발생하게 된다. 하류부 모형의 적용에서 유의할 것은 교차로 상류부 정지선에서부터 공사구간까지의 이격거리를 결정하는 것이다. 따라서 하류부 모형은 순방향 도달시간($g_F = d_T + d_{WZ} + d_{IW} \geq 0$) 및 충격파 역진 시간($g_B = d_{WZ} + 0.5 \times d_{IW} \geq 0$)의 합인 충격파 회기 총시간(g_T)을 기준으로 유효녹색시간이 과소하냐에 따라 구분된다.

$$\text{유형 3} : g_T = [(d_T + d_{WZ} + d_{IW})/u_o + (d_{WZ} + 0.5 \times d_{IW})/w] + 1.0 \geq g_i \quad (\text{식 8J-3})$$

$$\text{유형 4} : g_T = [(d_T + d_{WZ} + d_{IW})/u_o + (d_{WZ} + 0.5 \times d_{IW})/w] + 1.0 < g_i \quad (\text{식 8J-4})$$

특별히 교차로 내부의 경우에는 통상 유형 4의 공식을 사용하게 되는데 교차로 건너에 위치한 하류부 공사와는 달리 공사구간이 교차로 내에 존재하므로 유형 5와 같이 공사구간 이격거리(d_{WZ})를 음수화(-)하여 g_T 의 계산에 적용한다.

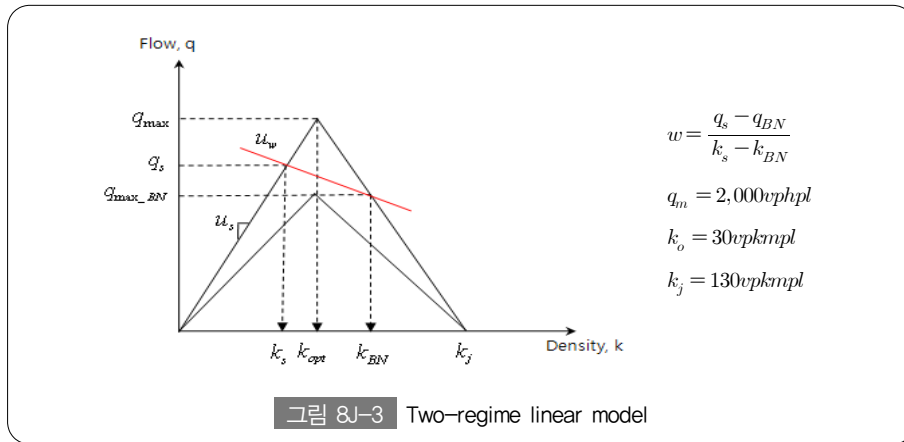


$$\text{유형 5} : g_T = [(d_T + (-d_{WZ}) + d_{IW})/u_o + \{(-d_{WZ}) + 0.5 \times d_{IW}\}/w] + 1.0 < g_i \quad (\text{식 8J-5})$$

<그림 8J-2>의 (b)와 같이 공사구간 이격거리가 교차로 내부의 중간 지점을 넘어가게 되면 유형 5의 g_B 값이 음수가 나오게 된다. 하지만 이러한 경우에도 g_B 값은 0을 사용한다.

3) 하류부(내부) 모형 충격파 속도 산정방법

충격파 속도 산정은 Two-regime linear model을 활용하였다. 충격파 속도(w)는 공사전 도로 용량(q_m), 임계밀도(k_o), 최대밀도(k_j) 값만 정해지면 공사구간 용량에 관계없이 특정한 값을 갖게 되는데, 본문에서 적용한 충격파 속도 $20\text{ km/h}(=5.56\text{ m/s})$ 는 <그림 8J-3>의 주요 값을 사용하여 산출한 것으로 일반적인 충격파 속도인 u_w 와는 다르다.



$$w = - \frac{q_s - q_{BN}}{k_j \times \left(1 - \frac{q_{BN}}{q_m}\right) - k_o \times \left(\frac{q_s - q_{BN}}{q_m}\right)} \quad (\text{식 8J-6})$$

$$w = - \frac{2,000 - 500}{130 \times \left(1 - \frac{500}{2,000}\right) - 30 \times \left(\frac{2,000 - 500}{2,000}\right)} = - \frac{1,500}{97.5 - 22.5} = 20\text{ km/h}(5.56\text{ m/s})$$

여기서,

q_s = 접근 교통량

q_{BN} = 공사구간 용량

k_s = 정상류 상태의 밀도

k_{BN} = 공사구간 밀도

k_o = 임계밀도

k_j = 최대밀도

q_m = 공사전 도로 용량

왜냐하면 하류부 유형의 공사는 분석접근로의 교통량이 포화된 상태에서 녹색신호를 받고 움직이기 때문에 접근 교통량(q_s)과 공사전 도로 용량(q_m)을 같은 값으로 사용하여 충격파 속도(w)를 산출해야 하기 때문이다. 충격파 속도를 산출할 수 있는 또 다른 모형으로는 Greenshields 모형이 있으나 여기서는 생략한다.

4) 하류부(내부) 모형 평균이동속도 산정방법

평균이동속도(u_o)는 교차로 정지선에서 정지해 있다 출발한 차량이 하류부 공사구간까지 도달하는 속도이며, 공사구간 이격거리($d_T + d_{WZ} + d_{IW}$)를 교차로 정지선에서 정지해 있다 출발하여 공사구간까지 도달하는데 걸리는 시간으로 나누어 줌으로써 산출된다.

$$\text{이동거리}(S) = \frac{1}{2} \times a \times t^2 \Rightarrow \text{통행시간}(t) = \sqrt{\frac{2 \times S}{a}}$$

$$\text{평균이동속도}(u_o) = \frac{d_T + d_{WZ} + d_{IW}}{\text{통행시간}(t)} \quad (\text{m/s}) \quad (\text{식 8J-7})$$

여기서,

t : 시간
 a : 정지선에서 출발하는 차량의 가속도
 d_T : 공사구간 테이퍼 길이(m)
 d_{WZ} : 공사구간 이격거리(m)
 d_{IW} : 교차로 폭(m)

현장의 가속도 자료가 있는 경우에 평균이동속도는 위의 공식을 활용하여 산출할 수 있으나, 본 편람에서는 가속도 $4\text{km/h}(1.11\text{m/s})$ 을 기준으로 하고 계산상의 편의를 위해 거리를 5개 구간으로 구분하여 계산한 값을 사용하도록 한다.

〈표 8J-1〉 5개 구간으로 구분한 평균이동속도(가속도 4km/h)

구분 ($d_T + d_{WZ} + d_{IW}$)	평균이동속도(km/h)	평균이동속도(m/s)
≤ 20	10.2	2.84
≤ 50	16.9	4.69
≤ 100	23.9	6.64
≤ 150	30.5	8.49
> 150	36.0	10.00

〈표 8J-2〉 5개 구간으로 구분한 평균이동속도(가속도 5km/h)

구분 ($d_T + d_{WZ} + d_{IW}$)	평균이동속도(km/h)	평균이동속도(m/s)
≤ 20	11.5	3.18
≤ 50	18.9	5.24
≤ 100	26.7	7.42
≤ 150	34.2	9.49
> 150	40.2	11.17

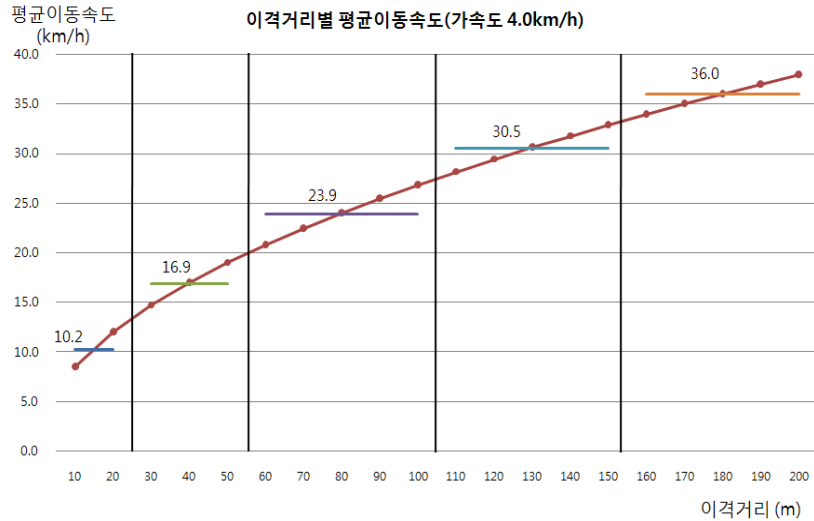


그림 8J-4 이격거리별 평균이동속도(가속도 4km/h=1.11m/s)

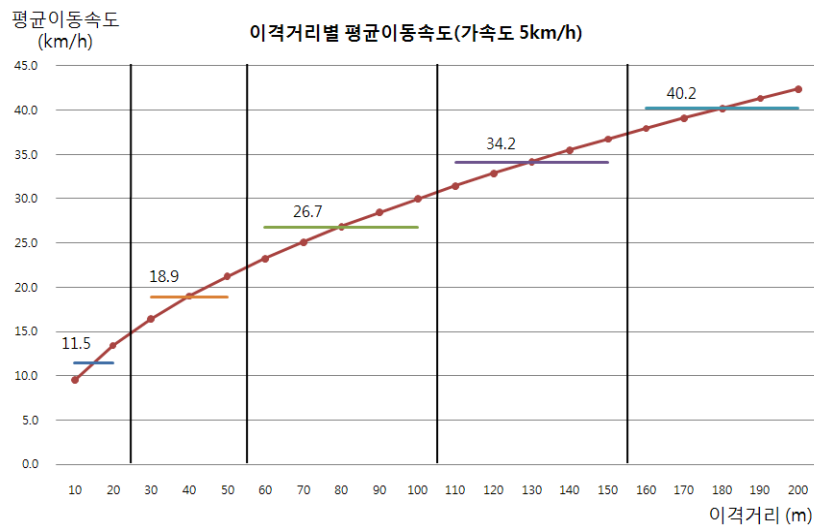


그림 8J-5 이격거리별 평균이동속도(가속도 5km/h=1.39m/s)

5) 노면재질의 변화에 따른 용량감소율

노면재질의 변화에 따른 용량감소율은 차로 수 감소가 수반되지 않는 공사구간에서 복공판 설치로 인한 포화교통류율 변화에 대한 것으로 한정해서 적용한다. 7개 지점 공사구간에 대한 복공판의 종류 및 설치위치, 차로 폭, 신호주기 등 주요 조사 내용은 <표 8J-3>과 같다.

<표 8J-3> 노면재질(복공판) 현장조사지점의 도로 및 교통조건

장소	설치위치(복공판 길이)	직진 차로 수	평균 차로 폭	g/C	중차량 비율	복공판 종류
석촌역 사거리	상류부(111m), 하류부(38m)	2	3.0 m	0.23	9 %	콘크리트
갤러리아 사거리	내부(60m)	2	3.2 m	0.65	5 %	강철
이매역 사거리	상류부(27m), 내부-하류부(88m)	2	3.2 m	0.44	7 %	강철+콘크리트
영통역 사거리	내부(52m), 하류부(39m)	2	3.2 m	0.31	11 %	강철
삼전 사거리	상류부(45m), 하류부(30m)	2	3.1 m	0.32	17 %	강철+콘크리트
서부트럭터미널 사거리	내부(28m)	1	3.1 m	0.24	6 %	강철
삼릉공원 사거리	상류부(70m), 내부(47m)	2	3.2 m	0.33	6 %	강철

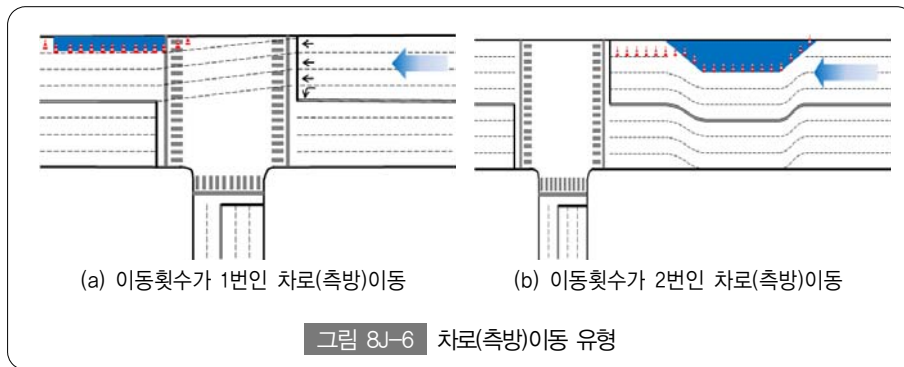
상기 지점들에서 수집한 현장자료 중 9~10개의 신호주기를 활용하여 측정한 포화교통류율은 아래 표와 같으며, 동일한 축의 정상 노면상태 교차로와 비교하였을 때 평균 9~10% 정도 감소되는 것으로 분석되었다.

<표 8J-4> 복공판의 종류 및 설치위치 따른 포화교통류율 비교

장소	포화교통류율		비고
	<i>vphgpl</i>	<i>pcphgpl</i>	
석촌역 사거리	1,613	1,821	도류화 및 상류부 복공판 종로지점에서 접근로 존재
갤러리아 사거리	1,612	1,804	—
이매역 사거리	1,679	1,786	직진 3개 차로 중 3차로는 버스정류장의 영향으로 분석에서 제외
영통역 사거리	1,617	1,853	정지선으로부터 상류방향으로 2m 복공판 설치됨
삼전 사거리	1,630	1,849	정지선으로부터 상류방향 20m지점 횡단보도 존재
서부트럭터미널 사거리	1,704	1,788	직진 2개 차로 중 회전교통량이 많은 차로를 제외한 1개 차로만 분석
삼릉공원 사거리	1,711	1,806	정지선으로부터 상류방향 15m지점 접근로 존재

6) 차로(측방)이동에 따른 용량감소율

차로(측방)이동은 차로 수 감소가 수반되지 않으나 공사구간으로 인하여 분석접근로가 측방으로 1개 차로 이상 이동하게 되는 공사유형이다. 이러한 유형의 공사에서는 측방으로 이동하는 차로 수 및 이동 횟수가 포화교통류율에 영향을 준다.



측방이동이 일어나는 3개 지점 공사구간에 대한 측방이동 횟수 및 차로 폭, 신호주기 등 주요 조사 내용은 <표 8J-5>와 같다.

<표 8J-5> 차로(측방)이동 현장조사지점의 도로 및 교통조건

장소	측방이동 차로 수	측방이동 횟수	직진(분석) 차로 수	평균 차로 폭	g/C	중차량 비율
만당주유소 앞 삼거리	1	2	2	3.2 m	0.65	3 %
코엑스 사거리	2	1	1	2.9 m	0.23	3 %
동수원 IC 사거리	2	1	4	3.1 m	0.38	10 %

상기 지점들에서 수집한 현장자료 중 10개의 신호주기를 사용하여 측정한 포화교통류율은 <표 8J-6>과 같으며 정상상태와 비교해 평균 9% 감소되는 것으로 분석되었다.

<표 8J-6> 차로(측방)이동에 따른 포화교통류율 비교

장소	포화교통류율		비고
	<i>vphgpl</i>	<i>pcphgpl</i>	
만당주유소 앞 삼거리	1,676	1,801	좌회전 차로를 제외한 직진 2개 차로만 분석
코엑스 사거리	1,729	1,772	교차로 내부에서 차로(측방)이동이 존재, 차로 폭 보정
동수원 IC 사거리	1,677	1,851	교차로 내부에서 차로(측방)이동이 존재

〈부록 K〉 강우강도에 따른 강우보정계수 산정 방법

1) 날씨보정계수 (f_{IW}) 정의

포화교통류율 산정 시에는 기본포화교통류율에 각종 보정계수를 적용하여 최종값을 도출하는 방법을 사용한다. 본 장에서는 강우에 의한 영향을 적용하기 위한 날씨보정계수(f_{IW}) 산정 방법을 제시한다. 강우보정계수는 강우시 포화차두간격과 비강우시 포화차두간격의 차를 비강우시 포화차두시간으로 나눈 비율을 이용하여 산정한다.

$$X = \frac{\overline{h_b} - \overline{h_a}}{\overline{h_a}} \quad (\text{식 8K-1})$$

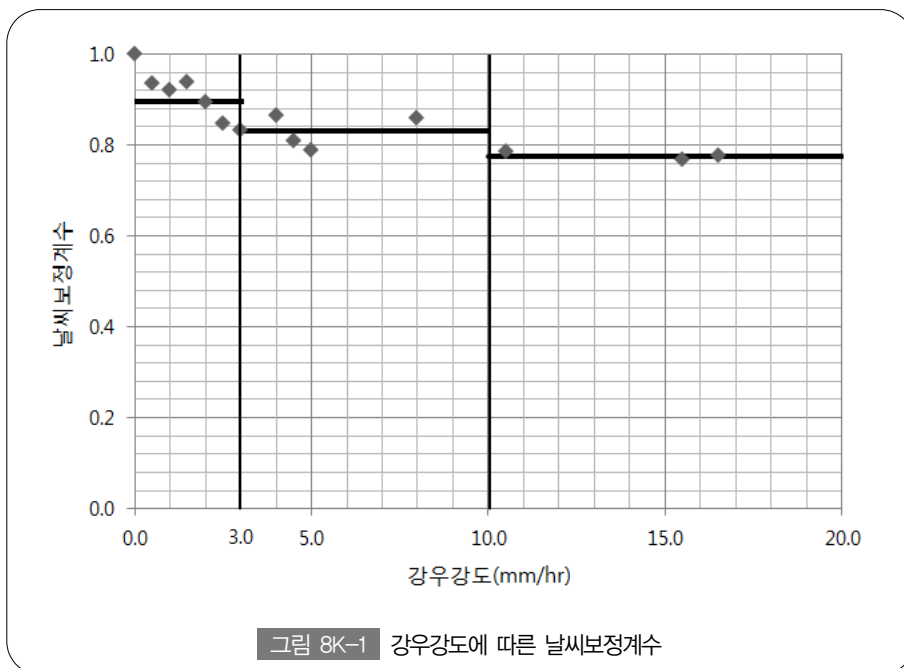
$$f_{IW} = \frac{1}{1+X} \quad (\text{식 8K-2})$$

여기서,

$\overline{h_a}$ = 비강우시 포화차두시간

$\overline{h_b}$ = 강우시 포화차두시간

X = 강우시 증가되는 포화차두시간의 비율



〈부록 L〉 부호 정의

- C = 주기 길이(초)
- c = 차로군 또는 접근로의 용량
- $c_{i_{wz}}$ = 공사구간의 영향을 받는 차로군 i 의 용량
- CRF = 용량감소지수
- d = 균일지체, 증분지체, 추가지체를 포함하고, 연동효과를 고려한 총 평균 제어지체(초/대)
- d_1 = 균일지체(uniform delay). 도착교통량이 완전히 균일하게 도착한다고 가정했을 때의 지체
- d_2 = 증분지체(incremental delay). 과포화지체(overflow delay) 또는 임의지체(random delay)라고도 하며, 과포화 또는 무작위 도착 때문에 생긴다.
- d_3 = 추가지체(initial queue delay). 분석기간 이전에 남아 있던 차량에 의해 분석기간 동안에 도착한 차량이 받는 지체
- d_{fb} = 차량 정지시 차두공간간격(m)
- d_g = 녹색시간동안 정지선 상류 대기행렬 소거가능거리(m)
- d_{IW} = 교차로 폭(m)
- d_T = 공사구간 테이퍼 길이(m)
- d_{WZ} = 도로점용공사구간 이격거리(m)
- E_1 = 좌회전 때 내부마찰에 의해서 증가된 포화차두시간을 직진의 포화차두시간과 대비한 값을 의미하며, 이를 좌회전 자체의 직진환산계수라 한다. 좌회전의 형태(CASE 1~6)에 따라 $E_{11} \sim E_{16}$ 의 값을 가진다.
- E_p = 좌회전의 회전궤적 곡선반경이 좌회전의 포화교통량에 영향을 주며, 이 영향을 직진환산계수로 나타내었다.
- E_U = U턴 교통량이 좌회전의 포화교통량에 주는 영향을 직진환산계수로 나타냄. 좌회전 차로가 1개일 때는 E_{U1} , 2개일 때는 E_{U2}
- E_L = E_l , E_p 및 E_U 의 효과를 종합한 직진환산계수.
- E_R = 우회전 공용차로에서의 우회전의 내부 및 외부마찰이 포화차두시간에 미치는 영향을 직진환산계수로 나타냄. 우회전 도류화가 된 경우 E_{R1} , 안된 경우 E_{R2} 로 구분
- f_{BLT} = 중앙버스전용차로의 좌회전 보정계수
- f_c = 횡단보행자 신호 중에서 우회전이 이용할 수 없는 시간 비율
- f_g = 접근로 경사 보정계수
- f_{HV} = 중차량 보정계수
- f_{LT} , f_{RT} = 좌회전 또는 우회전의 보정계수.

- f_w = 차로폭 보정계수.
- f_R = 우회전 교통량 중에서 RTOR 교통량을 제외한 교통량의 비율
- F_u = 차로이용율 보정계수. 차로 이용율이 균등하지 않으므로 가장 이용율이 높은 차로의 교통량과 차로당 평균 교통량의 비
- f_{ub} = 상류부 정류장의 영향 보정계수
- f_{IW} = 날씨 보정계수
- f_{WZ} = 공사영향 보정계수
- g_B = 충격파 역진시간(초)
- g_F = 순방향 도달시간(초)
- g_T = 충격파 회기 총시간(초)
- G = 녹색신호시간(초)
- g = 유효 녹색신호시간. 녹색신호시간에서 0.3초를 뺀 값
- G/C , g/C = 녹색신호시간비 또는 유효 녹색신호시간비
- G_P = 횡단보행자 신호시간(초)
- $\bar{h}$ = 포화차두시간(초)
- l_b = 버스 정류장의 위치계수. 정지선에서부터 버스 정류장이 멀면 포화차두시간 증가의 영향이 그만큼 적어진다. $l_b = (75 - l)/75$
- l = 정지선에서부터 버스 정류장까지의 거리(m)
- l_b = 버스 정류장의 위치계수. 정지선에서부터 버스 정류장이 멀면 포화차두시간 증가의 영향이 그만큼 적어진다. $l_b = (75 - l)/75$
- l = 정지선에서부터 버스 정류장까지의 거리(m).
- k_{BN} = 공사구간 밀도
- k_j = 최대밀도
- k_o = 임계밀도
- k_s = 정상류 상태의 밀도
- L_{WZ} = 공사구간 길이(m)
- L = 주기당 총 손실시간(초)
- L_{bb} = 버스 정차로 인한 우회전 차로 차량의 포화차두시간 손실분(초). 정지선에서 75m 이내에 있는 버스 정류장을 말함.
- L_{dw} = 우회전 차로에서 이면도로로 진출하거나 또는 이면도로에서 우회전 차로로진입하는 차량들에 의한 우회전 차로의 포화차두시간 손실분(초). 정지선에서 60m 이내에 있는 이면도로를 말함.

- L_p = 노상주차에 의한 우회전 차로의 포화차두시간 손실분(초). 정지선에서 75m이내에 있는 노상 주차를 말함.
- L_H = 버스 정차, 이면도로 진출입 차량 및 노상주차에 의한 우회전 차로의 노변마찰에 의한 포화 차두시간 손실분의 종합(초)
- N = 접근로의 차로수. 좌회전 전용차로는 제외됨.
- N_T = 직진이 가능한 차로수. CASE 5 때만 $N_T = N - 1$, 나머지는 N
- N_{Th} , N_R = 실제 전용으로 직진, 우회전하는 데 사용되는 차로수
- N_i = i 차로군에 포함된 차로수
- N_{WZ} = 공사구간 횡단면에서 측정한 도로점용공사가 시행중인 폐쇄된 차로 수
- P_L , P_R = 좌회전 또는 우회전 전용차로군의 회전 차량 비율
- P_{LT} , P_{RT} = 좌회전 또는 우회전이 포함된 공용 차로군의 회전 차량 비율
- PF = 링크 통행시간과 옵셋 값에 영향을 받는 연동계수로서 연동 대상이 되는 교통류가 포함된 차로군, 또는 이 차로군과 같은 신호현시에 진행되는 차로군에 적용한다. 균일지체에만 적용
- PHF = 첨두시간계수(peak hour factor)
- Q_b = 분석기간 이전에 다 방출되지 못하여 분석기간이 시작될 때 남아 있는 초기 대기차량 대수(대)
- q_{BN} = 공사구간 용량
- q_m = 공사전 도로 용량
- q_s = 접근 교통량
- R = 적색신호시간(초)
- $RTOR$ = 해당 접근로의 주된 이동류(직진)의 녹색시간 이외의 시간에 우회전하는 교통을 말함.
더 정확히 말하면 주된 이동류의 녹색시간을 소비하지 않는 우회전 교통을 말함.
- S_0 = 기본 조건하에서의 기본 포화교통량. 2,200 pcphgpl.
- S_{b0} = 기본 조건하에서 중앙버스전용차로의 기본 포화교통량. 1,100 vphgpl.
- S_i = i 차로군의 포화교통량.
- $S_{i_{wz}}$ = 교차로 인근 점용공사로 인한 차로군 i 의 포화교통류율(vphg)
- S_{R0} = 우회전이 자유로운 상태에서의 우회전 포화교통량. 1,900 pcphgpl 값을 사용
- S_L, S_R = 좌회전 또는 우회전 전용차로군 또는 실질적 전용 차로군의 포화교통량(vph)
- S_{LT}, S_{RT} = 좌회전 또는 우회전이 포함된 공용차로군의 포화교통량(vph)
- S_{Th} = 직진 차로군만의 포화교통량(vph)
- T = 분석기간. 보통 0.25시간을 사용
- T_b = 버스 1대의 정차에 따른 포화차두시간 증가분(초)
- TVO = 옵셋 편의율(偏倚率). $(T_c - \text{offset})/C$

- V_H = 시간 교통량. 한 시간동안 조사된 교통량(vph)
- V_P = VH를 PHF로 보정한 첨두시간 교통량(vph)
- V = PHF와 차로이용율(F_w)로 보정한 교통량(vph)으로서, 하첨자(sub-letter)에 따라 여러 가지 다른 의미를 갖는다.
- V_b = 시간당 버스 정차 대수(vph)
- V_{en} = 이면도로에서 간선도로로 진입하는 교통량(vph)
- V_{ex} = 간선도로에서 이면도로로 진출하는 교통량(vph)
- V_i = i 차로군의 교통량
- V_{park} = 시간당 주차를 하거나 주차를 끝내고 나가는 차량대수(vph)
- V_{R0} = 총 우회전 교통량
- V_R = RTOR로 추가 보정된 우회전 교통량
- V_L, V_{Th} = 좌회전 및 직진 교통량
- V_o = 대향 직진 교통량
- V_{LF} = 공용 좌회전 차로에서 첫 좌회전 차량 앞에 도착하는 직진 차량대수(vph)
- V_{RF} = 공용 우회전 차로에서 첫 우회전 차량 앞에 도착하는 직진 차량대수(vph)
- V_{STL} = 공용 좌회전 차로에서 직진 차량의 이용대수(vph)
- V_{STR} = 공용 우회전 차로에서 직진 차량의 이용대수(vph)
- V_T = 접근로 총 교통량. $V_{Th} + V_L + V_R$
- V/c = 용량에 대한 교통량의 비. 포화도(degree of saturation)라고도 함.
- V/S = 교통량비(flow ratio). 포화교통량에 대한 교통량의 비.
- u_o = 평균이동속도(m/s)
- w = 충격파 속도
- $X = V/c$ 와 같음
- $y = V/S$ 와 같음

〈부록 M〉 2001년 도로용량편람과 개정 편람과의 차이점

2001년 편람의 신호교차로 내용은 변동사항이 없고, 특수상황(공사구간 및 악천후 상황)과 버스전용 차로 분석 방법이 추가되었음.

제9장 | 연결로-일반도로 결합부

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 방법론
3. 예 제

연결로-일반도로 결합부

개론

고속도로 기본 구간

고속도로 엇갈림 구간

고속도로 연결로 접속부

고속도로 종합 분석

다차로도로

2차로도로

1 개요

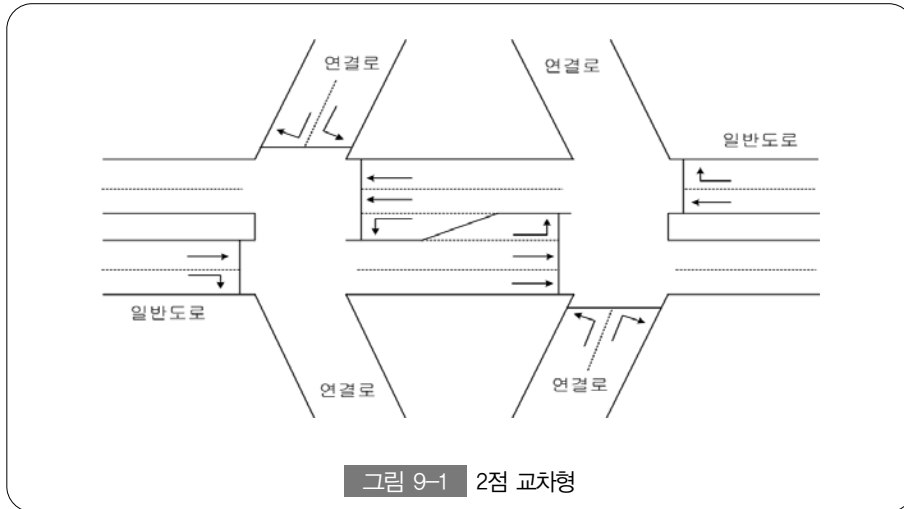
본 장에서 정의하는 연결로-일반도로 결합부란 자동차가 고속주행의 본선에서 진행 경로를 바꾸어 주행할 수 있도록 본선과 분리하여 설치된 연결로와 일반도로를 연결하는 시설물을 의미한다. 연결로-일반도로 결합부의 운영 상태는 고속주행 본선과 연결 가로망의 용량 및 서비스 수준에 직접적인 영향을 미치므로 효율적인 운영을 위한 시설물의 용량 및 서비스 수준 분석이 필수적이다. 연결로-일반도로 결합부의 운영 형태는 유출, 유입, 엇갈림, 교차와 같이 네 가지로 분류된다. 본 장은 연결로-일반도로가 불완전 입체 교차 형식으로 결합된 신호화된 다이아몬드형 인터체인지의 용량 및 서비스 수준 분석 방법론에 대하여 기술한다.

신호화된 다이아몬드형 인터체인지의 용량 및 서비스 수준 분석 방법론은 신호교차로의 용량 및 서비스수준 분석 방법론에 기초한다. 다만, 다이아몬드형 인터체인지에서는 두 개의 신호교차로가 인접하여 운영되기 때문에 두 개의 신호교차로를 연결하는 내부 링크에 형성되는 대기차량으로 인한 추가녹색손실시간과, 두 개 신호교차로가 연계·운영됨으로써 발생하는 녹색시간 미사용으로 인한 추가녹색손실시간이 발생한다. 따라서, 두 가지 추가녹색손실시간을 반영하여 유효녹색시간과 용량에 대한 보정 과정이 필요하다. 서비스 수준 분석은 기종점 이동류 별로 산출된 차량 당 제어지체를 기준으로 이루어지고, 이를 종합하여 다이아몬드형 인터체인지 전체의 서비스 수준을 구할 수 있다.

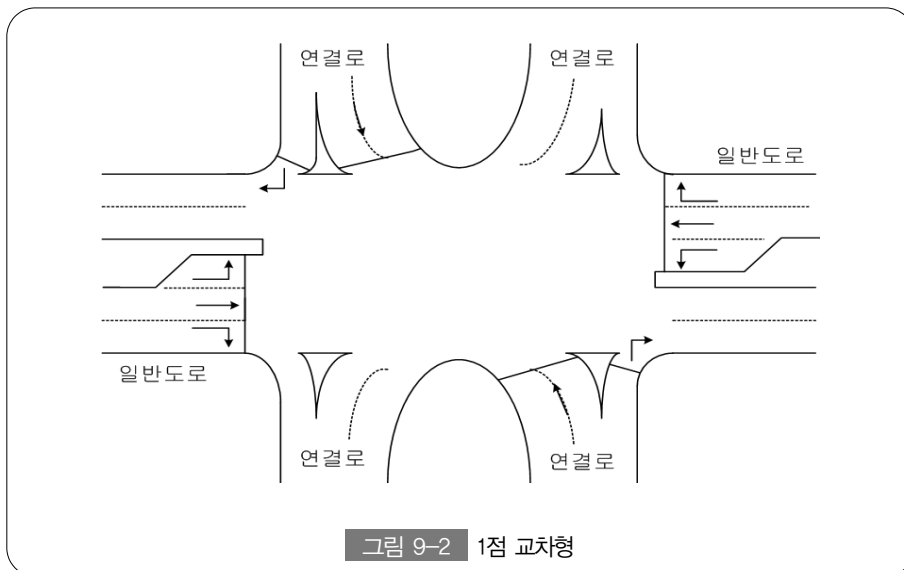
(1) 다이아몬드형 인터체인지 형태

다이아몬드형 인터체인지는 교통류의 처리방식에 따라 2점 교차형과 1점 교차형으로 구분된다.

다이아몬드형 인터체인지의 가장 일반적인 형식인 2점 교차형은 고속주행 본선을 연결하는 연결로와 일반도로인 단속류 도로의 결합부에 2개의 평면교차로를 생성한다. 각각의 평면교차로는 고속주행 본선으로 진출하기 위한 좌회전 이동류와 일반도로로 진입하기 위한 좌회전 이동류를 포함하고 있으며 교차로 사이의 거리가 짧아 서로에게 영향을 미쳐 독립 신호교차로의 운영과 차별화된 특징을 갖는다. 일반적으로 교통량이 적은 지방부에서는 양보 또는 정지신호에 의한 비신호교차로로 운영되고, 교통량이 많은 도시부에서는 신호교차로로 운영되고 있다. 비신호교차로로 운영되는 다이아몬드형 인터체인지는 본 편람의 비신호교차로의 용량 및 서비스 수준 분석 방법론을 적용한다. 본 장에서는 신호교차로로 운영되는 다이아몬드형 인터체인지에 대한 용량 및 서비스 수준 분석 방법론을 제시한다.



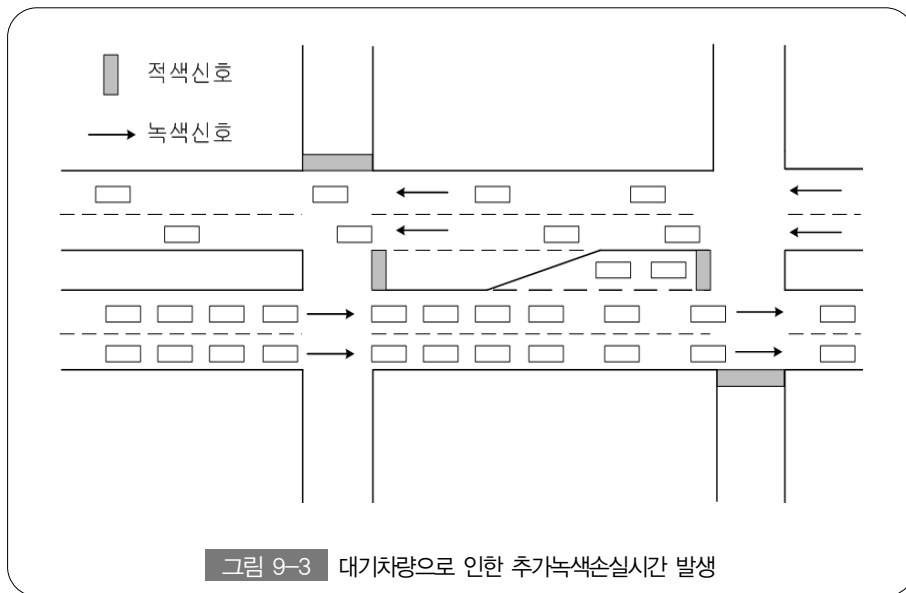
1점 교차형은 고속주행 본선을 연결하는 연결로와 일반도로인 단속류 도로의 결합부에 1개의 평면 교차로를 생성한다. 고속주행 본선을 연결하는 연결로로 진입하기 위한 좌회전 이동류와 단속류 도로로 진입하기 위한 좌회전 이동류가 모두 한 개의 교차로를 통해 이동하기 때문에 회전 이동류로 인한 혼잡이 발생할 수 있고 안전상의 문제로 대부분 신호제어를 통해 운영된다. 1점 교차형으로 운영되는 다이몬드 인터체인지는 본 편람의 신호교차로의 용량 및 서비스 수준 분석 방법을 적용한다.



(2) 다이아몬드형 인터체인지 교통 운영 특성

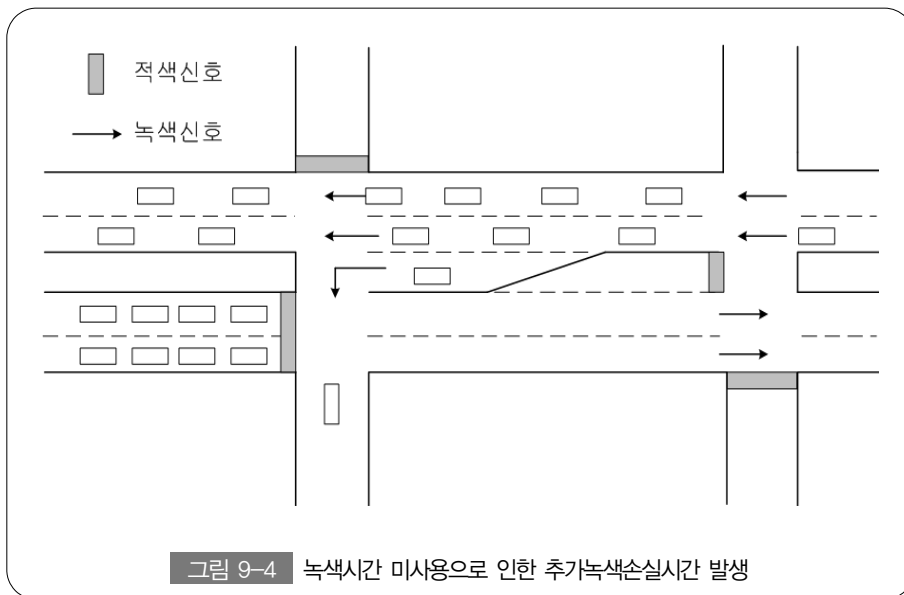
다이아몬드형 인터체인지는 독립 신호교차로 운영과 달리 두 개의 근접한 신호 교차로를 연결하는 내부 링크에 대기차량과 녹색손실시간을 발생시키고, 두 개 신호교차로가 연계·운영됨에 따라 녹색시간 중 일부 시간이 사용되지 않음으로써 교차로의 용량을 감소시킨다.

다이아몬드형 인터체인지에는 두 개의 신호교차로를 연결하는 내부링크의 길이가 짧아 하류 교차로에 대기차량이 발생할 경우, 상류교차로로부터 방출되는 교통류가 방해 받거나 전면 차단될 수 있다. <그림 9-3>과 같이 하류 교차로에 대기차량이 일정 수준 이상일 때 상류교차로에 녹색신호가 시작되면 하류교차로에서 대기차량이 포화교통류율로 방출되더라도 대기행렬의 후미부가 상류교차로까지 전파된다. 상류교차로로부터 방출되는 교통류가 방해 받으면 상류교차로가 녹색신호임에도 불구하고 교차로를 통과하지 못하고 대기하게 되며 그로 인하여 녹색시간의 손실이 발생하게 된다. 이렇게 발생하는 녹색시간손실은 초기대기행렬길이와 내부링크 길이의 함수이며, 초기대기행렬길이는 상하류 교차로의 신호운영, 차로수, 좌회전 교통량, 상류부 교차로에 진입하는 교통량에 의하여 결정된다.



두 개의 신호교차로가 연계·운영됨으로써 하류교차로의 일부 녹색시간이 사용되지 못하고 접근로의 용량을 감소시킨다. 녹색시간 미사용은 하류교차로가 녹색신호이지만 내부링크에 충분한 대기행렬이 확보되지 못하고, 상류교차로의 신호운영조건에 의하여 하류교차로로 교통류가 유입되지 못할 경우 하류교차로의 녹색시간이 사용되지 못함으로써 발생한다. <그림 9-4>와 같이 서향으로 진행하는

이동류가 좌회전 신호를 받게 되면 동향으로 진행하는 이동류가 내부링크에 진입하지 못하게 된다. 따라서 하류교차로는 녹색신호로 점등되어 있지만, 동향으로 진행하는 이동류가 내부링크에 진입되지 못하고 내부링크에 대기행렬이 존재하지 않을 경우 하류교차로의 녹색시간이 사용되지 못한다.

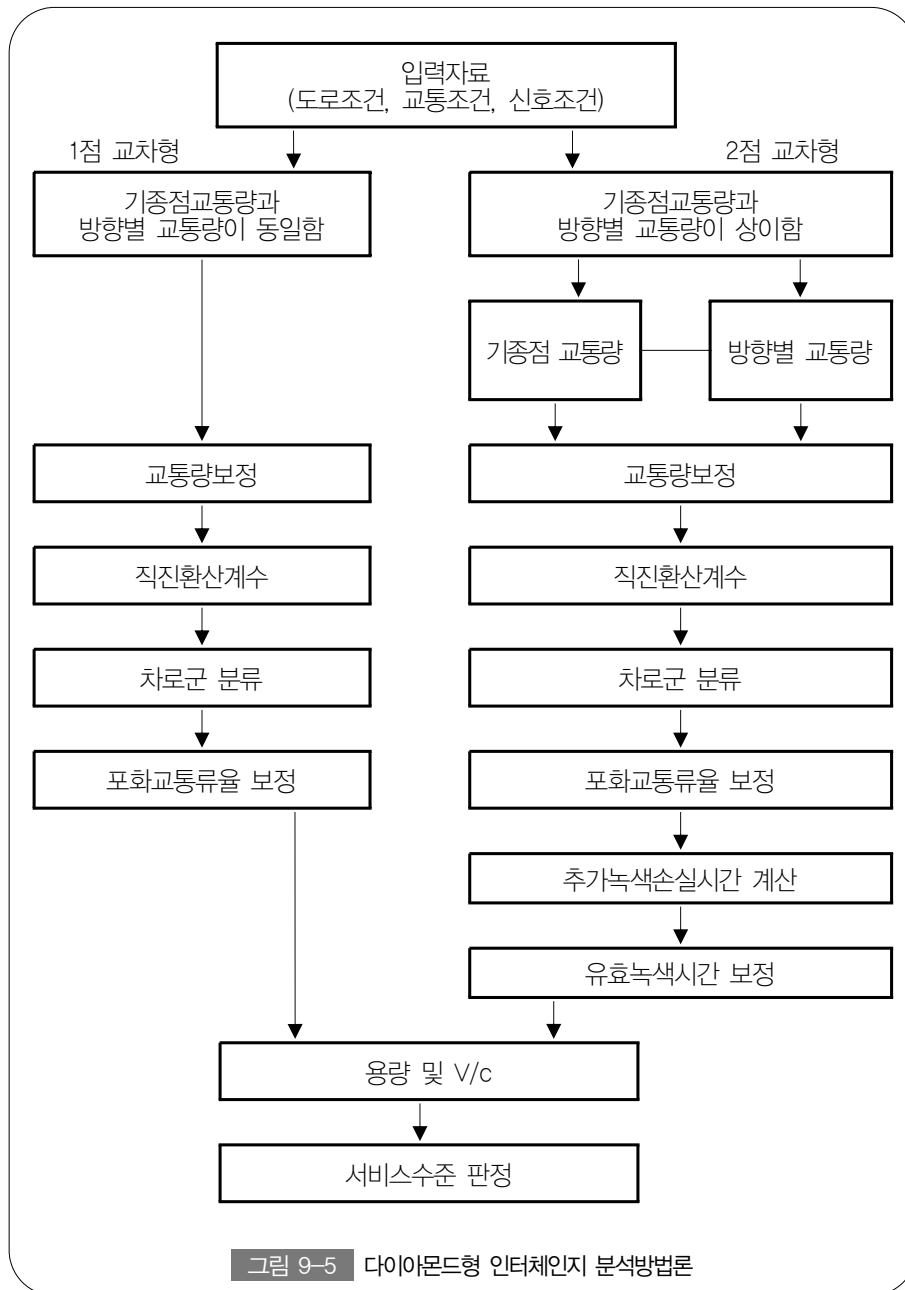


2 방법론

(1) 분석 절차

다이아몬드형 인터체인지의 분석에 포함되는 요소는 인터체인지의 기하구조, 교통조건, 신호운영조건, 서비스 수준이며 본 장에서는 운영분석에 대한 방법론을 제시한다.

다이아몬드형 인터체인지의 운영분석(operational analysis)은 신호교차로의 운영분석을 기본으로 하며, 다이아몬드형 인터체인지의 교통운영 특성을 고려한 추가분석이 포함된다. 다이아몬드형 인터체인지의 교차로 사이의 거리가 200m 이상일 경우에는 각각의 신호교차로를 독립적으로 분석하고 비신호로 운영되는 다이아몬드형 인터체인지는 기존 비신호교차로 분석 방법론을 따른다.



(2) 서비스 수준

다이아몬드형 인터체인지에서 서비스수준 판정의 기준은 분석기간(보통 첨두 15분) 동안의 차량 당 평균 제어지체이며, 이 지체의 크기에 따라 서비스수준을 A, B, C, D, E, F, FF, FFF 등 8개의 등급으로 나타낸다.

차량 당 평균제어지체란 분석기간 동안에 도착한 차량들이 다이아몬드형 인터체인지의 교차로에 진입하면서부터 교차로를 벗어나서 제 속도를 낼 때까지 걸린 추가적인 손실시간의 평균값을 의미한다. 평균제어지체는 기종점 이동류별로 계산되며, 이를 종합하여 다이아몬드형 인터체인지 전체에 대한 평균제어지체값을 계산한다.

다이아몬드형 인터체인지를 통과하는 기종점 이동류의 서비스 수준은 두 개의 교차로를 통과하는 교통류와 한 개의 교차로를 통과하는 교통류가 혼재하기 때문에 기존 신호교차로 서비스 수준 기준의 1.5배를 기준으로 설정하고 판단한다.

〈표 9-1〉 다이아몬드형 인터체인지의 서비스 수준 기준

서비스 수준	차량 당 제어지체
A	≤ 22초
B	≤ 45초
C	≤ 75초
D	≤ 105초
E	≤ 150초
F	≤ 330초
FF	≤ 510초
FFF	> 510초

(3) 입력자료 및 교통량 보정

다이아몬드형 인터체인지의 용량 및 서비스 수준 분석을 위한 입력자료는 신호교차로 분석시 이용되는 도로조건, 교통조건 및 신호조건을 기본으로 하며 추가적으로 교차로 사이의 내부링크 길이, 내부링크의 현시별 초기 대기차량 대수가 포함된다.

1) 입력자료

〈표 9-2〉 다이아몬드형 인터체인지 분석에 필요한 입력자료

조건유형	파라미터	
도로조건	차로수	N
	평균차로폭	w(m)
	경사	g(%)
	상류부 링크 길이	(m)
	좌·우회전 전용차로 유무 및 차로수	
	좌회전 곡선반경	R _L
	우회전 도류화 유무	
	주변의 토지이용 특성	
	버스베이 유무	
	버스정거장 위치	l
	노상주차시설 유무	
	진·출입로의 위치	(m)
	두 교차로 사이의 내부링크 길이	D(m)
교통조건	분석기간	(시간)
	OD 또는 회전이동류의 수요교통량	V(vph)
	기본포화교통류율	S ₀ (pcphgpl)
	첨두시간계수	PHF
	중차량 비율	P _T (%)
	버스정차대수	V _b
	주차활동	V _{park} (vph)
	순행속도	(kph)
	진·출입 차량대수	V _{ex} , V _{en} (vph)
	U턴 교통량	(vph)
	횡단보행자수	(인/시)
	초기 대기차량 대수	(대)
	승하차 인원	(인/대)
	교차로 사이 내부링크의 현시별 초기 대기차량 대수	Q _v (대)
신호조건	주기	C(초)
	차량녹색시간	G(초)
	보행자 녹색시간	G _p (초)
	황색시간	Y(초)
	상류부 교차로와의 옹셋	(초)
	좌회전 형태	

(가) 도로조건

기본적으로 신호교차로 분석에 필요한 모든 기하구조를 파악하고 2점 교차형 다이아몬드형 인터체인지의 경우, 인터체인지 내부의 두 교차로를 연결하는 내부링크 길이가 추가적으로 조사되어야 한다.

(나) 교통조건

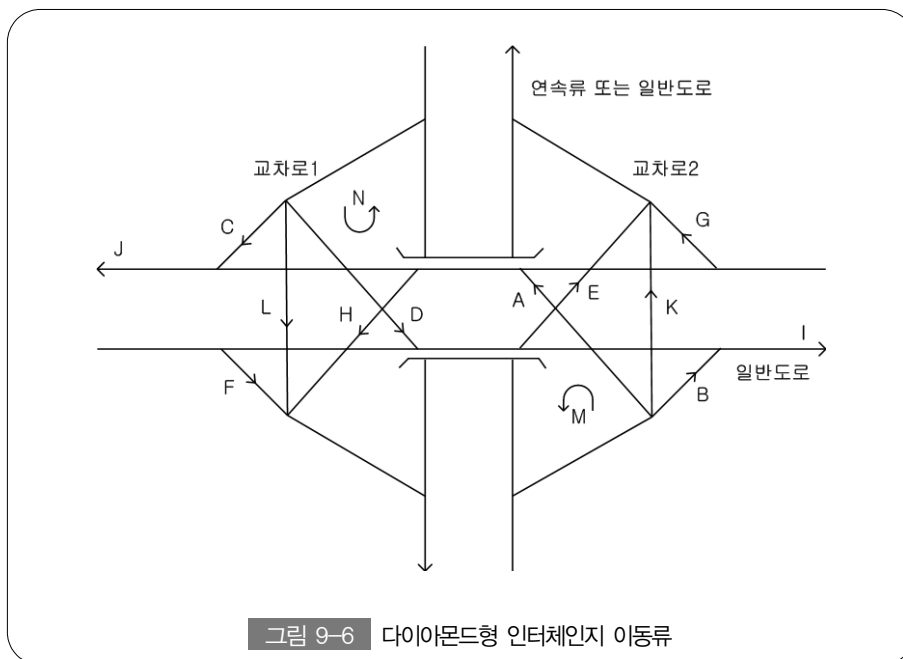
각 접근로에 따른 이동류 별 교통수요를 조사하며 분석의 대상이 되는 시간대의 첨두시간 교통류율을 사용한다. 신호교차로 분석과 마찬가지로 기본 조건에서의 포화교통류율 S_0 는 2,200pcphgpl(passenger car per hour of green per lane)를 사용한다. 내부링크의 현시별 초기 대기차량 대수를 측정하여 녹색시간 추가손실시간을 산출하기 위한 입력값으로 사용한다.

(다) 신호조건

다이아몬드형 인터체인지의 신호조건은 기본적으로 신호교차로의 신호운영방법을 따르며 2점 교차형의 경우 신호교차로가 연계되어 하나의 시스템으로 운영되는 것이 보편적이나 분리된 신호로 독립적으로 운영될 수도 있다.

2) 교통량 보정

8장 신호교차로편의 교통량 보정 방법을 준용하되 다이아몬드형 인터체인지의 기종점 이동류의 교통량은 각 교차로의 방향별 이동류의 교통량으로부터 계산하여 사용한다.



〈표 9-3〉 각 교차로의 회전교통량에서 다이아몬드형 인터체인지의 기종점교통량 계산

입력값					계산값			
접근 방향	교차로1		교차로2		기종점교통량 계산			교통량 (vph)
	회전 이동류	교통량 (vph)	회전 이동류	교통량 (vph)				
EB	LT	—	INT_LT		A	A=(NB LT)–(NB UT)		
	EXT_TH		INT_TH		B	B=NB RT		
	EXT_RT		RT	—	C	C=SB RT		
WB	INT_LT		LT	—	D	D=(SB LT)–(SB UT)		
	INT_TH		EXT_TH		E	E=(EB INT_LT)–(SB UT)		
	RT	—	EXT_RT		F	F=(EB EXT_RT)		
NB	LT	—	LT		G	G=(WB EXT_RT)		
	TH	—	TH		H	H=(WB INT_LT)–(NB UT)		
	RT	—	RT		I	I=(EB INT_TH)–(SB LT)+(SB UT)		
	UT	—	UT		J	J=(WB INT_TH)–(NB LT)+(NB UT)		
SB	LT		LT	—	K	K=(NB TH)		
	TH		TH	—	L	L=(SB TH)		
	RT		RT	—	M	M=(NB UT)		
	UT		UT	—	N	N=(SB UT)		

주) TH=직진, LT=좌회전, RT=우회전, UT=U턴, EXT=외부, INT=내부

〈표 9-4〉 다이아몬드형 인터체인지의 기종점 교통량에서 각 교차로의 회전교통량 계산

입력값		접근 방향	계산값					
기종점 이동류	교통량 (대/시)		교차로1			교차로2		
			회전 이동류	기종점 이동류	교통량 (vph)	회전 이동류	기종점 이동류	교통량 (vph)
A		EB	LT	-	-	INT_LT	E+N	
B			EXT_TH	I+E		INT_TH	I+D	
C			EXT_RT	F		RT	-	-
D		WB	INT_LT	H+M		LT	-	-
E			INT_TH	J+A		EXT_TH	J+H	
F			RT	-	-	EXT_RT	G	
G		NB	LT	-	-	LT	A+M	
H			TH	-	-	TH	B	
I			RT	-	-	RT	K	
J			UT	-	-	UT	M	
K		SB	LT	D+N		LT	-	-
L			TH	L		TH	-	-
M			RT	C		RT	-	-
N			UT	N		UT	-	-

주) TH=직진, LT=좌회전, RT=우회전, UT=U턴, EXT=외부, INT=내부

(4) 회전 및 노변차로의 직진환산계수

다이아몬드형 인터체인지의 회전 및 노변차로의 직진환산계수는 신호교차로 편이 좌회전 차로의 직진환산계수, 우회전 차로의 노변마찰로 인한 포화차두시간 손실, 우회전 차로의 직진 환산계수를 고려한다.

(5) 차로군 분류

다이아몬드형 인터체인지의 접근로 별 차로군 분류는 신호교차로 편과 같이 실질적 전용 좌·우회전 유무를 V_{STL} 과 V_{LF} , V_{STR} 과 V_{RF} 를 비교해서 판별한다.

(6) 포화교통류율 보정

다이아몬드형 인터체인지의 포화교통류율은 신호교차로 편과 같이 접근로의 차로군을 기준으로 차로군 별로 산정하며 산정된 포화교통류율은 차로폭, 접근로 경사, 중차량, 좌·우회전 차로 등의 보정계수를 사용하여 보정한다.

(7) 추가녹색손실시간 계산

1) 내부링크의 초기대기행렬에 의한 상류교차로의 추가녹색손실시간

교차로 사이의 내부링크에 형성된 초기대기행렬길이가 늘어남에 따라 상류교차로 접근로에 진입하는 차로군에 할당된 녹색시간에 추가손실시간 (L_Q)이 발생한다.

내부링크의 대기행렬에 의한 상류교차로의 추가녹색손실시간 (L_Q)는 〈그림 9-7〉의 τ_2 와 같으며 다음과 같이 결정된다.

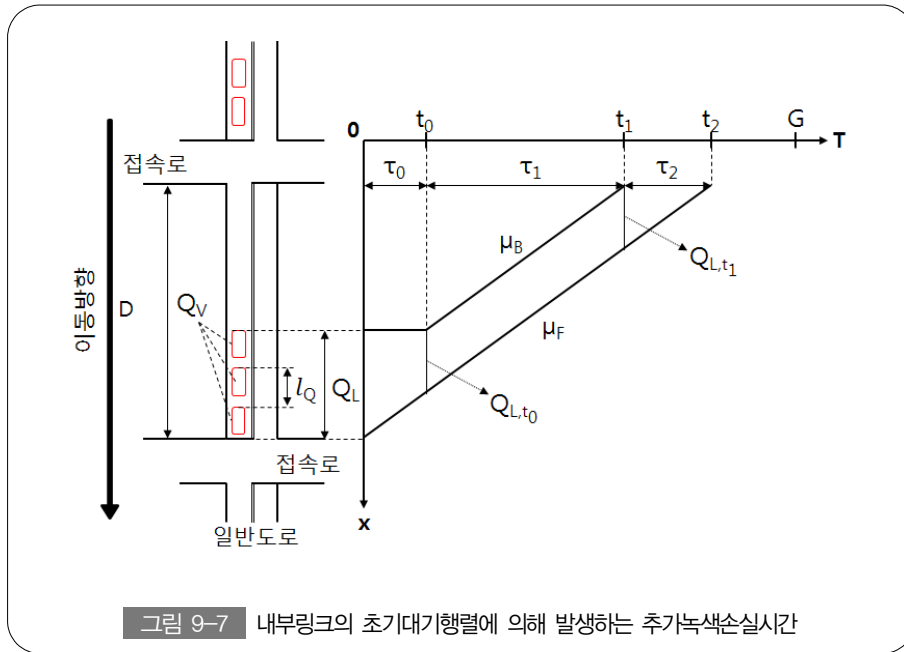
$$L_Q = \tau_2 = \frac{Q_L + \mu_F \times \tau_0 + (\mu_F - \mu_B) \times \tau_1}{- \mu_F} \quad (\text{식 9-1})$$

추가녹색손실시간(τ_2)을 계산하기 위하여 필요한 τ_0 , τ_1 , μ_1 , μ_2 는 다음 식에 의하여 결정된다.

$$\tau_0 = \frac{D - Q_L}{\mu_{u,i}}, \quad \tau_1 = \frac{D - Q_L}{-\mu_B} \quad (\text{식 9-2})(\text{식 9-3})$$

$$\mu_B = \frac{S_{u,i}}{\frac{S_{u,i}}{\mu_{u,i}} - \frac{1}{l_Q}}, \quad \mu_F = \frac{S_{d,i}}{\frac{S_{d,i}}{\mu_{d,i}} - \frac{1}{l_Q}} \quad (\text{식 9-4})(\text{식 9-5})$$

만약, $Q_L + \mu_F \times \tau_0 < 0$ 이면 추가녹색손실시간이 발생하지 않는다.



여기서,

Q_L = 교차로 사이 내부링크의 현시별 초기대기행렬 길이(m), ($=Q_V \times l_Q$)

Q_V = 현시별 신호 시작시 내부링크의 평균 대기차량 대수(대)

l_Q = 대기행렬에서 차량간 평균거리(앞차의 뒷 범퍼에서 뒤차의 뒷 범퍼까지)(m)

Q_{L,t_0}, Q_{L,t_1} = t_0, t_1 일 때 내부링크의 평균 대기차량 길이(m)

D = 교차로 사이의 내부링크 길이(m)

$S_{u,i}$ = 상류 교차로 차로군 i 의 포화교통류율(=방출교통류율)(대/초)

$S_{d,i}$ = 하류 교차로 차로군 i 의 포화교통류율(=방출교통류율)(대/초)

$\mu_{u,i}$ = 상류 교차로로부터 방출되는 차로군 i 의 자유통행속도(m/초)

$\mu_{d,i}$ = 하류 교차로로부터 방출되는 차로군 i 의 자유통행속도(m/초)

μ_B = 대기행렬 끝부분이 내부링크 끝으로 이동하는 속도(m/초)

μ_F = 대기행렬 앞부분이 내부링크 끝으로 이동하는 속도(m/초)

G = 해당 현시의 녹색시간(초)

t_0 = 상류교차로에서 방출되는 첫 번째 차량이 $\mu_{u,i}$ 로 이동하여 대기행렬 끝에 도착하는 시각(초)

t_1 = 상류교차로에서 방출되는 교통류에 의해 대기행렬 끝이 내부링크 끝에 도착하는 시각(초)

t_2 = 하류교차로에서 교통류 방출이 일어나면서 대기행렬이 모두 풀리는 시각(초)

τ_0 = 시작 시점부터 상류교차로에서 방출되는 첫 번째 차량이 대기행렬 끝에 도착하기까지 소요된 시간(초)

τ_1 = t_0 부터 대기행렬이 내부링크 끝에 도착하기까지 소요된 시간(초)

τ_2 = t_1 부터 대기행렬이 다 풀릴 때까지 소요된 시간(초)

내부링크의 현시별 초기대기차량은 연결로-일반도로 결합부의 신호운영에 의해 발생한다. 추가지체 계산을 위한 초기 대기차량의 측정과는 달리 분석을 시작하는 시점을 기준으로 하지 않으며 각 현시가 시작하는 시점의 대기차량을 측정한다.

아래의 예를 보면 첫 번째 현시에서 SB_LT와 NB_LT의 교통류로 인하여 EB와 WB 내부링크에 대기 차량이 발생하게 되고 두 번째 신호가 시작될 때 최대가 되며 이후 두 번째와 세 번째 현시에서는 내부 링크에 대기차량이 발생하지 않는다.

〈표 9-5〉 현시별 신호 시작시 내부링크 대기차량의 예

신호현시		내부링크 방향
교차로 1	교차로2	EB
		-
		Q_V
		-

2) 녹색시간 미사용으로 인한 하류교차로의 추가녹색손실시간

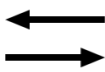
녹색시간 미사용으로 인한 하류교차로의 추가녹색손실시간은 내부링크로부터 방출될 수 있는 대기행렬이 존재하지 않고 신호운영으로 인하여 상류교차로로부터 도착하는 교통량이 없어 활용되지 않는 녹색시간으로 정의된다. 녹색시간 미사용으로 인한 하류교차로의 추가녹색손실시간은 상류교차로가 좌회전 현시이면서 하류교차로가 녹색 현시인 기간 (CG_{DS})동안 발생할 수 있다. 녹색시간 미사용으로 인한 하류부의 추가녹색손실시간(L_{DS})는 다음 식과 같이 결정된다.

$$L_{DS} = CG_{DS} - Q_V \times h_S \quad (\text{식 9-6})$$

여기서,

$$h_S = \text{포화차두시간(초/대)}$$

〈표 9-6〉 하류교차로 녹색시간 미사용 발생가능 현시 예

신호현시		녹색시간 미사용으로 인한 추가 손실시간 발생 가능현시
상류교차로	하류교차로	
		-
		CG_{DS}
		-

(8) 유효녹색시간 보정

다이아몬드형 인터체인지에서 유효녹색시간 보정은 내부링크의 대기차량에 의한 상류교차로의 유효녹색시간 보정과 녹색시간 미사용으로 인한 하류교차로의 유효녹색시간보정으로 구분된다. 내부링크의 대기차량에 의한 손실시간이 반영된 상류교차로의 보정된 유효녹색시간은 다음과 같이 결정된다.

$$g_i' = G - L_B + G_L - L_Q \quad (\text{식 9-7})$$

여기서,

g_i' = 상류 교차로 i 차로군의 보정된 유효녹색시간(초)

G = 녹색시간(초)

G_L = 진행연장시간(=2.0초)

L_B = 출발손실시간 (=2.3초)

L_Q = 내부링크의 초기대기행렬에 의한 추가녹색손실시간(초)

녹색시간 미사용으로 인한 하류부의 추가녹색손실시간이 반영된 하류교차로의 보정된 유효녹색시간은 다음과 같이 결정된다.

$$g_i' = G - L_B + G_L - L_{DS} \quad (\text{식 9-8})$$

여기서,

g_i' = 하류교차로 i 차로군의 보정된 유효녹색시간(초)

G = 녹색시간(초)

G_L = 진행연장시간(=2.0초)

L_B = 출발손실시간 (=2.3초)

L_{DS} = 녹색시간 미사용으로 인한 추가녹색손실시간(초)

(9) 서비스 수준 결정

1) 용량 및 V/c

다이아몬드형 인터체인지의 상하류 교차로 접근로 용량은 각 현시에 따른 차로군 별로 구분한다. i 차로군의 용량은 다음 식으로 계산한다.

$$c_i = S_i \times \frac{g_i'}{C} \quad (\text{식 9-9})$$

여기서,

c_i = i 차로군의 용량(vph)

S_i = i 차로군의 포화교통류율(vph)

g_i' = 추가녹색손실시간이 반영된 i 차로군의 유효녹색시간(초)

C = 주기(초)

$(V/c)_i$ 는 i 차로군의 교통량과 용량의 비를 의미하는 것으로서 이를 포화도(X_i)라 한다. 교통량과 포화도의 관계는 다음과 같이 나타낸다.

$$X_i = \left(\frac{V}{c} \right)_i = \frac{V_i}{S_i \left(\frac{g_i'}{C} \right)} = \frac{V_i C}{S_i g_i'} \quad (\text{식 9-10})$$

여기서,

$X_i = (V/c)_i = i$ 차로군의 포화도

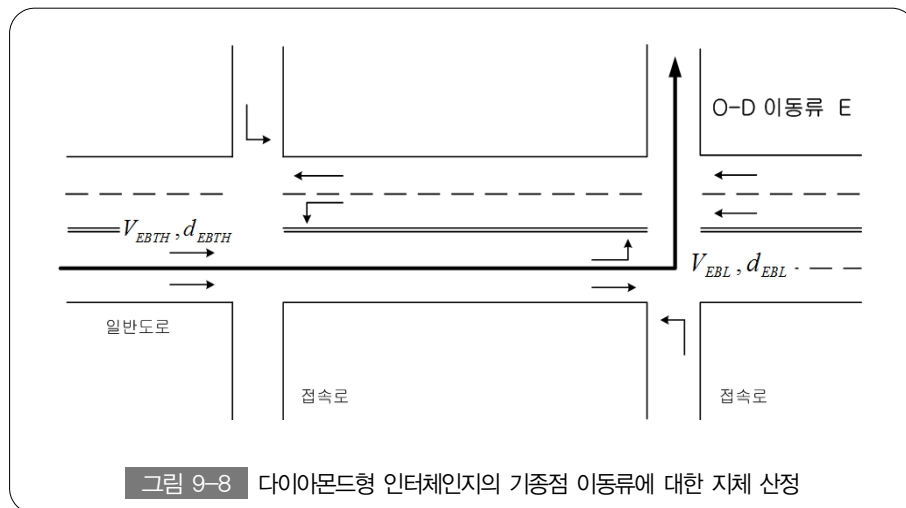
$V_i = i$ 차로군의 교통량(vph)

$g_i'/C = i$ 차로군의 유효녹색시간 비

2) 지체 산정

다이아몬드형 인터체인지의 기종점 이동류의 평균제어지체는 각 기종점 이동류가 속하는 차로군별로 산출된 차량 당 평균 제어지체의 합으로 결정된다. 예를 들어 <그림 9-8>과 같이 교차로1을 직진으로 통과하여 교차로2에서 좌회전 하는 이동류 E의 지체 d_E 는 각각의 차로군 v_{EBTH} 와 v_{EBL} 에서 발생하는 지체 d_{EBTH} 와 d_{EBL} 을 합한 값과 같다.

$$d_E = d_{EBTH} + d_{EBL} \quad (\text{식 9-11})$$



차량 당 평균제어지체는 균일 제어지체와 증분지체 추가지체의 합으로 이루어지며 다이아몬드형 인터체인지의 각 교차로의 차량 당 평균제어지체는 신호교차로 분석방법과 동일하게 산출된다.

4) 지체 종합 및 서비스수준 판정

다이아몬드형 인터체인지의 기종점 이동류의 차량당 제어지체가 산출되면 이를 기준으로 각 기종점 이동류별 서비스 수준을 판단하고, 각 기종점 이동류의 제어지체를 교통량에 관하여 가중 평균하여 다이아몬드형 인터체인지의 평균제어지체를 구하고 서비스 수준을 결정한다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$d_I = \frac{\sum d_i V_i}{\sum V_i} \quad (\text{식 9-12})$$

여기서,

d_I = 다이아몬드형 인터체인지 I 의 차량 당 평균제어지체(초/대)

d_i = 기종점 이동류 i 의 차량 당 평균제어지체(초/대)

V_i = 기종점 이동류 i 의 보정 교통량(vph)

3 예 제

〈예 제 1〉

내부링크의 대기차량으로 인한 추가손실시간이 발생하는 연결로-일반도로 결합부의 교통상황을 분석하고자 한다.

일반도로에서 연결로로 빠져나가는 좌회전 이동류는 각각의 전용 좌회전 차로를 이용하고(CASE 1) 있으며 일반도로에서 연결로로 진입하는 우회전교통은 전용우회전 차로를 이용하고 있다.

북향과 남향 연결로의 좌회전과 우회전이동류는 각각 전용차로를 사용하고 있다.

이 연결로-일반도로 결합부의 모든 차로군의 용량과 V/c비를 구하라.

또 모든 기종점이동류와 연결로-일반도로 결합부 전체의 서비스 수준을 구하라.

〈풀 이〉

연결로-일반도로 결합부는 두 교차로 사이의 거리가 짧기 때문에 내부링크에 대기차량이 발생할 경우, 상류교차로에서 내부링크로 진입하는 교통류에 추가적인 손실시간을 발생 시킬 수 있다.

이러한 경우 상류교차로의 용량이 감소하게 되어 서비스 수준에 악영향을 미친다.

내부링크의 대기차량은 각 현시가 시작될 때 측정하는 것으로 추가지체 계산을 위해 조사하는 초기 대기차량과는 분석하는 시점에 따라 서로 다를 수 있다.

추가지체를 계산하기 위한 초기대기차량은 없으며 각 이동류의 현시 시작시 내부링크 평균초기대기 차량 대수(Q_v)는 다음과 같다.

이동류	EB EXT_TH	SB_LT	EB INT_TH	WB EXT_TH	NB_LT	WB INT_TH
Q_v , 대	0	4	0.45	0	0	0

대기행렬 내 차량간 평균거리 l_Q 는 7.6m 이고 녹색시간 미사용으로 인한 하류교차로의 추가녹색 손실시간 계산을 위한 포화차두시간(h_s)는 이동류 EB INT_TH, WB INT_TH에 따라 각각 2초이다. 상·하류 교차로에서 방출되는 이동류의 자유통행속도는 16.67m/초로 일정하다.

각각의 기종점이동류 지체는 차로군 별 지체를 통해 계산하며 전체 지체계산은 각각의 기종점 교통량과 계산된 기종점이동류의 지체를 가중평균하여 구한다.

입 력 자 료						
연결로-일반도로 결합부명: <u>오공구 다이아몬드형 인터체인지</u>				조사시간: <u>12.5.09.15:45 ~ 16:00</u>		
지점특성: <u>연결로-일반도로 결합부</u>				조 사 자: <u>장삼오, 이사육</u>		
기타						
분석기간 : 0.25 시간		보행자 및 자전거 : 없음				
PHF = 0.95		RTOR : 허용하지 않음				
중차량 혼입율(P) = 5%		교차로 인근 진출입로 : 없음				
버스베이 : 없음		주차활동 : 없음				
기하 및 신호						
교차로 사이의 거리(D) : 90m						
신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 100초)						
교차로	교차로 1			교차로 2		
현 시						
신호시간	G = 22 Y = 3	G = 42 Y = 3	G = 27 Y = 3	G = 22 Y = 3	G = 42 Y = 3	G = 27 Y = 3
좌회전 형태	EB: 좌회전 없음 WB: 보호 (CASE 1) SB: 좌우동시			EB: 보호 (CASE 1), WB: 좌회전 없음 NB: 좌우동시		

입 력 자 료												
교통												
교차로 1												
접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_H(\text{vph})$	-	2,645	250	575	730	-				74	-	114
U턴 교통량(vph)	0			0						0		
진입교통량, $V_{en}(\text{vph})$	0			0						0		
진출교통량, $V_{ex}(\text{vph})$	0			0						0		
버스정차대수, $V_b(\text{vph})$	0			0						0		
주차여부(O, ×)	0			0						0		
주차활동대수, $V_{\text{park}}(\text{vph})$	0			0						0		
횡단보행자수 (인/시)	0			0						0		
보행신호시간, $G_p(\text{초})$	0			0						0		
상류부 링크 길이(m)	500			90						500		
순행속도(kph)	60			60						60		
경사 / w / l / R_L	0/3.5/-/-			0/3.5/-/25						0.02/3.5/-/25		
교차로 2												
접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_H(\text{vph})$	810	1,909	-	-	1,073	132	228	-	251			
U턴 교통량(vph)	0			0			0					
진입교통량, $V_{en}(\text{vph})$	0			0			0					
진출교통량, $V_{ex}(\text{vph})$	0			0			0					
버스정차대수, $V_b(\text{vph})$	0			0			0					
주차여부(O, ×)	0			0			0					
주차활동대수, $V_{\text{park}}(\text{vph})$	0			0			0					
횡단보행자수 (인/시)	0			0			0					
보행신호시간, $G_p(\text{초})$	0			0			0					
상류부 링크 길이(m)	90			500			500					
순행속도(kph)	60			60			60					
경사 / w / l / R_L	0/3.5/-/25			0/3.5/-/-			0.02/3.5/-/25					

교통량 보정												
교차로 1												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_H(vph)$	-	2,645	250	575	730	-				74	-	114
차로이용률계수(F_U)	1.05/1.0			1.0/1.1						1.0/1.0		
PHF	0.95			0.95						0.95		
RTOR보정	1			1						1		
보정 교통량, $V(vph)$		2,923	263	605	845					78	-	120
교차로 2												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, $V_H(vph)$	810	1,909	-	-	1,073	132	228	-	251			
차로이용률계수(F_U)	1.0/1.1			1.1/1.0			1.0/1.0					
PHF	0.95			0.95			0.95					
RTOR보정	1			1			1					
보정 교통량, $V(vph)$	853	2,210	-	-	1,242	139	240	-	264			
방향별 회전교통량에서 기중점교통량 계산												
입력값						계산값						
접근 방향	교차로1		교차로2		기중점교통량 계산						교통량 (vph)	
	회전 이동류	교통량 (vph)	회전 이동류	교통량 (vph)								
EB	LT	-	INT_LT	853	A	$A=(NB\ LT)-(NB\ UT)$					240	
	EXT_TH	2,923	INT_TH	2,210	B	$B=NB\ RT$					264	
	EXT_RT	263	RT	-	C	$C=SB\ RT$					120	
WB	INT_LT	605	LT	-	D	$D=(SB\ LT)-(SB\ UT)$					78	
	INT_TH	845	EXT_TH	1,242	E	$E=(EB\ INT\_LT)-(SB\ UT)$					853	
	RT	-	EXT_RT	139	F	$F=(EB\ EXT\_RT)$					263	
NB	LT	-	LT	240	G	$G=(WB\ EXT\_RT)$					139	
	TH	-	TH	0	H	$H=(WB\ INT\_LT)-(NB\ UT)$					605	
	RT	-	RT	264	I	$I=(EB\ INT\_TH)-(SB\ LT)+(SB\ UT)$					2,132	
	UT	-	UT	0	J	$J=(WB\ INT\_TH)-(NB\ LT)+(NB\ UT)$					605	
SB	LT	78	LT	-	K	$K=(NB\ TH)$					0	
	TH	0	TH	-	L	$L=(SB\ TH)$					0	
	RT	120	RT	-	M	$M=(NB\ UT)$					0	
	UT	0	UT	-	N	$N=(SB\ UT)$					0	

차로군 분류												
교차로 1												
접 근 로	EB	WB	NB	SB								
차로수, N	4	3		2								
보정 대향직진교통량, $V_o(vph)$	0	0		0								
비보호간격수락률, P	0	0		0								
좌회전직진환산계수, E_l	1	1		1								
좌회전곡선반경 영향, E_p	1	1		1								
U턴 영향, E_u	1	1		1								
$EL = E_l \times E_p \times E_u$	1	1		1								
진출입로 영향,	0	0		0								
버스정차의 영향, $T_b(초)$	0	0		0								
정류장위치, $l_b = (75 - l)/75$	0	0		0								
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b(초)$	0	0		0								
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}(초)$	0	0		0								
노변마찰의 영향 L_H	0	0		0								
우회전횡단차단, $f_c G_p$	0	0		0								
우회전차로 직진환산계수, E_R	-	-		-								
V_{LF}	-	-		-								
V_{RF}	-	-		-								
V_{STL}	-	-		-								
V_{STR}	-	-		-								
차로군 분류(O)	LT	TH RT	LT TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH RT
교차로 2												
접 근 로	EB	WB	NB	SB								
차로수, N	3	4	2									
보정 대향직진교통량, $V_o(vph)$	0	0	0									
비보호간격수락률, P	0	0	0									
좌회전직진환산계수, E_l	1	1	1									
좌회전곡선반경 영향, E_p	1	1	1									
U턴 영향, E_u	1	1	1									
$EL = E_l \times E_p \times E_u$	1	1	1									
진출입로 영향,	0	0	0									
버스정차의 영향, $T_b(초)$	0	0	0									
정류장위치, $l_b = (75 - l)/75$	0	0	0									
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b(초)$	0	0	0									
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}(초)$	0	0	0									
노변마찰의 영향 L_H	0	0	0									
우회전횡단차단, $f_c G_p$	0	0	0									
우회전차로 직진환산계수, E_R	-	-	-									
V_{LF}	-	-	-									
V_{RF}	-	-	-									
V_{STL}	-	-	-									
V_{STR}	-	-	-									
차로군 분류 (O)	LT	TH RT	LT TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH RT

포 화 교 통 량 계 산													
교차로 1													
접 근 로		EB			WB			NB			SB		
차로군분류		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
이동류 교통량, V		-	2,923	263	605	845	-	-	-	-	78	-	120
회전 직진환산계수, E _L , E _R		1			1						1		
차로군별 교통량 V _i (vph)	공용 LT: V _{Th} -V _{Rf} +V _L												
	공용 RT: V _{Th} -V _{Lf} +V _R												
	실질 LT: V _{Lf} +V _L				605						78		
	실질 RT: V _{Rf} +V _R	263									120		
	실질 TH: V _{Th} -V _{Lf} -V _{Rf}	2,923			845								
통합 차로군: V _{Th} +V _L +V _R													
회전교통량비 P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$											
회전보정계수 f _{LT} , f _{RT}		$\frac{1}{1+P(E-1)}$		1/0.86		1/1					1/0.86		
차로폭 보정계수, f _w		1.0		1.0					1.0				
경사 보정계수, f _g		1.0		1.0					0.974				
중차량 보정계수, f _{HV}		0.96		0.96					0.96				
포화교통량: S _i =2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}		6,336/1,816		2,112/6,336					2,057/1,769				

교차로 2													
접 근 로		EB			WB			NB			SB		
차로군분류		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
이동류 교통량, V		853	2,210	-	-	1,242	139	240	-	264			
회전 직진환산계수, E _L , E _R		1			1			1					
차로군별 교통량 V _i (vph)	공용 LT: V _{Th} -V _{Rf} +V _L												
	공용 RT: V _{Th} -V _{Lf} +V _R												
	실질 LT: V _{Lf} +V _L	853						240					
	실질 RT: V _{Rf} +V _R				139			264					
	실질 TH: V _{Th} -V _{Lf} -V _{Rf}	2,210			1,242								
통합 차로군: V _{Th} +V _L +V _R													
회전교통량비 P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$											
회전보정계수 f _{LT} , f _{RT}		$\frac{1}{1+P(E-1)}$		1/1		1/0.86		1/0.86					
차로폭 보정계수, f _w		1.0		1.0		1.0							
경사 보정계수, f _g		1.0		1.0		0.974							
중차량 보정계수, f _{HV}		0.96		0.96		0.96							
포화교통량: S _i =2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}		2,112/6,336		6,336/1,816		2,057/1,769							

추가녹색손실시간 계산				
내부링크의 초기대기행렬에 의한 상류교차로의 추가녹색손실시간 계산				
이 동 류	EB EXT_TH	SB_LT	WB EXT_TH	NB_LT
교차로 사이 내부링크의 길이, $D(m)$	90	90	90	90
현시 시작시 내부링크의 초기 대기차량 대수, $Q_V(\text{대})$	0	4.0	0	0
대기행렬에서 차량간 평균거리 (앞차의 뒷 범퍼에서 뒤차의 뒷 범퍼까지), $l_Q(m)$	7.6	7.6	7.6	7.6
교차로 사이 내부링크의 대기행렬길이(m) : $Q_L = Q_V \times l_Q$	0	30.4	0	0
해당 현시의 녹색시간, $G(\text{초})$	42	22	42	27
상류 교차로 차로군 i 의 포화교통류율, $S_{u,i}(\text{대/초})$	0.5	0.5	0.5	0.5
하류 교차로 차로군 i 의 포화교통류율, $S_{d,i}(\text{대/초})$	0.5	0.5	0.5	0.5
상류 교차로 차로군 i 의 자유통행속도, $\mu_{u,i}(m/\text{초})$	16.67	16.67	16.67	16.67
하류 교차로 차로군 i 의 자유통행속도, $\mu_{d,i}(m/\text{초})$	16.67	16.67	16.67	16.67
시작 시점부터 상류교차로에서 방출되는 첫 번째 차량이 대기행렬 끝에 도착하기까지 소요된 시간, $\tau_0(\text{초})$	$\tau_0 = \frac{D - Q_L}{\mu_{u,i}}$	5.40	3.58	5.40
대기행렬 끝부분이 내부링크 끝까지 도달하는 속도, $\mu_B(m/\text{초})$	$\mu_B = \frac{S_{u,i}}{\frac{S_{u,i}}{\mu_{u,i}} - \frac{1}{l_Q}}$	-4.92	-4.92	-4.92
t_0 부터 대기행렬이 내부링크 끝에 도착하기까지 소요된 시간, $\tau_1(\text{초})$	$\tau_1 = \frac{D - Q_L}{-\mu_B}$	18.29	12.11	18.29
대기행렬 앞부분이 내부링크 끝까지 도달하는 속도, $\mu_F(m/\text{초})$	$\mu_F = \frac{S_{d,i}}{\frac{S_{d,i}}{\mu_{d,i}} - \frac{1}{l_Q}}$	-4.92	-4.92	-4.92
추가녹색손실시간 발생여부 ($Q_L + \mu_F \times \tau_0 < 0$ 이면 손실시간 없음)	X	0	X	X
$L_Q = \tau_2 = \frac{Q_L + \mu_F \times \tau_0 + (\mu_F - \mu_B) \times \tau_1}{-\mu_F}$	0	2.6	0	0
보정된 유효녹색시간(초): $g'_i = G - L_B + G_L - L_Q$	41.7	19.1	41.7	26.7

추가녹색손실시간 계산		
녹색시간 미사용으로 인한 하류교차로의 추가녹색손실시간 계산		
이 동 류	EB INT_TH	WB INT_TH
상류교차로 좌회전 신호시 하류교차로 중첩 내부녹색시간, $CG_{DS}(\text{초})$	0	0
포화차두시간, $h_s(\text{초})$	2	2
$L_{DS} = CG_{DS} - Q_V \times h_s$	0	0
보정된 유효녹색시간(초): $g'_i = G - L_B + G_L - L_{DS}$	66.7	71.7

용 량 계 산												
교차로 1												
차로군 및 접근로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
차로군 교통량, V_i (vph)	2,923/263			605/845						78/120		
차로군 녹색시간비, $(g^{\prime}/C)_i$	0.417/0.417			0.267/0.717						0.191/0.217		
차로군 용량, $c_i = S_i(g^{\prime}/C)_i$	2,642/757			564/4,543						393/384		
차로군 포화도, $(V/c)_i = X_i$	1.11/0.35			1.07/0.19						0.20/0.31		
교차로 2												
차로군 및 접근로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
차로군 교통량, V_i (vph)	853/2,210			1,242/139			240/264					
차로군 녹색시간비, $(g^{\prime}/C)_i$	0.217/0.667			0.417/0.417			0.267/0.267					
차로군 용량, $c_i = S_i(g^{\prime}/C)_i$	458/4,226			2,642/757			549/472					
차로군 포화도, $(V/c)_i = X_i$	1.86/0.52			0.47/0.18			0.44/0.56					

지체 계산

교차로 1

접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량 대수, $Q_b(\text{대})$	0			0						0		
추가지체 유형 판단 ¹⁾	-			-						-		
균일지체, $d_1^{(2)}$	29.2/19.9			36.7/4.6						34.0/32.9		
증분지체, $d_2^{(3)}$	55.6/1.3			58.0/0.1						1.1/2.1		
추가지체, $d_3^{(4)}$	-			-						-		
평균 제어지체(초/대) $d_i = d_1 + d_2 + d_3$	84.8/21.2			94.7/4.7						35.1/35.0		

교차로 2

접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량 대수, $Q_b(\text{대})$	0			0			0					
추가지체 유형 판단 ¹⁾	-			-			-					
균일지체, $d_1^{(2)}$	39.2/8.5			21.1/18.4			30.4/31.6					
증분지체, $d_2^{(3)}$	395.3/0.5			0.6/0.5			2.6/4.7					
추가지체, $d_3^{(4)}$	-			-			-					
평균 제어지체(초/대) $d_i = d_1 + d_2 + d_3$	434.5/9.0			21.7/18.9			33.0/36.3					

1) $Q_b > 0$ 때 다음 식을 이용해서 판단

유형 I : $0 < Q_b < (1-X)cT$ 유형 II : $0 < (1-X)cT < Q_b$ 유형 III : $(1-X)cT < 0 < Q_b$

2) 균일지체

$$d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} (Q_b=0 \text{ 때})$$
$$= \frac{R^2}{2C(1-y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1-y)} \text{ (유형 I 때)}$$
$$= \frac{R}{2} \text{ (유형 II, III 때)}$$

3) 증분지체

$$d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$$

4) $Q_b > 0$ 때만 사용 : d_3

$$= \frac{1,800Q_b^2}{cT(c-V)} \text{ (유형 I 때)}$$
$$= \frac{3,600Q_b}{c} - 1,800T(1-X) \text{ (유형 II 때)}$$
$$= \frac{3,600Q_b}{c} \text{ (유형 III 때)}$$

지체 종합 및 서비스 수준 판정			
기종점 이동류	교통량(대/시)	평균제어지체(초)	서비스 수준
A	240	37.7	B
B	264	36.3	B
C	120	35	B
D	78	44.1	B
E	853	519.3	F
F	263	21.2	A
G	139	18.9	A
H	605	116.4	E
I	2,372	93.8	D
J	605	26.4	B
K	0	0	0
L	0	0	0
M	0	0	0
N	0	0	0
연결로-일반도로 결합부 분석			
연결로-일반도로 결합부 지체, $d_l = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$		144.1	
연결로-일반도로 결합부 서비스수준		E	

〈예 제 2〉

하류교차로의 녹색시간 미사용으로 인한 추가손실시간이 발생하는 연결로-일반도로 결합부의 교통상황을 분석하고자한다. 동향(EB)과 서향(WB)의 외부 진입로는 직진-우회전 공용차로를 포함하고 있다. 일반도로에서 연결로로 빠져나가는 좌회전 이동류는 각각의 전용 좌회전 차로를 이용하고(CASE 1) 있다.

북향과 남향 연결로의 좌회전과 우회전이동류는 각각 전용차로를 사용하고 있다.

이 연결로-일반도로 결합부의 모든 차로군의 용량과 V/c 비를 구하라.

또 모든 기종점이동류와 연결로-일반도로 결합부 전체의 서비스 수준을 구하라.

〈풀 이〉

이 예제는 연결로-일반도로 결합부 하류교차로의 녹색시간 미사용으로 인한 추가손실시간이 발생하는 상황을 분석한다.

동향과 서향의 외부에서 진입하는 접근로는 직진-우회전 공용차로를 포함하고 있으므로 차로군 분류시 V_{STL} 과 V_{RF} 를 계산하여 실제적인 차로군을 분류해야한다.

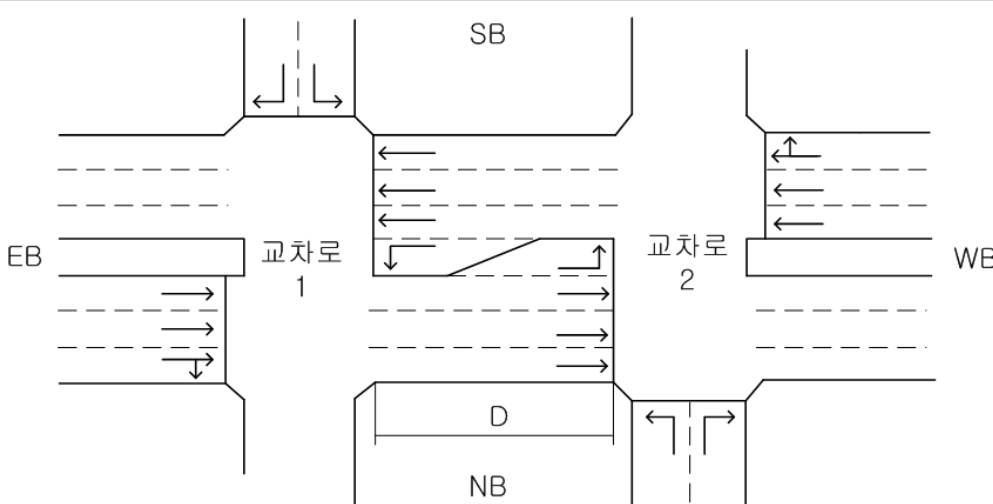
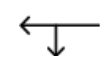
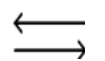
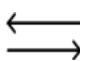
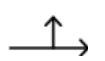
앞의 예제들과 마찬가지로 결합부의 두 개 세 갈래 교차로는 신호교차로 편의 분석방법에 따라 분석하고 내부링크의 초기 대기행렬과 녹색시간 미사용으로 인한 추가녹색손실시간을 계산하여 유효 녹색시간 추가적으로 보정한다.

추가지체를 계산하기 위한 초기대기차량은 없으며 각 이동류의 현시 시작시 내부링크 평균초기대기 차량 대수(Q_v)는 다음과 같다.

이동류	EB EXT_TH	SB_LT	EB INT_TH	WB EXT_TH	NB_LT	WB INT_TH
$Q_{v,대}$	0	3	0.46	0	3	0.52

대기행렬간 차량간 평균거리 l_Q 는 7.6m 이고 녹색시간 미사용으로 인한 하류교차로의 추가녹색 손실시간 계산을 위한 포화차두시간(h)는 이동류 EB INT_TH, WB INT_TH에 따라 각각 2초이다. 상·하류 교차로에서 방출되는 이동류의 자유통행속도는 16.67m/초로 일정하다.

각각의 기종점이동류 지체는 차로군 별 지체를 통해 계산하며 전체 지체계산은 각각의 기종점 교통량과 계산된 기종점이동류의 지체를 가중평균하여 구한다.

입 력 자 료						
연결로-일반도로 접속부명: <u>사이옥 다이아몬드형 인터체인지</u>			조사시간: <u>12.4.26.14:30 ~ 14:45</u>			
지점특성: <u>자동차 전용도로 접속부</u>			조 사 자: <u>장삼오, 이사육</u>			
						
기타						
분석기간 : 0.25 시간			보행자 및 자전거 : 없음			
PHF = 0.97			RTOR : 허용하지 않음			
중차량 혼입율(P) = 5%			교차로 인근 진출입로 : 없음			
버스베이 : 없음			주차활동 : 없음			
기하 및 신호						
교차로 사이의 거리(D) : 120m						
신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 100초)						
교차로	교차로 1			교차로 2		
현 시						
신호시간	G = 30 Y = 5	G = 25 Y = 5	G = 30 Y = 5	G = 30 Y = 5	G = 25 Y = 5	G = 30 Y = 5
좌회전 형태	EB: 좌회전 없음 WB: 보호 (CASE 1) SB: 좌우동시			EB: 보호 (CASE 1), WB: 좌회전 없음 NB: 좌우동시		

교통량 보정												
교차로 1												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	—	1,100	110	285	925	—				185	0	120
차로이용률계수(F_U)	1.02			1.0/1.1						1.0/1.0		
PHF	0.97			0.97						0.97		
RTOR보정	1			1						1		
보정 교통량, V (vph)	—	1,157	113	294	1,049	—				191	0	124
교차로 2												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	200	1,085	—	—	1,085	180	125	0	210			
차로이용률계수(F_U)	1.0/1.1			1.02			1.0/1.0					
PHF	0.97			0.97			0.97					
RTOR보정	1			1			1					
보정 교통량, V (vph)	206	1,230	—	—	1,141	186	129	0	216			
방향별 회전교통량에서 기종점교통량 계산												
입력값						계산값						
접근 방향	교차로1		교차로2		기종점교통량 계산						교통량 (vph)	
	회전 이동류	교통량 (vph)	회전 이동류	교통량 (vph)								
EB	LT	—	INT_LT	206	A	$A=(NB\ LT)-(NB\ UT)$						129
	EXT_TH	1,157	INT_TH	1,230	B	$B=NB\ RT$						216
	EXT_RT	113	RT	—	C	$C=SB\ RT$						124
WB	INT_LT	294	LT	—	D	$D=(SB\ LT)-(SB\ UT)$						191
	INT_TH	1,049	EXT_TH	1,141	E	$E=(EB\ INT\_LT)-(SB\ UT)$						206
	RT	—	EXT_RT	186	F	$F=(EB\ EXT\_RT)$						113
NB	LT	—	LT	129	G	$G=(WB\ EXT\_RT)$						186
	TH	—	TH	0	H	$H=(WB\ INT\_LT)-(NB\ UT)$						294
	RT	—	RT	216	I	$I=(EB\ INT\_TH)-(SB\ LT)+(SB\ UT)$						1,039
	UT	—	UT	0	J	$J=(WB\ INT\_TH)-(NB\ LT)+(NB\ UT)$						920
SB	LT	191	LT	—	K	$K=(NB\ TH)$						0
	TH	0	TH	—	L	$L=(SB\ TH)$						0
	RT	124	RT	—	M	$M=(NB\ UT)$						0
	UT	0	UT	—	N	$N=(SB\ UT)$						0

입 력 자 료												
교통												
교차로 1												
접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	—	1,100	110	285	925	—				185	—	120
U턴 교통량(vph)	0			0						0		
진입교통량, V_{en} (vph)	0			0						0		
진출교통량, V_{ex} (vph)	0			0						0		
버스정차대수, V_b (vph)	0			0						0		
주차여부(O, ×)	0			0						0		
주차활동대수, V_{park} (vph)	0			0						0		
횡단보행자수(인/시)	0			0						0		
보행신호시간, G_p (초)	0			0						0		
상류부 링크 길이(m)	500			120						500		
순행속도(kph)	60			60						60		
경사 / w / l / R_L	0/3.5/-/-			0/3.5/-/25						0.02/3.5/-/25		
교차로 2												
접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_H (vph)	200	1,085	—	—	1,085	180	125	—	210			
U턴 교통량(vph)	0			0			0					
진입교통량, V_{en} (vph)	0			0			0					
진출교통량, V_{ex} (vph)	0			0			0					
버스정차대수, V_b (vph)	0			0			0					
주차여부(O, ×)	0			0			0					
주차활동대수, V_{park} (vph)	0			0			0					
횡단보행자수(인/시)	0			0			0					
보행신호시간, G_p (초)	0			0			0					
상류부 링크 길이(m)	120			500			500					
순행속도(kph)	60			60			60					
경사 / w / l / R_L	0/3.5/-/25			0/3.5/-/-			0.02/3.5/-/25					

차로군 분류												
교차로 1												
접 근 로	EB		WB		NB		SB					
차로수, N	3		3				2					
보정 대향직진교통량, $V_o(vph)$	0		0				0					
비보호간격수락률, P	0		0				0					
좌회전직진환산계수, E_l	1		1				1					
좌회전곡선반경 영향, E_p	1		1				1					
U턴 영향, E_u	1		1				1					
$E_L = E_l \times E_p \times E_u$	1		1				1					
진출입로 영향,	0		0				0					
버스정차의 영향, $T_b(\text{초})$	0		0				0					
정류장위치, $l_b = (75 - l)/75$	0		0				0					
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b(\text{초})$	0		0				0					
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{\text{park}}(\text{초})$	0		0				0					
노변마찰의 영향 L_H	0		0				0					
우회전횡단차단, $f_c G_p$	0		0				0					
우회전차로 직진환산계수, E_R	1.16		-				-					
V_{LF}	-		-				-					
V_{RF}	123		-				-					
V_{STL}	-		-				-					
V_{STR}	447		-				-					
차로군 분류 (O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교차로 2												
접 근 로	EB		WB		NB		SB					
차로수, N	3		3		2							
보정 대향직진교통량, $V_o(vph)$	0		0		0							
비보호간격수락률, P	0		0		0							
좌회전직진환산계수, E_l	1		1		1							
좌회전곡선반경 영향, E_p	1		1		1							
U턴 영향, E_u	1		1		1							
$E_L = E_l \times E_p \times E_u$	1		1		1							
진출입로 영향,	0		0		0							
버스정차의 영향, $T_b(\text{초})$	0		0		0							
정류장위치, $l_b = (75 - l)/75$	0		0		0							
버스영향, $L_{bb} = T_b \times l_b \times V_b(\text{초})$	0		0		0							
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{\text{park}}(\text{초})$	0		0		0							
노변마찰의 영향 L_H	0		0		0							
우회전횡단차단, $f_c G_p$	0		0		0							
우회전차로 직진환산계수, E_R	-		1.16		-							
V_{LF}	-		-		-							
V_{RF}	-		74		-							
V_{STL}	-		-		-							
V_{STR}	-		355		-							
차로군 분류(O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT

포 화 교 통 량 계 산													
교차로 1													
접 근 로		EB			WB			NB			SB		
차로군분류		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	T	TH	RT
이동류 교통량, V		-	1,157	113	294	1,049	-				191	-	124
회전 직진환산계수, E _L , E _R		-/1.16			1/-						1/-		
차로군별 교통량 V _i (vph)	공용 LT: V _{Th} -V _{RF} +V _L												
	공용 RT: V _{Th} -V _{LF} +V _R	1,270											
	실질 LT: V _{LF} +V _L				294						191		
	실질 RT: V _{RF} +V _R										124		
	실질 TH: V _{Th} -V _{LF} -V _{RF}				1,049								
	통합 차로군: V _{Th} +V _L +V _R												
회전교통량비 P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$			0.09			-			-		
회전보정계수 f _{LT} , f _{RT}		$\frac{1}{1+P(E-1)}$			0.99			1/1			1/0.86		
차로폭 보정계수, f _w		1.0			1.0						1.0		
경사 보정계수, f _g		1.0			1.0						0.974		
중차량 보정계수, f _{HV}		0.96			0.96						0.96		
포화교통량: S _i =2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}		6,273			2,112/6,336						2,057/1,769		
교차로 2													
접 근 로		EB			WB			NB			SB		
차로군분류		LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
이동류 교통량, V		206	1,230	-	-	1,141	186	129	-	216			
회전 직진환산계수, E _L , E _R		1/-			-/1.16			1/-					
차로군별 교통량 V _i (vph)	공용 LT: V _{Th} -V _{RF} +V _L												
	공용 RT: V _{Th} -V _{LF} +V _R				1,327								
	실질 LT: V _{LF} +V _L	206						129					
	실질 RT: V _{RF} +V _R							216					
	실질 TH: V _{Th} -V _{LF} -V _{RF}	1,230											
	통합 차로군: V _{Th} +V _L +V _R												
회전교통량비 P _L , P _{LT} , P _R , P _{RT}		$\frac{V_L \text{ or } V_R}{V_i}$			-			0.14			-		
회전보정계수 f _{LT} , f _{RT}		$\frac{1}{1+P(E-1)}$			1/1			0.98			1/0.86		
차로폭 보정계수, f _w		1.0			1.0			1.0					
경사 보정계수, f _g		1.0			1.0			0.974					
중차량 보정계수, f _{HV}		0.96			0.96			0.96					
포화교통량: S _i =2200N _i ×f _{LT} (또는 f _{RT})×f _w ×f _g ×f _{HV}		2,112/6,336			6,209			2,057/1,769					

추가녹색손실시간 계산				
내부링크의 초기대기행렬에 의한 상류교차로의 추가녹색손실시간 계산				
이 동 류	EB_EXT_TH	SB_LT	WB_EXT_TH	NB_LT
교차로 사이 내부링크의 길이, $D(m)$	120	120	120	120
현시 시작시 내부링크의 초기 대기차량 대수, $Q_V(\text{대})$	0	3	0	3
대기행렬에서 차량간 평균거리 (앞차의 뒷 범퍼에서 뒤차의 뒷 범퍼까지), $l_Q(m)$	7.6	7.6	7.6	7.6
교차로 사이 내부링크의 대기행렬길이(m) : $Q_L = Q_V \times l_Q$	0	22.8	0	22.8
해당 현시의 녹색시간, $G(\text{초})$	25	30	30	30
상류 교차로 차로군 i 의 포화교통류율, $S_{u,i}(\text{대/초})$	0.5	0.5	0.5	0.5
하류 교차로 차로군 i 의 포화교통류율, $S_{d,i}(\text{대/초})$	0.5	0.5	0.5	0.5
상류 교차로 차로군 i 의 자유통행속도, $\mu_{u,i}(m/\text{초})$	16.67	16.67	16.67	16.67
하류 교차로 차로군 i 의 자유통행속도, $\mu_{d,i}(m/\text{초})$	16.67	16.67	16.67	16.67
시작 시점부터 상류교차로에서 방출되는 첫 번째 차량이 대기행렬 끝에 도착하기까지 소요된 시간, $\tau_0(\text{초})$	$\tau_0 = \frac{D - Q_L}{\mu_{u,i}}$	7.20	5.83	7.20
대기행렬 끝부분이 내부링크 끝까지 도달하는 속도, $\mu_B(m/\text{초})$	$\mu_B = \frac{S_{u,i}}{\frac{S_{u,i}}{\mu_{u,i}} - \frac{1}{l_Q}}$	-4.92	-4.92	-4.92
t_0 부터 대기행렬이 내부링크 끝에 도착하기까지 소요된 시간, $\tau_1(\text{초})$	$\tau_1 = \frac{D - Q_L}{-\mu_B}$	24.38	19.75	24.38
대기행렬 앞부분이 내부링크 끝까지 도달하는 속도, $\mu_F(m/\text{초})$	$\mu_F = \frac{S_{d,i}}{\frac{S_{d,i}}{\mu_{d,i}} - \frac{1}{l_Q}}$	-4.92	-4.92	-4.92
추가녹색손실시간 발생여부 ($Q_L + \mu_F \times \tau_0 < 0$ 이면 손실시간 없음)	X	X	X	X
$L_Q = \tau_2 = \frac{Q_L + \mu_F \times \tau_0 + (\mu_F - \mu_B) \times \tau_1}{-\mu_F}$	0	0	0	0
보정된 유효녹색시간(초): $g_i' = G - L_B + G_L - L_Q$	24.7	29.7	29.7	29.7

추가녹색손실시간 계산		
녹색시간 미사용으로 인한 하류교차로의 추가녹색손실시간 계산		
이 동 류	EB INT_TH	WB INT_TH
상류교차로 좌회전 신호시 하류교차로 중첩 내부녹색시간, $CG_{DS}(\text{초})$	30	25
포화차두시간, $h_s(\text{초})$	2	2
$L_{DS} = CG_{DS} - Q_V \times h_s$	29.08	23.96
보정된 유효녹색시간(초): $g_i' = G - L_B + G_L - L_{DS}$	30.6	35.7

용 량 계 산												
교차로 1												
차로군 및 접근로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
차로군 교통량, $V_i(\text{vph})$	1,270			294/1,049						191/124		
차로군 녹색시간비, $(g'/C)_i$	0.247			0.297/0.357						0.297/0.297		
차로군 용량, $c_i = S_i(g'/C)_i$	1,549			627/2,262						611/525		
차로군 포화도, $(V/c)_i = X_i$	0.82			0.47/0.46						0.31/0.24		
교차로 2												
차로군 및 접근로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
차로군 교통량, $V_i(\text{vph})$	206/1,230			1,327			129/216					
차로군 녹색시간비, $(g'/C)_i$	0.247/0.306			0.297			0.297/0.297					
차로군 용량, $c_i = S_i(g'/C)_i$	522/1939			1,844			611/525					
차로군 포화도, $(V/c)_i = X_i$	0.39/0.63			0.72			0.21/0.41					

지체 계산												
교차로 1												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량 대수, $Q_b(\text{대})$	0			0						0		
추가지체 유형 판단 ¹⁾	-			-						-		
균일지체, $d_1^{(2)}$	35.6			28.7/24.7						27.2/26.6		
증분지체, $d_2^{(3)}$	5.0			2.5/0.7						1.3/1.1		
추가지체, $d_3^{(4)}$	-			-						-		
평균 제어지체(초/대) $d_i = d_1 + d_2 + d_3$	40.6			31.2/25.4						28.5/27.7		
교차로 2												
접 근 로	EB			WB			NB			SB		
차로군 분류	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
초기 대기차량 대수, $Q_b(\text{대})$	0			0			0					
추가지체 유형 판단 ¹⁾	-			-			-					
균일지체, $d_1^{(2)}$	31.4/29.8			31.4			26.4/28.1					
증분지체, $d_2^{(3)}$	2.2/1.6			2.5			0.8/2.4					
추가지체, $d_3^{(4)}$	-			-			-					
평균 제어지체(초/대) $d_i = d_1 + d_2 + d_3$	33.6/31.4			33.9			27.2/30.5					

1) $Q_b > 0$ 때 다음 식을 이용해서 판단
유형 I : $0 < Q_b < (1-X)cT$ 유형 II : $0 < (1-X)cT < Q_b$ 유형 III : $(1-X)cT < 0 < Q_b$

2) 균일지체

$$d_1 = \frac{0.5C(1 - g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} \quad (Q_b=0 \text{ 때})$$
$$= \frac{R^2}{2C(1 - y)} + \frac{Q_b R}{2Ts(1 - y)} \quad (\text{유형 I 때})$$
$$= \frac{R}{2} \quad (\text{유형 II, III 때})$$

3) 증분지체

$$d_2 = 900 T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$$

4) $Q_b > 0$ 때만 사용 : d_3

$$= \frac{1,800Q_b^2}{cT(c - V)} \quad (\text{유형 I 때})$$
$$= \frac{3,600Q_b}{c} - 1,800 T(1 - X) \quad (\text{유형 II 때})$$
$$= \frac{3,600Q_b}{c} \quad (\text{유형 III 때})$$

지체 종합 및 서비스 수준 판정			
기종점 이동류	교통량(대/시)	평균제어지체(초)	서비스 수준
A	129	52.6	C
B	216	30.5	B
C	124	27.7	B
D	191	59.9	C
E	206	74.2	C
F	113	40.6	B
G	186	33.9	B
H	294	65.1	C
I	1,039	72	C
J	920	59.3	C
K	0	0	0
L	0	0	0
M	0	0	0
N	0	0	0
연결로-일반도로 결합부 분석			
연결로-일반도로 결합부 지체, $d_l = \frac{\sum(d_A V_A)}{\sum V_A}$		59.4	
연결로-일반도로 결합부 서비스수준		C	

〈부록 A〉 부호 정의

- Q_L = 교차로 사이 내부링크의 현시별 초기대기행렬 길이(m), ($=Q_V \times l_Q$)
- Q_V = 현시별 신호 시작시 내부링크의 평균 대기차량 대수(대)
- l_Q = 대기행렬에서 차량간 평균거리(앞차의 뒷 범퍼에서 뒤차의 뒷 범퍼까지)(m)
- Q_{L,t_0}, Q_{L,t_1} = t_0, t_1 일 때 내부링크의 평균 대기차량 길이(m)
- D = 교차로 사이의 내부링크 길이(m)
- $S_{u,i}$ = 상류 교차로 차로군 i 의 포화교통류율(:방출교통류율)(대/초)
- $S_{d,i}$ = 하류 교차로 차로군 i 의 포화교통류율(:방출교통류율)(대/초)
- $\mu_{u,i}$ = 상류 교차로로부터 방출되는 차로군 i 의 자유통행속도(m/초)
- $\mu_{d,i}$ = 하류 교차로로부터 방출되는 차로군 i 의 자유통행속도(m/초)
- μ_B = 대기행렬 끝부분이 내부링크 끝으로 이동하는 속도(m/초)
- μ_F = 대기행렬 앞부분이 내부링크 끝으로 이동하는 속도(m/초)
- G = 해당 현시의 녹색시간(초)
- t_0 = 상류교차로에서 방출되는 첫 번째 차량이 $\mu_{u,i}$ 로 이동하여 대기행렬 끝에 도착하는 시각(초)
- t_1 = 상류교차로에서 방출되는 교통류에 의해 대기행렬 끝이 내부링크 끝에 도착하는 시각(초)
- t_2 = 하류교차로에서 교통류 방출이 일어나면서 대기행렬이 모두 풀리는 시각(초)
- τ_0 = 시작 시점부터 상류교차로에서 방출되는 첫 번째 차량이 대기행렬 끝에 도착하기까지 소요된 시간(초)
- τ_1 = t_0 부터 대기행렬이 내부링크 끝에 도착하기까지 소요된 시간(초)
- τ_2 = t_1 부터 대기행렬이 다 풀릴 때까지 소요된 시간(초)
- h_S = 포화차두시간(초/대)
- L_Q = 내부링크의 초기대기행렬에 의한 추가녹색손실시간(초)
- L_{DS} = 녹색시간 미사용으로 인한 추가녹색손실시간(초)
- g'_i = 추가녹색손실시간이 반영된 i 차로군의 유효녹색시간(초)
- d_I = 다이아몬드형 인터체인지 I 의 차량 당 평균제어지체 (초/대)
- d_i = 기종점 이동류 i 의 차량 당 평균제어지체 (초/대)
- V_i = 기종점 이동류 i 의 보정 교통량 (vph)

제10장 | 비신호교차로

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 방법론
3. 적용 단계
4. 예 제

3) 전방향정지 교차로

모든 접근로에 정지표지가 있는 교차로에서 접근하는 모든 차량이 정지선에서 정지한 후, 먼저 도착한 차량이 우선적으로 통과하는 교차로를 말한다.

4) 로터리식 교차로

교차점이 중앙에 교통섬을 설치하여 차량이 그 주위를 돌아가면서 교통흐름을 처리하는 도류식 교차로 지점을 말한다.

위의 비신호교차로 유형 중 우선 멈춤, 양보표지가 있는 교차로는 실제로 우리 나라에 존재하지 않고, 대부분의 경우 무통제 교차로의 형태를 가지고 있다. 비신호교차로 중 교차하는 2개 도로의 규모가 비슷한 경우에는 전방향정지 교차로 형태와 유사한 유형으로 운영되고 있으며, 도로의 규모가 차이가 나면 양방향정지 교차로 형태와 유사한 형태로 운영된다. 이 두 가지 유형에 대한 서비스수준 분석 방법은 세부적인 차이가 난다. 본 편람에서는 우리 나라에서 나타나는 대표적인 비신호교차로 유형인 무통제 교차로와 양방향정지 교차로의 두 가지 형태에 대하여 용량과 서비스수준 분석방법을 제시한다.

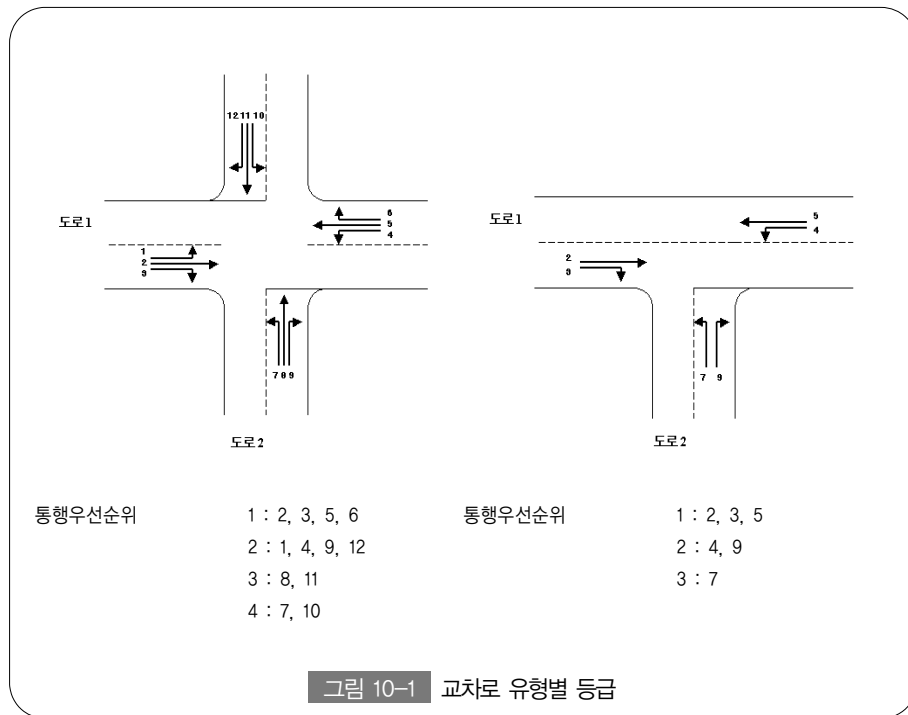
(3) 양방향정지 교차로내 진입 우선순위

양방향정지 비신호교차로의 경우 다음과 같이 도로의 방향별로 우선순위가 존재한다.

① 부도로 우회전	② 주도로 좌회전
③ 부도로 직진	④ 부도로 좌회전

양방향정지 비신호교차로의 경우 부도로 우회전, 주도로 좌회전, 부도로 직진, 부도로 좌회전의 순서로 우선순위가 정해진다.

양방향정지 비신호교차로는 두 도로의 구분이 주도로와 부도로로 구분이 명확하며, 주도로에서 교차로에 진입하는 방향별 차량이 부도로에서 진입하는 방향별 차량보다 우선권이 부여된다. <그림 10-1>과 같이 T형 교차로와 네갈래 교차로의 우선순위는 그림 하단에 있는 순서와 같으며, 용량 및 서비스수준 분석도 우선순위에 근거하여 이루어진다.

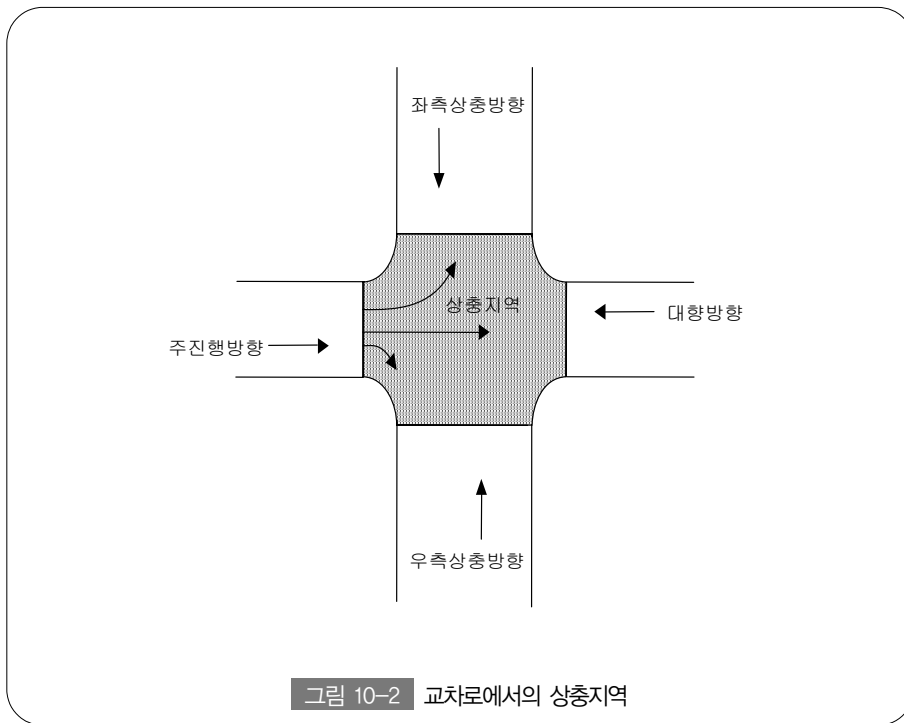


(4) 무통제 교차로에서의 상충지역

무통제 교차로에서의 상충지역이란 각각의 접근로에서 교차로를 통과하여 다른 교통류에 의해서 영향을 받는 지역으로, 일반적으로 교차로의 기하구조에 의하여 영향을 받는다. 상충지역의 경계는 횡단보도가 존재하면 횡단보도를 기준으로 설정할 수 있고, 횡단보도가 존재하지 않을 경우 기하구조에 따라 설정할 수 있다.

무통제 교차로에서는 상충수를 이용하여 서비스수준을 평가하는데, 여기에서 이용되는 상충은 진행 차량이 다른 차량에 의해 정지, 감속, 조향 등의 운전조작을 하게됨으로써 정상 교통류가 영향을 받을 때를 의미한다.

또한, 상충은 이외에도 보행자, 주차차량, 교통시설물, 기타시설의 영향에 따라서도 발생하는데 본 편람에서는 차량과 차량간의 상충만을 고려하였고, 그 외의 상충에 영향을 주는 요소는 배제하였다. 본 편람에서는 <그림 10-2>에서 표시되는 상충지역(conflicting area) 내부에서 통행하는 차량간의 상충횟수를 사용하였다. <그림 10-2>는 교차로에 상충지역을 표현했는데, 정지선 안쪽의 교차로 지역을 상충지역으로 구분하였다.



(5) 효과척도

분석대상교차로의 효과척도는 다음과 같다.

- ① 양방향정지 교차로 : 평균운영지체
- ② 무통제 교차로 : 방향별 교차로 진입 교통량, 시간당 상충횟수

본 편람에서 다루는 비신호교차로는 양방향정지 교차로와 무통제 교차로로 구분되는데, 양방향정지 교차로는 평균운영지체를, 무통제 교차로는 방향별 교차로 진입 교통량과 시간당 상충횟수를 효과척도로 사용한다.

기존 방법론 연구에서 양방향정지 교차로와 무통제 교차로의 효과척도에 대한 연구를 수행하였는데 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

양방향정지 교차로의 경우에는 임계간격과 추종시간을 이용하는 분석방법이 적절하다.

무통제 교차로의 경우 교차로 접근시간, 교차로 통과시간, 총 통행시간보다는 교통량 또는 상충수가 무통제 교차로의 용량과 서비스수준을 나타내는데 가장 적절하다. 일반적인 교차로 진입 교통량과 시간당 상충수의 관계 자료는 <그림 10-3>과 같다.

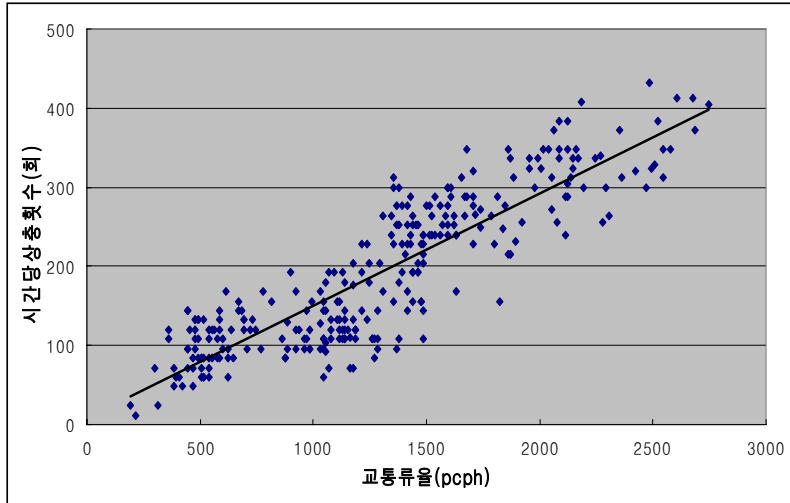


그림 10-3 교통류율에 따른 시간당 상충횟수

위의 관계를 이용하여, 무통제 교차로에서는 교통량 또는 상충횟수로 서비스수준을 평가하는 것이 가장 적절하므로, 본 편람에서도 효과적으로 교통량과 상충횟수를 사용한다.

(6) 용어 정의

- 정지표지제어(stop control) : 정지표지로 교통류를 제어하는 것을 의미함.
- 무통제 교차로(uncontrolled intersection) : 교통신호기나 정지표지, 양보표지 등에 의한 통제가 없는 교통량이 거의 없는 교차로.
- 양보통제(yield control) : 주방향의 교통에 우선권을 주는 통제방식으로 주도로와 부도로가 만나는 교차로 또는 합류부에 설치되어 운영됨.
- 상충 지역(conflict area) : 교차로에서 교통류가 교차 또는 합류(상충)하는 부분의 면적.
- 상충 지점(conflict point) : 교차로에서 교통류가 교차 또는 합류(상충)하는 지점.
- 추종 거리(following distance) : 연속하여 주행하고 있는 앞차의 후단에서 뒤차의 전단까지의 거리.
- 차간시간(gap) : 두 인접한 차량 사이를 시간으로 표시한 것으로 정확히 앞 차량의 뒷부분부터 뒤 차량의 앞부분까지의 시간간격을 말함.
- 간격수락(gap acceptance) : 두 차량사이의 차간시간을 이용하여 합류나 교차하는 것.

- 차간거리(gap spacing) : 연속적인 두 차량에서 앞 차량의 뒷부분부터 뒤 차량의 앞부분까지의 거리를 거리단위(m)로 나타낸 것.
- 임계간격(critical Gap) : 임계간격은 상충교통류의 차량횡단에 필요한 수락간격을 의미함.
- 추종시간(follow-up time) : 간격수락을 위해 대기행렬 상태에 있던 차량이 긴치간간격을 만나 두 대 이상의 차량이 연속해서 간격수락을 할 때의 최소 차두시간.

2 방법론

본 절은 비신호교차로의 서비스수준을 분석하는 방법과 종류별 효과척도 및 분석 절차에 대하여 설명한다.

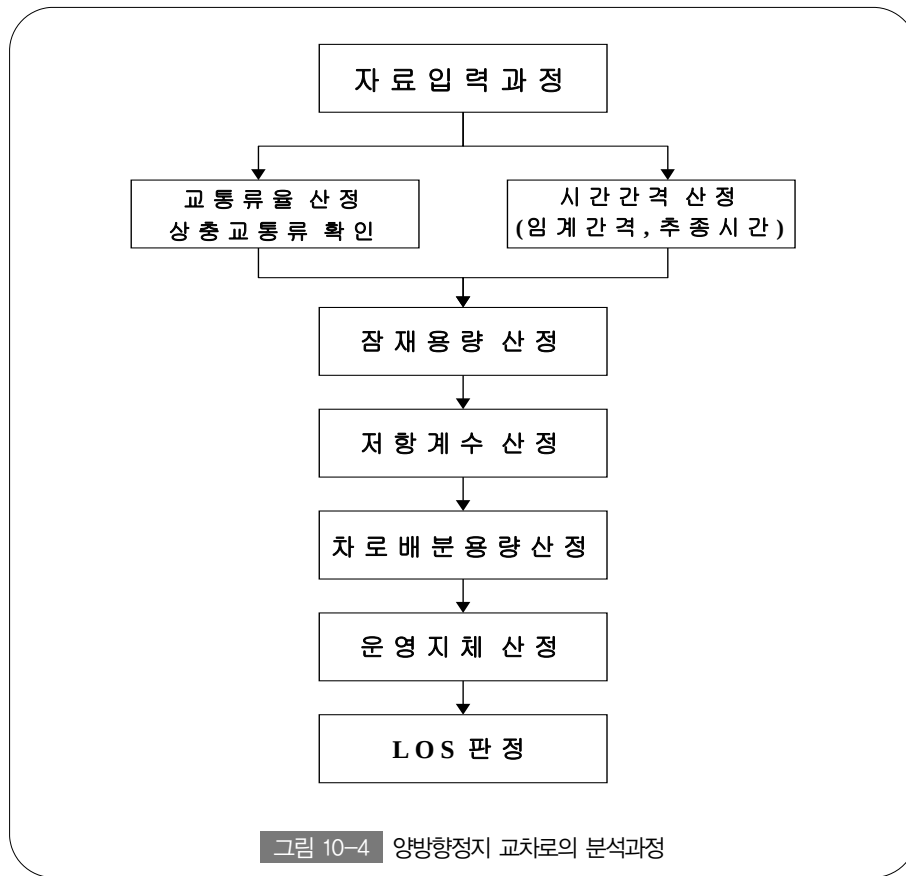
(1) 양방향정지 교차로

양방향정지 교차로의 서비스수준은 다음의 절차에 따라 분석한다.

① 자료입력과정	⑤ 저항계수 산정
② 상충교통류 산정	⑥ 차로배분용량 산정
③ 임계간격 및 추종시간 산정	⑦ 운영지체 산정
④ 이동류의 잠재용량 산정	⑧ 서비스수준 판정

양방향정지 교차로의 용량 및 서비스수준은 총 8단계로 수행된다. 그 단계는 자료입력과정, 상충교통류 산정, 시간간격 산정, 이동류의 잠재용량 산정, 저항계수 산정, 차로배분용량 산정, 운영지체 산정, 서비스수준 판정의 과정으로 양방향정지 교차로의 분석이 이루어진다.

본 절에서는 양방향정지 교차로의 서비스수준을 평가하기 위한 단계별 분석절차를 소개한다. 분석 시에는 현장에서 구한 값들을 기초로 하여, 본 편람의 분석과정을 거치면 서비스수준을 평가할 수 있다. 이 때 본 장에서 제시되어 있는 여러 값들을 이용하게 된다.



1) 자료입력 과정

각 방향별 교통량을 조사하고, 전체 방향별 교통량 중 승용차 이외의 중차량에 대하여 승용차 환산계수를 적용하여 승용차 환산교통량을 구한다. 여기서, 승용차 이외의 중차량에 대한 승용차 환산계수는 일괄적으로 1.8을 적용한다.

2) 상충교통류 산정

일반적으로 상충교통류 산정은 진입 차로별, 각 이동류별 특성에 따라 다른 방법으로 산정된다. 각 이동류에 대한 상충교통류의 산정은 <그림 10-5>에 제시된 식에 따라 산정된다.

<그림 10-5>에서 정의된 비신호교차로에서 상충교통류는 상대적으로 복잡하다. 각 이동류는 서로 다른 이동류의 영향을 받고 다음과 같이 나타낼 수 있다.

주 이동류	상충교통류, V_{ci}	형 태
1. 우회전(부도로)	$1/2(V_r)^{**} + V_i^*$	
2. 좌회전(주도로)	$V_r^{***} + V_i$	
3. 직진(부도로)	$1/2(V_{ra})^{**} + V_{ia} + V_{ia}$ $+ V_{rb} + V_{tb} + V_{lb}$	
4. 좌회전(부도로)	$1/2(V_{ra})^{**} + V_{ia} + V_{ia}$ $+ V_{rb} + V_{tb} + V_{lb}$ $+ V_o + V_{or}$	

주) V_i = 상충교통류를 산정하기 위해 기준이되는 이동류 i (pcph)

V_{ri} = 접근로 i 에 대한 우회전 상충교통류(pcph)

V_{ti} = 접근로 i 에 대한 직진 상충교통류(pcph)

V_{li} = 접근로 i 에 대한 좌회전 상충교통류(pcph)

* V_i 는 우측방향 차량의 교통량을 말한다.

** 주도로의 우회전차로가 제공된 곳에서는 V_r 또는 V_{ra} 를 상충에서 배제한다.

*** 부도로의 우회전 반경이 넓거나 또는 이 이동류가 정지/양보로 제어가 되는 곳에서는 V_r (유형 2), V_{ra} , 및 V_{rb} (유형 4)는 상충에서 배제한다. V_{rb} 는 주도로가 다차로인 경우 상충에서 배제된다.

그림 10-5 상충교통류의 정의 및 계산

3) 임계간격 및 추종시간 산정

임계간격 및 추종시간은 잠재용량을 구하기 위하여 필요한 값으로서 교차로 형태에 따라 산정방법이 상이하며, 본 편람에서는 주도로 편도 1차로, 부도로 편도 1차로(1×1)의 교차로와 주도로 편도 2차로, 부도로 편도 1차로(2×1)의 교차로로 구분하며 그 값은 <표 10-1>과 같다.

<표 10-1> 양방향정지 교차로의 임계간격과 추종시간

(단위:초)

구 분	임계간격				추종시간			
	주방향	부방향			주방향	부방향		
	좌회전	좌회전	직진	우회전	좌회전	좌회전	직진	우회전
1×1형태	4.2	4.6	4.5	3.7	2.5	3.0	2.7	2.8
2×1형태	4.9	5.2	5.4	4.4	2.5	3.0	2.7	2.8

4) 이동류의 잠재용량 산정

본 단계에서는 이동류별 잠재용량을 산정한다. 전 단계에서 정해진 방향별 교통량, 상충교통류율, 임계간격, 추종시간 등을 이용하여 이동류의 잠재용량을 산정하는 것으로서, (식 10-1)에 의하여 산정될 수 있으며, 이를 차로수에 따라 그래프로 표시할 경우 <그림 10-6> 및 <그림 10-7>과 같다.

$$c_{p,x} = V_{c,x} \frac{e^{-V_{c,x}t_{c,x}/3,600}}{1 - e^{-V_{c,x}t_{f,x}/3,600}} \quad (\text{식 10-1})$$

여기서,

$c_{p,x}$ = 이동류 x의 잠재용량(pcph)

$V_{c,x}$ = 이동류 x에 대한 상충교통류

$t_{c,x}$ = 이동류 x에 대한 임계간격

$t_{f,x}$ = 이동류 x에 대한 추종시간

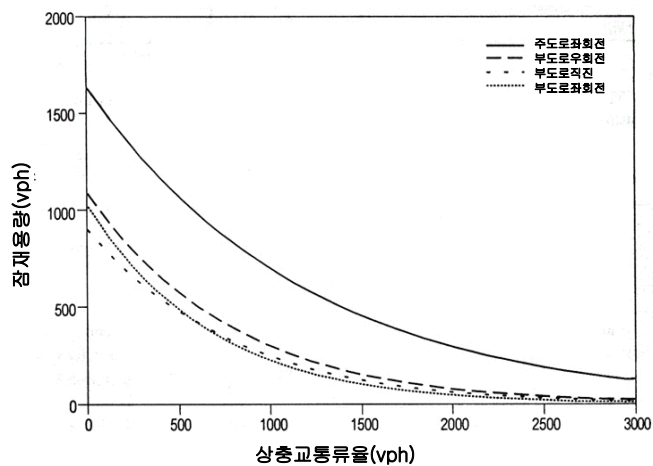


그림 10-6 상충교통량과 임계간격 크기에 따른 잠재용량(2차로)

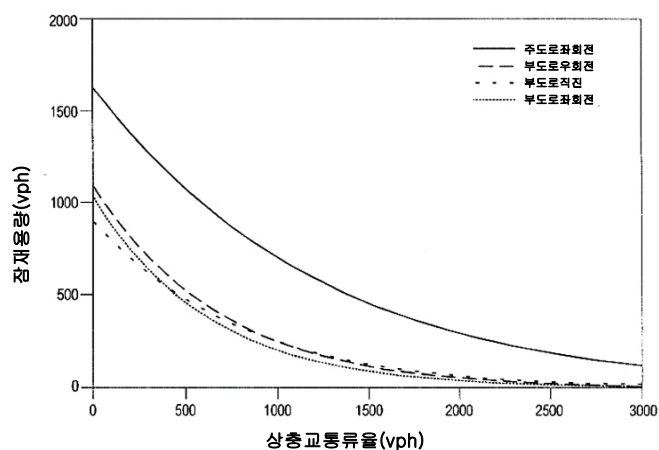


그림 10-7 상충교통량과 임계간격 크기에 따른 잠재용량(4차로)

5) 저항계수 산정

‘저항계수’란 비신호교차로에서 주도로상의 좌회전 대기차량이 대향직진 차량간의 대기에 의하여 발생하는 용량의 손실을 고려하기 위한 것이다. 우선권이 있는 교통류가 많으면, 낮은 우선권을 가지는 차량의 대기시간이 길어짐으로 이동류의 잠재용량은 낮아지게 된다.

- ① 주도로 좌회전은 부도로 상에서의 직진 및 좌회전에 영향을 준다.
- ② 부도로 상에서의 직진은 부도로 상의 대향 좌회전에 영향을 준다.

저항계수를 산정하려면 수요에 따른 용량비를 구하고, 그 값을 (식 10-3)에 대입하여 저항계수 값을 얻는다. 임의의 i 방향의 수요에 따른 용량을 구하는 방법은 방향별 교통량과 계산된 잠재용량을 이용하여 (식 10-2)에 대입한다.

$$\text{수요에 따른 용량비} = (V_i/c_{pi}) \quad (\text{식 10-2})$$

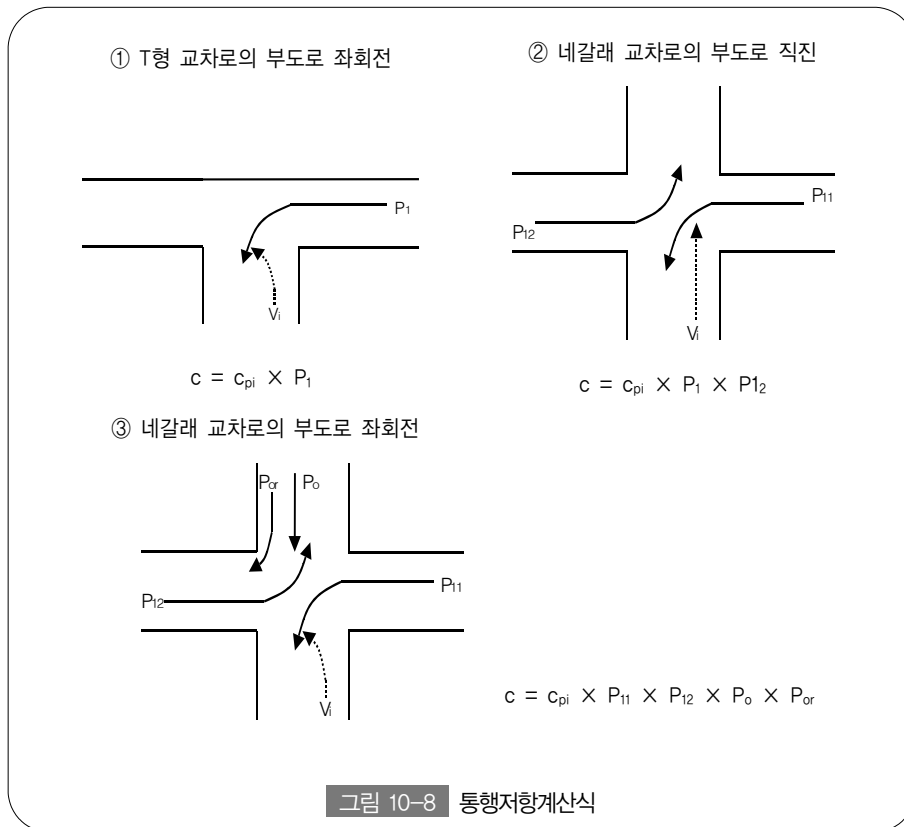
여기서,

c_{pi} = 이동류 i 에 대한 잠재용량

V_i = 이동류 i 의 교통량

c = 이동류 i 의 이동용량

〈그림 10-8〉에서 P_i 는 각 방해이동류에 대한 저항계수를 의미한다.



용량과 저항계수는 (식 10-3) 및 <그림 10-9>와 같은 관계를 가진다.

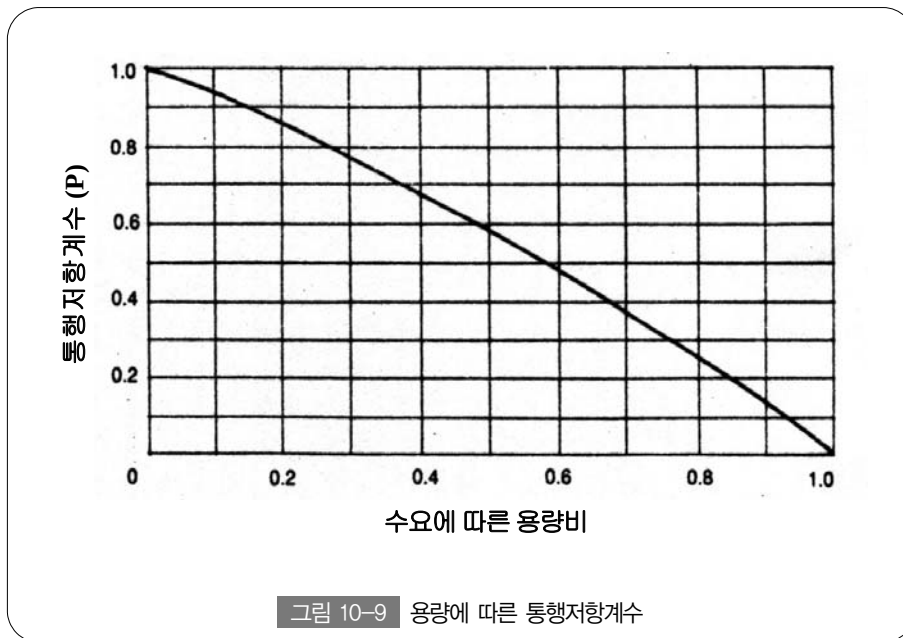
$$p = -0.04x^2 - 0.64x + 1 \quad (\text{식 10-3})$$

여기서,

p = 저항계수

x = 수요에 따른 용량비

단, (식 10-3)에 의한 저항계수 값과 <그림 10-9>에 의한 저항계수 값이 다른 경우 <그림 10-9>의 값이 우선한다.



6) 차로배분 용량 산정

양방향 정지 교차로 분석에 있어, 각각의 부도로 이동류는 독립적인 차로를 가지고 있는 것으로 가정되어 있다. 그러나, 실제로는 하나의 차로에 두 가지 또는 세 가지 이동류가 차로를 배분하여 사용하고 있는 경우가 빈번하다. 따라서 이러한 상황에 대한 보정이 필요하며, 이러한 차로배분을 고려한 용량은 (식 10-4)에 의하여 산정된다.

$$c_{SH} = \frac{V_l + V_t + V_r}{[V_l/c_{ml}] + [V_t/c_{mt}] + [V_r/c_{mr}]} \quad (\text{식 10-4})$$

여기서,

c_{SH} = 배분된 차로의 용량(pcph)

V_l = 좌회전 차로에 배분된 교통량 또는 교통류율(pcph)

V_t = 직진 차로에 배분된 교통량 또는 교통류율(pcph)

V_r = 우회전 차로에 배분된 교통량 또는 교통류율(pcph)

c_{ml} = 차로에 배분된 좌회전 이동 용량(pcph)

c_{mt} = 차로에 배분된 직진 이동 용량(pcph)

c_{mr} = 차로에 배분된 우회전 이동 용량(pcph)

7) 운영지체 산정

위에서 구하여 각 이동류에 대한 교통류율과 용량 값을 가지고 각 이동류에 대한 운영지체의 값을 (식 10-5)를 이용하여 구한다.

$$d = \frac{3,600}{c_{m,x}} + 900 T \left[\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{V_x}{c_{m,x}} \right)}{450 T}} \right] + 5 \quad (\text{식 10-5})$$

여기서

d = 운영지체(초/대)

V_x = 이동류 x에 대한 교통류율(vph)

$c_{m,x}$ = 이동류 x의 용량(vph)

T = 분석 시간 주기(시) ($T = 0.25$ 는 분석시간이 15분을 의미함)

8) 서비스수준 판정

서비스수준은 (식 10-5)에서 계산된 교차로의 운영지체 값에 의하여 <표 10-2>를 이용하여 결정된다. 여기서, 비신호교차로의 교통류 특성을 감안할 때, 서비스수준 E상태를 용량상태라고 정의할 수는 없다.

<표 10-2> 양방향정지 교차로의 서비스수준

서비스수준	평균운영지체(초/veh)
A	≤ 10
B	≤ 15
C	≤ 25
D	≤ 35
E	≤ 50
F	> 50

(2) 무통제 교차로

1) 분석절차

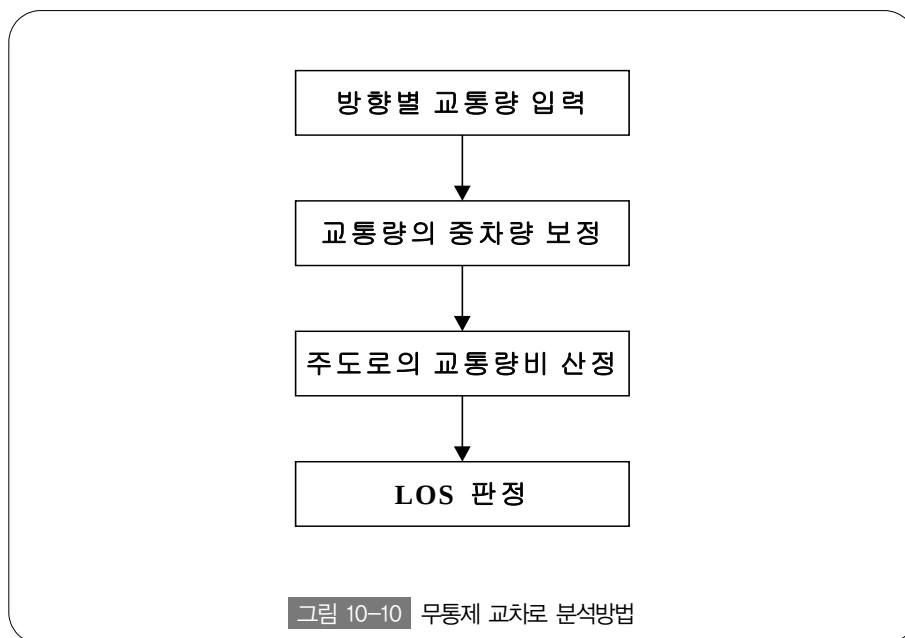
무통제 교차로의 용량과 서비스수준은 다음의 절차에 따라 분석한다.

① 방향별 교통량 입력	③ 주도로의 교통량 비 산정
② 교통량의 중차량 보정	④ 서비스수준 판정

무통제 교차로의 용량과 서비스수준은 네 단계로 구분이 된다. 네 단계를 분석 순서대로 나누어 보면 방향별 교통량 입력, 교통량의 중차량 보정, 주도로의 교통량 비 산정, 서비스수준 판정의 순서로 무통제 교차로의 용량과 서비스수준 분석이 진행된다.

본 절에서는 무통제 차로의 서비스수준을 평가하기 위한 단계별 분석절차를 소개한다. 즉, 현장에서 구한 값들을 기초로 하여, 본 방법론의 분석과정 절차를 거치면 서비스수준을 평가할 수 있다. 이 때 본 장에서 제시되어 있는 여러 값들을 이용하게 된다.

분석 순서도는 아래의 <그림 10-10>과 같다.



2) 각 단계별 분석과정

(가) 방향별 교통량 입력

무통제 교차로 조사지점에 진입하는 각 방향별 교통량을 조사하여 입력한다.

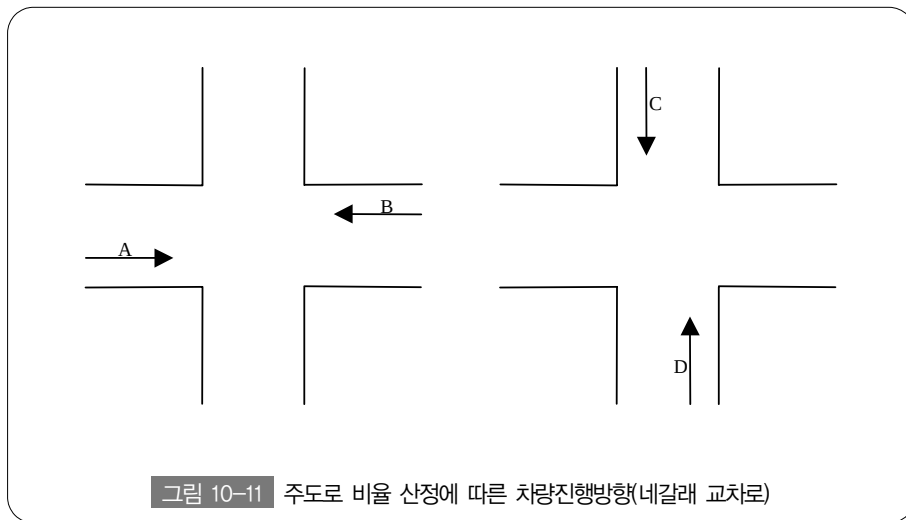
(나) 교통량의 중차량 보정

각 방향별 교통량을 조사하고, 전체 방향별 교통량 중 승용차 이외의 중차량에 대하여 승용차 환산계수를 적용하여 승용차 환산 교통량을 구한다. 여기서, 승용차 이외의 중차량에 대한 승용차 환산계수는 일괄적으로 1.8을 적용한다.

(다) 주도로의 교통량 비 산정

보정된 각 방향별 교통량을 이용하여, 대향교통량과 합과 가로별로 교통량 합을 비교하여 주도로 및 주도로 교통량비를 결정한다.

〈그림 10-11〉에서와 같이 A와 B의 교통량의 합과 C와 D의 교통량의 합 중에서 큰 값을 가진 가로가 주도로가 되며, 전체 진입교통량 대비 주도로 교통량의 비가 결정된다.



예를 들어 A와 B방향의 교통량이 200vph이고 C와 D방향의 교통량이 300vph이면, 두방향 중에서 C와 D방향의 교통량이 더 많으므로 주방향이 되고, 주방향 교통량의 비율은 60%가 된다. 따라서 아래의 서비스수준을 나타내는 표에서 주방향 비율에 표시되는 것에서 교통량을 찾아 나타내면 된다.

(라) 서비스수준 판정

계산된 교차로 진입 교통량을 통하여 서비스수준을 판정한다. 이때, 교차로 진입 교통량에 따른 상충 횟수는 (식 10-6)에 의하여 계산할 수 있다.

$$y = ax \quad (\text{식 10-6})$$

여기서,

y = 시간당 상충횟수(회/h)

x = 교차로 총교통량(vph)

〈표 10-3〉 무통제 교차로 교통량-상충횟수 관계식 계수

주도로 교통량비(%)	a(기울기)
< 60	0.1508
< 70	0.1487
≥ 70	0.1326

위의 회귀식을 〈표 10-4〉를 이용하여 무통제 교차로의 서비스수준이 결정된다.

여기에서, 비신호교차로의 교통류 특성을 감안할 때, 서비스수준 E 상태를 용량상태라고 정의할 수는 없다. 〈식 10-6〉의 결과가 〈표 10-4〉와 상충이 있을시는 〈표 10-4〉를 우선으로 한다.

〈표 10-4〉 무통제 교차로의 서비스수준

서비스수준	교차로 총교통량(vph) ^{주)}			시간당 상충횟수 (회/h)
	주도로교통량비율 < 60%	주도로교통량비율 < 70%	주도로교통량비율 ≥ 70%	
A	≤ 320	≤ 360	≤ 400	≤ 60
B	≤ 640	≤ 720	≤ 800	≤ 120
C	≤ 960	≤ 1,080	≤ 1,200	≤ 180
D	≤ 1,280	≤ 1,440	≤ 1,600	≤ 240
E	≤ 1,600	≤ 1,800	≤ 2,000	≤ 300
F	> 1,600	> 1,800	> 2,000	> 300

주) 교차로 총교통량은 교차로 전방향 진입교통량의 합을 말함

3 적용 단계

비신호교차로에 대해 현재 또는 장래의 운영 상태를 분석하는 목적은 해당 비신호교차로의 서비스수준을 판정하여, 비신호교차로 계획과 같은 정책을 수립하거나 기존 비신호교차로의 효과적인 운영방안을 모색하는데 있다.

비신호교차로에 대해 현재 또는 장래의 운영 상태를 분석하는 목적은 해당 비신호교차로의 서비스수준을 판정하여, 비신호교차로 계획과 같은 정책을 수립하거나 기존 비신호교차로의 효과적인 운영방안을 모색하는데 있다. 분석절차는 10-2에서 언급된 방법론에 따라 운영지체를 계산하고 서비스수준을 판정하여 분석하게 된다. 서비스수준 분석 결과가 계획하고 있는 수준에 미달할 경우에는 지점의 상황에 따라 교통신호를 설치하여 신호교차로로 운영하는 방안 또는 기하구조를 개선하는 방안 등을 통하여 교차로의 운영상태를 개선하는 것이 필요하며, 이러한 개선방안이 현실적으로 어려울 때에는 교통량을 다른 경로로 분산시켜 교차로 통행량을 줄임으로써 교차로의 서비스수준을 제고하는 방안을 모색하는 것이 필요하다.

(1) 양방향정지 교차로

양방향정지 교차로의 경우는 10-2-1에서 설명된 절차에 의하여 서비스수준을 분석한다.

① 자료입력과정

각 방향별 교통량을 차종별로 조사하고, 승용차 환산계수를 적용하여 승용차 환산 교통량을 구한다.

② 상충교통류 산정

〈그림 10-5〉에 의하여 상충을 일으키는 각 이동류별 상충교통류를 산정한다.

③ 임계간격 및 추종시간 산정

〈표 10-1〉을 이용하여 각 이동류의 임계간격과 추종시간을 결정한다.

④ 이동류의 잠재용량 산정

단계 ③에서 구해진 상충교통류와 시간간격을 (식 10-1)에 대입하여 이동류의 잠재용량을 산정한다.

⑤ 저항계수 산정

교통량과 잠재용량을 이용하여 저항계수를 산정한다. 〈그림 10-8〉에 (식 10-2)를 이용하여 수요에 따른 용량을 구하고, 그 값을 (식 10-3)에 대입하여 저항계수를 산정한다.

⑥ 차로배분용량 산정

같은 차로를 이용하는 이동류에 대하여 차로배분용량을 (식 10-4)에 대입하여 산정한다.

⑦ 운영지체 산정

(식 10-5)에 각 변수 값을 적용하여 운영지체값을 산정한다.

⑧ 서비스수준 판정

계산된 운영지체로 <표 10-2>에 따라 서비스수준을 판정한다.

(2) 무통제 교차로

무통제 교차로의 경우는 10-2-2에서 설명된 절차에 의하여 서비스수준을 분석한다.

① 방향별 교통량 입력

각 방향별 교통량을 조사하여 입력한다.

② 교통량의 중차량 보정

각 교통량을 차종별로 조사하고 승용차 환산계수를 적용, 승용차 환산 교통량을 구한다.

③ 주도로의 교통량 비 산정

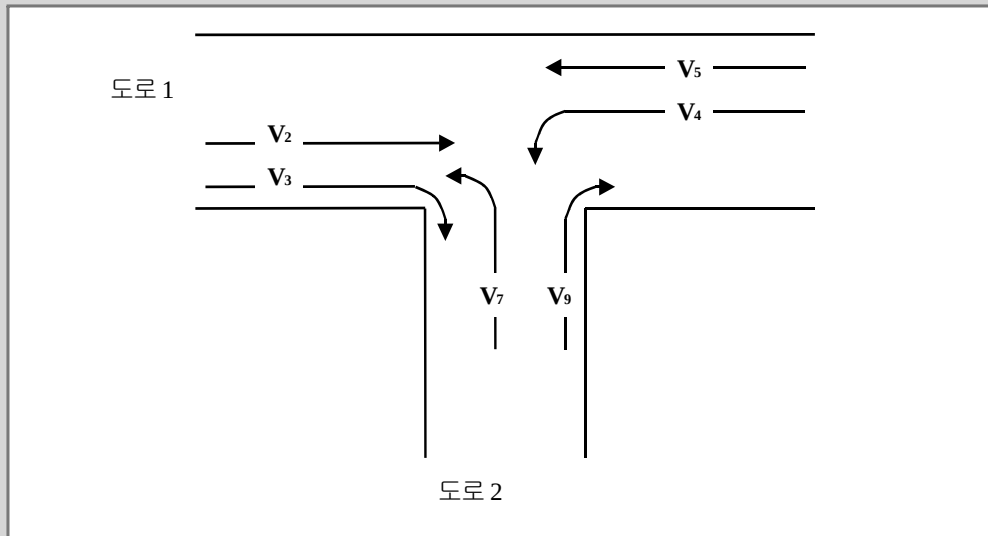
<그림 10-11>을 참조하여 대향 방향 교통량의 합에 대한 비율을 산정한다.

④ 서비스수준 판정

보정된 교통량을 이용하여 <표 10-4>와 같이 주도로의 교통량비에 따라 제시된 서비스수준 판정 기준에 의하여 서비스수준을 판정한다.

4 예 제

〈예제 1〉 T형 양방향 정지 교차로의 서비스수준 판정



구 분	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₇	V ₉
교 통 량 (vph)	250	40	150	300	40	120
소형차량 (vph)	250	40	132	300	36	105
대형차량 (vph)	0	0	18	0	4	15
보정교통량 (pcph)	250	40	165	300	44	132

〈풀 이〉

이 경우에는 〈도로 1〉이 사실상 통행우선권을 가지는 주도로가 되고, 〈도로 2〉는 부도로가 되므로, 양방향 정지 교차로로 분석한다.

① 단계 1 : 부도로의 우회전

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$V_c = \frac{1}{2} V_3 + V_2 = 20 + 250 = 270 pcph$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 부도로의 우회전의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.

부도로 우회전의 경우 임계간격 t_{c9} 는 주어진 표에 따라 3.7초로 대입하고 추종시간 t_{f9} 는 주어진 표에 따라 2.8초가 된다.

$$c_{m9} = c_{p9} = V_{c9} \frac{e^{-V_{c9}t_{c9}/3,600}}{1 - e^{-V_{c9}t_{f9}/3,600}} = 270 \times \frac{0.76}{1 - 0.81} = 1080 pcph$$

② 단계 2 : 주도로의 좌회전

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$V_c = V_3 + V_2 = 40 + 250 = 290 pcph$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 주도로 좌회전의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.

주도로 좌회전의 경우 임계간격 t_{c4} 는 주어진 표에 따라 4.2초로 대입하고 추종시간 t_{f4} 는 주어진 표에 따라 2.5초가 된다.

$$c_{m4} = c_{p4} = V_{c4} \frac{e^{-V_{c4}t_{c4}/3,600}}{1 - e^{-V_{c4}t_{f4}/3,600}} = 290 \times \frac{0.71}{1 - 0.82} = 1144 pcph$$

위의 구한 값으로 저항계수를 구하면 다음과 같다.

$$Impedance Factor = \frac{V_4}{c_{p4}} \times 100 = \frac{165}{1,144} \times 100 = 14.4 \% \text{ 이므로 (식 10-3)에 의해}$$

$P_4 = 0.91$ 이 된다.

③ 단계 3 : 부도로의 좌회전

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$V_c = \frac{1}{2} V_3 + V_2 + V_5 + V_4 = 20 + 250 + 300 + 165 = 735 \text{ pcph}$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 부도로의 좌회전의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.

부도로 좌회전의 경우 t_{ct} 는 주어진 표에 따라 4.6초로 대입되고 t_{ft} 는 주어진 표에 따라 3.0초가 된다.

$$c_{p7} = V_{ct} \frac{e^{-V_{ct}t_{ct}/3,600}}{1 - e^{-V_{ct}t_{ft}/3,600}} = 735 \times \frac{0.39}{1 - 0.54} = 623 \text{ pcph}$$

위의 값을 가지고 실제용량을 구하면

$$c_{m7} = c_{p7} \times P_4 = 623 \times 0.91 = 567 \text{ pcph}$$

위의 단계에서 구한 c_m 값을 가지고 차선배분 용량을 구하면 다음과 같다.

$$c_{SH} = \frac{V_7 + V_9}{(V_7/c_{m7}) + (V_9/c_{m9})} = 880 \text{ pcph}$$

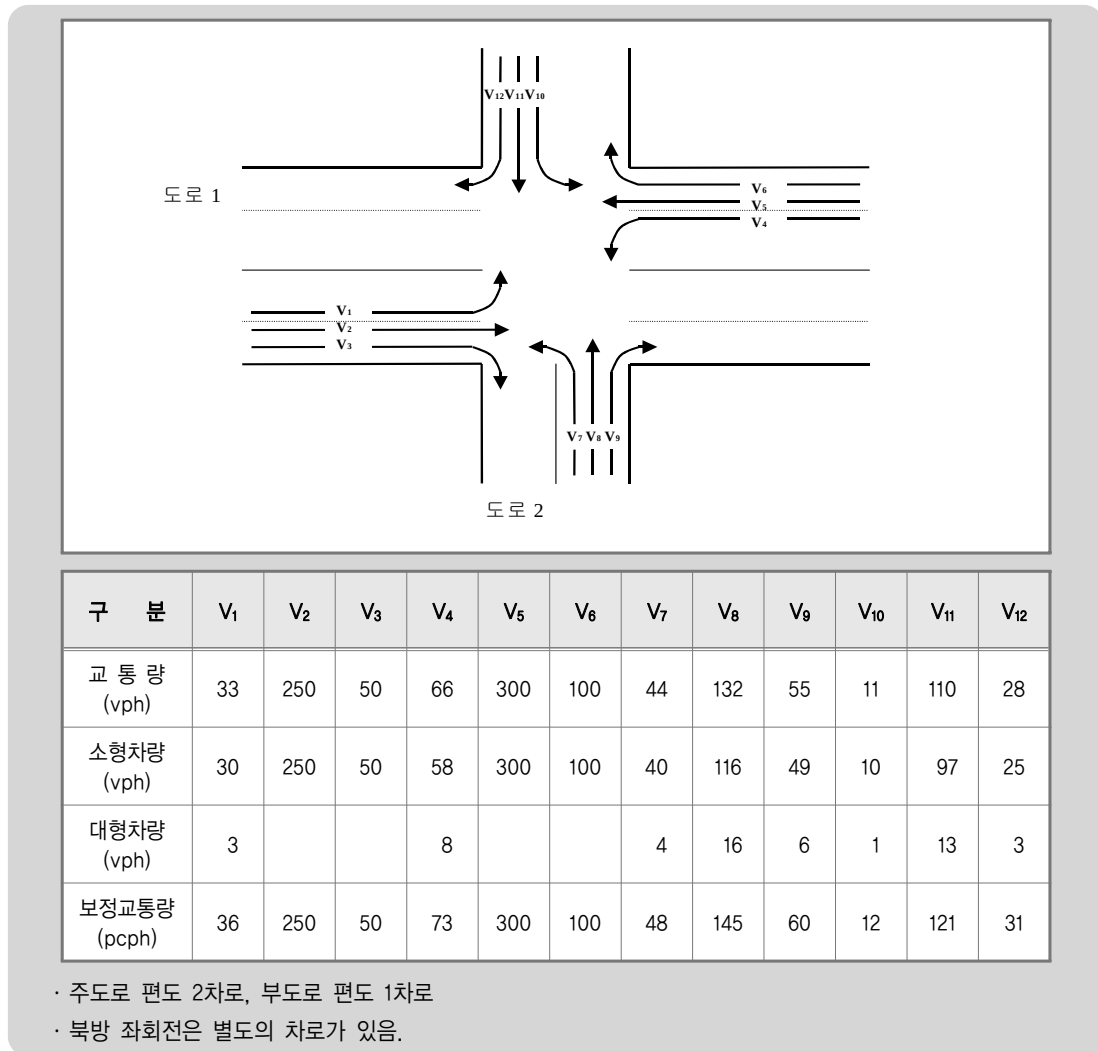
위에 세 단계에서 구해진 방향별 교통류율과 잠재용량을 가지고 운영지체값을 구해보면 다음과 같다

$$\begin{aligned} d &= \frac{3,600}{c_{m,x}} + 900 T \left[\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{V_x}{c_{m,x}} \right)}{450 T}} \right] + 5 \\ &= \frac{3,600}{880} + 900 \left[\frac{176}{880} - 1 + \sqrt{\left(\frac{176}{880} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{880} \right) \left(\frac{176}{880} \right)}{450}} \right] + 5 \approx 10.1 \end{aligned}$$

운영지체 d의 값은 위의 결과와 같이 10.1(초/대)으로 나타났다

위의 값으로 서비스수준을 판단하면 <표 10-2>에서 $d > 10$ 이므로 서비스수준 B로 판정된다. 유사한 방법으로 이동류 4에 대하여 운영지체를 구하면, 8.68 (초/대)가 되며, 서비스 수준은 A가 된다.

〈예제 2〉 네갈레 양방향정지 비신호교차로의 서비스수준 판정



〈풀 이〉

이 경우에는 왕복 4차로 도로인 〈도로 1〉이 사실상 통행우선권을 갖는 주도로가 되고, 〈도로 2〉은 부도로가 되므로, 양방향정지 교차로에 해당된다.

① 1단계 : 부도로 우회전

$\langle V_9 \rangle$

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$V_{c9} = \frac{1}{2} V_3 + V_2 = 25 + 250/2 = 150 \text{ pcph}$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 부도로의 우회전의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.

부도로 우회전의 경우 t_{c9} 는 주어진 표에 따라 4.4초로 대입하고 t_{f9} 는 주어진 표에 따라 2.8초가 된다.

$$c_{m9} = c_{p9} = V_{c9} \frac{e^{-V_{c9}t_{c9}/3,600}}{1 - e^{-V_{c9}t_{f9}/3,600}} = 150 \times \frac{0.83}{1 - 0.89} = 1132 \text{ pcph}$$

저항계수를 산정하면

$$\text{Impedance Factor} = \frac{V_9}{c_{p9}} \times 100 = \frac{60}{1,132} \times 100 = 5.3\% \text{ 이므로 (식 10-3)에 의해}$$

$P_9 = 0.97$ 가 된다.

$\langle V_{12} \rangle$

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$V_{c12} = \frac{1}{2} V_6 + V_5 = 50 + 300/2 = 200 \text{ pcph}$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 부도로의 우회전의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.

부도로 우회전의 경우 t_{c12} 는 주어진 표에 따라 4.4초로 대입하고 t_{f12} 는 주어진 표에 따라 2.8초가 된다.

$$c_{m12} = c_{p12} = V_{c12} \frac{e^{-V_{c12}t_{c12}/3,600}}{1 - e^{-V_{c12}t_{f12}/3,600}} = 200 \times \frac{0.78}{1 - 0.86} = 1,114 \text{ pcph}$$

저항계수를 산정하면

$$\text{Impedance Factor} = \frac{V_{12}}{c_{p12}} \times 100 = \frac{31}{1,114} \times 100 = 2.8\% \text{ 이므로 (식 10-3)에 의해}$$

$P_{12} = 0.98$ 가 된다.

② 2단계 : 주도로 좌회전

$\langle V_4 \rangle$

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$V_{c4} = V_3 + V_2 = 50 + 250 = 300 \text{ pcph}$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 주도로의 좌회전의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.

주도로 좌회전의 경우 t_{c4} 는 주어진 표에 따라 4.9초로 대입하고 t_{f4} 는 주어진 표에 따라 2.5초가 된다.

$$c_{m4} = c_{p4} = V_{c4} \frac{e^{-V_{c4}t_{c4}/3,600}}{1 - e^{-V_{c4}t_{f4}/3,600}} = 300 \times \frac{0.66}{1 - 0.81} = 1042 \text{ pcph}$$

저항계수를 산정하면

$$\text{Impedance Factor} = \frac{V_4}{c_{p4}} \times 100 = \frac{73}{1,042} \times 100 = 7.0\% \text{ 이므로 표에 의해}$$

$P_4 = 0.96$ 가 된다.

$\langle V_1 \rangle$

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$V_{c1} = V_6 + V_5 = 100 + 300 = 400 \text{ pcph}$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 주도로의 좌회전의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.

주도로 좌회전의 경우 t_{c1} 는 주어진 표에 따라 4.9초로 대입하고 t_{f1} 는 주어진 표에 따라 2.5초가 된다.

$$c_{m1} = c_{p1} = V_{c1} \frac{e^{-V_{c1}t_{c1}/3,600}}{1 - e^{-V_{c1}t_{f1}/3,600}} = 400 \times \frac{0.58}{1 - 0.76} = 967 \text{ pcph}$$

저항계수를 산정하면

$$\text{Impedance Factor} = \frac{V_1}{c_{p1}} \times 100 = \frac{36}{967} \times 100 = 3.7\% \text{ 이므로 (식 10-3)에 의해}$$

$P_1 = 0.98$ 가 된다.

③ 3단계 : 부도로 직진

$\langle V_8 \rangle$

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V_{c8} &= \frac{1}{2} V_3 + V_2 + V_1 + V_6 + V_5 + V_4 \\ &= 25 + 250 + 33 + 100 + 300 + 73 = 784 \text{ pcph} \end{aligned}$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 부도로 직진의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.

부도로 직진의 경우 t_{c8} 는 주어진 표에 따라 5.4초로 대입하고 t_{f8} 는 주어진 표에 따라 2.7초가 된다.

$$c_{p8} = V_{c8} \frac{e^{-V_{c8}t_{c8}/3,600}}{1 - e^{-V_{c8}t_{f8}/3,600}} = 784 \times \frac{0.31}{1 - 0.56} = 553 \text{ pcph}$$

저항계수를 산정하면

$$\text{Impedance Factor} = \frac{V_1}{c_{p1}} \times 100 = \frac{145}{545} \times 100 = 26.2\% \text{ 이므로 표에 의해}$$

$P_8 = 0.83$ 가 된다.

위의 값을 가지고 실제용량을 구하면

$$c_{m8} = c_{p8} \times P_1 \times P_4 = 545 \times 0.98 \times 0.96 = 513 \text{ pcph}$$

$\langle V_{11} \rangle$

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V_{c11} &= \frac{1}{2} V_6 + V_5 + V_4 + V_3 + V_2 + V_1 \\ &= 50 + 300 + 73 + 50 + 250 + 36 = 759 \text{ pcph} \end{aligned}$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 부도로 직진좌회전의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.
부도로 직진의 경우 t_{c11} 는 주어진 표에 따라 5.4초로 대입하고 t_{f11} 는 주어진 표에 따라 2.7초가 된다.

$$c_{p11} = V_{c11} \frac{e^{-V_{c11}t_{c11}/3,600}}{1 - e^{-V_{c11}t_{f11}/3,600}} = 759 \times \frac{0.32}{1 - 0.57} = 565 \text{ pcph}$$

저항계수를 산정하면

$$\text{Impedance Factor} = \frac{V_1}{c_{p1}} \times 100 = \frac{121}{575} \times 100 = 21.4\% \text{ 이므로 표에 의해}$$

$P_{11} = 0.86$ 가 된다.

위의 값을 가지고 실제용량을 구하면

$$c_{m11} = c_{p11} \times P_1 \times P_4 = 565 \times 0.98 \times 0.96 = 532 \text{ pcph}$$

④ 4단계 : 부도로 좌회전

$\langle V_7 \rangle$

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$V_{c7} = V_{c8} + V_{11} + V_{12} + = 784 + 121 + 31 = 936 \text{ pcph}$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 부도로의 좌회전의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.

부도로 좌회전의 경우 t_{c11} 는 주어진 표에 따라 5.2초로 대입하고 t_{f11} 는 주어진 표에 따라 3.0초가 된다.

$$c_{p7} = V_{c7} \frac{e^{-V_{c7}t_{c7}/3,600}}{1 - e^{-V_{c7}t_{f7}/3,600}} = 936 \times \frac{0.26}{1 - 0.46} = 451 \text{ pcph}$$

위의 값을 가지고 실제용량을 구하면

$$\begin{aligned} c_{m7} &= c_{p7} \times P_1 \times P_4 \times P_{11} \times P_{12} \\ &= 451 \times 0.98 \times 0.96 \times 0.86 \times 0.98 = 358 \text{ pcph} \end{aligned}$$

$\langle V_{10} \rangle$

우선 상충교통류를 계산하면 다음과 같다.

$$V_{c10} = V_{c11} + V_8 + V_9 + = 759 + 145 + 60 = 964 \text{ pcph}$$

잠재용량 c_p 를 주어진 식을 이용하여 부도로의 좌회전의 잠재용량을 구하면 다음과 같다.

부도로 좌회전의 경우 t_{c10} 는 주어진 표에 따라 5.2초로 대입하고 t_{f10} 는 주어진 표에 따라 3.0초가 된다.

$$c_{p10} = V_{c10} \frac{e^{-V_{c10} t_{c10}/3,600}}{1 - e^{-V_{c10} t_{f10}/3,600}} = 964 \times \frac{0.25}{1 - 0.45} = 439 \text{ pcph}$$

위의 값을 가지고 실제용량을 구하면

$$c_{m10} = c_{p10} \times P_1 \times P_4 \times P_8 \times P_9 = 439 \times 0.98 \times 0.96 \times 0.83 \times 0.97 = 333 \text{ pcph}$$

위의 단계에서 구한 c_m 값을 가지고 차로배분 용량을 구하면 다음과 같다.

$\langle V_8 + V_9 \rangle$

$$c_{SH} = \frac{V_8 + V_9}{(V_8/c_{m8}) + (V_9/c_{m9})} = 611 \text{ pcph}$$

$\langle V_{10} + V_{11} + V_{12} \rangle$

$$c_{SH} = \frac{V_{10} + V_{11} + V_{12}}{(V_{10}/c_{m10}) + (V_{11}/c_{m11}) + (V_{12}/c_{m12})} = 564 \text{ pcph}$$

위에서 구해진 방향별 교통류율과 잠재용량으로 운영지체 값을 구해보면 다음과 같다.

$\langle V_8 + V_9 \rangle$

$$\begin{aligned} d &= \frac{3,600}{c_{m,x}} + 900 T \left[\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{V_x}{c_{m,x}} \right)}{450 T}} \right] \\ &= \frac{3,600}{611} + 900 \left[\frac{205}{611} - 1 + \sqrt{\left(\frac{205}{611} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{611} \right) \left(\frac{205}{611} \right)}{450}} \right] + 5 = 13.86 \end{aligned}$$

운영지체 d 의 값은 위의 결과와 같이 13.69(초/대)로 나타났다

위의 값으로 서비스수준을 판단하면 <표 10-2>에서 $d \leq 15$ 이므로 서비스수준 B로 판정된다.

$$\langle V_{10} + V_{11} + V_{12} \rangle$$

$$d = \frac{3,600}{c_{m,x}} + 900T \left[\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{V_x}{c_{m,x}} \right)}{450T}} \right]$$

$$= \frac{3,600}{564} + 900 \left[\frac{164}{564} - 1 + \sqrt{\left(\frac{164}{564} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{564} \right) \left(\frac{164}{564} \right)}{450}} \right] + 5 = 13.99$$

운영지체 d 의 값은 위의 결과와 같이 13.99(초/대)로 나타났다

위의 값으로 서비스수준을 판단하면 <표 10-2>에서 $d \leq 15$ 이므로 서비스수준 B로 판정된다.

$$\langle V_7 + V_8 + V_9 \rangle$$

이 동 류	V(pcph)	c_m (pcph)	c_{SH}	$c_R(c_{SH} - V)$	LOS
V_7	48	358	358	310	A
V_8	145	521	521	376	A
$V_8 \sim V_9$	-	-	619	414	B
V_9	60	1,132	1,132	1,072	A

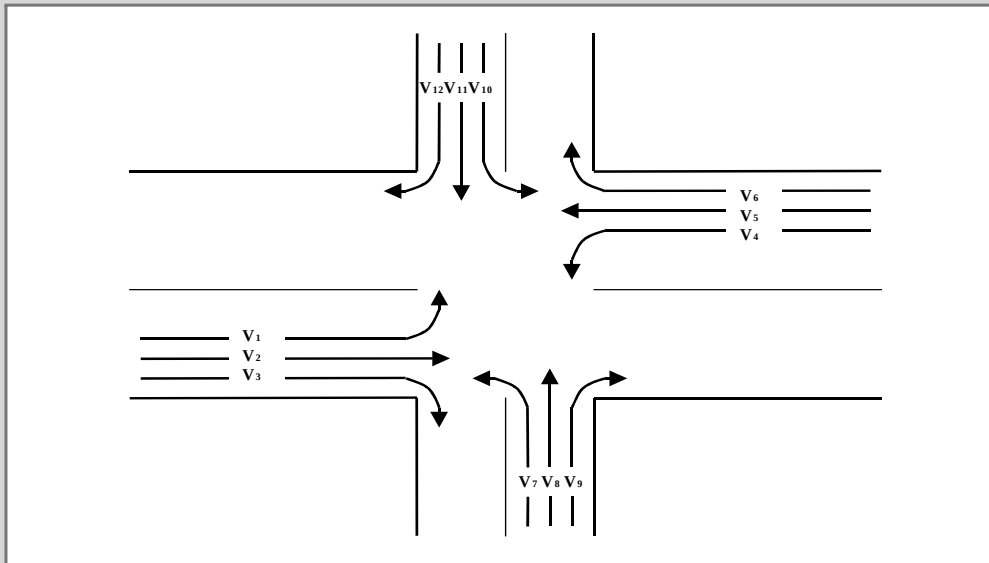
$$\langle V_{10} + V_{11} + V_{12} \rangle$$

이 동 류	V(pcph)	c_m (pcph)	c_{SH}	$c_R(c_{SH} - V)$	LOS
V_{10}	12	333	333	321	B
V_{11}	121	532	532	411	A
V_{12}	31	1,114	1,114	1,083	A
$V_{10} \sim V_{11} \sim V_{12}$	-	-	564	400	B

$$\langle V_1 + V_4 \rangle$$

이 동 류	V(pcph)	c_m (pcph)	c_{SH}	$c_R(c_{SH} - V)$	LOS
V_1	36	967	931	A	A
V_4	250	1,042	792	A	A

〈예제 3〉 네갈래 무통제 교차로의 서비스수준 판정



구 분	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁₀	V ₁₁	V ₁₂
교 통 량 (vph)	46	108	50	35	92	41	49	122	43	23	96	30
소형차량 (vph)	43	92	50	32	86	41	46	114	41	21	91	27
대형차량 (vph)	3	16	0	3	6	0	3	8	2	2	5	3
보정교통량 (pcph)	49	121	50	38	97	41	52	129	45	25	100	33

〈풀 이〉

① 1단계 : 중차량 보정

차종구분을 소형차와 대형차로 구분하였으며, 대형차의 PCE는 1.8을 적용하였다.

② 2단계 : 각 임계방향별 교통비 산정

V₁, V₂, V₃ 과 V₇, V₈, V₉의 교통량이 각각 396와 384이므로 교통비는 51:49이다.

③ 3단계 : 서비스수준 분석

교차로 총 교통량은 780(pcph)이다

교차로 총교통량이 주도로의 비율이 60% 미만의 경우에서 800이하이므로 서비스수준 C로 판정된다.

〈부록 A〉 부호 정의

- $c_{p,x}$ = 이동류 x의 잠재용량(vph)
- $V_{c,x}$ = 이동류 x에 대한 상층교통류율
- $t_{c,x}$ = 이동류 x에 대한 임계간
- $t_{f,x}$ = 이동류 x에 대한 추종시간
- c_{pi} = 이동류 i에 대한 잠재용량
- V_i = 이동류 i의 교통량
- C_{SH} = 배분된 차로의 용량(pcph)
- V_l = 좌회전 차로에 배분된 교통량 또는 교통류율(pcph)
- V_t = 직진 차로에 배분된 교통량 또는 교통류율(pcph)
- V_r = 우회전 차로에 배분된 교통량 또는 교통류율(pcph)
- c_{ml} = 차로에 배분된 좌회전 이동 용량(pcph)
- c_{mt} = 차로에 배분된 직진 이동 용량(pcph)
- c_{mr} = 차로에 배분된 우회전 이동 용량(pcph)
- d = 운영지체(초/대)
- V_x = 이동류 x에 대한 교통류율(vph)
- T = 분석 시간 주기(h) ($T = 0.25$ 는 분석시간이 15분을 의미함)

제11장 | 회전교차로

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 방법론
3. 적용방법
4. 예 제

1 개요

(1) 기본 정의

회전교차로는 교통류가 신호등 없이 교차로 중앙의 원형교통섬을 중심으로 회전하여 교차부를 통과하도록 하는 평면 교차로의 일종이다. 운영방식은 진입자동차가 교차로 내부의 회전차로에서 주행하는 자동차에게 양보하는 것을 기본원리로 한다.

회전교차로는 교차로 중앙에 원형교통섬을 두고 교차로를 통과하는 자동차가 원형교통섬을 우회하도록 하는 교차로 형식이다. 일반 비신호교차로에 비해 상충 횡수가 현저하게 적고 저속으로 운영되기 때문에 운전자의 의사결정이 간단하여 운전자의 피로를 줄일 수 있다.

(2) 회전교차로 유형

회전교차로는 기본유형(Ⅰ)과 특수유형(Ⅱ)으로 구분된다.

Ⅰ-① 소형 회전교차로 Ⅰ-② 1차로형 회전교차로 Ⅰ-③ 2차로형 회전교차로

Ⅱ-① 초소형 회전교차로 Ⅱ-② 평면형 회전교차로 Ⅱ-③ 입체형 회전교차로

본 편람에서는 기본유형(Ⅰ)의 1차로형 회전교차로와 2차로형 회전교차로의 서비스수준 분석방법을 제시한다.

회전교차로의 기본유형은 설계기준자동차와 진입차로 수에 따라 소형, 1차로형, 2차로형의 세 가지 종류로 나누어진다. 특수유형은 설치 형태에 따라 초소형, 평면형, 입체형의 세 가지 종류로 나누어진다.

1) 소형 회전교차로

소형자동차를 설계기준으로 회전부 설계속도(20~30km/h), 내접원 지름(22~25m), 중앙교통섬 지름(13~17m), 진입차로 폭(3.5m), 회전차로 폭(4.0~4.5m) 등의 기하구조를 결정한 회전교차로를 말한다. 계획교통량이 일 12,000대 수준으로 소방차 등의 긴급자동차의 통행을 위하여 중앙교통섬을 사면돋움하거나 노면표시로 설치하여 횡단을 가능하게 하는 특징이 있다.

2) 1차로형 회전교차로

계획교통량이 일 20,000대 수준으로 진입·진출 차로 수 및 회전차로 수가 1차로인 회전교차로를 말한다. 대형자동차 또는 세미트레일러를 설계기준으로 회전부 설계속도(20~30kph), 내접원 지름(30~55m), 중앙교통섬 지름(19~44m), 진입차로 폭(4.5~5.5m), 회전차로 폭(4.5~6.0m) 등의 기하구조를 결정한다.

3) 2차로형 회전교차로

계획교통량이 일 32,000대 수준으로 회전차로 수가 2차로이고 어느 한 접근로에 진입·진출 차로 수가 2차로로 구성된 회전교차로를 말한다. 대형자동차 또는 세미트레일러를 설계기준으로 회전부 설계속도(20~30kph), 내접원 지름(40~65m), 중앙교통섬 지름(18~43m), 진입차로 폭(11m), 회전차로 폭(11~12m) 등의 기하구조를 결정한다.

4) 초소형 회전교차로

평균 주행속도가 50kph 미만인 도시지역에 공간이 부족할 경우 최소한의 설계제원으로 설치 할 수 있는 회전교차로를 말한다. 대형차의 통행을 위하여 중앙교통섬 전체를 사면돋움하거나 노면표시로 설치하는 특징이 있다.

5) 평면형 회전교차로

직결형과 쌍구형이 있으며 비대칭 교차로, 4지 이상의 교차로, 특정 접근로에 용량이 과포화되어 분산처리가 바람직한 교차로, 좌회전 혹은 직진 교통량이 특히 많은 교차로, 두 개의 교차로가 매우 가까운 거리에 인접한 경우에 설치하는 회전교차로를 말한다.

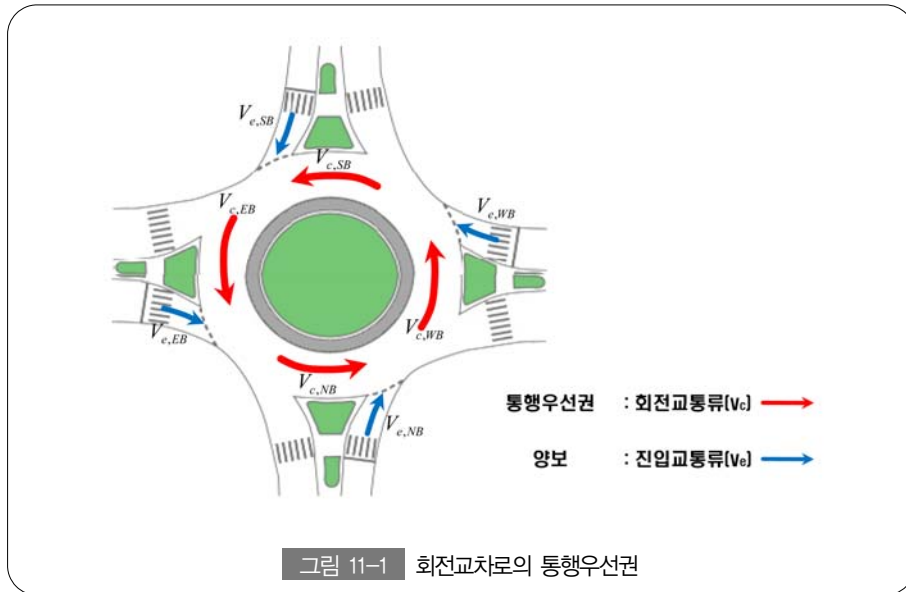
6) 입체형 회전교차로

간선도로와 접속되는 고속도로 연결로 입체시설에 단구형이나 쌍구형으로 설치하는 회전교차로를 말한다. 다이아몬드 입체교차로의 좋은 대안으로 특히 좌회전 교통량이 많은 연결로에 유리한 특징이 있다.

(3) 회전교차로 통행우선권

회전교차로의 통행우선권은 회전차로 내부를 주행 중인 회전교통류에 있다.
교차로에 진입하는 자동차는 회전 중인 자동차에게 양보를 해야 한다.

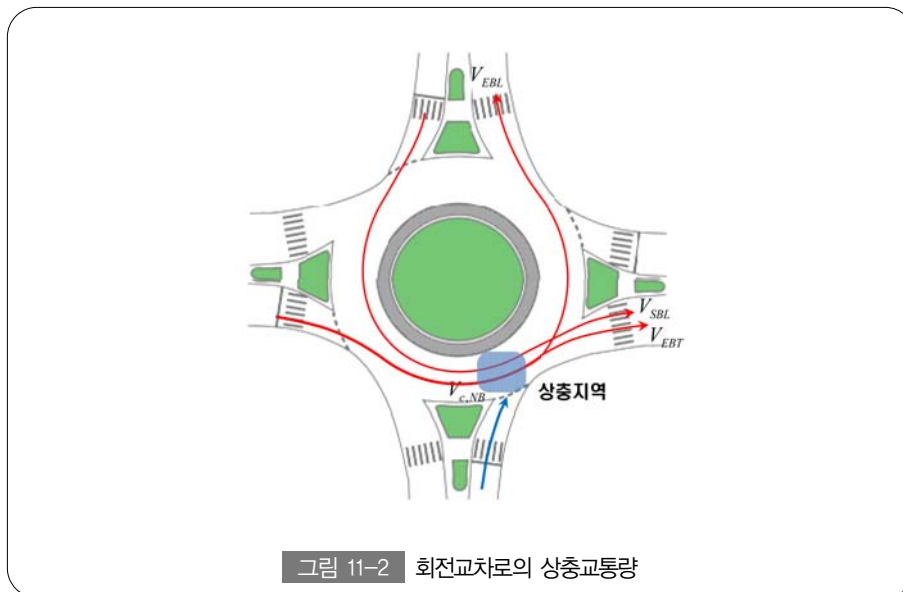
회전교차로의 기본 운영원리는 회전자동차에 통행우선이 주어지는 것으로 진입자동차는 회전자동차에 양보하여야한다. 따라서 교차로에 진입하는 자동차는 회전차로 내에 안전한 차두 간격이 확보될 때까지 정지선에서 대기하며 기다려야 한다.



(4) 회전교차로 상충교통량 및 상충지역

상충교통량은 진입하는 교통류와 상충을 일으키는 회전교통류로 정의한다. 또한 각 접근로의 정지선 앞 부분은 회전교통류와 진입교통류가 상충을 일으키는 지역을 상충지역으로 정의한다.

진입로에 대기하고 있는 자동차가 회전차로로 진입할 때 회전교통류가 있는 경우 정지선에서 대기하고 있다가 임계간격에 따라 진입을 결정한다. 이 때, 각 진입 접근로의 정지선 앞 부분은 회전교통류와 진입교통류가 상충을 일으키는 지역으로 상충지역으로 정의한다. 진입로 교통류는 회전차로를 주행하는 회전교통류에 양보를 하기 때문에 상충교통량이 클수록 용량이 작아진다.



〈그림 11-2〉의 북방향 진입접근로의 진입교통량에 따른 상충교통량은 (식 11-1)로 산정한다.

$$V_{c,NB} = V_{EBL} + V_{EBT} + V_{SBL} + V_{U^{NB*}} \quad (\text{식 11-1})$$

여기서,

$V_{c,NB}$ = 북향 진입교통류의 상충교통량(vph)

V_{EBL} = 동향 좌회전 진입 교통량(vph)

V_{EBT} = 동향 직진 진입 교통량(vph)

V_{SBL} = 남향 좌회전 진입 교통량(vph)

$V_{U^{NB*}}$ = 북향 유턴교통량을 제외한 각 접근로의 유턴교통량의 합(vph)

각 접근로에서 유턴차량이 있는 경우 북향을 제외한 유턴 교통량은 북향 진입교통류의 상충교통량에 포함된다. 이 이외에 상충지역에서 직접 상충교통량을 조사하여 반영할 수 있다.

(5) 효과척도 및 LOS 기준

회전교차로의 효과척도는 차량 당 평균지체를 사용한다.

- ① 접근로 평균지체 ② 교차로 평균지체

서비스수준은 A~F까지 6단계를 적용한다.

회전교차로의 운영효과를 평가하기 위해서는 신호교차로의 효과척도와 동일한 지체시간을 적용한다. 산정 방식은 신호교차로에 적용한 방식과 같이 회전교차로의 접근로에 따른 평균지체를 산정한 후 교통량 가중평균을 이용하여 회전교차로 평균지체를 산출하여 효과척도로 사용한다.

〈표 11-1〉 서비스수준(LOS) 기준

서비스수준 (LOS)	평균지체 (초/대)	교통량 대 용량비 (V/c)
A	0~10	≤ 1.0
B	10~15	
C	15~25	
D	25~35	
E	35~50	
F	50~	> 1.0

(6) 입력자료

회전교차로의 용량분석을 위하여 필요한 자료는 기하구조 특성, 교통량 및 교통류 특성으로 나뉜다. 기하구조 특성으로는 각 접근로별 진입차로 수와 회전차로 수가 있고, 교통량 및 교통류 특성으로는 각 접근로에서의 시간당 유입 교통량, 횡단 보행자 수, 중차량 비율이 요구된다.

(7) 분석범위 및 한계

회전교차로 설계지침(2010)에서 제시한 유형은 기본 유형과 특수 유형으로 나뉜다. 본 편람에서는 새로 개정된 회전교차로의 설계지침에 따라 회전교차로가 건설되고 있는 현실을 반영하여 기본 유형 중 1차로형과 2차로형을 대상으로 분석방법을 정립하였다.

운전자의 행태나 지역적 특성이 반영된 회전교차로의 용량분석을 위해서는 현장자료 수집이 필수이다. 우리나라는 회전교차로가 설치되기 시작한 이후 우리나라 여건이 반영된 회전교차로 설계지침이 2010년에 개정되었다. 회전교차로 설계지침에 준하여 설치된 회전교차로에서 통행우선권이 지켜지는 현장자료 수집이 어렵고 다년간의 현장자료를 활용하여 용량분석을 하는 것이 타당하다. 본 편람에서는 회전교차로 용량분석에 관한 연구를 토대로 일부 현장에서 수집된 자료를 이용하여 현 여건에 맞는 파라미터 값을 추정하여 용량을 분석하는 방법을 제시하였다.

(8) 용어 정의

- 차두시간(Headway) : 임의의 지점을 연속으로 통과하는 자동차 간의 시간 간격으로, 연속으로 오는 두 대의 자동차 중 선행자동차의 앞 범퍼가 통과한 시각과 후행자동차의 앞 범퍼가 통과한 시각을 한 지점에서 측정한 시각 차이.
- 수락간격(Accepted gap) : 진입로의 대기차량이 회전차로에 진입했을 때 회전차로 내 주행하는 선두차량과 후미차량의 차두간격.
- 거부간격(Rejected gap) : 진입로의 대기차량이 회전차로에 진입을 하지 못했을 때 회전차로 내 주행하는 선두차량과 후미차량의 차두간격.
- 임계간격(Critical gap) : 진입로에서 회전차로로 진입이 가능한 자동차들간 차두시간의 최소값. (임계값)으로, 일반적으로 이 간격보다 크면 진입할 수 있으나 작으면 진입할 수 없는 간격.
- 추종시간(Follow-up time) : 진입로에서 회전차로로 진입하는 자동차들 간의 평균차두시간.
- 상충교통류(Conflict volume) : 진입로의 자동차가 회전차로로 진입할 때 상충을 일으키는 교통류.
- 회전차로(Circulatory roadway) : 회전교차로 내부의 회전부 차로.
- 진입로(Approach roadway) : 회전교차로로 진입하는 차로.

2 방법론

본 절은 회전교차로의 용량 분석 모형과 서비스수준을 분석하는 절차에 대하여 설명한다.

(1) 분석개요

회전교차로의 용량분석은 간격수락이론을 기반으로 한 분석적 모형을 이용한다.

회전교차로의 용량분석 모형은 경험적 모형(Empirical Models)과 분석적 모형(Analytical Models)으로 크게 두 가지로 나뉜다. 경험적 모형은 회귀모형(Regression Models)과 같이 교차로의 기하구조 특성과 효과척도-용량과의 관계를 확률적으로 표현한 모형이다. 분석적 모형은 운전자의 운전특성과 효과척도-용량과의 관계를 간격수락이론(Gap Acceptance Theory)에 근거하여 구현한 모형이다.

회전교차로 기하구조 특성을 반영하기 위해서는 회전교차로 설계지침(국토해양부, 2010)에 준하여 준공된 다수의 회전교차로에서 지속적으로 현장자료를 수집하여 분석해야 한다. 그러나 기본 조건의 기하구조를 갖는 회전교차로의 수가 부족하고 통행우선권 등의 운영원리도 확립이 되지 않은 상황이기 때문에 경험적 모형을 쓰기에는 어려운 실정이다.

따라서 기본 조건으로 설치된 일부 회전교차로에서 운전자의 특성을 조사하고, 기하구조 특성은 모의실험을 통해 얻은 파라미터값을 이용하여 분석적 모형을 구축하였다.

(2) 용량분석 모형

회전교차로의 용량분석 모형은 상충교통량, 운전자의 특성, 기하구조 특성, 횡단 보행자수를 반영한 모형을 이용한다.

$$c = \left[3,600 \left(1 - \frac{V_c \times t_{\min}}{3,600} \right) \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{V_c}{3,600}(t_c - 0.5t_f - t_{\min})} \right] \times f_p \quad (\text{식 11-2})$$

여기서,

c : 진입로의 용량(pcph)

$t_{\min}$: 회전차로 최소 차두간격(초)

V_c : 상충교통량(pcph)

n_e : 진입차로수 영향계수

t_c : 임계간격(초)

f_p : 횡단 보행자 영향계수

t_f : 추종시간(초)

회전교차로의 진입로 용량은 (식 11-1)로 산출한 상충교통량, 현장자료를 통해 얻은 임계간격, 추종시간, 회전차로 최소 차두간격, 모의 실험을 통해 추정된 진입차로수 영향계수, 횡단 보행자수 영향계수를 이용하여 산정한다.

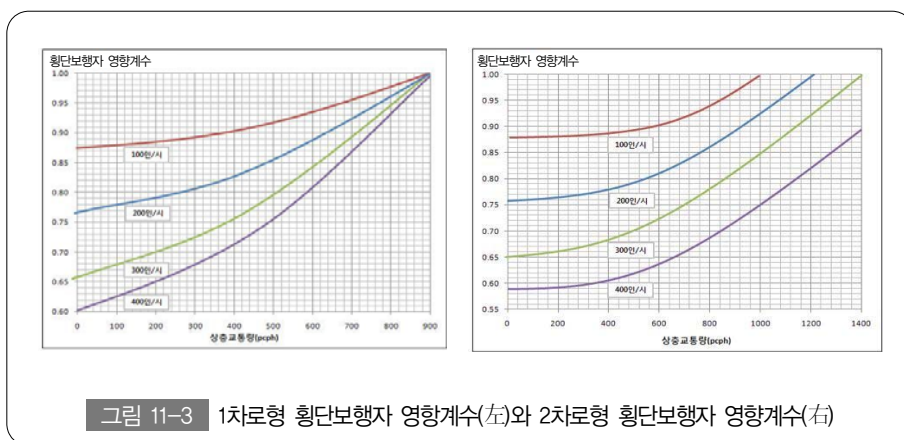
임계간격은 회전교차로 설계지침(국토해양부, 2010)에 준하여 설치된 회전교차로를 대상으로 수락 간격과 거부간격을 조사하여 추정하였다. 추종시간은 진입로에서 회전차로로 진입할 때 회전차로 하나의 차두시간 동안 연속적으로 진입하는 두 차량 간의 평균 차두시간으로 산출하였다. 회전차로 최소 차두간격은 회전교통류의 최소 차두간격을 조사하였다.

진입차로수 영향계수는 진입차로수와 회전차로수의 조합에 따른 모의실험을 토대로 추정하였다. 진입차로수가 2차로여도 실제 차로를 이용하는 비율은 바깥차로에 많이 몰리기 때문에 차로 이용 비율에 따른 용량의 영향을 모의실험을 통해 분석하였다.

〈표 11-2〉 임계간격, 추종시간, 회전차로 최소 차두간격

	1차로형 회전교차로	2차로형 회전교차로
임계간격(초)	3.21	3.21
추종시간(초)	3.15	3.15
회전차로 최소 차두간격(초)	2.05	0
진입차로수 영향계수	1	1.7

횡단 보행자 영향계수는 횡단 보행자수를 증가시키에 따라 회전교차로의 용량변화를 모의실험으로 분석하여 계수를 추정하였다. 〈그림 11-3〉은 시간당 보행자가 100명부터 400명까지일 때의 회전교차로 용량에 영향을 주는 것을 그래프로 나타낸 것이다.



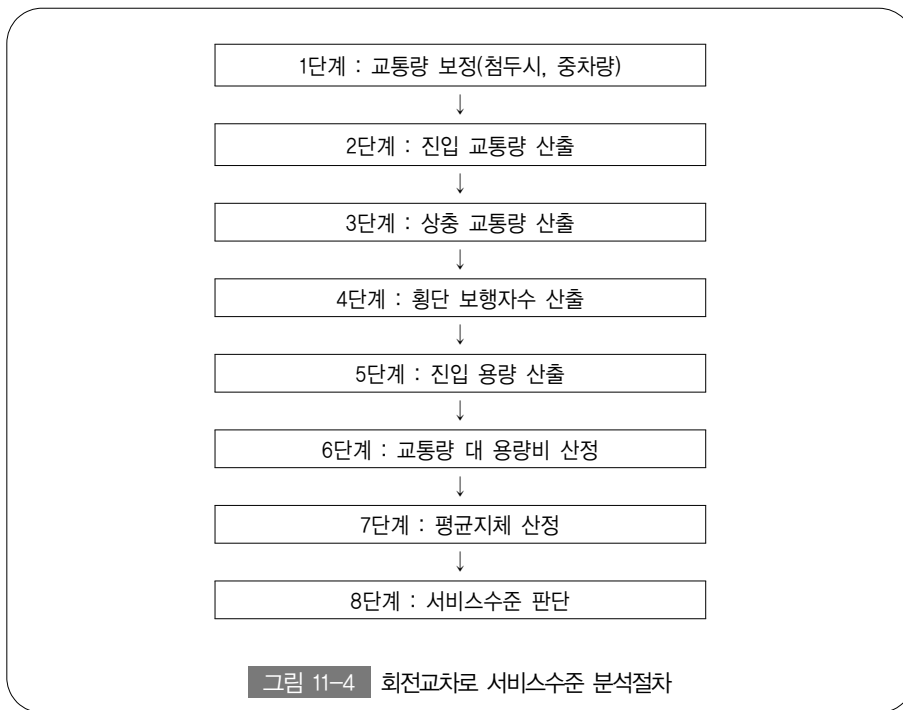
상충교통량별 횡단보행자수 영향계수를 <표 11-3>을 이용한다.

<표 11-3> 횡단 보행자 영향계수 산출표

상충 교통량 (pcph)	보행량 (인/시)	1차로형 회전교차로					2차로형 회전교차로				
		0~50	51~150	151~250	251~350	351~	0~50	51~150	151~250	251~350	351~
0~100		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
101~200		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
201~300		1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
301~400		1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
401~500		1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
501~600		1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
601~700		1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
701~800		1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7
801~900		1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7
901~1,000		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.7
1,001~1,100		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8
1,101~1,200		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8
1,201~1,300		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8
1,301~1,400		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
1,401~		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

(3) 분석 절차

회전교차로의 용량 및 서비스수준 분석은 총 8단계로 수행된다.



1) 1단계 : 교통량 보정

첨두시간계수(PHF)를 이용하여 (식 11-3)에 따라 첨두시간 교통류율로 환산한다.

$$V_{p,i} = \frac{V_i}{PHF} \quad (\text{식 11-3})$$

여기서,

$V_{p,i}$ = i 진입로 첨두시 교통량(vph)

V_i = i 진입로 교통량(vph)

PHF = 첨두시간계수

(식 11-4)에 따라 중차량 환산계수를 도출하고, 이를 반영하여 시간당 승용차 교통량을 산출한다.

$$V_{i,pce} = \frac{V_{p,i}}{f_{HV}} = \frac{V_{p,i}}{\frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}} \quad (\text{식 11-4})$$

여기서,

$V_{i,pce}$ = i 진입로 교통량(pcph)

$V_{p,i}$ = i 진입로 교통량(vph)

f_{HV} = 중차량 환산계수

P_T = 중차량 혼합 비율

E_T = 중차량의 승용차 환산계수(<표 11-4>)

<표 11-4> 중차량의 승용차 환산계수

중차량 비율(%)	0~5	5~10	10~15	15~
1차로형 회전교차로	2.4	2.4	2.4	2.5
2차로형 회전교차로	2.5	2.5	2.6	2.7

2) 2단계 : 진입 교통량 산출

각 접근로의 방향별 교통량을 입력하여 접근로별 진입교통량을 (식 11-5)를 이용하여 산출한다. 회전차로를 지나지 않는 우회전 전용차로가 있을 경우 이에 해당하는 우회전 교통량은 진입 교통량에서 제외하고 (식 11-6)을 이용하여 진입교통량을 산출한다.

■ 우회전 전용차로가 없는 경우

$$V_{e,i} = V_{i,L} + V_{i,T} + V_{i,R} + V_{i,U} \quad (\text{식 11-5})$$

여기서,

$V_{e,i}$: i 방향 진입 교통량(pcph)

$V_{i,L}$: i 방향 좌회전 교통량(pcph)

$V_{i,T}$: i 방향 직진 교통량(pcph)

$V_{i,R}$: i 방향 우회전 교통량(pcph)

$V_{i,U}$: i 방향 유턴 교통량(pcph)

- 우회전 전용차로가 있는 경우

$$V_{c,i} = V_{i,L} + V_{i,T} + V_{i,U} \quad (\text{식 11-6})$$

3) 3단계 : 상충교통량(V_c) 산출

각 접근로별 상충교통량은 (식 11-7)을 이용하여 산출한다.

$$V_{c,NB} = V_{EBL} + V_{EBT} + V_{SBL} + V_{U^{NB}} \quad (\text{식 11-7})$$

여기서,

$V_{c,NB}$ = 북향 진입교통류의 상충교통량(pcp)

V_{EBL} = 동향 좌회전 진입 교통량(pcp)

V_{EBT} = 동향 직진 진입 교통량(pcp)

V_{SBL} = 남향 좌회전 진입 교통량(pcp)

$V_{U^{NB}}$ = 북향 유턴교통량을 제외한 각 접근로의 유턴교통량의 합(pcp)

이 외에 접근로별 회전교차로의 상충지역에서 직접 상충교통량을 조사하여 반영할 수 있다.

4) 4단계 : 횡단 보행자 영향계수(f_p) 산출

접근로별로 시간당 보행자수를 조사한 후 <표 11-3>의 횡단 보행자 영향계수표에 따라 각 접근로의 횡단 보행자 영향계수를 산출한다.

예시) 1차로형 회전교차로에서 보행량 200인/시, 상충교통량이 440pcp 일 때

<표 11-5>에서 1차로형 회전교차로의 보행량 151에서 250 사이인 구간을 선택한 후 상충교통량 401대에서 500대 구간을 선택하여 횡단 보행자 영향계수 0.9를 산출한다.

〈표 11-5〉 횡단 보행자 영향계수 산출표(예시)

보행량 (인/시) 상충교통량 (pcph)	1차로형 회전교차로					2차로형 회전교차로				
	0~50	51~150	151~250	251~350	351~	0~50	51~150	151~250	251~350	351~
...	...					...				
401~500	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
...	...					...				

5) 5단계 : 진입 용량(c) 산출

각 진입로의 용량을 〈표 11-6〉의 예시에 따라 산출한다.

〈표 11-6〉 진입 용량 산출(예시)

	1차로형 회전교차로	2차로형 회전교차로
상충교통량(V_c)	3단계 상충교통량 산출	
임계간격(t_c)	3.21초	
추종시간(t_f)	3.15초	
회전차로 최소 차두간격($t_{\min}$)	2.05초	0초
진입차로수 영향계수(n_e)	1	1.7
횡단보행자수 영향계수(f_p)	4단계 횡단 보행자 영향계수 산출	
진입 용량 산출(c)	$c = \left[3,600 \left(1 - \frac{V_c \times t_{\min}}{3,600} \right) \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{V_c}{3,600}(t_c - 0.5t_f - t_{\min})} \right] \times f_p$	

6) 6단계 : 교통량 대 용량비 산정

각 접근로별로 산출한 진입 용량(5단계)과 진입교통량(2단계)으로 교통량 대 용량비(V/c)를 (식 11-8)로 산정한다. 교통량 대 용량비는 평균지체를 산정할 때 사용되므로 단위를 시간당 차량대수 기준으로 역환산하여 사용한다.

$$x_i = V_i / c_i = (V_{i,pce} \times f_{HV}) / (c_{i,pce} \times f_{HV}) \quad (\text{식 11-8})$$

여기서,

x_i = 진입로 포화도

V_i = 진입교통량(vph)

c_i = 진입용량(vph)

7) 7단계 : 평균지체 산정

회전교차로의 운영효율을 판단하기 위하여 효과적도인 평균지체를 산출한다. 평균지체는 (식 11-9)를 이용하여 각 접근로별로 지체를 산정한다.

$$d = \frac{3,600}{c} + 900T \left[\frac{V}{c} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V}{c} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right) \frac{V}{c}}{450T}} \right] + 5 \times \min\left[\frac{V}{c}, 1\right] \quad (\text{식 11-9})$$

여기서,

d = 평균지체(초/대)

V = 접근로 교통량(vph)

c = 접근로 용량(vph)

T = 분석시간(15분 권장, 0.25)(h)

회전교차로의 평균지체는 (식 11-10)과 같이 교통량 가중평균을 이용하여 산정한다.

$$d_I = \frac{V_{EB} \times d_{EB} + V_{WB} \times d_{WB} + V_{NB} \times d_{NB} + V_{SB} \times d_{SB}}{V_{EB} + V_{WB} + V_{NB} + V_{SB}} \quad (\text{식 11-10})$$

여기서,

d_I = 교차로 I의 평균지체(초/대)

V_i = 접근로 i의 진입교통량(vph); $i = \{EB, WB, NB, SB\}$

d_i = 접근로 i의 평균지체(초/대)

8) 8단계 : 서비스수준 결정

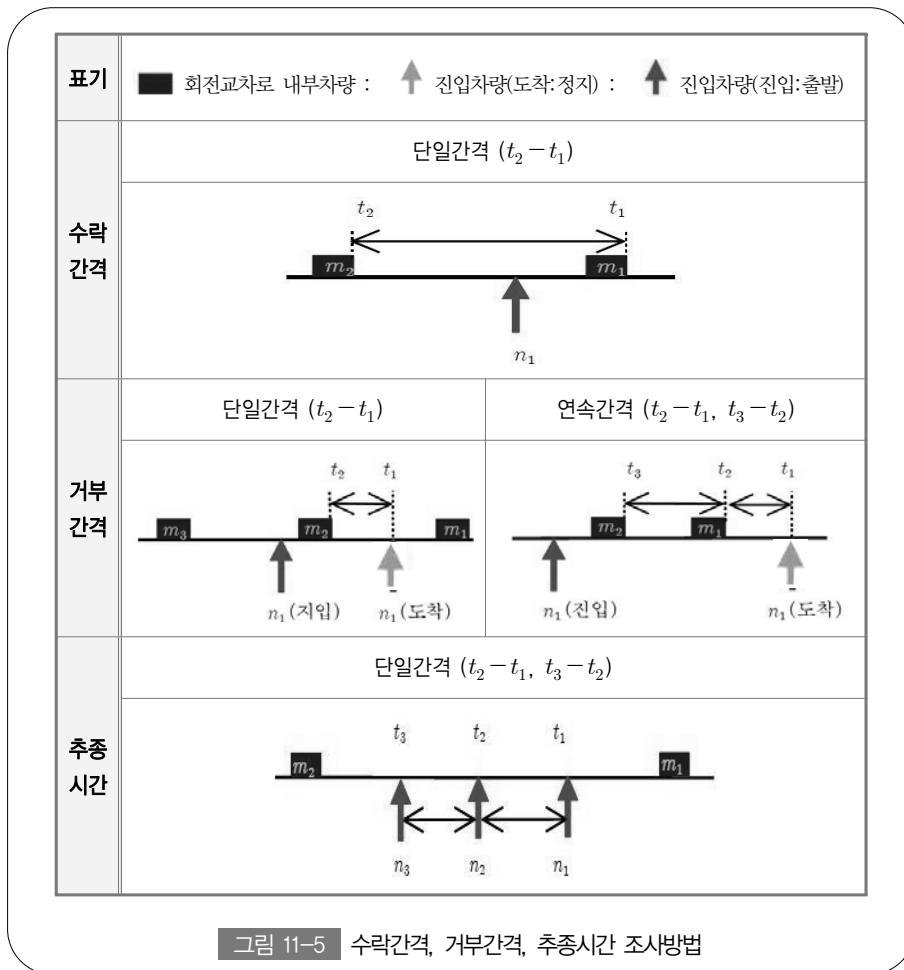
6, 7단계의 분석 방법을 이용하여 상속된 교통량 대 용량비와 접근로별 평균지체를 이용하여 접근로별 서비스수준을 판정한다. 교차로 평균지체를 이용하여 교차로 전체의 서비스 수준을 판단한다.

3 적용방법

(1) 지역적 특성을 반영한 분석 방법

2절에서 제시한 용량분석 모형은 회전교차로의 기본유형 중 1차로형과 2차로형 회전교차로에서 사용할 수 있는 방법이다.

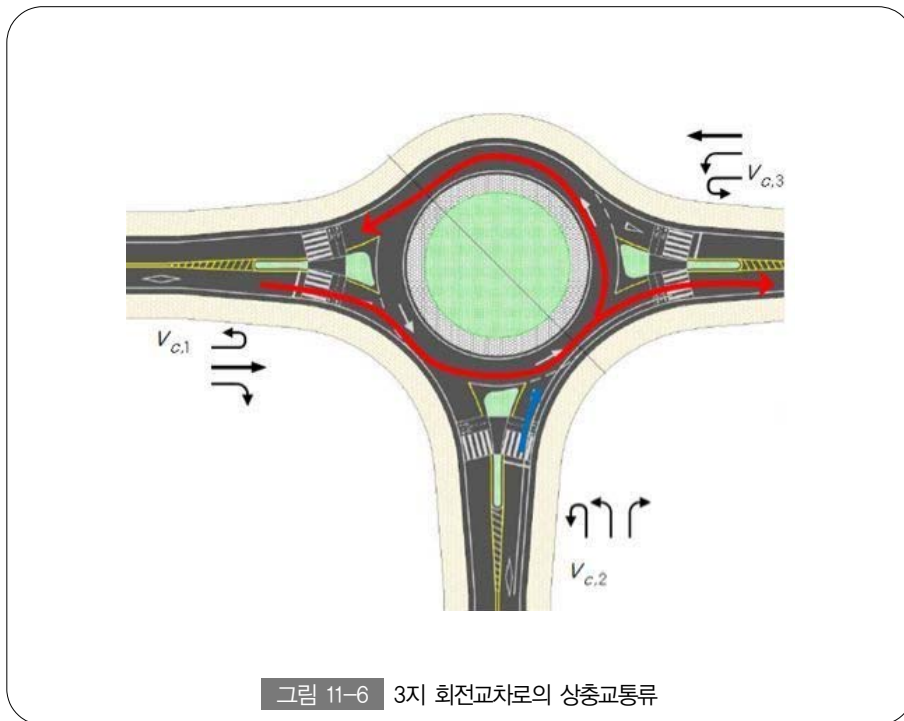
따라서 본 편람을 이용하여 회전교차로 용량을 분석하고자 할 때 해당 지역 특성에 맞게 임계간격과 추종시간을 사용할 수 있도록 수락간격, 거부간격, 추종시간 조사방법을 <그림 11-5>에 제시하였다. 본 편람에서는 임계간격 산출 방법으로 NingWu(2006) 방법을 이용하였다.



(2) 비전형적인 회전교차로 분석 방법

접근로가 3개 혹은 5개 이상인 비전형적인 회전교차로의 용량분석 방법을 정립하였다. 기본 유형과 분석방법은 동일하나 상충교통량 산출방법과 평균 지체시간을 산출할 때 일부 차이가 발생한다.

3지로 구성된 회전교차로의 상충교통량은 <그림 11-6>과 같이 정의된다.



이를 토대로 각 접근로의 상충교통량을 산출하면 <표 11-7>로 정리할 수 있다.

<표 11-7> 3지 회전교차로의 상충교통량 산출방법

접근로	상충교통량	설명
1	$V_{c,1} = V_{3 \rightarrow 2} + V_{U^{1*}}$	$V_{i \rightarrow j}$: 접근로 i에서 접근로 j로 가는 교통량 $V_{U^{i*}}$: 접근로 i의 유턴교통량을 제외한 유턴교통량 합
2	$V_{c,2} = V_{1 \rightarrow 3} + V_{U^{2*}}$	
3	$V_{c,3} = V_{2 \rightarrow 1} + V_{U^{3*}}$	

같은 방법으로 5지 회전교차로의 상충교통량의 분석방법을 적용한다. 각 접근로의 상충교통량을 구하기 위하여 구하고자 하는 접근로를 i 라고 할 경우 우측에 있는 접근로는 $i+1$ 이라고 가정하였다. 반시계 방향으로 우측 두 번째 접근로는 $i+2$, 세 번째 접근로는 $i+3$, 네 번째 접근로는 $i+4$ 로 가정하였다. 이럴 경우 접근로 i 의 상충교통량은 (식 11-11)을 이용하여 산출할 수 있다.

$$V_{c,i} = V_{(i+1)^{\text{a}}} + V_{(i+2)^{\text{a}}} + V_{(i+3)^{\text{a}}} + V_{(i+4)^{\text{a}}} \quad (\text{식 11-11})$$

여기서,

$V_{c,i}$ = 접근로 i 의 상충교통량(pcp/h)

$V_{(i+1)^{\text{a}}}$ = 접근로 $i+1$ 에서 접근로 $i+1$ 까지의 교통량

$V_{(i+2)^{\text{a}}}$ = 접근로 $i+4$ 에서 각 접근로 $i+1$, $i+2$ 로의 이동 교통량

$V_{(i+3)^{\text{a}}}$ = 접근로 $i+4$ 에서 각 접근로 $i+1$, $i+2$, $i+3$ 로의 이동 교통량

$V_{(i+4)^{\text{a}}}$ = 접근로 $i+4$ 에서 각 접근로 $i+1$, $i+2$, $i+3$, $i+4$ 로의 이동 교통량

상충교통량을 위와 같은 방법으로 구하고 7단계의 평균지체 산출시 교통량 가중평균을 이용하여 교차로의 평균지체를 (식 11-12)를 이용하여 도출한다.

$$d_I = \frac{\sum (V_i d_i)}{\sum v_i} \quad (\text{식 11-12})$$

여기서,

d_I = 교차로 I 의 평균지체(초/대)

V_i = 접근로 i 의 진입교통량(vph)

d_i = 접근로 i 의 평균지체(초/대)

이 이외에 회전차로가 2차로이면서 진입차로가 1차로인 경우가 존재한다. 이에 대한 회전교차로 용량분석 방법은 진입용량을 산정할 때 <표 11-8>의 계수 값을 적용하도록 한다.

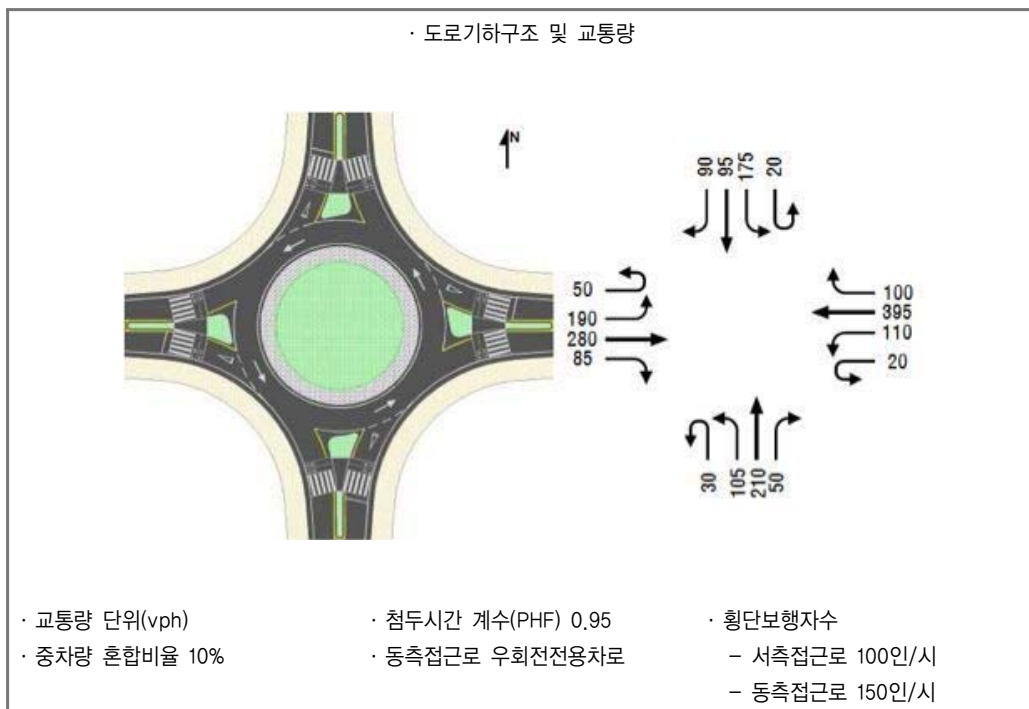
〈표 11-8〉 회전차로 2차로이면서 진입차로 1차로 경우의 계수 값

	1차로형 회전교차로	2차로형 회전교차로	회전차로 2차로, 진입차로 1차로
임계간격(t_c)	3.21초		
추종시간(t_f)	3.15초		
회전차로 최소 차두간격($t_{\min}$)	2.05초	0초	0초
진입차로수 영향계수(n_e)	1	1.7	1

회전차로 최소 차두간격은 회전차로 2차로에 해당하는 계수값인 0초로 적용하고, 진입차로수 영향계수는 진입차로 1차로에 해당하는 계수값인 1로 적용하여 진입용량을 산출한다.

4 예 제

〈예제 1〉 1차로형 회전교차로 서비스수준 판정



〈풀 이〉

① 1단계 교통량 보정

$$\blacksquare \text{첨두시간 환산 } V_{P,i} = \frac{V_i}{PHF} = \frac{V_i}{0.95}$$

$$\blacksquare \text{중차량 환산 } f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} = \frac{1}{1 + 0.1(2.4 - 1)} = 0.877$$

$$V_{i,pce} = \frac{V_{P,i}}{f_{HV}} = \frac{V_{P,i}}{0.877}$$

방향별 교통량(vph)			첨두시 보정(vph)	중차량 환산(pcph)
동향 (서측접근로)	유턴	50	53	60
	좌회전	190	200	228
	직진	280	295	336
	우회전	85	89	102
서향 (동측접근로)	유턴	20	21	24
	좌회전	110	116	132
	직진	395	416	474
	우회전	100	105	120
북향 (남측접근로)	유턴	30	32	36
	좌회전	105	111	126
	직진	210	221	252
	우회전	50	53	60
남향 (북측접근로)	유턴	20	21	24
	좌회전	175	184	210
	직진	95	100	114
	우회전	90	95	108

② 2단계 진입교통량 산출

- 우회전 전용차로가 없는 서측, 남측, 북측 접근로는 (식 11-5)를 이용하여 산출
- 우회전 전용차로가 있는 동측 접근로는 (식 11-6)을 이용하여 산출

방향별 교통량(pcp)			우회전 전용차로 적용	진입교통량(pcp)	
동향 (서측접근로)	유턴	60	—	$V_{e,EB}$	726
	좌회전	228	—		
	직진	336	—		
	우회전	102	—		
서향 (동측접근로)	유턴	24	—	$V_{e,WB}$	630
	좌회전	132	—		
	직진	474	—		
	우회전	120	→ 0 pcph		
북향 (남측접근로)	유턴	36	—	$V_{e,NB}$	474
	좌회전	126	—		
	직진	252	—		
	우회전	60	—		
남향 (북측접근로)	유턴	24	—	$V_{e,SB}$	456
	좌회전	210	—		
	직진	114	—		
	우회전	108	—		

③ 상충교통량 산출

- (식 11-7)에 준하여 각 접근로별 상충교통량 산출

방향별 교통량(pcpH)			상충교통량(pcpH)
동향 (서측접근로)	유턴	60	$V_{c,EB} = V_{SBL} + V_{SBT} + V_{WBL} + (V_{WBU} + V_{NBU} + V_{SBU})$ $= 210 + 114 + 132 + (24 + 36 + 24)$ $= 540$
	좌회전	228	
	직진	336	
	우회전	102	
서향 (동측접근로)	유턴	24	$V_{c,WB} = V_{NBL} + V_{NBT} + V_{EBL} + (V_{EBU} + V_{NBU} + V_{SBU})$ $= 126 + 252 + 228 + (60 + 36 + 24)$ $= 726$
	좌회전	132	
	직진	474	
	우회전	120	
북향 (남측접근로)	유턴	36	$V_{c,NB} = V_{EBL} + V_{EBT} + V_{SBL} + (V_{EBU} + V_{WBU} + V_{SBU})$ $= 228 + 336 + 210 + (60 + 24 + 24)$ $= 882$
	좌회전	126	
	직진	252	
	우회전	60	
남향 (북측접근로)	유턴	24	$V_{c,SB} = V_{WBL} + V_{WBT} + V_{NBL} + (V_{EBU} + V_{WBU} + V_{NBU})$ $= 132 + 474 + 126 + (60 + 24 + 36)$ $= 852$
	좌회전	210	
	직진	114	
	우회전	108	

④ 횡단보행자 영향계수 산출

- 접근로별 횡단 보행자수와 상충교통량을 정리한 후, <표 11-3>에서 횡단보행자 영향계수 산출

방향	상충교통량(pcpH)	횡단 보행자수(인/시)	횡단보행자 영향계수(f_p)
동향 (서측접근로)	540	100	0.900
서향 (동측접근로)	726	150	1.000
북향 (남측접근로)	882	0	1.000
남향 (북측접근로)	852	0	1.000

⑤ 진입용량 산출

$$c = \left[3,600 \left(1 - \frac{V_c \times t_{\min}}{3,600} \right) \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{V_c}{3,600}(t_c - 0.5t_f - t_{\min})} \right] \times f_p$$

여기서,

임계간격(t_c) = 3.21초

추종시간(t_f) = 3.15초

회전차로 최소 차두간격($t_{\min}$) = 2.05초

진입차로수 영향계수(n_e) = 1

방향	상충교통량(pcph)	횡단보행자 영향계수(f_p)	진입용량(pcph)
동향 (서측접근로)	540	0.900	758
서향 (동측접근로)	726	1.000	729
북향 (남측접근로)	882	1.000	630
남향 (북측접근로)	852	1.000	649

⑥ 교통량 대 용량비 산정

■ 진입교통량과 진입용량 차량기준 환산 $V_i = V_{i,pce} \times f_{HV}$

■ (식 11-8)을 이용하여 교통량 대 용량비 산정

방향	진입교통량 (pcph)	진입교통량 (vph)	진입용량 (pcph)	진입용량 (vph)	교통량 대 용량비
동향 (서측접근로)	726	637	758	665	0.96
서향 (동측접근로)	630	553	729	639	0.86
북향 (남측접근로)	474	416	630	552	0.75
남향 (북측접근로)	456	400	649	569	0.70

⑦ 평균지체 산출

- (식 11-9)를 이용한 접근로 평균지체 산출(서측접근로)

$$d = \frac{3,600}{c} + 900T \left[\frac{V}{c} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V}{c} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right) \frac{V}{c}}{450T}} \right] + 5 \times \min\left[\frac{V}{c}, 1\right]$$

$$= \frac{3,600}{665} + 900 \times 0.25 \left[0.96 - 1 + \sqrt{(0.96 - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{665}\right) 0.96}{450 \times 0.25}} \right] + 5 \times \min[0.96, 1] = 49.9$$

- (식 11-10)을 이용한 회전교차로 전체 평균지체 산출

$$d_I = \frac{V_{EB} \times d_{EB} + V_{WB} \times d_{WB} + V_{NB} \times d_{NB} + V_{SB} \times d_{SB}}{V_{EB} + V_{WB} + V_{NB} + V_{SB}}$$

$$= \frac{637 \times 49.9 + 553 \times 35.3 + 416 \times 27.5 + 400 \times 23.4}{637 + 553 + 416 + 400} = 35.9$$

방향	교통량 대 용량비	진입교통량(vph)	진입용량(vph)	평균지체(초/대)	
동향(서측접근로)	0.96	637	665	49.9	35.9
서향(동측접근로)	0.86	553	639	35.3	
북향(남측접근로)	0.75	416	552	27.5	
남향(북측접근로)	0.70	400	569	23.4	

⑧ 서비스수준 판정

- <표 11-1>의 서비스수준 기준표를 이용하여 서비스 수준 판정

방향	교통량 대 용량비	평균지체(초/대)	서비스 수준(LOS)
동향(서측접근로)	0.96	49.9	E
서향(동측접근로)	0.86	35.3	E
북향(남측접근로)	0.75	27.5	D
남향(북측접근로)	0.70	23.4	C
교차로전체	-	35.9	E

방향별 교통량(vph)			첨두시 보정(vph)	중차량 환산(pcph)
동향 (서측접근로)	유턴	0	0	0
	좌회전	280	295	304
	직진	620	653	672
	우회전	60	63	65
서향 (동측접근로)	유턴	0	0	0
	좌회전	450	474	488
	직진	300	316	325
	우회전	90	95	98
북향 (남측접근로)	유턴	0	0	0
	좌회전	60	63	65
	직진	120	126	130
	우회전	50	53	54
남향 (북측접근로)	유턴	0	0	0
	좌회전	240	253	260
	직진	60	63	65
	우회전	400	421	434

② 2단계 진입교통량 산출

- 모든 접근로에 우회전 전용차로가 없으므로 (식 11-5)를 이용하여 산출

방향별 교통량(pcph)			우회전 전용차로 적용	진입교통량(pcph)
동향 (서측접근로)	유턴	0	-	1,041
	좌회전	304	-	
	직진	672	-	
	우회전	65	-	
서향 (동측접근로)	유턴	0	-	911
	좌회전	488	-	
	직진	325	-	
	우회전	98	-	
북향 (남측접근로)	유턴	0	-	249
	좌회전	65	-	
	직진	130	-	
	우회전	54	-	
남향 (북측접근로)	유턴	0	-	759
	좌회전	260	-	
	직진	65	-	
	우회전	434	-	

③ 상충교통량 산출

- (식 11-7)에 준하여 각 접근로별 상충교통량 산출

방향별 교통량(pcph)			상충교통량(pcph)
동향 (서측접근로)	유턴	0	$V_{c,EB} = V_{SBL} + V_{SBT} + V_{WBL} + (V_{WBU} + V_{NBU} + V_{SBU}) = 813$
	좌회전	304	
	직진	672	
	우회전	65	
서향 (동측접근로)	유턴	0	$V_{c,WB} = V_{NBL} + V_{NBT} + V_{EBL} + (V_{EBU} + V_{NBU} + V_{SBU}) = 499$
	좌회전	488	
	직진	325	
	우회전	98	
북향 (남측접근로)	유턴	0	$V_{c,NB} = V_{EBL} + V_{EBT} + V_{SBL} + (V_{EBU} + V_{WBU} + V_{SBU}) = 1,236$
	좌회전	65	
	직진	130	
	우회전	54	
남향 (북측접근로)	유턴	0	$V_{c,SB} = V_{WBL} + V_{WBT} + V_{NBL} + (V_{EBU} + V_{WBU} + V_{NBU}) = 878$
	좌회전	260	
	직진	65	
	우회전	434	

④ 횡단보행자 영향계수 산출

- 접근로별 횡단 보행자수와 상충교통량을 정리한 후, <표 11-3>에서 횡단보행자 영향계수 산출

방향	상충교통량(pcph)	횡단 보행자수(인/시)	횡단보행자 영향계수(f_P)
동향(서측접근로)	813	100	0.900
서향(동측접근로)	499	150	0.900
북향(남측접근로)	1,236	0	1.000
남향(북측접근로)	878	0	1.000

⑤ 진입용량 산출

$$c = \left[3,600 \left(1 - \frac{V_c \times t_{\min}}{3,600} \right) \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{V_c}{3,600}(t_c - 0.5t_f - t_{\min})} \right] \times f_p$$

여기서,

임계간격(t_c) = 3.21초

추종시간(t_f) = 3.15초

회전차로 최소 차두간격($t_{\min}$) = 0초

진입차로수 영향계수(n_e) = 1.7

방향	상충교통량(pcph)	횡단보행자 영향계수(f_p)	진입용량(pcph)
동향 (서측접근로)	813	0.900	1,209
서향 (동측접근로)	499	0.900	1,394
북향 (남측접근로)	1236	1.000	1,108
남향 (북측접근로)	878	1.000	1,304

⑥ 교통량 대 용량비 산정

- 진입교통량과 진입용량 차량기준 환산 $V_i = V_{i,pcp} \times f_{HV}$
- (식 11-8)을 이용하여 교통량 대 용량비 산정

방향	진입교통량 (pcph)	진입교통량 (vph)	진입용량 (pcph)	진입용량 (vph)	교통량 대 용량비
동향 (서측접근로)	1,041	1,011	1,209	1,173	0.86
서향 (동측접근로)	911	884	1,394	1,354	0.65
북향 (남측접근로)	249	242	1,108	1,076	0.23
남향 (북측접근로)	759	737	1,304	1,266	0.58

⑦ 평균지체 산출

- (식 11-9)를 이용한 접근로 평균지체 산출(서측접근로)

$$d = \frac{3,600}{c} + 900T \left[\frac{V}{c} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V}{c} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right) \frac{V}{c}}{450T}} \right] + 5 \times \min\left[\frac{V}{c}, 1\right]$$

$$= \frac{3,600}{1173} + 900 \times 0.25 \left[0.86 - 1 + \sqrt{(0.86 - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{1173}\right) 0.86}{450 \times 0.25}} \right] + 5 \times \min[0.86, 1] = 22.7$$

- (식 11-10)을 이용한 회전교차로 전체 평균지체 산출

$$d_I = \frac{V_{EB} \times d_{EB} + V_{WB} \times d_{WB} + V_{NB} \times d_{NB} + V_{SB} \times d_{SB}}{V_{EB} + V_{WB} + V_{NB} + V_{SB}}$$

$$= \frac{1,011 \times 22.7 + 884 \times 10.8 + 242 \times 5.4 + 737 \times 9.6}{1,011 + 884 + 242 + 737} = 14.2$$

방향	교통량 대 용량비	진입교통량(vph)	진입용량(vph)	평균지체(초/대)	
동향(서측접근로)	0.86	1011	1173	22.7	14.2
서향(동측접근로)	0.65	884	1354	10.8	
북향(남측접근로)	0.23	242	1076	5.4	
남향(북측접근로)	0.58	737	1266	9.6	

⑧ 서비스수준 산출

- <표 11-1>의 서비스수준 기준표를 이용하여 서비스 수준 산정

방향	교통량 대 용량비	평균지체(초/대)	서비스 수준(LOS)
동향(서측접근로)	0.86	22.7	C
서향(동측접근로)	0.65	10.8	B
북향(남측접근로)	0.23	5.4	A
남향(북측접근로)	0.58	9.6	A
교차로전체	—	14.2	B

〈예제 2를 신호교차로로 가정하여 결과를 산출한 후 회전교차로와 결과 비교〉

㉠ 신호시간 산정

- 주어진 교통량과 기하구조 조건을 토대로 신호시간을 산출
(독립교차로 신호시간 분석을 통하여 신호시간을 가정)

		1 현시	2 현시	3 현시	4 현시
동시신호					
주기	150초	39초	56초	39초	16초
분리신호					
주기	150초	37초	54초	21초	38초

㉡ 포화도, 지체시간, 서비스 수준 산출(서비스 수준은 8장 신호교차로의 서비스수준 기준을 적용함)

- 동시신호일 때의 결과

방향	포화도[V/c]	진입교통량(vph)	진입용량(vph)	평균지체(초/대)	서비스수준(LOS)
동향 (서측접근로)	0.79	1,011	1,272	16.7	B
서향 (동측접근로)	1.02	884	864	58.5	D
북향 (남측접근로)	0.78	242	312	46.1	C
남향 (북측접근로)	0.85	737	864	27.2	B
교차로 전체	-	-	-	34.7	C

- 분리신호일 때의 결과

방향	포화도[V/c]	진입교통량(vph)	진입용량(vph)	평균지체(초/대)	서비스수준(LOS)
동향 (서측접근로)	0.99	1,011	1,272	46.1	C
서향 (동측접근로)	0.87	884	864	25.6	B
북향 (남측접근로)	0.38	242	312	11.0	A
남향 (북측접근로)	1.16	737	864	111.3	F
교차로 전체	-	-	-	53.6	D

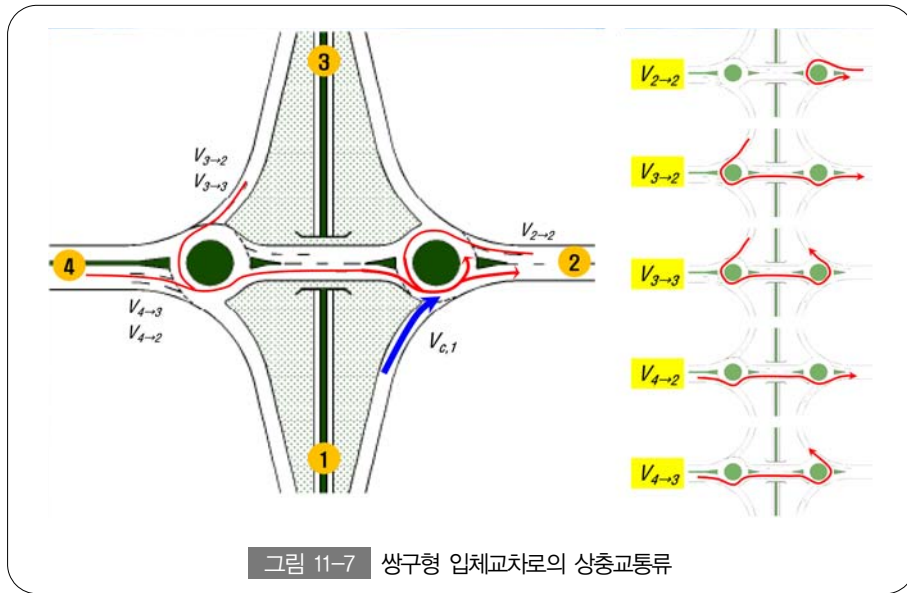
◎ 회전교차로와 신호교차로의 결과 비교 분석

- 주어진 예제는 2차로로 운영되며 좌회전과 직진의 교통량 비율 특성에 따라 분리신호보다는 동시신호가 더 적합
- 동시신호의 결과와 회전교차로의 결과를 비교 분석
- 회전교차로를 설치할 경우 신호교차로와 대비하여 교차로 전체의 평균지체시간이 59% 감소

비교분석		동향 (서측접근로)	서향 (동측접근로)	북향 (남측접근로)	남향 (북측접근로)	교차로 전체
신호교차로 (동시신호)	포화도[V/c]	0.79	1.02	0.78	0.85	-
	지체시간[초/대]	16.7	58.5	46.1	27.2	34.7
회전교차로 (2차로형)	교통량 대 용량비[V/c]	0.86	0.65	0.23	0.59	-
	지체시간[초/대]	22.7	10.8	5.4	9.6	14.2
지체시간 증감율		36% 증가	82% 감소	88% 감소	65% 감소	59% 감소

〈부록 A〉 쌍구형 입체교차로의 용량 분석 방법

이 이외에 쌍구형 등의 특수한 형태의 회전교차로의 경우에도 상충지역을 지나는 교통류를 이용하여 상충교통량을 산정한다. 〈그림 11-7〉은 기존 다이아몬드 인터체인지 평면부 교차로를 회전교차로로 설치하는 쌍구형 입체교차로의 형태로 1번 접근로에서 진출하는 교통류에 대한 상충교통량($V_{c,1}$)을 해당 상충지역을 지나는 교통류의 합으로 (식 11-13)을 이용하여 산정한다.



$$V_{c,1} = V_{2 \rightarrow 2} + V_{3 \rightarrow 2} + V_{3 \rightarrow 3} + V_{4 \rightarrow 2} + V_{4 \rightarrow 3} \quad (\text{식 11-13})$$

$$V_{c,2} = V_{3 \rightarrow 3} + V_{4 \rightarrow 3} + V_{1 \rightarrow 1} + V_{1 \rightarrow 4}$$

$$V_{c,3} = V_{4 \rightarrow 4} + V_{1 \rightarrow 1} + V_{1 \rightarrow 4} + V_{2 \rightarrow 1} + V_{2 \rightarrow 4}$$

$$V_{c,4} = V_{1 \rightarrow 1} + V_{2 \rightarrow 1} + V_{3 \rightarrow 2} + V_{3 \rightarrow 3}$$

여기서,

$V_{c,i}$ = 접근로 i의 상충교통량(pcph)

$V_{O \rightarrow D}$ = 접근로 O에서 접근로 D로 이동하는 교통량(pcph)

상충교통량을 구한 후 7단계의 평균지체는 (식 11-12)의 교통량 가중평균을 이용하여 산출한다.

〈부록 B〉 부호 정의

- c_i = 접근로 i의 진입로 용량(pcph)
- t_c = 임계간격(초)
- t_f = 추종시간(초)
- $t_{\min}$ = 회전차로 최소 차두간격(초)
- n_e = 진입차로수 영향계수
- f_p = 횡단 보행자 영향계수
- V_i = 접근로 i의 교통량(vph)
- $V_{c,j}$ = j방향 상충교통량(vph)
- $V_{e,i}$ = 접근로 i의 진입 교통량(vph)
- $V_{j,L}$ = j 방향 좌회전 교통량(vph)
- $V_{j,T}$ = j 방향 직진 교통량(vph)
- $V_{j,R}$ = j 방향 우회전 교통량(vph)
- $V_{j,U}$ = j 방향 유턴 교통량(vph)
- $V_{p,i}$ = 접근로 i의 침두시 교통량(vph)
- $V_{i,pee}$ = 접근로 i의 승용차 환산 교통량(pcph)
- x_i = 진입로 i의 교통량 대 용량 비
- d_i = 접근로 i의 평균지체(초/대)
- d_I = 교차로 I의 평균지체(초/대)
- PHF = 침두시간계수
- f_{HV} = 중차량 환산계수
- P_T = 중차량 혼합 비율
- E_T = 중차량의 승용차 환산계수
- T = 분석시간

제12장 | 도시 및 교외 간선도로

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 방법론 및 분석절차
3. 예 제

1 개요

(1) 기본 정의

간선도로는 도시내·외의 주요지점간을 연결하고, 대량 통과교통을 주로 처리하는 등 도로망의 주 골격을 형성하고 있는 도로를 의미한다. 교차로에 교통신호등이 설치되어 있으며 신호교차로간의 거리는 3km 이내로서, 신호교차로간 평균거리는 300~500m, 동일기능 도로간의 간격은 500~1,000m, 차로수는 편도 2차로 이상인 도로이다.

도시 및 교외 간선도로는 교통 신호등이 교차로에 설치된 도로로서 그 주된 기능은 직진 교통류를 원활하게 처리하는 것이며, 부차적 기능은 인접위계의 도로와 유·출입을 원활하게 처리하는 것이다. 따라서 단속 교통류의 원활한 처리를 위해서는 간선도로망 체계의 확립이 매우 중요하다. 본 편람에서는 기존 도로시설이나, 계획하는 도로시설에 대해 서비스수준을 평가하는 방법과 평가 기준을 제시함을 목적으로 한다.

본 편람의 간선도로는 도시내·외의 주요 지점간을 연결하고 대량 통과교통을 주로 처리함으로써 도로망의 주 골격을 이루는 도로이다. 교차로에 교통신호등이 설치되어 있으며 신호교차로간의 거리는 3km를 초과하지 않으며 신호교차로간 평균거리는 300~500m, 동일기능도로간의 간격은 500~1,000m, 차로수는 편도 2차로 이상인 도로이다. 일반적으로 신호교차로에서의 회전교통량은 전체 교통량 중 약 25% 미만의 수준을 보이고 있다. 간선도로는 집산도로와 혹은 국지도로로 연결되어 있는데, 이들 도로의 기능 및 특성은 다음과 같이 구별되어 진다.

집산도로의 기능 및 특성은 지구 내의 교통을 주로 담당하며, 지구내의 주거지역까지 연계기능을 담당하고, 지구 내에서 국지도로를 통해 유출입되는 교통을 모으거나 분산시켜 간선도로와 연계하는 기능을 담당하며, 간선도로에 비해 이동성보다 접근성이 높다.

국지도로는 집산도로와 연결되어 지구 내의 주거단위에 직접 접근하는 도로로서 간선도로와 직접 연결되는 것은 바람직하지 않다. 이들은 이동성이 가장 낮고 접근성이 가장 높은 도로로서 통과교통을 배제하고 버스 통행이 없으며 보행자 통행이 차량보다는 우선권을 갖는 방향으로 설계 및 운영된다.

(2) 일반적 고려사항

간선도로의 용량은 주로 신호교차로 용량에 의해 결정되므로 본 장에서는 용량 분석에 대한 사항은 제외하며, 간선도로의 기존 운영상태나 특정 계획안에 대하여 서비스수준을 평가하는 방법론을 소개한다.

본 장에서 소개하는 방법론은 간선도로의 계획, 설계, 혹은 운영에 있어 기존 또는 계획되고 있는 시설에 대한 서비스수준 평가를 위한 것이다. 간선도로의 용량은 주로 신호교차로 용량에 의해 좌우됨으로 용량분석에 대한 설명은 본 장에서 제외한다. 물론 간선도로 구간 중간에 횡단보도나 버스정류장 등 마찰요소가 작용하면 용량은 제한을 받게 되지만 대부분의 경우 간선도로 용량은 신호교차로에서 결정되어지므로 사용자들은 제8장의 신호교차로 용량분석 방법에 의하여 간선도로 용량을 계산하면 된다.

본 장에서는 기존의 운영상태나 특정 계획안에 대하여 서비스수준을 평가하는 방법론을 중점적으로 소개한다. 여기서 유념하여야 할 사항은, 간선도로 서비스수준은 제8장의 신호교차로 용량분석과정에서 언급된 교통류 중 직진교통에만 해당된다는 점이다. 그러므로 사용자는 신호교차로의 차로가 직진용인가 좌회전용인가 여부를 판단하여야 할 것이고, 또한 직진차로의 수 등을 잘 파악하여 간선도로 서비스수준을 분석해야 한다.

계획안에 대한 평가 시에는 제8장에서 언급된 신호교차로에서의 지체도 산정에 있어 기존 운영상태에 대한 평가보다 각 변수들을 정확히 알 수 없으므로 사용자의 합리적인 판단에 의해 주관적인 값을 적용할 수 있으나, 이 중 신호시간 계획과 연동계수는 교차로 지체도에 상당한 영향을 미치는 변수들이므로 적용에 신중을 기하여야 한다. 계획안에 대한 평가라 할지라도 그러한 변수들에 대한 정확한 안이나 지식이 없이 본 장에서 소개된 간선도로의 서비스수준 평가를 행하면 그 결과가 무의미하여질 수도 있다.

통행시간이나 교차로 지체도 등을 기준으로 한 이와 같은 간선도로 서비스수준 평가는 간선도로 애로구간에 대한 신호시간의 조정, 기타 간선도로의 개선, 도시부 전체 간선도로망에 대한 주기적 평가 등을 위하여 사용되어지기도 하는데, 이러한 서비스수준의 평가를 위해 효과적도 기준이 필요하게 된다. 간선도로에 적용할 수 있는 효과적도로는 통행시간, 지체시간, 속도, 정지횟수 등이 있으나 본 편람에서는 통행속도를 기준으로 평가하는 방법을 적용한다. 이러한 서비스수준은 그 평가결과 자체가 분석의 목적이 되기도 하며 경우에 따라서는 여러 대안들에 대한 상대적 비교를 위하여 사용된다.

(3) 간선도로

간선도로상의 차량운행은 ① 간선도로 주변환경, ② 차량간의 상호작용, ③ 교통신호 등과 같은 주 요소에 의하여 영향을 받으며, 이러한 요소에 의하여 용량과 사용자에게 제공되는 서비스수준 등이 결정되게 된다.

1) 간선도로 주변환경

간선도로의 환경요인에는 지리적인 위치, 토지이용형태, 개발정도 등 간선도로의 주변 환경요인이 있고, 구간거리, 차로수, 차로폭, 도로폭, 횡단보도 등 간선도로의 기하구조에 관한 요인이 있다. 그리고 버스정류장, 택시정류장, 진출입로, 도로변 주차차 유무 등에 관한 도로변 환경요인이 있고, 버스교통량, 회전교통량, 구간교통량, 중차량교통량 등에 관한 교통류 내부의 환경요인이 있다.

이러한 환경요인은 간선도로를 이용하는 운전자의 자유속도에 영향을 주어 순행속도로 나타난다. 자유속도는 도로구간에 교통량이 매우 적고, 교통통제설비가 없거나 없다고 가정할 때 운전자가 속도 제한 범위내에서 선택할 수 있는 최고속도로써, 이 속도는 도로의 기하구조 조건에 의해서만 영향을 받는다.

2) 차량간의 상호작용

차량간의 상호작용은 차량밀도, 전체 교통류에서 트럭과 버스 등 대형차량의 구성비, 그리고 차량의 회전등을 말한다. 이러한 상호작용은 간선도로 구간보다 교차로에서 더 큰 영향을 미치며, 교차로의 차량 운행과 신호연동에 대한 영향은 구간 주행시 보다 더 크다. 이러한 차량간의 상호작용으로 인하여 간선도로 구간에서 모든 차량들의 속도는 그들이 원하는 속도에 미치지 못하게 된다. 그러므로 간선도로 전체 차량의 순행속도는 그들이 원하는 희망속도, 즉 자유속도보다 항상 낮다.

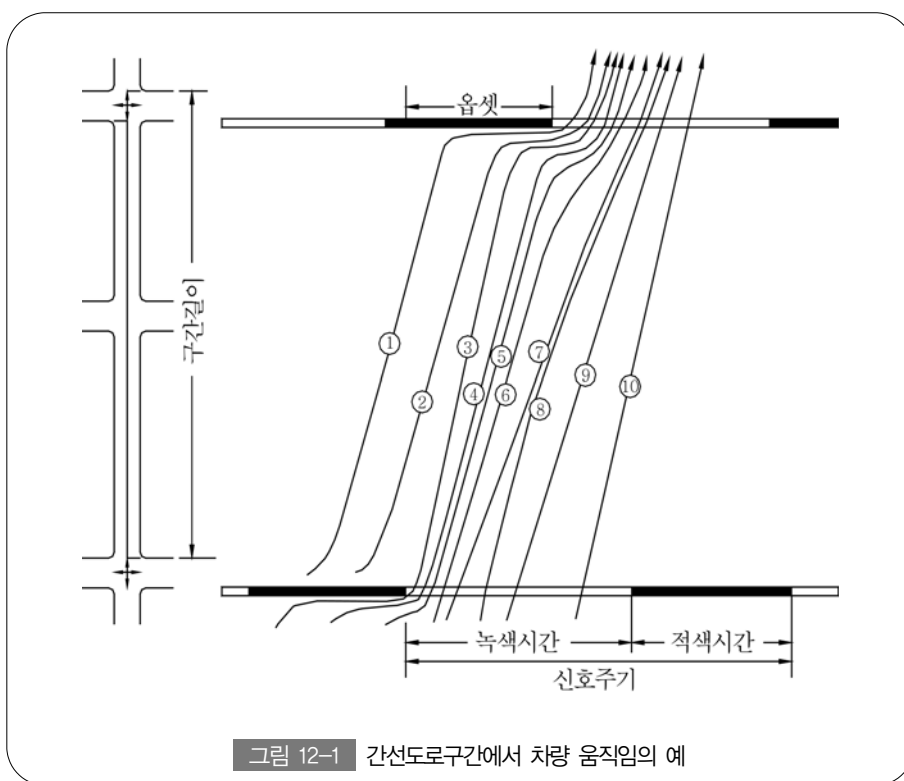
3) 교통신호

교통신호는 일정시간동안 차량흐름을 정지·대기하게 함으로써 차량들은 차량군을 이루어 교차로를 통과하게 된다. 따라서 차량들의 지체가 발생하게 되고, 속도가 변하게 되어 간선도로의 용량을 감소시키고 교통류의 질을 현저하게 저하시킨다.

차량 한대 당 평균 정지시간, 즉 평균 정지지체는 간선도로 구간의 적색 신호 비율, 녹색 신호시간에 도착하는 차량의 비율(또는 신호연동의 질)과 교통량 등에 따라 좌우된다. 간선도로 구간에서 모든 차량의 평균통행속도는 평균순행속도보다 낮다.

<그림 12-1>은 간선도로의 한 차로에서 움직이는 차량의 시간-공간 궤적을 보여준다. 차량①과 ②는 부도로에서 각기 좌우회전하여 간선도로로 진입한 차량이고, 나머지 차량들은 상류부 신호교차로로부터 직진하여 오는 것을 나타낸 것이다. 차량 ①, ②, ③은 적색 신호시간 동안에 하류부 신호교차로 접근

로에 도착하여 정지한다. 차량 ④는 녹색 신호시간에 접근로에 도착하지만, 차량 ③이 아직 움직이지 않아 차량 ④를 막게 됨으로 정지하게 된다. 차량 ⑤, ⑥, ⑦은 접근로에서 정지하지 않지만 신호로 인해 정지했던 영향으로 그 속도가 감소하게 된다. 차량 ⑧은 차량 ⑦의 속도가 운전자가 원하는 희망 속도보다 낮기 때문에 약간의 감속이 일어난다. 차량 ⑨, ⑩은 운전자가 원하는 희망속도로 통행하게 된다. 차량 ①, ②, ③, ④의 통행속도는 이들 차량들의 순행속도보다 낮게 된다. 차량 ⑤, ⑥, ⑦, ⑧의 속도는 순행속도와 동일하지만, 운전자가 원하는 희망속도보다는 낮다. 마지막으로, 차량 ⑨, ⑩은 운전자의 희망속도로 통행하게 된다.



(4) 간선도로의 서비스수준

간선도로에서 도로의 서비스수준을 나타내는 효과적도로는 평균통행속도를 사용하며, 간선도로 구간의 평균 통행속도는 순행시간과 교차로 접근지체 및 구간거리를 이용하여 구한다.

간선도로에서 도로의 서비스수준을 나타내는 효과적도로는 운전자들이 경험하게 되는 평균통행속도를 사용한다. 간선도로 구간의 평균통행속도는 순행시간과 교차로 접근지체를 이용하여 구할 수 있다. 그리고 간선도로 서비스수준은 간선도로상의 모든 직진 차량의 평균통행속도에 의하여 결정된다. 이 평균통행속도는 km당 신호교차로의 수와 교차로 평균지체 등에 의하여 주로 영향을 받는다. 그러므로 주어진 시설에서 적절치 못한 신호시간, 좋지 않은 신호연동, 그리고 교통량 증가 등은 간선도로 서비스 수준을 현저하게 저하시킨다. 특히, 신호교차로가 많은 간선도로에서는 이와 같은 요인에 의한 영향이 더욱 증가하게 된다.

다음은 간선도로 서비스수준별로 일반적인 상황을 설명한 것이다.

- ① 서비스수준 A : 근본적으로 자유흐름 운행상태를 나타내며, 일반적으로 자유속도의 90% 정도로 운영되는 상태이다. 차량들은 교통류 내에서의 운전조작에 전혀 방해받지 않으며 신호교차로에서의 지체가 최소인 상태이다.
- ② 서비스수준 B : 각 간선도로 등급에 해당되는 자유속도의 70% 정도의 평균속도를 가지며, 교통류 내에서의 이동은 약간의 제약을 받지만 정지지체는 크지 않고 운전자들은 거의 긴장감을 느끼지 않는다.
- ③ 서비스수준 C : 안전운행상태를 나타내지만 도로구간 중간에서의 운전조작에는 서비스수준 B 일 때보다 조금 더 많은 제약을 받게 되며, 긴 대기행렬과 좋지 않은 신호연동으로 인하여 평균통행속도는 평균자유속도의 50% 정도밖에 되지 않는다. 이때 운전자들은 약간의 긴장상태에 도달한다.
- ④ 서비스수준 D : 교통량이 조금만 증가하더라도 접근로의 지체가 상당히 커지므로 차량속도도 현저히 감소하는 상태이다. 이 수준은 적절치 못한 신호시간과 좋지 않은 신호연동, 그리고 많은 교통량과 이들간의 상호작용 때문에 나타난다. 평균통행속도는 자유속도의 약 40% 정도가 된다.
- ⑤ 서비스수준 E : 상당히 큰 접근로 지체와 자유속도의 1/3 또는 그 이하의 평균통행속도를 갖는 상태이다. 이와 같은 상태는 좋지 않은 신호연동, 짧은 신호교차로간의 거리, 긴 대기행렬, 부적절한 신호시간 때문에 나타난다.
- ⑥ 서비스수준 F : 평균통행속도가 자유속도의 1/3~1/4 이하인 상태이다. 접근지체가 큰 주요 신호 교차로에서 소통장애가 발생하게 된다. 이런 경우는 모든 조건이 좋지 않지만 특히 신호연동이 매우 불량한 교차로에서 주로 발생된다.

- ⑦ 서비스수준 FF : 과도한 교통수요로 혼잡이 심각한 상태이다. 차량이 대상구간의 전방 신호 교차로를 통과하는데 평균적으로 2주기 이상 3주기 이내의 시간이 소요된다.
- ⑧ 서비스수준 FFF : 극도로 혼잡한 상황으로, 차량이 대상구간의 전방 신호교차로를 통과하는데 3주기 이상 소요되는 상태이다. 평상시에는 거의 발생하지 않으며, 상습정체지역이나 악천후 시 관측될 수 있는 혼잡상황이다.

〈표 12-1〉은 간선도로의 일부구간 또는 전체의 평균통행속도를 기준으로 하여 서비스수준을 규정한 것이다.

〈표 12-1〉 간선도로의 평균 통행속도별 서비스수준

(단위 : kph)

간선도로유형	I	II	III
자유속도 범위 (kph)	≤ 85	≤ 75	≤ 65
자유속도 기준 (kph)	80	70	60
서비스수준	평 균 통 행 속 도 (kph)		
A	≥ 67	≥ 60	≥ 49
B	≥ 51	≥ 46	≥ 39
C	≥ 37	≥ 33	≥ 29
D	≥ 28	≥ 25	≥ 20
E	≥ 21	≥ 18	≥ 12
F	≥ 10	≥ 10	≥ 8
FF	≥ 6	≥ 6	≥ 5
FFF	< 6	< 6	< 5

주) 간선도로 유형 기준은 본 장 3절의 방법론 및 분석과정에 설명되어 있음.

(5) 용어 정의

- 하류부 : 도로를 따라 주행하고 있는 교통흐름이 어느 특정지점을 통과한 후의 부분.
- 연 동 : 신호시스템의 계획속도에 따라 차량군을 진행시킬 때 인접신호등에서도 정지하지 않고 계속적인 진행이 가능하도록 한 것.
- 측면마찰 : 주차, 노변활동, 장애물 등 차도를 이용하는 통행에 방해를 줄 수 있는 요소.
- 통과교통 : 어느 교통지구(zone) 혹은 도로에 기/종점의 어느 한쪽도 가지지 않은 교통. 즉, 해당 구간의 도로를 통과만 하는 교통. 교차로 접근부에서는 직진교통을 의미하기도 함.

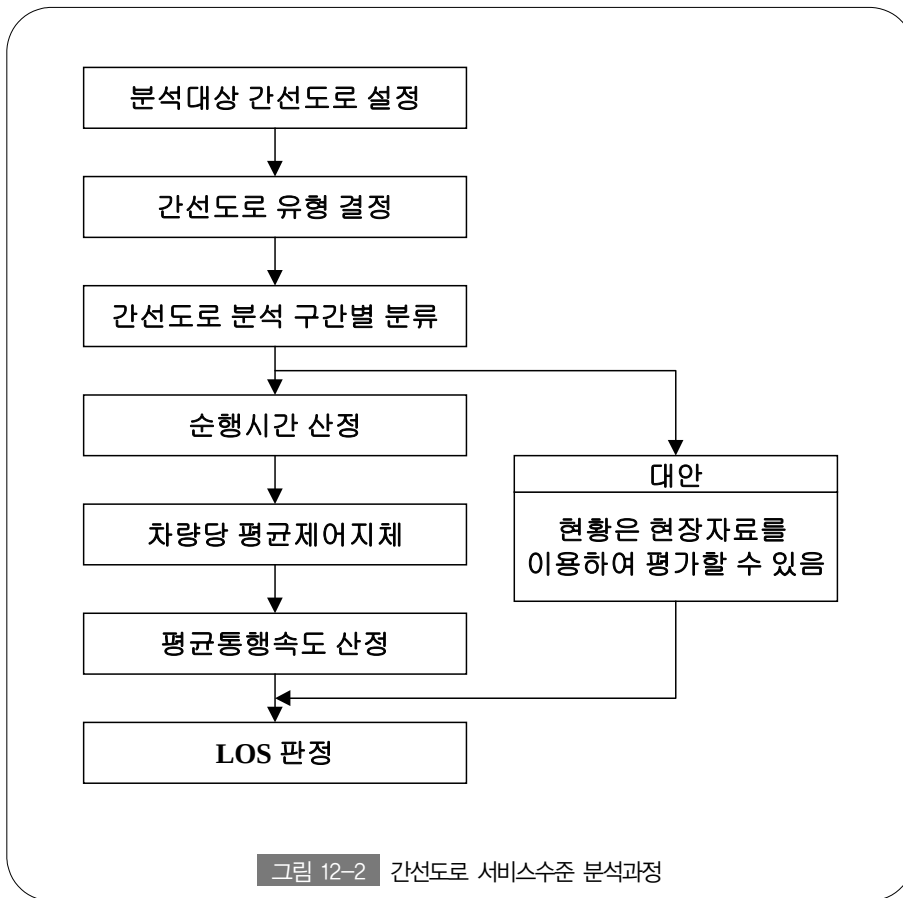
- 교통량/용량비 : 교통시설의 용량에 대한 교통량의 비, 약어 V/c 비.
- 포화 교통류율 : 단속류 시설 용량 결정의 기본개념으로 차량이 포화상태(교통류가 연속적으로 진행할 때)로 교차로를 통과할 때의 교통류율.

2 방법론 및 분석절차

본 절에서는 간선도로의 서비스수준을 평가하기 위한 단계별 분석절차를 소개한다. 즉, 현장에서 구한 값들을 기초로 하여, 본 방법론의 분석과정 절차를 거치면 서비스수준을 평가할 수 있다. 이 때 본 장에서 제시되어 있는 여러 값들을 이용하게 된다.

도로의 서비스수준을 판정하는 절차는 <그림 12-2>와 같이 7단계로 구성된다.

- 1) 분석대상 간선도로의 위치 및 연장 설정
- 2) 간선도로 유형 결정
- 3) 유형별 분석구간 분류
- 4) 구간별 순행시간 산정
- 5) 각 교차로에 대한 자료 정리 및 각 교차로 접근지체 계산
 - ① 직진류에 영향을 주는 교차로 변수 : 신호주기(C), g/C 비, $x(V/c$ 비), 직진이동류의 용량(c)
 - ② 신호연동의 질
 - ③ 접근지체와 정지지체의 관계
- 6) 평균통행속도 계산
- 7) 서비스수준 도표를 이용한 서비스수준 평가



(1) 1단계(분석대상 간선도로의 설정)

분석대상 간선도로의 위치와 총연장을 정확하게 규정한다.

서비스수준 평가 준비 작업으로 분석대상 간선도로의 위치와 총 연장을 정확하게 규정하고, 간선도로에 영향을 주는 기하구조 등의 물리적 조건과, 교통운영, 주변환경 등 교통조건에 관한 모든 자료를 조사·수집한다. 또한 분석하여야 할 간선도로의 연장이 충분한가, 아니면 추가구간을 고려할 것인가 여부도 검토한다.

(2) 2단계(간선도로 유형 결정)

본 단계에서는 간선도로의 기능과 설계수준, 그리고 기하구조 여건에 근거하여 유형을 규정하였다. 이 때 유형별 자유속도는 교통량이 매우 적어 다른 차량의 영향을 거의 받지 않으며, 교통신호등에 의한 통제설비의 영향을 받지 않는 상태에서, 간선도로의 기하구조에 따라 운전자들이 안전하게 속도를 유지할 수 있는 최대의 속도로서 정의된다.

본 단계에서는 도로의 기능과 설계수준, 그리고 도로여건에 따라 간선도로의 유형을 구분한다. 모든 경우에 있어서 간선도로는 우선 기능과 설계수준에 따라 분류한 다음 도로여건에 따라 분류하게 된다.

간선도로의 기능과 설계수준은 고규격, 중간규격, 저규격으로 분류되며, 도로여건은 양호와 보통으로 구분된다.

간선도로의 기능측면에서 고규격이란 고속도로 또는 도시부와 연결되는 국도를 연결하는 간선도로로서 접근성 보다는 이동성이 중요한 요소가 되어 주로 장거리 통과교통을 소화한다. 이러한 기능을 갖는 간선도로는 주로 도시부가 아닌 교외부에서 나타나며, 도로주변의 토지이용 형태는 저밀도 주거지대, 녹지 또는 농지 등이 주를 이룬다. 일반적으로 신호교차로는 km당 2개 이하, 버스정류장 수도 km당 2개 이하이며, 대도시와 주변 중소도시를 연결하면서 그린벨트 지역을 통과하는 국도 및 지방도 등이 이에 해당된다. 따라서 설계수준 측면에서 볼 때에도, 가장 고규격을 나타내는 것이 일반적이고 자유속도도 75kph 이상의 높은 값을 나타낸다.

기능측면에서 저규격이란 주로 집산도로와 연결되는 간선도로로서 도시부 내의 교통을 주로 소화한다. 일반적인 도로주변의 토지이용 형태는 고층빌딩 및 대규모 상가가 밀집해 있는 전형적인 고밀도 업무, 상업지역의 특징을 가지고 있다. 설계측면에서 볼 때 자유속도는 65kph 이하를 나타내며 km당 신호교차로 수는 2개 이상, km당 버스정류장 수도 2개 이상이다. 일정 규모 이상 도시의 중심업무지역의 간선도로가 기능측면에서는 저규격에 해당된다.

중간규격은 고규격 간선도로와 저규격 간선도로의 중간 형태로서, 도로주변의 토지이용 형태는 도심부 보다 규모가 작은 업무용 빌딩, 상가, 학교, 병원, 주유소, 공원, 공장, 대규모 아파트단지를 포함하는 주거지대가 혼재되어 있으며, 저밀도 상가 및 생산녹지 등의 토지이용 형태도 보인다. 또한 km당 신호교차로 수 및 버스정류장 수는 1~3개이다. 일정 규모 이상의 도시에서 중심업무지역 외부의 주거지역의 간선도로가 대표적인 중간규격 이다.

두 번째로 간선도로 유형 결정은 도로 여건에 따라 나눌 수 있다. 본 편람에서는 도로여건을 보통과 양호한 조건으로 분류한다.

저규격 및 중간규격의 경우 도로여건이 보통인 조건은 링크가 편도 2, 3차로인 도로이고, 도로여건이 양호한 조건은 주로 링크가 편도 4차로 이상으로 교차로 접근부 중 최소한 직진차로가 2개 차로 이상인 조건을 말한다. 고규격은 링크 차로가 편도 2차로인 경우 보통 조건, 편도 3차로 이상인 경우에는 양호한 조건으로 본다.

만약 기준이 혼재되어 있어 간선도로 등급결정이 어려울 때는 사용자의 공학적 판단에 의해 결정을 할 수 있다. (간단히 주변개발정도와 차로수로 구분할 수 있음)

자유속도 범위는 <표 12-2>에서 보는 것과 같다. 도로 유형구분에 따라 저규격을 살펴보면, 도로 여건이 보통인 지역은 60kph, 양호한 지역은 70kph이다. 중간규격에서 살펴보면, 도로여건이 보통인 지역은 70kph, 양호한 지역은 80kph이며, 고규격의 경우 도로여건과 상관없이 80kph의 자유속도를 가진다.

여기서 주의하여야 할 사항은 일반적으로 관찰되는 자유속도가 본 장에서 제시하고 있는 수치보다 높게 나타난다는 것이다. 이는 속도조사가 주로 도로의 직선구간을 포함하고 있고, 자유속도 조사시 직선구간에서는 주행속도가 차량운행의 안전성에 영향을 거의 미치지 않기 때문이다. 그러나 곡선부에서는 설계속도를 초과하는 운행은 안전에 결정적인 영향을 미치므로, 본 장에서 제시하고 있는 자유속도는 설계속도를 고려한 수치이다.

<표 12-2> 자유속도

도로구분 \ 도로여건	양 호(kph)	보 통(kph)
고 규 격	80	80
중 간 규 격	80	70
저 규 격	70	60

<표 12-3> 간선도로 유형 설정

구 분		기 능 적 분 류		
		고 규 격	중 간 규 격	저 규 격
이 동 성		매우중요	중요	보통
접근관리수준		고	중	저
연 결 도 로		고속도로 도시고속도로 도시부 연결국도	주요간선도로	집산도로
주요통행목적		장거리통과교통	도시부접근교통	도시부내부교통
구 분		설 계 수 준 분 류		
		고 규 격	중 간 규 격	저 규 격
진출입로 설치밀도		저	중	고
km당 신호교차로수		2개 이하	1~3개	2개 이상
자 유 속 도(kph)		≤ 85	≤ 75	≤ 65
보 행 자 밀 도		저	중	고
주 변 개 발 정 도		저	중	고
구 분		도 로 여 건 범 주		
		양 호	보 통	
차로수	고 규 격	링크 편도 4차로 이상	링크 편도 3차로 이하	
	저규격/중간규격	링크 편도 3차로 이상	링크 편도 2차로	

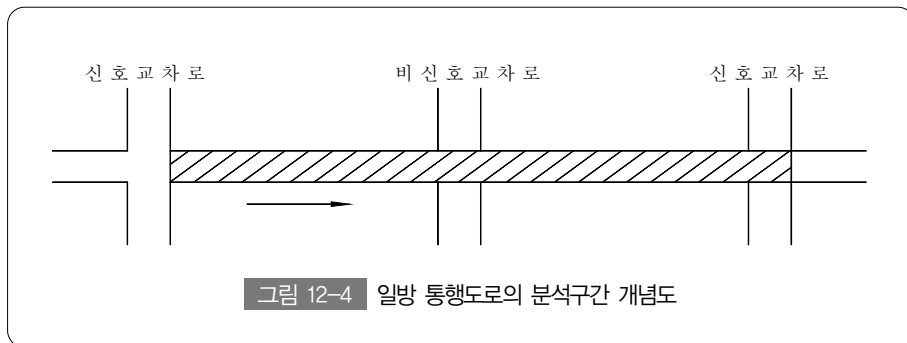
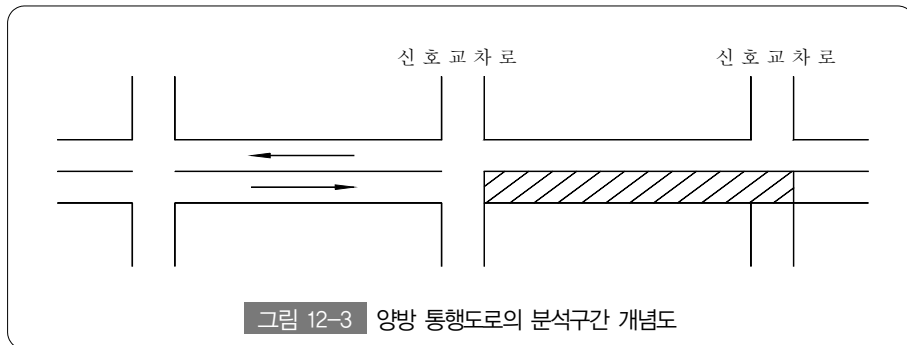
〈표 12-4〉 도로구분과 도로여건에 따른 간선도로 유형

도로구분 \ 도로여건	양 호	보 통
고 규 격	I	I
중 간 규 격	I	II
저 규 격	II	III

(3) 3단계(간선도로 분석구간별 분류)

도로의 분석 기본단위는 구간으로서, 신호교차로에서 다음 신호교차로까지 한 방향의 길이를 말한다.

도로의 분석 기본단위는 구간인데, 신호교차로에서 다음 신호교차로까지 한 방향의 길이를 말한다. 〈그림 12-3〉은 간선도로 구간 설정시 양방향 통행도로를, 〈그림 12-4〉는 일방통행도로의 구간설정 개념을 도식화한 것이다.



만약 동일한 등급의 간선도로에서 두 개 이상의 연속된 구간이 구간길이, 자유속도, 속도제한, 그리고 주변의 토지이용도가 비슷하다면 하나의 구간으로 분석한다.

(4) 4단계(순행시간 산정)

차량들은 무리를 이루어서 이동하거나 측면 마찰을 받게 되면 속도가 떨어지게 된다. 즉, 어떤 구간을 달릴 때 교통류의 차량상호간 내부마찰과 도로변 주정차, 버스정류장, 접근 세가로의 유입교통 등으로 인한 측면마찰의 영향을 받아 속도는 떨어지게 된다. 이때 신호등으로 인한 가감속지체와 정지지체의 영향을 받지 않으며 순행하는 속도를 순행속도로 볼 수 있으며 자유속도보다 낮은 값을 갖는다.

간선도로 평균통행시간은 (식 12-1)을 이용하여 산출하며, 간선도로 구간의 순행시간과 교차로 접근지체를 알아야 한다.

$$\text{평균통행속도} = \frac{3,600 \times \text{구간길이}}{\text{km당 순행시간} \times \text{구간길이} + \text{교차로총접근지체}} \quad (\text{식 12-1})$$

여기서,

평균통행속도 = 간선도로의 전체 또는 일부 구간의 평균통행속도(kph)

구간길이 = 간선도로의 전체 또는 일부 구간의 연장(km)

km당 순행시간 = 간선도로 전체 또는 일부 구간의 km당 총순행시간(초/km)

교차로총접근지체 = 간선도로 전체 또는 일부 구간으로 분석대상 범위내의 교차로에서의 총 접근지체(초)

3,600 = m/초의 속도 단위를 km/시로 환산하기 위한 환산계수

이번 단계에서는 접근지체는 고려하지 않고 순행시간 산정방법에 대해서만 알아보겠다. 차량들은 무리를 이루어서 이동하거나 측면마찰을 받게 되면 속도가 떨어지게 된다. 즉, 어떤 구간을 달릴 때 교통류의 차량상호간 내부마찰과 도로변 주정차, 버스정류장, 유입교통 등으로 인한 측면마찰의 영향을 받아 속도가 떨어지는 것을 말한다. 이때 신호등으로 인한 가·감속지체와 정지지체의 영향을 받지 않으며 순행하는 속도를 순행속도로 볼 수 있으며 자유속도보다는 낮은 값을 갖는다.

분석구간의 순행시간을 계산하기 전에 사용자들은 다음과 같이 몇 가지를 먼저 알아야 한다.

- 간선도로 유형
- 간선도로 구간길이(km)
- 간선도로 측면마찰 정도

분석구간의 순행시간은 <표 12-5>를 이용하며, <표 12-5>의 측면마찰의 영향정도는 <표 12-6>을

이용하여 결정한다. 만약 분석구간이 몇 개의 소구간으로 나누어졌을 때는 간선도로 분석구간의 평균구간 길이를 구한 후 <표 12-5>에서 km당 순행시간을 찾아서 사용한다. 이때 찾은 순행시간에 전체 구간 수를 곱하면 분석구간의 총 순행시간을 구할 수 있다. 또는 소구간 별로 순행시간을 구한다.

간선도로에서 실제 순행속도에 영향을 주는 요소는 토지이용, 기하구조 등 여러 가지가 있으나, 본 편람에서는 <표 12-5>에서 제시된 바와 같이 구간길이와 노변마찰만을 고려하였다.

<표 12-5> km당 구간 순행시간

(단위:초/km)

도 로 유 형	Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ	
노변마찰 구간거리(km)	대	소	대	소	대	소
≤ 0.1	108	86	143	102	178	119
≤ 0.2	80	66	100	75	119	85
≤ 0.3	71	59	85	67	99	74
≤ 0.4	66	56	77	63	88	69
≤ 0.5	63	54	73	60	83	65
≤ 0.6	61	53	70	58	79	63
≤ 0.7	60	52	68	57	75	62
≤ 0.8	59	51	66	56	74	61
≤ 0.9	58	50	65	55	72	60
> 0.9	58	50	65	54	72	58

<표 12-6> 노변마찰 정도 설정 기준

도 로 유 형	Ⅰ 유형		Ⅱ 유형		Ⅲ 유형	
노변마찰 노변마찰요인	대	소	대	소	대	소
버스정류장 수(개/km)	> 2	≤ 2	> 2	≤ 2	> 2	≤ 2
진출입로 수(개/km)	> 2	≤ 2	> 3	≤ 3	> 4	≤ 4

(5) 5단계(교차로 접근지체 산정)

간선도로 평가에 사용하기 위한 지체는 평균제어지체이다.

$$d = d_1 \times PF \times f_{cw} + d_2 + d_3$$

여기서,

d = 차량당 평균제어지체(초/대)

d_1 = 연동보정된 균일제어지체(초/대)

d_2 = 임의 도착과 과포화를 나타내는 증분지체

PF = 연동계수

f_{cw} = 신호교차로간 보행자 횡단신호 보정계수

d_3 = 추가지체(초/대)

균일지체, 증분지체, 연동계수, 추가지체 산정식은 다음과 같다.

$$d_1 = \frac{0.5C(1 - g/C)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C} \right]}$$

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right]$$

$$\begin{aligned} d_3 &= \frac{1,800Q_b^2}{cT(c - V)} \quad (\text{유형 I}) \\ &= \frac{3,600Q_b}{c} - 1,800T(1 - X) \quad (\text{유형 II}) \\ &= \frac{3,600Q_b}{c} \quad (\text{유형 III}) \end{aligned}$$

여기서,

T = 분석기간의 길이(시간)

C = 신호주기(초)

g = 유효 녹색시간(초)

X = 해당 차로군의 포화도

c = 분석기간 중 해당차로군의 용량

Q_b = 분석 시점에 존재하는 초기차량대수(vph)

V = 분석 기간중 해당 차로군의 도착교통량(vph)

전체 간선도로 또는 구간속도를 계산하기 위해서는 각 교차로의 지체가 필요하다. 간선도로 기능은 직진 교통류의 원활한 처리에 있으므로, 직진 교통류가 사용하는 주요 차로그룹에 의하여 간선도로의 특징이 규정지어진다.

간선도로 평가에 사용하기 위한 지체는 차량당 평균제어지체이다. 차량당 평균제어지체는 연동 보정된 균일제어지체와 임의 도착과 과포화를 나타내는 증분지체와 추가지체로 나누어지며, 계산식은 (식 12-2)와 같다.

$$d = d_1 \times PF \times f_{cw} + d_2 + d_3 \quad (\text{식 12-2})$$

여기서,

d = 차량당 평균제어지체(초/대)

d_1 = 연동보정된 균일제어지체(초/대)

d_2 = 임의 도착과 과포화를 나타내는 증분지체

PF = 연동계수

f_{cw} = 신호교차로간 보행자 횡단신호 보정계수

d_3 = 추가지체(spv)

일반적으로 사용자들은 전체 분석구간 중 각 개별 교차로를 분석하기 위하여 필요한 모든 자료들을 정리하여 이용해야 한다.

차량당 평균제어지체를 구하는 각 지체별 산정식은 (식 12-3), (식 12-4), (식 12-5) 와 같다.

$$d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C} \right]} \quad (\text{식 12-3})$$

$$d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{cT}} \right] \quad (\text{식 12-4})$$

$$d_3 = \frac{1,800Q_b^2}{cT(c-V)} \quad (\text{유형 I}) \quad (\text{식 12-5})$$

$$d_3 = \frac{3,600Q_b}{c} - 1,800T(1-X) \quad (\text{유형 II})$$

$$d_3 = \frac{3,600Q_b}{c} \quad (\text{유형 III})$$

여기서,

T = 분석기간의 길이(시간)

C = 신호주기(초)

g = 유효 녹색시간(초)

X = 해당 차로군의 포화도
 c = 분석기간중 해당차로군의 용량
 Q_b = 분석 시점에 존재하는 초기차량대수(vph)
 V = 분석 기간중 해당 차로군의 도착교통량(vph)

추가지체 d_3 가 존재하는 경우를 3가지 유형으로 구분해 보면 다음과 같다.

- ① 유형 I : 초기 대기차량이 존재하고 분석기간 이내에 도착하는 모든 교통량을 처리하고 분석기간 이후에는 대기차량이 남지 않는 경우
- ② 유형 II : 초기 대기차량이 존재하고 분석기간 이후에도 여전히 대기차량이 남아 있으나 그 길이가 초기 대기행렬보다는 줄어든 경우
- ③ 유형 III : 초기 대기차량이 존재하고 분석기간이 지난 후에도 여전히 대기차량이 남아 있으나 그 길이가 초기 대기행렬보다 늘어난 경우

만일 링크 중간에 보행자 횡단신호가 존재하는 경우에는 연동보정 된 균일지체 값에 신호교차로간 보행자 횡단신호 보정계수(f_{cw})를 곱해 주어야 한다. 신호교차로간 보행자 횡단신호 보정계수의 값은 신호교차로간 단일로 상의 횡단신호의 수와 연동여부에 따라 값을 달리하며, 그 값은 <표 12-7>에 있는 값을 적용한다.

이 때, 횡단신호와 교차로의 신호가 서로 비연동으로 작동할 경우, 신호교차로 간의 연동은 실제로 효과를 갖지 못하므로 연동계수는 비연동인 경우와 마찬가지로 1.0을 적용해야 한다.

<표 12-7> 신호교차로간 보행자 횡단신호 보정계수(f_{cw})

횡단보도의 수(개)		0	1	2 이상
보정계수 (f_{cw})	비연동인 경우	1.0	1.0	1.1
	연동인 경우	1.0	1.1	1.2

주) 횡단보도의 수는 분석구간 내의 횡단신호가 설치된 횡단보도의 개수를 의미함.

균일지체는 조사대상 차로그룹의 차량도착이 전시간에 걸쳐 일정하게 분산되어 도착할 때 생기게 되는 값이다. 무작위 도착지체는 도시부 지역의 경우 교통량/용량 비(V/c)가 1.1 이상인 경우는 합리적인 결과를 기대하기 어렵다. 뿐만 아니라 이 식으로는 장시간(15분 이상)동안 과포화상태가 생기는 곳에서는 정확한 지체를 추정한다는 것이 어렵다. 포화도 1.0 이상의 과포화상태는 개선되어야 할 바람직하지 못한 상태이다.

교차로 접근지체 계산에 필요한 자료들은 3장의 신호교차로에서 사용한 자료들을 그대로 이용한다.

만약 용량을 쉽게 구할 수 없거나 또는 보정교통량(V 로 표시: vph)이 필요한 경우에는 (식 12-6)과 같이 첨두시간계수를 이용하여 교통량을 구한다.

$$V_p = (V_H / PHF) \quad (\text{식 12-6})$$

여기서,

V_p = 첨두시간 교통류율(vph)

V_H = 시간교통량(vph)

PHF = 첨두시간계수

개략적인 값이 필요하거나 요구되는 일(계획을 위한 적용방법 등)에서 용량은 (식 12-7)을 이용하여 도출할 수 있다.

$$c = 1,800 \times N \times (g/C) \quad (\text{식 12-7})$$

여기서,

c = 용량(vph)

N = 차로수

g/C = 녹색시간대 신호주기 비

(식 12-7)을 사용하여 용량을 계산하면 (제8장 신호교차로편에서 제시된 대로 여러 가지 보정계수를 사용하는 것보다) 매우 개략적이 되므로, 이 방법은 기존 간선도로 분석이 아닌 간선도로 계획 시에 한정하여 사용하는 것이 바람직하다.

신호의 연동계수를 추정하는 방법에는 통행시간과 오프셋차이를 가지고 구하는 방법과 신호주기, 상류부와 하류부 녹색시간, 오프셋, 통행시간, 직진교통류비율 등을 이용하여 구하는 방법 두가지 방법으로 나누어 지는데 후자의 경우가 더 정확한 값을 가진다. 후자의 경우는 제8장 신호교차로편의 부록에 자세하게 설명되어 있다.

우선 통행시간과 오프셋차이에 대한 값을 가지고 구하는 고정신호 연동계수는 <표 12-8>을 통하여 구한다. 이 표에서 세로축은 통행시간과 오프셋차이를 사용하는데, 이 관계는 (식 12-8)을 이용하여 계산한다.

$$TVO = \frac{(T_c - Offset)}{C} \quad (\text{식 12-8})$$

여기서,

TVO = 오프셋 편의율

T_c = 상류부 교차로 정지선에서 분석 교차로 정지선 구간에서 신호에 의한 가속, 감속,

정지 등의 영향을 받지 않는 구간속도와 링크길이로부터 구한 시간(s)

c = 간선도로의 연동에 필요한 공통주기(s)

$offset$ = 상류부 교차로와 분석교차로간의 연속진행방향 녹색신호 시작시간의 차이(s)
주기보다 적은 값 사용.

만약 TVO가 1.0보다 크거나 0보다 적으면, 정수를 빼거나 더하여 TVO의 값이 0~1.0 사이의 값을 갖도록 한다.

〈표 12-8〉 고정신호 연동계수 (PF)

오프셋 편익율 (TVO)	녹색시간비율(g/C)								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	1.04	0.86	0.76	0.71	0.71	0.73	0.78	0.86	1.06
0.1	0.62	0.56	0.54	0.55	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.2	1.04	0.81	0.59	0.55	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.3	1.04	1.11	0.98	0.77	0.58	0.64	0.72	0.81	0.92
0.4	1.04	1.11	1.20	1.14	0.94	0.73	0.72	0.81	0.92
0.5	1.04	1.11	1.20	1.31	1.30	1.09	0.83	0.81	0.92
0.6	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.47	1.22	0.81	0.92
0.7	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.56	1.63	1.27	0.92
0.8	1.04	1.11	1.20	1.31	1.43	1.47	1.58	1.76	1.00
0.9	1.04	1.11	1.15	1.08	1.06	1.09	1.17	1.32	1.59
1.0	1.03	1.01	0.89	0.80	0.74	0.71	0.71	0.81	1.08

주) 오프셋 편익율이나 녹색시간비율은 보간법을 이용하여 사이 값을 추정함.

연동이 되지 않는 고정신호 교차로 또는 부도로방향 접근로와 전용 좌회전 차로군, 전용 우회전 차로군 등은 도착형태와 무관하게 보정계수를 1.0으로 한다. 감응식 신호의 경우에는 〈표 12-9〉를 참조하여 미국 HCM의 방법을 준용하여 기술한다. 도착형태에 대해서는 다음을 기준으로 한다.

- ① 형태 1 : 이 상태는 밀집된 차량군이 적색신호가 시작될 때 교차로에 도착하게 되는 경우이다. 이 상태가 가장 나쁜 차량군 형태이다.
- ② 형태 2 : 이 상태는 밀집된 차량군이 적색신호의 중간에 도착하게 되는 경우 분산된 차량군이 적색신호 전반에 걸쳐 도착하는 경우를 말한다. 형태 1보다는 좋은 상태이지만 여전히 나쁜 차량군 상태이다.

- ③ 형태 3 : 이 상태는 전체적으로 무작위적인 도착 상태를 의미한다. 이 경우는 적색과 녹색신호 전반에 걸쳐 분산되어 도착하거나 또는 연동교차로간의 거리가 멀어서 연동효과가 사라진 경우이다. 이 상태가 평균적인 상태이다.
- ④ 형태 4 : 이 상태는 밀집된 차량군이 녹색신호 중간에 도착할 때 또는 녹색신호 전반에 걸쳐 분산된 차량군이 도착할 때를 의미한다. 이 경우는 보편적으로 좋은 차량군 상태이다.
- ⑤ 형태 5 : 이 상태는 밀집된 차량군이 녹색신호가 시작될 때 도착하는 경우를 말한다. 이 상태가 가장 좋은 차량군 상태이다.

〈표 12-9〉 감응신호의 연동계수(PF)

신호종류	진행방향	V/c 비	도착형태				
			1	2	3	4	5
감응신호	직진	≤ 0.6	1.54	1.08	0.85	0.62	0.40
	우회전	0.8	1.25	0.98	0.85	0.71	0.50
	동시신호좌회전	1.0	1.16	0.94	0.85	0.78	0.61
반감응신호	주방향도로	≤ 0.6	1.85	1.35	1.00	0.72	0.42
	직진, 우회전	0.8	1.50	1.22	1.00	0.82	0.53
	동시신호좌회전	1.0	1.40	1.18	1.00	0.90	0.65
	부방향도로	≤ 0.6	1.48	1.18	1.00	0.86	0.70
	직진, 우회전	0.8	1.20	1.07	1.00	0.98	0.89
	동시신호좌회전	1.0	1.12	1.04	1.00	1.00	1.00
전용좌회전			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

주) 미국 도로용량편람2000(Highway Capacity Manual 2000) 인용(보간법 이용)

간선도로에서의 각 교차로 지체 분석표

간선도로명 : _____ 방향

작업 번호 : _____ 날 짜 : _____

작성자 : _____

소 구 간	주기 길이 C (s)	g/C	q/s^a	V/c (x)	차로그룹 용 량 Q (vphpl)	균일 제어 지체 (s) ^b	연동 보정 계수 (PF) ^c	단일로 횡단신호 보정계수 (f _c)	증분 지체 (s) ^d	추가 지체 (s) ^e	교차로 서비스 수 준	차량당 평균제어 지체(s) ^f
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

^a $s = Q \div (g/C)$, $q = (V/c) \times Q$ 로 구할 수 있음.^b(식 12-3)로 구함.^c(표 12-8)로 구함.^d(식 12-4)로 구함.^e(식 12-5)로 구함.^f(식 12-2)로 구함.

그림 12-5 교차로 별 지체산정 작업의 예

직진 차로그룹에 대한 신호연동이 좋은 상태라면 지체는 무작위 도착상태보다 훨씬 낮아질 것이다. 하지만 나쁜 신호연동 상태라면 지체는 무작위 도착상태보다 훨씬 높아지게 될 것이다. 신호연동의 질에 따른 지체의 변화정도는 교통량/용량 비(V/c), X 가 1.00에 가까워질수록 적다. 좌회전 지체는 일반적으로 신호연동에 영향을 받지 않는다. 왜냐하면 전용 좌회전 현시는 연동되어 있지 않으며, 비보호 좌회전 지체는 거의 대향 교통에 좌우되기 때문이다.

지체는 지역과 주변상태의 변화에 민감한 복합적인 변수이다. 본 절차는 평균상태에서 예상되는 지체값을 합리적으로 추정하도록 되어 있다. 이 절차는 신호설계 또는 여러 가지 기하구조상태에 대한 운행상태를 비교하는데 가장 효율적으로 사용될 수 있다. 기존상태를 평가할 때는 현장에서 지체를 측정하여 사용할 수 있다.

(6) 6단계

간선도로의 평균통행시간 산정시 간선도로 구간의 순행시간과 교차로 총 접근지체를 알아야 한다. 즉,

$$\text{평균통행속도} = \frac{3,600 \times \text{구간길이}}{\text{km 당 순행시간} \times \text{구간길이} + \text{교차로총접근지체}}$$

여기서,

평균통행속도 = 간선도로의 전체 또는 일부 구간의 평균통행속도(kph)

구간길이 = 간선도로의 전체 또는 일부 구간의 연장(km)

km당 순행시간 = 간선도로 전체 또는 일부 구간의 km당 총 순행시간(초/km)

교차로총접근지체 = 간선도로 전체 또는 일부 구간으로 분석대상범위내의 모든 교차로에서의 총접근 지체(s)

3,600 = 속도를 kph로 환산하기 위한 환산계수

제4단계에서 구한 순행시간과 제5단계에서 구한 접근지체를 가지고 간선도로의 구간별 또는 간선도로 전체구간의 평균 통행속도를 계산한다. 그리고 <그림 12-11>와 같은 간선도로 분석구간의 속도 종단도를 그려서 서비스수준 평가 시 보충자료로 이용하고, 개별 교차로의 서비스수준 평가 보충자료로 준비하여 이용한다. <그림 12-12>은 간선도로 서비스수준 평가 시 자료정리를 하기 위한 작업도표에 자료를 기입한 예를 보여주고 있는데, 이 작업도표 양식은 본장 부록 B에 기재하여 두었다.

간선도로 일부구간 또는 전체구간의 통행속도는 4단계의 (식 12-9)를 적용하여 구한다.

$$\text{평균통행속도} = \frac{3,600 \times \text{구간길이}}{\text{km 당 순행시간} \times \text{구간길이} + \text{교차로총접근지체}} \quad (\text{식 12-9})$$

여기서,

평균통행속도 = 간선도로의 전체 또는 일부 구간의 평균통행속도(kph)

구간길이 = 간선도로의 전체 또는 일부 구간의 연장(km)

km당 순행시간 = 간선도로 전체 또는 일부 구간의 km당 총 순행시간(초/km)

교차로충접근지체 = 간선도로 전체 또는 일부 구간으로 분석대상범위내의 모든 교차로에서
의 충접근지체(초)

3,600 = 속도를 kph로 환산하기 위한 환산계수

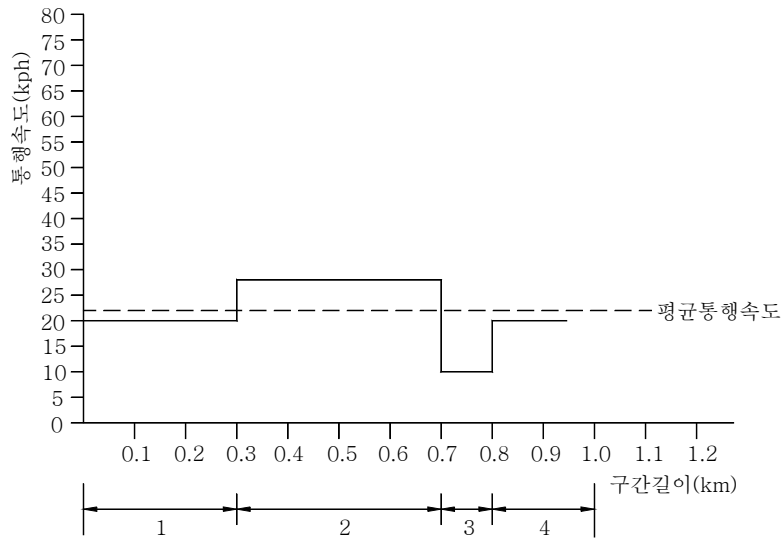


그림 12-6 간선도로 분석구간의 속도 종단도

간선도로 서비스수준 분석표											
간선도로명 : _____											

그림 12-7 간선도로 서비스수준 계산의 예

(7) 7단계(서비스수준 평가)

일반적인 간선도로의 서비스수준은 간선도로 전체구간을 따라 원활하고 효율적으로 움직이는 직진 교통류를 기준으로 하며, 간선도로 전반에 있어서 모든 구간들의 유형이 동일할 때 의미가 있다. 또한, 서비스수준 결정은 유형별 자유속도와 교차로의 서비스수준을 모두 고려하여야 한다.

각 도로유형에 따른 간선도로 서비스수준은 <표 12-10>에 정리되어 있다. <표 12-10>은 도로유형이 다를 경우 이에 대한 운전자들의 기대정도가 서로 다르므로, 이에 준한 값이다.

일반적으로 간선도로 서비스수준은 간선도로 전체구간을 따라 원활하고 효율적으로 움직이는 직진 교통류를 기준으로 한다. 간선도로에서 서비스수준의 평가를 위한 간선도로의 유형별 자유속도, 평균 속도의 기준과 신호교차로의 서비스수준은 <표 12-10>에 정리되어 있다. 서비스수준 판정을 위해서는 유형별 자유속도와 교차로의 서비스수준을 고려하여야 한다. <표 12-10>은 간선도로 유형을 3가지로 분류하는데, 각 유형별로 운전자의 희망속도는 달라지게 된다. 즉, 동일한 서비스수준이라고 가정할 때 간선도로 유형이 낮을수록 (유형 I → 유형 II) 운전자의 희망속도는 낮아지게 된다. 예를 들어 간선도로 유형 III에서 서비스수준 B일 때의 속도는 간선도로 유형 I 일 때의 속도보다 낮다.

사용자들은 어떤 간선도로의 재시공으로 인하여 유형 III에서 유형 I로 시설등급이 좋아지게 된다면 운전자들의 기대정도가 높아지기 때문에 평균속도가 높아질 수 있지만, 기타 개선에도 불구하고 서비스 수준이 변하지 않을 수도 있고, 심지어 유형이 낮아질 수도 있다는 것을 알아야 한다.

간선도로 전반에 있어서 서비스수준은 모든 구간들의 유형이 동일할 때 의미가 있다. 만약 간선도로 분석구간 중 다른 유형이 포함되어 있을 때는 이를 동일한 유형의 소구간으로 분리하여 각각 분석해야 함으로 서비스수준도 달라지게 된다.

<표 12-10> 간선도로의 서비스수준 기준

간선도로유형	I	II	III
자유속도 범위 (kph)	85 ~ 75	75 ~ 65	65 ~ 55
자유속도 기준 (kph)	80	70	60
서비스수준	평 균 통 행 속 도 (kph)		
A	≥ 67	≥ 60	≥ 49
B	≥ 51	≥ 46	≥ 39
C	≥ 37	≥ 33	≥ 29
D	≥ 28	≥ 25	≥ 20
E	≥ 21	≥ 18	≥ 12
F	≥ 10	≥ 10	≥ 8
FF	≥ 6	≥ 6	≥ 5
FFF	< 6	< 6	< 5

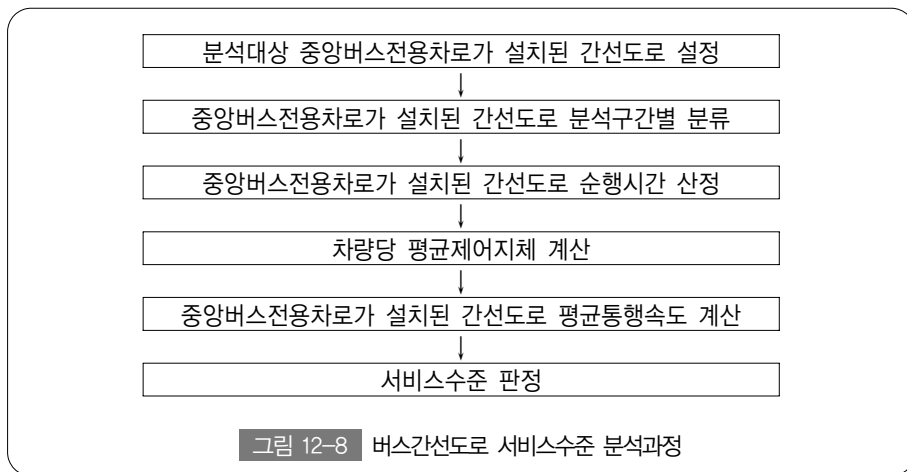
3 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 방법론 및 분석절차

(1) 기본정의

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로는 도시내·외의 주요지점간을 연결하고, 대량 통과교통을 주로 처리하는 등 도로망의 주 골격을 형성하고 있는 도로 중 중앙버스전용차로를 포함한 도로를 의미하며, 차로수는 중앙버스전용차로 편도 1차로, 일반도로 편도 2차로 이상인 도로이다. 본 절에서는 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준을 평가하기 위한 단계별 분석절차를 소개한다.

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준 분석절차도 12장 2절에서 제시되었던 간선도로의 서비스수준 분석 절차와 유사한 틀을 유지하기 위하여 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 속도를 현장에서 직접 측정하는 방식이 아닌 버스 순행시간 테이블과 교차로 접근지체 등을 이용하는 간접적인 방법으로 평균속도를 계산하여 최종적으로 서비스수준을 결정하는 방식으로 이루어진다. 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준 판정절차는 <그림 12-8>과 같이 총 6단계로 구성된다.

- 1) 분석대상 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 설정
- 2) 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 분석구간별 분류
- 3) 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 구간별 순행시간 산정
- 4) 각 교차로에 대한 자료 정리 및 각 교차로 접근지체 계산
- 5) 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 평균통행속도 계산
- 6) 서비스수준 도표를 이용한 서비스수준 평가



중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 유형은 중앙버스전용차로의 기능 특성상 고규격이나 저규격에 포함되기 보다는 중간규격 범주에 포함될 가능성이 높고 더욱이 링크 편도 3차로 이상의 양호한 도로 여건을 갖추고 있어야 한다. 따라서 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 유형은 <표 12-3>과 <표 12-4>에 따라 분류하면 유형I에 해당된다. 그러므로 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로는 도로 유형 구분시 유형I를 적용하도록 한다.

(2) 1단계(분석대상 중앙버스전용차로 설정)

분석대상 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 위치와 총연장을 정확하게 규정한다.

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준을 판정하기 위한 준비 단계의 작업으로서 먼저 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 범위를 설정한다. 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 범위는 연속된 중앙버스전용차로가 포함된 간선도로를 하나의 분석대상으로 설정한다. 그리고 분석대상에 대한 총 연장과 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 운영에 영향을 미칠 수 있는 정류장 위치, 앞지르기 차로 등과 같은 물리적 시설조건과 교통운영 조건 등의 자료를 수집한다.

(3) 2단계(중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 분석구간별 분류)

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 분석구간별 분류는 12장 2절에서 제시한 간선도로 분석구간별 분류 방법과 동일하므로 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 분석구간 역시 신호교차로에서 다음 신호교차로까지 한 방향의 길이를 분석구간으로 설정한다.(12장 2절 참조)

(4) 3단계(중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 순행시간 산정)

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 순행시간 산정방법은 중앙버스전용차로와 일반차로로 구분된다. 일반차로의 순행시간 산정방법은 11장 2절에서 제시한 방법에 따라 산정하면 되므로 이번 단계에서는 중앙 버스전용차로의 순행시간 산정 방법에 대해서만 제시하도록 한다.(일반차로 순행시간 산정방법은 12장 2절 참조)

이번 단계에서는 접근지체는 고려하지 않고 중앙버스전용차로의 순행시간 산정방법에 대해서만 알아본다.

버스전용차로 순행시간 산정의 기본적인 틀은 도시 및 교외 간선도로 부분에서 제시되었던 방법을 따르되, 앞에서 제시되었던 중앙버스전용차로의 특징적인 요소들을 반영하여 버스 순행시간을 산정

하도록 하였다.

버스가 중앙버스전용차로를 주행할 때 일반차로를 운행하는 차량과의 마찰이나 노변의 측면마찰은 피할 수 있지만, 정류장과 신호교차로에 의한 마찰은 불가피하게 버스의 운행속도를 떨어뜨리게 된다. 이 중 신호교차로에서 발생하는 제어지체로 인한 버스운행의 속도 저하는 본 단계에서는 고려되지 않고, 다음 단계에서 다루어 질 것이다. 따라서 중앙버스전용차로를 주행하는 버스의 순행속도와 관련된 요인은 정류장수, 정차면수, 버스 정차면을 따라 존재하는 앞지르기 차로 등이 있으며, 이러한 요인들이 버스의 순행시간에 영향을 미친다고 할 수 있다. 즉 분석구간에 버스정류장이 많을수록 버스운행속도를 저하시키는 요인이 될 것이고, 반대로 정차면이 많을수록 버스운행속도를 향상시키는 요인이 될 것이며, 앞지르기 차로가 존재할 경우 정차면에 정차해 있는 다른 버스들과의 마찰을 줄여줄 수 있으므로 버스의 운행속도 향상에 긍정적인 요소로 작용할 것이다. 하지만 정차면의 경우 국내 중앙버스전용차로에 설치된 대부분의 버스정류장이 3~4개의 정차면을 거의 동일하게 가지고 있어 정차면수의 변화에 따른 순행시간의 차이를 분석하기가 현실적으로 불가능하다. 따라서 본 단계에서 산정하는 버스의 순행시간은 정류장 개수와 앞지르기 차로 유무에 의해서만 영향을 받는 시간이라고 규정한다.

본 편람에서는 <표 12-11>에서 제시된 바와 같이 정류장과 앞지르기 차로만을 고려하여 순행시간을 산정한다.

<표 12-11> km당 구간 순행시간

(단위:초/km)

순행시간속도	앞지르기 차로 무			앞지르기 차로 유	
	정류장 수			정류장 수	
분석구간 간격(km)	0	1	2 ¹⁾	1	2 ¹⁾
≤ 0.1	91	374		316	
≤ 0.2	78	223		198	
≤ 0.3	73	181		163	
≤ 0.4	69	159		144	
≤ 0.5	66	146		133	
≤ 0.6	64	136	175	124	157
≤ 0.7	63	129	168	118	150
≤ 0.8	61	124	162	113	145
≤ 0.9	60	119	158	109	140
> 0.9	59	116	154	106	136

- 1) 분석구간 500m 내에 2개의 정류장이 존재하는 경우는 없으므로 버스전용차로 순행시간표에는 고려되지 않았다.
(간선급행버스체계 설계지침(2006. 12, 국토해양부)의 도시부 정류장 설치 간격은 최소 500m 이상으로 설치하도록 규정되어 있음)

(5) 4단계(교차로 접근지체 계산)

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 서비스수준 평가에 사용하기 위한 지체는 평균제어지체이다. 평균제어지체는 균일지체, 증분지체, 연동계수, 추가지체를 이용하여 구하며 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 평균제어지체 계산식은 기존 도시 및 교외 간선도로의 평균제어지체 계산식과 동일하다.(12장 2절 참조)

다만, 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 경우 중앙버스전용차로가 포함되어 있으므로 일반차로의 직진 차로군과 중앙버스전용차로를 구분하여 각각 별도의 차로군을 적용하여 평균제어지체를 구한다. 또한, 중앙버스전용차로의 용량은 기존 도시 및 교외간선도로의 용량과는 차이가 있으므로 8장의 신호교차로 부분에서 제시한 중앙버스전용차로 용량산정방법을 이용하여 구한다.

(6) 5단계[중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 평균통행속도 계산]

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 전체의 평균통행속도는 분석구간별 중앙버스전용차로와 일반차로의 교통량, 순행시간, 교차로 총 접근지체, 구간길이를 이용하여 구한다.(교통량은 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 전체의 평균통행속도 계산 시 일반차로와 중앙버스전용차로의 교통량 가중평균속도를 반영하기 위해서 필요한 자료임)

제2단계에서 분류한 분석구간 길이, 제3단계에서 구한 순행시간, 제4단계에서 구한 접근지체, 중앙버스전용차로와 일반차로 교통량을 이용하여 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 분석구간별 또는 전체구간의 평균 통행속도를 계산한다.

간선도로 분석구간의 평균통행속도는 (식 12-10)을 적용하여 구한다.

$$Speed_{segment} = \frac{3,600 \times (V_{bus} + V_{others}) \times \text{구간길이}}{V_{bus} \times T_{bus} + V_{others} \times T_{others}} \quad (\text{식 12-10})$$

여기서,

$Speed_{segment}$ = 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 분석구간의 평균통행속도(kph)

T_{bus} = 중앙버스전용차로 분석구간의 통행시간(초)

T_{others} = 일반차로 분석구간의 통행시간(초)

V_{bus} = 중앙버스전용차로 분석구간의 첨두시 교통량(대/시)

V_{others} = 일반차로 분석구간의 첨두시 교통량(대/시)

3,600 = 속도를 kph로 환산하기 위한 환산계수

$$T_{bus\ or\ others} = km\ 당\ 순\ 행\ 시\ 간 \times l + d \quad (\text{식 } 12-11)$$

여기서,

$T_{bus\ or\ others}$ = 중앙버스전용차로 또는 일반차로 분석구간 통행시간(초)

l = 분석구간의 연장(km)

km당 순행시간 = 중앙버스전용차로 또는 일반차로 일부 구간의 km당 총 순행시간(sec/km)

d = 중앙버스전용차로 또는 일반차로 일부 구간으로 분석대상범위 내의 모든 교차로에서의 총접근지체(s)

간선도로 전체의 평균통행속도는 (식 12-12)를 적용하여 구한다.

$$Speed_{total} = \frac{3,600 \times \sum_l ((V_{bus} + V_{others}) \times \text{구간길이})}{\sum_n (V_{bus} \times T_{bus} + V_{others} \times T_{others})} \quad (\text{식 } 12-12)$$

여기서,

$Speed_{total}$ = 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 분석구간의 평균통행속도(kph)

n = 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 분석대상 범위 내 분석구간 수

중양버스전용차로가 설치된 간선도로 서비스수준 계산을 위한 분석표

간선도로명 : _____ 동쪽 방향									통행속도= $\frac{3,600 \times \text{구간길이}}{\text{총시간}}$					
작업번호 : _____ 날 짜 : _____														
작성자 : _____														
구간	도로구분	구간 길이 (km)	간선 도로 유형	자유 속도 (kph)	분석 구간	순행 시간 (s)	차량당 평균 정지지체 (s)	기타 지체	교통량 (대/시)	구간 총시간 (s)	구간 총길이 (km)	구간 통행 속도 (kph)	구간평균 통행속도 (kph)	구 간 서비스 수 준
1	일반차로	0.5	I	80	1	27.0	9.44		620	36.44	0.5	49.40	41.44	C
	버스전용차로	0.5	I	80	1	66.5	9.08		135	75.58	0.5	23.81		
2	일반차로	0.6	I	80	2	31.8	9.97		590	41.77	0.6	51.71	43.73	C
	버스전용차로	0.6	I	80	2	74.4	9.63		130	84.03	0.6	25.71		
3	일반차로	0.5	I	80	3	27.0	7.66		577	34.66	0.5	51.94	43.21	C
	버스전용차로	0.5	I	80	3	66.5	7.46		125	73.96	0.5	24.34		
4	분석구간1의 일반차로와 버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (620 + 135) \times 0.5}{(620 \times 36.44 + 135 \times 75.58)} = 41.44km/h$													
5	분석구간2의 일반차로와 버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (590 + 130) \times 0.6}{(590 \times 41.77 + 130 \times 84.03)} = 43.73km/h$													
6	분석구간3의 일반차로와 버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (577 + 125) \times 0.5}{(577 \times 34.66 + 125 \times 73.96)} = 43.21km/h$													
7														
8	버스간선도로전체 평균통행속도 = $\frac{3,600 \times ((620 + 135) \times 0.5 + (590 + 130) \times 0.6 + (577 + 125) \times 0.5)}{620 \times 36.44 + 135 \times 75.58 + 590 \times 41.77 + 130 \times 84.03 + 577 \times 34.66 + 125 \times 73.96} = 42.80km/h$													
9														
10	LOS : C													

그림 12-9 중양버스전용차로가 설치된 간선도로 서비스수준 계산의 예

(7) 6단계(서비스수준 평가)

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준은 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 전체구간을 따라 원활하고 효율적으로 움직이는 직진 교통류를 기준으로 하며, 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 전반에 있어서 모든 구간들의 유형이 동일할 때 의미가 있다.

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준 결정은 본 편람의 간선도로 서비스수준 결정 기준을 준용하는 것으로 한다. 앞서 중앙버스전용차로의 유형을 결정하는 과정에서 중앙버스전용차로가 기능 특성상 고규격이나 저규격에 포함되기는 어렵고, 또한 3차로 이상의 양호한 도로여건을 갖추고 있어야 설치가 가능하다는 점을 들어 중앙버스전용차로가 포함된 간선도로의 도로유형을 I 하나 만으로 분류하였다. 이러한 점을 고려하여 본 편람에서는 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준 결정 기준으로서 간선도로유형 I의 기준을 준용하여 사용하는 것으로 결정한다.

〈표 12-12〉 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준 기준

간선도로유형	중앙버스전용차로가 설치된 간선도로
자유속도 범위(kph)	85 ~ 75
자유속도 기준(kph)	80
서비스수준	평 균 통 행 속 도(kph)
A	≥ 67
B	≥ 51
C	≥ 37
D	≥ 28
E	≥ 21
F	≥ 10
FF	≥ 6
FFF	< 6

4 예 제

〈예제 1〉 간선도로 유형 분류

편도 3차로, 좌회전 전용차로 유, 우회전 전용차로 무, km당 버스정류장 수는 1.5개이며 신호등간 평균거리는 650m이다. 주변개발정도는 보통 수준이며, 상업·업무지역을 통과하는 이 도로의 유형을 구하여라.

〈풀 이〉

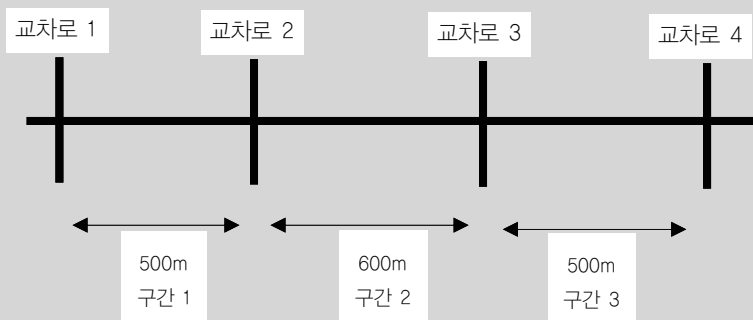
간선도로 유형 결정을 위해서는 분석대상 간선도로의 지역구분과 도로여건을 알아야 한다. 지역구분과 도로여건 범주는 본 장의 〈표 12-3〉에 나와 있다.

우선 km당 버스정류장수가 1.5개, 신호등간 평균거리 650m, 즉 km당 1.5개이므로 지역구분 범주에서 보면 중간부 또는 교외부이다. 그러나 주변개발정도가 보통 수준으로 상업·업무지역이므로 중간부 또는 도심부에 해당될 수도 있다. 본 예제와 같이 기준이 혼재되어 있을 때는 사용자의 공학적 판단에 의해 결정하여야 하며, 이 경우 중간부로 보는 것이 적절할 것이다.

중간부에서 편도 3차로, 좌회전 전용차로 유, 우회전 전용차로 무인 지역이므로 도로여건 범주에서 보통인 지역이다. 결론적으로 지역구분 범주상 보통인 지역에 속하므로 〈표 12-4〉에서 찾아보면 이러한 간선도로는 유형 II로 결론지을 수 있다.

〈예제 2〉 고정신호 제어 간선도로의 서비스수준 판정

도심부와 교외부를 연결하는 다음과 같은 간선도로가 고정신호로 제어되고 있을 때, 교차로 1에서 4 사이 구간의 서비스수준을 구하라. 도로주변의 노변마찰은 거의 없는 상황이다.



- 대상 간선도로는 직진차로 2개, 좌회전 전용차로 1개
- 교차도로는 직진차로 1개, 좌회전 전용차로 1개
- 링크 중간에 신호횡단보도는 없음

교 통 량 (vph)					
		교차로 1	교차로 2	교차로 3	교차로 4
EB	좌 회 전	187	155	107	100
	직 진	1,250	1,240	1,180	1,154
	우 회 전	62	60	129	50
WB	좌 회 전				
	직 진				
	우 회 전				
NB	좌 회 전				
	직 진				
	우 회 전	60	81	44	90
SB	좌 회 전	145	95	80	80
	직 진				
	우 회 전				

- 대상 간선도로는 직진차로 2개, 좌회전 전용포켓 1개
- 교차도로는 직진차로 1개, 좌회전 전용포켓 1개
- 신호주기는 4개 교차로 모두 70초, 녹색시간은 35초
- 오프셋(offset)은 교차로 2, 3, 4에서 각각 진행방향으로 24초, 30초, 20초
- 차로당 포화교통류율은 1,600대/녹색시간(시)/차로
- 초기 대기차량은 없음

〈풀 이〉

중간부 간선도로로서 편도 2차로로 운영되고 있으므로, 분석대상 구간의 도로조건은 보통으로 분류된다. 따라서 간선도로 유형 II에 해당되며 자유속도는 70kph가 된다.

우선 〈그림 12-10a〉에서 구간길이, 간선도로 유형, 자유속도, 순행시간을 기입한다.

그리고, 녹색시간 비율(g/C)과 통행시간과 오프셋의 차이를 통해 〈표 12-8〉에 나타난 고정신호 연동 계수 값을 찾는다. 다음은 교차로 2에 대한 서비스수준을 판정하는 과정을 설명하는 것이다. 우선 통행시간과 녹색시간 비율을 구하면 다음과 같다.

통행시간(TT)은 $\frac{500}{19.44} \cong 25.72$ 초 이고, 녹색시간 비율은 $g/C = 35/70 = 0.5$ 이다. 이 값을 가지고 오프셋의 편의율(TVO)을 구하면,

$$TVO = \frac{(T_c - Offset)}{C} = \frac{25.72 - 24}{70} = 0.02 \text{ 이다.}$$

위의 두 값을 가지고 <표 9-8>에서 교차하여 고정신호 연동계수(PF)를 찾아보면 0.71과 0.58 사이의 값을 가지는데 보간법으로 구하면 PF = 0.68 이다.

위에서 산정된 연동계수를 이용하여 <그림 12-10b>와 같이 교차로별 총 접근지체를 구한다. 그리고 다시 <그림 12-10a>로 가서 분석구간별 서비스수준과 전체 분석대상 구간에 대한 서비스수준을 구한다.

간선도로 서비스수준 계산을 위한 분석표											
간선도로명 : <u>예제 2</u> <u>동쪽</u> 방향								통행속도 = $\frac{3,600 \times \text{구간길이}}{\text{총시간}}$			
작업번호 : _____ 날 짜 : _____											
작성자 : _____											
구간	구간 길이 (km)	간선 도로 유형	자유 속도 (kph)	분석 구간	순행 시간 (s)	차량당 평균 정지지체 (s)	기타 지체	구 간 총시간 (s)	구 간 총길이 (km)	구 간 통행속도 (kph)	구 간 서비스 수 준
1	0.5	II	70	1	25.72	7.20		32.92	0.5	54.68	B
2	0.6	II	70	2	30.86	7.36		38.22	0.6	56.51	B
3	0.5	II	70	3	25.72	6.37		32.09	0.5	56.09	B
4											
5								$\Sigma = 103.23$			
6								$(1.6 \times 3,600) / 103.23 = 55.80$			
7											
8											
9								LOS = B			
10											
11											
12											
13											
14											
15											

그림 12-10a <예제 2> 서비스수준 계산

간선도로에서의 각 교차로 지체 산정

간선도로명 : 예제 2 방향

작업번호 : 날짜 :

작성자 :

소구간	주기 길이 C (s)	g/C	q/s^a	V/c (x)	차로그룹 용량 Q (vphpl)	균일 제어 지체 (s) ^b	연동 계수 (PF) ^c	단일로 횡단신호 보정계수 (f_{cw})	증분 지체 (s) ^d	추가 지체 (s) ^e	교차로 서비스 수 준	차량당 평균제어 지체(s) ^f
1	70	0.5	0.23	0.45	1600	9.89	0.68	1.00	0.47	0	A	7.20
2	70	0.5	0.22	0.44	1600	9.89	0.70	1.00	0.44	0	A	7.36
3	70	0.5	0.21	0.41	1600	9.78	0.61	1.00	0.40	0	A	6.37
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

^a $s = Q \div (g/C)$ $q = (V/c) \times Q$ 로 구할 수 있음.^b (식 9-3)로 구함.^c (표 9-8)로 구함.^d (식 9-4)로 구함.^e (식 9-5)으로 구함.^f (식 9-2)로 구함.

그림 12-10b <예제 2> 교차로 별 지체산정

〈예제 3〉 감응신호 제어 간선도로의 서비스수준 판정

차로수는 편도 4차로이고 좌회전 전용포켓이 있다. km당 버스 정류장수는 3개, km당 신호교차로수는 2개이다. 또한 도로주변은 업무·상업지역이다. 교차로의 상세한 자료와 간선도로 구간길이는 뒤의 분석표 <그림 12-11a>와 <그림 12-11b>에 기록되어 있다. 이면도로 교통량은 거의 없으며, 주방향은 북쪽 방향으로 신호연동(감응신호 체계)이 잘 되어 있을 때 간선도로의 서비스수준을 판정하라.

〈풀 이〉

다음 단계에 의해 결정한다.

- ① 1단계 - 분석대상 간선도로 설정
분석대상 간선도로는 예제와 같다.

- ② 2단계 - 간선도로 유형 결정
간선도로 유형은 <표 12-3>의 간선도로 유형결정기준에 따라 결정한다.
분석대상 간선도로의 지역구분과 도로여건 범주에 따라 정리해 보면 다음과 같다.
- 차로수는 편도 4차로
 - 버스정류장은 km당 3개
 - 신호교차로는 km당 2개

위의 조건으로 볼 때 도로여건상 양호, 지역구분여건상 도심이다. 그러므로 <표 12-4> 간선도로 유형기준에 따라 Ⅱ유형에 속한다. <표 12-2>에서 보듯이 Ⅱ유형의 자유속도는 70kph이다.

- ③ 3단계 - 간선도로 분석 구간 결정

분석구간은 사용자의 판단에 따라 분석구간을 묶을 수 있다. 예를 들면 아래와 같이 분석구간을 3개로 나눌 수 있다.

소 구 간	분 석 구 간	구 간 길 이
1	1	0.4
2 } 3 } 4 }	2	0.6 0.6 0.6
5 } 6 }	3	0.5 0.5

④ 4단계 - 순행시간 산정

본 예제의 간선도로 분석구간은 II 유형이며, 자유속도가 70kph이다. 또한 이면도로 교통량이 거의 없으므로 노변마찰은 소에 속한다. 이러한 조건에서 각 소구간의 순행시간을 <표 12-5>에서 구해보면 다음과 같다.

$$0.4\text{km구간의 순행시간은 } 0.4\text{km} \times 63\text{초/km} = 25.2\text{초}$$

$$0.6\text{km구간의 순행시간은 } 0.6\text{km} \times 58\text{초/km} = 34.8\text{초}$$

$$0.5\text{km구간의 순행시간은 } 0.5\text{km} \times 60\text{초/km} = 30.0\text{초이다.}$$

⑤ 5단계 - 교차로 접근지체 계산

<그림 12-11b>는 본 예제 간선도로의 각 교차로 지체계산을 위한 자료이다. 간선도로 기능은 직진 교통류의 원활한 처리에 있으므로, 직진교통류가 사용하는 주요차로그룹에 관련된 자료들이 있어야 한다. 일반적으로 이러한 자료들은 각 교차로 평가에 이용된다. 본 예제에서는 주어진 V/c 비 및 용량을 가지고 계산하였지만, 실제로는 9장 신호교차로 용량산정 방식에 따라 구해야 한다.

지체산정 양식 중 교차로 정지지체는 본 편람 (식 12-3)과 (식 12-4)에 의해 계산된다.

여기서 각 교차로에 접근하는 차량들의 도착형태를 구해야 하는데, 본 예제에서는 이미 북쪽방향으로 신호 연동된다는 것을 알고 있으므로 도착형태가 5인 것을 알 수 있다. 감응 신호조건에서 $V/c = x$ 에 따른 도착형태 5의 연동계수는 다음과 같다.

$V/c, x$	연동계수
≤ 0.6	0.40
0.8	0.50
1.0	0.61

<그림 12-11a>에 나와 있는 자료에 의해 V/c 비가 0.6보다 작은 것을 알 수 있으므로 연동계수=0.4이다. 따라서 연동계수의 교차로 정지지체를 곱하여 연동보정된 정지지체를 구한다.

⑥ 6단계 - 평균통행속도 계산

4단계에서 구한 순행시간과 5단계에서 얻은 교차로 지체를 이용하여 평균통행속도를 구한다. 구한 값은 <그림 12-11b>에 기록한다. 여기서 얻은 평균통행속도는 7단계의 서비스수준 평가에 사용된다.

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 서비스수준 분석표

간선도로명 : <u>예제 3</u>							_____ 방향		통행속도= $\frac{3,600 \times \text{구간길이}}{\text{총 시간}}$		
작업번호 : _____							날 짜 : _____				
							작성자 : _____				
소 구 간	구간 길이 (km)	간선 도로 유형	자유 속도 (kph)	분석 구간	순행 시간 (s)	차량당 평균 제어지체 (s)	기타 지체	구 간 총시간 (s)	구 간 총길이 (km)	구 간 통행속도 (kph)	구 간 서비스 수 준
1	0.4	Ⅱ	70	1	25.2	12.8		38.0	0.4	37.9	C
2	0.4	Ⅱ	70	2	25.2	12.3		37.5	0.4	38.4	C
3	0.6	Ⅱ	70	3	24.8	12.5		47.3	0.6	45.7	C
4	0.6	Ⅱ	70	4	34.8	13.3		48.1	0.6	44.9	C
5	0.5	Ⅱ	70	5	30.0	13.0		43.0	0.5	41.9	C
6	0.5	Ⅱ	70	6	30.0	12.8		42.8	0.5	42.1	C
7								$\Sigma = 256.7$			
8											
9								$\frac{3.0 \times 3,600}{256.7} = 42.1 \text{ kph}$			
10											
11											
12								LOS : B			
13											
14											
15											

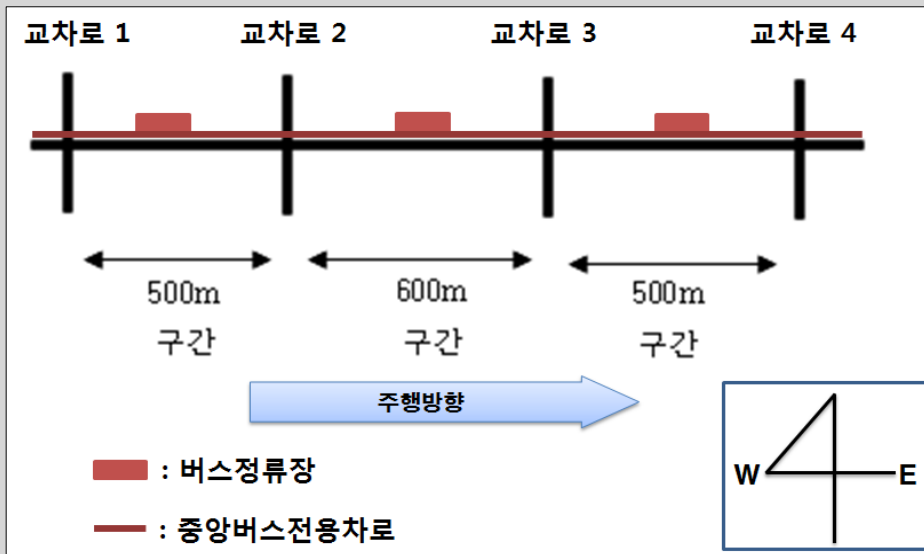
그림 12-11b <예제 3> 서비스수준 계산

⑦ 7단계 - 서비스수준 평가

여러 단계를 통해 구한 값을 가지고 서비스수준을 평가한다. 6단계에서 얻은 평균통행속도는 간선도로 서비스수준 평가의 척도로 사용되는데, 그 값에 따른 서비스수준은 <표 12-8>에서 보는 바와 같다.

〈예제 4〉 고정신호 제어(비연동) 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준 판정

도심부와 교외부를 연결하는 다음과 같은 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로가 고정신호로 제어되고 있을 때, 교차로 1에서 4 사이 구간의 서비스수준을 구하라. 도로주변의 노변마찰은 거의 없는 상황이다. 단, 모든 정류장에 앞지르기 차로는 존재한다.



		교 통 량 (vph)			
		교차로 1	교차로 2	교차로 3	교차로 4
EB	좌 회 전	187	155	107	100
	직 진	625(135)	620(135)	590(130)	577(125)
	우 회 전				
WB	좌 회 전				
	직 진				
	우 회 전				
NB	좌 회 전				
	직 진				
	우 회 전				
SB	좌 회 전				
	직 진				
	우 회 전				

- 대상 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로에 포함된 교차로는 고정신호제어이며 비연동임
- 대상 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로는 직진차로 3개(일반차로 2개, 중앙버스전용차로 1개), 좌회전 전용차로 1개
- 교차도로는 직진차로 1개, 좌회전 전용차로 1개
- 링크 중간에 신호횡단보도는 분석구간 당 1개씩 존재함
- 신호주기는 4개 교차로 모두 70초, 녹색시간은 35초
- 오프셋(offset)은 교차로 2, 3, 4에서 각각 진행방향으로 24초, 30초, 20초
- 차로당 포화교통류율은 일반차로 1,600대/녹색시간(시)/차로, 중앙버스전용차로 1,100대/녹색시간(시)/차로
- 초기 대기차량은 없음
- ()안은 중앙버스전용차로 버스교통량임

〈플 이〉

다음 단계에 의해 결정한다.

① 1단계 - 분석대상 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 설정

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로로서 중앙버스전용차로를 포함하여 편도 3차로로 운영되고 있으므로, 간선도로의 유형은 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로(I)에 해당되며 자유속도는 80kph가 된다.

② 2단계 - 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 분석 구간 분류

교차로 1~4구간까지 모두 중앙버스전용차로를 포함하고 있고 4개 교차로가 모두 신호교차로이므로 분석구간은 아래와 같이 분류된다.

교차로1~교차로2 : 분석구간 1

교차로2~교차로3 : 분석구간 2

교차로3~교차로4 : 분석구간 3

총 3개의 분석구간으로 분류

③ 3단계 - 순행시간 산정

본 예제의 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 분석구간은 도로유형 I에 해당하므로 자유속도가 80kph이다. 일반차로의 경우 이면도로 교통량이 거의 없으므로 노변마찰은 소에 속한다. 이러한 조건에서 각 분석구간의 순행시간을 <표 12-5>에서 구해보면 아래와 같다.

일반도로 : 분석구간1의 순행시간은 $0.5\text{km} \times 54\text{초}/\text{km} = 27.0\text{초}$

분석구간2의 순행시간은 $0.6\text{km} \times 53\text{초}/\text{km} = 31.8\text{초}$

분석구간3의 순행시간은 $0.5\text{km} \times 54\text{초}/\text{km} = 27.0\text{초}$

버스전용차로의 경우 모든 구간에 정류장이 존재하며 모든 정류장에는 앞지르기 차로가 존재하므로 이러한 조건에서 각 분석구간의 순행시간을 <표 12-11>에서 구하면 아래와 같다.

버스전용차로 : 분석구간1의 순행시간은 $0.5\text{km} \times 133\text{초}/\text{km} = 66.5\text{초}$ (버스정류장 유)

분석구간2의 순행시간은 $0.6\text{km} \times 124\text{초}/\text{km} = 74.4\text{초}$ (버스정류장 유)

분석구간3의 순행시간은 $0.5\text{km} \times 133\text{초}/\text{km} = 66.5\text{초}$ (버스정류장 유)

④ 4단계 - 교차로 접근지체 계산

<그림 12-12b>는 본 예제 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 각 교차로 지체산정을 위한 자료이다. 차량당 평균제어지체는 균일제어지체, 증분지체, 추가지체, 연동계수, 신호교차로간 보행자 횡단신호 보정계수를 이용하여 산정하며 분석구간1의 중앙버스전용차로 교차로 접근지체 계산과정은 아래와 같다.

- 일반차로 교차로 접근지체 계산

$$\text{분석구간1의 일반차로 균일제어지체}(d_1) = \frac{0.5 \times 70(1 - 35/70)^2}{1 - \left[\left(\frac{620}{1600} \times \frac{35}{70} \right) \right]} = 10.9\text{초}$$

- 주기 : 70초
- 녹색시간 : 35초
- 차로그룹 용량 : 1,600대/시
- 직진차로 교통량 : 620대/시

분석구간1의 일반차로 증분지체(d_2) =

$$900 \times 1 \times \left[\left(\frac{620}{1,600} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{620}{1,600} - 1 \right)^2 + \frac{4 \times (620/1,600)}{1,600 \times 1}} \right] = 0.71\text{초}$$

분석구간1의 일반차로 추가지체(d_3)는 초기 대기차량이 없다고 했으므로 0초이다.

고정신호 연동계수는 녹색시간 비율(g/C)과 통행시간과 오프셋의 차이를 이용하여 <표 12-8>에서 값을 찾는다.

$$\text{분석구간1의 녹색시간비율} = \frac{35}{70} = 0.5$$

$$\text{분석구간1의 자유속도} = 80 \times \frac{1,000}{3,600} = 22.22\text{초}$$

$$\text{분석구간1의 통행시간} = \frac{500}{22.22} \cong 22.5\text{초}$$

$$\text{분석구간1의 읍셋편의율}(TVO) = \frac{(T_c - Offset)}{C} = \frac{22.5 - 24}{70} = -0.02$$

$$\text{분석구간1의 고정신호 연동계수}(PF) = 0.804$$

산출된 TVO가 0보다 적으므로 -0.02에 1을 더하면 최종 TVO값은 0.98이 된다.

위의 두 값을 가지고 <표 12-8>에서 고정신호 연동계수(PF)를 찾아보면 1.06과 0.74사이의 값을 가지는데 보간법으로 구하면 $PF = 0.804$ 이다.

신호교차로간 보행자 횡단신호 보정계수(f_{cw})는 신호횡단보도가 분석구간 당 1개씩 존재한다고 하였고 비연동이므로 <표 12-7>에 의해 보정계수는 1이 된다.

$$\begin{aligned} \text{분석구간1의 일반차로 차량당 평균제어지체} &= d_1 \times PF \times f_{cw} + d_2 + d_3 \\ &= 10.9 \times 0.804 \times 1 + 0.71 + 0 \\ &= 9.44\text{초} \end{aligned}$$

- 중앙버스전용차로 교차로 접근지체 계산

$$\text{분석구간1의 버스전용차로 균일제어지체}(d_1) = \frac{0.5 \times 70(1 - 35/70)^2}{1 - \left[\left(\frac{135}{550} \times \frac{35}{70} \right) \right]} = 10.0\text{초}$$

- 주기 : 70초
- 녹색시간 : 35초
- 차로그룹 용량 : 550대/시(버스포화교통류율 1,100대/시 $\times$ 1차로 $\times$ (35/70))
- 교통량 : 135대/시

분석구간1의 버스전용차로 증분지체(d_2) =

$$900 \times 1 \times \left[\left(\frac{135}{550} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{135}{550} - 1 \right)^2 + \frac{4 \times (135/550)}{550 \times 1}} \right] = 1.06\text{초}$$

분석구간1의 중앙버스전용차로 추가지체(d_3)는 초기 대기차량이 없다고 했으므로 0초이다.

고정신호 연동계수는 일반차로와 같으므로 0.804이다.

신호교차로간 보행자 횡단신호 보정계수(f_{cw})는 신호횡단보도가 분석구간 당 1개씩 존재한다고 하였고 비연동이므로 <표 12-7>에 의해 보정계수는 1이 된다.

$$\begin{aligned}
 \text{분석구간1의 버스전용차로 차량당 평균제어지체} &= d_1 \times PF \times f_{cw} + d_2 + d_3 \\
 &= 10.0 \times 0.804 \times 1 + 1.06 + 0 \\
 &= 9.08 \text{초}
 \end{aligned}$$

⑤ 5단계 - 평균통행속도 계산

3단계에서 구한 순행시간과 4단계에서 얻은 교차로 지체를 이용하여 일반차로와 중앙버스전용차로 각각의 평균통행속도를 구한다. 다음은 분석구간별 평균통행속도 결과이다.

$$\text{일반도로 : 분석구간1의 통행속도는 } \frac{3,600 \times 0.5}{27 + 9.44} = 49.40 \text{km/h}$$

$$\text{분석구간2의 통행속도는 } \frac{3,600 \times 0.6}{31.8 + 9.97} = 51.71 \text{km/h}$$

$$\text{분석구간3의 통행속도는 } \frac{3,600 \times 0.5}{27 + 7.66} = 51.94 \text{km/h}$$

$$\text{버스전용차로 : 분석구간1의 통행속도는 } \frac{3,600 \times 0.5}{66.5 + 9.08} = 23.81 \text{km/h}$$

$$\text{분석구간2의 통행속도는 } \frac{3,600 \times 0.6}{74.4 + 9.63} = 25.71 \text{km/h}$$

$$\text{분석구간3의 통행속도는 } \frac{3,600 \times 0.5}{66.5 + 7.46} = 24.34 \text{km/h}$$

분석구간1의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량 가중평균통행속도는

$$\frac{3,600 \times (620 + 135) \times 0.5}{(620 \times 36.44 + 135 \times 75.58)} = 41.44 \text{km/h}$$

분석구간2의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량 가중평균통행속도는

$$\frac{3,600 \times (590 + 130) \times 0.6}{(590 \times 41.77 + 130 \times 84.03)} = 43.73 \text{km/h}$$

분석구간3의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량 가중평균통행속도는

$$\frac{3,600 \times (577 + 125) \times 0.5}{(577 \times 34.66 + 125 \times 73.96)} = 43.21 \text{km/h}$$

버스전용차로와 일반차로의 교통량을 반영한 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 전체의 평균통행속도는 다음과 같다.

버스간선도로 전체 평균통행속도 =

$$\frac{3,600 \times ((620 + 135) \times 0.5 + (590 + 130) \times 0.6 + (577 + 125) \times 0.5)}{620 \times 36.44 + 135 \times 75.58 + 590 \times 41.77 + 130 \times 84.03 + 577 \times 34.66 + 125 \times 73.96} = 42.80 \text{ km/h}$$

⑥ 6단계 - 서비스수준 평가

5단계에서 구한 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 평균통행속도를 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 서비스수준 평가표(〈표12-12〉)를 이용하여 서비스수준을 평가한다.

예제4의 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 서비스수준은 C이다.

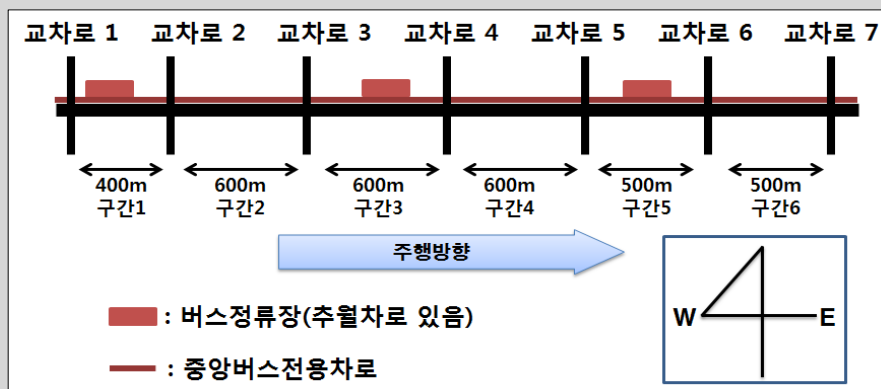
중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 서비스수준 계산을 위한 분석표														
간선도로명 : <u>예제 2</u>					동쪽 방향			통행속도= $\frac{3,600 \times \text{구간길이}}{\text{총시간}}$						
작업번호 : _____					날 짜 : _____									
					작성자 : _____									
구간	도로구분	구간 길이 (km)	간선 도로 유형	자유 속도 (kph)	분석 구간	순행 시간 (s)	차량당 평균 정지지체 (s)	기타 지체	교통량 (대/시)	구간 총시간 (s)	구간 총길이 (km)	구간 통행 속도 (kph)	구간평균 통행속도 (kph)	구 간 서비스 수 준
1	일반차로	0.5	I	80	1	27.0	9.44		620	36.44	0.5	49.40	41.44	C
	버스전용차로	0.5	I	80	1	66.5	9.08		135	75.58	0.5	23.81		
2	일반차로	0.6	I	80	2	31.8	9.97		590	41.77	0.6	51.71	43.73	C
	버스전용차로	0.6	I	80	2	74.4	9.63		130	84.03	0.6	25.71		
3	일반차로	0.5	I	80	3	27.0	7.66		577	34.66	0.5	51.94	43.21	C
	버스전용차로	0.5	I	80	3	66.5	7.46		125	73.96	0.5	24.34		
4	분석구간1의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (620 + 135) \times 0.5}{(620 \times 36.44 + 135 \times 75.58)} = 41.44km/h$													
5	분석구간2의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (590 + 130) \times 0.6}{(590 \times 41.77 + 130 \times 84.03)} = 43.73km/h$													
6	분석구간3의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (577 + 125) \times 0.5}{(577 \times 34.66 + 125 \times 73.96)} = 43.21km/h$													
7														
8	버스간선도로 전체 평균통행속도 =													
9	$\frac{3,600 \times ((620 + 135) \times 0.5 + (590 + 130) \times 0.6 + (577 + 125) \times 0.5)}{620 \times 36.44 + 135 \times 75.58 + 590 \times 41.77 + 130 \times 84.03 + 577 \times 34.66 + 125 \times 73.96} = 42.80km/h$													
10	LOS : C													

그림 12-12a 〈예제 4〉 서비스수준 계산

〈예제 5〉 감응신호 제어 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준 판정

차로수는 편도 5차로(버스전용차로 1차로 포함)이고 좌회전 전용포켓이 있다. 분석구간당 버스정류장수는 1, km당 진출입로수 3개, km당 신호교차로수는 2개이다. 또한 도로주변은 업무·상업지역이다. 교차로의 상세한 자료와 간선도로 구간길이는 뒤의 분석표 〈그림 12-13a〉와 〈그림 12-13b〉에 기록되어 있다. 이면도로 교통량은 거의 없으며, 주방향은 동쪽방향으로 신호연동(감응신호 체계)이 잘 되어 있을 때 간선도로의 서비스수준을 판정 하라.

단, 차로별 포화교통류율은 1600vphgpl이며, 신호주기는 100초이다



〈풀 이〉

① 1단계 - 분석대상 간선도로 설정

분석대상 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로는 예제와 같다.

② 2단계 - 간선도로 분석 구간 결정

〈그림 12-13a〉와 같이 분석구간을 나눈다. 분석구간은 사용자의 판단에 따라 분석구간을 묶을 수 있다. 예를 들면 아래와 같이 분석구간을 3개로 나눌 수 있다.

소 구 간	분 석 구 간	구 간 길 이(km)
1(O)	1	0.4
2(X)	2	0.6
3(O)		0.6
4(X)		0.6
5(O)		0.5
6(X)	3	0.5

주: (O)는 버스정류장 유, (X) 버스정류장 무, 모든 정류장에 앞지르기 차로는 존재함

③ 3단계 - 순행시간 산정

본 예제의 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 분석구간은 자유속도가 80kph이다. 또한 이면도로 교통량이 거의 없으므로 노변마찰은 소에 속한다. 이러한 조건에서 각 소구간의 순행시간을 <표 12-5>에서 구해보면 다음과 같다.

일반도로 : 0.4km구간의 순행시간은 $0.4\text{km} \times 56\text{초}/\text{km} = 22.4\text{초}$

0.6km구간의 순행시간은 $0.6\text{km} \times 53\text{초}/\text{km} = 31.8\text{초}$

0.5km구간의 순행시간은 $0.5\text{km} \times 54\text{초}/\text{km} = 27.0\text{초}$

버스전용차로 : 0.4km구간의 순행시간은 $0.4\text{km} \times 144\text{초}/\text{km} = 57.6\text{초}$ (버스정류장 유)

0.6km구간의 순행시간은 $0.6\text{km} \times 124\text{초}/\text{km} = 74.4\text{초}$ (버스정류장 유)

0.6km구간의 순행시간은 $0.6\text{km} \times 64\text{초}/\text{km} = 38.4\text{초}$ (버스정류장 무)

0.5km구간의 순행시간은 $0.5\text{km} \times 133\text{초}/\text{km} = 66.5\text{초}$ (버스정류장 유)

0.5km구간의 순행시간은 $0.5\text{km} \times 66\text{초}/\text{km} = 33.0\text{초}$ (버스정류장 무)

④ 4단계 - 교차로 접근지체 계산

<그림 12-13b>는 본 예제 간선도로의 각 교차로 지체산정을 위한 자료이다. 본 예제에서는 주어진 V/c 비 및 용량을 가지고 계산하였지만, 실제로는 8장 신호교차로 용량산정 방식에 따라 구해야 한다.

지체산정 양식 중 교차로 접근지체는 본 편람 (식 12-2)에 의해 계산된다.

여기서 각 교차로에 접근하는 차량들의 도착형태를 구해야 하는데, 본 예제에서는 이미 동쪽방향으로 신호 연동된다는 것을 알고 있으므로 도착형태가 5인 것을 알 수 있다. 감응 신호조건에서 $V/c = x$ 에 따른 도착형태 5의 연동계수는 다음과 같다.

진행방향	$V/c, x$	연동계수
직진	≤ 0.6	0.40
우회전	0.8	0.50
동시신호좌회전	1.0	0.61

주: <표 12-9> 감응신호의연동계수표에서 감응신호의 도착형태 5 부분임

<그림 12-13a>에 나와 있는 자료에 의해 V/c 비가 0.6보다 작은 것을 알 수 있으므로 연동계수 = 0.4이다. 따라서 연동계수의 교차로 정지지체를 곱하여 연동보정된 정지지체를 구한다.

⑤ 5단계 - 평균통행속도 계산

3단계에서 구한 순행시간과 4단계에서 얻은 교차로 지체를 이용하여 평균통행속도를 구한다. 구한 값은 <그림 12-13b>에 기록한다. 여기서 얻은 평균통행속도는 7단계의 서비스수준 평가에 사용된다.

간선도로에서의 각 교차로 지체 분석표

간선도로명 : 예제 2 _____ 방향

작업번호: _____ 날 짜: _____

작성자 : _____

[illegible]

^a $s = Q \div (g/C)$, $q = (V/c) \times Q$ 로 구할 수 있음.

^b(식 12-3)로 구함.

^c〈표 12-8〉로 구함.

^d(식 12-4)로 구함.

^e(식 12-5)으로 구함.ⁱ(식 12-2)로 구함.

그림 12-13a 〈예제 3〉 교차로 별 지체계산

간선도로 서비스수준 계산을 위한 분석표

간선도로명 : 예제 2									동쪽		방향		통행속도 = $\frac{3,600 \times \text{구간길이}}{\text{총시간}}$				
작업번호 :									날 짜 :			작성자 :					
구간	도로구분	구간 길이 (km)	간선도로 유형	자유 속도 (kph)	분석 구간	순행 시간 (s)	차량당 평균 정지체 (s)	기타 지체	교통량 (vph)	구 간 총시간 (s)	구 간 총길이 (km)	구간 통행 속도 (kph)	구간 평균 통행 속도 (kph)	구 간 서비스 수 준			
1	일반차로	0.4	I	80	1	22.4	10.8		912	33.2	0.4	43.4	39.67	C			
	버스전용차로	0.4	I	80	1	57.6	8.9		93	66.5	0.4	21.6					
2	일반차로	0.6	I	80	2	31.8	10.1		800	41.9	0.6	51.5	50.80	C			
	버스전용차로	0.6	I	80	2	38.4	9.0		97	47.4	0.6	45.5					
3	일반차로	0.6	I	80	2	31.8	5.9		832	37.7	0.6	57.3	50.18	C			
	버스전용차로	0.6	I	80	2	74.4	4.3		126	78.6	0.6	27.5					
4	일반차로	0.6	I	80	2	31.8	6.7		960	38.5	0.6	56.1	55.48	B			
	버스전용차로	0.6	I	80	2	38.4	4.2		119	42.6	0.6	50.7					
5	일반차로	0.5	I	80	3	27.0	8.6		928	35.6	0.5	50.6	45.52	C			
	버스전용차로	0.5	I	80	3	66.5	6.4		110	72.9	0.5	24.7					
6	일반차로	0.5	I	80	3	27.0	8.4		896	35.4	0.5	50.9	50.22	C			
	버스전용차로	0.5	I	80	3	33.0	6.5		116	39.4	0.5	45.6					
7	분석구간1의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (912 + 93) \times 0.4}{(912 \times 33.2 + 93 \times 66.5)} = 39.67 \text{ km/h}$																
8	분석구간2의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (800 + 97) \times 0.6}{(800 \times 41.9 + 97 \times 47.4)} = 50.80 \text{ km/h}$																
9	분석구간3의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (832 + 126) \times 0.6}{(832 \times 37.7 + 126 \times 78.6)} = 50.18 \text{ km/h}$																
10	분석구간4의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (960 + 119) \times 0.6}{(960 \times 38.5 + 119 \times 42.6)} = 55.48 \text{ km/h}$																
11	분석구간5의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (928 + 110) \times 0.5}{(928 \times 35.6 + 110 \times 72.9)} = 45.52 \text{ km/h}$																
12	분석구간6의 일반차로와 중앙버스전용차로 통합 교통량가중평균통행속도는 $\frac{3,600 \times (896 + 116) \times 0.5}{(896 \times 35.4 + 116 \times 39.4)} = 50.22 \text{ km/h}$																
13	버스간선도로 전체 평균통행속도 = $\frac{3,600 \times ((912+93) \times 0.4 + (800+97) \times 0.6 + (832+126) \times 0.6 + (960+119) \times 0.6 + (928+110) \times 0.5 + (896+116) \times 0.5)}{(912 \times 33.2 + 93 \times 66.5) + (800 \times 41.9 + 97 \times 47.4) + (832 \times 37.7 + 126 \times 78.6) + (960 \times 38.5 + 119 \times 42.6) + (928 \times 35.6 + 110 \times 72.9) + (896 \times 35.4 + 116 \times 39.4)} = 48.79 \text{ km/h}$																
14	LOS : C																

그림 12-13b <예제 3> 서비스수준 계산

⑥ 6단계 - 서비스수준 평가

5단계에서 얻은 평균통행속도는 간선도로 서비스수준 평가의 척도로 사용되는데, 그 값에 따른 서비스수준은 <표 12-12>에서 보는 바와 같다.

<부록 A> 간선도로에서 시험차 주행법에 의한 속도조사 방법

도시 및 교외 간선도로에서 서비스수준 판정을 위해 시험차 주행법을 이용하고자 할 때는 다음과 같은 단계를 거쳐 수행한다.

- 1) 기하구조 자료, 간선도로 구간길이, 주변환경자료, 신호기간, 하루 중 선택된 시간대의 15분 교통량 등의 자료조사를 하여 정리한다.
- 2) 간선도로 분석구간의 자유속도를 결정한다. 자유속도는 아주 적은 교통량의 상태에서 속도 측정기와 시험차 주행에 의해 구한다. 즉, 관측자는 다른 차량의 영향을 받지 않는 중간지점에 위치하여 속도측정기로 시험차의 속도를 조사한다. 또는 시험차에 직접 탑승하여 초시계를 이용하여 속도측정을 한다.(분석구간은 본 장 제3단계의 분석구간 개념도를 참조) 시험차 주행을 여러 번 반복, 그 결과를 분석하여 자유속도를 결정한다. 또한 그 결과는 간선도로 각 구간별로 측정하여 기록한다.
- 3) 단계 1, 2에서 얻은 자료와 간선도로유형 기준인 <표 12-4>를 이용하여 간선도로 등급을 결정한다.
- 4) 정해진 시간대에 시험차 주행에 의해 간선도로 구간의 통행시간을 조사한다.
 - ① 관측자는 [부록 B], 즉 통행시간 현장자료 조사표의 자료를 얻기 위해 알맞은 측정장비를 사용한다. 측정장비는 초시계 등을 이용한다.
 - ② 관측자는 앞에서 정한 분석구간의 관측이 용이한 지점(주변건물 옥상 등)에서 분석구간 시작 교차로에서 그 다음 교차로까지의 통행시간을 측정한다. 또는 시험차에 직접 탑승하여 통행시간을 측정한다. 이 때 차량이 정지하는 시간과 이유 등을 조사표에 기록하여 둔다.
 - ③ 시험차량의 모든 통행이 차량군의 선두에서 출발하는 것을 피하기 위해 신호주기 내에서 시간대를 달리하여 출발한다.
 - ④ 분석구간 중간지점에서 속도측정기로 통행속도를 측정하여 자유속도와의 관계가 어떤지 알아본다.
 - ⑤ 각 구간과 각 시간대에 측정한 자료(평균통행시간, 교차로에서의 평균정지시간, 또는 다른 이유에서의 정지: 주차 등)와 신호와 관련된 자료를 정리한다.
 - ⑥ 시험차 주행의 최소 반복횟수는 관측된 자료의 편차에 따라 결정할 수 있는데, 교통량 상태에 따라 10~12회 정도가 적당하다.
 - ⑦ 이렇게 해서 얻어진 자료들은 컴퓨터로 자료를 정리·분석한다.

- 5) 측정한 통행시간과 구간길이를 이용하여 각 시간대별, 구간별 평균통행속도와 전체구간의 평균 통행속도를 결정한다.
- 6) 각 시간대별, 방향별 간선도로 구간과 전체구간의 서비스수준을 구하기 위해 <표 12-1>을 사용한다. 이 값은 5단계에서 얻은 평균통행속도와 <표 12-1>을 비교하여 구한다.

〈부록 B〉 분석에 사용되는 분석표

간선도로 교차로별 지체산정												
간선도로명 : _____ 방향												
작업번호 : _____ 날짜 : _____												
작성자 : _____												
소 구 간	주기 길이 C (s)	g/C	q/s ^a	V/c (x)	차로그룹 용량 Q (vphpl)	균일 지체 (s) ^b	연동 계수 (PF) ^c	단 일 로 횡단신호보 정계수 (f _{cw})	무작위 지 체 (s) ^d	보정 정지 지체 ^e	교차로 서비스 수 준	교차로 총접근 지체 ^f
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

^a $s = Q \div (g/C)$, $q = (V/c) \times Q$ 로 구할 수 있음.

^b (식 12-4)로 구함.

^c <표 12-8>로 구함.

^d (식 12-5)로 구함.

^e (식 12-3)으로 구함.

^f (식 12-2)로 구함.

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로에서의 각 교차로 지체 분석표

간선도로명 : _____ 방향 _____

작업번호 : _____ 날짜 : _____

작성자 : _____

소구간	주기 길이 C (s)	g/C	q/s ^a	V/c (x)	차로그룹 용량 Q (vphpl)	균일 제어 지체 (s) ^b	연동 계수 (PF) ^c	단일로 횡단신호 보정계수 (f _{cw})	증분 지체 (s) ^d	추가 지체 (s) ^e	교차로 서비스 수 준	차량당 평균제어 지체(s) ^f
1	일반차로											
1	버스전용차로											
2	일반차로											
2	버스전용차로											
3	일반차로											
3	버스전용차로											
4	일반차로											
4	버스전용차로											
5	일반차로											
5	버스전용차로											
6	일반차로											
6	버스전용차로											
7	일반차로											
7	버스전용차로											
8	일반차로											
8	버스전용차로											
9	일반차로											
9	버스전용차로											
10	일반차로											
10	버스전용차로											
11	일반차로											
11	버스전용차로											

^a $s = Q \div (g/C)$, $q = (V/c) \times Q$ 로 구할 수 있음.^b (식 12-4)로 구함.^c (표 12-8)로 구함.^d (식 12-5)로 구함.^e (식 12-3)으로 구함.^f (식 12-2)로 구함.

〈 간선도로의 서비스수준 계산 분석표 〉

간선도로 서비스수준 계산을 위한 분석표											
간선도로명 : _____ _____ 방향 작업번호 : _____ 날 짜 : _____ 작성자 : _____								$\text{통행속도} = \frac{3,600 \times \text{구간길이}}{\text{총시간}}$			
구간	구간 길이 (km)	간선 도로 유형	자유 속도 (kph)	분석 구간	순행 시간 (s)	교차로 총접근 지체	기타 지체	구 간 총시간 (s)	구 간 총길이 (km)	구 간 통행속도 (kph)	구 간 서비스 수 준
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

〈 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 서비스수준 계산 분석표 〉

중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 서비스수준 계산을 위한 분석표														
간선도로명 : _____ 방향										$\text{통행속도} = \frac{3,600 \times \text{구간길이}}{\text{총시간}}$				
작업번호 : _____ 날 짜 : _____														
작성자 : _____														
구간	도로구분	구간 길이 (km)	간선 도로 유형	자유 속도 (kph)	분석 구간	순행 시간 (s)	차량당 평균 정지 지체 (s)	기타 지체	교통량 (vph)	구간 총시간 (s)	구간 총길이 (km)	구간 통행 속도 (kph)	구간 평균 통행 속도 (kph)	구 간 서비스 수 준
1	일반차로													
	버스전용차로													
2	일반차로													
	버스전용차로													
3	일반차로													
	버스전용차로													
4	일반차로													
	버스전용차로													
5	일반차로													
	버스전용차로													
6	일반차로													
	버스전용차로													
7	일반차로													
	버스전용차로													
8	일반차로													
	버스전용차로													
9	일반차로													
	버스전용차로													

〈 통행속도 현장조사 분석표 〉

통행속도 현장조사 분석표										
간선도로명 : _____ 날 짜 : _____										
운 전 자 : _____ 작 성 자 : _____ 방 향 : _____										
구간	교차로 구간명	구간 길이 (m)	통행 시간 (s)	정지 시간 (s)	통행 시간 (s)	정지 시간 (s)	통행 시간 (s)	정지 시간 (s)	통행 시간 (s)	정지 시간 (s)
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										

〈부록 C〉 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 효과분석 방법

도시 및 교외간선도로에서 중앙버스전용차로의 가장 큰 효과는 버스의 통행속도를 증가시켜 이를 통해 버스이용자들의 편의를 증진시키고, 대중교통 활성화를 통한 버스 이용률을 높이는 것이라 할 수 있다. 따라서 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 효과를 분석하기 위해서는 일반차로에서 주행하는 승용차의 통행속도는 다소 감소하더라도 중앙버스전용차로를 주행하는 버스의 통행속도를 증가시켜 더 많은 승객들이 통행속도 증가의 편익을 누리게 되는 측면으로 효과를 측정해야 할 것이다. 그러므로 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 효과를 측정하기 위해서 버스승객에 대한 편익을 고려한 새로운 효과분석 방법론의 개발이 필요하다.

기존의 도시 및 교외간선도로의 서비스 수준을 판정하기 위해 사용되는 MOE인 평균통행속도(km/h)를 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 효과분석 MOE로 동일하게 사용하되 각 차종별 재차인원을 고려한 수정된 효과척도를 제안한다.

도시 및 교외간선도로에 중앙버스전용차로를 설치함으로써 일반차로의 승용차 평균통행속도는 낮아질 것이고, 이에 반해 중앙버스전용차로의 버스 평균통행속도는 상대적으로 높아질 것이다. 기존에는 모든 차로의 통행속도가 같다는 전제하에 간선도로 전체를 대표하는 하나의 속도만을 구하여 간선도로의 서비스 수준을 판단하였지만, 중앙버스전용차로를 설치함으로써 일반차로와 중앙버스전용차로의 평균통행속도는 달라지므로 이들의 속도를 통합해서 하나의 대푯값을 구해야 할 것이다. 이 때 단순히 일반차로의 속도와 중앙버스전용차로의 속도를 각 차종별 교통량을 가중평균하여 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 속도의 대푯값으로 사용한다면 앞서 언급한 것처럼 중앙버스전용차로 운영으로 인한 부의편익만을 고려하게 되며, 중앙버스전용차로의 효과가 왜곡될 수 있으므로, 반드시 각 차종별 재차인원을 고려한 평균속도를 구해야 할 것이다. 즉 각 차종별 재차인원을 고려한 속도의 가중평균을 구해야 한다는 것이다. (식 11C-1)은 재차인원을 고려한 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로의 MOE, 평균통행속도를 구하는 관계식을 나타내고 있다.

$$\text{평균통행속도} = \frac{(S_P \times (P_P \times V_P)) + (S_B \times (P_B \times V_B))}{(P_P \times V_P) + (P_B \times V_B)} \quad (\text{식 11C-1})$$

여기서, S_P = 일반차로의 속도

S_B = 버스전용차로의 속도

V_P = 승용차 교통량

V_B = 버스 교통량

P_P = 승용차 재차인원

P_B = 버스 재차인원

각 차종의 재차인원을 고려하여 도출한 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 효과분석 MOE 산정식의 적용성을 평가하기 위해 현장조사를 통해 수집된 시간대별 평균재차인원을 이용하여 간단한 예시를 통하여 적용하여 보았다.

승용차 교통량(V_P) 1,800대/시, 버스 교통량(V_B) 250대/시, 승용차 평균재차인원(P_P) 1.25인/대, 버스 평균재차인원(P_B) 15.05인/대, 가로 연장 1km일 경우, 도시 및 교외간선도로의 평균통행속도가 30km/h이고, 중앙버스전용차로를 설치할 경우 일반차로의 평균속도(S_P)는 20km/h, 중앙버스전용차로의 평균속도(S_B)를 40km로 가정하였다.

예시는 크게 3가지의 다른 경우, 즉 차종별 속도만을 고려한 단순평균, 차종별 교통량 및 속도를 고려한 가중평균, 차종별 교통량, 재차인원 및 속도를 고려한 가중평균에 대해 비교 평가해 보았다.

① 차종별 속도만을 고려한 단순평균

$$\text{평균통행속도} = \frac{S_P + S_B}{2} = \frac{20 + 40}{2} = 30 \text{ km/h} \quad (\text{식 11C-2})$$

② 차종별 교통량 및 속도를 고려한 가중평균

$$\begin{aligned} \text{평균통행속도} &= \frac{(S_P \times V_P) + (S_B \times V_B)}{V_P + V_B} \quad (\text{식 11C-3}) \\ &= \frac{(20 \times 1,800) + (40 \times 250)}{1,800 + 250} = 22.4 \text{ km/h} \end{aligned}$$

③ 차종별 교통량, 재차인원 및 속도를 고려한 가중평균

$$\begin{aligned} \text{평균통행속도} &= \frac{(S_P \times (P_P \times V_P)) + (S_B \times (P_B \times V_B))}{(P_P \times V_P) + (P_B \times V_B)} \quad (\text{식 11C-4}) \\ &= \frac{(20 \times (1.25 \times 1,800)) + (40 \times (15.05 \times 250))}{(1.25 \times 1,800) + (15.05 \times 250)} \\ &= 32.5 \text{ km/h} \end{aligned}$$

위 예시의 경우에는 기존 간선도로의 통행속도는 30.0km/h였지만 중앙버스전용차로를 설치함으로써 재차인원을 고려한 가중평균속도는 32.5km/h로 전체 간선도로의 통행속도는 약 2.5km/h 증가한 것으로 나타난다. 또한 재차인원을 고려한 차량을 이용하는 승객의 입장에서 보면, 승용차 승객 2,250명은 인당 약 10.0km/h의 통행속도가 늦어졌지만, 버스 승객 3,763명은 인당 약 10.0km/h의 통행속도가 빨라져 전체적으로 중앙버스전용차로를 통해 더 많은 승객들이 통행속도 증가의 편익을 보게 된다.

이는 중앙버스전용차로의 설치로 간선도로 전체 측면으로도 평균 약 2.5km/h의 통행속도 증가의 편익을 보게 되고, 실질적으로 더 많은 승객들이 통행속도 증가의 편익을 보게 됨으로써 중앙버스전용차로 설치의 목적에 부합한다.

〈표 12C-1〉는 현장조사를 통해 수집된 시간대별 차종별 재차인원 변화에 따른 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 평균통행속도의 변화를 보여주고 있다. 표에서 알 수 있듯이 모든 시간대에 걸쳐 중앙버스전용차로 설치로 인한 전체 간선도로 통행속도는 증가하는 것으로 분석되었으며, 특히 출퇴근 첨두시 상대적으로 버스 이용객들이 많은 시간대(8시~9시, 18시~19시)는 중앙버스전용차로 설치로 인한 통행속도 증가편익이 극대화 되는 것으로 나타났다. 상대적으로 버스 재차인원이 가장 낮은 오후 15시의 경우에도 전체 간선도로의 통행속도는 31.2km/h로 약 1.2km/h 증가한 것으로 나타났으며, 차종별 재차인원을 고려한 이용승객 측면으로 보더라도, 승용차 승객 2,232명, 버스 승객 2,828명으로 더 많은 승객들이 통행속도 증가의 편익을 보게 되는 것으로 분석되어 중앙버스전용차로 설치로 인한 버스이용자들의 편익을 증진시키고, 대중교통 활성화를 통한 버스 이용률 증가의 목적에 부합한다.

〈표 12C-1〉 시간대별 중앙버스전용차로가 설치된 간선도로 평균통행속도

시간대	재차인원(인/대)		평균통행속도 (km/h)
	승용차	버스	
8시	1,21	17.46	33.3
9시	1,23	19.84	33.8
10시	1,24	15.87	32.8
11시	1,24	12.11	31.5
12시	1,24	11.90	31.4
13시	1,24	12.65	31.7
14시	1,25	11.70	31.3
15시	1,24	11.31	31.2
16시	1,25	12.46	31.6
17시	1,26	15.90	32.7
18시	1,28	18.82	33.4
19시	1,27	23.04	34.3

주: 재차인원은 가구통행실태조사 현행화 연구용역 중 수도권 버스전용차로지점 현장조사 자료 활용

〈부록 D〉 부호 정의

- d = 차량당 평균제어지체(초/대)
- d_1 = 연동보정된 균일제어지체(초/대)
- d_2 = 임의 도착과 과포화를 나타내는 증분지체
- PF = 연동계수
- f_{cw} = 신호교차로간 보행자 횡단신호 보정계수
- d_3 = 추가지체(spv)
- T = 분석기간의 길이(h)
- C = 신호주기(초)
- g = 유효 녹색시간(초)
- X = 해당 차로군의 포화도
- c = 분석기간중 해당차로군의 용량
- x = 교통량/용량 비(V/c)
- Q_b = 분석시점에 존재하는 초기차량대수(vph)
- V = 분석 기간중 해당차로군의 도착 교통량(vph)
- v = 차로그룹에 대한 설계교통량(vph)
- PHF = 첨두시간계수
- N = 차로수
- g/C = 녹색시간대 신호주기 비
- TVO = 옴셋 편의율
- T_c = 상류부 교차로의 정지선에서부터 분석 교차로의 정지선까지의 구간에서 신호에 의한 가속, 감속, 정지 등의 영향을 받지 않는 구간의 속도와 링크길이로부터 구한 시간(초)
- C = 간선도로의 연동에 필요한 공통주기(초)
- $offset$ = 상류부 교차로와 분석교차로간의 연속진행방향 녹색신호 시작시간의 차이(초) 주기보다 적은 값 사용

〈부록 E〉 2001년 도로용량편람과 개정 편람과의 차이점

2001년 편람의 내용은 변동사항이 없고, 버스전용차로 분석 방법이 추가되었음.

제13장 | 대중교통

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 분석방법론 및 분석과정
3. 예 제

1 개요

본 장에서는 대중교통의 용량 산정 및 서비스수준 분석에 관한 내용을 다룬다. 일반적으로 대중교통이라 함은 사전에 정해진 노선 및 규칙적인 운행계획과 정해진 요금체제로 운행하면서 이용하기를 원하는 불특정 다수에게 수송서비스를 제공하는 수단으로서, 일반적으로 대량수송과 공공서비스의 속성을 지닌다.

대중교통은 크게 도시대중교통과 지역간대중교통으로 구분할 수 있으며, 도시대중교통수단으로서는 각종 도시철도(지하철, 경전철, 노면전차, 모노레일 등), 버스, 트롤리버스 등이 있고, 지역간대중교통수단으로서는 고속버스, 철도, 항공, 해운 등이 있다. 본 편람에서는 분석의 범위를 대중교통수단 중 큰 비중을 차지하고 있는 버스에 국한하고 이 중에서도 가장 대표적인 도시형버스와 좌석버스를 포함한 시내버스를 중심으로 용량 산정 및 서비스수준 분석 방법론을 제시한다.

대중교통수단의 용량 및 서비스수준은 교통수단의 차량크기와 이들의 운행간격(또는 운행빈도)에 좌우되며, 버스승객의 분포 및 차량 흐름의 상호작용을 반영하므로 도로용량산정에 비해 복잡하고, 또한 일정기간 동안 통행량을 수송할 충분한 차량, 승객의 적절한 쾌적도, 안전도, 동일한 도로를 사용하는 다른 차량의 통행량 등의 제약을 받는다.

본 편람에서는 버스의 서비스 질(質)을 판단하는 여러 가지 요소들 중에서 비교적 계량화가 용이한 차내용량, 운행간격(운행빈도) 및 운행시간(서비스 제공시간), 정차면(berth) 용량, 그리고 정류장 용량의 4가지 요소를 대상으로 용량 산정 및 서비스수준 분석 방법론에 대해 제시한다.

버스의 용량 분석에 앞서, 버스 및 버스관련시설의 유형을 파악하고 이들을 효과적으로 분류하는 것은 용량 및 서비스수준 분석의 필수조건이 된다. 이를 기초로 어떤 버스형태와 버스관련시설을 대상으로 용량을 분석·제시할 것인지에 대한결정이 이루어질 수 있다.

(1) 버스의 종류

대중교통수단으로서의 운행특성에 따른 버스의 종류로서는 대도시 및 중소도시에서 운행되는 시내버스라고 일컬어지는 좌석버스, 입석형 버스(도시형, 지역순환버스), 마을버스 등이 있고, 이밖에 지역간을 운행하는 시외버스(일반, 고속직행), 고속버스 등이 있다.

편람에서는 대중교통으로서의 버스 중에서도 “도시” 나 “군” 지역에서 운행되는 고급좌석, 일반좌석, 도시형버스, 순환버스를 포함하는 시내버스를 중심으로 하여 용량을 분석·제시하였다. 즉, 시내버스에 해당하는 가장 대표적인 도시형버스와 좌석버스를 기준으로 용량 기준과 분석방법론을 제시하였다.

〈표 13-1〉 서비스 형태별 버스 종류

구 분		서 비 스 형 태	비 고
대중교통 으로서의 버스	도시/군 (시내버스)	일반좌석버스, 고급좌석버스	좌석버스로 분류하여 본 편람에서 제시
		도시형버스(일반/냉난방), 지역순환버스	도시형버스로 분류하여 본 편람에서 제시
		마을버스	분석대상에서 제외하나 도시형버스 와 유사한 기준 적용 가능
	지 역 간	고급버스(고속버스 포함) 일반버스(직행버스 등)	시내버스, 특히 고급좌석과 유사한 기준 적용 가능
자가용 버스		통근버스, 관광버스 등	본 편람에서 제외

(2) 버스 관련시설의 종류

버스 관련시설은 크게 정차 및 정류장 관련시설, 통행로 및 통행로 관련시설, 차고지/터미널 관련시설의 3가지로 분류할 수 있다.

본 편람에서는 다양한 버스관련시설들 중에서 시내버스 정류장에 대한 용량 및 서비스수준만을 분석 대상으로 선정하였다. 기타 관련시설들의 용량과 서비스수준에 대해서는 서술적으로 그 영향만을 간략 하게 제시하였다.

〈표 13-2〉 버스시설의 종류

시 설 종 류	세 부 시 설
정차 및 정류장 관련시설	분리 정류장 유무, 노외정류장 여부, 버스베이 확보여부 및 버스베이 제원, 정류장 길이(정차면수), 쉼터 및 주변시설, 보행 접근로, 승강장(연석)높이
통행로 및 통행로 관련시설	버스 전용차로 여부 및 종류, 차로 폭
차고지/터미널 관련시설	차고지, 터미널, 정비시설

(3) 효과척도

본 편람에서 제시하는 서비스수준은 아래의 4가지 경우인데, 각 경우에 대한 서비스수준 분석 및 용량산정을 위한 효과척도는 아래와 같다.

- ① 버스 차내용량 : 차량당 승객의 좌석수 또는 면적
- ② 버스의 운행간격(운행빈도) 및 운행시간 : 한 버스 노선 또는 도로축상의 연속된 버스운행간 시간간격 (단위시간당 버스운행회수) 및 하루 중 버스가 운행되는(즉, 서비스가 제공되는) 시간길이
- ③ 버스정류장 정차면(berth) 용량 : 시간당 최대 버스수
- ④ 정류장 용량 : 시간당 버스정류장당 최대버스대수

본 편람에서는 여러 가지 서비스 질을 판단하는 요소 중에서 구체적으로 서비스수준에 대하여 계량적으로 구분할 수 있는 차내용량, 운행간격 및 운행시간, 정차면 용량, 정류장 용량의 4가지 요소에 대해서만 국한하고, 그 외 정류장의 접근성, 버스운행과 관련된 부대시설 그리고 통행로 용량은 향후 과제로 남겼다.

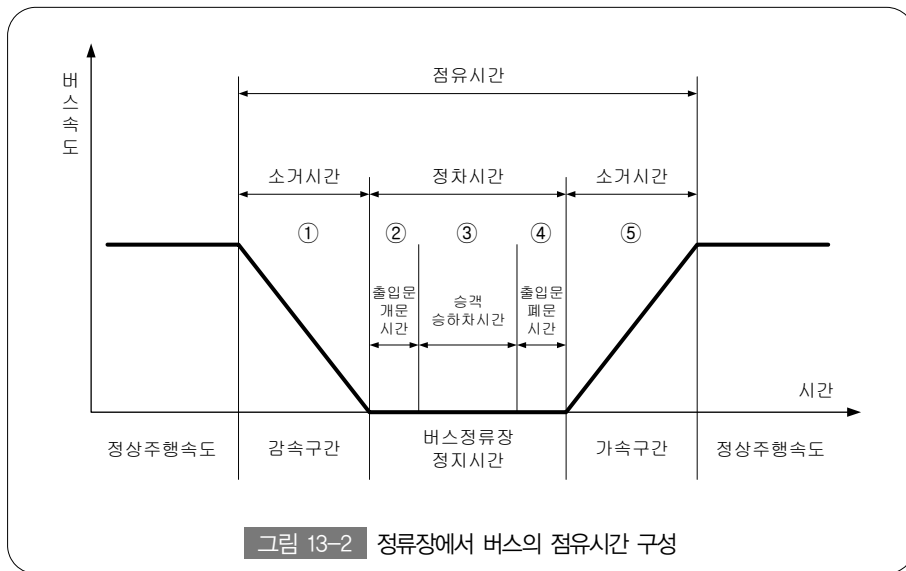
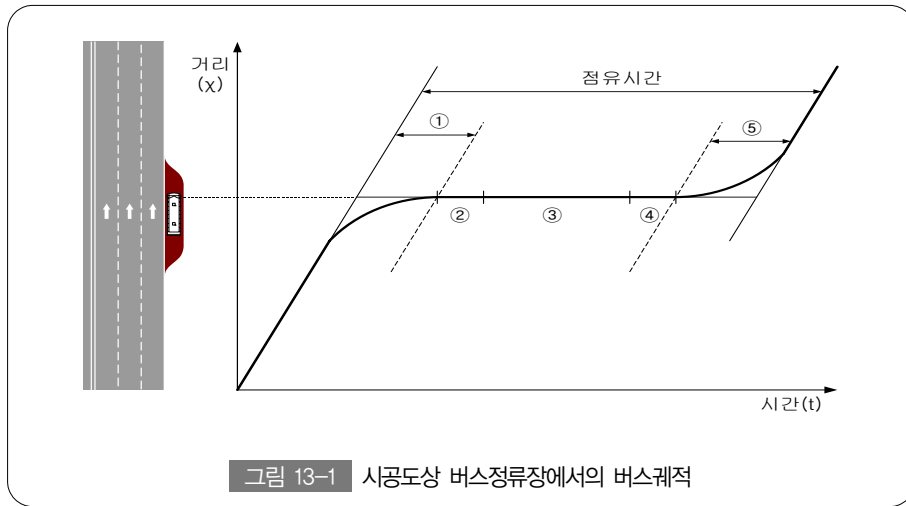
(4) 용어 정의

- 정차면(berth) : 버스정류장내 버스 1대가 정차할 수 있는 공간.
- 정류장 : 승객의 승·하차를 위해 버스가 정차하는 장소.
- 점유시간 : 한 버스가 정류장 정차면을 이용하는데 점유하는 시간으로 정차시간과 소거시간의 합. 정차면을 이용하는 버스의 최소 차두시간이 되기도 함.
- 정차시간(dwell time) : (출입문 여는 시간+승객 승하차시간+출입문 닫는 시간) 버스정류장에 정차해 있을 동안의 시간으로 버스의 바퀴가 멈추었다 출발하는 사이의 시간을 의미.
- 소거시간(clearance time) : 버스가 정류장의 빈 정차면에 진입하는데 소요되는 시간과 정차면을

사용한 후에 다음 버스가 이용할 수 있도록 비워주는데 소요되는 시간의 합으로서 버스가 정차면에 진출입하는데 필요한 감·가속시간이 큰 비중을 차지. 여기서 빈 정차면으로의 진입은 앞 버스의 소거시간 중에 이루어질 수도 있으므로 빈 정차면에 진입하는데 소요되는 시간은 매우 작거나 사실상 0 에 가까움.

- 출입문 개폐시간 : 버스 정차시 출입문이 열리는 시간과 승객 승하차 후 출입문이 닫히는데 소요되는 시간의 합.
- 승객 승하차시간 : 출입문이 열린 후 승객이 승·하차하기 시작한 시간부터 승하차 완료후 출입문이 닫힐 때까지의 소요시간.
- 차량용량 : 일정 시간단위동안 정차면, 정류장 등에서 처리될 수 있는 최대 버스대수.
- 승객용량 : 비합리적인 대기, 위험요소 및 제한 등의 요인 없이 일정한 운영상태 하에서 주어진 시간동안 주어진 공간에 탑승할 수 있는 사람의 수.
- 차내용량 : 한 버스의 차량내 최대 승객탑승용량.
- 연속류 : 차량의 흐름(교통)을 방해하는 신호등, 정지신호 또는 양보신호 등의 고정된 시설이 없는 곳에서의 차량 흐름.
- 단속류 : 차량의 흐름(교통)을 방해하는 신호등, 정지신호 또는 양보신호 등의 고정된 시설이 있는 곳에서의 차량 흐름.
- 정류장 버스대기 비율(t_R) : 정류장 전체 운영시간 중 전체 정차면이 선행버스들로 점유되어, 도착하는 버스들이 정차면에 진입할 수 없어서 정류장의 끝부분에 버스의 대기행렬이 형성되는 시간의 비율.
- 정차면 용량 보정계수(R) : 정류장 버스대기 비율에 따라 정차면의 용량감소분을 보정하는 계수.

버스 정차면 또는 정류장의 용량의 분석을 위해서는 용량에 영향을 주는 요인에 대한 분석이 필요하다. 이러한 요소들 중 가장 중요한 요인은 버스의 정차면 점유시간이고, 용량은 점유시간에 반비례한다. 버스 정차면 또는 정류장에서 버스의 점유시간은 정차면에 진입하기 위한 차량의 감속 및 진입 시간, 출입문 개폐시간, 승객 승하차시간(요금징수방법, 계단높이 등에 따라 다름) 그리고 본 도로로 진입시간 등으로 구성된다. 이러한 점유시간의 구성 및 정의를 시공도상 버스정류장에서 버스궤적과 속도변화의 그림을 통해 살펴보면 <그림 13-1>, <그림 13-2>와 같다.



2 분석방법론 및 분석과정

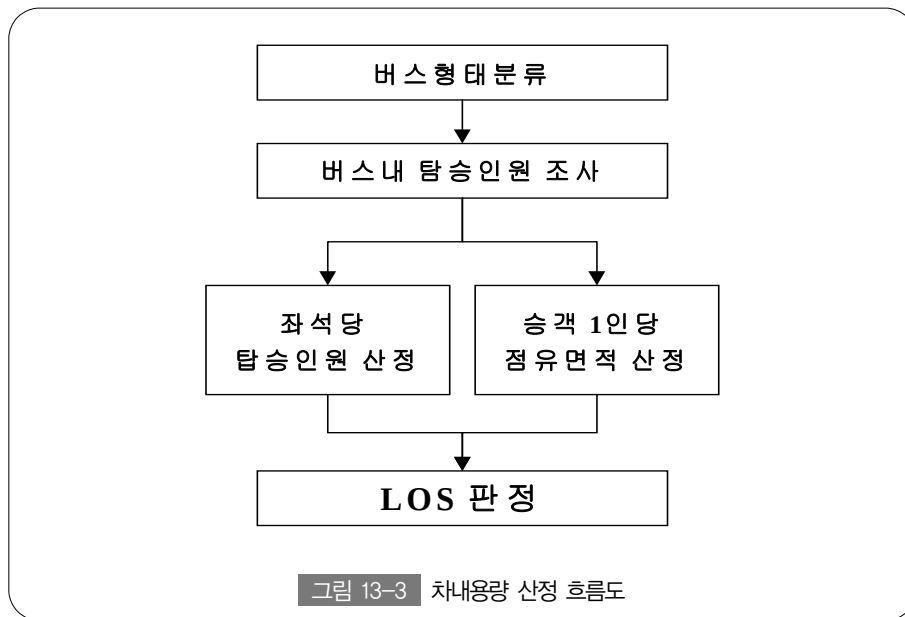
대중교통시설의 각 시설별로 용량 및 서비스수준 분석방법론 및 분석과정을 제시하였다. 본 편람에서는 버스 및 관련시설 중 차내용량, 운행간격 및 운행시간, 정차면 용량, 정류장 용량의 네 가지 형태로 나누어 제시하였다.

(1) 차내용량

본 절에서는 대중교통시설 중 버스의 차내 용량 및 서비스수준을 분석하기 위한 분석과정 및 분석 방법론을 단계별로 제시하고 있다. 제시된 분석과정에 따라 분석대상 차량에 대해 수집한 자료들을 기초로 하여 차내 용량 및 차내 서비스수준을 평가할 수 있다.

버스의 차내용량 및 서비스수준의 경우 <그림 13-3>과 같은 과정을 따라 분석한다.

- ① 버스형태 분류
- ② 버스내 탑승인원조사
- ③ 좌석당 탑승인원(좌석형 버스) 또는 승객 1인당 점유면적 산정(입석형 버스)
- ④ 서비스수준 판정



1) 버스형태 분류

도시내에서 운행되는 버스의 형태는 크게 도시형버스, 순환버스, 일반좌석버스 및 고급좌석버스(광역버스, 시외버스 및 고속버스 포함)의 4가지 형태로 분류할 수 있다. 그러나 4가지 형태의 차량제원을 보면, 먼저 일반 및 고급 좌석버스의 경우 좌석수는 45인+1인(운전자)으로 되어있으며, 입석바닥의 면적도 3.7㎡ 전후로 유사한 값을 보이고 있다. 도시형버스의 경우는 냉난방형 도시형버스와 기존 도시형버스로 운영되고 있는데, 현재 추세를 보면 기존 도시형버스는 줄어들고 있으며, 좌석이 많은

냉난방형 버스로 대체되고 있다. 따라서 여기서는 기존 도시형버스보다는 증가추세에 있는 냉난방형 도시형버스를 중심으로 분석을 하였다. 또한 순환버스의 경우 좌석수는 24인으로 도시형버스에 비해 적고, 입석면적도 그에 비해 적다. 따라서 전체 버스의 종류를 좌석형 버스와 입석형 버스 형태로 대별하여 차내용량 및 서비스수준 분석방법론을 제시하였다.

- 범주 1 : 좌석형 버스(일반 및 고급 좌석버스)
- 범주 2 : 입석형 일반버스(도시형버스, 순환버스)

2) 버스내 탑승인원조사

버스의 종류에 따라 좌석승객, 입석승객 구분 없이 승차하고 있는 총 승객수를 조사한다. 단, 버스 정류장 구간별로 승·하차인원의 변동이 발생하므로, 최대부하구간에서의 재차 인원을 조사한다.

추가 조사내용 및 방법

- 1) 버스형태 분류 조사 : 좌석형, 입석형
- 2) 버스내 탑승인원 조사
 - ① 좌석형 : 좌석당 승객수(좌석수 조사/승객수 조사)
 - ② 입석형 : 승객 1인당 버스내 점유면적(버스의 면적 조사/입석면적 조사/승객수조사)
- 3) 입석승객 유무조사 : 승객 탑승시 입석승객 유무조사

3) 좌석당 탑승인원 또는 승객 1인당 점유면적 산정

분류된 차량의 면적이나 좌석수와 승차한 승객수로 좌석당 탑승인원 또는 승객의 1인당 점유면적을 산정한다.

4) 서비스수준 판정

다음은 우리나라 대도시에서 운영되고 있는 대표적인 버스 차량에 대하여 현재 운영중인 차량의 제원을 기준으로 차량별로 서비스수준의 판단기준을 제시하였다.

(가) 분류기준

- 1) 좌석형 버스에서 서비스수준 A~C는 탑승객 전원이 앉을 수 있는 경우로 한다.
- 2) 상대적으로 수송 거리가 짧고 비용이 낮은 도시형버스는 좌석에 앉을 수 있는 경우는 서비스수준 A와 B에 해당하는 범위로 설정한다.

(나) 좌석형 버스

〈표 13-3〉은 45개의 좌석수를 가진 좌석형 버스에 대하여 좌석당 승객수를 기준으로 서비스수준을 제시한 것이다. 이러한 서비스수준은 0.5/좌석을 서비스수준 A, 좌석당 1인의 승객을 서비스수준 C로 설정하고, 입석공간의 경우 입석승객이 사용할 수 있는 좌석공간 일부 포함한 공간에 대해 보행자시설 중 대가지역의 서비스수준 E의 공간기준을 적용하여 설정하였다.

〈표 13-3〉 좌석형 버스의 차내 서비스수준

구분	인/좌석	탑승인원(명)	면적기준(㎡/인)	비 고
A	≤ 0.50	≤ 22	> 1.05	· 차량면적 23.30㎡ 기준 · 입석면적 3.77㎡ 기준 · 좌석수 45석 기준
B	≤ 0.75	≤ 34	≤ 1.05	
C	≤ 1.00	≤ 45	≤ 0.68	
D	≤ 1.20	≤ 57	≤ 0.51 (≤ 3.77)	
E	≤ 1.37	≤ 70	≤ 0.40 (≤ 0.31)	
F	> 1.37	> 70	≤ 0.33 (≤ 0.15)	

주) () 안의 값은 입석면적에 대한 입석승객 1인당 점유면적

현재 우리나라에서 운행되는 좌석형 버스의 크기, 좌석배치는 상기 표의 비교에 제시된 크기 및 좌석수 이외에도 매우 다양한데, 이러한 경우 앞서 서비스수준 설정 개념을 유사하게 적용할 수 있을 것이다.

그러나 이러한 기준의 적용은 버스의 다양한 운행 여건에 따라서 탄력적으로 적용되어야 할 것이다. 예를 들면, 고속도로나 도시고속도로를 운행하거나, 통행거리가 30분 이상의 장거리인 좌석형버스의 경우 원칙적으로 모든 승객이 좌석을 차지할 수 있어야 할 것이다.

(다) 입석형(도시형, 순환)버스

입석형 버스는 좌석형 버스와 다르게 차내 승객 1인당 점유면적을 기준으로 서비스수준을 나타내었다. 원칙적으로 0.5인/좌석의 승객을 서비스수준 A, 좌석당 1인의 승객을 서비스수준 B로 설정하고, 서비스수준 C이하에 대해서는 입석공간에 대해 앞서 좌석형 버스와 동일한 개념을 적용하여 설정하였다.

〈표 13-4〉 입석형 서비스수준

구분	인/좌석	탑승인원 (명)	면적기준 (㎡/인)		비 고
			도시형	순환버스	
A	≤ 0.50	≤ 15(12)	> 1.70	> 1.34	〈도시형버스〉 · 차량면적 26.37㎡ 기준 · 입석면적 7.5㎡ 기준 · 좌석수 31석 기준
B	≤ 1.00	≤ 31(24)	≤ 1.70	≤ 1.33	
C	≤ 1.30	≤ 40(31)	≤ 0.84	≤ 0.66	
D	≤ 1.60	≤ 50(38)	≤ 0.65	≤ 0.52	〈순환버스〉 · 차량면적 16.05㎡ 기준 · 입석면적 3.48㎡ 기준 · 좌석수 24인 기준
E	≤ 2.00	≤ 62(48)	≤ 0.52	≤ 0.41	
F	> 2.00	> 62(48)	≤ 0.43	≤ 0.33	

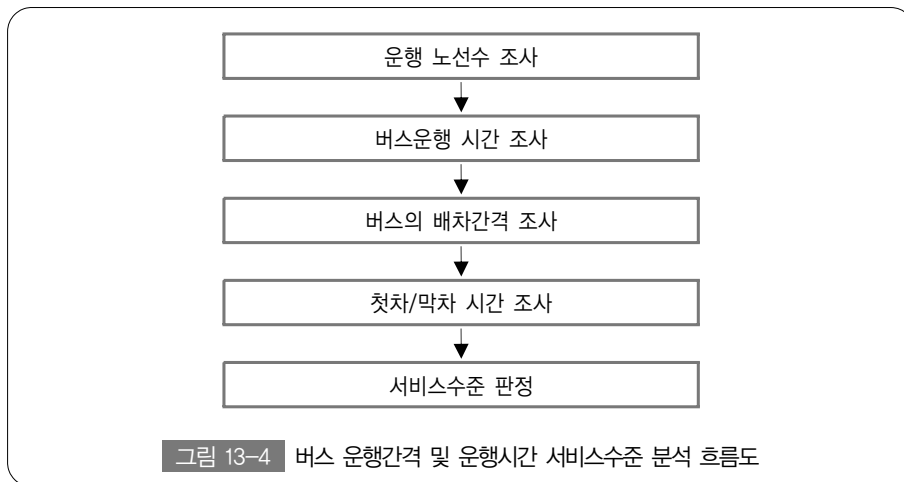
주) () 안은 순환버스

(2) 운행간격 및 운행시간

버스 운행간격 및 운행시간에 대한 서비스수준의 경우 아래의 방법론으로 분석한다.

- ① 운행노선수, 버스운행시간 및 구간내 운행되는 버스의 운행간격 및 운행되는 첫차 및 막차 시간 조사·입력
- ② 서비스수준 판정

본 절에서는 대중교통시설 중 버스의 운행간격 및 운행시간의 서비스수준을 평가하기 위한 단계별 분석절차를 제시한다. 현장에서 구한 값들을 기초로 하여, 본 방법론의 분석과정 절차를 따라서 서비스 수준을 평가할 수 있다.



1) 운행노선수, 버스운행시간, 운행간격 및 첫차 및 막차 시간 조사

본 단계에서는 운행노선수, 버스 운행시간, 운행간격 및 첫차 및 막차 시간 입력을 통하여 우리나라 버스차량의 운행간격에 따른 지역별/시간별 서비스수준을 구한다.

추가 조사내용 및 방법

- ① 도시내 또는 지역내에서 분석대상으로 하는 구간의 기·종점간 운행버스 차두시간(headway) 조사
- ② 도시내 또는 지역내에서 분석대상으로 하는 구간의 기·종점간 운행버스 일 운행시간 조사 (일 운행시간은 첫차에서 막차까지 운행되는 시간)

2) 서비스수준 판정

위의 단계에서 조사된 운행노선수, 버스 운행간격, 운행시간 및 첫차, 막차 시간을 조사하여 <표 13-5>를 적용하여 서비스수준을 판정한다.

<표 13-5> 운행간격에 따른 지역별 서비스수준

LOS	대도시 (특별시, 광역시)	중소도시 (시, 군, 읍)	비 고
A	≤ 3분	≤ 10분	
B	≤ 6분	≤ 20분	
C	≤ 10분	≤ 40분	
D	≤ 15분	≤ 60분	
E	≤ 25분	≤ 100분	
F	> 25분	> 100분	

주) 지역간 버스는 제외(시외, 장거리 수단)

<표 13-6> 버스 운행시간에 따른 서비스수준

LOS	운행시간/일	내 용	비 고
A	> 20시간	새벽부터 늦은 밤까지 서비스 제공	
B	≤ 20시간	새벽부터 저녁까지 또는 아침부터 늦은 밤까지 서비스 제공	
C	≤ 18시간	아침부터 저녁까지 서비스 제공	
D	≤ 16시간	아침부터 이른 저녁까지 서비스 제공	
E	≤ 14시간	낮 동안의 서비스 제공	
F	≤ 13시간	서비스 제공이 부분적으로 제한됨	

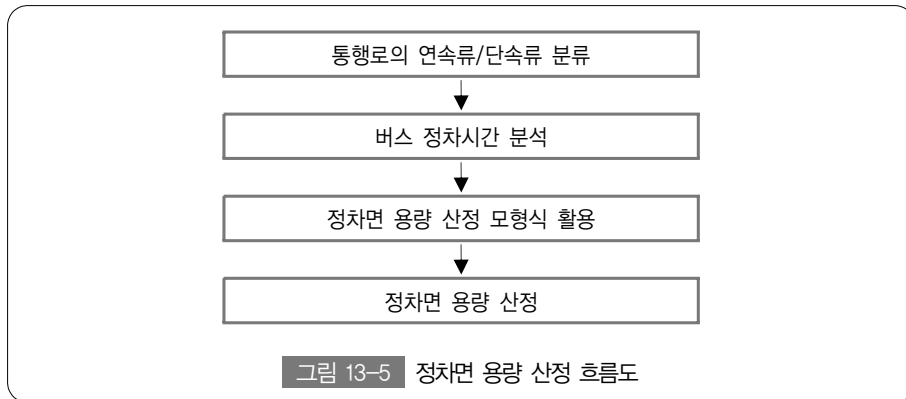
이와 같은 서비스수준의 기준은 권장치이며, 지역적인 특성에 따라 탄력적으로 적용되어야 할 것이다. 특히, 인구밀도가 매우 낮은 군 지역에 대해서는 이러한 기준의 적용에 지역적인 특수성을 감안해야 할 것이다.

(3) 정차면

버스의 정차면 용량의 경우 다음과 같은 분석과정을 따라 분석한다.

- ① 통행로의 연속류/단속류 분류
- ② 버스 정차시간 분석(감·가속시간, 출입문 개폐시간, 승객 승하차인원)
- ③ 정차면 용량 산정 모형식 활용
- ④ 정차면 용량 산정

본 절에서는 대중교통시설 중 버스정차면 용량의 서비스수준을 평가하기 위한 단계별 분석절차를 제시한다. 현장에서 구한 값들을 기초로 하여, 본 방법론의 분석과정 절차를 따라서 정차면의 용량산정 및 서비스수준을 평가할 수 있다.



1) 통행로의 연속류/단속류 분류

먼저 분석하고자 하는 버스정류장의 위치가 교차로나 횡단보도 등 일정한 주기의 단속류 시설을 포함하고 있는 도로인지, 아니면 도시고속도로나 버스전용도로상의 단속류 시설이 없는 연속류로 되어 있는 도로인지를 판단한다.

2) 버스 정차시간 및 감·가속 시간 분석

버스의 감·가속시간, 출입문 개폐시간, 승하차인원 조사는 일반적으로 버스가 승객을 위해 정차하는 시간을 구하기 위함이다. 버스와 일반교통이 분리되지 않는 도로에서 버스가 정차할 때 버스 정차시간은 해당도로의 용량감소에 직접적인 영향을 끼친다.

버스 정차시간은 승객을 위한 승하차시간과 출입문 개폐시간의 합이다. 일반적인 경우 출입문 개폐시간은 2~5초 정도의 값을 갖는다. 이러한 정차시간은 분석대상 지역에서 측정하여 사용할 수 있는 경우에는 직접 측정하여 사용될 수 있다.

〈표 13-7〉 출입문 개폐시간 및 승객 승하차시간 기준

출입문 개폐시간		승객 승하차시간(초/인)						하차시간
도시형 (sec)	좌 석 (sec)	승 차 시 간						
		입석승객이 없는 경우			입석승객이 있는 경우			
		버스카드	거스름 없 음	거스름 있 음	버스카드	거스름 없 음	거스름 있 음	
3.0	3.2	3.2	3.0	5.0	4.2	4.0	5.0	1.5

〈표 13-8〉 버스 종류별 감·가속시간

구 분	버스베이가 있는 경우		버스베이가 없는 경우	
	감속	가속	감속	가속
좌석형 버스	7초	9초	7초	8초
입석형 버스	7초	9.5초	7초	9초

추가 조사내용 및 방법

- 1) 버스 탑승승객의 요금형태 조사
: 비디오 카메라를 사용하여 이용자의 요금형태 비율을 측정
- 2) 버스정류장의 승하차 인원 조사
: 버스정류장에서 버스 정차시 이용자의 승하차 인원을 조사(비디오 촬영 또는 계수기를 이용한 조사)
- 3) 정류장 길이 조사 (정차면수 조사 = 정류장 길이 ÷ 12m)
- 4) 단속류의 경우 유효녹색시간 조사
- 5) 정류장 이용효율 조사(버스가 정류장에 정차하지 못하고 정류장에 진입하기 위한 대기시간 비율 조사) : 비디오촬영
- 6) 탑승인원 조사

3) 정차면 용량 산정

(가) 연속류상 정차면의 차량용량

버스의 통행로에서 정차면의 용량은 크게 버스 전용도로와 같이 버스가 연속류 상태로 운영되는 경우와 도시가로에서 교통신호 등과 같은 지체를 포함하는 경우로 구분할 수 있는데 우리나라의 대부분은 단속류 상태로 운행되고 있다.

연속류상 한 정차면에서 시간당 처리되는 버스의 용량은 (식 13-1)과 같이 수식으로 나타낼 수 있다.

$$c_b = \frac{3,600 R}{h} = \frac{3,600 R}{t_c + t_D} \quad (\text{식 13-1})$$

여기서,

c_b = 정차면당 시간당 최대버스수(vph)

h = 연속된 운행단위간 차두시간(초)

t_c = 소거시간(초)

t_D = 정차시간(초) (= 출입문 개폐시간 + 승객 승하차시간)

R = 정차면 용량 보정계수

(식 13-1)에서 정차면 용량 보정계수 R 은 정류장에서 버스대기 비율 t_R 에 따른 정차면의 용량을 보정하는 계수이다. 정차면을 이용하는 버스들이 동일한 정차면 점유시간, 소거시간을 지니더라도 버스의 도착분포 및 분산정도에 따라 현실적으로 정차면의 용량은 달라질 수 있다. 평균적으로 정차면의 용량을 초과하는 버스의 수요가 있더라도 버스의 도착간격이 일정하지 않고, 분산을 지니고 있으면 임의요소(random factor)에 의해 대기버스가 없고 정차면이 빈 공간으로 사용되지 않는 상태가 발생할 수 있다.

정류장 버스대기 비율은 정류장 전체 운영시간 중 정차면이 선행버스들로 점유되어, 도착하는 버스들이 정차면에 진입할 수 없어서 정류장의 끝부분에 버스의 대기행렬이 형성되는 시간의 비율을 의미한다. 정류장 버스대기 비율이 높을수록 정류장의 이용효율은 높아지고, 결국 한 정차면이 시간당 처리할 수 있는 버스대수는 많아지게 된다. 정차면 버스대기 비율 t_R 은 버스 도착의 이러한 임의 요소를 용량산정에 반영하는 변수이고, R 은 t_R 값에 따라 용량감소분을 적용하는 정차면 용량보정 계수이다.

따라서 버스 정차면의 용량을 산정하기 위해서는 최대 허용 정류장 버스대기 비율을 결정해야 한다. 이를 위해서는 분석 또는 대상지역의 특성을 감안하여 t_R 값을 적절히 가정하여 정차면의 용량분석에 사용하여야 한다. 만약 높은 t_R 값을 가정하면, 용량은 증가하나 정류장에서 버스의 대기행렬이 길어지고, 이는 버스운행의 정시성이 떨어지는 것을 의미한다.

〈표 13-9〉 정류장 버스대기비율에 따른 정차면 용량 산출 보정계수(R)

t_R	1 %	2.5 %	5 %	7.5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	50 %
R	0.682	0.718	0.752	0.776	0.81	0.84	0.87	0.89	0.91	0.95

일반적으로 대부분의 도시지역에서 현실적으로 가능한 최대 정류장 버스대기 비율 t_R 의 값은 25% 정도로 관측되고 있다. 설계시에 적용하는 t_R 값의 권장치는 도시지역에서 10% 내외, 외곽지역에서 5% 내외 정도이다.

(나) 단속류상 정차면의 차량용량

단속류상 한 정차면의 시간당 차량용량은 (식 13-2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$c_b = (g/C) \frac{3,600 R}{h} = (g/C) \frac{3,600 R}{t_c + t_D (g/C)} \quad (\text{식 13-2})$$

여기서,

c_b = 정차면당 시간당 최대 버스수

t_c = 소거시간(초)

t_D = 정차시간(초) (= 출입문 개폐시간 + 승객 승하차시간)

h = 연속된 운행단위간 차두시간(초)

g/C = 유효녹색시간 비율

R = 정차면 용량 보정계수

(4) 정류장 용량

버스의 정류장 용량의 경우 다음과 같은 방법론으로 분석을 한다.

- ① 통행로의 연속류/단속류 분류
- ② 버스 정차시간 분석(감·가속시간, 출입문 개폐시간, 승객 승하차인원)
- ③ 정차면 용량 산정
- ④ 정류장 길이(정차면수)조사
- ⑤ 정류장 용량 산정

전 절의 버스 정차면의 용량을 평가하는 순서에 이어 버스정류장의 용량을 분석하는 방법을 제시한다. 버스정류장의 용량은 정차면의 수 또는 정류장의 길이에 따라 다르게 나타나므로 이에 따른 분석이 이루어진다.

1) 통행로의 연속류/단속류 분류

전 절의 정차면의 용량 분석과정과 같다.

2) 버스 정차시간 분석

전 절의 정차면의 용량 분석과정과 같다.

3) 정차면 용량 산정

전 절의 정차면의 용량 분석과정과 같다.

4) 정류장 길이 조사

〈표 13-10〉은 우리나라 버스정류장의 경험적인 정차대수에 따른 이용효율을 나타내었다. 버스정류장의 길이가 증가할 수록(정차면수 증가) 버스정류장의 이용효율이 낮아지고 있음을 알 수 있다.

즉, 버스정류장의 용량은 버스정류장의 길이가 길어질수록 버스 용량은 길이의 증가에 반비례하여 용량이 감소하게 되어 정류장의 정차면(정류장 길이)의 이용효율이 떨어지게 된다. 따라서 버스정류장을 설계할 때 버스 교통량의 증가에 따라 버스정류장의 길이를 길게 하는 것보다는 버스정류장을 분리시켜 설계를 하여야 한다.

〈표 13-10〉 경험적인 버스 정차대수에 따른 이용효율

정차면수 (정류장 길이)	정 류 장	
	정차면 효율증가 (%)	이용효율계수
1 (24m 미만)	100	1.00
2 (24m 이상)	75	1.75
3 (36m 이상)	50	2.25
4 (48m 이상)	30	2.55
5 (60m 이상)	10	2.65

5) 정류장의 용량

(가) 연속류상 정류장의 차량용량

연속류상 정류장의 시간당 차량용량은 (식 13-3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$c_B = c_b \times N = \frac{3,600 N R}{h} = \frac{3,600 N R}{t_c + t_D} \quad (\text{식 13-3})$$

(나) 단속류상 정차면의 차량용량

단속류상 정류장의 시간당 차량용량은 (식 13-4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$c_B = c_b \times N = (g/C) \frac{3,600 N R}{h} = (g/C) \frac{3,600 N R}{t_c + t_D (g/C)} \quad (\text{식 13-4})$$

여기서,

c_B = 정류장당 시간당 최대 차량수

c_b = 정차면당 시간당 최대차량수

N = 정차면 수(또는 정차면 길이)에 따른 이용효율계수

t_c = 소거시간(초)

t_D = 정차시간(초) (= 출입문 개폐시간 + 승객 승하차시간)

h = 연속된 운행단위간 차두시간(초)

g/C = 유효녹색시간 비율

R = 정차면 용량 보정계수

6) 버스정류장의 사람용량

(가) 연속류상의 사람용량

연속류 버스의 통행로에서 정차면의 사람용량은 (식 13-5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$c_{p.b} = c_B \times P = c_b \times N \times P = \frac{3,600 P N R}{h} = \frac{3,600 P N R}{t_c + t_D} \quad (\text{식 13-5})$$

(나) 단속류상의 사람용량

단속류상의 버스 통행로에서 정차면의 사람용량은 (식 13-6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$c_{p.b} = c_B \times P = c_b \times N \times P = (g/C) \frac{3,600 P N R}{h} = (g/C) \frac{3,600 P N R}{t_c + t_D (g/C)} \quad (\text{식 13-6})$$

여기서,

$c_{p,b}$ = 정차면의 사람용량

P = 차량당 승객수

N = 정차면에 따른 이용효율계수

3 예 제

〈예제 1〉 버스정차시간 계산

한 버스 노선이 도시형버스를 이용하여 도시부 도로를 따라 15개의 버스정류장을 포함하여 운행하도록 계획되어 있다. 노선에 투입될 도시형버스는 출입문이 2개이며 차내 좌석수는 31석으로 되어 있으며 버스정류장은 15개로 이루어지며 가로변 버스정류장으로 되어 있다.

이때 15개 버스정류장에서 정차시간은 얼마인가? 그리고 신설 노선의 개발이 기존 교통상황에 어떤 영향을 줄 것인가? 출입문 개폐시간 및 승객 승하차시간은 다음과 같다.

- 출입문 개폐시간 : 3초
- 3가지 요금체계로 구성(버스카드, 현금)
- 승객당 승차시간 : 버스카드 - 3.2초/인, 거스름 없는 승차 - 3.0초/인, 거스름 받는 현금-5.0초/인)
- 승객당 하차시간 : 1.5초/인
- 승차시 입석승객이 있는 경우 : 승차시 요금형태별 +1초/인 증가

조사에 의하면 정류장별 승객 승하차시간은 아래의 표와 같으며, 요금 이용형태 구성은 버스카드 이용자가 70%, 거스름 없는 현금 이용자가 20%이며, 거스름 받는 현금 이용자가 10%로 나타났다. 버스 이용자는 앞문으로 승차하고 뒷문으로 하차한다.

정류장 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
하차 승객(인)	-	-	1	5	4	3	7	1	5	4	18	15	14	9	11
승차 승객(인)	5	6	10	7	9	7	14	10	9	16	3	-	1	-	-

〈풀 이〉

모든 입력변수는 알려져 있다. 2개의 출입문에서 앞문은 승객들의 승차에 이용되고 뒷문은 승객들의 하차에 이용되며, 승차와 하차시간은 각각의 정류장에서 정차시간이 어떻게 좌우되는지 결정하기 위해 분리되어 계산되어야 한다. 버스에 승차한 승객의 총 수는 버스내 입석승객의 측정을 위해 필요한 요소이다.

1. 입석승객을 포함한 버스가 도착하는 정류장의 결정	정류장 7~12에 도착할 때의 버스의 승객은 31명보다 많다.
2. 승차시간의 계산	승차시간은 승차인원수 곱하기 요금형태에 3.2초, 3.0초, 5.0초이며 입석승객이 있는 경우 각 형태에 따라 1초를 더해준다.
3. 하차시간의 계산	하차시간은 하차승객수 곱하기 1.5초이다.
4. 총정차시간	승하차시간 + 출입문 개폐시간

각 정류장에서의 정차시간의 평가는 다음과 같다.

정류장 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
하차승객(인)	—	—	1	5	4	3	7	1	5	4	18	15	14	9	11
승차승객(인)	5	6	10	7	9	7	14	10	9	16	3	—	1	—	—
탑승인원(인)	5	11	20	22	27	31	38	47	51	63	48	33	20	11	—
정차시간(sec)	19.7	23.04	36.4	26.38	33.06	26.38	49.76	36.4	33.06	56.44	30	21	24	16.5	19.5

① 정류장 1

승차승객만 있고 하차승객은 없음.

버스카드 : (5인 × 0.7 × 3.2초) = 11.2초

정확한 현금 : (5인 × 0.2 × 3.0초) = 3초

거스름 받는 경우 : (5인 × 0.1 × 5.0초) = 2.5초

출입문 개폐시간 : 3초

따라서 각각의 값을 더하면 19.7초임

② 정류장 2 ~ 정류장 10

승차승객이 많으므로 정차시간은 승차승객에 의해 결정되며, 정류장 1과 같은 방법으로 풀이한다.

③ 정류장 11

승차승객이 3명이고 하차승객이 18명이므로 여기서는 하차승객이 많아 하차에 의한 영향만 받음.

$$18\text{인} \times 1.5\text{초} = 27\text{초}$$

출입문 개폐시간 : 3초

따라서 각각의 값을 더하면 30초

④ 정류장 12 ~ 정류장 15

정류장 11과 같은 방법으로 풀이한다.

승차시간은 정류장 1~10 에서 좌우되고, 하차시간은 정류장 11에서 15까지 좌우된다.

도심지내 7번 버스정류장에서 11번 버스정류장간이 정차시간이 길어지게 되기 때문에 가로변 차로에서는 다른 차량들의 실질적인 교통지체를 피하기 위해서는 버스베이 정류장이 고려되어야 할 것이다. 특히, 7번, 10번 버스정류장의 경우는 정차시간이 50초 전후로서 정차시간이 지나치게 길어지기 때문에 분리 버스정류장으로 전환시키는 방법도 신중히 고려되어야 할 것이다. 또한 입석승객이 발생 되는 7번에서 11번 구간의 버스정류장에서는 버스내 혼잡이 발생되므로 운행간격을 좁힐 수 있도록 검토가 되어야 할 것이며, 이 구간내 버스 노선의 신설은 큰 무리가 없다고 할 수 있다.

〈예제 2〉 차내용량 계산

문제 1의 버스정류장에서 정류장 6번에서 정류장 10번까지의 차내 혼잡도(서비스수준)는 어떻게 되는가?
또한 구간내 운행간격은 어떻게 조정되어야 할 것인가?

- 현황은 문제 1에서와 같다.
- 차량면적 : 26.37m^2
- 입석면적 : 7.5m^2

정류장 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
하차 승객(인)	-	-	1	5	4	3	7	1	5	4	18	15	14	9	11
승차 승객(인)	5	6	10	7	9	7	14	10	9	16	3	-	1	-	-

〈풀 이〉

〈표 13-4〉를 참고로 각 정류장별 차내 혼잡도를 알아보면 다음과 같다.

① 정류장 6

입석형 버스는 승객 1인당 버스점유공간을 기준으로 판단하는데 6번 정류장에서는 차내 탑승인원이 31인이므로 전원이 좌석에 앉은 경우가 된다. 따라서 좌석당 승객수는 1.0명/좌석이고, 1인당 점유면적은 0.85㎡/인 이므로, 서비스수준 B 가 된다.

② 정류장 7

차내 탑승인원은 38명 (좌석 31, 입석 7)이고, 1인당 점유면적 : 0.69㎡/인 이므로, 따라서 서비스 수준 C가 된다.

③ 정류장 8

차내 탑승인원은 47명 (좌석 31, 입석 16)이고, 1인당 점유면적은 0.56㎡/인 이므로, 따라서 서비스 수준 D가 된다.

④ 정류장 9

차내 탑승인원은 51명 (좌석 31, 입석 20)이고, 1인당 점유면적 : 0.52㎡이므로, 따라서 서비스수준 E가 된다.

⑤ 정류장 10

차내 탑승인원은 51명 (좌석 31, 입석 32)이고, 1인당 점유면적 : 0.42㎡이므로, 따라서 서비스수준 F가 된다.

6~10번 정류장에서의 차내 혼잡도는 다음과 같다.

정류장번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
하차승객(인)	-	-	1	5	4	3	7	1	5	4	18	15	14	9	11
승차승객(인)	5	6	10	7	9	7	14	10	9	16	3	-	1	-	-
탑승인원(인)	5	11	20	22	27	31	38	47	51	63	48	33	20	11	-
LOS						B	C	D	E	F					

차내혼잡도는 10~11번 정류장 사이의 구간에서 최고를 나타내며, 8~11번 정류장 구간에서 차내 혼잡이 발생되고 있다. 따라서 이 구간내는 침두시나 이용자가 집중되는 시간대는 운행간격을 축소시켜 이용자의 혼잡도를 줄일 수 있도록 검토가 되어야 할 것이다.

〈예제 3〉 운행간격 및 운행시간 계산

문제 1의 버스정류장에서 3번에서 13번까지 중복 운행되는 버스 노선수는 6개 노선이 있다. 이들 각각의 버스 노선은 운행간격이 평균 20분으로 계획되어 있다.

- ① 이 구간을 이용하려는 승객의 운행간격에 대한 서비스수준을 구하여라.
- ② 또한 이 구간내 운행되는 버스는 첫차가 05시 40분에 통과하고, 마지막 버스가 23시 30분에 있다. 이 구간의 버스서비스 운행시간에 대한 서비스수준은 어떻게 되는가?

정류장번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
중복노선수			구간내 5개 노선이 중복 운영되고 있음												

〈풀 이〉

각 정류장별로 차내 혼잡도를 알아보면 다음과 같다.

- ① 6개의 노선이 20분 운행간격으로 운영되고 있다. 따라서 평균적으로 20분에 6대의 차량이 운행되고 있으므로 평균 3.33분에 구간내 통행하는 버스 1대가 도착하고 있다. 따라서 〈표 13-5〉에 의해 대도시 지역내 운행간격에 따라 결정된다. 따라서 이 구간내 이용하려는 승객들의 서비스수준은 서비스수준 B가 된다.
- ② 첫차가 05시 40분, 막차가 23시 30분이므로 17시간 50분이 구간내 버스가 운행되고 있다. 따라서 〈표 13-6〉의 버스 운행시간에 따른 서비스수준에 따라 서비스수준 C가 된다.

3-13번 정류장에서의 운행빈도와 운행시간은 다음과 같다.

정류장 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
운행빈도			3.33분에 1대의 버스 도착 LOS B												
운행시간			17시간 50분 동안 버스가 운행되고 있음 LOS C												

〈예제 4〉 버스 정차면 용량 산정

문제 1 보기에서 오전 첨두시 정류장 10에 대하여

- ① 정차면 1개의 용량을 구하라. 단, 버스대기가 형성되는 시간비율은 30%가 되며, 10번 버스정류장에서는 항상 버스내 입석승객이 존재한다.
- ② 또한 이 버스정류장의 용량은?

〈 정류장 현황 〉

- 문제 1에서의 상황과 같음. $g/C = 0.55$

〈 버스도착 및 정차시 현황 〉

- 버스의 감·가속 시간 : 16초
- 평균 승차인원 : 10명 (카드 : 70%, 거스름 돈 없는 현금 : 20%, 거스름 돈 있는 현금 : 10%)
- 평균 하차인원 : 5명

〈풀 이〉

단속류상 정차면 1개의 용량은 (식 13-2)에 의해 구할 수 있다.

$$c_b = (g/C) \frac{3,600 R}{h} = (g/C) \frac{3,600 R}{t_c + t_D(g/C)}$$

여기서,

c_b = 정차면당 시간당 최대차량수

t_c = 소거시간(초)

t_D = 정차시간(초) (= 출입문 개폐시간 + 승객 승하차시간)

h = 연속된 운행단위간 차두시간(초)

g/C = 유효녹색시간 비율

R = 정차면 용량 보정계수

여기서,

$$t_D = 3\text{초} + (4.2 \times 10 \times 0.7 + 4.0 \times 10 \times 0.2 + 6.0 \times 10 \times 0.1) \quad (\because \text{입석승객이 있으므로})$$

따라서 〈표 13-9〉에서 해당하는 R 값 0.91을 적용하여 위 식에 의해 정차면 1개의 용량을 구하면

$$c_b = (g/C) \frac{3,600 R}{t_c + t_D(g/C)} = (0.55) \frac{3,600 \times 0.91}{16 + 43.4(0.55)} = 45 \text{ 대-버스/h}$$

따라서 10번 버스정류장의 정차면 1개당 첨두시 용량은 45대-버스/h가 된다.

〈예제 5〉 버스정류장 용량 산정

예제 1 보기에서 오전 침두시 정류장 10에 대하여 이 버스정류장의 용량은?
단, 버스정류장의 길이는 50m 이며, 버스 정차면 1개의 길이는 12m로 가정한다.

〈풀 이〉

단속류 상 정차면 1개의 용량은 아래의 식에 의해 구할 수 있다.

$$c_B = c_b \times N = (g/C) \frac{3,600 NR}{h} = (g/C) \frac{3,600 NR}{t_c + t_D(g/C)}$$

여기서,

N = 정차면 수(또는 정차면 길이)에 따른 이용효율계수

이 버스정류장의 용량은 버스정류장의 길이가 50m이므로 4개의 정차면이라 할 수 있다. 따라서 정차면 수에 따른 이용효율을 보면 〈표 13-10〉에서와 같이 정차면이 4개인 경우 정차면 수 1개에 대하여 2.55배의 효율을 가질 수 있으므로 정차면 1개의 용량 $\times$ 2.55가 된다. 따라서 10번 버스정류장의 용량은 (예제 4에서 구한 정차면 1개의 용량) $\times$ 2.55, 즉 $45 \times 2.55 = 115$ 대-버스/h 가 된다.

10번 정류장에서의 오전 침두시 정류장의 용량은 115대-버스/h가 된다. 따라서 10번 버스정류장은 혼잡한 정류장으로서 정류장에서 버스가 정차하는 시간이 길다. 그러므로 10번 버스정류장은 정류장을 분리시키거나 버스정류장의 형태를 버스베이 형태로 하여 정류장에서 버스의 처리용량을 증가시켜야 한다.

〈예제 6〉 버스승객 용량 산정

문제 4에서와 같이 10번 버스정류장이 포함된 버스 통행로에서 침두 1시간 동안 얼마나 많은 사람들을 수송할 수 있는가?

〈 정류장 현황 〉 : 문제 4와 같다.

- 모든 버스의 평균 승차인원 55명/버스 이다.

〈풀 이〉

단속류상 버스 통행로에서 정차면의 사람통행용량은 (식 13-6)에 의해 다음과 같이 구할 수 있다.

$$c_{p.b} = c_B \times P = c_b \times N \times P = (g/C) \frac{3,600 P N R}{h} = (g/C) \frac{3,600 P N R}{t_c + t_D(g/C)} \text{에서}$$

$$c_{p.b} = c_B \times P = 115 \times 55 = 6,325 \text{명/h}$$

제안된 운영상태 하에서 이 도로는 도로의 10번 탑승지점에서 시간당 6,325 명의 승객을 수송할 수 있다. 만일 이 도로의 버스차량의 용량이 55대에서 분리정류장이나 버스베이 등의 설치로 60대로 증가시킨다면 이 구간내 탑승인원 수송용량은 6,900명이 된다. 따라서 버스정류장에서의 버스 처리용량은 버스통행량과 버스 수송능력 면에서 매우 중요한 역할을 하고 있다.

〈부록 A〉 부호 정의

- c_b = 정차면당 시간당 최대버스수(vph)
- h = 연속된 운행단위간 차두시간(초)
- t_c = 소거시간(초)
- t_D = 정차시간(초) (= 출입문 개폐시간 + 승객 승하차시간)
- R = 정차면 용량 보정계수
- g/C = 유효녹색시간 비율
- c_B = 정류장당 시간당 최대 차량수
- N = 정차면 수(또는 정차면 길이)에 따른 이용효율계수
- $c_{p.b}$ = 정차면의 사람용량
- P = 차량당 승객수

제14장 | 보행자 시설

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 방법론
3. 분석 과정
4. 예 제

1 개요

보행자시설은 자동차의 통행이 배제된 상태에서 보행자만의 통행을 위한 시설로, 보행자도로, 신호횡단보도, 계단, 대기공간 등이 있다. 보행자가 이용하는 시설에 따라 그 특성이 다르며, 이에 따른 서비스수준도 시설별로 효과척도를 달리하게 된다.

(1) 보행자 시설의 유형

보행자가 목적지에 도달하기까지 보도, 계단, 신호횡단보도 등 다양한 형태의 보행자 시설을 이용하게 된다. 보행자 시설을 이용하는 보행자는 시설별로 그 특성을 달리하며, 시설별 보행자특성과 용량 및 서비스수준은 보행 통행체계의 운영 및 설계에 중요한 요소가 된다. 분석을 위한 보행자 시설의 유형은 다음과 같다.

- 보행자도로 : 지하철 역내의 보행자전용도로, 보도, 쇼핑물, 터미널 내에서 자동차의 통행이 배제된 상태에서 보행자 등 저속교통 수단이 전용으로 이용할 수 있는 도로 시설로 주택지나 상업지의 폭이 좁은 소규모 도로에서는 보행과 자동차 등이 혼용되는 도로가 있을 수 있다.
- 계단 : 계단은 입체횡단시설로서, 지하도, 육교, 주요 터미널의 접근 시설 등과 같은 보행자의 통행을 위한 공간이다.
- 대기공간 : 횡단보도에서의 대기공간이나 지하철 역사, 대합실, 매표소, 엘리베이터 내 등과 같이 보행자가 밀집하여 대기하고 있는 공간이다.
- 횡단보도 : 보행자의 차도부 횡단을 위한 도로 구간을 말한다.

(2) 용어 정의

- 보행교통류율 : 대상지역의 보행교통량을 단위시간(1분)동안 단위길이(1m)를 통과한 보행자의 수로 환산한 것으로 단위는 인/분/m.
- 보행점유공간 : 보행자 1인이 이용 가능한 공간의 크기를 의미하며 단위는 m^2 /인.

- 유효보도폭 : 실제 보도폭에서 보도 상에 설치되어 보행에 지장을 주는 시설의 방해폭원을 제외한 폭원으로 보행자가 이용할 수 있는 최소 폭원.
- 방해폭원 : 시설에 의해 방해를 받는 보도의 폭을 의미.
- 보행자 평균지체 : 보행자가 차로를 횡단하기 위해 신호횡단보도에서 신호에 의해 겪게 되는 평균 지체를 의미.

2 방법론

(1) 보행교통류 기본 변수

보행과 관련된 교통류는 보행자 시설의 분석과 정립 과정에서 기본적인 관계식으로 이용된다. 보행자 시설의 각 유형별로 보행교통량-속도-밀도-보행자점유공간의 보행교통류 관계를 통해 효과척도가 정해지면 이 결과를 이용하여 서비스수준을 판정하기 위한 방법이 결정된다. 보행자시설의 보행교통량-보행속도-보행밀도 관계는 (식 14-1)을 기본으로 하고 있다.

$$V = S \times D \quad (\text{식 14-1})$$

여기서,

$$V = \text{보행교통류율(인/분/m)}$$

$$S = \text{보행속도(m/분)}$$

$$D = \text{보행밀도(인/m}^2\text{)}$$

한편, 보행자 점유공간은 보행자 밀도에 대한 역수에 해당하는 개념으로서 보행자 1인당 이용 가능한 공간의 크기를 의미하며 보행교통량-속도-점유공간 사이에는 (식 14-2)를 기본으로 한다.

$$V = \frac{S}{M} \quad (\text{식 14-2})$$

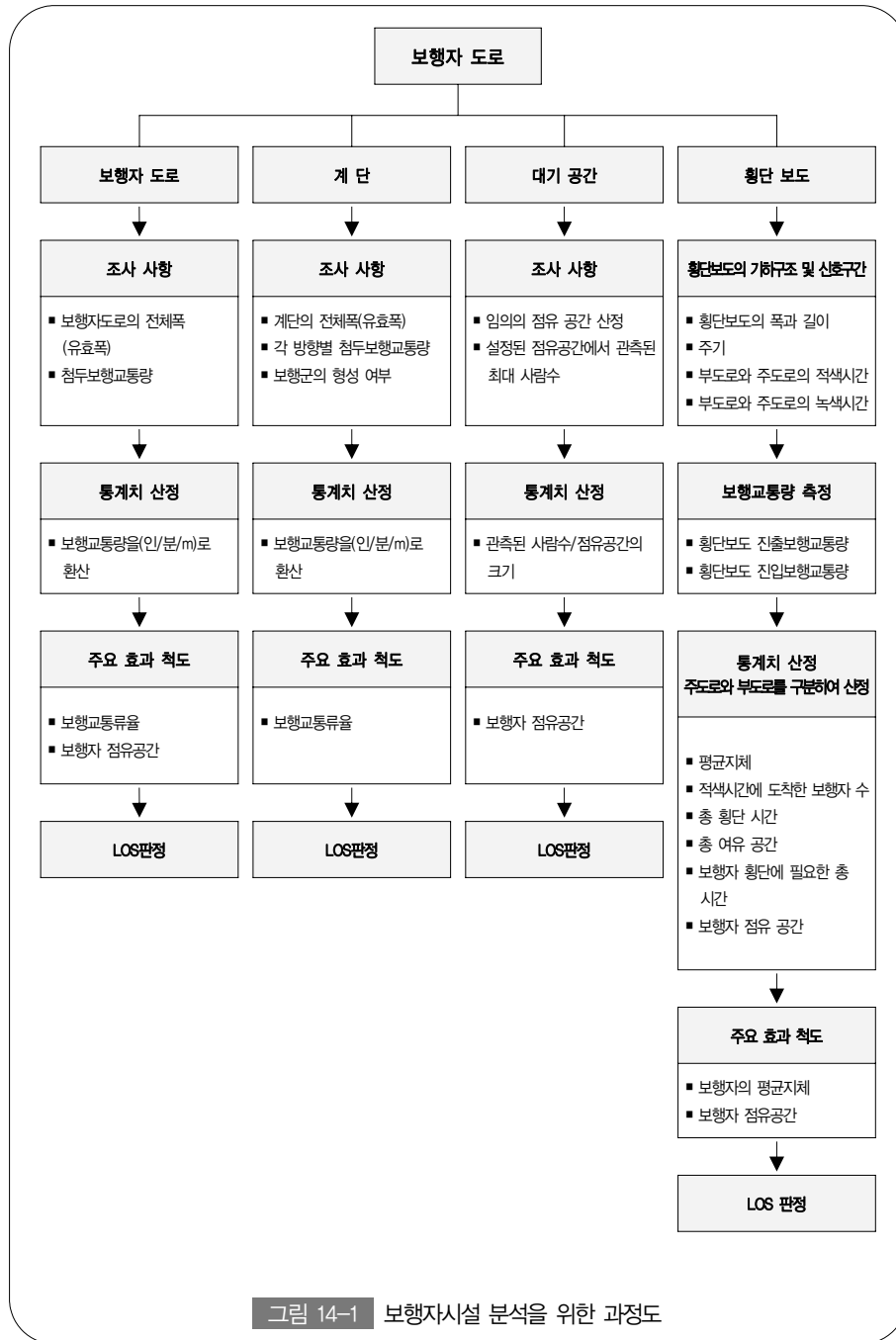
여기서,

$$V = \text{보행교통류율(인/분/m)}$$

$$S = \text{보행속도(m/분)}$$

$$M = \text{보행점유공간(m}^2\text{/인)}$$

(2) 보행자시설 분석을 위한 과정도



(3) 효과 척도

서비스수준을 결정하는 척도를 효과척도라 한다. 보행자 시설별 주요 효과 척도는 다음과 같다.

- ① 보행자도로 : 보행교통류율, 보행점유공간, 보행밀도, 보행속도
- ② 계 단 : 보행교통류율
- ③ 대기공간 : 보행점유공간
- ④ 신호횡단보도 : 평균 보행자 지체, 보행점유공간

1) 보행자 도로

보행자 도로의 효과척도는 보행교통류율, 보행점유공간, 보행밀도, 보행속도 등을 사용하고 있다. 보행자가 이용 가능한 보행자도로와 보도 등 보행자 공간은 가로수, 전신주, 방호책, 건물 주차장 진출입로 등 다양한 요인에 의해 방해를 받게됨으로, 실지의 도로 폭에서 이러한 방해부분을 제외한 보도폭(유효보도폭)을 산정하여 보행교통량을 보행교통류율로 환산하여 보행자 공간의 서비스수준을 판정하여야 한다.

2) 계 단

계단에서도 보행자 도로와 마찬가지로 기본적인 교통류 관계가 성립한다. 계단의 주요 효과척도로는 보행교통류율을 사용한다. 계단에서의 보행특성은 평상시에 군(platoon)을 이루지 않고 독립적으로 보행하는 것이 일반적이다. 터미널이나 대중교통 환승시설과 같은 특수한 경우에는 다수의 보행자에 의해 군(platoon)을 이루어 동일방향으로 보행하는 경우가 있는데 이 두 경우에는 보행자의 특성이 차이를 보이게 된다. 따라서, 계단에서의 서비스수준은 보행자가 군(platoon)을 이루는 경우와 이루지 않는 경우로 나누어 분석한다.

3) 대기공간

보행자도로의 서비스수준 척도로서 사용되는 보행자의 사용 가능한 공간의 개념은 대기공간에도 적용된다. 보행자는 대기공간에서 서비스를 받기 위해 일시적으로 대기하게 되며, 이 때 보행자가 느끼는 서비스수준은 각 보행자가 차지하는 점유공간과 관계된다. 따라서, 대기공간의 효과척도는 평균점유 공간으로 한다. 대기공간의 서비스수준을 판정하기 위해서는 한사람이 차지하는 점유공간의 대소를 판단하여야 하는데, 이는 한국인의 표준체형을 근거로 한다.

4) 신호횡단보도

신호횡단보도는 신호에 의해 제어되는 횡단시설로 도로를 횡단하기 위한 보행자는 신호에 의해 지체를 겪게된다. 신호횡단보도의 효과적도는 보행자가 차로를 횡단하기 위해 경험하는 평균지체를 사용한다. 신호횡단보도의 효과적도인 평균지체는 횡단보행자수에 의해 추가적으로 지체되지 않는다는 가정 하에 산출된다. 신호횡단보도에서의 주 효과적도는 평균지체이지만, 횡단 시 보행자가 느끼는 혼잡정도를 표시하기 위해 보조 효과적으로 점유공간의 크기를 이용한다.

(4) 서비스수준

1) 보행자도로

보행자도로의 효과적도로는 보행교통류율과 보행점유공간이 쓰이며, <표 14-1>은 보행자 서비스수준을 나타낸다.

<표 14-1> 보행자 서비스수준

서비스수준	보행교통류율 (인/분/m)	점유공간 (㎡/인)	밀도 (인/㎡)	속도 (m/분)
A	≤ 20	≥ 3.3	≤ 0.3	≥ 75
B	≤ 32	≥ 2.0	≤ 0.5	≥ 72
C	≤ 46	≥ 1.4	≤ 0.7	≥ 69
D	≤ 70	≥ 0.9	≤ 1.1	≥ 62
E	≤ 106	≥ 0.38	≤ 2.6	≥ 40
F	-	< 0.38	> 2.6	< 40

보행교통류의 교통량-속도-밀도-보행자점유공간의 관계를 통해 얻어진 보행교통류율-속도 관계를 그래프로 표시했을 때 기울기의 변화가 두드러진 점을 기준으로 <표 14-1>같이 서비스수준 A-E 까지 구분하였고 서비스수준 E 값을 벗어나면 서비스수준 F로 판정한다. 보행자도로의 서비스수준은 단순히 제공되는 보행공간의 크기만 비교하여 결정하는 것이 아니라 보행자의 안전성, 편리성, 쾌적성을 고려하여야 한다.

2) 계 단

계단에서의 서비스수준 기준 값은 보행자가 군(platoon)을 이루었을 경우와 이루지 않았을 경우로 나누어 제시된다. 먼저, 보행자가 군(platoon)을 이루지 않았을 때의 서비스수준은 <표 14-2>와 같다.

〈표 14-2〉 비 보행군일 때의 서비스수준

서비스수준	보행교통류율 (인/분/m)
A	≤ 18
B	≤ 20
C	≤ 25
D	≤ 32
E	≤ 52
F	-

주로 터미널이나 지하철 환승통로의 계단에서 관측될 수 있는 보행자가 군(platoon)을 이루어 통행하는 경우의 서비스수준은 〈표 14-3〉과 같다.

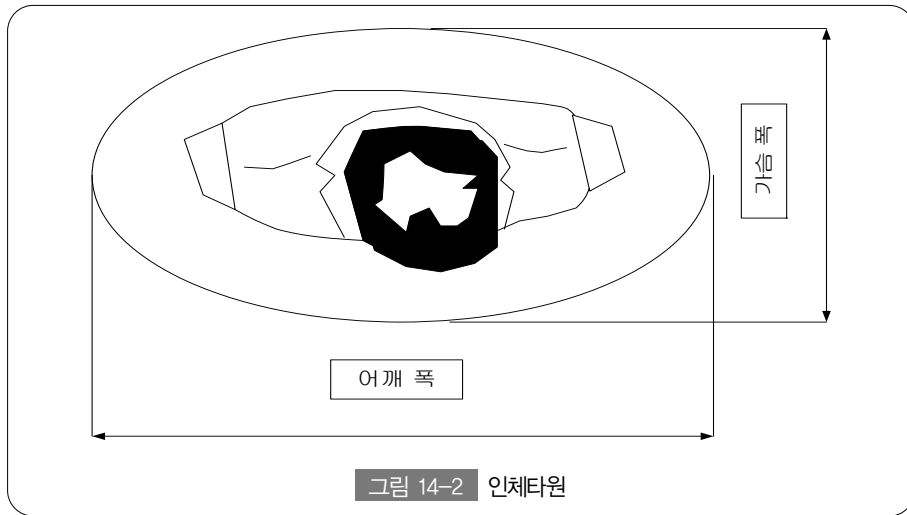
〈표 14-3〉 보행군일 때의 서비스수준

서비스수준	보행교통류율 (인/분/m)
A	≤ 43
B	≤ 50
C	≤ 65
D	≤ 69
E	≤ 74
F	-

보행자가 군(platoon)을 이루어 통행할 경우의 용량 값은 74인/분/m으로 보행자군 형성시가 그렇지 않은 경우에 비해 높다.

3) 대기공간

대기공간에서의 서비스수준을 판정하기 전에, 먼저 한국인의 표준체형을 근거로 하여 한 사람당 차지하는 점유공간을 산정한다. 한 사람이 차지하는 점유공간은 어깨폭과 가슴폭을 곱한 면적으로 〈그림 14-2〉와 같다.



〈표 14-4〉은 한국인의 표준체형이다.

〈표 14-4〉 한국인의 표준체형

	어깨 폭	가슴 폭
평 균	39.0cm	32.7cm
90-percentile	39.5cm	33.5cm
95-percentile	39.9cm	37.2cm

자료: 한국표준과학연구원(1999)

한국인의 표준체형은 한국표준과학연구원에서 제시한 95-percentile의 어깨 폭 및 가슴폭을 기준으로 여유폭을 포함한 면적은 약 0.2㎡이며, 이 값이 서비스수준 E의 기준이 된다. 〈표 14-5〉는 한국인의 표준 체형을 근거로 한 대기공간에서의 서비스수준이다.

〈표 14-5〉 대기공간에서의 서비스수준

서비스수준	점유공간(㎡/인)	밀도(인/㎡)
A	≥ 1.0	≤ 1.1
B	≥ 0.8	≤ 1.6
C	≥ 0.6	≤ 2.0
D	≥ 0.4	≤ 2.5
E	≥ 0.2	≤ 5.0
F	< 0.2	> 5.0

4) 신호횡단보도

신호횡단보도에서의 서비스수준은 보행자가 횡단보도를 횡단하기 위해서 대기하는 평균 보행자지체 및 보행자가 횡단보도를 횡단하는 점유공간의 크기에 의해서 결정된다. <표 14-6>은 신호횡단보도에서의 평균 보행자지체의 서비스수준 기준 값이며 신호횡단보도에서의 보행자 점유공간의 서비스수준 기준은 <표 14-1>에 따른다.

<표 14-6> 신호횡단보도 서비스수준

서비스수준	평균 보행자지체(sec/인)
A	< 15
B	≤ 30
C	≤ 45
D	≤ 60
E	≤ 90
F	> 90

3 분석 과정

분석과정은 운영상태 분석과 계획 및 설계 분석으로 구분된다. 보행자 시설의 운영 상태 분석은 기존도로 운영상태 또는 장래에 계획·설계·운영될 보행자도로의 서비스수준을 분석하는 데 이용된다. 보행자 시설의 계획 및 설계분석은 주로 적절한 서비스수준을 제공하는 보행자 시설의 제원을 결정하기 위한 것이다.

(1) 운영상태 분석

보행자 시설의 현재 또는 미래의 운영상태를 분석하는 목적은 해당 시설의 서비스수준을 결정하여, 기존 보행자 도로 시설의 효율적인 운영방안을 모색하거나 향후 보다 나은 개선안을 제시하는데 있다.

1) 보행자도로

(가) 기하구조 및 보행교통량 조사

보행자도로의 운영상태를 분석하기 위해서 다음과 같은 자료를 수집한다.

- ① 보행자도로의 보도폭
- ② 보행자도로의 유효보도폭
- ③ 보행교통량

(나) 서비스수준 분석절차

보행자도로의 서비스수준 분석절차는 다음과 같이 3단계로 나누어 분석한다.

- ① 제 1단계 : 분석대상의 기하구조를 측정하고 유효보도폭을 산정한다.

$$W_E = W_T - W_O \quad (\text{식 14-3})$$

여기서,

W_E = 유효보도폭

W_T = 실제보도폭

W_O = 시설에 의해 방해를 받는 보도의 폭(<표 14-7>참조)

- ② 제 2단계 : 조사된 침투 15분 보행교통량을 보행교통류율로 환산한다.

$$V_P = \frac{V_{15}}{15 W_E} \quad (\text{식 14-4})$$

여기서,

V_P = 보행교통류율(인/분/m)

V_{15} = 15분간의 보행교통량

- ③ 제 3단계 : 환산된 보행교통류율 V_P (인/분/m)는 <표 14-1>에 의해 서비스수준(LOS)을 결정한다.

(다) 유효보도폭 산출 방법

보행자가 이용가능한 보행자 공간을 가로수, 전신주, 방호책, 건물 주차장 진출입로 등 다양한 요인에 의해 방해를 받게 된다. 유효보도폭은 실제의 도로폭에서 이러한 방해부분을 제외하여 산정하게 된다. 따라서, 이러한 보행 방해 요소를 감안하여 도로의 유효보도폭을 결정하여야 한다.(유효보도폭 $W_E = W_T - W_O$)

〈표 14-7〉 보행자도로에서 보행지장 요인에 의한 방해 폭원

보행 지장 요인	방해 폭원 (m)
가로등 기둥	0.8 ~ 1.1
신호제어기 및 기둥	0.9 ~ 1.2
소 화 전	0.8 ~ 0.9
도로표지판	0.6
우 체 통	1.0 ~ 1.1
공중전화 부스	1.2
쓰레기통	0.9
연 석	0.5
지하철 계단	1.7 ~ 2.1
가 로 수	0.6 ~ 1.2
가로수 보호대	1.5
기 등	0.8 ~ 0.9
현관 계단	0.6 ~ 1.8
회 전 문	1.5 ~ 2.1
배관연결	0.3
차양기둥	0.8

2) 계 단

계단에서의 서비스수준은 계단에서 보행자가 군(platoon)을 형성하느냐의 여부에 따라 각각 다른 서비스수준을 적용한다. 계단의 서비스수준 산정을 위해서는 계단의 기하구조 및 보행교통량과 보행 속도를 구하는 것이 필요하다.

(가) 기하구조 및 교통 조건의 조사

계단의 운영상태를 분석하기 위해서는 다음과 같은 자료를 수집한다.

- ① 계단의 유효보도폭
- ② 계단의 수평 길이
- ③ 보행교통량
- ④ 보행 속도
- ⑤ 보행군(platoon)의 형성 여부

(나) 서비스수준 분석절차

계단의 서비스수준 분석 절차는 다음과 같이 5단계로 나누어 분석한다.

- ① 1단계 : 분석 대상 지역의 기하 구조를 측정한다.
유효보도폭을 측정하기 어려운 경우 계단의 전체 폭 혹은 보행 가능 폭을 사용한다.
- ② 2단계 : 첨두시간대의 첨두 15분 보행교통량을 관측한다.
- ③ 3단계 : 분석 대상 계단에서 보행군(platoon)의 형성 여부를 관측한다.
분석 대상 계단이 터미널이나 환승역일 경우, 첨두 15분 관측보행량이 450인/15분/m 이상일 때 보행군 형성으로 간주한다. 즉, 인/분/m가 30인 이상인 경우로 한정한다.
보행군은 주로 출·퇴근 시간의 지하철 환승역과 같은 대규모 교통유발시설과 같이 보행자의 통행수요가 많은 계단에서 관측되기 때문에 먼저, 계단의 특성을 고려하여 현장 관측을 통해 보행군 형성여부를 결정한다.
- ④ 4단계 : 관측된 보행교통량을 분당 계단의 유효보도폭 또는 보행 가능 폭으로 나누어 보행 교통류율(flow rate)로 환산한다.(인/분/m)
- ⑤ 5단계 : 보행군(platoon)의 형성 여부에 따라 <표 14-2>와 <표 14-3>에 따라 서비스수준 결정한다.

3) 대기공간

보행자 대기공간은 보행자를 위한 시설과 연계되어 설치되기 때문에 보행자 시설 설계 시 매우 중요한 항목이다. <표 14-5>에 제시된 서비스수준에 따라 보행자 대기공간을 계획할 수 있다.

(가) 서비스수준 분석절차

대기공간의 서비스수준 분석절차는 다음과 같이 4단계로 나누어 분석한다.

- ① 1단계 : 분석 대상 지역에서 대기공간을 설정한다.
- ② 2단계 : 설정된 대기공간의 면적을 계산한다.
- ③ 3단계 : 분석시간을 10초에서 30초 간격으로 하여 대기공간 안의 최대 사람 수를 첨두 5분 동안 측정한다.
- ④ 4단계 : 설정된 대기공간의 면적을 최대 관측 사람 수로 나누어 <표 14-5>에 의해 서비스수준을 판정한다.

4) 신호횡단보도

신호횡단보도에서의 주요 효과척도는 보행자 평균지체 또는 횡단보도 점유공간이다. 이 기준은 기존의 신호 횡단보도의 서비스수준 분석과 장래에 계획될 횡단보도의 서비스수준을 분석하는데 사용한다. 신호횡단보도 서비스수준 분석절차는 보행자 평균지체를 이용하여 서비스수준을 판정하는 방법과

횡단보도를 건너는 보행자의 점유공간을 이용하여 서비스수준을 판정하는 방법이 있다. 보행자 평균 지체를 이용하여 서비스수준 분석하는 방법은 주로 횡단보도의 운영상태 분석을 위한 것이고 횡단 보도 점유공간을 이용하여 서비스수준 분석을 하는 방법은 주로 적정한 횡단보도의 폭원을 구하기 위한 것이다.

(가) 서비스수준 분석절차.

① 보행자 평균 지체에 의한 분석절차

신호횡단보도에서 보행자 평균 지체를 이용하여 서비스수준을 분석하는 절차는 다음과 같이 3단계로 나누어 분석한다.

- 제 1단계 : 분석 대상 신호교차로 주기와 유효 녹색시간 측정한다.
- 제 2단계 : (식 14-5)를 통해 평균 보행자 지체 산정한다.

$$d_p = \frac{(C-g)^2}{2C} \quad (\text{식 14-5})$$

여기서,

d_p = 평균 보행자 지체(초)

g = 보행자의 유효녹색시간(초)

C = 주기(초)

- 제 3단계 : <표 14-6>에 의해 서비스수준 판정한다.

② 횡단보도 점유공간에 의한 분석 절차.

횡단보도 점유공간크기에 따른 점유공간 이용하여 서비스수준을 분석하는 절차는 다음과 같이 5단계로 나누어 분석한다.

- 제 1단계 : (식 14-6)에 따라 보행자의 총 횡단시간 결정한다.

$$t = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.81 \frac{N_{ped}}{W_E}), \quad W_E > 4.0m \quad (\text{식 14-6})$$

여기서,

t = 총 횡단시간(초)

L = 횡단보도 길이(m)

S_p = 보행자의 평균 속도(m/s)

N_{ped} = 한 주기 동안 횡단한 보행자(인)

W_E = 유효 횡단보도 폭(m)

3.2 = 보행자 start-up time(초)

(선행 보행군(platoon)의 선두보행자와 마지막보행자가 횡단보도에 완전히 진입할 때까지의 시간)

- 제 2단계 : (식 14-7)에 따라 시-공간 면적을 결정한다.

$$TS = LW_E((WALK + FDW) - \frac{L}{2S_p}) \quad (\text{식 14-7})$$

여기서,

TS = 시-공간 면적(m^2 - 인)

L = 횡단보도 길이(m)

W_E = 유효 횡단보도 폭(m)

$WALK + FDW$ = 횡단보도에서의 유효 보행자 녹색시간 (초)

S_p = 보행자의 평균 속도(m/s)

- 제 3단계 : (식 14-8)에 따라 총 횡단보도 점유시간 결정한다.

$$T = (V_i + V_o)t \quad (\text{식 14-8})$$

여기서,

T = 총 횡단보도 점유시간(인-초)

V_i, V_o = 방향별 횡단 보행자 수(인)

t = 총 횡단시간(초)

- 제 4단계 : (식 14-9)에 따라 신호교차로 횡단보도 점유공간 결정한다.

$$M = \frac{TS}{T} \quad (\text{식 14-9})$$

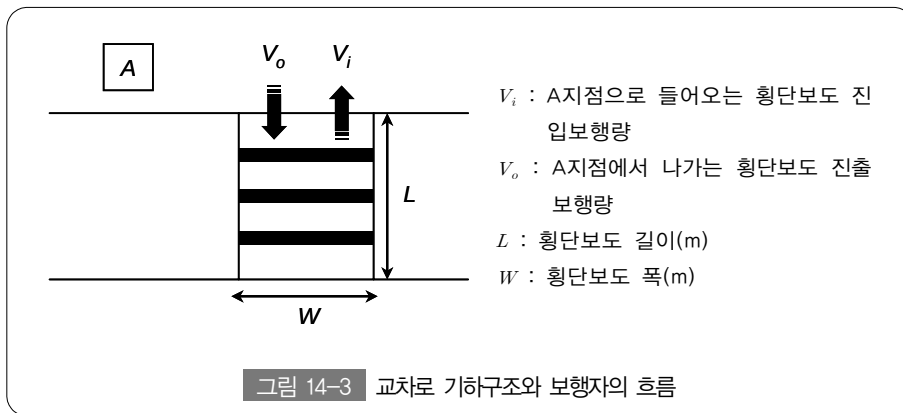
여기서,

M = 보행자 당 횡단보도 점유공간(m^2 /인)

TS = 시-공간 면적(m^2 - 초)

T = 총 횡단보도 점유 시간(인-초)

- 제 5단계 : <표 14-1>에 제시된 점유공간의 값에 따라 서비스수준을 판정한다.



(2) 계획 및 설계 분석

계획 및 설계를 위한 분석은 장래의 추정 보행교통량 및 보행 교통 조건에 따라 요구되는 서비스수준에 적절한 보행자 시설의 필요한 폭원을 결정하는 분석이다.

1) 보행자도로

보행자도로의 계획·설계를 위한 보행자도로의 폭원을 결정하기 위한 방법은 다음과 같이 4단계로 나누어 분석한다.

- ① 1 단계 : 계획·설계 목표 년도의 보행자도로의 수요 보행교통량을 추정한다.
- ② 2 단계 : 추정된 수요 보행교통량을 일분 보행교통량(인/분)으로 환산한다.
- ③ 3 단계 : 장래에 요구되는 서비스수준에 i 대한 서비스 보행교통류율(SV_i)을 산정한다.

(〈표 14-1〉 참조)

- ④ 4 단계 : 보행자도로의 유효보도폭을 계산한다.

$$W_E = \frac{V}{SV_i} \quad (\text{식 14-10})$$

여기서,

W_E = 유효보도폭(m)

V = 장래의 수요 보행교통량(인/분)

SV_i = 서비스수준 i 에서의 서비스 보행교통류율(인/분/m)

유효보도폭은 보행자도로에서 보행자가 시설물에 방해받지 않고 이용하는 최소 폭원이므로 여유폭에 대한 고려와 보행자도로에 다른 시설물을 설치할 경우 보행자가 시설물에 의해 방해받게 되는 폭원(<표 14-7> 참조)에 대한 고려가 있어야 한다. 이러한 경우 시설물에 의해 방해받게 되는 방해폭원을 구해진 유효보도폭에 추가하여 실제 보도폭을 구해야 한다.

2) 계 단

계단의 계획·설계시 계단의 폭원을 결정하기 위한 방법은 다음과 같이 4단계로 나누어 분석한다.

- ① 1 단계 : 계획·설계 목표 년도의 계단의 수요 보행교통량을 추정한다.
- ② 2 단계 : 추정된 수요 보행교통량을 일본 보행교통량(인/분)으로 환산한다.
- ③ 3 단계 : 장래에 요구되는 서비스수준에 대한 계단의 서비스 보행교통류율(SV_i)을 산정한다.

계단에서의 서비스수준은 계단에서 보행자가 군(platoon)을 형성하느냐의 여부에 따라 각각 다른 서비스수준을 적용한다(<표 14-2>, <표 14-3> 참조).

- ④ 제 4단계 : 계단의 유효보도폭을 계산한다.

$$W_E = \frac{V}{SV_i}$$

3) 대기공간

대기공간의 계획·설계시 대기공간은 면적을 결정하기 위한 방법은 다음과 같이 4단계로 나누어 분석한다.

- ① 제 1단계 : 계획·설계 목표 년도의 대기공간을 이용하는 수요 보행자수를 추정한다.
- ② 제 2단계 : 서비스수준 i 일 때 일인당 점유공간을 구한다(<표 14-5>).
- ③ 제 3단계 : 일인당 점유공간에 서비스수준 i 를 유지하는 최대 보행자수를 곱한다.
- ④ 제 4단계 : 서비스수준 i 를 유지할 수 있는 대기공간 면적을 구한다.

4 예 제

〈예제 1〉 보행자 도로에서의 서비스수준 판정

전체 도로 폭이 4.3m인 보행자도로의 한쪽은 연석이 있으며 다른 쪽은 상점이 있다. 15분 침두 보행교통량이 1,827(인/15분)일 때 침두 15분 동안 평균적인 상황에서의 서비스수준은?
(상점 디스플레이로 영향을 받는 방해폭원은 0.9m 라고 가정)

〈풀 이〉

① 보행자도로에 설치된 시설에 의한 방해폭원을 구한다.

연석에 의한 방해폭원은 〈표 14-7〉 보행자도로에서 보행 지장 요인에 의한 방해폭원을 참조하고, 상점 디스플레이에 의한 방해폭원은 0.9m로 가정한다.

$$W_{O1}(\text{연석}) = 0.5\text{m}, \quad W_{O2}(\text{상점디스플레이}) = 0.9$$

② 유효보도폭을 계산한다.

총 보도폭에서 연석과 상점디스플레이에 의한 방해폭원을 빼주면 유효보도폭은 결정된다.

$$W_E = W_T - W_O$$

$$W_E = 4.3 - 0.5 - 0.9 = 2.9\text{m}$$

③ V_P (보행교통류율, 인/분/m)를 구한다.

15분간 보행교통량을 보행교통류율(인/분/m)로 환산한다.

$$V_P = V_{15} / (15 \times W_E)$$

$$V_P = 1,827 / (15 \times 2.9) = 42\text{인/분/m}$$

④ 보행교통류율로 보행자도로의 서비스수준 판정한다.

서비스수준 C (〈표 14-1〉에 의해 서비스수준 판정)

〈예제 2〉 신호교차로 횡단보도에서의 보행자 서비스수준 판정

보행신호가 2현시로 운영, 총 주기가 120초, 황색시간이 6초 그리고 〈그림 14-3〉과 같이 횡단보도가 설치된 신호교차로에서 보행자 지체와 보행자 공간을 이용하여 횡단보도의 서비스수준을 판정하시오.
 분석대상 횡단보도에서 횡단보도 길이($L = 14.0m$), 횡단보도 폭($W = 5.0m$), 횡단보도 진입보행량($V = 450\text{인}/15\text{-분}$), 횡단보도 진출보행량($V = 240\text{인}/15\text{-분}$), 보행자 녹색시간($G = 25.0\text{초}$), 보행자 속도는 $1.2m/\text{초}$ 로, 손실시간은 없다고 가정한다.

〈풀 이〉

- 보행자 지체기준을 이용한 풀이방법은 다음과 같다.

① 횡단보도를 횡단하고자 하는 보행자들의 평균지체 시간을 계산한다.

$$d_p = \frac{(C - G)^2}{2C}$$

$$d_p = \frac{(120.0 - 25.0)^2}{2(120.0)} = 37.6\text{초}$$

〈표 14-7〉에 의해 서비스수준 C

- 보행자 점유공간을 이용한 풀이방법은 다음과 같다.

② 보행량(15분 단위)을 주기 당 보행자수로 바꾼다.

$$V_i = \left(\frac{450}{15}\right)\left(\frac{120.0}{60}\right) = 60\text{인}/\text{주기}$$

$$V_o = \left(\frac{240}{15}\right)\left(\frac{120.0}{60}\right) = 32\text{인}/\text{주기}$$

보행자 녹색시간이 시작될 때 대기 중이던 보행자 수

$$N = \frac{V_o(C - G_c)}{C}$$

$$N = \frac{32(120.0 - 25.0)}{120} = 25.3\text{인}/\text{주기} \text{ 또는 관측 값}$$

25.3명의 보행자가 횡단하는데 필요한 시간

$$t = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.81 \times \frac{N}{W_E})$$

$$t = 3.2 + \frac{14.0}{1.2} + (0.81 \times \frac{25.3}{5.0}) = 18.97 \text{ 초}$$

③ 횡단보도에서 제공되는 총 여유 공간 (시간-공간, m^2 -초)을 구한다.

$$TS = L_d W_e (G_c - \frac{L}{2S_p})$$

$$TS = (14)(5.0)(25.0 - \frac{14}{2.4}) = 1341.6 m^2 \text{-초}$$

④ 보행자가 횡단하는데 필요한 총 필요시간을 구한다.

$$T = (V_i + V_o)t$$

$$T = (60 + 32)(18.97) = 1745.2 \text{ 인-초}$$

$$\text{보행자 1인당 점유공간은 } M = \frac{1341.6}{1745.2} = 0.77 m^2/\text{인}$$

〈표 14-1〉의 점유공간의 값에 따라 서비스수준 E이다.

〈예제 3〉 계단에서의 보행자 서비스수준 판정

보행가능 폭 2.25m와 3m인 계단이 있다. 오전 첨두시 30분 동안 보행교통량을 조사한 결과가 아래 표에 나와 있다. 보행가능 폭이 2.25m인 계단은 보행자가 군(platoon)을 이루며 통행하고 있고, 보행가능 폭이 3m인 계단은 보행자가 군(platoon)을 이루지 않고 통행하고 있다.
아래 조건을 이용하여 각각의 서비스수준을 판정하시오.

〈조 건〉

1) 비보행군일 경우

보행가능 폭 : 3m, 보행자 통행특성 : 보행군(platoon) 형성하지 않음.

시 간	보행교통량
7:00 ~ 7:05	300인
7:05 ~ 7:10	345인
7:10 ~ 7:15	366인
7:15 ~ 7:20	299인
7:20 ~ 7:25	272인
7:25 ~ 7:30	266인

2) 보행군일 경우

보행가능 폭 : 2.25m, 보행자 통행특성 : 보행군(platoon) 형성

시 간	보행교통량
7:00 ~ 7:05	496인
7:05 ~ 7:10	511인
7:10 ~ 7:15	500인
7:15 ~ 7:20	550인
7:20 ~ 7:25	580인
7:25 ~ 7:30	480인

〈풀 이〉

1) 비보행군일 경우의 풀이방법은 다음과 같다.

① 침두 15분 보행교통량을 찾는다

7:00~7:15 까지의 보행교통량이 침두 15분 보행량 = 1011인

② 침두 15분 보행교통량을 분당 보행가능 폭으로 나누어 보행교통류율로 환산한다.

$1,011\text{인}/15\text{분}/3\text{m} = 23\text{인}/\text{분}/\text{m}$

③ 서비스수준을 판정한다.

〈표 14-2〉에 의해 서비스수준은 C이다.

2) 보행군일 경우의 풀이방법은 다음과 같다.

① 침두15분 보행교통량을 찾는다

7:10~7:25 까지의 보행교통량이 침두 15분 보행교통량 = 1630인

② 침두 15분 보행교통량을 분당 보행가능 폭으로 나누어 보행교통류율로 환산한다.

$1630\text{인}/15\text{분}/2.25\text{m} = 49\text{인}/\text{분}/\text{m}$

③ 서비스수준을 판정한다.

〈표 14-3〉에 의해 서비스수준은 B이다.

〈예제 4〉 대기공간에서의 보행자 서비스수준 판정

엘리베이터를 이용하기 위해 대기하는 보행자를 위한 공간이 있다. 이 대기공간의 면적은 가로2m, 세로4m이다. 이 대기공간의 서비스수준을 알아보기 위해 ○월 ○일 침두 15분 동안 대기공간 안의 보행자수를 조사하였다. 시간 간격을 10초로 하여 분석한 결과 최대 관측 보행자수가 40명이었다. 이 대기공간의 서비스수준을 판정하시오.

〈풀 이〉

- ① 대기공간의 면적을 구한다.
대기공간의 면적 = 가로×세로 = $2\text{m} \times 4\text{m} = 8\text{m}^2$
- ② 대기공간의 면적을 최대 관측 보행자수로 나누어준다.
 $8\text{m}^2 / 40 \text{명} = 0.2 \text{m}^2/\text{인}$
- ③ 서비스수준을 판정한다.
〈표 14-5〉에 의해 서비스수준은 F이다.

〈예제 5〉 보행자도로의 설계

지하철 환승역 보행자시설 중 환승로를 서비스수준 C로 운영되도록 설계하고자 한다. 이 구간의 보행교통 특성 추정 결과는 다음과 같다.

- 첨두 15분 보행교통량이 3,000(인/15분)

이러한 환승로 구간은 몇 m로 설계하여야 하는가?

〈풀 이〉

- ① 환승로의 수요 보행교통량 일분 보행교통량(인/분)으로 환산한다.
 $3,000(\text{인}/15\text{분}) / 15 = 200 (\text{인}/\text{분})$
- ② 요구되는 서비스수준에 C 대한 서비스 보행교통류율(SV_C)을 산정한다.
〈표 14-1〉에서 보행자도로의 서비스수준 C에 대한 보행교통류율은 46 (인/분/m)이다.
- ③ 서비스수준 C를 유지하기 위한 유효보도폭을 계산한다.

$$W_E = \frac{V}{SV_i} = \frac{200}{46} = 4.3\text{m}$$

유효보도폭은 보행자도로에서 보행자가 시설물에 의해 방해받지 않고 이용하게 되는 최소 폭원이므로 보행자도로에 다른 시설물을 설치할 경우 시설물에 의한 방해폭원의 고려가 있어야 한다. 보행자도로 위에 시설물을 설치할 경우 구해진 유효보도폭에 시설물에 의한 방해폭원을 추가하고 실제 보도폭을 산정 해야한다.

〈예제 6〉 계단의 설계

지하철 환승역 보행자시설 중 계단 서비스수준 B로 운영되도록 설계하고자 한다. 이 구간의 보행교통 특성 추정 결과는 다음과 같다.

첨두 15분 보행교통량이 5,625(인/m), 보행군 형성 시 이러한 계단 몇 m로 설계하여야 하는가?

〈풀 이〉

- ① 계단의 수요 보행교통량 일본 보행교통량으로 환산한다.

$$5,625(\text{인}) / 15(\text{분}) = 375(\text{인/분})$$

- ② 요구되는 서비스수준 B에 대한 서비스 보행교통류율(SV_C)을 산정한다.

〈표 14-3〉에서 보행자도로의 서비스수준 B에 대한 보행교통류율은 50(인/분/m)이다.

- ③ 서비스수준 B를 유지하기 위한 유효보도폭을 계산한다.

$$W_E = \frac{V}{SV_i} = \frac{375}{50} = 7.5m$$

〈예제 7〉 대기공간의 설계

엘리베이터를 이용하기 위해 대기하는 보행자를 위한 공간을 서비스수준 D로 설계하기 위해 ○월 ○일 첨두 15분 동안 대기공간 안의 보행자수를 조사하였다.

시간 간격을 10초로 하여 분석한 결과 최대 관측 보행자수가 60명이었다.

이러한 대기공간을 위하여 면적을 몇 m^2 으로 설계하여야 하는가?

〈풀 이〉

- ① 서비스수준 D일 때 일인당 점유공간을 구한다.

서비스수준 D일 때 일인당 점유공간 = $0.41(m^2/\text{인})$ (〈표 14-5〉 참조)

- ② 서비스수준 D일 때 일인당 점유공간을 최대 관측 보행자수로 곱한다.

$$0.41 \times 60 \text{ 명} = 24.6m^2$$

- ③ 서비스수준 D를 유지할 수 있는 대기공간 면적은 약 $25m^2$ 이다.

〈부록 A〉 서비스수준 분석 양식

〈표 14A-1〉 보행자도로 서비스수준 분석표

보행자도로 서비스수준 분석표		
분 석 자 : _____		분석년도 : _____
분석일자 : _____		
분석시간 : _____		
☐ 운영(LOS)	☐ 기하구조(W_E)	☐ 계획(LOS)
☐ 계획(W_E)		
보행자도로		
조사항목	1	2
총 보도폭		
시설에 의해 방해받는 보도폭		
유효보도폭		
첨두15분 보행자교통량		
보행교통류율		
서비스수준		

〈표 14A-2〉 계단에서 서비스수준 분석을 위한 분석표

계단에서 서비스수준 분석표					
분 석 자 : _____				분석년도 : _____	
분석일자 : _____				보행군 형성여부 : _____	
분석시간 : _____					
☐ 운영(LOS)		☐ 기하구조(W_E)		☐ 계획(LOS)	
				☐ 계획(W_E)	
자료입력				기하구조	
시간순서 ()분 단위	보행교통량 (명)	시간순서 ()분 단위	보행량 (명)	유효보도폭 : _____ m 기타 필요한 사항 :	
1		7			
2		8			
3		9			
4		10			
5		11			
6		12			
(예: 15분 최대 보행량/유효폭/15) 분당 단위폭당 보행량 : _____ 인/분/m				서비스수준 :	

〈표 14A-3〉 신호횡단보도 서비스수준 분석표

신호횡단보도 서비스수준 분석표		
분석자 : _____ 분석일자 : _____ 분석시간 : _____		분석년도 : _____
☐ 운영(LOS)	☐ 기하구조(W_E)	☐ 계획(LOS) ☐ 계획(W_E)
자료입력		기하구조
주기 : _____ 초 부도로에서의 적색시간 : _____ 초 주도로에서의 적색시간 : _____ 초 부도로에서의 유효녹색시간 : _____ 초 주도로에서의 유효녹색시간 : _____ 초		
15분 보행량		
V_i : A지점으로 들어가는 횡단보도 진입보행량 V_o : A지점에서 나오는 횡단보도 진출보행량		
횡단보도		
평균지체에 의한 서비스수준 분석	주도로	부도로
평균지체(초) $d_p = \frac{(C-G)^2}{2C}$		
서비스수준		
적색시간에 도착한 보행자 수 혹은 관측 값(인) $N = \frac{V_{do}(C-G_c)}{C}$		
보행속도(m/초)		
총 횡단시간(초) $t = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.81 \times \frac{N}{W_E})$		
총 여유공간(m^2 -초) $TS = L_d W_e (G_c - \frac{L}{2S_p})$		
보행자 횡단에 필요한 총 시간(인-초) $T = (V_{di} + V_{do})t$		
보행자 점유공간 $M = \frac{TS_E}{T} (m^2/인)$		
서비스수준		

〈표 14A-4〉 대기공간에서의 서비스수준 분석표

대기공간에서 서비스수준 분석표					
분석자 : _____ 분석일자 : _____ 분석시간 : _____				분석년도 : _____	
□운영(LOS)		□기하구조(W_E)		□계획(LOS)	
				□계획(W_E)	
자료입력				기하구조	
관측순서	관측된 사람 수 (대기공간 안)	관측순서	관측된 사람 수 (대기공간 안)	관측을 위한 대기공간설정 가로 : _____m, 세로 : _____m 기타 필요한 사항:	
1		7			
2		8			
3		9			
4		10			
5		11			
6		12			
(예: 대기공간/최대 관측보행자 수) 1인당보행자점유공간 : _____ m^2 /인				서비스수준 :	

〈부록 B〉 부호 정의

- W_E = 유효 보도폭
- W_T = 실제 보도폭
- W_O = 시설에 의해 방해를 받는 보도의 폭
- V_P = 보행교통류율(인/분/m)
- V_{15} = 15분간의 보행교통량
- d_p = 평균 보행자 지체(초)
- g = 보행자의 유효녹색시간(초)
- N_{ped} = 한 주기 동안 횡단한 보행자(인)
- V_i = 횡단보도 진입보행량(인)
- V_o = 횡단보도 진출보행량(인)
- M = 보행자 당 점유공간(m^2 /인)

제15장 | 자전거도로

2013 도로용량편람

1. 개 요
2. 방법론
3. 분석 과정
4. 예 제

자전거도로

개론

고속도로 기본 구간

고속도로 엇갈림 구간

고속도로 연결로 접속부

고속도로 종합 분석

다차로도로

2차로도로

1 개요

일반 교통류로부터 자전거를 분리하여 통행하도록 하는 자전거도로는 자전거 전용도로, 자전거·보행자 겸용도로, 노상 자전거 도로, 신호교차로와 도시가로상의 자전거도로로 구분되고 각 유형별로 자전거 통행 특성을 고려하여 분석을 실시한다.

자전거 도로는 일반도로 교통류와 분리정도 및 도로의 보행자이용 여부에 따라 다음과 같이 구분된다.

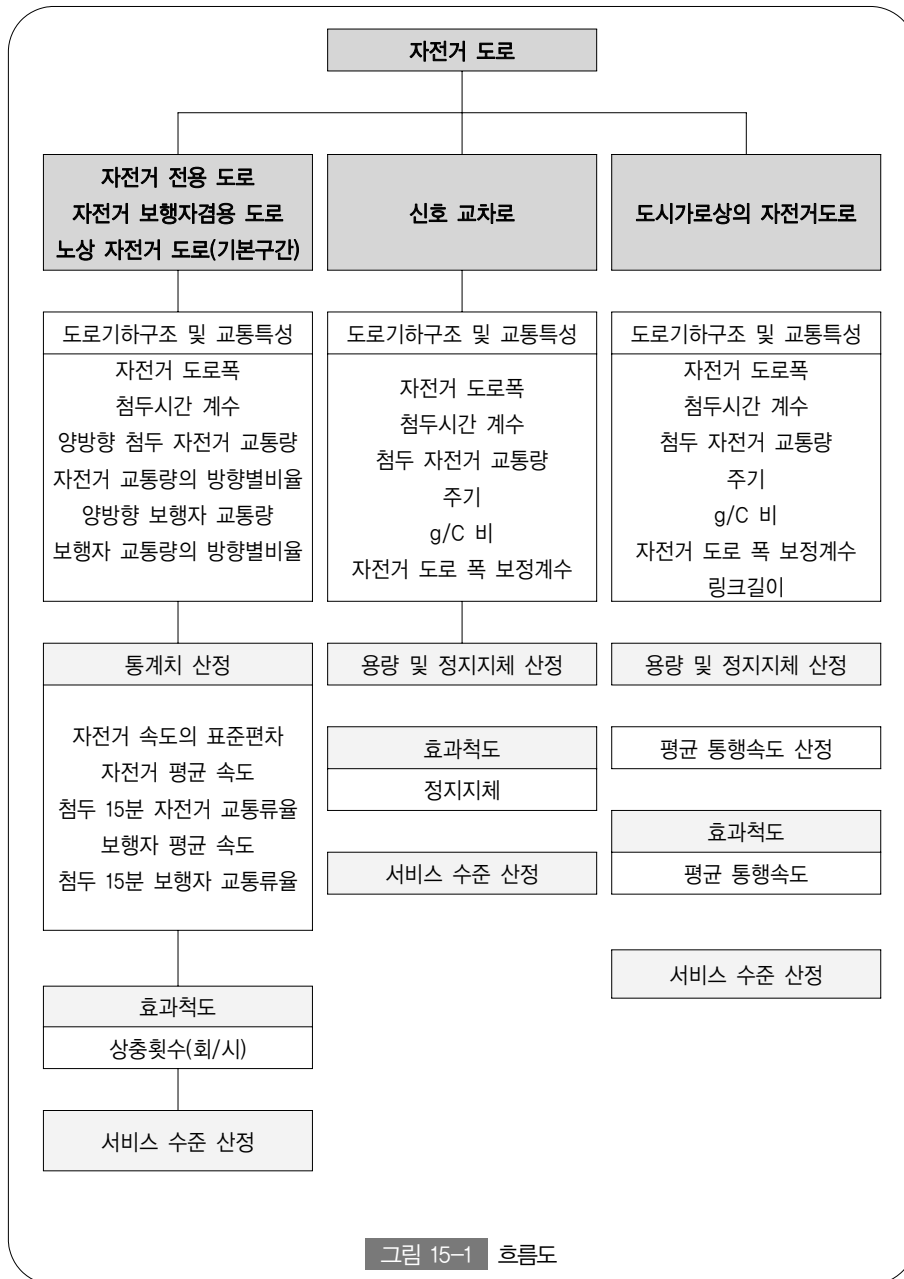
- 자전거 전용도로 : 자전거만이 통행할 수 있도록 도로 교통류로부터 완전히 분리된 자전거 도로
- 자전거·보행자 겸용도로 : 자전거 외에 보행자도 통행할 수 있도록 분리대 연석 기타 이와 유사한 시설물에 의하여 차도와 구분하거나 별도로 설치된 자전거도로
- 노상 자전거 도로 : 도로교통차로에 근접하여 차도에 노면표시로 구분하여 설치된 자전거 도로

자전거 전용도로는 일반적으로 차량교통으로부터 자전거를 분리하여 통행하도록 설치되어 있어 자전거 교통의 흐름을 통제하는 외부영향이 없는 흐름으로 자전거간의 상호작용과 기하구조 및 주변환경에 의하여 그 특성이 결정된다.

자전거·보행자 겸용도로는 차량교통으로부터 분리되어 설치되어, 자전거전용도로와 같이 교통의 흐름을 통제하는 외부영향이 없으나, 보행자가 겸용하게 되므로, 자전거와 더불어 보행자의 통행이 상호작용을 하게 된다.

노상자전거도로는 설치된 지역에 따라 자전거교통의 특성이 다르다. 노상자전거도로가 교통신호등이 없는 도로구간에 설치된 경우는 자전거전용도로와 유사한 특성을 갖는 반면, 신호교차로가 있는 지점이나, 신호교차로를 연속적으로 만나는 도로구간에 설치된 경우는 외부의 교통통제에 영향을 받게 된다. 따라서, 노상자전거도로는 교통신호등이 없는 구간, 신호교차로, 그리고 신호교차로를 연속적으로 만나는 도시가로상의 자전거도로의 세 가지 유형 별로 교통특성이 다르며, 분석방법 또한 유형별로 달리한다.

(1) 자전거 도로 흐름도



(2) 용어 정의

- 자전거 시설 : 자전거 전용도로, 자전거·보행자 겸용도로 등 자전거가通行할 수 있도록 설계된 모든 도로.
- 자전거 전용도로 : 자전거만이通行할 수 있도록 도로 교통류로부터 완전히 분리된 자전거 도로.
- 자전거·보행자 겸용도로 : 자전거 외에 보행자도通行할 수 있도록 분리대 연석 기타 이와 유사한 시설물에 의하여 차도와 구분하거나 별도로 설치된 자전거 도로.
- 노상 자전거 도로 : 도로교통차로에 근접하여 차도에 노면표시로 구분하여 설치된 자전거도로.
- 자전거 차선 : 자전거通行을 위해 노면에 그어 놓은 선 또는 표지.
- 자전거 속도 : 자전거 평균 속도 (kph) 또는 (mps)로 표시.
- 대면(meetings) : 자전거 시설에서 진행방향의 반대 방향에서 이동하는 자전거 또는 보행자와 만나는 횟수.
- 앞지르기(passings) : 자전거 시설에서 진행방향과 동일 방향에서 이동하는 자전거 또는 보행자와 만나는 횟수(또는 보행자를 앞지르기 하는 횟수).

2 방법론

(1) 효과척도

서비스수준을 판별하는 척도를 효과척도라 하며, 자전거 도로를 운행하는 이용자에게 자전거 도로가 제공할 수 있는 서비스수준을 나타내는 데, 다음과 같은 효과척도를 이용한다.

- 1) 자전거 전용도로 - 상충횟수
- 2) 자전거·보행자 겸용도로 - 상충횟수
- 3) 노상 자전거 도로 (기본구간) - 상충횟수
- 4) 신호교차로 - 정지지체
- 5) 도시가로상의 자전거 도로 - 평균 통행속도

자전거전용도로, 자전거·보행자도로, 노상자전거도로 기본구간 이용자들은 자전거 주행 중 겪는 주행의 방해 정도에 따라 느끼는 서비스수준이 다르게 된다. 자전거 주행시 방해의 주 요인으로 타 자전거나 보행자와의 상충을 들 수 있는데 상충횟수의 많고 적음에 따라 이 세 가지 자전거도로를 주행하는 이용자의 서비스수준이 결정될 수 있다. 상충은 동일 주행방향의 타 자전거 및 보행자(자전거·보행자 겸용도로의 경우)를 앞지르는 앞지르기 행위와 양방향의 도로인 경우 반대방향으로 주행하는 자전거 또는 보행자를 대면하는 것이 있다. 자전거의 서비스수준은 이 두 가지 상충의 횟수를 단위 시간당

상충횟수로 하여 서비스수준을 나타내는 척도로 표시할 수 있다. 단위상충횟수를 기준으로 할 때 서비스 수준 F는 15초당 1회 이상의 상충을 경험하는 것으로 이는 1분에 4회 이상을 앞지르기 또는 대면을 경험하는 것이다. 앞지르기에 소요되는 시간이 10초 정도임을 감안하면 서비스수준 F는 전체 주행 시간 중 3분의 2 가량을 상충에 할당해야 하는 경우로 F의 서비스수준을 적절히 표현한다고 볼 수 있을 것이다. 또한 서비스수준 A의 경우는 1회의 상충을 겪기까지의 시간이 평균적으로 2.5분을 초과하는 것으로 나타난다.

자전거 시설별 상충횟수 산정방법은 다음과 같다.

(가) 자전거 전용도로

① 일방통행의 경우

자전거전용도로가 일방통행인 경우는 상충이 앞지르기로만 구성되게 된다. 자전거의 속도가 정규 분포를 따른다고 가정하고, 자전거가 앞지르기시 서로의 속도에 영향을 미치지 않는다고 가정하면 일방 통행 자전거전용도로의 앞지르기 횟수는 (식 15-1)을 이용하여 산출한다.

$$F_{pass} = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} \quad (\text{식 15-1})$$

여기서,

F_{pass} = 앞지르기 횟수(회/h)

Q_{bike} = 자전거 교통류율(vph)

U_{bike} = 평균 자전거 속도(kph)

σ = 자전거 속도의 표준편차

② 양방향통행의 경우

자전거 전용도로가 양방통행인 경우는 상충이 앞지르기와 대면의 두 가지로 구성된다.

i) 앞지르기 횟수 산정

앞지르기 횟수의 경우는 일방통행의 경우와 같이 (식 15-2)에 의해 계산되나 자전거 교통량은 분석 대상으로 하는 방향과 동일한 방향으로 주행하는 자전거 교통량을 적용하여야 한다.

$$F_{pass} = \frac{2 Q_{bike-sm} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} \quad (\text{식 15-2})$$

여기서,

F_{pass} = 진행방향의 자전거 앞지르기 횟수(회/h)

$Q_{bike-sm}$ = 동일방향의 자전거 교통류율(vph)

ii) 대면횟수 산정

대면횟수는 주행방향과 대향하여 주행하는 자전거 교통량에 비례하며 양방향 자전거 교통류가 동일한 속도분포를 가진다면 단위시간당 대면횟수는 대향방향의 자전거 교통류율의 2배가 된다.

$$F_{meet} = 2 Q_{bike-op} \quad (\text{식 15-3})$$

여기서,

$$F_{meet} = \text{대향방향의 자전거 대면횟수(회/h)}$$

$$Q_{bike-op} = \text{대향방향의 자전거 교통류율(vph)}$$

iii) 전체 상충횟수 산정

전체 상충횟수는 앞지르기 횟수와 대면횟수의 합으로 구성된다. 그러나 일반적으로 앞지르기와 대면의 주행방해 정도는 차이가 있으며, 앞지르기의 방해정도를 1로 볼 때 대면은 방해정도가 반이라고 가정하면 전체 상충횟수는 (식 15-4)와 같이 구할 수 있다.

$$F_{total} = 0.5 F_{meet} + F_{pass} \quad (\text{식 15-4})$$

여기서,

$$F_{total} = \text{전체상충횟수(회/h)}$$

(나) 자전거·보행자 겸용도로

자전거 도로가 도로의 차량 교통류로부터 물리적으로 완전히 분리되어 자전거와 보행자, 스케이트보드 이용자, 휠체어 이용자 등과 공용으로 이용하는 자전거·보행자 겸용도로인 경우는 주행방해가 다음의 네 가지로 구분될 수 있다.

- 보행자간의 상충
- 자전거에 의한 보행자의 상충
- 보행자에 의한 자전거의 상충
- 자전거간의 상충

자전거 보행자 겸용도로의 경우 보행자의 교통량은 상대적으로 적은 값을 나타내는 것이 일반적이므로 보행자간의 상충은 분석에서 제외하기로 한다.

① 상충횟수 산정

상충은 자전거·보행자 겸용도로의 경우에도 역시 앞지르기와 대면의 두 가지로 구분되는 데 자전거 보행자도로의 경우 앞지르기와 대면에서 자전거뿐만 아니라 보행자와의 상충이 발생하게 된다. 또한 자전거 보행자 겸용도로의 경우 일방통행인 경우는 극히 드문 유형이므로 양방통행인 경우에 한정해서 상충횟수를 산정하기로 한다.

i) 앞지르기 횡수 산정

자전거의 입장에서 앞지르기의 경우는 자전거를 앞지르기하는 경우와 보행자를 앞지르기 하는 경우로 나눌 수 있다.

■ 자전거의 앞지르기 횡수 산정

앞서 기술한 자전거 전용도로에서의 앞지르기 횡수 산출방법과 동일한 (식 15-5)를 이용하여 산정한다.

$$F_{pass_{b-b}} = \frac{2 Q_{bike-sm} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} \quad (\text{식 15-5})$$

여기서,

$F_{pass_{b-b}}$ = 자전거가 동일방향으로 주행하는 자전거를 앞지르기 하는 횡수(회/h)

■ 보행자 앞지르기 횡수 산정

자전거의 주행방향과 동일한 방향으로 진행하는 보행자의 앞지르기 횡수는 자전거의 주행속도와 보행자의 속도에 관계된다. 즉 자전거의 속도가 증가하면 앞지르기 횡수는 증가하며, 보행자의 속도가 증가하면 자전거의 보행자 앞지르기 횡수는 감소하게 된다. 자전거가 보행자를 앞지르기하는 횡수는 (식 15-6)에 의해 계산될 수 있다.

$$F_{pass_{b-p}} = Q_{ped-sm} \left(\frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1 \right) \quad (\text{식 15-6})$$

여기서,

$F_{pass_{b-p}}$ = 자전거가 동일방향으로 보행하는 보행자를 앞지르기 하는 횡수(회/h)

U_{ped} = 평균 보행 속도(kph)

보행자의 입장에서 본 앞지르기 횡수는 (식 15-7)과 같다.

$$F_{pass_{p-b}} = Q_{bike-sm} \left(1 - \frac{U_{ped}}{U_{bike}} \right) \quad (\text{식 15-7})$$

여기서,

$F_{pass_{p-b}}$ = 보행자가 동일방향으로 주행하는 자전거에 앞지르기 당하는 횡수(회/h)

ii) 대면횡수산정

■ 자전거 대면횡수

자전거 전용도로에서의 대면횡수와 동일한 (식 15-8)을 이용하여 산출한다.

$$F_{meet_{b-b}} = 2 Q_{bike-op} \quad (\text{식 15-8})$$

여기서,

$$F_{meet_{b-b}} = \text{자전거가 동일방향으로 주행하는 자전거를 앞지르기 하는 횟수(회/h)}$$

■ 보행자 대면횟수

자전거 진행방향과 대향방향으로 진행하는 보행자의 대면횟수는 (식 15-9)와 같다.

$$F_{meet_{b-p}} = Q_{ped-op} \left(1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}}\right) \quad (\text{식 15-9})$$

여기서,

$$F_{meet_{b-p}} = \text{자전거가 대향방향으로 보행하는 보행자를 대면하는 횟수(회/h)}$$

$$Q_{ped-op} = \text{자전거와 대향방향으로 보행하는 보행자 교통류율(인/h)}$$

보행자 입장에서 본 대면횟수는 (식 15-10)과 같다.

$$F_{meet_{p-b}} = Q_{bike-op} \left(1 + \frac{U_{ped}}{U_{bike}}\right) \quad (\text{식 15-10})$$

iii) 전체 상충횟수 산정

전체 상충횟수는 앞지르기 횟수와 대면횟수의 합으로 구성된다. 자전거 전용도로의 경우 같이 앞지르기의 방해정도를 1로 보고 대면의 방해정도를 0.5라고 가정하면 전체 상충횟수는 (식 15-11)과 같이 구할 수 있다.

$$F_{total_b} = \frac{2 Q_{bike-sm} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} + Q_{ped-sm} \left(\frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1 \right) + 0.5 \cdot [2 Q_{bike-op} + Q_{ped-op} \left(1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}}\right)] \quad (\text{식 15-11})$$

여기서,

$$F_{total_b} = \text{자전거의 전체 상충횟수(회/h)}$$

$$F_{total_p} = Q_{bike-sm} \left(1 - \frac{U_{ped}}{U_{bike}}\right) + 0.5 \cdot [Q_{bike-op} \left(1 + \frac{U_{ped}}{U_{bike}}\right)] \quad (\text{식 15-12})$$

여기서,

$$F_{total_p} = \text{보행자의 전체 상충횟수(회/h)}$$

(다) 노상자전거 도로 기본구간

노상 자전거도로란 일반적으로 차량교통류를 위한 도로교통차로의 우측에 노면표시로 구분하여 설치된 자전거 도로로 차량교통류와 자전거 교통류가 물리적인 안전시설물에 의하여 분리되지 않고 노면의 표시에 의해 평면적으로 분리된 도로이다. 일반적으로 노상 자전거 도로는 자전거의 주행방향을 차량교통류와 동일한 진행방향으로 운영하고 있으며, 자전거 도로를 방향별로 구분하여 운영하고 있어 노상 자전거도로는 일방통행으로 운영되고 있는 실정이어서 노상자전거도로에서의 상충은 자전거 전용도로의 일방통행의 경우와 같이 앞지르기에 기인한다. 따라서 노상자전거 도로의 상충횟수는 앞서 기술한 앞지르기 횟수를 산정하는 방법과 동일하게 산출한다.

$$F_{pass} = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} \quad (\text{식 15-13})$$

(라) 신호교차로

자전거 도로에서 신호교차로는 노상 자전거 도로가 신호교차로에 의해 제어되는 곳을 의미한다. 신호교차로에서의 서비스수준은 차량교통류와 마찬가지로 지체에 의해 표현될 수 있다. 신호교차로에서의 서비스수준의 척도는 제어지체인데 자전거 도로의 제어지체는 신호교차로의 제어지체와 유사한 방법으로 구한다. 차량교통류의 평균 제어지체는 (식 15-14)와 같다.

$$d = d_1 PF + d_2 + d_3 \quad (\text{식 15-14})$$

여기서,

d = control delay (sec/veh)

d_1 = 균일지체(uniform delay)

d_2 = 임의지체(incremental delay)

d_3 = 잔류지체(residual delay)

PF = progression factor

제어지체를 구성하는 세 가지 지체 중에서 자전거도로의 신호 교차로의 지체는 균일지체만으로 산정하는데 이는 자전거 도로의 경우 과포화상태인 경우는 극히 제한적이기 때문이다. 또한 자전거 도로의 경우 Progression Factor는 지체에 큰 영향이 없다고 간주하여 1로 가정하기로 한다. 따라서 자전거 이용자를 위한 신호 교차로에서의 효과척도는 균일지체만으로 구성된 정지지체로 하며 (식 15-15)에 의해 구할 수 있다.

$$d = \frac{0.5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\frac{g}{C} \text{Min}(\frac{V_{bike}}{C_{bike}}, 1)]} \quad (\text{식 15-15})$$

여기서,

g = 유효녹색시간

C = 주기

V_{bike} = 자전거 교통류율(vph)

c_{bike} = 자전거 도로용량(vph)

자전거도로의 용량은 자전거 도로의 포화교통류율에 유효녹색시간의 주기에 대한 비율을 곱하여 산출하게 되는 데 자전거 도로 포화교통류율은 기본조건 상태에서 3000vph에 보정계수를 이용한 값을 적용하여 사용하면 된다.

$$c_{bike} = S_{bike} \cdot \frac{g}{C} = 3000 \cdot f_w \cdot \frac{g}{C} \quad (\text{식 15-16})$$

여기서,

S_{bike} = 자전거도로 포화 교통류율(vph)

f_w = 자전거도로 폭 보정계수

〈표 15-1〉 폭에 따른 포화교통류율 보정계수(f_w)

도로폭(m)	차두시간	보정계수(f_w)
1.0m		0.80
1.5m		0.87
2.0m		0.92
2.5m이상		1.0

(마) 도시가로상의 자전거도로

도시 가로상의 자전거도로는 도시 및 교외 간선도로편에서 정의한 간선도로상에 설치된 노상자전거 도로를 의미한다. 도시가로상의 자전거 도로는 차량교통류와 마찬가지로 서비스수준 척도로 평균통행 속도를 이용한다. 평균 통행속도는 (식 15-17)과 같다.

$$\text{평균 통행속도} = \frac{L_T}{\sum \frac{L_i}{S_i} + \sum \frac{d_j}{3600}} \quad (\text{식 15-17})$$

여기서,

L_T = 분석구간길이(km)

L_i = 소구간 길이(km)

S_i = i 구간의 순행속도 (kph)

d_j = j 교차로의 자전거 평균 정지 지체(초)

3 분석 과정

본 절에서는 자전거도로의 서비스수준을 평가하기 위한 단계별 분석절차를 소개한다. 자전거 도로는 자전거 시설의 유형에 따라 효과척도와 서비스수준의 기준이 다르므로 이를 고려하여 유형별로 서비스수준 분석을 실시하여야 한다.

1) 1단계 : 분석대상 자전거도로의 유형을 결정한다.

자전거 도로의 유형은 자전거 전용도로, 자전거·보행자 겸용도로, 노상자전거 도로기본구간, 신호 교차로, 도시가로상의 자전거 도로로 구분한다.

2) 2단계 : 서비스수준 효과척도의 산정

(가) 자전거 전용 도로

자전거 전용도로의 효과 척도인 상충횟수(F)는 (식 15-18), (식 15-19)에 의해 산정한다.

① 일방통행의 경우

$$F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} \quad (\text{식 15-18})$$

여기서,

Q_{bike} = 자전거 교통량(vph)

U_{bike} = 자전거 평균속도(kph)

σ = 자전거 속도의 표준 편차(kph)

② 양방통행의 경우

$$F = Q_{bike} \left[1 + \left(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot p \right] \quad (\text{식 15-19})$$

여기서,

Q_{bike} = 양방향 자전거 교통량(vph)

U_{bike} = 자전거 평균속도(kph)

σ = 자전거 속도의 표준 편차(kph)

p = 전체(양방향)자전거 교통류에서 진행 방향 자전거 교통류가 차지하는 비율

만약, 자전거 교통류의 속도에 대한 조사가 불가능할 경우, 자전거 속도의 평균값 및 표준편차는 각각 13.5kph, 3kph를 이용하며 이 때는 (식 15-20), (식 15-21)을 이용한다.

③ 일방통행의 경우

$$F = 0.25 Q_{bike} \quad (\text{식 15-20})$$

④ 양방통행의 경우

$$F = Q_{bike} (1 - 0.75p) \quad (\text{식 15-21})$$

(나) 자전거·보행자 겸용도로

자전거·보행자 전용도로의 효과적도인 상충횟수는 (식 15-22), (식 15-23)에 의해 산정한다.

자전거 상충횟수(F)

$$F = Q_{bike} \left[\left(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1 \right) P_b + 1 \right] + Q_{ped} \left[0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 \left(1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}} \right) \right] \quad (\text{식 15-22})$$

보행자 상충횟수(F_{ped})

$$F_{ped} = Q_{bike} \left[P_b \left(1 - \frac{U_{ped}}{U_{bike}} \right) + 0.5 (1 - P_b) \left(1 + \frac{U_{ped}}{U_{bike}} \right) \right] \quad (\text{식 15-23})$$

여기서,

U_{ped} = 보행자 평균속도

P_b = 전체(양방향) 자전거 교통류에서 진행방향 자전거 교통류가 차지하는 비율

P_p = 전체(양방향) 보행자 교통류에서 진행방향 보행자 교통류가 차지하는 비율

Q_{ped} = 양방향 보행자 교통량(인/h)

Q_{bike} = 양방향 자전거 교통량(vph)

만약, 자전거 교통류의 속도에 대한 조사가 불가능할 경우, 자전거 속도의 평균값 및 표준편차는 각각 13.5kph, 3kph를 이용하며 이 때는 (식 15-24), (식 15-25)를 이용한다.

자전거 상충횟수

$$F = Q_{bike} (1 - 0.75 P_b) + 2 Q_{ped} \quad (\text{식 15-24})$$

보행자 상충횟수

$$F = \frac{2}{3} Q_{bike} \quad (\text{식 15-25})$$

자전거·보행자 겸용도로의 서비스수준은 자전거의 상충횟수를 기준으로 하며 이용자의 필요에 따라서 보행자의 서비스수준을 판별할 수도 있다

(다) 노상 자전거 도로 기본구간
노상자전거의 상충횟수는 (식 15-26)에 의해 산정한다.

$$F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} \quad (\text{식 15-26})$$

여기서,

Q_{bike} = 자전거 교통량(vph)
 U_{bike} = 자전거 평균 속도(kph)
 σ = 자전거 속도의 표준 편차(kph)

만약, 자전거 교통류의 속도에 대한 조사가 불가능할 경우, 자전거 속도의 평균값 및 표준편차는 각각 13.5kph, 3kph를 이용하며 이 때는 (식 15-27)을 이용한다.

$$F = 0.25 Q_{bike} \quad (\text{식 15-27})$$

(라) 신호 교차로
신호교차로의 효과척도인 정지지체는 (식 15-28)에 의해 산정한다.

$$d = \frac{0.5 C (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\frac{g}{C} \text{Min}(\frac{Q_{bike}}{c_{bike}}, 1)]} \quad (\text{식 15-28})$$

여기서,

g = 유효녹색시간
 C = 주기
 Q_{bike} = 자전거 교통류율(vph)
 c_{bike} = 자전거 도로용량(vph)

정지지체를 산출하기 위해서는 자전거도로의 용량이 필요한데 자전거도로의 용량은 (식 15-29)로 산출한다.

$$c_{bike} = S_{bike} \cdot \frac{g}{C} = 3000 \cdot f_w \cdot \frac{g}{C} \quad (\text{식 15-29})$$

여기서,

S_{bike} = 자전거도로 포화 교통류율(vph)

f_w = 자전거도로 폭 보정계수, <표 15-1>이용

(마) 도시가로상의 자전거 도로

도시 가로상의 자전거도로의 서비스수준 효과 척도인 평균 통행속도는 (식 15-30)을 이용하여 구한다.

$$\text{평균 통행 속도} = \frac{L_T}{\sum \frac{L_i}{S_i} + \sum \frac{d_j}{3600}} \quad (\text{식 15-30})$$

여기서,

L_T = 분석구간길이(km)

L_i = 소구간 길이(km)

S_i = i 구간의 순행속도(kph)

d_j = j 교차로의 자전거 평균 정지 지체(s)

3) 3단계 : 서비스수준 평가

자전거의 유형별 서비스수준 효과 척도를 구한 후 다음의 각 유형별 서비스수준 기준을 이용하여 서비스수준을 평가한다.

〈표 15-2〉 자전거 전용도로의 서비스수준 - 일방통행

서비스수준	일방통행			
	폭 2m		폭 3m	
	상충횟수	교통량*	상충횟수	교통량*
A	≤ 25	≤ 100	≤ 150	≤ 600
B	≤ 50	≤ 200	≤ 295	≤ 1,180
C	≤ 100	≤ 400	≤ 590	≤ 2,360
D	≤ 180	≤ 720	≤ 1,030	≤ 4,120
E	≤ 240	≤ 960	≤ 1,470	≤ 5,880
F	> 240	> 960	> 1,470	> 5,880

주) * 서비스수준별 교통량은 자전거 속도의 평균값 13.5kph, 표준편차 3kph를 가정하여 구한 상충횟수에 해당되는 교통량임.

〈표 15-3〉 자전거 전용도로의 서비스수준 - 양방통행

서비스수준	진행방향 교통량 / 대향 교통량비율	폭 2m		폭 3m	
		상충횟수 (회/h)	양방교통량* (vph)	상충횟수 (회/h)	양방교통량* (vph)
A	3:7	≤ 40	≤ 52	≤ 90	≤ 116
	4:6		≤ 57		≤ 129
	5:5		≤ 64		≤ 144
	6:4		≤ 73		≤ 164
	7:3		≤ 84		≤ 190
B	3:7	≤ 60	≤ 77	≤ 140	≤ 185
	4:6		≤ 86		≤ 200
	5:5		≤ 96		≤ 224
	6:4		≤ 109		≤ 255
	7:3		≤ 126		≤ 280
C	3:7	≤ 100	≤ 129	≤ 210	≤ 271
	4:6		≤ 143		≤ 300
	5:5		≤ 160		≤ 336
	6:4		≤ 182		≤ 382
	7:3		≤ 211		≤ 442
D	3:7	≤ 150	≤ 194	≤ 300	≤ 387
	4:6		≤ 214		≤ 429
	5:5		≤ 240		≤ 480
	6:4		≤ 273		≤ 545
	7:3		≤ 316		≤ 632

〈표 계속〉

서비스 수 준	진행방향 교통량 / 대향 교통량비율	폭 2m		폭 3m	
		상충횟수 (회/h)	양방교통량*(vph)	상충횟수 (회/h)	양방교통량*(vph)
E	3:7	≤195	≤ 252	≤ 375	≤ 484
	4:6		≤ 279		≤ 536
	5:5		≤ 312		≤ 620
	6:4		≤ 355		≤ 682
	7:3		≤ 411		≤ 790
F	3:7	>195	> 252	> 375	> 484
	4:6		> 279		> 536
	5:5		> 312		> 620
	6:4		> 355		> 682
	7:3		> 411		> 789

주) * 서비스수준별 교통량은 자전거 속도의 평균값 13.5kph, 표준편차 3kph를 가정하여 구한 상충횟수에 해당되는 교통량임.

〈표 15-4〉 자전거 보행자 겸용도로의 서비스수준

서비스 수 준	폭 2m		폭 3m	
	상충횟수 (회/h)	양방교통량 (vph)*	상충횟수 (회/h)	양방교통량 (vph)*
A	≤ 40	≤ 60	≤ 90	≤ 135
B	≤ 60	≤ 90	≤ 140	≤ 210
C	≤ 100	≤ 150	≤ 210	≤ 315
D	≤ 150	≤ 225	≤ 300	≤ 450
E	≤ 195	≤ 295	≤ 375	≤ 565
F	> 195	> 295	> 375	> 565

주) * 서비스수준별 교통량은 자전거 속도의 평균값 13.5kph, 표준편차 3kph를 가정하여 구한 상충횟수에 해당되는 교통량임.

〈표 15-5〉 노상 자전거 도로기본구간의 서비스수준

서비스 수 준	폭 2m		폭 3m	
	상충횟수 (회/h)	교통량 (vph)*	상충횟수 (회/h)	교통량 (vph)*
A	≤ 25	≤ 100	≤ 150	≤ 600
B	≤ 50	≤ 200	≤ 295	≤ 1,180
C	≤ 100	≤ 400	≤ 590	≤ 2,360
D	≤ 180	≤ 720	≤ 1,030	≤ 4,120
E	≤ 240	≤ 960	≤ 1,470	≤ 5,880
F	> 240	> 960	> 1,470	> 5,880

주) * 서비스수준별 교통량은 자전거 속도의 평균값 13.5kph, 표준편차 3kph를 가정하여 구한 상충횟수에 해당되는 교통량임.

〈표 15-6〉 신호교차로의 자전거이용자의 서비스수준

서비스수준	Control Delay(초/대)
A	< 8
B	< 12
C	< 25
D	< 40
E	< 55
F	≥ 55

〈표 15-7〉 도시가로상의 자전거 도로의 자전거이용자의 서비스수준

서비스수준	평균속도(kph)
A	> 12
B	> 10
C	> 8
D	> 7
E	> 6
F	≤ 6

서비스수준을 분석할 때 주의해야 할 사항은 효과척도를 산정하기 위해 방향별 자전거 교통량, 자전거 속도의 평균 및 표준편차, 보행자 교통량을 반드시 조사하여야 하며, 신호교차로의 경우 자전거의 정지지체, 도시가로상의 자전거도로의 경우 평균 통행속도를 실측하여야 한다. 만약 이와 같은 조사가 불가능하거나, 개선 안이나 신설 계획 등을 고려할 때는 자전거전용도로, 자전거·보행자겸용도로, 노상자전거도로의 경우 본 절에서 제시한 속도 값을 이용하여 계산하고, 신호교차로, 도시가로상의 자전거도로의 경우 본 절에서 제시한 산출 식을 이용한다. 그러나 조사가 가능한 곳은 반드시 조사를 통해 효과척도를 산출해야 한다.

4 예 제

〈예제 1〉 자전거 전용도로의 운행분석

폭이 2m인 자전거 전용도로가 일방통행으로 운영될 때 첨두시간의 서비스수준을 다음의 자전거 교통조건을 이용하여 판정하시오.

- PHF=0.6
- 첨두자전거 교통량 = 90vph
- 자전거 속도, 평균 = 12kph, 표준편차 = 3.0kph

〈풀 이〉

- ① 자전거 첨두 15분 교통류율을 구한다.

$$Q_{bike} = q_{bike} / PHF = 90 / 0.6 = 150vph$$

- ② 상충횟수를 (식 15-1)에 의해 구한다.

$$F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 3}{12 \cdot \sqrt{\pi}} = 42(\text{회/h})$$

- ③ 서비스수준 판정

〈표 15-2〉에 의해 서비스수준 B

〈예제 2〉 자전거 전용도로의 운행분석 - 양방향

폭이 3m인 동서 방향의 자전거 전용도로가 양방통행으로 운영될 때 첨두시간의 서비스수준을 다음의 자전거 교통조건을 이용하여 방향별로 판정하시오.

- PHF=0.9
- 첨두자전거 교통량(양방향) = 500vph
- 자전거 속도, 평균 = 12.5kph, 표준편차 = 2.5kph
- 방향별 자전거 교통량비율 : 70/30(EB/WB)

〈풀 이〉

- ① 자전거 침두 15분 교통류율을 구한다.

$$Q_{bike} = q_{bike} / PHF = 500 / 0.9 = 556 \text{ vph}$$

- ② 상충횟수를 (식 15-2)에 의해 구한다.

$$EB: F = Q_{bike} \left[1 + \left(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot p \right] = 556 \cdot \left[1 + \left(\frac{2 \cdot 2.5}{12.5 \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot 0.7 \right] = 254 (\text{회/h})$$

$$WB: F = Q_{bike} \left[1 + \left(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot p \right] = 556 \cdot \left[1 + \left(\frac{2 \cdot 2.5}{12.5 \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot 0.3 \right] = 426 (\text{회/h})$$

- ③ 서비스수준 판정

〈표 15-3〉에 의해

EB : 서비스수준 D / WB : 서비스수준 F

〈예제 3〉 자전거·보행자 겸용도로의 운행분석

다음의 자전거 교통조건을 이용하여 폭이 3m인 자전거·보행자 겸용도로의 침두시간의 서비스수준을 방향별로 판정하시오.

- 15분 침두 자전거 교통류율(양방향) = 200vph
- 15분 침두 보행자 교통류율(양방향) = 50인/h
- 자전거 속도, 평균 = 13.5kph, 표준편차 = 3.0kph
- 보행자 속도 = 4.5kph
- 방향별 자전거 교통량비율 : 60/40(NB/SB)
- 방향별 보행자 교통량비율 : 50/50(NB/SB)

〈풀 이〉

① 상충횟수를 (식 15-5)에 의해 구한다.

NB

$$\begin{aligned}
 F &= Q_{bike} \left[\left(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1 \right) P_b + 1 \right] + Q_{ped} \left[0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 \left(1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}} \right) \right] \\
 &= 200 \left[\left(\frac{2 \cdot 3.0}{13.5 \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot 0.6 + 1 \right] + 50 \left[0.5 \cdot 0.5 \frac{13.5}{4.5} - 1.5 \cdot 0.5 + 0.5 \left(1 + \frac{13.5}{4.5} \right) \right] \\
 &= 210 (\text{회} / h)
 \end{aligned}$$

SB

$$\begin{aligned}
 F &= Q_{bike} \left[\left(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1 \right) P_b + 1 \right] + Q_{ped} \left[0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 \left(1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}} \right) \right] \\
 &= 200 \left[\left(\frac{2 \cdot 3.0}{13.5 \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot 0.4 + 1 \right] + 50 \left[0.5 \cdot 0.5 \frac{13.5}{4.5} - 1.5 \cdot 0.5 + 0.5 \left(1 + \frac{13.5}{4.5} \right) \right] \\
 &= 240 (\text{회} / h)
 \end{aligned}$$

② 서비스수준 판정

〈표 15-4〉에 의해

NB : 서비스수준 C

SB : 서비스수준 D

〈예제 4〉 노상자전거 도로 기본구간의 운행분석

폭이 2m인 신호등이 없는 노상 자전거 도로의 침두시간의 서비스수준을 다음의 자전거 교통조건을 이용하여 판정하시오.

- PHF=0.9
- 침두자전거 교통량 = 234vph
- 자전거 속도, 평균 = 10kph, 표준편차 = 3.0kph

〈풀 이〉

- ① 자전거 침두 15분 교통류율을 구한다.

$$Q_{bike} = q_{bike} / PHF = 234 / 0.9 = 260 \text{vph}$$

- ② 상충횟수를 (식 15-9)에 의해 구한다.

$$F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} = \frac{2 \cdot 260 \cdot 3}{10 \cdot \sqrt{\pi}} = 88 (\text{회/h})$$

- ③ 서비스수준 판정

〈표 15-5〉에 의해 서비스수준 C

〈예제 5〉 신호 교차로의 서비스수준 분석

2m의 폭을 가진 신호교차로의 노상자전거도로의 경우 다음의 조건을 이용하여 서비스수준을 판정하시오.

- 유효 녹색시간 40초
- 주기 = 100 초
- 15분 침두시간 자전거 교통류율 = 200 vph

〈풀 이〉

- ① g/C 비를 구한다.

$$g/C = 40/100 = 0.4$$

- ② 용량(c_{bike})을 산정한다.

〈표 15-1〉을 이용하여 f_w 를 산정하고 (식 15-12)을 이용하여 용량을 산정한다.

$$c_{bike} = 3000 \cdot f_w \cdot \frac{g}{C} = 3000 \cdot 0.92 \cdot 0.4 = 1,104 (\text{vph})$$

③ 정지지체를 (식 15-11)를 이용하여 구한다.

$$d = \frac{0.5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\frac{g}{C} \text{Min}(\frac{Q_{bike}}{C_{bike}}, 1)]} = \frac{0.5 \cdot 100(1 - 0.4)^2}{1 - [0.4 \cdot \text{Min}(\frac{200}{1,104}, 1)]} = 19.4(\text{초})$$

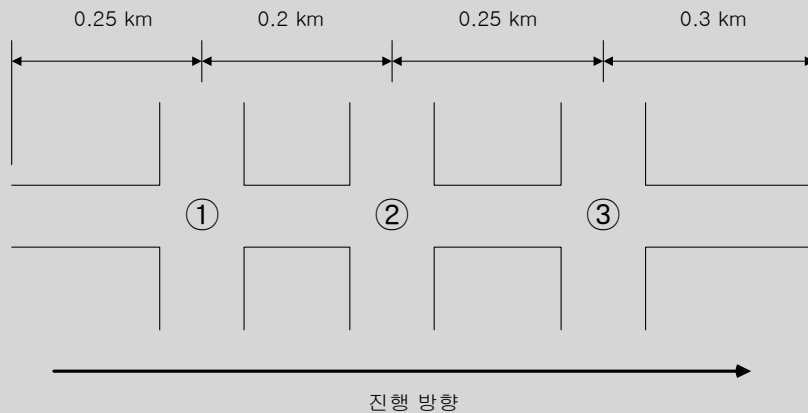
④ 서비스수준 판정

〈표 15-6〉에 의해 서비스수준 C

〈예제 6〉 도시가로상의 자전거 도로의 운행분석

다음 그림과 같이 도시가로상의 자전거 도로가 세 개의 신호교차로를 포함할 때 다음의 조건을 이용하여 서비스수준을 구하시오

- 교차로 1 : 주기 100초, g/C비 0.3
- 교차로 2 : 주기 100초, g/C비 0.4
- 교차로 3 : 주기 100초, g/C비 0.5
- 자전거 도로 폭 : 1.5m
- 15분 침투시간 자전거 교통류율 : 250vph
- 자전거 순행속도 : 14.0kph



〈풀 이〉

- ① 각 교차로의 용량을 산정한다. 이때 f_w 는 〈표 15-1〉을 이용한다.

$$c_{bike} = 3000 \cdot f_w \cdot \frac{g}{C} = 3000 \cdot 0.87 \cdot \frac{g}{C}$$

$$\text{교차로 1 } c_{bike} = 3000 \cdot 0.87 \cdot 0.3 = 783(vph)$$

$$\text{교차로 2 } c_{bike} = 3000 \cdot 0.87 \cdot 0.4 = 1044(vph)$$

$$\text{교차로 3 } c_{bike} = 3000 \cdot 0.87 \cdot 0.5 = 1305(vph)$$

- ② 각 교차로별로 정지지체를 (식 15-11)에 의해 산정한다.

$$\text{교차로 1 } d = \frac{0.5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\frac{g}{C} \text{Min}(\frac{Q_{bike}}{c_{bike}}, 1)]} = \frac{0.5 \cdot 100(1 - 0.3)^2}{1 - [0.3 \cdot \frac{250}{783}]} = 27.09(\text{초})$$

$$\text{교차로 2 } d = \frac{0.5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\frac{g}{C} \text{Min}(\frac{Q_{bike}}{c_{bike}}, 1)]} = \frac{0.5 \cdot 100(1 - 0.4)^2}{1 - [0.4 \cdot \frac{250}{1044}]} = 19.90(\text{초})$$

$$\text{교차로 3 } d = \frac{0.5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\frac{g}{C} \text{Min}(\frac{Q_{bike}}{c_{bike}}, 1)]} = \frac{0.5 \cdot 100(1 - 0.5)^2}{1 - [0.5 \cdot \frac{250}{1305}]} = 13.82(\text{초})$$

- ③ (식 15-13)에 의해 평균통행속도를 산정한다.

$$\begin{aligned} & \frac{L_T}{\sum \frac{L_i}{S_i} + \sum \frac{d_j}{3600}} \\ &= \frac{1}{(\frac{0.25}{14} + \frac{0.2}{14} + \frac{0.25}{14} + \frac{0.3}{14}) + (\frac{27.09}{3600} + \frac{19.90}{3600} + \frac{13.82}{3600})} = 11.3(kph) \end{aligned}$$

- ④ 서비스수준 판정

〈표 15-7〉에 의해 서비스수준 B

〈예제 7〉 자전거 도로의 계획단계에서의 서비스 분석 및 비교

서비스수준이 D이상인 폭 2m의 자전거 도로를 건설하려고 한다. 예측되는 첨두시간 자전거도로의 양방향 15분 교통량을 및 보행자교통량이 각각 100vph,

80인/h 일 때, 자전거·보행자 겸용 도로와 자전거 전용도로(양방)의 두 개의 대안의 서비스수준을 다음의 자료를 이용하여 비교하라.

- 자전거 교통량의 방향별 비율, P_b , 70 / 30 (NB / SB)
- 보행자 교통량의 방향별 비율, P_p , 50 / 50 (NB / SB)

예측 단계이므로 자전거 속도와 보행자속도를 다음과 같이 가정한다.

- 자전거 속도, 평균 = 13.5kph, 표준편차=3.0kph
- 보행자 속도 = 4.5kph

대안 자전거 이용시설별로 서비스수준을 분석한다.

〈풀 이〉

1) 자전거·보행자 겸용도로

① 효과척도인 상충횟수를 (식 15-5)에 의해 산정한다.

NB

$$\begin{aligned}
 F &= Q_{bike} \left[\left(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1 \right) P_b + 1 \right] + Q_{ped} \left[0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 \left(1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}} \right) \right] \\
 &= 100 \left[\left(\frac{2 \cdot 3.0}{13.5 \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot 0.7 + 1 \right] + 80 \left[0.5 \cdot 0.5 \frac{13.5}{4.5} - 1.5 \cdot 0.5 + 0.5 \left(1 + \frac{13.5}{4.5} \right) \right] \\
 &= 207 (\text{회}/h)
 \end{aligned}$$

SB

$$\begin{aligned}
 F &= Q_{bike} \left[\left(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1 \right) P_b + 1 \right] + Q_{ped} \left[0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 \left(1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}} \right) \right] \\
 &= 100 \left[\left(\frac{2 \cdot 3.0}{13.5 \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot 0.3 + 1 \right] + 80 \left[0.5 \cdot 0.5 \frac{13.5}{4.5} - 1.5 \cdot 0.5 + 0.5 \left(1 + \frac{13.5}{4.5} \right) \right] \\
 &= 237 (\text{회}/h)
 \end{aligned}$$

② 서비스수준 판정

〈표 15-4〉에 의해

NB : 서비스수준 F

SB : 서비스수준 F

2) 자전거 전용도로(양방)

① (식 15-2)에 의해 상충횟수를 구한다.

NB

$$F = Q_{bike} \left[1 + \left(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot p \right] = 100 \cdot \left[1 + \left(\frac{2 \cdot 3.0}{13.5 \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot 0.7 \right] = 47 (\text{회}/h)$$

SB

$$F = Q_{bike} \left[1 + \left(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot p \right] = 100 \cdot \left[1 + \left(\frac{2 \cdot 3.0}{13.5 \sqrt{\pi}} - 1 \right) \cdot 0.3 \right] = 78 (\text{회}/h)$$

② 서비스수준 판정

〈표 15-3〉에 의해

NB : 서비스수준 B

SB : 서비스수준 C

예측된 자전거 및 보행교통량을 이용해 서비스수준을 분석하면 자전거·보행자 겸용도로보다는 보행자를 자전거로부터 분리한 자전거 전용도로건설을 고려하는 것이 좋다.

〈예제 8〉 교통량을 이용한 서비스수준 분석

자전거 양방 교통량이 500vph 일 때, 자전거전용도로, 자전거·보행자겸용도로, 노상자전거도로 서비스수준을 각각 구하라.

- 단, PHF = 0.9

일반적으로 연속류 자전거 도로의 서비스수준은 자전거 및 보행자의 속도 자료가 존재해야 보다 정확한 서비스수준을 구할 수 있다. 그러나 계획 또는 설계단계에서는 정확한 속도 자료를 구할 수 없으며 단지 수요예측을 통해 자전거 교통량만이 주어지는 경우가 발생하게 된다. 본 예제는 자전거 교통량만이 주어진 경우에 자전거 도로의 개략적인 서비스수준을 간단하게 구할 수 있는 방법을 예시한 것으로 서비스수준의 효과척도를 상충횟수 대신에 교통량으로 이용한다.

〈풀 이〉

1) 15분 자전거 교통류율

$$- 500/0.9 = 555(\text{vph})$$

2) 서비스수준 판정

① 자전거 전용도로(일방통행)

자전거 전용도로 중 일방통행인 경우에는 양방통행을 수용하기 위한 자전거 도로의 차로를 방향 별로 한 개씩 배정하는 것을 전제로 하며 방향별 교통량 비율이 존재하지 않는 경우 50/50의 비율을 적용한다. 본 예제의 양방향 자전거 교통류율은 555vph이므로 방향별 교통량을 278대로 적용하면 〈표 15-2〉에 의해 자전거 전용도로(일방통행)의 경우 서비스수준은 도로폭이 2m인 경우 C, 3m인 경우 A가 된다.

② 자전거 전용도로(양방통행)

자전거 전용도로 중 양방통행인 경우에는 양방통행을 수용하기 위한 자전거 도로의 차로를 한 개씩 배정하는 것을 전제로 하며 방향별 교통량 비율을 50/50로 적용한다. 555대의 첨두 교통류율을 적용하면 〈표 15-3〉에 의해 자전거 전용도로(양방통행)의 경우 도로폭이 2m일 때 서비스수준은 F, 3m일 때 E가 된다.

③ 자전거·보행자 겸용도로

자전거·보행자 겸용도로의 경우, 양방향 교통류율 555대를 적용하여 〈표 15-4〉를 이용하면, 폭 2m일 때, 서비스수준은 F, 폭 3m일 때의 서비스수준은 E이다.

자전거 도로 서비스수준 분석표 - 자전거전용도로, 자전거·보행자겸용도로, 노상자전거도로		
자전거 도로명:	날짜 :	작성자 :
자전거 도로 유형: 자전거 전용도로-[일방통행(V), 양방통행()] 자전거·보행자 겸용도로() 노상자전거도로()		
자전거 도로폭 :	1.5~2.0m(V)	2.4~3.0m()
첨두시간계수, PHF, __0.6__		
양방향 첨두자전거 교통량, q_{bike} , __90__(vph)		
양방향 보행자 교통량, q_{ped} , ____(인/h)		
자전거 교통량의 방향별 비율, P_b , __/__(EB 또는 NB / WB 또는 SB)		
보행자 교통량의 방향별 비율, P_p , __/__(EB 또는 NB / WB 또는 SB)		
자전거 평균속도, U_{bike} , __12__(kph)		
자전거 속도의 표준편차, σ , __3.0__(kph)		
보행자 평균속도, U_{ped} , ____(kph)		
첨두 15분 자전거 교통류율, Q_{bike} , $Q_{bike} = q_{bike} / PHF = \underline{\quad 90 \quad} / 0.6 = 150 \underline{\quad} (vph)$		
첨두 15분 보행자 교통류율, $Q_{ped}(vph)$ $Q_{ped} = q_{ped} / PHF = \underline{\quad \quad \quad} (인/h)$		
자전거 전용도로(일방통행)		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$	42 회/h	
서비스수준<표 15-2>	B	
자전거 전용도로(양방통행)		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [1 + (\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) \cdot p]$		
서비스수준 <표 15-3>		
자전거·보행자 겸용도로		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) P_b + 1]$ $+ Q_{ped} [0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 (1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}})]$		
서비스수준 <표 15-4>		
노상 자전거 도로		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$		
서비스수준 <표 15-5>		

주) 자전거 및 보행자 속도조사가 불가능한 경우는 다음의 값을 이용한다.

자전거 평균 속도 = 13.5kph, 자전거 속도 표준편차 = 3.0kph 보행자 속도 = 4.5kph

그림 15-2 예제 1

자전거 도로 서비스수준 분석표 - 자전거전용도로, 자전거 · 보행자겸용도로, 노상자전거도로		
자전거 도로명:	날짜 :	작성자 :
자전거 도로 유형: 자전거 전용도로-[일방통행(), 양방통행(√)] 자전거 · 보행자 겸용도로() 노상자전거도로()		
자전거 도로폭 :	1.5~2.0m()	2.4~3.0m(√)
첨두시간계수, PHF, __0.9__		
양방향 첨두자전거 교통량, Q_{bike} , __500__ (vph)		
양방향 보행자 교통량, Q_{ped} , __ (인/h)		
자전거 교통량의 방향별 비율, P_b , __70__ / __30__ (EB 또는 NB / WB 또는 SB)		
보행자 교통량의 방향별 비율, P_p , __ / __ (EB 또는 NB / WB 또는 SB)		
자전거 평균속도, U_{bike} , __12.5__ (kph)		
자전거 속도의 표준편차, σ , __2.5__ (kph)		
보행자 평균속도, U_{ped} , __ (kph)		
첨두 15분 자전거 교통류율, Q_{bike} , $Q_{bike} = q_{bike} / PHF = \underline{500/0.9} = 556$ (vph)		
첨두 15분 보행자 교통류율, Q_{ped} (vph) $Q_{ped} = q_{ped} / PHF$		
자전거 전용도로(일방통행)		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$		
서비스수준 <표 15-2>		
자전거 전용도로(양방통행)		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [1 + (\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) \cdot p]$	254회/h	426회/h
서비스수준 <표 15-3>	D	F
자전거 · 보행자 겸용도로		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) P_b + 1]$ $+ Q_{ped} [0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 (1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}})]$		
서비스수준 <표 15-4>		
노상 자전거 도로		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$		
서비스수준 <표 15-5>		

주) 자전거 및 보행자 속도조사가 불가능한 경우는 다음의 값을 이용한다.

자전거 평균 속도 = 13.5kph, 자전거 속도 표준편차 = 3.0kph 보행자 속도 = 4.5kph

그림 15-3 예제 2

자전거 도로 서비스수준 분석표 - 자전거전용도로, 자전거·보행자겸용도로, 노상자전거도로		
자전거 도로명:	날짜 :	작성자 :
자전거 도로 유형: 자전거 전용도로-[일방통행(), 양방통행()] 자전거·보행자 겸용도로(√) 노상자전거도로()		
자전거 도로폭 :	1.5~2.0m()	2.4~3.0m(√)
침투시간계수, PHF, _____ 양방향 침투자전거 교통량, Q_{bike} , _____ (vph) 양방향 보행자 교통량, Q_{ped} , _____ (인/h) 자전거 교통량의 방향별 비율, P_b , _____ / _____ (EB 또는 NB / WB 또는 SB) 보행자 교통량의 방향별 비율, P_p , _____ / _____ (EB 또는 NB / WB 또는 SB)		
자전거 평균속도, U_{bike} , _____ (kph) 자전거 속도의 표준편차, σ , _____ (kph) 보행자 평균속도, U_{ped} , _____ (kph)		
침투 15분 자전거 교통류율, Q_{bike} , _____ $Q_{bike} = q_{bike} / PHF =$ _____ 200 (vph) 침투 15분 보행자 교통류율, Q_{ped} (vph) $Q_{ped} = q_{ped} / PHF =$ _____ 50 (인/h)		
자전거 전용도로(일방통행)		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$		
서비스수준 <표 15-2>		
자전거 전용도로(양방통행)		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [1 + (\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) \cdot p]$		
서비스수준 <표 15-3>		
자전거·보행자 겸용도로		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) P_b + 1]$ $+ Q_{ped} [0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 (1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}})]$	210회/h	240회/h
서비스수준 <표 15-4>	C	D
노상 자전거 도로		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$		
서비스수준 <표 15-5>		

주) 자전거 및 보행자 속도조사가 불가능한 경우는 다음의 값을 이용한다.

자전거 평균 속도 = 13.5kph, 자전거 속도 표준편차 = 3.0kph 보행자 속도 = 4.5kph

그림 15-4 예제 3

자전거 도로 서비스수준 분석표 - 자전거전용도로, 자전거·보행자겸용도로, 노상자전거도로		
자전거 도로명:	날짜 :	작성자 :
자전거 도로 유형: 자전거 전용도로-[일방통행(), 양방통행()] 자전거·보행자 겸용도로() 노상자전거도로(√)		
자전거 도로폭 :	1.5~2.0m(√)	2.4~3.0m()
침투시간계수, PHF, <u>0.9</u> 양방향 침투자전거 교통량, Q_{bike} , <u>234</u> (vph) 양방향 보행자 교통량, Q_{ped} , _____ (인/h) 자전거 교통량의 방향별 비율, P_b , _____ / _____ (EB 또는 NB / WB 또는 SB) 보행자 교통량의 방향별 비율, P_p , _____ / _____ (EB 또는 NB / WB 또는 SB)		
자전거 평균속도, U_{bike} , <u>10</u> (kph) 자전거 속도의 표준편차, σ , <u>3.0</u> (kph) 보행자 평균속도, U_{ped} , _____ (kph)		
침투 15분 자전거 교통류율, Q_{bike} , $Q_{bike} = q_{bike} / PHF = 234 / 0.9 = 260$ (vph) 침투 15분 보행자 교통류율, Q_{ped} (vph) $Q_{ped} = q_{ped} / PHF =$ _____		
자전거 전용도로(일방통행)		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$		
서비스수준 <표 15-2>		
자전거 전용도로(양방통행)		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [1 + (\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) \cdot p]$		
서비스수준 <표 15-3>		
자전거·보행자 겸용도로		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) P_b + 1]$ $+ Q_{ped} [0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 (1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}})]$		
서비스수준 <표 15-4>		
노상 자전거 도로		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$	88회/h	
서비스수준 <표 15-5>	C	

주) 자전거 및 보행자 속도조사가 불가능한 경우는 다음의 값을 이용한다.

자전거 평균 속도 = 13.5kph, 자전거 속도 표준편차 = 3.0kph 보행자 속도 = 4.5kph

그림 15-5 예제 4

자전거 도로 서비스수준 분석표 - 신호교차로, 도시가로상의 자전거도로

자전거 도로명:	날짜 :								작성자 :							
자전거 도로폭 : <u> 2 </u> m																
fw = 자전거도로 폭 보정계수, <표 13-1> <u> 0.92 </u>																
첨두시간계수, PHF, <u> </u>																
첨두자전거 교통량, q_{bike} , <u> </u> (vph)																
첨두 15분 자전거 교통류율, Q_{bike} , $Q_{bike} = q_{bike} / PHF =$ <u> 250 </u> (vph)																
신호교차로 및 도시가로상의 자전거 도로																
교차로	1	2	3	4	5	6	7	8								
주기 (C, 초)	100															
g/C 비	0.4															
용량(C_{bike}) $C_{bike} = 3000 \cdot f_w \cdot \frac{g}{C}$	1104															
정지지체(d, 초) $d = \frac{0.5 C (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\frac{g}{C} Min(\frac{Q_{bike}}{C_{bike}}, 1)]}$	19.4															
신호 교차로 서비스수준 <표 15-6>	C															
링크 길이, L_i , (km)																
평균통행속도 $= \frac{L_T}{\sum \frac{L_i}{S_i} + \sum \frac{d_j}{3600}}$																
도시가로상 자전거도로 서비스수준 <표 15-7>																

그림 15-6 예제 5

자전거 도로 서비스수준 분석표 - 신호교차로, 도시가로상의 자전거도로

자전거 도로명:	날짜 :	작성자 :						
자전거 도로폭 : __1.5__ m								
fw = 자전거도로 폭 보정계수, <표 13-1> __0.87__								
첨두시간계수, PHF, _____								
첨두자전거 교통량, q_{bike} , _____ (vph)								
첨두 15분 자전거 교통류율, Q_{bike} , $Q_{bike} = q_{bike} / PHF =$ __250__ (vph)								
신호교차로 및 도시가로상의 자전거 도로								
교차로	1	2	3	4	5	6	7	8
주기 (C, 초)	100	100	100					
g/C 비	0.3	0.4	0.5					
용량(C_{bike}) $c_{bike} = 3000 \cdot f_w \cdot \frac{g}{C}$	783	1044	1305					
정지지체(d, 초) $d = \frac{0.5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\frac{g}{C} Mn(\frac{Q_{bike}}{c_{bike}}, 1)]}$	27.09	19.90	13.82					
신호 교차로 서비스수준 <표 15-6>								
링크 길이, L_i , (km)	0.25	0.4	0.25	0.6				
평균통행속도 $= \frac{L_T}{\sum \frac{L_i}{S_i} + \sum \frac{d_j}{3600}}$ $S_i = 14.0 km/시$	11.3km/시							
도시가로상 자전거도로 서비스수준 <표 15-7>	B							

그림 15-7 예제 6

자전거 도로 서비스수준 분석표 - 자전거전용도로, 자전거·보행자겸용도로, 노상자전거도로		
자전거 도로명:	날짜 :	작성자 :
자전거 도로 유형: 자전거 전용도로-[일방통행(), 양방통행(√)] 자전거·보행자 겸용도로(√) 노상자전거도로()		
자전거 도로폭 :	1.5~2.0m(√)	2.4~3.0m()
첨두시간계수, PHF, _____		
양방향 첨두자전거 교통량, q_{bike} , _____ (vph)		
양방향 보행자 교통량, q_{ped} , _____ 80 _____ (인/h)		
자전거 교통량의 방향별 비율, P_b , _____ 70 _____ / _____ 30 _____ (EB 또는 NB / WB 또는 SB)		
보행자 교통량의 방향별 비율, P_p , _____ 50 _____ / _____ 50 _____ (EB 또는 NB / WB 또는 SB)		
자전거 평균속도, U_{bike} , _____ 13.5 _____ (kph)		
자전거 속도의 표준편차, σ , _____ 3.0 _____ (kph)		
보행자 평균속도, U_{ped} , _____ 4.5 _____ (kph)		
첨두 15분 자전거 교통류율, Q_{bike} , _____ $Q_{bike} = q_{bike} / PHF =$ _____ 100 _____ (vph)		
첨두 15분 보행자 교통류율, Q_{ped} (vph) $Q_{ped} = q_{ped} / PHF =$ _____ 80 _____		
자전거 전용도로(일방통행)		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$		
서비스수준 <표 15-2>		
자전거 전용도로(양방통행)		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [1 + (\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) \cdot p]$	47	78
서비스수준 <표 15-3>	B	C
자전거·보행자 겸용도로		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) P_b + 1]$ $+ Q_{ped} [0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 (1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}})]$	207	237
서비스수준 <표 15-4>	F	F
노상 자전거 도로		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$	88회/h	
서비스수준 <표 15-5>	C	

주) 자전거 및 보행자 속도조사가 불가능한 경우는 다음의 값을 이용한다.

자전거 평균 속도 = 13.5kph, 자전거 속도 표준편차 = 3.0kph 보행자 속도 = 4.5kph

그림 15-8 예제 7

〈부록 A〉 자전거 도로 서비스수준 분석표 양식

〈표 15A-1〉 자전거 도로 서비스수준 분석표

자전거 도로 서비스수준 분석표 - 자전거전용도로, 자전거·보행자겸용도로, 노상자전거도로		
자전거 도로명:	날짜 :	작성자 :
자전거 도로 유형 : 자전거 전용도로-[일방통행(), 양방통행()] 자전거·보행자 겸용도로() 노상자전거도로()		
자전거 도로폭 :	1.5~2.0m()	2.4~3.0m()
침두시간계수, PHF, _____ 양방향 침두자전거 교통량, q_{bike} , _____ (vph) 양방향 보행자 교통량, q_{ped} , _____ (인/h) 자전거 교통량의 방향별 비율, P_b , _____ / _____ (EB 또는 NB / WB 또는 SB) 보행자 교통량의 방향별 비율, P_p , _____ / _____ (EB 또는 NB / WB 또는 SB)		
자전거 평균속도, U_{bike} , _____ (kph) 자전거 속도의 표준편차, σ , _____ (kph) 보행자 평균속도, U_{ped} , _____ (kph)		
침두 15분 자전거 교통류율, Q_{bike} , _____ $Q_{bike} = q_{bike} / PHF =$ _____ (vph) 침두 15분 보행자 교통류율, Q_{ped} (kph) $Q_{ped} = q_{ped} / PHF$		
자전거 전용도로(일방통행)		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$		
서비스수준 〈표 15-2〉		
자전거 전용도로(양방통행)		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [1 + (\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) \cdot p]$		
서비스수준 〈표 15-3〉		
자전거·보행자 겸용도로		
	EB 또는 NB	WB 또는 SB
상충횟수(F, 회/h) $F = Q_{bike} [(\frac{2\sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}} - 1) P_b + 1]$ $+ Q_{ped} [0.5 P_p \frac{U_{bike}}{U_{ped}} - 1.5 P_p + 0.5 (1 + \frac{U_{bike}}{U_{ped}})]$		
서비스수준 〈표 15-4〉		
노상 자전거 도로		
상충횟수(F, 회/h) $F = \frac{2 Q_{bike} \sigma}{U_{bike} \sqrt{\pi}}$		
서비스수준 〈표 15-5〉		

주) 자전거 및 보행자 속도조사가 불가능한 경우는 다음의 값을 이용한다.

자전거 평균 속도 = 13.5kph, 자전거 속도 표준편차 = 3.0kph, 보행자 속도 = 4.5kph

〈표 15A-2〉 자전거 도로 서비스수준 분석표

자전거 도로 서비스수준 분석표 -신호교차로, 도시가로상의 자전거도로								
자전거 도로명:	날짜 :				작성자 :			
자전거 도로폭 : _____ m								
f_w = 자전거도로 폭 보정계수, 〈표 15-1〉 _____								
첨두시간계수, PHF, _____								
첨두자전거 교통량, q_{bike} , _____ (vph)								
첨두 15분 자전거 교통류율, Q_{bike} , $Q_{bike} = q_{bike} / PHF =$ _____ (vph)								
신호교차로 및 도시가로상의 자전거 도로								
교차로	1	2	3	4	5	6	7	8
주기 (C, 초)								
g/C 비								
용량 $c_{bike} = 3000 \cdot f_w \cdot \frac{g}{C}$								
정지지체(d, 초) $d = \frac{0.5 C (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\frac{g}{C} Min(\frac{Q_{bike}}{c_{bike}}, 1)]}$								
신호 교차로 서비스수준 〈표 15-6〉								
링크 길이, L_i , (km)								
평균통행속도 $= \frac{L_T}{\sum \frac{L_i}{S_i} + \sum \frac{d_j}{3600}}$								
도시가로상 자전거도로 서비스수준 〈표 15-7〉								

〈부록 B〉 부호 정의

- σ = 자전거 속도의 표준 편차(kph)
- p = 전체(양방향) 자전거 교통류에서 진행방향 자전거 교통류가 차지하는 비율
- P_b = 전체(양방향) 자전거 교통류에서 진행방향 자전거 교통류가 차지하는 비율
- P_p = 전체(양방향) 보행자 교통류에서 진행방향 보행자 교통류가 차지하는 비율
- Q_{bike} = 양방향 자전거 교통량(vph)
- Q_{ped} = 양방향 보행자 교통량(인/h)
- F_{pass} = 진행방향의 자전거 앞지르기 횟수(회/h)
- U_{ped} = 보행자 평균속도
- $Q_{bike-op}$ = 대향방향의 자전거 교통류율(vph)
- Q_{ped-op} = 자전거와 대향방향으로 보행하는 보행자 교통류율(인/h)
- $F_{pass_{b-b}}$ = 자전거가 동일방향으로 주행하는 자전거를 앞지르기 하는 횟수(회/h)
- $F_{pass_{b-p}}$ = 자전거가 동일방향으로 보행하는 보행자를 앞지르기 하는 횟수(회/h)
- $F_{meet_{b-b}}$ = 자전거가 동일방향으로 주행하는 자전거를 앞지르기 하는 횟수(회/h)
- $F_{meet_{b-p}}$ = 자전거가 대향방향으로 보행하는 보행자를 대면하는 횟수(회/h)
- F_{total_b} = 자전거의 전체 상충횟수(회/h)
- F_{total_p} = 보행자의 전체 상충횟수(회/h)
- MF_{i-pass} = i 서비스수준의 최대 앞지르기 횟수(회/h)
- $MF_{i-total}$ = i 서비스수준의 최대 전체상충횟수(회/h)
- MSQ_{i-bike} = i 서비스수준의 최대 양방향 서비스 교통류율(vph)
- MSQ_{i-bike} = i 서비스수준의 최대 자전거 서비스 교통류율(vph)

발간등록번호 11-B090023-000298-01

2013년 도로용량편람

발행일	2013년 2월
발행처	국토해양부
주 소	339-012 세종특별자치시 도움6로 11 국토해양부 T. (주)1599-0001 (야)044-201-4672 F. (주)044-860-9500 (야)044-201-5700
인 쇄	(주)선우정보인쇄 T. 02)2272-6105~6 F. 02)2272-5937

본 내용의 무단 복제를 금함.

