

# 제 3-1 편 본 선



# 목 차

1. 적 용 .....	179
2. 기본사항 .....	181
2.1 설계속도 .....	181
2.2 설계구간 .....	185
2.3 설계기준 자동차 .....	187
2.4 출입제한 .....	190
3. 횡단 구성 .....	192
3.1 횡단의 구성 .....	192
3.2 차로폭 .....	193
3.3 중앙분리대 .....	195
3.4 길어깨 .....	199
3.5 보호 길어깨 .....	204
3.6 적설지역의 노측 여유 폭 .....	205
3.7 환경시설대 .....	210
3.8 식수대 .....	211
3.9 측 도 .....	212
3.10 개구부 .....	214
3.11 시설한계 .....	217
4. 시 거 .....	220
4.1 정지시거 .....	221
4.2 앞지르기시거 .....	225
4.3 시거의 확보 .....	228
5. 평면선형 .....	234
5.1 평면선형의 구성 요소 .....	234

5.2	평면곡선 반지름 .....	234
5.3	평면 곡선의 길이 .....	242
5.4	곡선부의 확폭 .....	246
5.5	완화곡선 및 완화구간 .....	249
5.5.1	완화곡선 및 완화구간의 설치와 길이 .....	249
5.5.2	완화곡선의 생략 .....	254
5.6	교통우회용 가도기준 .....	255
<b>6.</b>	<b>중단선형</b> .....	<b>259</b>
6.1	중단선형의 요소 .....	259
6.2	중단경사 .....	259
6.2.1	중단경사의 기준 .....	259
6.2.2	중단경사의 제한 길이 .....	263
6.3	중단곡선의 변화 비율과 길이 .....	265
6.4	오르막 차로 .....	273
6.4.1	일반사향 .....	273
6.4.2	오르막차로의 설치구간 설정 .....	274
6.4.3	오르막차로의 설치 .....	275
6.4.4	오르막차로의 설치기준 .....	279
<b>7.</b>	<b>선형 설계의 방법과 적용</b> .....	<b>281</b>
7.1	선형 설계의 기본방침 .....	281
7.2	평면선형의 설계 .....	283
7.2.1	평면선형의 설계방침 .....	283
7.2.2	직선의 적용 .....	284
7.2.3	곡선의 적용 .....	286
7.2.4	평면선형의 설계방법 .....	293
7.3	중단선형의 설계 .....	294
7.3.1	중단선형의 설계 방침 .....	294
7.3.2	중단선형의 설계 방법 .....	297
7.4	차도별 선형설계 .....	299
7.5	평면선형과 중단선형의 조합 .....	300

<b>8. 횡단경사와 편경사</b> .....	309
8.1 표준 횡단경사 .....	309
8.2 곡선부의 편경사 .....	313
8.2.1 곡선부의 최대 편경사 .....	315
8.2.2 편경사를 생략할 수 있는 최소 평면곡선 반지름 .....	316
8.2.3 편경사와 평면곡선반지름 .....	317
8.2.4 편경사의 접속설치 .....	325
8.3 길어깨의 횡단경사 .....	332
<b>9. 단계건설</b> .....	336
9.1 개 설 .....	336
9.2 초기 시공 시 건설될 차도의 결정 .....	338
9.3 차로 수의 변화에 따른 접속설치 .....	338
<b>참 고 자 료</b> .....	339



## 1. 적 용

이 편에서는 자동차 전용도로의 본선 기하구조 설계에 대한 일반적인 기준과 방법을 제시한다.

### (1) 자동차 전용도로

자동차 전용도로에는 도로법에서 분류하고 있는 고속국도와, 도로법에 따라 지정된 자동차 전용도로가 있다.

도로법(법률 제8976호, 2008년 3월 21일 개정)에서는 도로의 종류를 고속국도·일반국도·특별시도·광역시도·지방도·시도·군도 및 구도로 분류하고 있다. 이 중 고속국도에 대해서는 별도로 고속국도법(법률 제8976호, 2008년 3월 21일 개정)이 제정되어 있다.

도로법 제61조(자동차 전용도로의 지정)에서는 ‘교통이 현저히 폭주하여 차량의 능률적인 운행에 지장이 있는 도로(고속국도는 제외)’에 대해서는 자동차 전용도로로 지정할 수 있도록 규정하고 있다.

자동차 전용도로에서는 자동차를 사용하는 방법 외의 방법으로 통행하거나 출입하는 것이 금지되어 있으며, 도로·철도·궤도·교통용으로 제공하는 통로·그 밖의 시설을 교차시키려고 할 때는 특별한 사유가 없는 한 입체교차시설을 설치하도록 규정하고 있다.

### (2) 일반적인 기준의 의미

기하구조 설계의 일반적인 기준이라 함은 도로의 종류에 따라 해당 도로의 기능을 유지하게 하고, 통상의 자연적·외부적 조건에 대응하는 기준이라 할 수 있다. 따라서 이 편은 특수 대형 자동차의 통행을 목적으로 하는 도로와 같이 특수한 기능을 필요로 하는 도로·대규모의 교량·험준한 산악지에 건설되는 도로 등과 같이 통상의 자연적·외부적 조건과 상이한 조건에서는 적용할 수 없으므로, 이와 같은 도로를 설계하는 경우에는 별도의 기하구조 기준을 검토하여야 한다.

**(3) 이 편의 목적**

이 편의 목적은 자동차 전용도로인 고속도로 본선의 설계를 위한 여러 가지 기준을 제시하는 데 있다. 이 편은 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(국토해양부령 제101호, 2009년 2월 19일 전부 개정) 및 <도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설>에 따라 서술되어 있으며, 그 중 고속도로 본선에 대한 설계기준이 되는 내용을 중점적으로 다루고 있다.

**(4) 적용범위**

이 편은 자동차 전용도로를 신설하거나 개량하는 경우에 적용한다. 따라서 신설 또는 개량 이외의 공사(보수 또는 재해복구공사 등)는 이 편에 수록하지 않는다.

도로 건설은 해당 도로 전체에 대한 신설 또는 개량이라 할 수 있으나, 이 편이 적용되는 범위는 한 노선 전체가 아닌 도로 구간을 단위로 한다.

**(5) 관련 편**

이 편과 관계가 깊은 내용을 다룬 편은 다음과 같다.

- ① 「제 3-2편 버스 정류장」
- ② 「제 3-3편 영업소」
- ③ 「제 4편 출입시설」
- ④ 「제 11편 안전시설」
- ⑤ 「제 12편 부대시설」

위에서 ①~③은 본선 이외의 기하구조 기준을 다루고 있으며, 이 편과 함께 고속도로의 기하구조에 대한 설계방법을 수록하고 있다. ④와 ⑤는 도로의 기능을 높이기 위한 시설물에 관한 내용을 수록하고 있다.



## 2. 기본사항

### 2.1 설계속도

- (1) 설계속도는 도로의 기능별 분류에 따라 <표 2.1>의 속도 이상으로 한다. 다만, 지형 상황 및 경제성 등을 고려하여 필요한 경우에는 <표 2.1>의 속도에서 20km/h 이내의 속도를 뺀 속도를 설계속도로 할 수 있다.

<표 2.1> 설계속도

도로의 기능별 분류		설계속도(킬로미터/시간)		
		지방지역		도시지역
		평지	산지	
고속도로		120	100	100
일반도로	주간선도로	80	60	80
	보조간선도로	70	50	60
	집산도로	60	40	50
	국지도로	50	40	40

- (2) 제1항에도 불구하고 자동차 전용도로의 설계속도는 시속 80킬로미터 이상으로 한다. 다만, 자동차 전용도로가 도시지역에 있거나 소형차도로일 경우에는 시속 60킬로미터 이상으로 할 수 있다.

#### (1) 도로의 구분

도로를 구분하는 기준은 법규에 따라 다르지만, 이 요령에서는 도로 기하구조 설계의 기준이 되는 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에서 구분하는 도로 구분을 기준으로 한다.

도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에서는 도로를 소재 지역과 기능에 따라 구분하고 있다. (「제 2편 도로 계획」 '1.4 도로의 구분' 참조)

〈표 2.2〉 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙상의 도로구분

구 분		도시 지역	지방 지역
고속도로		도시 고속도로	고속도로
일반도로	주간선도로 보조간선도로 집산도로 국지도로	일반국도, 특별시도·광역시도 일반국도, 특별시도·광역시도, 지방도, 시도 지방도, 시도, 군도, 구도 군도, 구도	

## (2) 설계속도

### (가) 설계속도의 정의

설계속도는 도로설계의 기초가 되는 자동차의 속도를 말한다. 설계속도는 도로의 구조면에서 본 경우와 차량의 주행 면에서 본 경우로 다음과 같이 정의할 수가 있다.

- ① 설계속도란 차량의 주행에 영향을 미치는 도로의 물리적 형상을 상호 관련시키기 위하여 선택된 속도이다.
- ② 도로 설계요소의 기능이 충분히 발휘될 수 있는 조건 하에서 운전자가 도로의 어느 구간에서 쾌적성을 잃지 않고 유지할 수 있는 적정 속도이다.
- ③ 설계속도는 도로망에서 그 도로구간의 기능을 고려하여 지향하는 희망속도이며, 도로의 환경보존을 배려하는 속도이다.

설계속도는 선형 요소의 한계값과 폭 구성 요소의 값 결정에 직접 영향을 미친다.

### (나) 설계속도의 하향 적용

고속도로의 경우 설계속도의 최고값인 120km/h는 자동차의 성능, 외국의 경험 및 인간의 감각적 기능의 한계 등을 고려할 때 타당한 값으로 인정되어 왔으나 지속적인 자동차 기술의 발전, 운전자들의 고속운전 적응, 도로설계기술의 발전 등을 고려할 때 그 이상의 설계속도를 지향하는 것도 바람직하다 할 것이다. 또 고속도로 및 도시고속도로에서 설계속도의 최저값은 우리나라의 지형조건 및 토지이용 등을 고찰하여서 80km/h 라는 낮은 속도를 채택하도록 하고 있다. 다만 도시지역의 자동차전용도로나 소형차전용도로의 경우 지역 및 지형상황에 따라 20km/h를 감한 값까지 낮추어 적용할 수 있도록 하고 있다.

일반도로의 설계속도에 대해서는 일반적으로 출입제한을 위배하지 않는 교통제어를 행하는 것이 전제가 되므로 그 최고값은 80km/h로 제한하도록 한 것이다. 다만, 지형상황 등을 참작하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 예외적으로 단구간에 한하여 20km/h 또는 10km/h 감한 값(20km/h 이상 작아서는 안 된다.)까지 줄여서 적용할 수 있도록 하고 있다.

이는 우리나라의 지형의 복잡성 및 고도의 토지이용 등으로 소정의 설계속도를 긴 구간에 걸쳐 유지하려면 산지부나 도시지역에 있어서 짧은 구간에 막대한 건설비가 소요되므로 사실상 사업이 불가능한 경우가 생길 수도 있으며, 또 그 구간 때문에 전 노선의 설계속도를 낮춘다는 것도 바람직하지 않으므로 이와 같은 규정을 설정하고는 있지만 안전한 교통 처리면에서 볼 때 권장할 것은 못된다. 이러한 의미에서 이 예외규정을 적용할 때에는 신중을 기하여야 할 것이며, 이러한 지점이 몇 개소씩 있는 경우에는 오히려 전체의 설계속도를 낮추는 등의 배려가 필요하다

#### (다) 속도의 종류

도로설계 상태와 건설 후 운영 상태에서 적용할 수 있는 속도의 종류는 개별차량(또는 통행량이 많지 않아 자유로운 교통흐름이 유지될 때) 관점과 차량군이 형성될 만한 많은 교통량이 있을 경우의 관점에서 볼 때 다음과 같은 구분을 할 수 있다.

〈표 2.3〉 도로설계 운영단계와 교통상태별 기준 속도

구 분	개별차량의 관점	전체 차량의 관점
도로 시설규모 결정용 속도	설계속도 ( $V_D$ )	설계확인 속도 ( $V_B$ )
도로운영 차원의 검증속도	85백분위속도 ( $V_{85}$ )	평균주행속도 ( $V_R$ )

##### ① 설계속도( $V_D$ , design speed)

설계속도는 선형을 설계하는 경우에 선형요소의 한계값 결정에 직접적인 의미를 가지는 것으로 도로설계의 기초가 되는 자동차의 속도를 말한다.

##### ② 운영속도(operating speed, 85백분위속도 $V_{85}$ )

운영속도는 자유로운 교통흐름 상태에서 운전자가 자신의 차량을 운영할 때 관찰되는 속도이다. 85백분위속도는 자유로운 교통흐름이나 노면습윤 상태에서 주행하는 승용차의 속도를 측정하여 측정치를 오름차순으로 정리하여 85%째에 해당하는 속도(주행 승용차의 85%가 초과하지 않는 속도)로 도로의 굴곡도(도로 km 당 평면곡선의 변화량)와 차로 폭원에 따라 변화하는 것으로 알려져 있다.

또한 설계속도와 85백분위속도는 설계의 검증에서 좋은 비교지표로 활용할 수도 있다. 설계속도에 기초하여 시설규모를 결정하였고, 85백분위속도는 설계된 도로가 도로운영 단계에서 나타나는 운전행태의 지표이기 때문에 설계된 도로의 구간특성을 운전자가 어떻게 받아들였는지를 가늠할 수 있기 때문이다. 현장에서 관측된 85백분위속도를 토대로 설계속도와 관련 기준 설정에도 활용할 수 있다.

85백분위속도는 이웃한 도로구간과 비교하여 85백분위속도가 10km/h 이상 차이가 나면 도로 안전 점검 차원에서 설계여건 변화구간을 검토하여 보아야 한다.

③ 평균 주행속도( $V_R$ , average running speed)

구간 평균속도(space mean speed)라고도 하는데 일정도로 구간을 주행하는 차량 통과시간 관측에 의한 교통류의 속도 측정방법으로 구간거리를 평균 주행시간으로 나누어 구한다. 주행시간이란 차량이 움직이고 있는 시간만을 의미하며 멈춤으로 인한 지체시간은 포함하지 않는다. 이 속도는 교통서비스 수준을 측정하거나, 도로 이용자 비용을 산출하는 데 사용된다. 또 평균 주행속도는 날씨, 시간, 교통량에 따라 편차가 큰 것으로 알려져 있다. 따라서 평균 주행속도를 제시할 때는 첨두 또는 비첨두 시간인지(이 속도는 도로설계나 도로운영에 사용), 하루 평균인지(도로 경제성 분석에 이용)를 분명히 밝히는 것이 좋다.

## ④ 평균 통행속도(average travel speed)

일정도로 구간을 주행하는 차량통과시간 관측에 의한 교통류의 속도 측정방법의 하나이며 구간거리를 지체시간을 포함한 차량운행시간으로 나눔으로써 얻어진다. 또한 평균운행속도는 일정구간을 통과하는 차량들의 평균 운행시간을 이용하여 구하여지기 때문에 이 역시 구간평균속도이다.

## ⑤ 시간 평균속도(time mean Speed)

도로의 한 지점을 통과하는 차량들의 속도를 산술평균한 것을 의미하며, “평균 순간속도”라고 하기도 한다. 교통의 흐름에 관련된 대부분의 분석방법에 사용되어지는 속도의 효율적인 척도는 위에서 정의한 평균 통행속도(average travel speed)를 사용한다. 서비스 수준 F의 상태로 운행되는 등 통행의 방해가 없거나 휴게소 정차를 하지 않을 경우 평균 통행속도와 평균 주행속도는 서로 같게 나타난다.

⑥ 설계 확인속도( $V_B$ )

독일 RAS-Q(1996)에 따른 속도 정의로, 교통소통의 품질평가 지표로 사용된다. 이 속도는 설계된 도로에서 허용되는 교통량(설계 교통량보다는 많고 최대 교통량보다는 적은)이 주행할 때 승용차가 나타내는 평균 주행속도를 나타낸다. 설계 확인속도는 독일의 도로망 형성 지침(RAS-N)에 기준 값을 제시하고 있다. 이 속도는 적용하는 도로 표준단면의 크기에 따라 변화하며, 최고제한속도보다는 작은 값을 나타낸다.

## 2.2 설계구간

- (1) 동일한 설계기준이 적용되어야 하는 도로의 설계구간은 주요교차로(인터체인지를 포함한다)나 도로의 주요시설물 사이의 구간으로 한다.
- (2) 인접한 설계구간과의 설계속도의 차이는 시속 20킬로미터 이하가 되도록 하여야 한다.

### (1) 설계구간의 정의

설계구간이란 도로가 위치하는 지역 및 지형의 상황과 계획교통량에 따라 동일한 설계기준을 적용하는 구간을 말한다. 지나치게 짧은 구간에서 설계속도가 변화되는 새로운 설계구간을 설정하거나 혹은 운전자가 예상치 못한 장소에서 새로운 설계구간을 설정하는 것은 운전자를 혼란시켜 교통안전상에서도 좋지 못하며 또 쾌적성도 저하시킨다.

노선의 기하구조는 가능한 한 연속적인 것이 바람직하므로 설계구간을 설정하는 경우에는 그 길이나 변경점의 선정방법 등에 대하여 신중한 배려가 필요하다.

도로의 설계구간은 노선의 성격이나 중요성, 교통량, 지형 및 지역이 대략 비등한 구간에서는 같은 설계구간으로 함이 바람직하다. 그러므로 도로의 기하구조가 짧은 구간마다 변화하게 되면 운전자를 혼란시켜 교통안전상으로도 좋지 않으므로 설계구간의 길이는 가능한 한 긴 것이 바람직하다.

### (2) 설계구간의 길이

설계구간의 길이를 어떻게 잡을 것인가에 대해서 명확한 근거를 찾아내는 것은 어려운 문제이다.

설계구간을 설정할 때 고려하여야 할 가장 중요한 점은 운전자가 일정한 속도를 유지하면서 주행하는 시간이 너무 짧지 않도록 하여야 한다는 것이다. 왜냐하면, 짧은 시간 동안 운전자가 취하여야 할 속도가 자주 바뀌게 되면 운전이 부드럽지 못하기 때문이다.

일반적으로 운전자는 과거의 경험을 토대로 하여 도로의 상황을 판단하고, 운전을 한다. 만약, 그러한 경험이나 기억과 많은 차이가 있는 상황에 닥치게 될 경우 당황하게 되며, 경우에 따라서는 사고를 일으킬 수도 있으나 도로 상황이 평상시와 유사하다면 운전자는 쾌적성을 잃지 않고 운전할 수 있을 것이다.

이러한 점을 고려하여 볼 때 설계구간의 길이는 지금까지의 실제 설계 예를 감안하여 경험적인 것을 채택하는 것이 타당할 것이다.

〈표 2.4〉는 도로의 구분에 따른 설계구간의 길이를 정하는 경험상의 대략적인 지침을 제시한 것이다. 최소 설계구간길이란 짧은 구간에서 설계속도를 떨어뜨려야 하는 경우의 최소구간 길이이다.

지형의 상황 등으로 부득이한 경우에 설계속도를 20km/h 내지 10km/h 감속한 구간이 하나의 설계 구간 중에 1~2개소 정도라면 허용할 수 있다는 취지인 것이다.

〈표 2.4〉 설계구간 길이의 개략지침 (단위 : km)

도 로 구 분	바람직한 설계구간 길이	최소 설계구간 길이
고속도로 지방지역 간선도로	30~20	5
지방지역 기타 도로	15~10	2
도시지역 일반도로	주요 교차점의 간격	

또한 설계속도를 20km/h를 감소할 필요가 있는 경우에는 10km/h씩 점차적으로 줄이도록 하며, 이러한 구간에 대해서는 교통안전시설에 대한 각별한 주의가 요망된다.

특히 설계속도의 변화로 인하여 부득이하게 횡단면을 변경할 필요가 있는 경우에는 횡단면의 변이구간을 테이퍼로 연결하되 도시지역에서는 10 : 1 이상, 지방지역에서는 20 : 1 이상을 유지하도록 한다. 도시지역의 일반도로에 대해서는 주요한 교차점에서 설계구간을 변경함이 좋다.

### (3) 설계구간의 변경점

설계구간의 변경점은 지형·지역·주요한 교차점·인터체인지 등의 교통량이 변화하는 지점, 장대교와 같은 구조물이 있는 지점 등으로 할 수 있으나, 해당 구간의 기하구조 등의 변화에 대한 정보를 제공하여 충분한 거리를 두고 운전자의 사전 인지가 가능하도록 주의를 기울여야 한다.

따라서 지형, 지역, 풍경 등이 유사한 구간이나 교통량이 거의 동일한 구간은 하나의 설계구간으로 택하도록 함이 바람직하다.

특히, 지형·지역 조건 등의 제한으로 인하여 설계속도에 따른 기하구조 조건을 적용하기 어려운 구간에서 낮은 설계속도가 적용되는 설계구간을 설정하거나 설계구간의 변경점을 두는 것은 바람직한 설계라고 볼 수 없다.

## 2.3 설계기준 자동차

(1) 도로의 구분에 따른 설계 기준 자동차는 다음 표와 같다. 다만, 우회할 수 있는 도로(해당 도로의 기능 이상의 도로에만 해당한다)가 있는 경우에는 도로의 구분에 관계없이 대형 자동차나 승형 자동차 또는 소형 자동차를 설계기준 자동차로 할 수 있다.

도로의 구분	설계기준 자동차
고속도로 및 주간선도로	세미트레일러
보조간선도로 및 집산도로	세미트레일러 또는 대형 자동차
국 지 도로	대형 자동차 또는 승용 자동차

(2) 제 (1)항에 따른 설계기준 자동차의 종류별 제원은 다음 표와 같다.

〈표 2.5〉 설계기준 자동차의 종류별 제원

(단위 : 미터)

자동차별 \ 제 원	폭	높이	길이	축간거리	앞내민 길이	뒷내민 길이	최 소 회전반지름
승용 자동차	1.7	2.0	4.7	2.7	0.8	1.2	6.0
소형 자동차	2.0	2.8	6.0	3.7	1.0	1.3	7.0
대형 자동차	2.5	4.0	13.0	6.5	2.5	4.0	12.0
세미트레일러	2.5	4.0	16.7	앞 축간거리 4.2 뒷 축간거리 9.0	1.3	2.2	12.0

주 1) 축간거리 : 앞바퀴 차축의 중심으로부터 뒷바퀴 차축의 중심까지의 길이를 말한다.

2) 앞내민 길이 : 차량의 전면으로부터 앞바퀴 차축의 중심까지의 길이를 말한다.

3) 뒷내민 길이 : 차량의 뒷면으로부터 뒷바퀴 차축의 중심까지의 길이를 말한다.

### (1) 개 요

#### (가) 자동차의 정의

자동차 관리법(법률 제 9449호, 2009년 2월 6일 개정) 제2조 제1호 규정에서는 ‘자동차라 함은 원동기에 의하여 육상에서 이동할 목적으로 제작한 용구(用具) 또는 이에 견인(牽引)되어 육상을 이동할 목적으로 제작한 용구를 말한다. 다만, 대통령령이 정하는 것을 제외한다.’고 정의하고 있다. 또, 도로교통법(법률 제 9580호, 2009년 4월 1일 개정) 제2조(정의)에서는 「자동차라 함은 철길이나 가설된 선에 의하지 아니하고 원동기를 사용하여 운전되는 채(견인되는 자동차도 자동차의 일부로 본다)로서 자동차 관리법 제3조의 규정에 의한 승용 자동차, 승합 자동차, 화물 자동차, 특수 자동차, 이륜 자동차 및 건설기계 관리법 제 26조 제 1항의 단서의 규정에 의한 건설기계를 말한다.」라고 규정하고 있다.

**(나) 설계기준 자동차의 종류와 제원**

‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙’에서는 설계기준 자동차를 승용 자동차·소형 자동차·대형 자동차·세미트레일러의 네 종류로 구분하여 제원(諸元)을 정하고 있는데, 승용 자동차는 승용차를 대상으로 하고 있으며, 소형자동차는 일반적인 구급·구난 차량이 통행이 가능한 국내시판 운영 중인 차량의 크기를 고려하였다. 대형 자동차에는 버스·트럭 등이 포함되어 있으나 앞내민 길이·축간거리 및 뒷내민 길이에 대해서는 트럭으로서 뒷축이 2축인 자동차를 기준으로 정하고 있고, 세미트레일러는 차축(軸)이 총 4축인 자동차를 기준으로 하고 있다.

고속도로의 설계시에는 세미트레일러를 기준으로 설계하도록 규정하고 있다.

**(2) 설계기준 자동차의 치수**

자동차의 치수·성능 등은 도로의 폭·곡선부의 확폭·교차로의 설계·종단경사·시거 등에 큰 영향을 미친다.

자동차의 제원에 관한 법적 근거는 ‘자동차 안전기준에 관한 규칙’에 제시되어 있다.

동 규칙의 제2장 자동차의 안전기준에서 자동차의 제원을 제시하고 있는데, 제4조에서 자동차의 길이와 너비 및 높이를 규정하고 있고, 제5조에서는 최저 지상고, 제6조에서는 차량의 총중량 등, 제7조에서는 중량분포, 제8조에서는 최대안전 경사각도, 제9조에서는 최소 회전반지름을 규정하고 있다.

이 규칙에서는 차종에 따라 제원을 규정하고 있다. 최대값만 살펴보면, 자동차의 길이는 16.7m 이하, 높이는 4.0m 이하, 너비는 2.5m 이하로 규정하고 있고, 자동차의 총 중량은 40톤 이하, 축하중은 10톤 이하, 윗하중은 5톤 이하로 규정하고 있고, 최소 회전반지름은 12.0m 이하로 하도록 규정하고 있다.

**(가) 길이, 너비, 높이**

승용 자동차의 길이·너비·높이는 ‘자동차 관리법 시행규칙’ 제2조에서 규정하고 있는 승용자동차의 최대값으로 규정한다.

이 규칙에 따르면, 길이는 4.7m, 너비는 1.7m, 높이는 2.0m이다.

소형 자동차는 국내에서 판매되고 있는 소형자동차의 제원을 참고하여 길이는 6.0m, 너비는 2.0m, 높이는 2.8m로 규정하였다.

대형 자동차의 경우, 수송 효율을 높이기 위하여 최근 들어 법정 제한길이에 가까운 자동차가 많이 생산되고 있으며, 특히 전체 길이가 13m에 가까운 대형 자동차의 점유율이 계속 증가할 것이 예상된다.

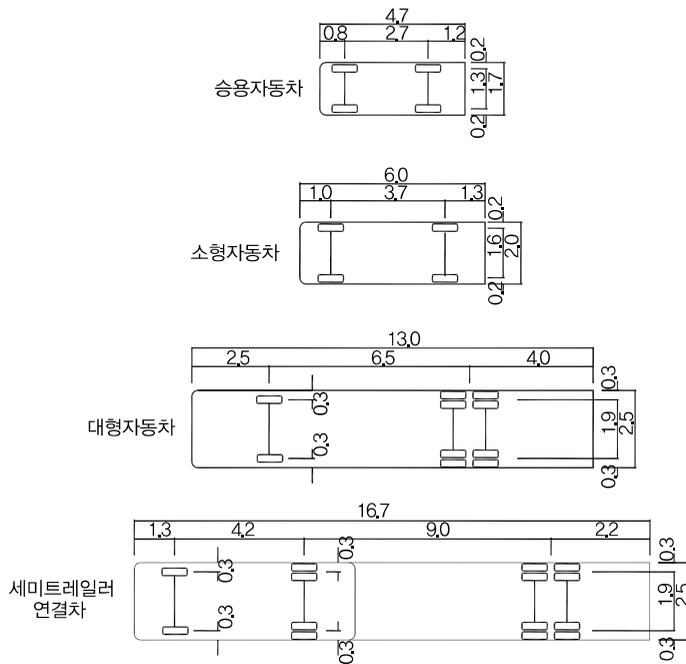
따라서, 이러한 추세를 반영하기 위하여 대형 자동차의 길이와 너비, 높이는 ‘자동차 안전기준에 관한 규칙’ 제4조에 제시된 최대값으로 한다. 규칙에 따르면, 길이는 13m, 너비는 2.5m, 높이는 4.0m이다.

연결차에는 세미트레일러 · 폴트레일러 및 중(重-doubles)트레일러 등이 있으며, 일반적으로 폴트레일러 · 중트레일러가 세미트레일러에 비하여 운행 빈도 및 운행거리상 대표성을 결여하고 있어 설계기준 자동차의 제원으로서의 채용하지 않았다.

연결차의 길이는 세미트레일러에서 16.7m, 폴트레일러에서 19m의 규제치가 있으나, 길이 19m 특례를 인정하는 트레일러는 분리 운송이 불가능한 건설 중장비 등 운송용 저상트레일러로 제한하고 있으며, 일반적으로 회전시에는 세미트레일러가 큰 점유폭을 필요로 하므로 폴트레일러는 고려할 필요가 없다.

세미트레일러의 길이는 12m 형상의 컨테이너로 운송하기 위한 연결차의 길이로서, 필요한 길이는 16.7m를 사용하고 있다.

세미트레일러의 길이와 너비, 높이는 ‘자동차 안전기준에 관한 규칙’ 제4조에 제시된 최대값으로 한다. 규칙에 따르면 길이는 16.7m, 너비는 2.5m, 높이는 4.0m이다.



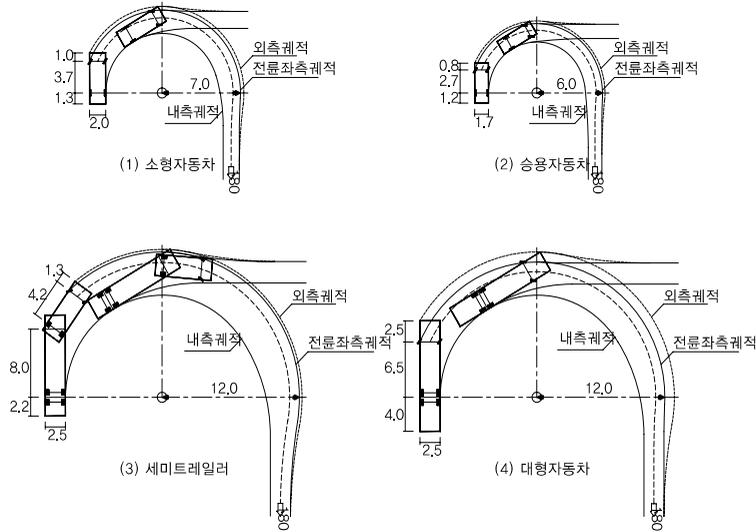
〈그림 2.1〉 설계기준 자동차의 제원(단위 : 미터)

(나) 최소 회전반지름

‘자동차 안전기준에 관한 규칙’에 따르면, 자동차의 최소 회전반지름이란 자동차의 바깥쪽 앞바퀴 자국의 중심선의 궤적을 따라 측정할 때 12m를 초과하지 않도록 규정하고 있다.

설계기준 자동차의 최소 회전반지름은 15km/h 이하에서 측정한 값으로 바퀴내측 반지름과 바퀴 외측 반지름이 다르다. 도로의 구조 · 시설 기준에 관한 규칙에서 정의한 최소 회전 반지름은 전륜 외측 바

퀴의 회전 반지름을 말한다. 최소 회전반지름에 있어서 승용자동차의 최소 회전반지름은 현재 운행 중에 있거나 장애에 운영하리라고 예상되는 승용자동차의 회전반지름 중 최대치도 포함할 수 있도록 정하였다.



〈그림 2.2〉 설계기준 자동차 회전 궤적(단위 : 미터)

## 2.4 출입제한

도로법 제 61조의 규정에 의하여 지정된 자동차 전용도로와 고속도로의 출입은 다음 각 호의 기준에 적합 하여야 한다.

- (1) 교차하는 모든 도로와 입체교차시설로 하여야 한다. 다만, 지형상황 등을 고려하여 부득이 하다고 인정되는 경우에는 평면교차로 할 수 있다.
- (2) 지정된 곳에서만 자동차의 출입을 허용하여야 한다.

### (1) 개요

출입제한(control of access)에 관한 정의는 미국 AASHTO(American Association of State Highway and Transportation Officials) 설계기준에 정의되어 있는데, 여기에서는 ‘출입제한이라 함은 도로 인접지의 소유자, 임대자 등의 도로에 관련된 출입권이 공공기관에 의하여 완전 또는 부분적으로 제한되는 상태라고 정의하고 있다.

출입제한에는 완전 출입제한과 불완전 출입제한이 있다.

**(가) 완전 출입제한**

통과 교통을 우선 처리하기 위하여 고속도로로의 출입을 특정의 공공 도로에서만 할 수 있도록 하고, 평면교차 또는 인접도로와 직접 접속되는 것을 금지하는 것을 뜻한다.

**(나) 불완전 출입제한**

특정의 공공도로에서 고속도로로 통행할 수 있는 것 외에도 평면교차 또는 인접도로의 접속을 약간 허용하는 것을 말한다.

출입제한의 장점은 도로의 교통용량을 충분히 활용할 수 있고, 높은 속도를 유지할 수 있으며, 도로 이용자의 안전성을 높일 수 있다는 것이다.

**(2) 출입제한의 채택**

출입제한의 채택여부는 노선의 성격과 중요성에 바탕을 두고 판단하여야 한다. 고속도로의 경우 '고속국도법 제7조'에, 자동차 전용도로의 경우 '도로법 제64조'에 출입제한에 관한 사항을 수록하고 있는데, 이들 도로와 다른 시설과의 교차 및 연결은 특별한 사유가 없는 한 입체교차시설을 설치하도록 규정하고 있다.

도시 고속도로는 도시지역의 대량 교통을 원활히 처리하는 목적으로 하고 있으므로, 완전 출입제한으로 하는 것을 원칙으로 한다. 단, 노선의 성격과 자동차 교통 등의 상황에 따라 불완전 출입제한으로 할 수도 있다.

기타 도로의 경우, 출입제한의 채택기준을 일률적으로 정하기에는 많은 어려움이 있다.

출입제한의 검토대상이 되는 도로는 다음과 같은 특성을 가지고 있어야 한다.

- ① 계획 교통량이 많을 것
- ② 평균 통행 거리가 길 것(장거리 통행이 많을 것)
- ③ 노선의 계획 연장이 길 것 등



## 3. 횡단 구성

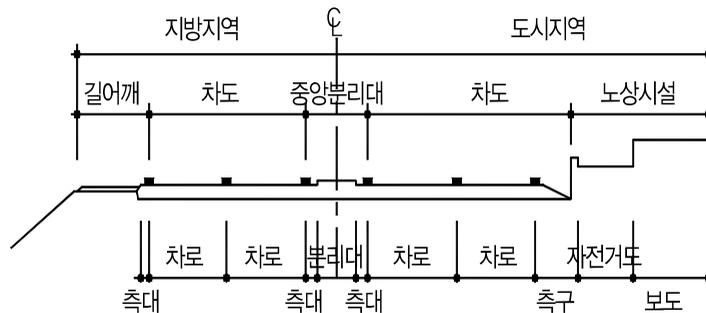
### 3.1 횡단의 구성

도로 횡단면의 주요 구성 요소에는 차도, 중앙분리대, 길어깨 등이 있다.

#### (1) 고속도로의 표준 횡단면

도로의 횡단면 구성 요소에는 차도(차로 등에 의하여 구성되는 도로의 부분), 중앙분리대, 길어깨, 정차대(차도의 일부), 자전거 전용도로, 자전거·보행자 겸용도로, 보도, 식수대, 측도(frontage road), 전용차로가 있다. 이 중 주요 횡단면 구성요소는 차도, 중앙분리대, 길어깨 등이다.

고속도로 횡단면의 주요 구성 요소와 조합은 <그림 3.1>과 같다.



<그림 3.1> 표준 횡단면

#### (2) 차도

차도는 자동차의 통행에 사용되는 차로로 구성된 도로의 부분(자전거 전용도로 제외)을 말하며, 차로에는 직진차로·회전차로·변속차로·오르막차로·양보차로 등이 있다.

차로를 기능별로 구분하면 다음과 같다.

- ① 한 줄로 늘어선 자동차를 안전하고 원활하게 주행시키기 위하여 설치된 띠 모양의 도로부분 : 직진차로, 오르막차로, 회전차로, 변속차로
- ② 자동차의 정차, 비상주차를 위하여 설치된 도로부분 : 주·정차대, 버스 정류시설, 비상주차대
- ③ 기타 도로부분 : 교차로, 부가차로 구간, 차로 수 증감 또는 도로가 접속되는 부분

### (3) 기타

중앙분리대와 길어깨는 각각 '3.3 중앙분리대', '3.4 길어깨'에 수록하고 있다.

## 3.2 차로폭

- (1) 차로의 폭은 차선의 중심선에서 인접한 차선의 중심선까지로 하며, 도로의 구분, 설계속도 및 지역에 따라 다음 표의 폭 이상으로 한다. 다만, 설계기준 자동차 및 경제성을 고려하여 필요한 경우에는 차로폭을 3.0미터 이상으로 할 수 있다

〈표 3.1〉 설계속도 및 지역에 따른 차로 폭

도로의 구분		차로의 최소폭(미터)			
		지방지역	도시지역	소형차 도로	
고속도로		3.50	3.50	3.25	
일반도로	설계속도 (킬로미터/시속)	80이상	3.50	3.25	3.25
		70이상	3.25	3.25	3.00
		60이상	3.25	3.00	3.00
		60미만	3.00	3.00	3.00

- (2) 〈표 3.1〉에도 불구하고 통행하는 자동차의 종류·교통량, 그 밖의 교통특성과 지역여건에 따라 필요한 경우 회전차로의 폭과 설계속도가 시속 40킬로미터 이하인 도시지역 차로폭은 2.75미터 이상으로 할 수 있다.
- (3) 도로에는 「도로교통법」 제15조에 따라 자동차 종류 등에 따른 전용차로를 설치할 수 있으며, 이 경우 간선급행버스체계 전용차로의 차로 폭은 3.25미터 이상으로 한다. 다만, 정류장의 추월차로 등 부득이한 경우에는 3.0미터 이상으로 할 수 있다.

(1) 고속도로의 차로 폭

차로의 폭은 자동차의 통행이 안전하게 이루어질 수 있도록 충분히 확보되어야 한다.

‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙’에서는 설계속도에 따라 차로의 최소폭을 규정하고 있다. 최소 차로 폭은 차량의 통행에 필요한 최소한의 값이며 바람직한 값은 아니므로, 도로 설계 및 관리자의 판단에 따라 적절하게 최소 폭을 설계·조정하여 운용하는 것이 바람직하다.

차로의 최소 폭은 차량 주행시에 주행 안전성을 확보할 수 있는 폭이어야 하며, 설계기준 자동차의 폭에 좌우 안전 폭을 합한 값으로 결정된다. 최소 좌우 안전 폭으로 0.25~0.50m를 적용하며, 이 값은 설계속도가 커짐에 따라 증가한다. 고속도로 설계 시 설계기준 자동차의 폭으로는 2.5m를 적용한다. 우리나라 고속도로의 경우, 한차로가 3.6m의 폭으로 설계 및 시공되고 있으며, 도로 관리의 통일성과 연계성 그리고 효율성을 높이기 위하여 최소차로 폭을 3.6m로 하고 있다.

여러 나라의 차로 폭은 <표 3.2>에서 제시하는 바와 같다.

<표 3.2> 여러 나라의 차로 폭

국 가	고속도로
우리나라	3,50~3,60m
미국	3,60m
캐나다	-
독일	3,50~3,75m
프랑스	3,50m
덴마크	3,50m
헝가리	3,75m
체코	3,50~3,75m
네델란드	3,50m
스페인	3,50~3,75m
남아프리카	3,70m
일본	3,50~3,75m
중국	3,50~3,75m

(2) 소형차도로의 차로 폭

소형차도로의 차로 폭 결정시 설계기준자동차의 폭을 고려하여 결정한다. 소형자동차의 설계 기준 폭은 2.00m로 대형자동차 및 세미트레일러의 설계 기준 폭인 2.50m보다 0.50m가 작으므로 소형차도로의 차로 폭을 결정할 경우 일반차로의 폭에서 0.50m까지 축소하여 적용 가능하나 안전을 고려하여

80km/h 이상의 소형차도로는 도시지역의 도로 폭에서 0.25m를 축소하여 3.25m를 적용하고, 70km/h 이하의 소형차도로는 3.00m를 기준 폭으로 적용한다. 다만 40km/h 이하의 도시지역 소형차도로는 2.75m 까지 적용이 가능하다.

### 3.3 중앙분리대

- (1) 도로에는 차로를 통행의 방향별로 분리하기 위하여 중앙선을 표시하거나 중앙분리대를 설치하여야 한다. 다만, 4차로 이상의 도로에는 도로기능과 교통 상황에 따라 안전하고 원활한 교통을 확보하기 위하여 필요한 경우 중앙분리대를 설치하여야 한다.
- (2) 중앙분리대 내에는 시설물을 설치할 수 있으며 중앙분리대의 폭은 도로의 구분에 따라 다음 <표 3.3>의 값 이상으로 한다. 다만, 자동차 전용도로의 경우는 2.0미터 이상으로 한다.

<표 3.3> 중앙분리대의 최소 폭

도로의 구분	중앙분리대의 최소 폭 (미터)		
	지방지역	도시지역	소형차 도로
고속도로	3.0	2.0	2.0
일반도로	1.5	1.0	1.0

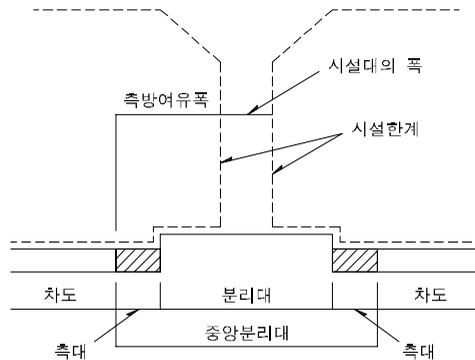
- (3) 중앙분리대에는 측대를 설치하여야 한다. 이 경우 측대의 폭은 설계속도가 시속 80킬로미터 이상인 경우는 0.5미터 이상으로 하고, 시속 80킬로미터 미만인 경우는 0.25미터 이상으로 한다.
- (4) 중앙분리대의 분리대 부분에 노상시설을 설치하는 경우 중앙분리대의 폭은 시설한계가 확보되도록 정하여야 한다.
- (5) 차로를 왕복방향별로 분리하기 위하여 중앙선을 두 줄로 표시하는 경우 각 중앙선의 중심 사이의 간격은 0.5미터 이상으로 한다.

#### (1) 중앙분리대의 기능

중앙분리대는 자동차 전용도로나 설계속도가 높은 도로 등에서 특히 필요하며, 기타 도로에는 경제성이나 용지문제 등을 고려할 때 반드시 필요한 것은 아니다.

그러나 4차로 이상의 일반도로에도 중앙분리대의 기능과 교통상황, 연도상황 등으로 미루어 보아 안전하고 원활한 교통을 확보하기 위하여 필요하다고 판단될 때에는 중앙분리대를 설치하는 것이 바람직하다. 중앙분리대의 기능은 다음과 같다.

- ① 왕복 교통류를 분리함으로써 차량의 대향차로 침범에 의한 치명적인 정면충돌 사고를 방지하고, 동시에 도로 중심선 측의 교통저항을 감소시켜 교통용량을 증대시킨다.
- ② 광폭 분리대일 경우 사고 및 고장차량이 정지할 수 있는 여유 공간을 제공한다.
- ③ 비분리 다차로 도로에 있어서 대향차로의 오인을 방지한다.
- ④ 필요에 따라 유턴 등을 방지하여 교통류의 혼잡이 발생되지 않도록 하여 안전성을 높인다.
- ⑤ 도로표지 및 교통 관제시설 등을 설치할 수 있는 장소로 제공된다.
- ⑥ 평면 교차로가 있는 도로에서는 폭이 충분할 때 좌회전 차로로 전용할 수가 있어 교통 처리에 유리하다.
- ⑦ 보행자에 대한 안전성이 됨으로써 안전한 횡단에 도움이 된다.
- ⑧ 폭이 넓은 중앙분리대를 설치하면 야간 주행 시 전조등의 불빛에 의한 눈부심이 방지된다. 폭이 좁더라도 식수나 현광방지망을 설치하면 전조등의 불빛을 차단할 수 있다.
- ⑨ 방재, 경관 기능을 갖는 장소로 제공된다.
- ⑩ 수용공간으로서 지하주차장의 출입구나 평면 주차장을 설치할 수 있다.
- ⑪ 공간 확보로 인한 소음감소, 식목에 의한 대기 정화 등 생활환경 보전기능과 식목으로 인한 녹화 공간을 제공한다.
- ⑫ 도시주변지역에서는 장래 확장될 차로의 공간을 제공한다.



〈그림 3.2〉 중앙분리대의 측방여유

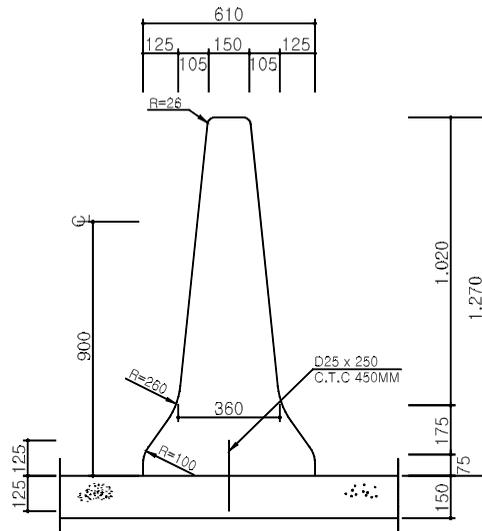
중앙분리대 중 분리대는 측대 이외의 부분을 말하며, 왕복교통을 확실하게 분리하여야 하기 때문에 분리대용 방호시설 등을 설치하거나 또는 측대에 접속하여 연석을 설치하여야 한다. 분리대의 양측에 설치되는 측대의 기능은 다음과 같다.

- ① 차도 외측을 일정 폭으로 명확하게 나타내어 운전자의 시선을 유도하고, 운전에 대한 안정성을 증대시킨다.
- ② 주행상 필요한 측방 여유폭의 일부를 확보하여 차도의 효율성을 높인다.  
이때 측대의 포장은 본선 포장과 동일한 포장으로 한다.

## (2) 중앙분리대의 형식과 구조

중앙분리대는 왕복교통을 확실하게 분리하여야 하기 때문에, 분리대의 시설로서 방호시설을 설치하거나 연석을 설치한다. 그리고 분리대의 양측에는 설계속도에 따라 폭 0.25~0.50m 이상의 측대를 설치한다.

〈그림 3.3〉은 우리나라 고속도로 중앙분리대의 대표적인 형식이며, 〈그림 3.4〉는 분리대 시설물의 예이다.



〈그림 3.3〉 우리나라 고속도로 중앙분리대(단위 : mm)

## (3) 중앙분리대의 폭

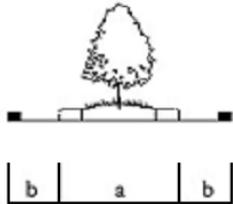
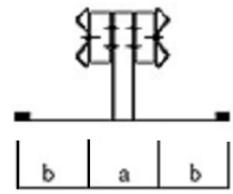
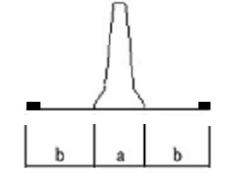
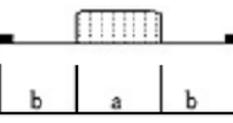
중앙분리대는 폭이 넓을수록 그 기능이 높아진다. 예를 들면, 자동차가 차로를 벗어나서 중앙분리대로 진입할 경우 중앙분리대의 폭이 넓으면 주행 본선으로 회복할 여지가 크므로 대형사고를 방지할 수 있고, 기계화 작업이 가능하다.

그러나 우리나라와 같이 도로용지 취득이 어렵고, 지형·토지 이용상황으로 보아 중앙분리대 폭을 넓게만 하는 것은 문제가 있다.

따라서, 일반적으로 폭을 좁게 하고 차도면보다 높게 분리대를 설치하는 것을 기본으로 하고 있다. 그러나 자동차 전용도로에는 중앙분리대를 차도면과 동일하게 하고, 중앙부에 분리용 방호시설을 설치하여 측대를 여유 있게 두는 형식의 분리대가 일반화되어 있다.

중앙분리대의 표준 폭은 고속도로 3.0m, 도시 고속도로 2.0m, 일반도로의 경우 지방부에서 1.5m 이상으로 도시부에서 1.0m 이상으로 한다.

(단위 : m)

형 식	형 상	중 앙 분 리 대		이용도로
		분리대 (a)	측방여유폭(b) (측대 포함)	
녹 지 대		2.00 이상 1.00 이상 1.00 이상 1.00 이상	0.50 0.50 0.50 0.25	고속도로 도시 고속도로 자동차 전용도로 주간선도로 이하
가드레일		0.60	1.20 0.70 0.50	고속도로 도시 고속도로 자동차 전용도로
콘크리트 방 호 벽		0.60	1.20 0.70 0.50	고속도로 도시 고속도로 자동차 전용도로
콘크리트 연 석		1.00 0.50 0.30	1.60 0.50 0.35	고속도로 연결로 주간선도로 보조간선도로

〈그림 3.4〉 분리대 시설물의 예

교차로에서 중앙분리대 폭을 좌회전 차로로 전용할 경우에는 중앙분리대의 폭을 최소한 3.5m 정도는 확보하여야 하며, 4.0m 정도 확보하는 것이 바람직하다.

또한 광폭분리대일 경우 분리대의 폭은 12.0m 이상이 바람직하고 최소 10.0m 는 확보하여야 할 것이다. 그러나 식재를 통한 분리대의 조경을 고려한다면 18.0m 정도의 폭이 필요할 것이다. 이때, 분리대의 횡단경사는 1:4 이상의 완만한 경사가 되도록 하여야 한다.

중앙분리대에는 측대를 설치하여야 하며, 80km/h 이상인 경우 0.5m이상, 80km/h 미만일 경우 0.25m 이상으로 한다.

**(4) 중앙분리대 폭의 접속설치**

중앙분리대의 접속설치는 중앙분리대의 폭이 변하거나 분리대가 확폭되는 경우에 하며, 이러한 접속설치는 확장구간에서 정지시거가 부족하거나, 상·하행선이 분리된 터널 또는 2-Arch 터널과 같은 곳에서 자주 발생한다.

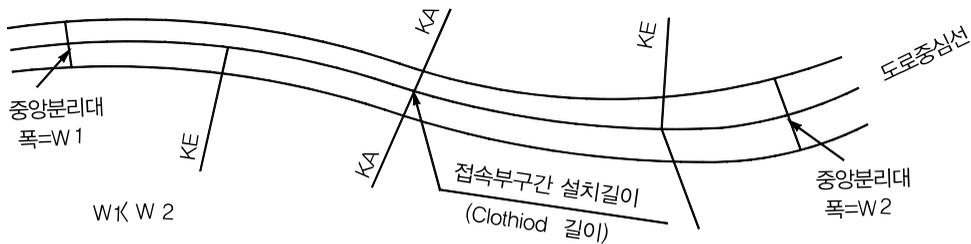
도로 중심선의 선형을 원활하게 보이게 하기 위하여 중앙분리대 폭의 접속설치는 완화구간에서 하는 것이 좋다.

접속설치 구간의 길이는 (〈그림 3.5〉참조) 또는 인지반응시간동안 주행거리를 고려한 접속설치율에 따라 산정한 최소길이 이상으로 한다.

단, 한쪽의 중앙분리대 폭의 차가 3.0m보다 클 경우에는 접속설치율에 의한 방법과 별도의 선형설계에 의한 방법을 비교하여 적절한 접속설치 방법을 적용하여야 한다.

〈표 3.4〉 설계 속도별 최소 접속 설치율

설계속도(km/h)		120	100	80	60	50
접속 설치율	계산값	1/83.3	1/69.4	1/55.6	1/41.7	1/34.7
	적용값	1/85	1/70	1/60	1/45	1/30



〈그림 3.5〉 중앙분리대의 접속설치

**3.4 길어깨**

- (1) 도로에는 차도와 접속하여 길어깨를 설치하여야 한다. 단, 보도 또는 주정차대가 설치되어 있는 경우에는 길어깨를 설치하지 아니할 수 있다.
- (2) 차도의 오른쪽에 설치하는 길어깨의 폭은 도로의 구분과 설계속도에 따라 〈표 3.5〉의 값 이상으로 하여야 한다. 다만, 오르막차로 또는 변속차로 등의 차로와 길어깨가 접속되는 구간에서 0.5미터 이상으로 할 수 있다.

〈표 3.5〉 차도 오른쪽 길어깨의 최소 폭

도로의 구분			차도 오른쪽 길어깨의 최소 폭 (미터)		
			지방지역	도시지역	소형차 전용도로
고속도로			3.00	2.00	2.00
일반도로	설계속도 (킬로미터 /시간)	80 이상	2.00	1.50	1.00
		60 이상 80 미만	1.50	1.00	0.75
		60 미만	1.00	0.75	0.75

(3) 일방통행도로 등 분리도로의 차도 왼쪽에 설치하는 길어깨의 폭은 도로의 구분과 설계 속도에 따라 다음 표의 폭 이상으로 한다.

〈표 3.6〉 차도 왼쪽 길어깨의 최소 폭

도로의 구분			차도 왼쪽 길어깨의 최소 폭 (미터)	
			일반도로	소형차 전용도로
고속도로			1.00	0.75
일반도로	설계속도 (킬로미터 /시간)	80 이상	0.75	0.75
		80 미만	0.50	0.50

(4) 제(2)항 및 제(3)항의 규정에 불구하고 터널(지하차도 포함), 교량(고가도로 포함)의 길어깨의 폭은 고속도로의 경우에는 1.0미터 이상으로, 일반도로의 경우에는 0.5미터 이상으로 할 수 있다.

다만, 길이 1,000미터 이상의 터널 또는 지하차도에서 오른쪽 길어깨의 폭을 2.0미터 미만으로 하는 경우에는 최소 750미터 간격으로 비상주차대를 설치하여야 한다.

(5) 길어깨에는 측대를 설치하여야 한다. 이 경우 측대의 폭은 설계속도가 시속 80킬로미터 이상인 경우에는 0.5미터 이상으로, 시속 80킬로미터 미만인 경우에는 0.25미터 이상으로 한다.

〈표 3.7〉 길어깨 측대의 최소 폭

설계속도 (킬로미터/시간)	측대의 최소 폭 (미터)
80 이상	0.50
80 미만	0.25

(6) 차도에 접속하여 노상시설을 설치할 경우 노상시설의 폭은 길어깨의 폭에 포함되지 아니한다.

## (1) 개요

도로교통법 60조에서는 길어깨를 '갓길(도로법에 의한 길어깨를 말한다)'이라는 용어를 사용하고 있으나, 이 설계요령에서는 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에서 사용하는 길어깨라는 용어를 사용하기로 한다. 길어깨는 기능상 자동차 하중을 견딜 수 있어야 하고, 보행자·자전거·경운기 등이 쉽게 통행할 수 있도록 포장하는 것이 바람직하다. 특히, 흙쌓기 구간에서는 노면 표면수의 집수를 길어깨에서 하므로, 길어깨 끝에 연석을 설치하는 것이 바람직하다.

길어깨는 원칙적으로 차도면과 높이가 같거나 조금 낮게 설치하지만 보도가 없는 터널이나 장대교(100m 이상) 또는 고가도로에서는 그 일부(보호 길어깨)를 한 단계 높은 구조로 하여 턱을 두는 것이 보통이다.

길어깨의 형상은 차도부분과 명확히 구분되고, 될 수 있는 대로 편경사가 작은 것이 좋으나 완전 주차방식을 택할 수 있는 토공구간에서는 건설비 관계로 이 부분만은 표층을 시공하지 않고 노면배수의 수로로 쓰이는 설계를 적용하기도 한다.

그러나 단계건설 구간과 길어깨 폭이 1.75m 이하인 토공구간에서는 본래 수로로서의 용량이 부족하고, 주행상으로도 한 단계 낮추는 것은 바람직하지 않으므로 동일한 편경사로 표층을 시공한다.

구조물 구간에 따라서는 중간에 끼어 있는 토공 구간이 짧은 경우에는 그 접속설치 부분에서의 통행이 불편하고, 오목하게 보이므로, 앞 뒤 구조물의 길어깨 형상과 조화를 이루도록 한다.

## (2) 길어깨의 기능

길어깨의 기능은 다음과 같다.

- ① 차도에 접속하여 도로의 주요 구조부를 보호한다.
- ② 고장차가 본선 차도로부터 대피할 수가 있어 사고 시 교통의 혼잡을 방지할 수 있고, 긴급 구난시에는 비상도로로 활용된다.
- ③ 노상시설을 설치하는 장소로 제공된다.
- ④ 유지보수 작업장 또는 지하 매설의 설치 공간으로 제공된다.
- ⑤ 곡선부의 땅깁기 구간에서는 길어깨 확보를 통하여 시거를 확보할 수 있어서 교통의 안전성을 높일 수 있다.
- ⑥ 길어깨에서 집수를 함으로써 포장층 내부로의 표면수 침투를 줄일 수 있으므로 도로 배수 측면에서 유리하다.
- ⑦ 보도가 없는 도로에서 보행자의 통행로로 이용될 수 있다.
- ⑧ 제설 작업 시 작업 공간으로 활용된다.

### (3) 길어깨의 폭

#### (가) 오른쪽 길어깨 폭

차도 오른쪽에 설치하는 길어깨의 폭은 사고 또는 고장 등을 일으킨 차량이 주차할 수 있는 폭을 확보하는 것이 이상적이나 교통량에 따라서는 반드시 완전 주차로 할 필요는 없으며, 또 지형의 상황에 따라서는 현저하게 비경제적으로 되는 경우가 있다.

이와 같은 경우에는 주행에 필요한 최소한도의 측방 여유만 확보하고, 긴급주차를 위해서는 적당한 간격으로 비상주차대를 설치할 수도 있다.

차도 오른쪽 길어깨는 오르막 차로 및 변속차로를 설치하는 부분과 일 방향 2차로 이상의 교량, 터널, 고가도로 및 지하차도에서는 0.5m까지 줄일 수 있다.

#### (나) 왼쪽 길어깨 폭

차도가 분리된 분리도로(분리차도) 또는 일방통행 도로에서는 주행에 필요한 측방 여유를 확보하기 위하여 차도의 왼쪽에 길어깨를 설치하여야 한다.

왼쪽 길어깨는 오른쪽 길어깨와는 달리 긴급차량의 통행에 이용되기 보다는 측방 여유폭을 확보한다는 데 의미가 있으므로 오른쪽 길어깨의 폭보다 좁은 폭으로도 이러한 효용을 다할 수 있다.

고속도로의 땅깍기 구간에서 L형 측구를 설치할 경우 L형 측구의 저판 폭 1.0m와 최소 측대 폭 0.5m를 합하여 총 길어깨 폭은 1.5m가 된다.

길어깨 폭이 이보다 좁아질 경우 규정된 최소 측대 폭을 확보할 수 없어 도로 포장단이 파괴될 위험이 크므로 이에 대한 주의가 필요하다.

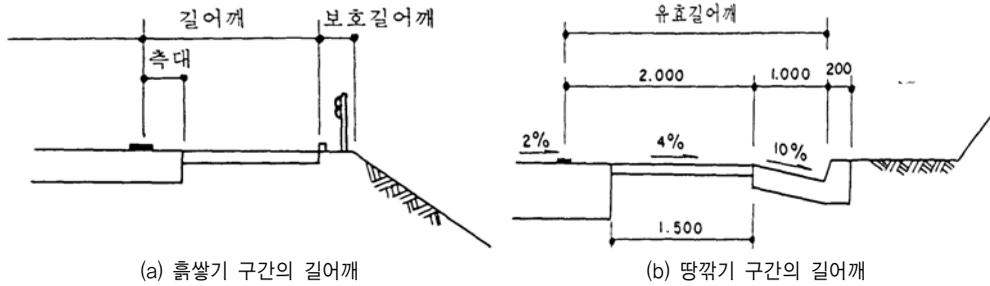
최소 길어깨 폭의 확보가 가능한 고속도로의 흙쌓기 구간에서도 양방통행 도로 구간과의 접속 등을 고려하여 왼쪽 길어깨의 최소 폭으로 1.5m를 적용하는 것이 바람직하다.

또한, 좌측 길어깨는 우측 길어깨와는 달리 긴급차량의 통행이나 고장차의 대피에 이용되기 보다는 측방여유를 확보하는데 의미가 있으나, 8차로 이상의 교통량이 많은 도로에서는 중앙분리대 측에서 발생하는 고장차량의 대피 등을 고려하여 2.0m 정도의 좌측 길어깨를 확보하여 고장차의 대피 및 유지관리에 대비할 필요가 있다.

#### (다) 길어깨의 확폭

〈도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설〉에서는 땅깍기 구간에 L형 측구를 설치하는 경우, L형 측구의 저판폭도 길어깨에 포함시키도록 규정하고 있다.

그러나 L형 측구의 저판 폭의 횡단경사가 일반적으로 10%로서, 길어깨의 횡단경사와 일치하지 않아 비상 차량의 주행 시 안전에 문제가 있고, L형 옹벽 설치로 시거가 부족한 경우가 있으므로 땅깍기 구간의 곡선부에서는 길어깨의 폭을 넓히는 것을 신중히 검토하여야 한다.(‘4.3 시거의 확보’ 참조)



〈그림 3.6〉 길어깨

#### (4) 길어깨 폭의 접속설치

길어깨 폭이 변하는 곳에서는 원활한 길어깨 폭의 접속설치를 위하여 접속 설치율을 1/30 이하로 하는 것을 원칙으로 한다. 단, 주변 여건 등이 여의치 않을 경우, 최대 접속설치율로서 도시지역에서는 1/10, 지방지역에서는 1/20로 한다.

#### (5) 길어깨 포장

고속도로 길어깨는 보호길어깨 이외에는 기능상 자동차 하중을 견딜 수 있도록 길어깨 포장을 하여야 하며 연석 또는 다이크에 의한 노면배수가 되도록 하여야 한다.

길어깨 포장에 따른 장점은 다음과 같다.

- ① 비상차량의 주행이 가능토록 한다.
- ② 차도 포장 끝의 처짐이나 이탈을 방지한다.
- ③ 포장의 배수 시 길어깨 노면 패임을 방지한다.
- ④ 강우 시 노면배수의 집수역할을 하며 유출계수가 높다.
- ⑤ 차도 포장의 측방지지를 한다.

인터체인지 루프 연결로의 내측은 중차량이 많이 이용하는 경향이 있다. 이런 경우 곡선부 내측의 길어깨 포장을 차도 포장과 같게 하는 방법이 있으며, 고속도로 인터체인지 및 분기점의 루프 연결로에는 내측 길어깨를 본선 포장과 동일하게 한다.

길어깨의 포장 색깔은 차도와 구분하여 다른 색깔로 하면 차도와 길어깨의 식별이 용이하고, 특히 야간이나 일기가 나쁠 경우 교통안전에 도움이 된다. 시멘트 콘크리트 포장에 아스팔트 콘크리트로 길어깨 포장을 하는 것이 좋은 예이다.

## (6) 길어깨 측대

측대의 기능은 다음과 같다.

- ① 차도와의 경계를 노면표시 등으로 일정 폭 만큼 명확하게 나타내고, 운전자의 시선을 유도하여 운전 시 안전성을 증대 시킨다.
- ② 주행상 필요한 바퀴의 측방여유폭의 일부를 확보함으로써 차도의 효용을 유지한다.
- ③ 특히 속도가 높은 도로에서 차로를 이탈한 자동차에 대해서 안전성을 향상시킨다.
- ④ 차도와 같은 포장구조를 하여 차도를 보호한다.

## (7) 가변차로로의 활용

대도시 고속도로에서 출·퇴근 교통 수요의 확보, 유지 보수 및 시설물 공사 등을 위하여 길어깨를 차로로 가변 운영하는 가변차로제를 운영할 수 있다. 이러한 경우 가변차로의 폭원은 설계속도에 따라 결정되며 최소 폭원은 3.0m 이며 가급적 3.5m 이상을 확보하는 것이 바람직하다.

길어깨 축소로 인하여 폭설 등 기상악화·대형 교통사고 발생 등 비상 상황에 대비한 비상 정차대의 설치가 필요하며, 차로별 이용 방법에 대한 차로 제어용 가변 전광표지판·노면표시 등 교통안전 시설 및 도로 안내표지판을 병행 설치한다.

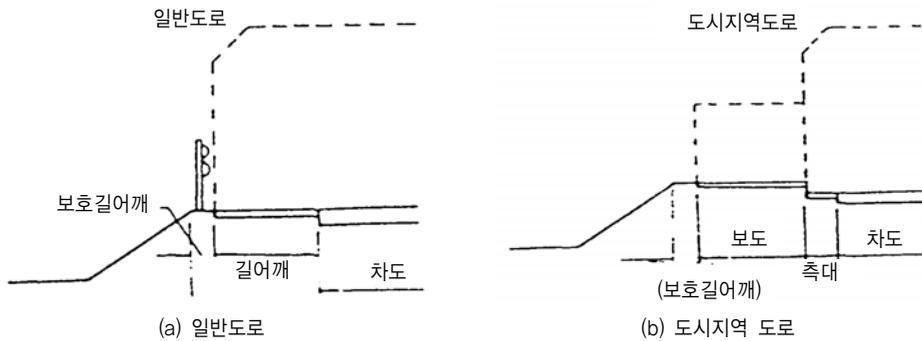
차로 제어의 전달 방법으로는 차로제어시스템(LCS : lane control system), 가변전광표지(VMS : variable message sign)가 있으며 안정적인 교통류의 흐름을 유지하기 위하여 규제·지시·경고 등의 목적으로 교통표지를 설치하여야 한다.

## 3.5 보호 길어깨

보호 길어깨는 포장 구조 및 노체를 보호하기 위하여 도로의 제일 바깥쪽에 설치하며, 시설 한계 내에는 포함되지 않는다.

보호 길어깨는 포장 구조 및 노체를 보호하기 위하여 도로의 제일 바깥쪽에 설치하는 부분으로서, 방호책·도로표지 등을 설치하는 장소가 되며, 시설한계 내에는 포함되지 않는다. 보호 길어깨는 노상시설을 설치하기 위한 장소로 이용되는 것(〈그림 3.7(a)〉 참조)과 보도 등에 접속시켜 도로 끝에 설치(〈그림 3.7(b)〉 참조)하는 두 가지 경우가 있으며, 흙쌓기 구간에 설치된다.

고속도로 설계시에는 보호 길어깨의 폭으로 0.5m를 적용하고 있다.



〈그림 3.7〉 보호 길어깨

### 3.6 적설지역의 노측 여유 폭

#### (1) 땅깁기부의 노측 여유 폭

(가) 땅깁기부의 노측 여유 폭은 적설깊이에 따라 〈표 3.8〉의 값 이상으로 한다.

〈표 3.8〉 땅깁기부의 노측 여유 폭

10년 재현확률 적설깊이(미터)	0.5 미만	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	3.0 이상
노측 여유폭(미터)	1.5	2.5	3.5	4.0	4.5

(나) 비탈면의 방향에 따른 일조량의 차이가 퇴설량에 영향을 미치기 때문에 〈표 3.8〉의 노측 여유 폭을 비탈면의 방향에 따라 〈표 3.9〉에서 제시하는 값만큼 수정한다.

〈표 3.9〉 일조량이 다를 때 노측 여유 폭의 수정

비탈면 방향	적설깊이 2.0미터 미만	적설깊이 2.0미터 이상
북서~북동	+ 0.5미터	+ 1.0미터
남동~남서	- 0.5미터	- 1.0미터

(다) 노측 여유 폭이 6.0미터를 넘는 경우에는 길어깨의 확폭뿐만 아니라 설복(雪覆), 유설구(流雪溝), 운반배설(運搬 排雪) 등의 별도 대책을 강구하여야 한다.

(라) 설계 적설 깊이가 2.0미터 이상인 지역에서 땅깁기 높이가 낮고 퇴설용 비탈 길이를 충분히 취할 수 없는 경우, 땅깁기부의 용지 폭을 땅깁기의 비탈 끝에서 4.0미터 이상 확보한다.

## (마) 오르막 차로부의 노측 여유폭

오르막 차로가 설치되어 있는 적설지역의 땅깍기부에서는 퇴설을 위하여 확폭하지 않는다. 단, 오르막 차로 앞 뒤 구간의 땅깍기부의 폭이 오르막 차로부의 전 폭보다 넓은 경우에는 앞뒤의 폭과 같게 확폭한다.

## (2) 흙쌓기부의 노측 여유 폭

흙쌓기부에서는 퇴설을 위하여 확폭할 필요는 없다. 단, 비탈이 짧아서 제설시에 날리는 눈이 도로 부지 밖으로 흩어질 염려가 있는 곳에서는 흙쌓기 비탈어깨에서 7.0미터 폭의 용지를 확보하는 것을 표준으로 한다. 또, 토피가 얇은 암거에서, 제설시에 날리는 눈이 교차하는 도로에 장애를 줄 위험이 있는 곳은 비설 방지망으로 대처한다.

## (3) 교량과 고가부의 노측 여유측

2차 제설이 필요한 지역(일반적으로 10년 재현 확률 최대 적설 깊이가 1.0미터 이상인 지역)의 교량과 고가부에서 확보하여야 할 노측 여유폭은 다음과 같다.

(가) 2차 제설시에 교량 또는 고가 아래로 투설할 수 없고, 공용 개시 5년 후의 교통량이 5,000대/일 이상인 경우 분리 4차로의 장대교는 1.0미터 확폭한다.

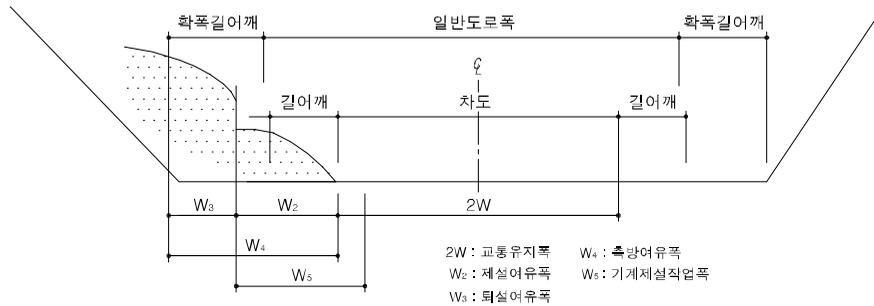
(나) 2차 제설시에 운반배설하는 것보다는 고가 아래로 투설하는 방법이 보다 경제적인 경우에는 고가의 확폭을 하지 않고, 측벽의 위치에서 7~10.0미터의 용지를 확보하는 것이 바람직하다.

단, 일설량(一雪量)이 극도로 많은 구간(일반적으로 10년 재현 확률 최대 적설 깊이가 3.0미터 이상인 구간)의 장대교는 확폭하고(1차 제설을 위함), 고가 밑에 퇴설부지를 확보한다.

## (1) 개 요

## (가) 적설지역

적설지역이란 최근 5년 이상의 최대 적설깊이의 평균이 0.5m 이상인 지역 또는 이에 준하는 지역을 말한다. 적설지역에서는 강설시에 교통소통을 위하여 일반적으로 기계를 이용한 제설작업을 한다. 적설지역 도로의 횡단면 구성은 다음과 같다.



〈그림 3.8〉 적설지역 도로의 횡단면 구성

〈표 3.10〉 길어깨 여유 폭 (단위 : m)

최대적설깊이	제설 여유 폭	퇴설 여유 폭	노측 여유 폭
0.5미만	1.5	-	1.5
0.5~1.0미만	1.5	1.0	2.5
1.0~2.0미만	1.5	2.0	3.5
2.0~3.0미만	1.5	3.0	4.0
3.0이상	1.5	4.0	4.5

(나) 계획 최대 적설 깊이

눈사태 방지시설 등의 구조물은 항상 사용하는 것이 아니고 겨울철에만 사용하므로 비용 효과 측면을 고려하여 적절하게 계획하여야 한다.

외국의 경우 30년 재현확률의 최대 적설깊이를 설계값으로 채택하고 있으나, 적설된 눈을 퇴설하기 위한 노측 여유 폭에 대해서는 다음사항을 고려하여 10년 재현 확률값을 기준으로 한다.

- ① 최대 적설깊이가 설계깊이를 초과하며 제설장비를 다수 투입하든가 많은 시간을 소비하여 작업하는 방법으로 도로 교통을 유지한다.
- ② 기타 방법으로 제설장비의 능력을 보충한다.
- ③ 주어진 여유 폭 내에서 퇴설높이가 설계값보다 높더라도 상호보완 방법으로 처리한다.

(다) 노측 여유 폭

도로의 제설은 보통기계로 하는데, 눈이 조금 내렸을 때는 일반적으로 제설기를 이용하여 고속으로 노면에 쌓인 눈을 길어깨 방향으로 제설(1차 제설)한다. 이와 같이 임시로 노면의 눈을 퇴설하기 위한 장소를 제설 여유 폭이라 한다.

이렇게 퇴설된 눈은 다음에 내릴 눈에 대비하여 로터리 제설차로 축방으로 확폭 제설(2차 제설)한다. 그리고 이와 같이 확폭 제설에 필요한 퇴설 장소를 퇴설 여유 폭이라 한다.

그리고 눈이 많이 내렸을 경우에는 트럭에 실어서 퇴설장으로 운반한다(운반 제설).

눈이 많은 지역에는 필요에 따라 제설 여유 폭과 퇴설 여유 폭을 둘 수 있으며, 이 두 가지를 합하여 노측 여유 폭이라 한다.

## (2) 땅깍기부의 노측 여유 폭

땅깍기부의 노측 여유 폭을 확보하는데 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

- (가) 적설깊이의 변화가 큰 구간에서는 동일한 노측 여유 폭을 사용하는 것이 바람직하기 때문에 설계 적설 깊이는 대상구간 내의 최대값으로 한다.
- (나) 노측 여유 폭을 변화시키는 경우에는 인터체인지, 휴게소, 주차장, 교량, 고가, 터널 등 도로구조가 변하는 장소를 변화점으로 하는 것이 바람직하다.
- (다) 동일한 노측 여유 폭으로 설계하는 구간의 길이는 2km 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- (라) 노측 여유 폭의 경우, 길어깨 폭 3.0m 까지는 길어깨와 같은 포장을 하고, 3.0m를 넘는 퇴설 확폭부와 보호 길어깨부는 Mound Up, Concrete Seal 등을 한다.
- (마) 터널 입구 부근에서 제설하는 경우, 기계 제설한 눈이 터널 내로 진입하지 않도록 터널 앞에 퇴설 공간을 확보할 필요가 있다. 터널 갱구 앞의 노측 여유 폭은 터널 입구까지 앞쪽의 땅깍기부와 동일한 폭을 확보하는 것을 원칙으로 하지만 터널 내의 눈의 진입이나 날리는 눈의 처리를 고려하여 지형상·경제상 허용하는 범위에서 가능한 한 넓게 확보하는 것이 바람직하다.  
그 외에 길어깨의 접속을 위한 방호책의 접속률은 1/30 이하로 하며, 눈이 많을 경우에 적절히 떼어내서 작업이 이루어질 수 있도록 설치 및 제거가 용이한 구조로 한다.

### (바) 오르막 차로부의 노측 여유 폭

겨울철 교통량이 감소하여 교통용량 상 통상의 차로 폭으로 자동차 통행에 지장이 없는 경우에는 오르막 차로부를 퇴설부지로 이용하는 것이 가능하다.

따라서, 원칙적으로 오르막차로 설치 구간에는 제설을 위한 확폭을 하지 않는다. 단, 겨울철에도 교통량이 많아서 오르막 차로의 운용이 필요한 곳에는 소정의 노측 여유폭을 확보할 수 있다. 노측 여유 폭은 앞 뒤 구간의 땅깍기부 전 폭이 오르막 차로부(땅깍기부)의 전 폭보다 넓은 경우에는 앞뒤의 폭과 같은 폭을 확보한다.

## (3) 흙쌓기부의 노측 여유 폭

흙쌓기부에서는 일반적으로 흙쌓기 비탈면에 제설한 눈을 퇴설시키기 때문에 확폭을 하지 않는다. 그러나 1차 제설 또는 2차 제설에 의하여 눈이 날릴 위험이 있는 낮은 흙쌓기부나 비탈면이 짧은 곳에서는 퇴설부지로 비탈면에서 7.0m 폭의 용지를 확보한다.

또, 본선의 구조나 용지면에서 7.0m의 용지 폭을 확보할 수 없는 곳에서는 주변의 상황을 감안하여 비설 방지망(飛雪 防止網)이나 울타리(柵)를 설치하는 것이 바람직하다.

#### (4) 교량과 고가구조물부의 노측 여유 폭

##### (가) 통행 가능 폭(교통 확보 폭)

2차 제설시에 도로 밖으로 직접 배설(排雪)할 수 없는 경우(예를 들면, 고가구조물에 인접한 가옥이 연속하여 있는 경우, 도로나 철도가 병행하여 있는 경우, 하천에 눈을 떨어뜨릴 수 없는 경우 등) 2차 제설은 운반배설로 한다.

운반 배설은 트럭을 로터리 제설차의 옆에 대기시켜서 적재, 운반하는 방법을 이용하므로 로터리 차에 의한 길 옆으로의 투설에 비하여 제설 속도가 늦어서 도로교통에 큰 장애가 된다. 또, 운반배설은 로터리 차에 의한 투설에 비하여 작업 인원과 작업 기계가 많이 필요하고, 적절한 시기에 작업을 시행하기 곤란하여 퇴설기간이 길어지는 경향이 있다.

따라서, 2차 제설시에 교량과 고가의 밖으로 투설할 수 없는 곳에서는 운반배설을 고려한 폭의 검토가 필요하다.

##### (나) 적용상의 유의점

교량과 고가구조물부의 노측 여유 폭을 확보하는 데 유의하여야 할 사항은 다음과 같다.

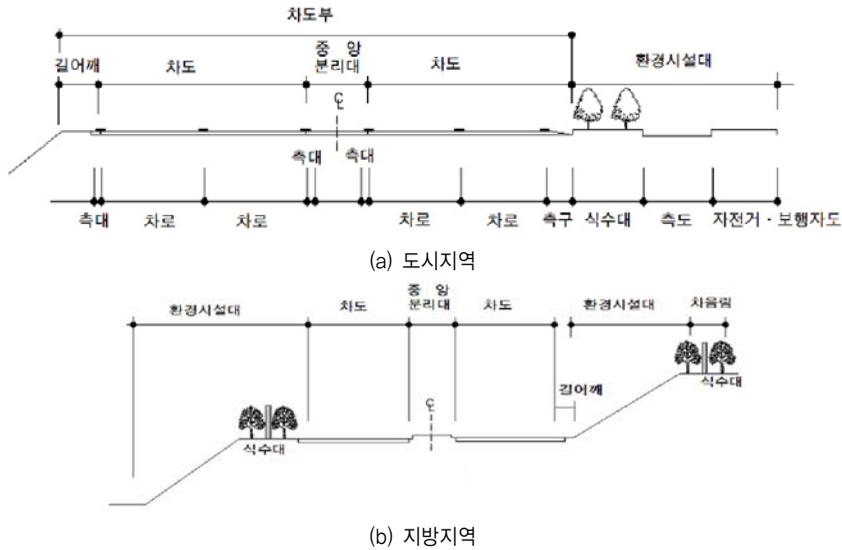
- ① 교량과 고가구조물은 공사비가 비싸기 때문에 교통량이 적은 구간(공용 개시 5년 후의 교통량이 5,000대/일 미만)과 비분리 2차로 도로에 대해서는 퇴설 확폭을 실시하지 않는 것을 원칙으로 한다.
- ② 길 옆에 쌓아 놓은 눈의 운반배설은 안정성, 경제성에서 반드시 효율이 좋은 작업은 아니므로 가능하면 교량과 고가구조물 아래로 퇴설을 위한 측방용지를 확보해서 투설(投雪)을 하는 것이 바람직하다.  
투설을 위한 측방용지의 폭은, 교량 또는 고가구조물의 높이가 낮고 바람이 약한 곳에서는 7.0m, 그 밖의 곳에서는 교량과 고가구조물 끝부분에서 10.0m를 확보한다.
- ③ 적설깊이가 3.0m를 넘는 지역에서는 일설량(一雪量)이 커서 2차 제설 시는 물론이고 1차 제설 후에도 통행 가능폭이 아주 좁기 때문에, 길이가 100m 이상인 장대교에서는 0.75~1.0m의 노측 여유 폭을 확보한다. 또, 이러한 지역에서 연도의 상황, 설빙작업 등을 검토한 후에 노측 여유 폭 외에 추가로 측방용지를 확보할 수 있다.

### 3.7 환경시설대

- (1) 도로 건설로 인한 주변 환경변화가 최소화 되도록 하기 위하여 필요한 경우에는 방음시설, 생태통로등 환경 저감시설을 설치하여야 한다.
- (2) 교통량이 많은 도로주변의 주거지역, 정숙을 요하는 시설 또는 공공시설 등이 위치한 지역과 환경보존이 필요한 지역에는 도로 바깥쪽에 식수대, 둑, 방음벽 등의 환경시설대를 설치하여야 한다.

#### (1) 개요

환경시설대는 교통량이 많은 도로 주변지역의 환경을 보존하기 위하여 도로 바깥쪽에 설치된다. 환경시설대의 구성요소는 길어깨, 식수대, 측도(frontage road), 방음벽, 보도 등이 있다.



〈그림 3.9〉 환경시설대가 설치된 도로의 횡단면도

각 구성요소를 수록하고 있는 항 또는 편은 다음과 같다.

- ① 길어깨 : 이 편 ‘3.4 길어깨’
- ② 식수대 : 이 편 ‘3.8 식수대’
- ③ 측 도 : 이 편 ‘3.9 측도’
- ④ 방음벽 : 「제 14편 방음시설」
- ⑤ 보 도 : 〈도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설〉 참고

## (2) 환경시설대의 설치 요건

환경시설대는 양호한 도로교통 환경의 제공과 도로 주변지역의 양호한 생활환경 확보를 목적으로 하고 있으므로, 이러한 관점에서 환경시설대의 설치요건을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 양호한 도로 교통환경을 제공하기 위하여 4차로 이상의 도로에는 환경시설대의 설치를 고려한다.
- ② 도로 주변지역의 주거를 목적으로 한 지역이어서 양호한 주거환경을 확보할 필요가 있을 경우, 환경시설대의 설치를 고려한다.

## (3) 환경시설대의 폭

고속도로의 경우 차도의 양 끝에서 폭 20m 정도의 환경시설대를 설치한다. 단, 연도 건축물이 높게 지어져 있어서 차음효과가 있는 경우, 도시지역으로서 용지 취득이 어려운 경우, 땅값이 비싸서 20m의 폭으로 설치하는 것이 경제성 측면에서 불합리하다고 판단되는 경우 환경시설대의 폭을 10m 정도로 줄여서 설치할 수 있다.

하천, 철도 등의 지형상황 때문에 10m 또는 20m 폭의 환경시설대를 설치하기가 매우 곤란한 경우에는 땅깍기와 흙쌓기를 하여 필요한 폭을 적절하게 확보한다.

## 3.8 식수대

환경시설대의 주요 부분을 이루고 있는 식수대는 양호한 도로교통 환경을 제공하고, 도로 주변지역의 생활환경을 쾌적하게 유지하기 위하여 설치된다.

### (1) 식수대의 기능

식수대의 기능은 양호한 도로교통 환경제공과 도로주변 지역의 쾌적한 생활환경 유지의 두가지로 대별할 수 있다. 이들 기능의 구체적인 내용은 다음과 같다.

#### (가) 양호한 도로교통 환경 제공

- ① 운전자의 시선을 유도한다.
- ② 도로 이용자의 불쾌감 완화, 열악한 경관의 차폐와 눈부심을 방지한다.
- ③ 차도부 이탈, 자동차의 충격을 완화시킨다.
- ④ 도로 주변 경관과의 조화를 도모하고, 지역 전체의 미관을 향상시킨다.

**(나) 도로 주변지역의 쾌적한 생활환경 유지**

- ① 자동차의 배출 가스, 먼지, 매연 등을 흡착, 침강시켜 대기를 정화시킨다.
- ② 도로교통 소음을 경감시킨다.
- ③ 자동차 교통을 시각적으로 차단한다.
- ④ 노면의 복사열을 완화시키고, 가로수의 수분증발에 의하여 주변온도의 상승을 억제시킨다.

중앙분리대의 식재와 비탈면의 식재도 도로 바깥쪽에 설치되는 식수대와 유사한 기능을 갖고 있지만 식수대의 설치를 필요로 하는 목적과 장소가 다르기 때문에, 여기에서 규정하고 있는 식수대에는 해당 되지 않는다.

**(2) 식수대의 폭**

〈도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설〉에서는 1.5m를 식수대의 표준 폭으로 제시하고 있는데, 나무의 종류와 배치 그리고 횡단면 구성요소와의 균형을 고려하여 필요 시 1.0m까지 줄여서 적용할 수 있도록 융통성을 부여하고 있다.

예를 들어, 고속도로의 경우 연도의 양호한 생활환경의 보전을 위해서는 다른 조치를 종합적으로 감안하여야 되기 때문에 1.5m는 충분한 폭이 되지 못한다.

그리고 도시부 또는 명승지를 통과하는 구간 또는 주거지가 밀집된 곳이나 장래 주거지가 밀집될 것으로 예상되는 지역을 통과하는 구간에서도 당해 구간의 구조와 교통의 상황을 고려하고, 양호한 도로 교통 환경의 정비와 연도지역의 양호한 생활환경의 확보를 위하여 다른 조치를 종합적으로 감안해서, 필요하다고 인정되는 경우에는 1.5m를 넘는 적절한 값을 사용하도록 하고 있다.

식수대는 반드시 환경시설대의 설치요건을 만족시키지 않아도 되는 지역에도 연도의 양호한 생활환경의 확보가 필요하다고 판단되면 설치되는 경우가 있고, 식수대의 폭 역시 다른 조치를 종합적으로 감안해서 1.5m를 넘는 적절한 폭으로 하는 것이 바람직하다.

**3.9 측 도**

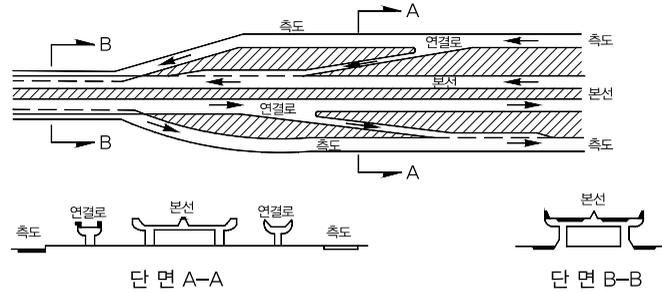
고속도로의 경우, 자동차의 출입이 특정지역에 국한되므로, 도로주변의 토지 이용의 효율을 높이기 위하여 측도를 설치한다.

우량농지가 많은 농업진흥지역 통과 시 농업에 지장이 없도록 농어촌 정비법에 근거를 둔 기계화 경작로 확·포장 사업에 준하여 측도를 설치하여야 한다.

(1) 개요

자동차의 출입이 특정지역에 국한되는 고속도로의 경우, 도로 주변의 토지 이용도를 높이기 위하여 본선 차도와 평행하게 측도(frontage road)를 설치하는데, 외국의 경우 주로 일방통행으로 운용하여 자동차의 고속주행과 함께 토지의 이용효율을 높이고 있다.

특히, 고속도로가 도시지역을 통과할 때에는 교통의 분산과 합류의 목적으로 측도 설치를 권장하고 있다.



〈그림 3.10〉 측도설치 예

(2) 측도설치 기준

측도는 차로 수 4차로 이상인 지방지역 또는 도시지역 도로에서 도로 주변으로부터의 출입이 제한되는 경우에 필요에 따라 설치된다.

측도는 일반적으로 선형, 경사 등이 제한된 높은 규격의 도로에 필요로 하는 경우가 많으므로 계획 교통량이 비교적 많은 4차로 이상의 고속도로 또는 간선도로에 필요에 따라 설치한다.

측도의 필요성은 출입이 제한되는 정도(고저차, 구간전체의 길이 등)에 따라 도로주변의 교통수요 및 자동차의 도로주변으로의 출입을 확보하기 위한 다른 방법 등을 종합적으로 감안하여 판단하여야 한다.

(3) 측도의 횡단면 구성

측도는 차도부와 길어깨부로 구분되며, 그 폭원은 다음과 같다.

측도의 폭	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준폭 : 4m</li> <li>- 비법정 농로의 경우 농어촌 정비법에 근거하며 “기계화 경작로 확·포장사업”에 준하여 3.0m로 할 수 있다.</li> </ul>
길어깨	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기준 : 설계속도(20km/h~60km/h)에 따라 적용</li> <li>- 도시지역의 경우 길어깨 및 보도를 설치할 경우에 대해서는 필요에 따라 정할 수 있다.</li> </ul>

## 3.10 개구부

중앙분리대를 설치하여 방향별 분리한 도로에서는 교통사고나 자연재해 등 긴급 상황 발생 시 또는 보수 공사 시 교통처리 등을 위하여 중앙분리대에 개구부를 설치하고, 구급활동이 필요하다고 인정될 경우에는 일반도로와 긴급히 연락할 수 있는 긴급용 개구부를 설치하며, 제설작업이 필요한 곳에는 제설 작업용 개구부를 설치한다.

### (1) 개요

개구부는 도로 전 구간에 걸쳐 일정간격으로 설치하는 토공용 개구부와 터널 입·출구부에 설치하는 개구부 그리고 긴급활동, 제설작업 등 특정자동차의 통행을 위해서 설치하는 간이 진출입시설로 구분할 수 있다.

각각의 개구부는 설치간격 기준이 상이하어 적용 시 혼선을 초래할 수 있어 다음과 같이 우선순위를 선정하여 적용하도록 한다.

- ① 터널입출구와 중앙분리대 개구부 중복 시 제설작업 등에 활용도가 높은 터널 입·출구 개구부를 우선적으로 설치한다.
- ② 간이 진출입시설, 분기점 회차로 및 터널 상부 회차로 근접 시 설치여건을 고려 간이 진·출입시설을 우선적으로 설치한다.
- ③ 그 외 지역은 시설물간(터널, 나들목, 분기점 등) 이격거리(7km 이내) 및 교통량 등을 종합적으로 고려하여 위치별 세부 검토 후 적용한다.

### (2) 토공부 개구부 설계기준

#### (가) 설치 위치

토공부 개구부의 위치 선정시에는 평면곡선 반지름이 작은 곳을 피하여 시인성이 떨어지는 일이 없도록 하여야 한다.

개구부의 설치 위치는 원칙적으로 다음 각 항에 의하여 결정한다.

- ① 교통우회(반대행선 및 U-Turn용)를 위해서 설치하는 개구부는 5.0km 간격으로 설치
- ② 긴급상황 발생시(U-Turn용)에 설치하는 개구부는 2.5km 간격으로 설치한다.

#### (나) 설치 연장

토공부 개구부의 설치연장은 설계속도에 따른 개구부 통과속도 및 중앙분리대 형식 등을 고려하여 산정한 값을 적용한다.

- ① 자동차는 진행방향의 중앙분리대 측 차로 중심선에서 개구부를 지나 대향방향의 중앙분리대 측 차로 중심선으로 진행경로를 바꾸어 진행한다.
  - ② 개구부 부근에서 자동차의 속도는 <표 3.11>의 통과속도와 같다.
  - ③ 수평방향의 이동속도는 1.0m/sec로 한다.
  - ④ 중앙분리대의 폭은 3.0m이고, 차로 폭은 3.6m이다.
- 위와 같은 가정 하에 개구부의 길이를 구하는 식은 다음과 같다.

$$L = \frac{V_p}{3.6} \times \frac{B}{H} \quad (3.1)$$

여기서, L : 개구부의 길이(m)

$V_p$  : 개구부 통과속도 (km/h)

B : 수평이동거리 (6.6m)

H : 수평이동속도 (1.0m/sec)

식 (3.1)을 이용하여 중앙분리대 개구부의 치수를 구한 값은 <표 3.11>과 같다.

<표 3.11> 중앙분리대 개구부의 치수

설계속도 (km/h)	120	100	80	70 이하
통과속도 (km/h)	60	50	40	30
개구부치수 (m)	110	95	75	55

참고로, 「도로공사 공종별 표준도(한국도로공사 발행, 2009)」에서는 중앙분리대 개구부의 크기를 양방향 6차로 이상 도로는 120m로 양방향 4차로 도로는 80m로 제시하고 있다.

### (3) 터널 입·출구부 개구부

터널 내 재해·재난 시 대피 및 차량회전을 위하여 터널 입·출구부에 설치하며, 위치 선정 시에는 원칙적으로 다음 각 항에 의하여 결정한다.

- ① 터널 전·후 시거가 양호한 토공부에 설치한다.
- ② 진행방향 터널 출구부의 정지시거가 확보되는 지점에 설치한다.
- ③ 터널 연장 및 터널 위험도 등급을 고려하여 설치 위치 및 개소를 선정한다.
- ④ 이용실적이 저조한 터널 상부 회차로는 가급적 지양한다.

〈표 3.12〉 중앙분리대 개구부의 치수

구 분	터널연장 500m 이상 또는 위험도 1~3등급	터널연장 500m 미만 또는 위험도 4등급
설치개소	터널 입·출구부 모두 설치	터널 입·출구부 중 한쪽에만 설치

〈표 3.13〉 방재등급별 터널분류기준(도로터널 방재시설 설계지침, 2004.12)

등 급	1 등급	2 등급	3 등급	4 등급
터널연장(L)	$L \geq 3,000m$	$1,000 \leq L < 3,000m$	$500 \leq L < 1,000m$	$L < 500m$

참고로, 설치방법은 「개구부 설치기준 개선 검토(한국도로공사 설계처, 2009.8)」를 참조하여 설치한다.

#### (4) 긴급 및 제설 작업용 간이 진출·입시설

##### (가) 설치위치

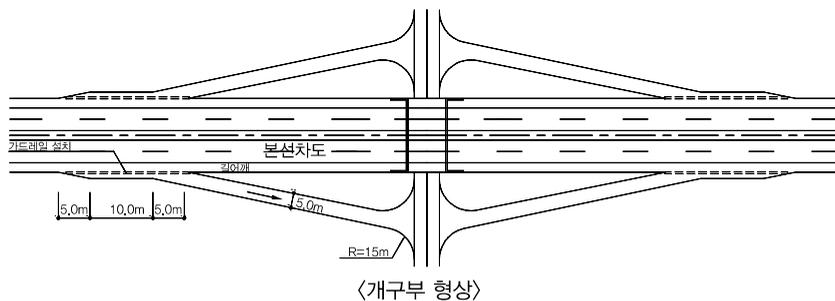
유출입이 제한된 도로에서는 소방활동, 병원으로의 긴급수송, 교통사고의 처리 등을 위하여 긴급히 외부와 연락을 할 수 있는 긴급용 개구부가 필요하다. 긴급용 개구부의 위치는 소방서·구급병원·경찰서 및 연락도로의 상황 등을 판단하여, 긴급활동이 원활히 이루어질 수 있는 곳을 선정하고, 설치 수는 원칙적으로 다음 각 항에 의하여 결정하며 최소한으로 제한함이 바람직하다.

- ① 출입시설과 출입시설 사이에서 교차하는 하급도로(양방향2차로 이상)와 접속 가능한 구간
- ② 출입시설과 출입시설 사이에 설치된 교량 하부를 이용하여 회차로를 설치할 수 있는 구간

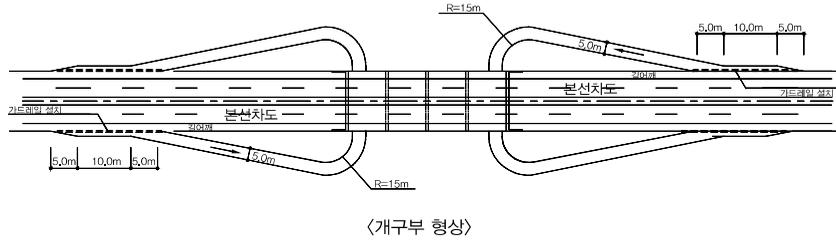
##### (나) 설치방법과 형상

간이 진출입시설의 기하구조는 통행 차량의 안전성을 확보하기 위하여 다음의 최소 기준값 이상을 확보하여야 한다.

- 최소 곡선반지름 :  $R=15m$ (차로 중심선 기준)
  - 최대 종단경사 : 8%(불가피한 경우 10%)
- ① 하부도로가 있는 경우

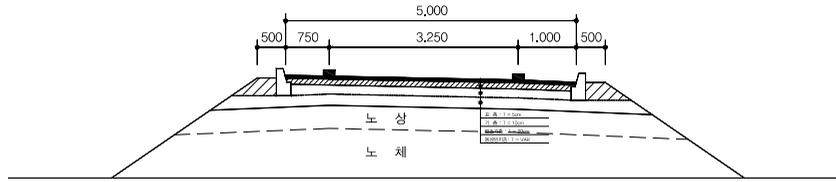


② 하부도로가 없는 경우



〈개구부 형상〉

③ 횡단구성



〈횡단구성〉

### 3.11 시설한계

- (1) 차도의 시설한계 높이는 4.5미터 이상으로 한다. 다만, 집산도로 또는 국지도로로서 지형상황 등으로 인하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 4.2미터(대형 자동차의 교통량이 현저히 적고, 그 도로의 부근에 대형 자동차가 우회할 수 있는 도로가 있는 경우에는 3미터)까지 할 수 있다.
- (2) 소형차도로의 경우에는 3.0미터까지 축소 가능하다.
- (3) 시설한계는 다음에 나타낸 바와 같다. 이 경우 도로의 종단경사 및 횡단경사를 고려하여 시설한계를 확보하여야 한다.

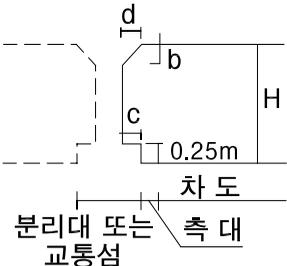
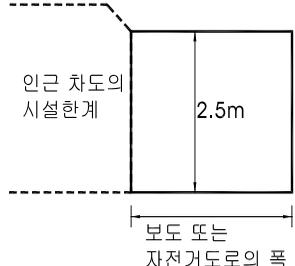
① 차도의 시설한계

차도에 접속하여 길어깨가 설치되어 있는 도로		차도에 접속하여 길어깨가 설치되어 있지 않은 도로	차도 또는 중앙분리대 안에 분리대 또는 교통섬이 있는 도로
터널 및 100미터 이상인 교량을 제외한 도로의 차도	터널 및 100미터 이상인 교량의 차도		

- a 및 e : 차도에 접속하는 길어깨의 폭. 다만, a가 1.0미터를 초과하는 경우에는 1.0미터로 한다.
- b :  $H(4.0\text{미터 미만인 경우에는 }4.0\text{미터})$ 에서 4미터를 뺀 값
- c 및 d : 분리대와 관계가 있는 것이면 도로의 구분에 따라 각각 다음 표에 정하는 값으로 하고, 교통섬과 관계가 있는 것이면 c는 0.25미터, d는 0.5미터로 한다.

구 분	c	d
고속도로	0.25이상 0.5이하	0.75이상 1.0이하
도시고속도로	0.25	0.75
일반도로	0.25	0.50

## ② 보도 및 자전거도로의 시설한계

노상시설을 설치하지 아니한 보도 및 자전거도로	노상시설을 설치하는 보도 및 자전거도로
	

## (1) 개 요

시설한계라 함은 도로 위에서 자동차나 보행자의 교통안전을 보호하기 위하여 어느 일정한 폭과, 일정한 높이 범위 내에는 장애가 될 만한 시설물을 설치하지 못하게 하는 공간 확보의 한계이다. 따라서, 시설한계 내에서는 교각이나 교대는 물론 조명시설, 방호울타리, 신호기, 도로표지, 가로수, 전주 등의 시설을 설치할 수 없다.

## (2) 차도부의 시설한계

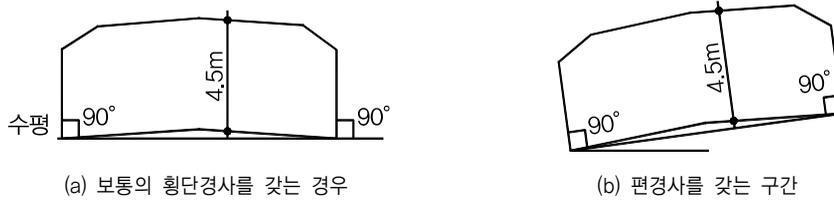
설계차량 높이는 4.0m이나 동계적설에 의한 한계높이의 감소 또는 덧씌우기 등이 예상되는 경우에는 4.7m 이상으로 하는 것이 바람직하나  $H$ 를 4.0m 또는 3.0m까지 축소할 경우는 도로표지를 설치하여 한계높이를 낮게 하거나 혹은 적재높이가 높은 차량을 위한 우회도로가 있어야 한다.

길어깨 등에 있어서는 구조물의 설계·시공상 필요에 따라 제일 높은 높이를 4.0m로 하여 헌치(hunch) 절취부를 두고 있다. ( $H=4.0\text{m}$ 인 경우는 헌치를 두지 않는다.  $b=0$ ) 시설한계 폭은 차도와 길 어깨 등을 포함한다. 고속도로에서의 노상시설은 시설한계 폭외 구간인 보호 길어깨와 중앙분리대에 설치하여야 하며, 이때 노상시설로 인한 정지시거의 확보를 고려하여야 한다.

### (3) 시설한계를 잡는 방법

시설한계는 상한선을 노면과 평행하게 잡는다. 또한 양 측면은 다음 그림에서 보여주는 바와 같다.

- ① 통상 횡단경사를 갖는 구간에서는 연직으로 한다.
- ② 편경사를 갖는 구간에서는 노면에 직각으로 잡는 것으로 한다.



〈그림 3.11〉 횡단경사구간의 시설한계



## 4. 시 거

시거란 운전자가 자동차 진행 방향에 있는 장애물 또는 위험 요소를 인지하고, 제동을 걸어 정지하거나, 또는 장애물을 피해서 주행할 수 있는 길이를 말하는 것으로서, 주행상의 안전과 쾌적성의 확보에 매우 중요한 요소이다. 시거는 차로 중심을 따라 측정한다.

시거에는 정지시거(停止視距), 피주시거(避走視距), 앞지르기 시거가 있으며, 이 중 정지시거가 기하구조 설계의 주요 요인이 된다. 피주시거는 동일 차로 상에 고장차 등이 있는 경우에 인접차로로 피하려 할 때의 시거로서, 일반적으로 정지시거가 확보되어 있으면 충분하다.

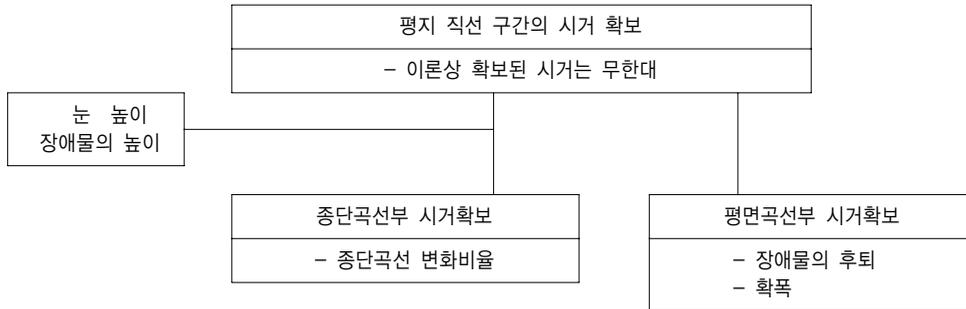
(1) 도로에는 그 도로의 설계속도에 따라 다음 표의 길이 이상의 정지시거를 확보하여야 한다.

설계속도(킬로미터/시간)	정지시거(미터)
120	215
110	185
100	155
90	130
80	110
70	95
60	75
50	55
40	40
30	30
20	20

(2) 2차로 도로에서 앞지르기를 허용하는 구간에서는 설계속도에 따라 다음표의 길이 이상의 앞지르기사거를 확보하여야 한다.

설계속도(킬로미터/시간)	앞지르기사거(미터)
80	540
70	480
60	400
50	350
40	280
30	200
20	150

운전자의 눈높이와 장애물의 높이로부터 계산된 시거와, 시거확보를 위하여 고려하여야 할 사항은 <그림 4.1>과 같다.



<그림 4.1> 시거 확보와 운전자의 눈높이 및 장애물의 높이 관계

## 4.1 정지시거

정지시거는 운전자가 같은 차로 상에 있는 고장차 등의 장애물 또는 위험요소를 알아차리고 제동을 걸어서 안전하게 정지하거나, 혹은 장애물을 피해 주행하기 위하여 필요한 길이를 설계속도에 따라 산정한 것이다.

실제로 그 도로의 확보된 정지시거를 측정하는 방법은 운전자의 위치를 진행하는 차로의 중심선상으로 하고, 운전자 눈의 높이를 도로 표면으로부터 1.00m로 하여, 장애물 또는 물체의 높이 0.15m를 볼 수 있는 거리를 같은 차로의 중심선상으로 측정하여야 한다.

이러한 정지시거는 다음의 두 가지 거리를 산정하여 각각의 거리를 합한 값이다.

- ① 운전자가 앞쪽의 장애물을 인지하고 위험하다고 판단하여 제동장치를 작동시키기까지의 주행거리 (반응시간 동안의 주행거리)
- ② 운전자가 브레이크를 밟기 시작하여 자동차가 정지할 때까지의 거리(제동정지거리)

이때 정지시거를 산정하기 위하여 적용하는 속도는 주행속도로서 노면습윤상태일 때의 주행속도는 설계속도가 120~80km/h 일 때 설계속도의 80%, 설계속도가 70~40km/h일 때 90%, 설계속도가 30km/h 이하일 때 설계속도와 같다고 보고 계산한다.

### (1) 반응시간 동안의 주행거리

운전자는 개개인에 따라 운전의 경험 및 숙련정도, 위기대처능력 등이 다양하여 운전자가 장애물을 발견한 후 브레이크를 밟을 것인가를 판단하고 나서 브레이크를 밟을 때까지의 동작시간에 대하여 각종 실험이 실시되고 있지만, 그 결과는 매우 다양하다.

운전자가 장애물을 발견하고 브레이크를 밟을 때까지의 반응시간(braking reaction time)은 위험요소를 판단하는 시간 1.5초, 제동장치를 작동하는 시간 1.0초, 총 2.5초로 하여 주행거리를 산정하였다. 이러한 반응시간 동안에 자동차가 주행하는 거리는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$d_1 = v \cdot t = \frac{V}{3.6}t \quad (4.1)$$

여기서,  $d_1$ : 반응시간 동안의 주행거리  
 $v, V$ : 주행 속도(m/sec, km/h)  
 $t$ : 반응시간(2.5초)

### (2) 제동정지 거리

운전자가 브레이크를 밟아 자동차를 정지시킬 때 필요한 거리는 그 자동차의 브레이크 장치의 성능, 포장의 종류 및 노면상태, 타이어의 재질 및 상태 등 다양한 조건에 따라 달라지나 타이어와 노면간의 미끄럼 마찰력에 의하여 자동차가 정지하게 되는 거리를 표준식으로 나타내면 다음과 같다.

$$d_2 = \frac{v^2}{2gf} = \frac{V^2}{254f} \quad (4.2)$$

여기서,  $d_2$ : 제동정지거리  
 $v, V$ : 주행 속도 (m/sec, km/h)  
 $g$ : 중력가속도 (m/sec<sup>2</sup>)  
 $f$ : 노면과 타이어 간의 종방향 미끄럼 마찰계수

자동차가 정지할 때 노면과 타이어간에 작용하게 되는 종방향 미끄럼 마찰계수  $f$ 는 속도에 따라 그 값이 변화하며, 그로 인하여 운전자가 브레이크를 밟고 있는 동안 자동차의 속도도 변화하게 되나, 이때 종방향 미끄럼 마찰계수의 값은 안전 측으로 브레이크를 밟기 직전의 속도 및 노면의 습윤상태의 값을 적용하여 계산한다.

### (3) 정지시거의 계산

정지시거는 운전자에게 큰 영향을 미치므로 충분히 안전한 값을 취하지 않으면 안 된다. 그러므로 종방향 미끄럼 마찰계수를 노면 습윤상태로 고려함과 더불어 속도를 주행속도로 하여 식 (4.3)에 의하여 산정하면 <표 4.1>과 같다.

$$D = d_1 + d_2 = \frac{V}{3.6}t + \frac{V^2}{254f} = 0.694V + \frac{V^2}{254f} \quad (4.3)$$

여기서,  $D$ : 정지시거(m)

- $d_1$  : 반응시간 동안의 주행거리  
 $d_2$  : 제동정지거리  
 $V$  : 주행 속도(km/h)  
 $t$  : 반응시간(2.5초)  
 $f$  : 노면 흡윤상태의 종방향 미끄럼 마찰계수

〈표 4.1〉 노면 흡윤상태일 때 정지시거

설 계 속 도 (km/h)	주행속도 (km/h)	f	0.694V	$\frac{V^2}{254f}$	주행속도에 의한 정지시거(m)	정지시거 채택 (m)
120	102	0.29	70.8	141.2	212.0	215
110	93.5	0.29	64.9	118.7	183.6	185
100	85	0.30	59.0	94.8	153.8	155
90	76.5	0.30	53.1	76.8	129.9	130
80	68	0.31	47.2	58.7	105.9	110
70	63	0.32	43.7	48.8	92.5	95
60	54	0.33	37.5	34.8	72.3	75
50	45	0.36	31.2	23.4	53.3	55
40	36	0.40	25.0	12.8	37.8	40
30	30	0.44	20.8	8.1	28.9	30
20	20	0.44	13.9	3.6	17.5	20

#### (4) 도로의 종단경사에 따른 정지시거

운전자가 앞쪽의 장애물을 발견하고 브레이크를 밟아 자동차를 정지시키려할 때 정지하는 거리는 그 도로의 종단경사에 따라 변화하게 된다. 즉 제동정지 거리가 상향 경사구간에서는 감소하고 하향 경사구간에서는 증가하게 된다.

종단경사에 의한 정지시거의 영향에 대한 계산식은 다음의 식 (4.4)와 같다.

$$D = 0.694V + \frac{V^2}{254(f \pm s/100)} \quad (4.4)$$

여기서, D : 정지시거(m)

V : 주행속도(km/h)

f : 타이어와 노면의 마찰계수(흡윤상태)

s : 종단경사(%)

각 설계속도에서 종단경사에 따른 정지시거의 증감량은 오르막 구간에서는 정지시거 기준치보다 감소하게 되므로 안전하고, 내리막 구간의 경우는 기준치보다 증가하게 되나 이 요령에서 채택한 값은 경사의 영향을 고려치 않고 규정하였으므로 내리막 구간의 경우에는 설계 시 세심한 주의를 기울여야 한다.

(5) 도로교통법상 악천후 시 속도규제

가. 도로교통법 시행규칙 제19조 “자동차 등의 속도”

비, 바람, 안개, 눈 등으로 인한 악천후 시에는 다음 각 호의 기준에 의하여 감속하여야 한다.

1. 최고속도의 100분의 20을 줄인 속도로 운행하여야 할 경우
  - 가. 비가 내려 노면이 젖어있는 경우
  - 나. 눈이 20밀리미터 미만 쌓인 때
2. 최고속도의 100분의 50을 줄인 속도로 운행하여야 할 경우
  - 가. 폭우, 폭설, 안개 등으로 가시거리가 100미터 이내인 때
  - 나. 노면이 얼어붙은 경우
  - 다. 눈이 20밀리미터 이상 쌓인 때

나. 감속(20%) 적용 시 정지시거

설계속도 (100 km/h)	감속(20%) 적용 속도 (100 km/h)	f	정지시거(m)	비 고
100	80	0.30	140	
120	96	0.29	190	

(6) 동결노면에 따른 정지시거

노면이 결빙한 경우에 운전자는 스노우 타이어 또는 체인을 장착하거나 설계속도보다 어느 정도 제한된 속도로 주행하게 되며, 종방향 미끄럼 마찰계수의 값은 감소하게 된다. 그러므로 종방향 미끄럼 마찰계수의 값도  $f=0.15$ 로 하여 정지시거를 계산하면, <표 4.2>와 같다.

<표 4.2> 노면 동결 시 정지시거

설계속도 (km/h)	주행속도 (km/h)	f	$0.694V$	$\frac{V^2}{254f}$	주행속도에 의한 정지시거(m)	정지시거 채택(m)
70이상	60	0.15	41.6	94.5	136.1	140
60	50	0.15	34.7	65.6	100.3	100
50	40	0.15	27.8	42.0	69.8	70
40	30	0.15	20.8	23.6	44.4	45
30	20	0.15	13.9	10.5	24.4	25
20	20	0.15	13.9	10.5	24.4	25

※ f는 스노우 타이어, 체인 등을 사용할 때

### (7) 터널 내의 정지시거

일반구간(토공구간, 교량구간)에서의 정지시거는 주행하는 자동차의 안전을 고려하여 노면 습윤 상태의 종방향 미끄럼 마찰계수를 적용하고 있으나 터널 구간은 일반구간과는 달리 실제의 상황이 노면이 건조된 상태의 경우가 대부분이므로 터널 내에서의 정지시거는 종방향 미끄럼 마찰계수를 노면건조 상태의 값을 적용하도록 하는데, 이때의 정지시거를 계산하면 <표 4.3>과 같다.

<표 4.3> 터널 내의 정지시거(노면건조상태)

설계속도 (km/h)	주행속도 (km/h)	f	$0.694V$	$\frac{V^2}{254f}$	주행속도에 의한 정지시거(m)	정지시거 채택(m)
120	120	0.54	83.3	105.0	188.3	190
110	110	0.55	76.3	86.6	162.9	165
100	100	0.56	69.4	70.3	139.7	140
90	90	0.57	62.5	55.9	118.4	120
80	80	0.58	55.5	43.4	98.9	100
70	70	0.59	48.6	32.7	81.3	85
60	60	0.60	41.6	23.6	65.2	70
50	50	0.61	34.7	16.1	50.8	55
40	40	0.63	27.8	10.0	37.8	40
30	30	0.64	20.8	5.5	26.3	30
20	20	0.65	13.9	2.4	16.3	20

## 4.2 앞지르기시거

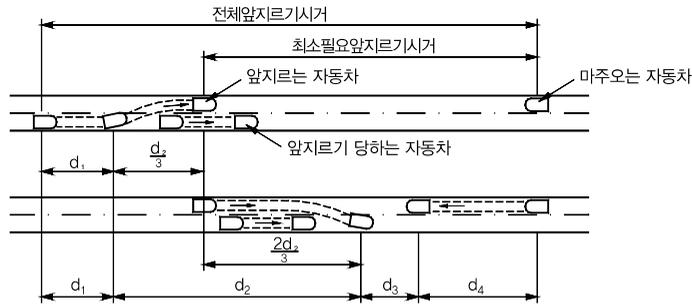
앞지르기시거는 차로의 중심선상 1.0m 높이에서 대향차로의 중심선 상에 있는 높이 1.2m의 대향 자동차를 발견하고 안전하게 앞지를 수 있는 거리를 도로 중심선을 따라 측정된 길이를 말한다.

양방향 2차로 도로에서는 앞쪽에 저속 자동차가 주행하는 경우, 뒤따르는 자동차가 저속자동차를 앞지르기 위하여 고속 주행을 하게 되나, 실제로 반대방향 차로의 교통량이 많거나 도로의 선형이 불량하여 서행하는 자동차를 앞지르기가 불가능한 경우가 많으며, 이때 고속 자동차가 저속 자동차의 뒤를 계속 따라 가게 되어 비효율적인 도로 운영이 되기도 한다.

그러므로 양방향 2차로 도로에서는 고속 자동차가 저속 자동차를 안전하게 앞지를 수 있도록 충분한 시거가 확보되는 구간을 적절한 간격으로 두어야 하며, 앞지르기시거를 고려하지 않으면 안 된다.

### (1) 앞지르기시거의 계산

양방향 2차로 도로에서 앞지르기를 하기 위해서는 충분한 시거가 확보되어야 하나 경제적인 면을 고려하여 전 구간에서 앞지르기시거를 확보할 수 없으며, 필요한 앞지르기시거를 적정한 간격으로 확보하게 된다.



〈그림 4.2〉 앞지르기의 산정

앞지르기시거는 다음과 같은 가정 아래에서 계산한다.

- ① 앞지르기 당하는 자동차는 일정한 속도로 주행한다.
- ② 앞지르기 하는 자동차는 앞지르기를 하기 전까지는 앞지르기 당하는 자동차와 같은 속도로 주행한다.
- ③ 앞지르기가 가능하다는 것을 인지한다.
- ④ 앞지르기할 때에는 최대 가속도 및 앞지르기를 당하는 자동차보다 빠른 속도로 주행한다.
- ⑤ 마주 오는 자동차는 설계속도로 주행하는 것으로 하고, 앞지르기가 완료되었을 때 마주 오는 자동차와 앞지르기하는 자동차 사이에는 적절한 여유 거리가 있으며, 서로 엇갈려 지나간다.

### (2) 앞지르기시거의 계산

#### (가) 앞지르기의 단계

앞지르기시거는 전방의 안전을 확인한 후 앞지르기 동작을 시작하여 앞지르기를 완료할 때까지 필요한 거리로 구성한다. 앞지르기 동작은 크게 네 단계로 구성되며, 해당 동작을 마치는데 필요한 거리의 계산은 다음과 같다.

(a) 앞지르기를 하려는 자동차가 앞지르기가 가능하다고 판단하여 가속하면서 대향 차로로 진입하기 직전까지 주행하는 거리를  $d_1$ 이라 하고, 앞지르기 당하는 자동차의 속도를  $V_0$  km/h, 가속도를  $a$  m/sec<sup>2</sup>, 가속시간을  $t_1$  초라 하면,

$$d_1 = \frac{V_0}{3.6}t_1 + \frac{a}{2}t_1^2 \tag{4.5}$$

이때 반대편 차로로 진입하는데 걸리는 시간( $t_1$ )은 설계속도에 따라 2.7~4.3초로 나타낼 수 있다.

- (b) 앞지르기를 시작하면서부터 앞지르기를 완료할 때까지 앞지르기를 하는 자동차가 대향차로를 주행하는 거리를  $d_2$ 라 하고, 앞지르기 하는 자동차의 속도를  $V$  km/h, 앞지르기를 완료할 때까지의 시간은  $t_2$ 초라 하면,

$$d_2 = \frac{V}{3.6} t_2 \tag{4.6}$$

앞지르기 완료시까지의 시간  $t_2$ 는 대개 8.2~10.4초를 적용한다. 그리고 앞지르기 하는 자동차의 속도( $V$ )는 설계속도로 가정한다.

- (c) 앞지르기 완료시에 앞지르기를 마친 자동차와 마주 오는 자동차와의 차간거리를  $d_3$ 라 하면, 차간거리  $d_3$ 는 15~70m 적용한다.

- (d) 앞지르기하는 자동차가 앞지르기를 완료할 때까지 마주 오는 자동차가 주행하는 거리를  $d_4$ 라 하면,  $d_4$  계산 시에 앞지르기하는 자동차가 완전히 대향 차로로 이동하고 나서부터 앞지르기를 완료할 때까지 주행하는 시간을 고려하면 충분하며, 그 시간은 일반적으로  $t_2$ 의 2/3이다. 마주 오는 자동차의 속도를 앞지르기하는 자동차의 속도와 같게  $V$ 를 취하면,  $d_4$ 는 다음과 같다.

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} \times \frac{V}{3.6} t^2 \tag{4.7}$$

(나) 앞지르기사거의 계산값

이러한 앞지르기사거는 양방향 2차로의 도로에서만 적용하게 되며 현재 우리나라에서 양방향 2차로 도로의 설계속도를 80km/h 이하로 하고 있으므로 앞지르기사거를 설계속도 80km/h 이하에서 규정을 하였다.

이에 따라 앞지르기사거를 계산하면 <표 4.4>와 같다. 또한 앞지르기하는 자동차의 속도는 주행특성상 설계속도보다 높은 속도로 앞지르기를 하게 되므로, 이를 고려하여 앞지르기사거를 산정하였다.

<표 4.4> 앞지르기사거 (단위 : m)

설계속도 (km/h)	V (km/h)	V <sub>0</sub> (km/h)	d <sub>1</sub>			d <sub>2</sub>		d <sub>3</sub> (m)	d <sub>4</sub> (m)	앞지르기사거(m)	
			a (m/sec <sup>2</sup> )	t <sub>1</sub> (sec)	d <sub>1</sub> (m)	t <sub>2</sub> (초)	d <sub>2</sub> (m)			계산치	규정치
80	80	65	0.65	4.3	83.6	10.4	231.1	70	154.1	538.8	540
70	75	60	0.64	4.0	71.8	10.0	208.3	60	138.9	479.0	480
60	65	50	0.63	3.7	55.7	9.6	173.3	50	115.6	394.6	400
50	60	45	0.62	3.4	46.1	9.2	153.3	40	102.2	341.6	350
40	50	35	0.61	3.1	33.1	8.8	122.2	35	81.5	275.6	280
30	40	25	0.60	2.9	20.1	8.5	94.4	20	63.0	197.5	200
20	30	15	0.60	2.7	13.4	8.2	68.3	15	45.6	142.3	150

### (3) 앞지르기시거의 적용

앞지르기시거를 충분히 확보하여 주행속도의 저하현상을 막아야 하나, 앞지르기시거는 매우 길기 때문에 도로의 모든 구간에서 이를 확보한다는 것은 매우 어려우며, 또한 비경제적인 설계가 된다. 그러므로 지형, 설계속도, 공사비 등을 고려하고 앞지르기 구간의 길이와 빈도를 적절히 정하여 운전자가 극도로 불편하지 않으면서도 경제성을 갖도록 설계하여야 한다.

앞지르기 구간이 그 도로의 전 구간에 걸쳐 얼마만큼 존재하는 가를 앞지르기시거 확보 구간의 존재율이라 하며, 그 존재율이 어느 정도가 좋은가는 한 마디로 말할 수 없지만 외국의 기준을 참고로 언급한다.

일본 <도로 구조령의 해설 및 운용>에서는 왕복 2차로 도로에서 1분 동안 주행하는 사이에 최저 1회, 부득이한 경우에도 3분 동안 주행하는 동안에 1회는 앞지르기 가능구간을 확보하는 것이 바람직하다고 제시하고 있다. 이를 전체구간에 대한 앞지르기 가능구간의 비율로 바꾸어 보면 일반적인 경우 30% 이상, 부득이한 경우에도 10% 이상 앞지르기 가능구간을 확보하도록 하고 있다.

<표 4.5> 앞지르기시거 확보 구간 비율(일본)

설 계 속 도 (km/h)	1분간 주행거리 (km)	추 월 거 리 (m)	시거 확보 구간 비율(%)	
			1분에 1회	1분에 3회
80	1.33	550	38	13
60	1.00	350	35	12
50	0.83	250	30	10
40	0.67	200	30	10
30	0.50	150	30	10

## 4.3 시거의 확보

고속도로의 경우 중앙분리대의 방호벽 및 땅깍기 비탈면의 옹벽형 측구 등이 장애가 되어 충분한 시거가 확보되지 못하는 경우에는 장애물의 후퇴, 중앙분리대 및 길어깨의 확폭 등의 방법으로 시거를 확보하도록 한다.

### (1) 개 요

여기에서는 시거확보 폭을 구하는 식, 시거를 검토할 필요가 없는 평면곡선 반지름 그리고 시거가 확보되어 있지 않은 경우의 시거 확보방법 등에 대해서 정지시거를 중심으로 기술한다.

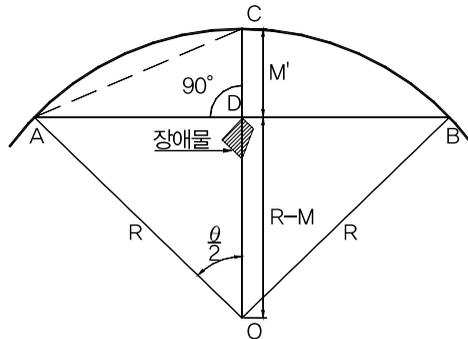
시거는 계획노선의 평면 및 종단선형, 횡단면 구성이 결정되면 당연히 노선의 각 부분에서 확보되어 있는지의 여부가 결정된다. 즉, 평면선형과 종단선형이 양호하면, 도로변에 시선유도를 방해하는 장애물이 있다하더라도 전방의 시야는 좋아서 시거가 충분히 확보되지만, 반대로 선형이 나쁘고 도로변에 장애물이 있는 경우에는 시거가 확보되지 못하여 위험한 상태가 된다.

종단선형을 설계할 때, 볼록(凸)형 종단곡선에서는 전방의 대상물이 노면에 가려질 것인지의 여부, 그리고 오목(凹)형 종단곡선에서는 운전자의 시선이 시설한계의 상한선을 침범하는지의 여부의 문제가 되는데, 이들은 어느 것이나 각 설계속도에 따른 시거가 시설한계 내에서 확보되도록 최소 종단곡선 변화 비율이 정하여져 있으므로, 이 규정을 적용하면 시거에 대해서는 문제가 없다.

평면선형의 기준값들은 시거와 무관하게 규정된 값들이므로, 측방의 장애물까지의 시선확보 폭과의 관계에 따라서는 충분한 시거가 취해지지 않는 경우가 생긴다. 따라서 계획단계에서 시거가 부족하지 않도록 한계 평면곡선 반지름을 알아두도록 한다. 부득이하여 한계 평면곡선 반지름 이하를 쓰는 경우, 그 부분만 시거의 검토를 하면 되기 때문에 합리적이고 능률적인 설계가 가능해진다.

(2) 시거 확보 폭 계산식

(가) 원곡선의 안쪽에 두는 공간의 한계선(시선과 대상물이 모두 원곡선 내에 있고, 평지부에 있는 경우)



〈그림 4.3〉 원곡선에서의 시거

원곡선 안쪽에 장애물이 근접할 경우이며 중심선부터 장애물까지를 중앙 종거리 하며, 이는

$$M(= \overline{CD}) = R(1 - \cos \frac{\theta}{2}) = R(1 - \cos \frac{D}{2R})$$

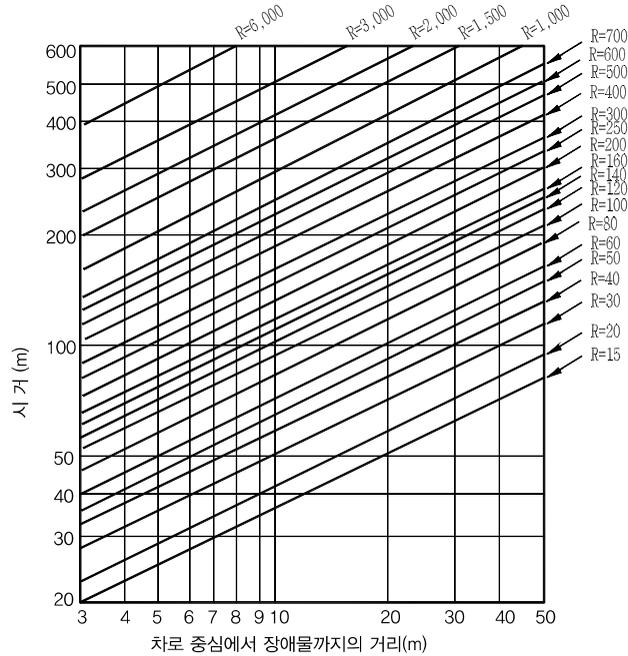
여기서, D : 시거(ACB)(m)

R : 원곡선 반지름(m)

우변을 Taylor의 급수로 전개하면

$$M = \frac{D^2}{8R} - \frac{D^4}{384R^3} \cdot \dots \cdot \frac{D^2}{8R} (1 - \frac{D^2}{78R^2} + \dots) \cong \frac{D^2}{8R} \tag{4.8}$$

식 (4.8)에 의하여 확보하여야 할 시거와 평면곡선 반지름이 정하여지면 시거 확보를 위하여 필요로 하는 시거 확보 폭이 구하여진다. 이를 그래프로 나타낸 것이 <그림 4.4>이다. 여기에서는 장애물이 나무, 콘크리트 난간, 방호벽과 같이 수직이라고 가정한다.



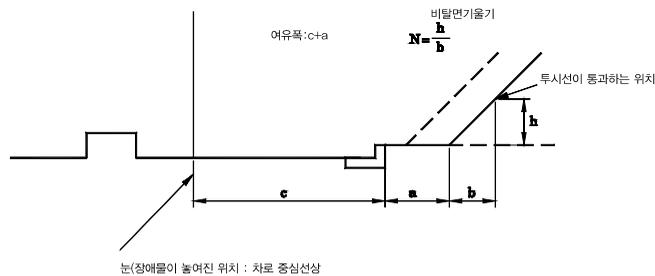
<그림 4.4> 평면곡선 반지름과 시거 확보 폭의 관계

(나) 직선과 원 또는 클로소이드가 연결되는 경우

원곡선만의 경우는 (가)의 방법으로 차로 중심선에서 장애물까지의 거리를 구하면 되지만, 직선과 곡선이 연결되어 있는 경우에는 도면상에 실제로 나타내 봄으로써 시거 확보를 위하여 비탈면을 어느 정도 절취하여야 할 것인가를 구할 수 있다.

(다) 평면곡선과 종단곡선이 겹쳐지고 있는 경우

① 투시선의 양끝이 평면상으로는 원곡선 내에, 종단상으로는 종단곡선 내에 들어 있는 경우



<그림 4.5> 시거확보를 위한 절취선

〈그림 4.5〉에서 투시선의 비탈면을 끊어 a와 h를 조합하여 구할 수 있는 a의 최대값에 대한 평면곡선의 반지름을 R이라 하고, 눈 및 장애물의 높이를 각각  $h_e$  및  $h_c$ , 안전시거를 D라 할 때 a의 최대값은 다음 식으로 나타낼 수 있다. (K : 종단곡선비율)

$$a_{\max} = \frac{D^2}{8R} \cdot \frac{K - NR}{K} + \frac{N^2(h_e - h_c)^2}{2D^2} \cdot R \cdot \frac{K}{K - NR} - \frac{N(h_e + h_c)}{C} - C \quad (4.9)$$

(오목형 :  $K > 0$ , 볼록형 :  $K < 0$ )

② 투시선의 양단이 평면상으로는 원곡선 가운데에 들어 있고 종단상으로는 직선경사 내에 들어 있는 경우는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$a_{\max} = \frac{D^2}{8R} + \frac{N^2(h_e - h_c)^2}{D^2} \cdot R - \frac{N(h_e - h_c)}{2} - C \quad (4.10)$$

③ 선형과 투시선의 위치관계가 더욱 복잡한 경우에는 도면에 직접 나타내어 그 값을 구하는 편이 용이하다.

#### (라) 기타

시선이 위와 같은 경우 이외에, 평면적으로는 클로소이드와 직선에 걸치는 경우, 종단적으로는 종단곡선과 직선 경사에 걸치는 경우, 또는 이들이 조합된 경우에는 앞의 식들을 참고로 함과 동시에 실제의 시선을 그림으로 그려서 필요한 시거 확보 폭을 구한다.

### (3) 시거확보 평면곡선 반지름의 계산 예

선형을 설계할 때 시거를 검토할 필요가 없는 평면곡선 반지름을 알아두는 것이 유용하다.

시거 확보 평면곡선 반지름은 여러 가지 상황에 따라 달라질 수 있지만, 대표적인 예로 다음조건을 가진 도로에 대하여 검토하여 보기로 한다.

- ① 차로 폭이 3.6m인 4차로 도로
- ② 중앙분리대의 폭이 3.0m
- ③ 오른쪽 길어깨의 폭이 3.0m인 경우와 4.0m인 경우
- ④ 평지구간

여기에서, 길어깨의 폭이 3.0m인 경우는 L형 측구의 저판 폭을 포함하여 최소 길어깨 폭 기준에 따른 것이며, 길어깨의 폭이 4.0m인 경우는 L형 측구의 저판 폭만큼 길어깨 폭을 확폭했을 경우이다.

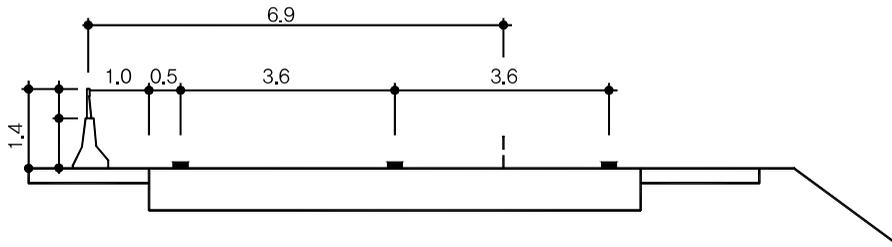
〈표 4.6〉에서는 진행 방향의 좌측에 설치된 중앙분리대를 장애물로 생각했을 경우와, 진행 방향의 우측에 놓인 옹벽형 측구를 장애물로 가정했을 때의 정지시거가 확보되는 평면곡선 반지름을 구한 값을 제시하고 있다. 이때 땅깍기 구간에 설치하는 옹벽형 측구의 높이는 노면에서 0.3m로 가정한다.

6차로 또는 8차로 도로의 경우, <표 4.6>에서 추월차로는 진행 방향의 가장 왼쪽차로에 해당되며, 주행차로는 진행 방향의 가장 오른쪽 차로에 해당된다.

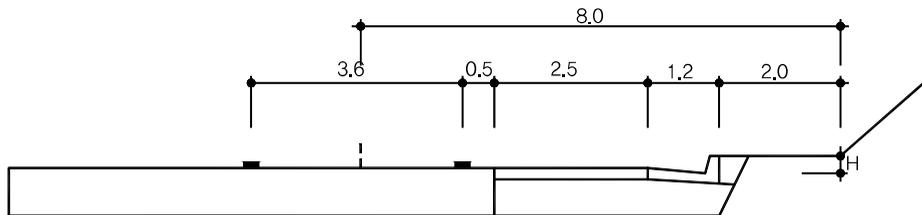
차도가 분리된 도로(분리차도)에서 왼쪽 길어깨의 폭이 1.5m인 경우, <표 4.6>의 중앙 분리대의 기준을 적용하면 된다.

시거 확보 폭을 구하기 위한 횡단면 예는 <그림 4.6>, <그림 4.7>과 같다.

<그림 4.6>은 주행차로에서 주행하는 자동차의 운전자가 시야를 가리는 장애물이 중앙분리대일 때의 시거 확보 폭의 예이다. <그림 4.7>은 주행차로에서 주행하는 자동차의 운전자의 시야를 가리는 장애물이 땅깍기 비탈면일 경우의 시거 확보 폭의 예이다.



<그림 4.6> 주행차로 기준 중앙분리대쪽의 시거 확보 폭



<그림 4.7> 주행차로 기준 길어깨 쪽의 시거 확보 폭(땅깍기 구간, 4.0m 길어깨 폭)

<표 4.6> 정지시거 확보 평면곡선 반지름 (단위 : m)

설계속도(km/h)		120	100	80	70	60	50	40	시거 확보 폭	
정지시거 기준값		215	155	110	95	75	55	40		
장애 물	중 양 분 리 대	주행차로	1420	725	355	219	131	77	37	6.9
		추월차로	2970	1515	742	458	274	160	77	3.3
	3.0m 길어깨 폭	주행차로	1400	714	350	216	129	75	36	7.0
		추월차로	925	472	231	143	85	50	24	10.6
	4.0m 길어깨 폭	주행차로	1225	625	306	189	113	66	32	8.0
		추월차로	845	431	211	130	78	46	22	11.6

주) 시거 확보 폭은 장애물에서 도로 중심선까지의 거리를 말함

〈표 4.6〉의 정지시거 확보 평면곡선 반지름은 식(4.8)을 이용하여 구하였다. 〈표 4.6〉에서 보는 바와 같이, 중앙분리대를 장애물로 가정하여 정지시거 확보 조건을 만족시킬 경우 다른 경우도 모두 만족시킨다.

$$R = \frac{D^2}{8M}$$

여기서, R : 평면곡선 반지름(m)

D : 정지시거(m)

M : 장애물과 도로 중심선과의 거리(m)

#### (4) 시거 확보의 방법

정지시거 확보 폭이 식(4.8), 식(4.9), 식(4.10)에서 구한 값보다 작은 경우에는 다음의 시거 확보 방법을 이용한다. 선형의 수정 또는 확폭이 지형 조건상 무리일 경우에는 도로 안전표지를 설치하여 운전자의 주의를 환기시키는 방법도 있지만, 이러한 경우에는 새로운 대안 노선을 찾는 것이 바람직하다.

##### (가) 평면곡선 반지름의 조정과 종단경사의 완화

설계된 선형이 정지시거 조건을 만족시키는지의 여부는 〈표 4.6〉을 이용하여 개략적으로 검토할 수 있다.

도로의 선형이 〈표 4.6〉에서 다룰 수 있는 일반적인 조건에서 벗어나는 경우, 식(4.9)를 이용하여 시거 확보 폭을 구하며, 계산된 시거 확보 폭이 실제 설계된 선형이 만드는 시거 확보 폭보다 클 경우 평면곡선 반지름을 크게 조정하거나 종단경사를 완화시켜야 한다.

이러한 선형 수정이 불가능하거나 비경제적일 경우에는 길어깨를 확폭하거나 중앙분리대를 확폭하여 시거를 확보한다.

##### (나) 길어깨 또는 중앙분리대 확폭

토공부에서 우측을 확폭하여 시거를 확보할 경우(진행 방향에서 볼 때, 우로 굽은 도로) 방호벽·땅깎기 비탈면의 옹벽형 측구 등의 장애물을 후퇴시키고, 그에 따라 우측 길어깨를 확폭한다. 좌측을 확폭하여 시거를 확보할 경우(진행 방향에서 볼 때, 좌로 굽은 도로), 좌측에 중앙분리대가 설치되어 있는 경우에는 중앙분리대의 측대를 확폭하고, 길어깨가 설치되어 있는 경우(분리차도, 일방통행 도로)에는 토공부의 우측과 마찬가지로 길어깨 확폭을 실시한다.

교량·고가·터널 구간에서의 시거의 부족은 원칙적으로 피하여야 하나, 부득이한 경우에는 장애물을 후퇴시켜서 좌측 또는 우측 길어깨를 확폭한다.



## 5. 평면선형

### 5.1 평면선형의 구성 요소

도로의 평면선형은 경제적 여건이 허락하는 한도 내에서 주행의 안전성·쾌적성 및 연속성을 고려하여야 하며, 그 도로의 설계속도에 따라 자동차가 주행하기에 무리가 없도록 직선·원곡선·완화곡선으로 구성되어야 한다.

이 세 가지 요소는 적절한 길이 및 크기로 연속적이며 일관성 있는 흐름을 갖도록 하여야 하며, 특히 평면곡선부인 원곡선과 완화곡선 구간에서는 설계속도와 평면곡선 반지름의 관계는 물론 횡방향 미끄럼 마찰계수·편경사·확폭 등의 설계요소들이 조화를 이루어야 한다.

### 5.2 평면곡선 반지름

곡선부에서 각 차로의 중심선의 평면곡선 반지름은 설계속도와 편경사에 따라 <표 5.1>의 최소 평면곡선 반지름 이상으로 한다.

<표 5.1> 최소 평면곡선 반지름

설 계 속 도 (킬로미터/시간)	최소 평면곡선 반지름(미터)		
	적용 최대 편경사		
	6퍼센트	7퍼센트	8퍼센트
120	710	670	630
110	600	560	530
100	460	440	420
90	380	360	340
80	280	265	250
70	200	190	180
60	140	135	130
50	90	85	80
40	60	55	50
30	30	30	30
20	15	15	15

자동차가 평면곡선부를 주행할 때에는 원심력에 의하여 자동차는 곡선 바깥쪽으로 힘을 받게 되며, 이때 원심력은 자동차의 속도 및 중량 · 평면곡선 반지름 · 타이어와 포장면의 횡방향 마찰력 및 편경사와 관련하여 자동차에 작용하게 된다.

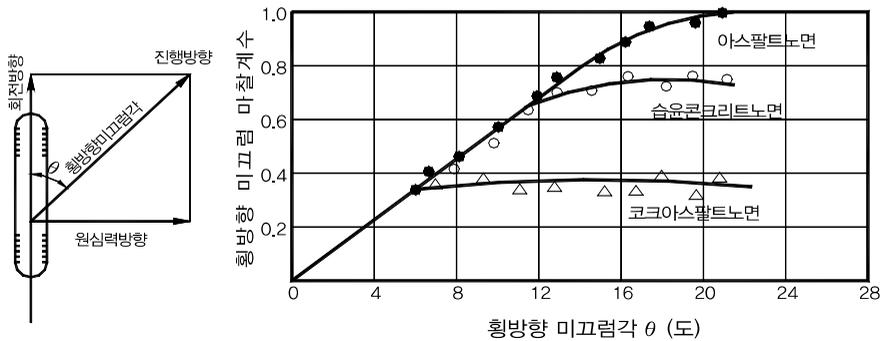
이와 같이 평면곡선부를 주행하는 자동차에 작용하는 힘의 요소들에 대하여 주행의 안전성과 쾌적성을 확보할 수 있도록 횡방향 미끄럼 마찰계수와 편경사의 값으로 설계속도에 따른 최소 평면곡선 반지름을 산정하게 된다. 이때 직선부에서와 같이 안전하고 쾌적한 주행이 가능하도록 횡방향 미끄럼 마찰계수와 편경사의 값을 결정하게 되므로 두 요소는 주행의 안전과 쾌적에 가장 큰 영향을 미치는 기본적인 요소라 할 수 있다.

(1) 횡방향 미끄럼 마찰계수(side friction factor : f)

자동차가 평면곡선부를 주행할 때 편경사의 설치여부와 관계없이 곡선 바깥쪽으로 원심력이 작용하게 되며, 그 힘에 반하여 노면에 수직으로 작용하는 힘이 횡방향력으로 작용하게 되어 타이어와 포장면 사이에 횡방향의 마찰력이 발생하게 된다.

이때 포장면에 작용하게 되는 수직력이 횡방향 마찰력으로 변환되는 정도를 나타내는 것이 횡방향 미끄럼 마찰계수로서, 그 값은 자동차의 속도 · 타이어와 포장면의 형태 및 조건에 따라 달라진다. 횡방향 미끄럼 마찰계수의 성질을 살펴보면 다음과 같다.

(가) 실측하여 구한 값

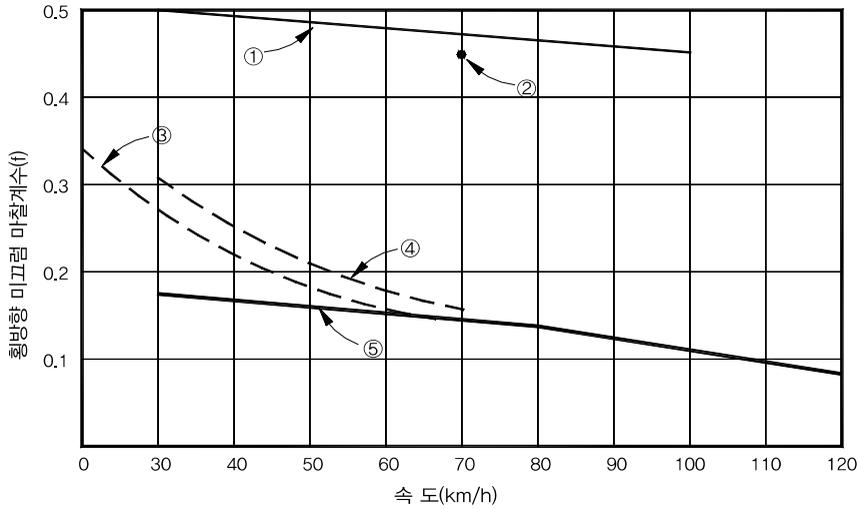


〈그림 5.1〉 횡방향 미끄럼각과 재질에 따른 횡방향 미끄럼 마찰계수

횡방향 미끄럼 마찰계수의 실측치는 조사 · 연구 자료에 의하면 노면의 재질 및 상태에 따라 다음과 같은 값을 나타내고 있다.

- 아스팔트 콘크리트 포장 : 0.4~0.8
- 시멘트 콘크리트 포장 : 0.4~0.6
- 노면이 결빙된 경우 : 0.2~0.3

위의 값에서 보듯이 실측하여 구한 값은 노면이 결빙된 경우의 값이 가장 작게 나타나고 있으며, 안전을 고려할 때 횡방향 미끄럼 마찰계수의 값은 노면이 결빙된 경우에도 안전할 수 있도록 결정되어야 한다. 참고로 AASHTO에서 조건에 따라 가정하고 있는 횡방향 미끄럼 마찰계수 값을 살펴보면 <그림 5.2>와 같다.



<그림 5.2> 조건에 따른 횡방향 미끄럼 마찰계수(AASHTO)

- \*주) ① 습윤상태의 콘크리트 포장과 새 타이어간의 횡방향 미끄럼 마찰계수
- ② 습윤상태의 콘크리트 포장과 사용한 타이어간의 최대 횡방향 미끄럼 마찰계수
- ③ 방향전환을 위한 도로의 설계에 적용하는 횡방향 미끄럼 마찰계수의 가정치
- ④ 도시부의 낮은 설계속도의 도로에 적용하는 횡방향 미끄럼 마찰계수의 가정치
- ⑤ 지방부의 모든 도로와 도시부의 높은 설계속도의 도로에 적용하는 횡방향 미끄럼 마찰계수의 가정치

(나) 쾌적성을 고려한 값

평면곡선부를 주행할 때 운전자는 원심력에 의하여 불쾌감을 느끼게 되며, 주행의 방향을 바로 잡기 위하여 속도를 줄이거나 핸들조작에 주의를 기울이게 된다.

따라서 횡방향 미끄럼 마찰계수의 값은 운전자가 충분히 안전하고, 동시에 주행의 쾌적함을 만족할 수 있도록 결정되어야 한다.

운전자는 안전하고 쾌적한 주행을 위하여 요철이 심한 곳에서는 속도를 낮추고, 평면곡선 반지름이 작은 구간에서는 가능한 한 크게 회전하려고 한다.

이와 같은 운전자의 조작에 따른 자동차의 적용 능력 및 기동성으로 보아 도로에서는 철도에서 요구하고 있는 횡방향 가속도의 범위인  $0.3 \sim 0.6 \text{m/sec}^2$  보다 큰 값이 종래부터 허용되고 있다.

그러나 횡방향 미끄럼 마찰계수의 값을 너무 크게 취하게 되면 안전한 주행이 보장되지 않아 사고의 위험이 커지며, 이때 운전자는 안전을 위하여 속도를 낮추게 되어 원활한 교통흐름에 방해가 된다. 이러한 횡방향 미끄럼 마찰계수 한계값을 구하기 위하여 많은 조사연구가 있었으며, 대체적으로 쾌적성을 고려할 경우 그 값은 속도에 따라 0.1~0.16정도가 타당한 것으로 알려져 있다.

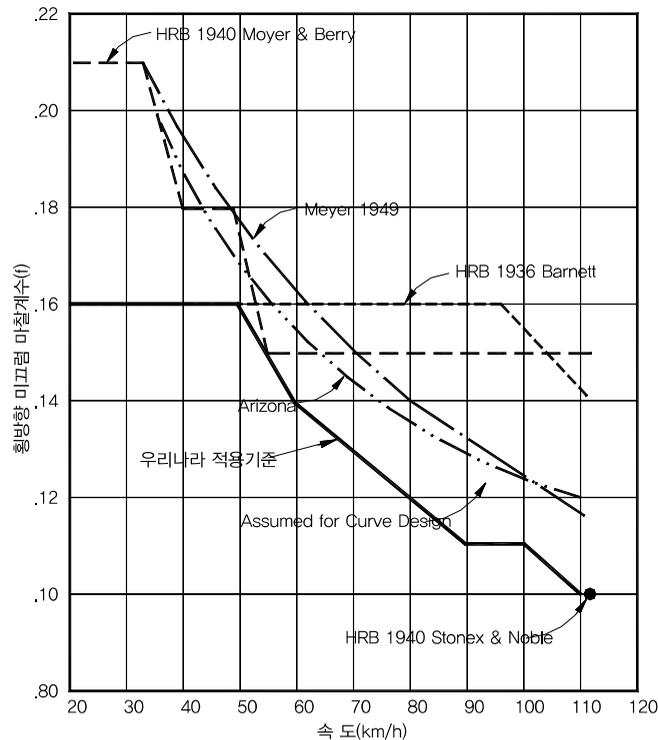
(다) 설계에 적용되는 값

횡방향 미끄럼 마찰계수의 값은 주행의 안전과 쾌적을 동시에 만족하는 값이어야 하므로 주어진 조건의 최대치가 아닌 허용할 수 있는 범위 내에서 최대치를 적용하여야 한다.

아직 우리나라에서는 횡방향 미끄럼 마찰계수에 대한 연구가 미미한 것이 현실이므로 AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)의 연구 실적을 참고하여 그 값을 결정하였다.

<표 5.2> 설계속도에 따른 횡방향 미끄럼 마찰계수

설 계 속 도(km/h)	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20
횡방향미끄럼마찰계수	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.16	0.16	0.16



<그림 5.3> 속도에 따른 횡방향 미끄럼 마찰계수

〈그림 5.3〉에서 보듯이 횡방향 미끄럼 마찰계수는 속도에 따라 주행의 쾌적을 고려하여  $f=0.1\sim 0.16$ 을 적용하도록 하였으며, 이 값은 실측하여 구한 값과 비교하여 보면 안전의 측면에서도 충분한 값이라고 판단된다. 그러므로 횡방향 미끄럼 마찰계수는 설계 속도별로 〈표 5.2〉의 값을 적용토록 한다.

자동차가 평면곡선부를 주행할 때 횡방향력이 작용하게 되며, 이때 바퀴의 회전방향과 자동차의 진행방향이 일치하지 않으므로써 두 방향이 각을 이루게 되는데 이 각을 횡방향 미끄럼각이라 한다. 횡방향력에 따라 횡방향 미끄럼각이 증가할 때 횡방향 미끄럼 마찰계수도 증가하게 되며, 어느 각에 이르면 횡방향 미끄럼 마찰계수의 값이 일정하게 되는데 이때 횡방향 미끄럼 마찰계수 값으로 정하고 있다.

## (2) 편경사

자동차가 평면곡선부를 주행할 때 작용하는 원심력에 저항하는 힘은 횡방향 마찰력과 설치된 편경사에 의하여 포장면에 수직으로 작용하는 수직분력으로 나타나는데, 이 중에 운전자에게 불쾌감을 주는 횡방향력을 작게 하기 위하여서는 가능한 한 편경사를 크게 하여야 하지만 편경사가 너무 클 경우, 저속으로 주행하는 자동차는 횡방향으로 미끄러지려 하기 때문에 운전자가 주행방향을 유지하기 위하여 부자연스러운 핸들조작을 하여야 하며, 또한 포장면이 결빙되었을 때 자동차의 정지 및 출발 시 횡방향으로 미끄러질 우려가 있어 최대 편경사를 제한하고 있다.

최대 편경사를 결정하는 데 있어서 고려하여야 할 요소는 다음과 같다.

- ① 주행의 쾌적 및 안전
- ② 적설, 결빙 등의 기상조건
- ③ 지역구분
- ④ 저속 주행 자동차의 빈도
- ⑤ 시공성 및 유지관리

최대 편경사는 이러한 요소들을 고려하여 그 도로가 갖는 조건들을 감안하여 6~8%로 결정하여야 한다. AASHTO에서는 일반적으로 최대 편경사 8%를 바람직한 값으로 정하고 있으며, 우리나라도 최대 편경사를 8%까지 규정하고 있으나 고속도로의 경우 본선 6%, 연결로 8%를 적용하고 있다.

## (3) 평면곡선 반지름

최소 평면곡선 반지름은 평면 곡선부를 주행할 때 발생하는 원심력으로 인하여 곡선부의 바깥쪽으로 미끄러지거나 전도할 위험을 방지할 수 있도록 타이어와 포장면 사이의 횡방향 마찰력이 원심력보다 크도록 하여야 하며, 동시에 주행의 쾌적성을 확보 할 수 있도록 하여야 한다.

## (가) 횡방향 미끄러움을 일으키지 않기 위한 조건

평면곡선부를 주행하는 자동차는 원운동을 하기 위하여 구심력이 필요하며, 그에 반하여 평면곡선 반지름과 속도에 따라 다음과 같은 크기의 원심력이 작용하게 된다.

$$F = \frac{W}{g} \times \frac{v^2}{R} \quad (5.1)$$

여기서, F : 원심력(kg)

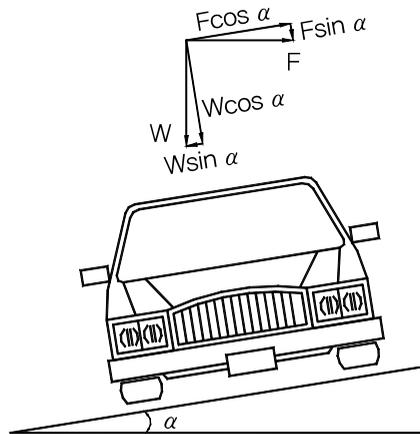
W : 자동차의 총중량(kg)

g : 중력가속도( $\approx 9.8\text{m/sec}^2$ )

v : 자동차의 속도(m/sec)

R : 평면곡선 반지름(m)

<그림 5.4>에서 보듯이 평면곡선부를 주행하는 자동차는 노면에 수평방향으로 원심력(F)과 수직방향으로 자동차의 총중량(W)이 작용하게 되며, 경사각  $\alpha$  (편경사)에 의하여 원심력(F)과 자동차의 총중량(W)은 그 분력이 발생하게 된다.



<그림 5.4> 평면 곡선부 주행시의 원심력

이 때 자동차가 미끄러지지 않기 위하여서는 원심력 방향의 힘이 타이어와 포장면 사이의 횡방향 미끄럼 마찰력보다 작아야 한다. 횡방향 마찰력에 의한 횡방향 미끄럼 마찰계수를  $f$  라 하면 자동차의 안전을 위하여서는 다음의 식을 만족하여야 한다.

$$(F \cos \alpha - W \sin \alpha) \leq f (F \sin \alpha + W \cos \alpha)$$

양변을  $\cos \alpha$  로 나누어 정리하면,

$$(F - W \tan \alpha) \leq f (F \tan \alpha + W)$$

$$\tan \alpha = i \text{ (편경사)를 대입하면 } (F - Wi) \leq f (Fi + W)$$

위의 식에 식 (5.1)을 대입하면  
 f는 매우 작으므로 생략하여 정리하면

$$R \geq \frac{v^2}{g(i+f)} \tag{5.2}$$

위의 식에서 속도(v : m/sec)를 설계속도(V : km/h)로 정리하면

$$R \geq \frac{V^2}{3.6^2 \times 9.8 \times (i+f)} \geq \frac{v^2}{127(i+f)} \tag{5.3}$$

(나) 횡방향 미끄럼을 일으키지 않기 위한 조건식 (5.3)은 평면 곡선부를 주행하는 자동차가 횡방향으로 미끄러지지 않을 조건의 평면곡선 반지름, 설계속도, 횡방향 미끄럼 마찰계수 및 편경사의 관련 식이다.

통상의 경우 원심력에 의하여 자동차는 전도보다는 횡방향 미끄럼의 영향을 먼저 받게 되므로 횡방향 미끄럼에 안전할 수 있는 한계치의 평면곡선 반지름을 최소 평면곡선 반지름으로 결정하게 되며, 식 (5.3)에 의하여 최소 평면곡선 반지름은 다음 식으로 구한다.

$$R = \frac{v^2}{127(i+f)} \tag{5.4}$$

식 (5.4)와 <표 5.2>에 의거하여 설계속도와 최대 편경사별로 최소 평면곡선 반지름을 구하면 <표 5.3>과 같다.

<표 5.3> 최소 평면곡선 반지름의 값

설계속도 (km/h)	횡방향 미끄럼 마찰계수	최소 평면곡선 반지름(m)					
		최대편경사 6%		최대편경사 7%		최대편경사 8%	
		계산값	규정값	계산값	규정값	계산값	규정값
120	0.10	709	710	667	670	630	630
110	0.10	596	600	560	560	529	530
100	0.11	463	460	437	440	414	420
90	0.11	375	380	354	360	336	340
80	0.12	280	280	265	265	252	250
70	0.13	203	200	193	190	184	180
60	0.14	142	140	135	135	129	130
50	0.16	89	90	86	85	82	80
40	0.16	57	60	55	55	52	50
30	0.16	32	30	31	30	30	30
20	0.16	14	15	14	15	13	15

#### (4) 평면곡선 반지름의 적용

최소 평면곡선 반지름의 규정 값은 평면 곡선부를 주행하는 운전자의 안전과 쾌적을 확보하기 위한 최소한의 값이며 각 차로의 중심선에 적용되는 값이므로, 설계속도 60km/h 이상의 도로나 6차로 이상의 다차로 도로에서 평면선형을 차로 중심선을 따라 설계할 경우 최소 평면곡선 반지름의 적용 구간에서 곡선의 안쪽 차로에 대한 평면곡선 반지름에 세심한 주의를 기울일 필요가 있다.

또한 평면선형 설계 시 최소 평면곡선 반지름의 규정 값에 얽매어 지형상 상당히 여유있는 평면곡선 반지름을 적용할 수 있음에도 불구하고 최소 평면곡선 반지름에 가까운 값을 적용하는 것은 바람직하지 못하며, 그 구간 앞뒤의 조건과 균형을 고려하여 지형조건에 순응할 수 있는 평면곡선 반지름을 적용하여야 한다.

##### (가) 지방부 도로의 경우

어떠한 설계속도를 정하여 규정된 최소 평면곡선 반지름을 적용하려면, 토공 등 공사비의 증가로 막대한 공사비의 증액을 초래하여 사실상 공사시행이 불가능하게 되는 경우도 있다. 이와 같은 경우에는 설계속도를 한 단계 낮추어 설계하는 것이 타당할 것이며, 설계속도를 떨어뜨림으로써 도로에서 얻어지는 편익에서 다소 손실이 있다 하더라도 막대한 건설비가 절약된다면, 비용 편익 비(benefit cost ratio)가 커지므로 경제적 측면에서 볼 때, 합리적이라 할 수 있다.

그러나 이 경우, 극히 한정된 구간에 대해서만 낮은 설계속도를 적용하는 방법은 피하여야 한다. 운전자가 갑자기 속도를 낮출 경우 사고를 일으키기 쉬워 좋지 못하므로 적당한 구간에 걸쳐서 설계속도를 떨어뜨리게 하여 운전자가 자연스럽게 속도를 조정할 수 있도록 설계하는 것이 바람직하다. 또한 선형의 계획단계에서 서서히 평면곡선 반지름을 작게 해 간다든지, 급한 평면곡선부를 운전자가 알아챌 수 있도록 평면곡선 반지름을 배치하도록 하는 것이 바람직하다.

또 이와 같이 급한 평면곡선 반지름의 앞뒤에는 교통안전표지로서 경고하도록 함과 아울러 방호책(guard rail) 등 충분한 교통안전시설을 설치하도록 하여야 한다.

##### (나) 도시부 도로의 경우

도시부 도로에서는 주변여건으로 인하여 편경사를 붙일 수 없는 경우가 많다. 이 경우, 평면곡선 반지름의 최소값은 직선부의 횡단경사를 편경사로 설정하고, 횡방향 미끄럼 마찰계수의 값은 설계속도에 따라 0.14~0.15까지 적용하여 산정하여야 한다.

이보다 더 작은 최소 평면곡선 반지름을 쓰는 경우는 원심력의 증가분에 대하여는 약간의 편경사를 설치하여 안전에 만전을 기하도록 하여야 한다.

### 5.3 평면 곡선의 길이

평면 곡선부의 차도 중심선의 길이(완화곡선이 있는 경우에는 그 길이를 포함한다)는 다음 표의 값 이상으로 한다.

〈표 5.4〉 평면 곡선의 최소 길이 (단위 : 미터)

설계속도(킬로미터/시간)	도로 교각이 5° 미만	도로 교각이 5° 이상
120	$700/\theta$	140
110	$650/\theta$	130
100	$550/\theta$	110
90	$500/\theta$	100
80	$450/\theta$	90
70	$400/\theta$	80
60	$350/\theta$	70
50	$300/\theta$	60
40	$250/\theta$	50
30	$200/\theta$	40
20	$150/\theta$	30

주)  $\theta$ 는 도로 교각(단위는 도).  $\theta$ 가 2° 미만일 때는 2° 로 한다.

#### (1) 개 요

평면 곡선부를 주행할 때 곡선의 길이가 짧으면 운전자는 곡선방향으로 핸들을 조작하였다가 직선부로 진입하기 위하여 즉시 핸들을 반대방향으로 조작하여야 하기 때문에, 이로 인하여 운전자는 횡방향의 힘을 받게 되어 불쾌감을 느낄 뿐만 아니라 고속주행 시 안전에 좋지 않은 영향을 주게 된다. 그러므로 평면곡선의 최소길이는 다음의 조건을 고려하여 결정하여야 한다.

- ① 운전자가 핸들조작에 곤란을 느끼지 않을 것.
- ② 도로 교각이 작은 경우에는 평면곡선 반지름이 실제의 크기보다 작게 보이는 착각을 피할 수 있도록 할 것.

#### (2) 최소평면곡선 길이의 계산

##### (가) 운전자가 핸들 조작에 곤란을 느끼지 않을 길이

평면 곡선부를 주행하는 운전자가 핸들조작에 곤란을 느끼지 않고 그 구간을 통과하기 위하여서는 경험적으로 한 방향으로 핸들조작을 할 때 2~3초가 필요한 것으로 알려져 있으나, 평면곡선길이는

보다 안전하고 쾌적한 주행을 위하여 경험적인 값의 2배인 약 4~6초간 주행할 수 있는 길이 이상 확보하는 것이 좋은 것으로 알려져 있다.

이 요령에서는 최소 평면곡선길이는 4초간 주행할 수 있는 길이 이상을 확보하도록 결정하였으며, 이 값은 최소 완화곡선길이의 2배의 값이다.

최소 평면곡선길이는 식 (5.5)에 의하여 산정하며 설계속도별로 그 길이를 구하면 <표 5.5>와 같다

$$L = t \cdot v = \frac{t}{3.6} V \quad (5.5)$$

여기서, L : 평면곡선 길이(m)

t : 주행시간(4sec)

v, V : 자동차 속도(m/sec, km/h)

<표 5.5> 최소 평면곡선 길이의 계산값과 규정값

설계속도(km/h)	최小平면곡선길이 (m)	
	계산값	규정값
120	133.3	140
110	122.2	130
100	111.1	110
90	100.0	100
80	88.9	90
70	77.8	80
60	66.7	70
50	55.6	60
40	44.4	50
30	33.3	40
20	22.2	30

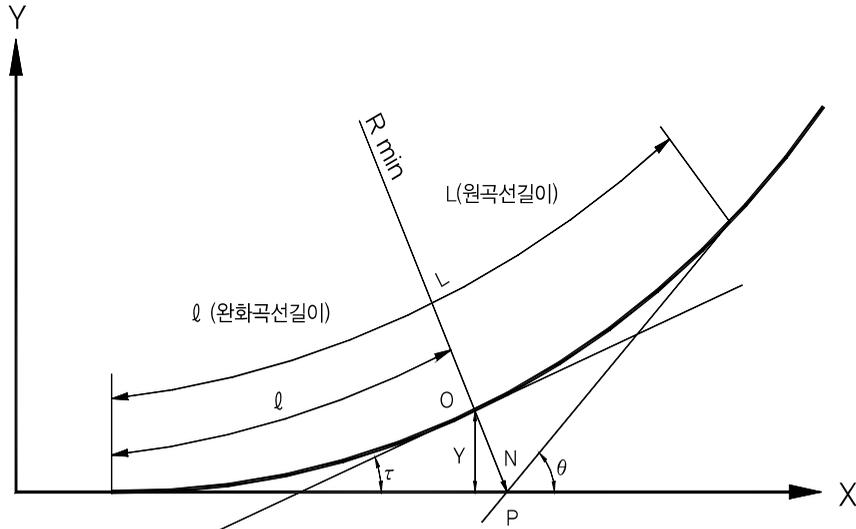
#### (나) 도로교각이 5°미만인 경우의 길이

도로교각이 매우 작은 경우에는 평면곡선의 길이가 실제보다 짧게 보이므로 도로가 급하게 꺾여져 있는 착각을 일으키며, 이 경향은 교각이 작을수록 현저하다.

따라서 교각이 작을수록 긴 평면 곡선부를 삽입하여 도로가 완만히 돌아가고 있는 듯한 느낌을 받도록 하지 않으면 안 된다.

도로교각이 작은 구간에서 운전자가 평면 곡선부를 주행하여야 한다는 것을 인식하기 위하여서 <그림 5.5>에 나타난 외선길이 N(Secant Length)이 어느 정도 이상이 되어야 한다.

그러므로 완화곡선을 클로소이드로 생각하고, 도로교각이 5°미만인 경우의 외선길이가 도로교각이 5°인 경우의 외선길이의 값이 같은 값이 되는 평면 곡선길이를 최소 평면 곡선길이라고 한다.



〈그림 5.5〉 도로교각 5°미만일 경우의 외선길이

클로소이드 파라미터를 A라 할 때 클로소이드의 식에서

$$Y = \frac{A}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2}{3} \tau \sqrt{\tau} \left( 1 - \frac{\tau^2}{14} + \frac{\tau^4}{440} \dots \right) \quad (5.6)$$

$$l = A \sqrt{2\tau} \quad (5.7)$$

$$N = \frac{Y}{\cos \tau} (= \overline{PO}) \quad (5.8)$$

식 (5.6), 식 (5.7), 식 (5.8)식에서

$$N = \frac{1}{\cos \tau} \cdot \frac{\tau l}{3} \left( 1 - \frac{\tau^2}{14} + \frac{\tau^4}{440} \dots \right) \quad (5.9)$$

식 (5.9)에서  $\tau$ 의 값이 매우 적은 경우는  $\tau^2, \tau^4 \dots \approx 0$ ,  $\cos \tau \approx 1$ 로 간주할 수 있으므로

$$N \approx \frac{\tau l}{3} \quad \therefore l = \frac{3N}{\tau}$$

$\tau$  (Radian) 대신에 도로교각  $\theta$  (도)를 쓰면

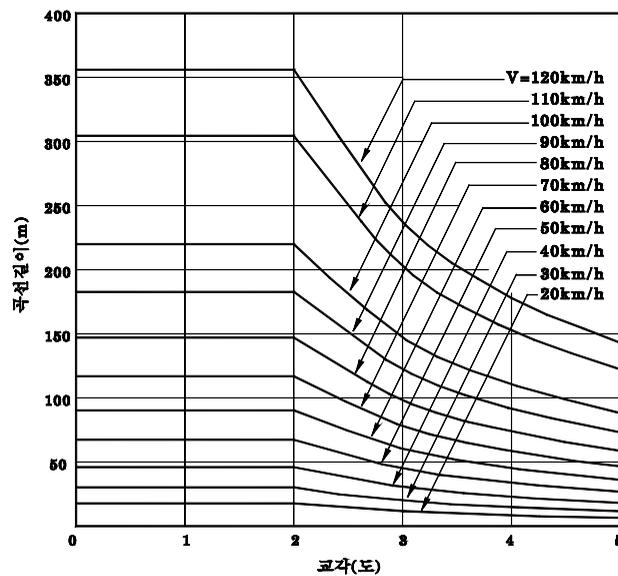
$$\text{완화곡선길이 } l = \frac{344N}{\theta}, \quad \text{원곡선길이 } L = 2l = \frac{688N}{\theta} \quad (5.10)$$

완화곡선구간에서 규정하고 있는 최소 완화곡선길이를 이용하여 도로교각 5°일 때의 외선길이 N을 구하고,  $\theta$ 를 함수로 한 식 (5.10)을 이용하여 L을 구하면, 〈표 5.6〉과 같다.

또 그 길이를 그래프로 나타내면 〈그림 5.6〉과 같다.

〈표 5.6〉 도로교각과 최소 평면곡선길이의 관계

설계속도 (km/h)	최소 완화곡선 길이(m)	외선장(m)	최소 평면곡선 길이(m)
120	70	1.02	$700/\theta$
110	65	0.94	$650/\theta$
100	55	0.80	$550/\theta$
90	50	0.73	$500/\theta$
80	45	0.65	$450/\theta$
70	40	0.58	$400/\theta$
60	35	0.51	$350/\theta$
50	30	0.44	$300/\theta$
40	25	0.36	$250/\theta$
30	20	0.29	$200/\theta$
20	15	0.22	$150/\theta$



〈그림 5.6〉 도로교각과 최소 평면곡선길이의 관계

### (3) 적용상의 주의

규정된 평면곡선의 최소 길이는 최소 완화구간 길이의 두 배이다. 즉, 완화곡선만으로도 최소 평면곡선길이를 만족할 수 있으나 이 경우에 운전자가 핸들 조작에 필요한 조건을 만족하고는 있지만, 곡선 반지름이 최소가 되는 점에서 급하게 핸들을 조작하여야 하므로 바람직하지 않다. 또, 편경사의 접속 설치와 시각적으로도 문제가 있다. 따라서 두 완화곡선 사이에는 반드시 적절한 길이의 원곡선을 삽입하는 것이 바람직하다.

이 원곡선의 길이는 설계속도로써 약 4초간 주행할 수 있는 길이 이상을 삽입하는 것이 바람직하다. 경험상으로는 원곡선 반지름 R에 대해서 클로소이드의 파라미터 A와 원곡선 반지름 R간에  $R \geq A \geq \frac{R}{3}$  되는 관계에 있을 때 원활한 평면곡선의 조화가 이루어지며, 그 가운데에서도  $A \geq \frac{R}{2}$  가 바람직하다고 알려져 있으나, 도로 교각의 크기·지형 및 지장물 등의 주변여건에 따라 운전자의 핸들조작시간·편경사 등을 고려하여 원곡선과 완화곡선의 길이를 적절히 설치하여야 한다.

## 5.4 곡선부의 확폭

(1) 차도 평면곡선부의 각 차로는 평면곡선 반지름 및 설계기준자동차에 따라 다음 표의 폭 이상을 확폭하여야 한다.

세미트레일러		대형 자동차		소형 자동차	
평면곡선 반지름 (미터)	최소확폭량 (미터)	평면곡선 반지름 (미터)	최소확폭량 (미터)	평면곡선 반지름 (미터)	최소확폭량 (미터)
150 이상~280 미만	0.25	110 이상~200 미만	0.25	45 이상~55 미만	0.25
90 이상~150 미만	0.50	65 이상~110 미만	0.50		
65 이상~ 90 미만	0.75	45 이상~ 65 미만	0.75	25 이상~45 미만	0.50
50 이상~ 65 미만	1.00	35 이상~ 45 미만	1.00		
40 이상~ 50 미만	1.25	25 이상~ 35 미만	1.25	15 이상~25 미만	0.75
35 이상~ 40 미만	1.50	20 이상~ 25 미만	1.50		
30 이상~ 35 미만	1.75	18 이상~ 20 미만	1.75		
20 이상~ 30 미만	2.00	15 이상~ 18 미만	2.00		

(2) 제 (1)항의 규정에 불구하고 차도 평면곡선부의 각 차로가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 확폭을 하지 아니할 수 있다.

1. 도시지역의 일반도로에서 도시계획이나 주변의 지장물 등으로 인하여 부득이 하다고 인정되는 경우
2. 설계기준 자동차가 승용자동차인 경우

### (1) 개요

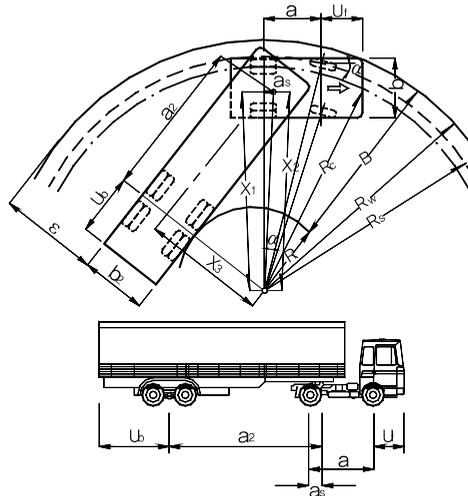
도로의 차로 폭은 도로의 구분·설계속도 및 그 도로의 설계기준 자동차에 따라 결정하게 되지만, 평면곡선 반지름이 작은 곡선부에서는 설계기준자동차의 회전에 따른 궤적이 해당 차로의 차선을 넘어가는 경우가 발생하게 되어 교통안전에 악영향을 미치게 된다.

그러므로 이러한 구간에서는 설계기준자동차의 궤적이 정하여진 차로로 통행할 수 있도록 차로의 폭을 넓혀야 한다.

지금까지 우리나라에서 적용하였던 확폭량은 평면곡선 반지름 및 도로의 구분에 따라 일정한 폭을 확폭하도록 하였는데, 이 방법은 도로의 구분에 따라 적용되는 설계기준자동차가 일정하다는 가정 하에 확폭량을 산정하도록 하였으나 이 요령에서는 그 도로에 적응하는 설계기준 자동차에 따라 확폭량을 산정하도록 하였다. 또한 도시지역의 일반도로에서 도시계획, 도로 주변 상황 등으로 부득이한 경우에 확폭하지 않도록 하였다.

(2) 확폭량의 계산

고속도로의 확폭량 계산시에는 설계기준자동차를 세미트레일러로 한다.



〈그림 5.7〉 세미트레일러의 확폭량 계산

〈그림 5.7〉에서,

$$\varepsilon = B - 2.5$$

$$B = R_w + 1.25 - \sqrt{R_c^2 - 111.25}$$

$$R_w = \sqrt{(\sqrt{R_c^2 - 30.25} + 1.25)^2 + 30.25} \tag{5.11}$$

여기서,  $\varepsilon$  : 확폭량

$R_w$  : 외측 평면곡선 반지름

$B$  : 자동차의 주행 폭원

$R_c$  : 차로 중심선의 반지름

도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에서는 앞바퀴와 뒷바퀴의 궤적 차이가 0.2m 미만인 경우, 차로의 여유 폭이 이를 감당할 수 있는 것으로 가정하여 확폭량을 규정하고 있다.

즉, 확폭을 하여야 하는 최소 평면곡선 반지름은 확폭량이 0.2m 이상이 되는 평면곡선 반지름을 기준으로 해서, 그보다 큰 원곡선 반지름의 경우에는 확폭하지 않는 것으로 하였다. 그리고 차로 당 최소 확폭량은 설계와 시공의 편의를 고려하여 0.25m 단위로 규정하고 있다.

〈표 5.7〉 평면곡선 반지름에 따른 확폭량 (단위 : m)

설 계 기 준 자 동 차								
세미트레일러			대형 자동차			소형자동차		
평면곡선 반지름	계산값	한 차로 당 최소 확폭량	평면곡선 반지름	계산값	한 차로 당 최소 확폭량	평면곡선 반지름	계산값	한 차로 당 최소 확폭량
150이상~280미만	0.20~0.37	0.25	110이상~200미만	0.20~0.36	0.25	45이상~55미만	0.19~0.24	0.25
90이상~150미만	0.37~0.62	0.50	65이상~110미만	0.36~0.61	0.50			
65이상~ 90미만	0.62~0.86	0.75	45이상~ 65미만	0.61~0.88	0.75			
50이상~ 65미만	0.86~1.12	1.00	35이상~ 45미만	0.88~1.14	1.00	25이상~45미만	0.24~0.41	0.50
40이상~ 50미만	1.40~1.12	1.25	25이상~ 35미만	1.14~1.60	1.25			
35이상~ 40미만	1.61~1.40	1.50	20이상~ 25미만	1.60~2.01	1.50	15이상~25미만	0.41~0.66	0.75
30이상~ 35미만	1.89~1.61	1.75	18이상~ 20미만	2.01~2.25	1.75			
20이상~ 30미만	2.96~1.89	2.00	15이상~ 18미만	2.25~2.77	2.00			

차로별 확폭량은 이론적으로는 차로의 평면곡선 반지름에 따라 서로 다르지만, 차로의 반지름을 각각 구해서 확폭량을 결정하는 수고를 덜기 위하여 도로 중심선(또는 차도 중심선)의 반지름이 35m 이상 인 경우에는 원칙적으로 도로 중심선(또는 차도 중심선)에 의해서 차로의 확폭량을 구하도록 한다.

### (3) 적용 시 주의사항

(가) 도로중심선의 평면곡선 반지름이 작은 경우의 확폭 도로중심선의 평면곡선 반지름이 35m 미만의 경우로 특히 차로 수가 많은 때에는 도로중심선에 의해서 구한 확폭량이 각각의 차로에 필요한 확폭량과 크게 다를 경우가 있으므로 차로마다 확폭량을 구하는 것으로 한다.

다차로 도로(6차로이상)일 경우 외측차로 규정 확폭량의 0.8배 해당하는 폭만 확폭한다.

(나) 도시지역 도로의 확폭

도시지역에 존재하는 도로에 대해서는 지형의 상황, 기타 특별한 이유로 부득이한 경우에는 확폭량의 축소나 확폭을 생략할 수 있으며, 단지 이와 같은 경우에도, 대형 자동차의 교통이 예상되는 도로에 대해서는 차로 폭을 대형 자동차의 차랑 폭(B=2.5m)에 산정된 확폭량을 더한 폭 이하로 해서는 안 된다.

#### (4) 고속도로 설계 시 적용

고속도로 본선의 경우 일반적으로 설계속도 100km/h 이상을 적용하여 최소 평면 곡선 반지름을 460m 이상 사용하므로 확폭은 고려하지 않아도 된다.

인터체인지 루프 연결로의 경우 길어깨는 본선포장과 동일한 포장을 실시하고, 측방여유폭이 확보되어 확폭을 생략한다.

## 5.5 완화곡선 및 완화구간

### 5.5.1 완화곡선 및 완화구간의 설치와 길이

- (1) 설계속도가 시속 80킬로미터 이상인 도로의 평면곡선부에는 완화곡선을 설치하여야 한다.  
 (2) 완화곡선의 길이는 설계속도에 따라 <표 5.8>의 값 이상으로 한다.

<표 5.8> 완화곡선의 최소길이

설계속도 (킬로미터/시간)	완화곡선의 최소길이(미터)
120	70
110	65
100	60
90	55
80	50
70	40
60	35

- (3) 설계속도가 시속 60킬로미터 미만인 도로의 평면곡선부에는 다음 표의 길이 이상의 완화구간을 두고 편경사를 설치하거나 확폭을 하여야 한다.

<표 5.9> 완화구간의 최소 길이

설계속도 (킬로미터/시간)	완화구간의 최소길이(미터)
50	30
40	25
30	20
20	15

## (1) 개 요

자동차의 안전한 주행을 위하여 직선부에서 곡선부, 곡선부에서 직선부 또는 곡선반지름이 다른 곡선부로 원활하게 주행할 수 있도록 그 사이에 완화구간을 설치할 필요가 있다.

여기에서, 완화구간이란 편경사의 접속설치를 위한 구간, 확폭을 위한 접속설치 구간, 직선과 원곡선 사이 또는 대원과 소원 사이의 구간을 말하며, 완화구간에는 완화곡선을 설치하는데 주로 클로소이드 곡선을 사용한다.

완화곡선의 종류에는 삼차 포물선(cubic parabola), 렘니스케이트(lemniscate), 클로소이드(clothoid) 등이 있다. 그 중에서 클로소이드 곡선이 여러 가지 점에서 우수한 성질을 가지고 있어서 대표적인 완화곡선으로 사용되고 있다.

## (2) 완화곡선 및 완화구간의 설치 목적

완화곡선 및 완화구간의 설치 목적은 다음과 같다.

- ① 직선부에서 평면 곡선부로 진입·진출하는 자동차에 대한 원심력을 점차적으로 변화시켜 일정한 주행속도 및 주행궤적을 유지시킨다.
  - ② 직선구간의 표준 횡단경사 구간에서 원곡선부에 설치되는 최대 편경사까지의 경사 변화를 주행속도와 평면곡선 반지름에 따라 적절하게 접속시킬 수 있도록 한다.
  - ③ 급한 평면 곡선부에서 차로의 확폭이 필요한 경우 평면 곡선부의 확폭된 폭과 표준횡단의 폭의 차이를 자연스럽게 접속시킬 수 있도록 한다.
  - ④ 원곡선의 시작점과 끝점에서 꺾어진 형상을 시각적으로 원활하게 보이도록 한다.
- ①~④에서 완화곡선의 길이를 결정하는 주 요소는 ①과 ②이며, ③의 경우는 결정된 완화구간 내에서 접속 설치하면 된다. 이러한 완화곡선은 자동차의 완화 주행 궤적과 비슷한 클로소이드 곡선(clothoid spiral)을 사용한다.

## (3) 완화곡선의 길이 산출

### (가) 자동차의 완화 주행 궤적

자동차가 직선부에서 곡선부로 주행할 때 그 회전 반지름이 무한대(직선)에서 차츰 일정한 반지름이 되도록 핸들을 조작하여야 하는데, 이와 같이 직선 주행에서 일정한 반지름의 곡선부 주행으로 옮기기까지 사이에 곡선 주행을 완화주행이라 하고, 이때의 자동차 궤적을 완화주행궤적이라 한다. 완화주행 궤적의 형상은 다음과 같다.

〈그림 5.8〉에서 자동차의 회전각속도는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

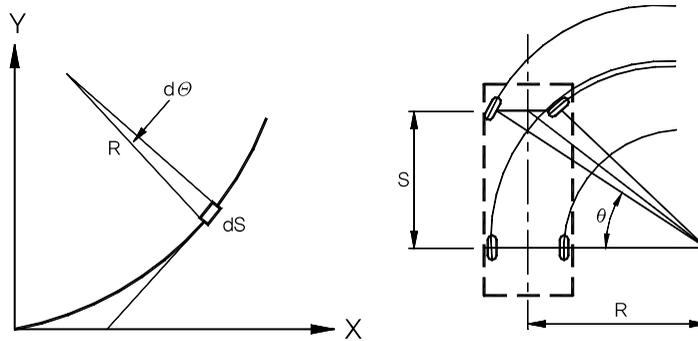
$$w = \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\theta}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = \frac{v}{R} \quad (5.12)$$

여기서,  $w$  : 자동차의 회전 각속도

$v$  : 자동차의 주행속도(m/sec)

$R$  : 주행궤적상의 임의의 점에서의 평면곡선 반지름

$\theta$  : 회전각



〈그림 5.8〉 자동차의 완회주행

지금 자동차의 주행속도  $v$ 가 일정하다고 하면, 회전각 가속도  $w'$ 는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$w' = \frac{d}{dt} \left( \frac{d\theta}{dt} \right) = \frac{v}{s} \sec^2 \theta \frac{d\theta}{dt} \quad (5.13)$$

단,  $R = \frac{s}{\tan \theta}$ 이다. (〈그림 5.8〉참조)

직선부에서 평면곡선부로 또는 평면곡선부에서 직선부로 주행하는 회전각 가속도  $w'$ 가 일정하게 될 때 운전자가 안전하고 쾌적하게 주행할 수 있으며, 그 궤적을 구해보면 다음과 같다.

식 (5.13)에서 회전각 가속도  $w'$ 가 일정하다고 가정할 때

$$\frac{v}{s} \sec^2 \theta \cdot \frac{d\theta}{dt} = k \quad (5.14)$$

$$\text{이를 풀면, } \tan \theta = \frac{k \cdot s}{v} \cdot t + c$$

$t = 0$ 일 때  $\tan \theta = 0$  이므로,  $c=0$

$$\text{따라서, } R = \frac{v}{k \cdot t}$$

완회곡선의 길이를  $L$ 이라 하면,

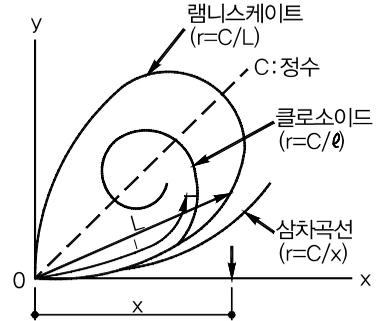
$$t = \frac{L}{v} \text{이므로, } R = \frac{v^2}{k \cdot L}$$

$$\text{그러므로, } R \cdot L = \frac{v^2}{k} = A^2 \quad (A^2 = \frac{v^2}{k} = \text{일정}) \quad (5.15)$$

식 (5.15)는 클로소이드의 일반식이다.

즉, 자동차가 일정한 회전각 가속도로 주행하는 경우에는 완화주행 궤적은 클로소이드를 그린다는 것을 알 수 있다. 자동차의 구조상  $\theta$  는  $0\sim 30^\circ$  이므로  $\sec 2\theta$  는 거의 일정한 값이 되며, 따라서  $\frac{d\theta}{dt}$  도 거의 일정하며  $\theta$  가 핸들 회전각과 비례한다고 생각하면 이 주행은 회전속도가 거의 일정한 주행이라 생각할 수 있다.

완화 주행 궤적에 근사한 곡선으로는 클로소이드 외에 램니스케이트(Lemniscate), 삼차 포물선 등이 있다. 이들 완화 주행 궤적에 근사한 곡선을 그림으로 나타내면 <그림 5.9>와 같다.



<그림 5.9> 완화 주행궤적에 근사한 곡선

(나) 완화곡선 및 완화 구간의 길이

설계속도 60km/h 이상의 고속주행을 요구하는 도로에서는 핸들 조작의 매우 근소한 착오라도 될 수 있는 한 빨리 원상 복귀시킬 수 있는 주행 시간의 길이만큼 반드시 완화곡선을 설치하여 운전자의 시선을 자연스럽게 유도할 수 있어야 하며, 설계속도 60km/h 미만의 도로에서는 완화곡선을 설치하지 않을 경우에 곡선부의 편경사 및 확폭을 접속 설치할 수 있도록 직선 구간과 원곡선 구간을 직접 연결하고, 완화구간을 설치하여야 한다.

핸들 조작에 곤란을 느끼지 않고 주행할 수 있는 곡선부의 주행 시간을 2초로 하고, 식 (5.16)을 이용하여 최소 완화곡선 길이를 계산하면 <표 5.10>과 같다.

<표 5.10> 완화곡선 및 완화구간의 최소 길이

설계속도(km/h)	계산값(m)	규정값(m)
120	66.7	70
110	61.1	65
100	55.6	60
90	50.0	55
80	44.4	50
70	38.9	40
60	33.3	35
50	27.8	30
40	22.2	25
30	16.7	20
20	11.1	15

$$L = v \cdot t = \frac{V}{3.6} t \quad (5.16)$$

여기서, L : 완화곡선 길이(m)

t : 주행시간(2초)

v : 주행속도(m/sec)

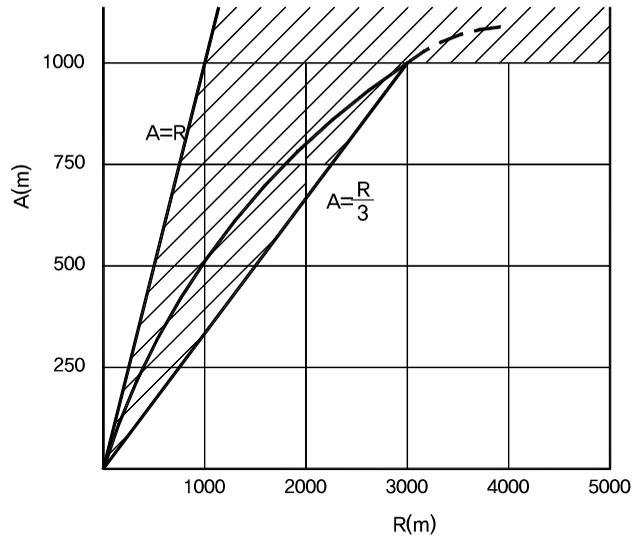
V : 주행속도(km/h)

#### (4) 완화곡선의 적용

완화곡선으로 클로소이드를 쓰는 경우, 완화곡선의 파라미터의 크기(A)는 접속하는 원곡선의 반지름(R)에 대하여 다음과 같은 관계에 있을 때 조화가 이루어지고, 시각적으로 원활한 선형이 된다고 알려져 있다.

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R \quad (5.17)$$

이 법칙이 적용되는 원곡선의 반지름은 어느 범위에 들어가 있을 때이므로, 원곡선 반지름 R이 작으면 파라미터 A가 원곡선 반지름보다 커지고, 원곡선 반지름 R이 크면 파라미터 A가 R/3보다 작게 되어, 일반적으로 <그림 5.10>과 같은 곡선에 따르는 조합을 선형과 조화, 주행의 쾌적성, 경제성 등의 관점에서 권장한다.



<그림 5.10> 평면곡선 반지름과 클로소이드의 파라미터

### 5.5.2 완화곡선의 생략

(1) 직선과 원곡선 사이에 완화곡선을 설치하는 경우, 원곡선 반지름이 설계속도에 따라 <표 5.11>의 값 이상이면 완화곡선을 생략할 수 있다.

<표 5.11> 완화곡선을 생략할 수 있는 한계 원곡선 반지름(직선과 원곡선)

설계속도 (킬로미터/시간)	120	110	100	90	80
한계 원곡선 반지름(미터)	3000	2500	2000	1600	1300

(2) 같은 방향으로 굽어지는 소원과 대원 사이에 완화곡선을 설치하는 경우, 다음 조건들 중 어느 하나를 만족시키면 완화곡선을 설치하지 않아도 된다.

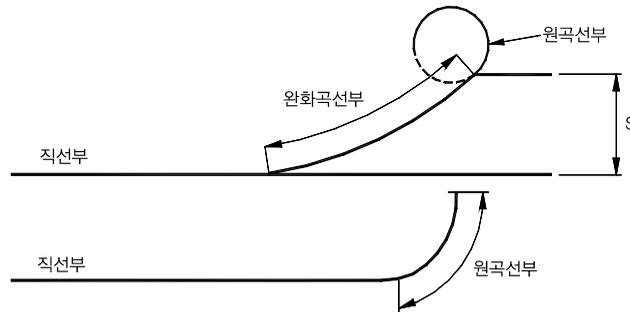
- ① 두 원곡선의 반지름 중 작은 반지름이 <표 5.11>의 값 이상일 때
- ② 두 원곡선 사이에 완화곡선을 설치했을 때 이정량이 0.2미터 미만이고, 두 원곡선 반지름의 비가 1.5이하일 때

#### (1) 개 요

완화곡선을 직선과 원곡선 사이에 삽입하는 경우, <그림 5.11>에 나타낸 바와 같이, 직선과 원곡선을 직접 연결하는 경우에 비하여 S만큼의 이정량(shift)이 생긴다.

이 이정량이 차로 폭에 포함되는 여유 폭(차로 폭은 자동차의 폭에 여유 폭을 더한 값임)에 비하여 매우 작은 경우에는 직선과 원곡선을 직접 접속시키더라도 자동차가 완화 주행을 하는 데 아무런 지장이 없다.

이와 같이, 완화곡선을 생략하여도 자동차의 주행에 지장을 주지 않는 이정량을 한계 이정량이라 한다. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에서 완화곡선의 한계 이정량을 0.20m로 규정하고 있으며, 이정량이 0.20m 이상일 경우에 완화곡선을 설치한다.



<그림 5.11> 이정량

## (2) 한계 원곡선 반지름의 계산

직선과 원곡선 사이에 설치되는 완화곡선이 클로소이드라고 가정할 때, 한계 이점량 0.20m에 대한 한계 원곡선 반지름을 구하는 계산식과 값은 다음과 같다.

$$S = \frac{1}{24} \times \frac{L^2}{R} \quad (5.18)$$

여기서, S : 이점량(m)

L : 완화구간의 길이(m)

R : 곡선반지름(m)

식 (5.18)에 이점량 0.20m와 완화곡선의 최소 길이를 구하는 식인 식 (5.16)을 대입하여 원곡선 반지름 R에 대해서 정리하면 식 (5.19)와 같다.

$$R = 0.064V^2 \quad (5.19)$$

식 (5.19)를 이용하여 설계속도에 따라 완화곡선을 설치하여야 할 한계 평면곡선 반지름을 구하면, <표 5.12>와 같다.

주행 중 운전자의 시각적 측면과 쾌적성을 유지하기 위해서는 계산값의 3배 정도까지는 완화곡선을 생략하지 않는 편이 바람직하다.

<표 5.12> 완화곡선을 생략할 수 있는 곡선반지름

설계속도(km/h)	계산값(m)	적용값(m)
120	921.6	3,000
110	774.4	2,500
100	640.0	2,000
90	518.4	1,600
80	409.6	1,300
70	313.6	1,000
60	230.4	700

## 5.6 교통우회용 가도기준

### (1) 설치목적

확장 또는 개수 공사 시 차량을 소통시키면서 평면선형과 종단선형을 개량하므로 별도의 교통우회용 가도가 필요하다.

(2) 설계속도

설계속도는 노선 주행속도의 40%를 감속한 설계속도를 적용하고, 현지지형 여건상 부득이한 경우 조정이 가능하며, 고속도로에서는 80km/h 이상을 적용하는 것이 바람직하다.

(3) 차로 폭

신설도로와 확장도로에 따라 다르며 차로 폭은 3.5m 이상을 원칙으로 하나 현장 여건상 3.25m 까지 축소하여 적용할 수 있다.

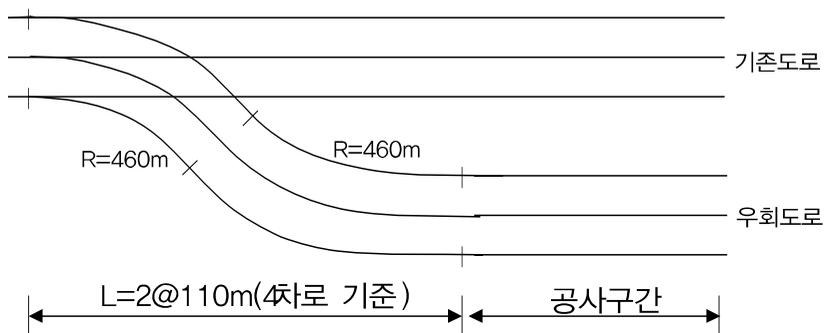
(4) 도로의 구조 · 시설기준에 관한 규칙

〈표 5.13〉 가도의 기하구조 기준

구분	설계속도	기존 4~6차로	기존 2차로	비 고
		V=80km/h	V=70km/h	
곡선반지름		460m	140m	
최소곡선길이		110m	70m	
최대편경사		8%	8%	
종단경사		7%	8%	

(5) 가도설치 예

(가) 완전 우회 시



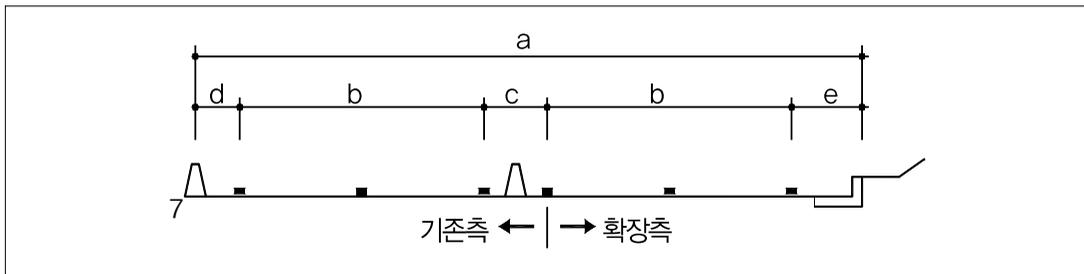
〈그림 5.12〉 완전 우회 시 가도설치 개념도

(나) 확장 공사 시 횡단폭원

<표 5.14> 가도의 최소 시설 기준

(도로의 구조·시설에 관한 규칙 : '09.2)

구분	총 폭원 (a)	차로 폭 (b+b')	임시 중분대 (c)	길어깨 (d)	길어깨 (e)	비 고
고속도로 (100km/h)	20 (18)	4@3.5=14	2	2 (1)	2 (1)	( )는 터널, 교량 등 부득이한 경우
일반도로 (80km/h)	17 (15)	4@3.25=13	1	1.5 (0.5)	1.5 (0.5)	

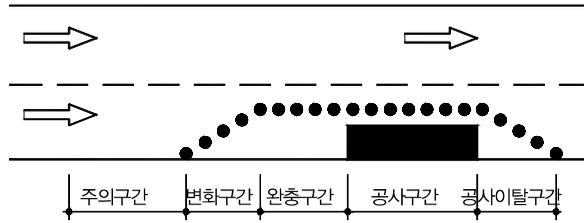


<표 5.15> 가도의 최소 적용 기준

구분	유효 폭원 (a)	차로 폭 (b+b')	임시 중분대 (c)	길어깨 (d)	길어깨 (e)	비고
4→6차 로확장	공사 중	16.3	4@3.25=13	1.2	1.5	- 편측 일방향 기준 - ( )는 터널, 교량 등 부득이한 경우
	완료 후	16.3	3@3.6=10.8	중양분리대 : 1.5	4.0	
4→8차 로확장	공사 중	18.9	4@3.5(3.25)=14(13)	1.6 (2.0)	1.5	- 편측 일방향 기준 - ( )는 터널, 교량 등 부득이한 경우
	완료 후	18.9	4@3.6=14.4	중양분리대 : 1.5	3.0	

- 주) 1. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 제8조 : 지형상황 및 경제성 등을 고려하여 필요한 경우에는 설계 속도를 20km/h 까지 낮출 수 있도록 규정 → 용지 추가 발생 최소화를 위하여 80km/h에 맞춰 폭원 축소 불가피.
2. 4→6차로 확장공사의 경우 신설공사 폭원(15.3m=1.5+3@3.6+3.0)과 비교 시 확장 완료 후 길어깨 여유 폭 발생. (2@1.0m=2.0m)
3. 작업장의 길이가 1,000m이상인 작업구간에 대하여는 기존용지 범위 내에서 비상 정차대 설치. (간격 : 500m, 규격 : 폭 3.0m, 연장 20.0m, 테이퍼 20.0m)

(다) 확장공사 유형별 교통관리



〈그림 5.13〉 교통 관리구간 설정 개념도

〈표 5.16〉 교통 관리구간의 목적과 설치길이

구분	목적	설치길이	비고
주의구간	전방교통상황 변화를 사전에 인식하도록 하는 구간	전방 1,500m 부터	-
변화구간 (테이퍼)	운전자가 진행 중인 차로나 길어깨를 차단하는 구간	〈표 5.17〉 참조	우회도로의 경우 평면곡선 설치 구간
완충구간	차로를 변경하지 못한 차량 공사장 충돌을 방지	50m 이상	-
작업구간	공사가 이루어지는 해당구간	VAR.	작업구간 유형에 맞춰 안전시설물 설치
공사 이탈구간	공사 이전의 정상적인 주행차로로 복귀 하는 구간	〈표 5.17〉 참조	우회도로의 경우 평면곡선 설치 구간

〈표 5.17〉 테이퍼 길이 (L)

구분	4차로	2차로	비고	
차로 합류 테이퍼 (lane closure)	180m	90m	- 4차로 : $L = \frac{ws}{1.6}$ - 2차로 : $L = \frac{ws^2}{150}$	
차로 변환 테이퍼 (transition)	90m	45m	1/2L	
길어깨 차단 테이퍼 (shoulder closure)	60m	30m	1/3L	
하류부 테이퍼 (down stream)	작업장 길이 30m 미만	30m	30m	-
	작업장 길이 30m 이상	90m	45m	1/2L



## 6. 종단선형

### 6.1 종단선형의 요소

종단 선형의 설계에 쓰이는 선형 요소에는 직선과 곡선이 있다.

도로의 형상을 설계하는 요소 중 종단선형은 같은 설계속도를 적용하는 구간이라 할지라도 지형 조건에 따라 모든 자동차에게 동일한 주행 상태를 유지시켜 줄 수 없는 요소를 포함하고 있다.

이러한 종단선형은 직선과 곡선으로 구성된다. 종단선형의 설계 요소로는 종단경사 · 종단곡선이 있으며, 자동차의 종류에 따른 성능 차이로 인하여 종단경사 구간에서 허용 속도이하로 주행하는 자동차를 위하여 오르막차로의 설치를 경제적 측면과 비교 · 검토하여 판단하여야 한다.

### 6.2 종단경사

#### 6.2.1 종단경사의 기준

(1) 차도의 종단경사는 도로의 구분, 지형상황과 설계속도에 따라 다음 표의 비율 이하로 하여야 한다. 다만, 지형 상황, 주변 지장물 및 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 다음 표의 비율에 1퍼센트를 더한 값 이하로 할 수 있다.

〈표 6.1〉 최대 종단경사

설계속도 (킬로미터/시간)	최대 종단경사 (퍼센트)							
	고속도로		간선도로		집산도로 및 연결로		국지도로	
	평지	산지	평지	산지	평지	산지	평지	산지
120	3	4						
110	3	5						

설계속도 (킬로미터/시간)	최대 종단경사 (퍼센트)							
	고속도로		간선도로		집산도로 및 연결로		국지도로	
	평지	산지	평지	산지	평지	산지	평지	산지
100	3	5	3	6				
90	4	6	4	6				
80	4	6	4	7	6	9		
70			5	7	7	10		
60			5	8	7	10	7	13
50			5	8	7	10	7	14
40			6	9	7	11	7	15
30					7	12	8	16
20							8	16

(2) 소형차도로의 종단경사는 도로의 구분, 지형과 설계속도에 따라 다음 표의 비율 이하로 하여야 한다. 다만, 지형 상황, 주변 지장물 및 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 다음 표의 비율에 1퍼센트를 더한 값 이하로 할 수 있다.

설계속도 (킬로미터/시간)	최대 종단경사 (퍼센트)							
	자동차 전용도로		간선도로		집산도로 및 연결로		국지도로	
	평지	산지	평지	산지	평지	산지	평지	산지
120	4	5						
110	4	6						
100	4	6	4	7				
90	6	7	6	7				
80	6	7	6	8	8	10		
70			7	8	9	11		
60			7	9	9	11	9	14
50			7	9	9	11	9	15
40			8	10	9	12	9	16
30					9	13	10	17
20							10	17

### (1) 개 요

도로를 설계하기 위하여 결정된 설계속도는 도로를 구성하는 다양한 기하구조와 연관되어 있다. 이는 도로를 설계할 때 하나의 설계구간에서는 도로의 형상을 일정하게 하며, 동일한 주행 상태를 유지할 수 있도록 하여야 하는 도로 설계의 근본적 개념을 만족하기 위함이다.

그러나 설계속도에 따라 일정하게 정하여지는 도로 기하구조 요소 중 종단경사는 종단경사 구간의 오르막 특성이 차종마다 크게 달라 모든 자동차가 설계속도로 주행할 수 있는 기하구조를 확보하는 것은 경제적인 측면에서 타당하지 않다.

따라서, 종단경사의 기준값은 경제적인 측면과 자동차의 성능을 감안하여, 자동차의 소통과 교통 안전에 크게 영향을 미치지 않는 범위 내에서 결정한다.

종단경사의 단위로는 퍼센트를 이용하며, 종단경사의 부호는 자동차가 도면(圖面)의 왼쪽에서 오른쪽으로 주행한다고 가정하여, 자동차가 오르막 구간을 지나는 경우 양(陽)의 부호, 내리막 구간을 지나는 경우 음(陰)의 부호를 갖는 것으로 한다.

## (2) 자동차의 오르막 특성

### (가) 승용차

종단경사 구간에서 승용차의 움직임은 다양하나 대부분의 승용차는 4~5% 종단경사에서도 평지와 거의 비슷한 속도로 주행할 수 있으며, 3% 종단경사에서는 거의 영향을 받지 않는다. 그러나 승용차도 오르막 경사가 증가함에 따라 속도가 점차적으로 감속되며, 내리막 경사에서는 평지에서보다 속도가 증가하게 된다.

### (나) 트럭

평지에서의 트럭의 평균 주행속도는 승용차와 거의 동일하나, 오르막 구간에서는 종단경사에 큰 영향을 받는다. 이는 승용차에 비하여 트럭의 중량당 마력비가 낮고, 잉여 마력이 적기 때문이다. 오르막 경사에서 트럭이 유지할 수 있는 최대 속도는 종단경사, 종단경사 길이, 자동차의 중량당 마력비, 경사 구간에 진입할 때의 속도에 크게 영향을 받으므로 종단경사 구간의 설계에서는 트럭의 오르막 특성을 감안하여야 한다.

### (다) 표준 트럭 선정

국내에서 그간에 조사 분석된 자료에 의하면 국내 화물차의 분포는 150lb/hp(92kg/kw) 이하의 값을 갖는 화물차가 90%를 점유하고 있는 것으로 조사·분석 되었다.

기타 표준트럭의 적용사례를 살펴보면,

최근 국내에서 조사 분석된 자료에 의하면 구간특성을 반영하여 3가지 표준트럭(180lb/hp, 200lb/hp, 220lb/hp)의 사용을 제안하였으나 지역별 특성을 고려한 설계반영이 어렵고 대다수 외국의 경우에도 단일화된 표준트럭을 적용하고 있다.

국토해양부에서 제정한 국내의 도로용량편람과 HCM(Highway Capacity Manual, TRB)에서는 200lb/hp(120kg/kw), 일본의 도로구조령에서는 225lb/hp(135kg/kw)를 적용하였고 미국은

200lb/hp(120kg/kw)를 표준트럭으로 사용하나 구간별 특성을 반영하도록 권장하고 있다. 또한, 우리나라 자동차 안전기준에 관한 규칙에 의하면 트럭의 구조를 225lb/hp(135kg/kw)로 규제하고 있다. 이상과 같은 적용사례, 연구자료와 트럭의 오르막 성능의 향상 정도를 감안하여 오르막차로 설계 시 표준트럭의 오르막 성능은 중량/마력비 200lb/hp를 적용하도록 한다.

### (3) 종단경사 기준 산정

오르막 구간에서의 속도저하는 다른 고속 자동차의 주행을 방해하여 교통용량을 감소시키는 요인이 되며, 또한 앞지르기 등의 주행이 늘어나 교통안전상의 저하를 가져온다는 것은 이미 기술한 바 있으나, 우리나라와 같이 산지가 많은 지형에서는 경제적인 측면과 속도 저하의 측면을 동시에 고려하여 합리적으로 종단경사의 설계가 이루어지도록 하여야 한다.

그러므로 종단경사의 규정은 설계속도, 지형여건 및 오르막 구간에서 가장 영향을 많이 받는 트럭의 오르막 능력을 감안하여 결정하였으며, 도로의 구분 및 주변여건을 고려하고 평지구간과 산지구간으로 구분하여 경제적 측면과 그 도로의 조건에 만족할 수 있는 경사를 적용하도록 하였다.

종단경사는 오르막 구간의 주행속도가 가능한 한 설계속도와 가까운 속도를 유지하도록 하는 것이 이상적이지만, 경제적인 측면에서 제약을 받으므로 어느 정도의 속도저하를 허용하도록 하고, 필요하다면 오르막 차로를 설치할 수 있도록 하였다.

소형차 도로는 승용자동차와 소형자동차 등 일정규모 이하의 자동차만 주행하므로 일반도로에 비하여 오르막구간을 오르는 성능이 뛰어난 차량이 대상이 된다.

또한, 소형차도로의 종단경사는 소형차가 일정한 주행속도에서 균일하게 오르막구간을 오를 수 있는 종단경사를 적용하도록 한다.

### (4) 적용 시 주의사항

일반적으로 종단경사를 제외한 다른 선형 요소는 자동차가 설계속도 이상으로 주행할 수 있도록 기준이 결정된다. 하지만 종단경사는 공사비에 미치는 영향이 크므로 오르막 성능이 낮은 차가 설계속도보다 어느 정도 낮은 속도로 주행하는 것을 허용하고 있다.

종단선형의 설계시에는 지형 등의 조건을 충분히 검토해서 가능하면 하나의 설계구간에서는 모든 자동차가 해당구간의 설계속도에 근접한 속도로 주행할 수 있도록 가장 완만한 종단경사를 취하여야 한다. 그러나 산지를 지나는 노선의 경우, 그 도로의 교통량·주행속도·차종 구성·평면선형·오르막차로의 설치 여부·건설비 등을 종합적으로 고려하여 적용하여야 한다.

종단경사는 될 수 있는 대로 작은 것이 바람직하지만 길이가 길고 평탄한 도로에서는 배수에 문제가 생긴다. 따라서, 배수를 위하여 종방향으로 0.3~0.5% 종단경사를 붙여 두는 것이 바람직하다.

적설이나 동결이 예상되는 지역에서는 될 수 있는 대로 급경사의 적용은 피하여야 한다. 왜냐하면, 노면의 적설, 결빙으로 인하여 미끄러지기 쉬울 때 상향 종단경사 구간에서 발진이 아주 어렵고, 하향 종단경사 구간에서는 제동의 필요 빈도가 많아져서 미끄러지기 쉽기 때문이다.

긴 터널의 경우, 자동차 배기가스의 배출과 트럭의 저속 주행, 교통 안전 등을 고려하여 최대 종단경사를 제한하여야 한다. 독일 RAS-L-1에서는 터널의 길이가 짧을 경우 최대 종단경사로 4.0% 적용하고, 긴 터널에서는 2.5% 적용하도록 하고 있다.

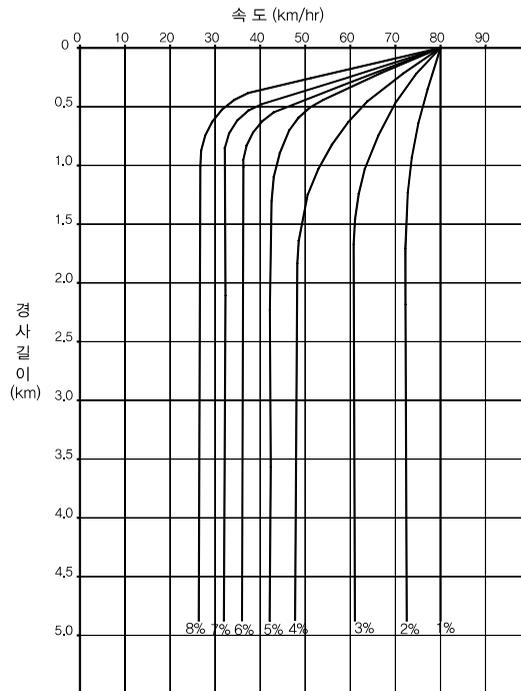
기계 환기가 필요한 터널의 경우, 자동차 매연량은 상향 종단경사 3%부근에서 급격히 증가하는 경향이 있으므로 최대 종단경사를 2% 하도록 한다.

## 6.2.2 종단경사의 제한 길이

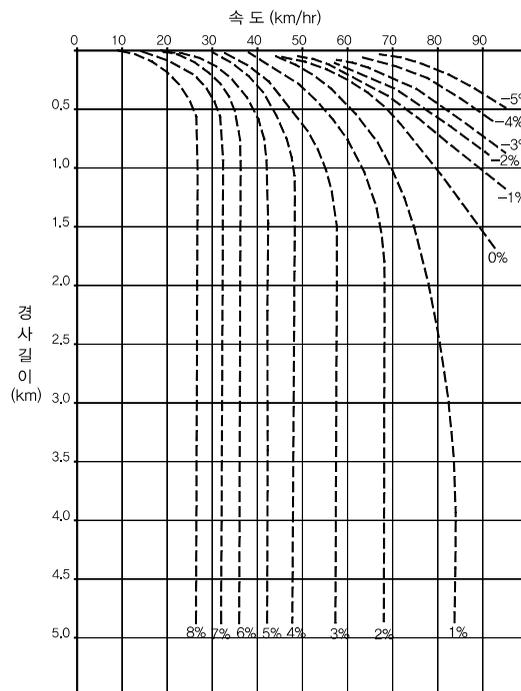
종단경사의 제한 길이는 트럭이 종단경사 구간에 진입하여 허용된 최저 속도를 유지하며 주행할 수 있는 구간의 최대 길이로서, 설계된 오르막 구간의 길이가 주행속도 곡선을 이용하여 구한 제한 길이를 넘을 경우에는 종단경사를 조정하거나, 고속으로 주행하는 다른 자동차와 분리될 수 있도록 오르막 차로를 설치하여야 한다.

종단경사 구간의 제한 길이는 주어진 조건에 따라 중량/마력 비를 200lb/hp인 트럭을 표준으로 하여, 다음과 같은 가정 하에 <그림 6.1>의 경사길이에 따른 속도변화의 감속인 경우에 의거하여 산정한다.

- ① 오르막구간의 진입속도는 다음 두 속도 중 작은 값을 적용한다.
  - 설계속도가 80km/h 이상인 경우는 모두 80km/h로 하며 설계속도가 80km/h 미만인 경우는 설계속도와 같은 속도
  - 앞쪽 경사의 영향에 따른 오르막 구간의 진입속도
- ② 오르막 구간의 정점에서의 속도는 오르막 구간의 진입속도에서 20km/h를 감한 값 이상의 속도를 유지하도록 한다.
  - 설계속도 80km/h 이상인 경우 : 60km/h
  - 설계속도 80km/h 미만인 경우 : 설계속도 - 20km/h 경사구간에서의 감속에 반하여 경사구간의 가속의 정도는 <그림 6.2>의 속도
  - 경사길이에 따른 가속의 경우에 의하여 산정한다.



〈그림 6.1〉 경사길이에 따른 속도변화(200lb/hp 표준트럭 : 감속인 경우)



〈그림 6.2〉 경사길이에 따른 속도변화(200lb/hp 표준트럭 : 가속인 경우)

## 6.3 종단곡선의 변화 비율과 길이

- (1) 차도의 종단경사가 변경되는 부분에는 종단곡선을 설치하여야 한다. 이 경우 종단곡선의 길이는 (2)항에 따른 종단곡선의 변화 비율에 따라 산정한 길이와 (3)항에 따른 종단곡선의 길이 중 큰 값의 길이 이상이어야 한다.
- (2) 종단곡선의 변화 비율은 당해 차도의 설계속도 및 종단곡선의 형태에 따라 <표 6.2>의 값 이상을 적용한다.

<표 6.2> 최소 종단곡선 변화비율

(단위 : 미터/퍼센트)

설계속도 (킬로미터/시간)	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20
블록 곡선	120	90	60	45	30	25	15	8	4	3	1
오목 곡선	55	45	35	30	25	20	15	10	6	4	2

- (3) 종단곡선의 길이는 설계속도에 따라 <표 6.3>에 나타난 길이 이상으로 한다.

<표 6.3> 종단곡선의 최소길이

(단위 : 미터)

설계속도(킬로미터/시간)	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20
종단곡선의 길이	100	90	85	75	70	60	50	40	35	25	20

### (1) 개요

자동차가 두 개의 다른 종단경사 구간을 통과할 때는 자동차의 운동량 변화에 따른 충격을 감소시키고, 운전자의 시거를 확보할 수 있도록 종단곡선을 설치하여야 한다.

종단곡선은 2차 포물선으로 설치하며, 충분한 범위 내에서 주행의 안전성과 쾌적성을 확보하고 도로의 배수를 원활히 할 수 있도록 설치하여야 한다.

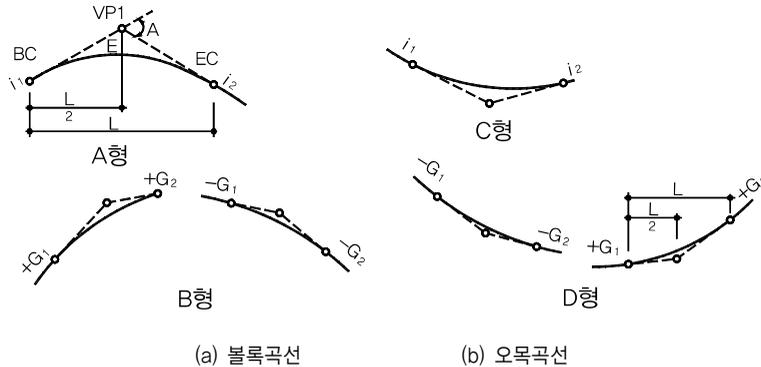
종단곡선은 블록형과 오목형으로 구분되며, 두 종단경사의 조합 가능한 형식은 <그림 6.3>과 같이 6가지가 있다.

### (2) 종단곡선의 크기

종단곡선의 크기를 표시하는 방법에는 종단곡선의 반지름으로 나타내는 방법과 종단곡선 변화비율로 나타내는 방법이 있다.

(가) 종단곡선반지름

〈그림 6.4〉에서  $S_1, S_2$ 를 종단경사라 하면  $S_1, S_2$ 는 2차포물선인 종단곡선의 접선이 된다. 이 2차 포물선의 방정식은 다음 식으로 나타낼 수 있다.



$i_1, i_2$  : 종단경사(%)     $l = (i_1, i_2)$  (%)     $L$  = 종단곡선의 길이(m)

〈그림 6.3〉 종단곡선의 형태

$$y = \frac{1}{2Kr}x^2 + s_1x \quad (Kr \text{은 상수}) \tag{6.1}$$

$$\text{경사 } s_2 = \frac{x}{Kr} + s_1 \tag{6.2}$$

임의의 곡선반지름을  $R_v$ 라 하면.

$$R_v = \frac{\left(1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right)}{\frac{d^2y}{dx^2}} = Kr(1 + s_1)^{3/2} \tag{6.3}$$

종단경사로서  $s_1$ 은 매우 작으므로

$$R_v \cong Kr$$

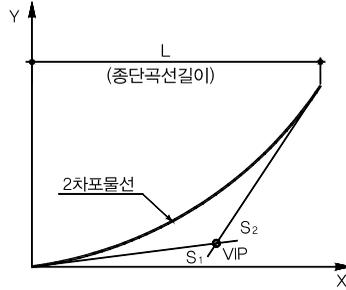
$$\frac{x}{|s_2 - s_1|} = Kr \cong R_v$$

여기서,  $x$  : 임의의 지점

$S_2$   $s_2$  :  $x$ 에서의 접선의 기울기

$S_1$   $s_1$  : 원점에서의 접선의 기울기

$R$  : 종단곡선 반지름



〈그림 6.4〉 종단곡선의 크기 표시

따라서, 종단곡선 상에 놓인 두 점의 접선 경사의 대수차로 두 점간의 거리를 나눈 값은 일정하며, 곡선 반지름과 같다는 것을 알 수 있다. 반대로 곡선 반지름을 미리 알고 있다면 양측의 기울기의 차와 곡선 반지름을 곱하면 곡선 길이가 구하여진다.

실제의 종단곡선에 있어서는 x의 값으로서 종단곡선의 길이 L을 취하면 S<sub>1</sub> 및 S<sub>2</sub>는 종단경사가 되므로 종단곡선반지름 Rv는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Rv = \frac{L}{|s_2 - s_1|} \tag{6.4}$$

(나) 종단곡선 변화비율

종단곡선 변화 비율이란 접속되는 두 종단경사의 대수차가 1% 변하는 데 확보하여야 할 수평 거리로서, 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

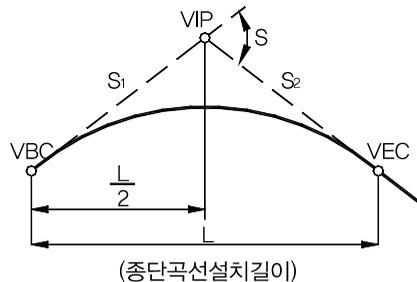
$$K = \frac{Kr(= Rv)}{100} = \frac{L}{100(S_2 - S_1)} = \frac{L}{S} = \frac{R}{100} \tag{6.5}$$

여기서, K : 종단곡선의 변화비율(m/%)

L : 종곡선의 길이(m)

S : |S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>| : 종단 대수차 (%)

R : 종단곡선 반지름(m)



〈그림 6.5〉 두 종단곡선의 접속

### (3) 최소 종단곡선 변화비율

종단곡선 변화 비율은 자동차에 미치는 충격을 완화시키고, 정지시거를 확보할 수 있도록 최소값을 규정하여야 한다.

#### (가) 충격 완화에 필요한 종단곡선 길이와 변화 비율

경사가 다른 두 구간을 주행하는 자동차는 운동량 변화를 경험하게 되며, 이로 인한 충격을 완화하여 주행 쾌적성을 높일 필요가 있다. 일반적으로 주행 중에 불편감을 느끼게 하지 않는 종단곡선의 길이를 구하는 식은 식(6.6)과 같다.

$$L = \frac{V^2 \cdot S}{360} \tag{6.6}$$

$$Kr = \frac{V^2}{360} \tag{6.7}$$

여기서, L : 종단곡선의 길이(m)

I : 종단경사의 차(%)

V : 설계속도(km/h)

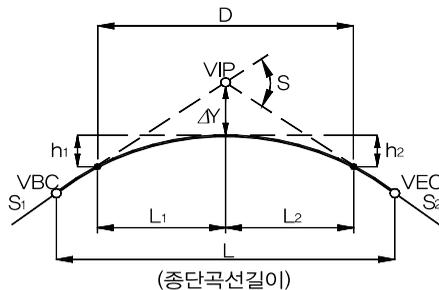
Kr : 종단곡선 변화비율(m/%)

#### (나) 정지시거 확보에 필요한 종단곡선길이와 변화 비율

정지시거를 확보할 수 있는 종단곡선 길이는 종단곡선의 형태상 오목형에서는 문제가 되지 않으며 볼록형으로 그 길이가 결정된다.

① 2점이 모두 종단곡선상에 있을 때

$$D = L_1 + L_2 = \sqrt{2Kr} \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$



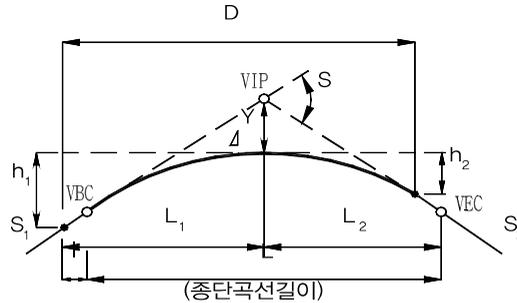
〈그림 6.6〉 종단곡선상의 투시거리( I )

② 1점이 종단곡선 상에 다른 1점은 종단곡선 밖에 있을 때

$$D = \ell + L_1 + L_2 = \sqrt{\ell^2} + \sqrt{2Krh_1} + \sqrt{2Krh_2}$$

이때 투시거리 D가 최소로 되는 것은  $\ell = 0$ 일 때 이므로

$$D_{min} = \sqrt{2Krh_1} + \sqrt{2Krh_2} = \sqrt{2Kr} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$



〈그림 6.7〉 종단곡선상의 투시거리(II)

③ 2점이 모두 종단곡선 밖에 있을 때

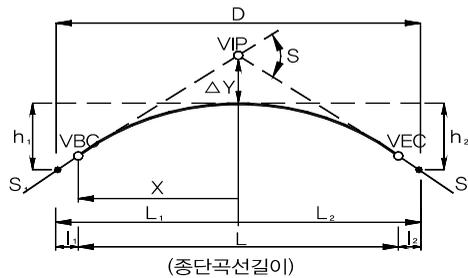
$$L_1 = \sqrt{2Krh_1 + \ell_1^2}$$

$$L_2 = \sqrt{2Krh_2 + \ell_2^2}$$

$$D = \ell_1 + \ell_2 + L$$

$$= \frac{L}{2} + \frac{Kr h_1}{x} + \frac{Kr h_2}{L-x}$$

$$D_{min} = \frac{L}{2} + \frac{Kr}{L} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$$



〈그림 6.8〉 종단곡선상의 투시거리(III)

따라서 정지시거 정의에 따라  $h_1=1.0\text{m}$ ,  $h_2=0.15\text{m}$ 를 대입하고 경사의 차  $S_2-S_1$ 을 백분율로 하여 계산하면 다음과 같다.

i) 2점이 종단곡선 상에 위치할 때

$$L = \frac{D^2(S_2 - S_1)}{385} \quad (6.8)$$

ii) 2점이 종단곡선의 밖에 위치할 때

$$L = 2D - \frac{385}{(S_2 - S_1)} \quad (6.9)$$

위의 식 (6.8)과 식 (6.9)에 의하여 산정된 값을 비교하여 보면, 항상 식 (6.8)의 값이 크다. 그러므로 설계속도에 따른 정지시거를 확보하기 위하여서는 두 점이 종단곡선 상에 위치할 경우를 만족하여야 한다.

$$K_r = \frac{D^2}{385} \quad (6.10)$$

#### (다) 전조등의 야간투시에 의한 종단곡선길이

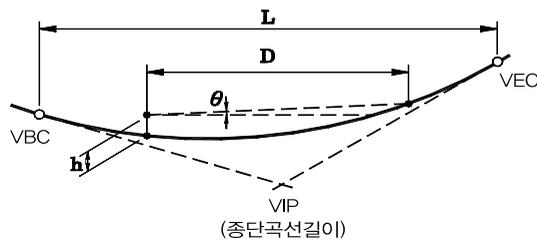
오목형 종단곡선에서는 야간 주행 시 전조등을 비출 때 정지시거의 확보가 가능하도록 종단곡선길이 가 설치되면, 충격완화 및 주간 정지시거의 확보에 문제점이 없다.

이때 전조등에 의한 종단곡선길이의 산정기준으로는 전조등의 높이는 0.60m, 전조등이 비쳐지는 각도는 상향각  $1^\circ$ 로 한다.

① 2점이 모두 종단곡선 상에 있을 때

$$h = \frac{1}{2Kr} D^2 - D \tan \theta$$

$$L = \frac{(S_1 - S_2) D^2}{120 + 3.5D} \quad (6.11)$$

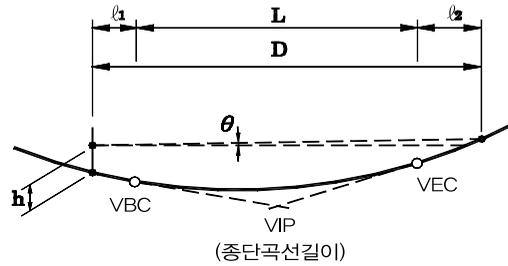


〈그림 6.9〉 종단곡선상의 야간투시(Ⅰ)

② 2점이 종단곡선 밖에 있을 때

$$h = \frac{L}{2Kr} (L + 2\ell_2) - D \tan \theta$$

$$L = 2D - \frac{120 + 3.5D}{(S_1 - S_2)} \quad (6.12)$$



〈그림 6.10〉 중단곡선상의 야간투시(II)

이상 두 가지 경우의 식 (6.11)과 식 (6.12)의 값을 비교하여 보면 그 값은 항상 식 (6.11)의 값이 크다. 그러므로 오목형 중단곡선의 길이는 식 (6.11)로 산정되며, 이 식을 중단곡선비율로 나타내면 다음 식과 같다.

$$K = \frac{D^2}{120 + 3.5D} \quad (6.13)$$

#### (4) 중단곡선 길이의 산정

중단곡선의 형태별로 필요한 중단곡선의 길이를 산정하여 보면 볼록형인 경우에는 두 중단경사의 접속으로 인한 정점부를 정지시거가 확보될 수 있도록 중단곡선길이를 설치하도록 하여야 하며, 오목형인 경우에는 야간에 전조등으로 비추어 정지시거를 확보할 수 있도록 중단곡선길이를 설치하여야 한다. 중단곡선의 형태별로 필요한 길이를 산정하여 보면 〈표 6.4〉 및 〈표 6.5〉와 같다.

〈표 6.4〉 볼록형 중단곡선의 중단곡선 변화비율

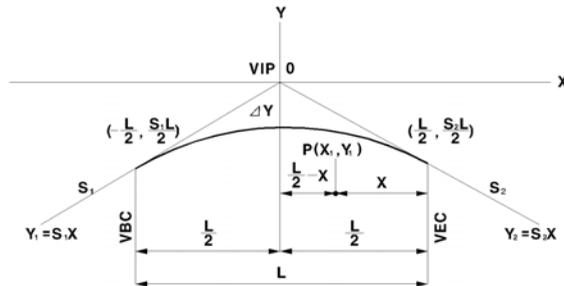
설계속도 (km/h)	최소 정지시거 (m)	볼록형 중단곡선의 중단곡선 변화비율(m/%)		
		충격완화를 위한 K값	정지시거 확보를 위한 K값	적용 K값
120	215	40.0	120.1	120.0
110	185	33.6	88.9	90.0
100	155	27.8	62.4	60.0
90	130	22.5	43.9	45.0
80	110	17.8	31.4	30.0
70	95	13.6	23.4	25.0
60	75	10.0	14.6	15.0
50	55	6.9	7.9	8.0
40	40	4.4	4.2	4.0
30	30	2.5	2.3	3.0
20	20	1.1	1.0	1.0

〈표 6.5〉 오목형 종단곡선의 종단곡선 변화비율

설계속도 (km/h)	최소 정지시거 (m)	오목형 종단곡선의 종단곡선 변화비율(m/%)		
		충격완화를 위한 K값	전조등에 의한 정지시거 확보를 위한 K값	적용 K값
120	215	40.0	53.0	55.0
110	185	33.6	44.6	45.0
100	155	27.8	36.3	35.0
90	130	22.5	29*.4	30.0
80	110	17.8	24.0	25.0
70	95	13.6	19.9	20.0
60	75	10.0	14.7	15.0
50	55	6.9	9.7	10.0
40	40	4.4	6.2	6.0
30	30	2.5	4.0	4.0
20	20	1.1	2.1	2.0

(5) 종단곡선의 중간값 계산

종단곡선을 설치하기 위해서는 임의의 지점의 표고를 알아야 한다. 이는 종단곡선이 포물선이고, 종단 곡선은 아주 편평(扁平)하므로 종단곡선의 시종점간의 거리와 수평거리는 같다고 가정하여 구할 수 있다. 즉 〈그림 6.11〉과 같이  $S_1, S_2$ 의 경사 변이점에서 종단곡선의 시·종점을 VBC 및 VEC라고 할 때, 종단곡선 길이는 VBC, VEC 간의 수평거리  $L$ 과 같다고 본다. 이 경우, 종단 변곡점 VIP로부터 곡선까지의 거리는 다음과 같이 구할 수 있다.



〈그림 6.11〉 종단곡선의 중간값

〈그림 6.11〉에서 두 종단경사에 접하는 종단곡선의 포물선 식을 구하면 다음 식과 같다.

$$Y = \frac{s_2 - s_1}{2L} X^2 + \frac{s_1 + s_2}{2} X + \frac{L(s_2 - s_1)}{8} \tag{6.14}$$

여기서,  $s_1, s_2$  : 종단경사

$L$  : 종단곡선길이(m)

식 (6.14)에서 포물선 식의 최대 이정량을 구하여 백분율로 정리하면 다음식과 같다.

$$\Delta Y = \frac{|s_1 - s_2|}{800} L \quad (6.15)$$

또한 임의의 점  $P(X_1, Y_1)$ 에서의 이정량  $y$ 는 식 (6.16)과 종단경사의 관계에서

$$y = \frac{s_1 - s_2}{2L} \left(X_1 - \frac{L}{2}\right)^2 \quad (6.16)$$

〈그림 6.11〉에서  $X_1 = \frac{L}{2} - X$  이므로

식 (6.16)에 대입하여 백분율로 정리하면

$$y = \frac{|s_1 - s_2|}{200L} X^2 \quad (6.17)$$

여기서,  $X$  : VBC 혹은 VEC에서 임의의 점 P까지의 수평거리(m)

$y$  : VBC 혹은 VEC에서 X의 거리에 있는 점의 종단곡선까지의 이정량(m)

$s_1$  : VBC 상의 종단경사(%)

$s_2$  : VEC 상의 종단경사(%)

$L$  : 종단곡선길이(m)

## 6.4 오르막 차로

- (1) 종단경사가 있는 구간에서 자동차의 오르막 능력 등을 검토하여 필요하다고 인정되는 경우에는 오르막차로를 설치하여야 한다. 다만, 설계속도가 시속 40킬로미터 이하인 경우에는 오르막차로를 설치하지 아니할 수 있다.
- (2) 오르막차로의 폭은 본선 차로 폭과 같게 설치하여야 한다.

### 6.4.1 일반사항

오르막 구간에서 속도감소가 큰 대형차의 혼입률이 커 교통용량의 감소가 크게 예상되는 경우나, 대형 자동차가 허용된 최저 속도 이상으로 주행할 수 있도록 하기 위하여서는 도로의 노선 선정 및 구조적 형상 면에서 경제성이 없거나 불합리한 경우 또는 고속 자동차의 안전하고 원활한 주행을 확보시켜 주어야만 도로의 성격상 합리적인 경우에는 부가차로로 오르막 차로의 설치를 검토하여 필요시 주행차로에 붙여 설치하여야 한다.

오르막차로의 설치 시 검토할 유의사항은 다음과 같다.

- ① 교통용량 - 교통용량과 교통량의 관계
  - 고속 자동차와 저속 자동차의 구성비
- ② 경제성 - 오르막 경사의 낮춤과 오르막차로 설치의 경제성
  - 고속주행에 따른 편의 및 쾌적성 향상과 사업비 절감에 따른 경제성
- ③ 교통안전 - 오르막차로 설치에 따른 교통사고 예방효과

그러나 우리나라와 같이 산지부가 많은 지역적 조건을 감안할 때, 설계속도 40km/h 이하의 도로에서는 설계속도와 주행속도의 차가 심하지 않으므로 그 필요성을 검토하여 설치하지 아니할 수 있다. 또 왕복 4차로 도로에서의 오르막 차로 설치여부는 대형차의 속도저하, 교통용량, 경제성 등을 검토하여 결정하도록 하고, 왕복 6차로 이상의 도로에서는 고속자동차가 저속자동차를 앞지를 수 있는 공간적인 여유가 4차로보다 많으므로 오르막차로를 설치하지 아니할 수 있으나 교통용량 분석은 충분히 검토하여 결정하여야 한다.

## 6.4.2 오르막차로의 설치구간 설정

### (1) 설치구간 산정의 전제조건

오르막차로의 설치구간은 오르막 구간을 주행하여야 하는 대형 자동차에 대하여 다음과 같이 가정하여 그 구간을 결정하여야 한다.

- ① 오르막 구간에서 대형 자동차의 오르막 성능은 중량/마력비 200lb/hp를 표준으로 하며, 사업대상 지역의 화물차 구성비를 관측한 자료가 있을 경우에는 지역별 특성을 감안하여 표준트럭을 달리 적용할 수 있다.
- ② 대형 자동차의 최고속도는 다음 두 속도 중 작은값을 적용한다.
  - 설계속도가 100km/h 이하이고 80km/h 이상일 경우는 모두 80km/h로 하며 80km/h일 경우는 설계속도와 같은 속도
  - 앞쪽 경사의 영향에 따른 오르막 구간의 진입속도
- ③ 대형 자동차의 허용 최저속도는 설계속도 80km/h 이상인 경우는 60km/h, 설계속도 80km/h 미만인 경우는 설계속도에 20km/h를 감한 값으로 한다.
 

단, 설계속도가 높은 도로의 오르막차로 시종점부로 본선차량과 오르막차로 이용 트럭의 속도차이가 커 교통사고의 위험이 크다. 따라서 설계속도 120km/h인 경우에는 오르막차로 시점부는 65km/h, 종점부는 75km/h를 허용최저속도로 한다.

## (2) 속도-경사도의 작성

종단경사구간에서 경사길이에 대한 대형 자동차의 속도변화는 감속인 경우에는 〈그림 6.1〉을, 가속인 경우에는 〈그림 6.2〉를 이용하여 속도-경사도를 작성하고 허용 최저속도 보다 낮은 속도의 주행구간을 오르막차로의 설치구간으로 정한다.

속도-경사도의 작성 시 종단곡선구간은 다음과 같이 직선경사구간이 연속된 것으로 가정한다.

- ① 종단곡선길이가 200m 미만인 경우는 종단곡선길이를 반으로 나누어 앞뒤의 경사로 정한다.
- ② 종단곡선길이가 200m 이상이며 앞뒤의 경사차가 0.5% 미만인 경우에는 종단곡선길이를 반으로 나누어 앞뒤의 경사로 정한다.
- ③ 종단곡선길이가 200m 이상이며 앞뒤의 경사차가 0.5% 이상인 경우는 종단곡선길이를 4등분하여, 양끝의 1/4 구간은 앞뒤 경사로 하고 가운데 1/2 구간은 앞뒤 경사의 평균값으로 가정한다.

### 6.4.3 오르막차로의 설치

속도-경사도를 작성하여 허용 최저 속도 이하의 구간이 200m 미만이 되는 경우에는 오르막차로를 설치하지 않으며, 그 구간이 500m보다 짧은 경우 시점·종점의 양측을 연장하여 500m로 한다. 오르막차로 설치시는 그 도로의 교통특성 및 지역여건에 따라 다음의 방법을 비교하여 설치한다.

방법 ① : 오르막차로를 주행차로에 변이구간으로 접속시키는 방법

방법 ② : 오르막차로를 주행차로와 독립하여 접속시키는 방법

방법 ③ : 오르막차로를 주행차로와 연속하여 접속시키며 변이구간을 늘리고 종점부 합류구간의 차선을 삭제하는 방법

오르막차로는 오르막차로의 본선길이나 그 시종점부에 변이구간의 길이로 구성되며, 오르막차로의 본선길이는 대형 자동차의 속도가 허용 최저 속도 이하로 되는 구간부터 허용 최저 속도로 복귀되는 길이까지로 한다.

오르막차로를 본선에 직접 붙여서 평면곡선부에 설치하는 경우 오르막차로의 편경사는 이 규정의 최대 편경사가 6~8%이므로, 차로변경 및 시공성 등을 고려하여 그 구간의 본선 편경사와 동일하게 설치하도록 한다.

#### (1) 오르막차로를 주행차로에 변이구간으로 접속시키는 방법

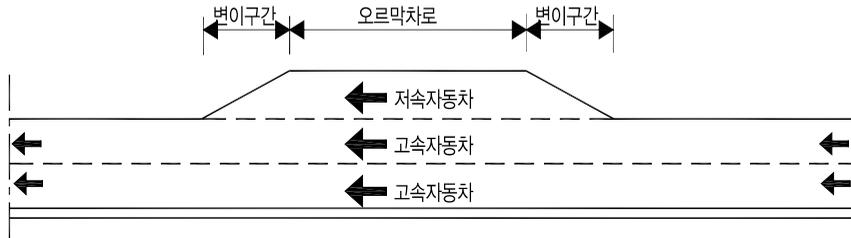
종래 오르막차로 설치 시 사용되던 방법으로 저속 자동차가 차로를 바꾸도록 유도하여 저속 자동차와 고속 자동차를 분리시키는 형태로 오르막차로를 설치한다.

이 방법은 속도 - 경사도에서 산정된 오르막차로의 본선길이에 접속하여 본선으로 주행하던 저속 자동차가 원활하게 차로를 바꿀 수 있도록 변이구간을 다음과 같이 설치한다.

- ① 시점부 변이구간은 설계속도에 따라 변이율을 1/15~1/25 사이로 한다.
- ② 종점부 변이구간은 설계속도에 따라 변이율을 1/20~1/30 사이로 한다.

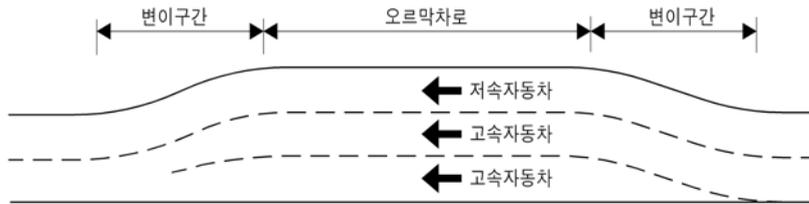
이 방법의 장·단점은 다음과 같다.

장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 속도가 낮은 자동차의 주행을 유도하는 것이므로 주행차로의 변이구간 접속부에 특별히 평면곡선을 설치하지 않아도 좋다.</li> <li>- 고속자동차의 연속된 주행을 확보할 수 있어 일방향 2차로 이상인 도로에서 효과적이다</li> </ul>
단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저속 자동차가 연속된 주행이 아닌 차로 변경에 의하여 주행</li> <li>- 양방향 2차로의 도로에서는 운전자의 주행특성상 불리한 점도 있다.</li> </ul>



〈그림 6.12〉 오르막차로 설치방법①

(2) 오르막차로를 주행차로와 독립하여 접속시키는 방법



〈그림 6.13〉 오르막차로 설치방법②

현재 우리나라 도로에서 오르막차로 설치 시 사용하고 있는 방법인 〈그림 6.12〉는 우리나라 운전자의 특성상 여러 가지 문제점이 발견되고 있다. 그 중 가장 큰 문제점으로 운전자의 심리상 저속 자동차가 오르막차로 구간에서도 본선차로를 그대로 주행함에 따라 교통지체가 발생하는 요인이 되고 있으며, 이로 인하여 고속 자동차가 오르막차로를 이용한 앞지르기 등으로 교통사고를 야기시키는 경우가 있다. 또한, 시·종점부 오르막차로 이용차량의 차로변경을 위한 변이구간 길이부족으로 저속차량과 고속차량간의 주행속도 차로 인하여 합류가 곤란한 단점이 발견되었다.

〈표 6.6〉 2차로 승용차와 오르막차로 화물차 간의 속도차

구 분	오르막차로 시점	오르막차로 종점
속 도 차	12.78 ~ 42.40 km/h	11.25 ~ 45.41 km/h
속도차가 20km/h 이상 지점비율	70%	83%

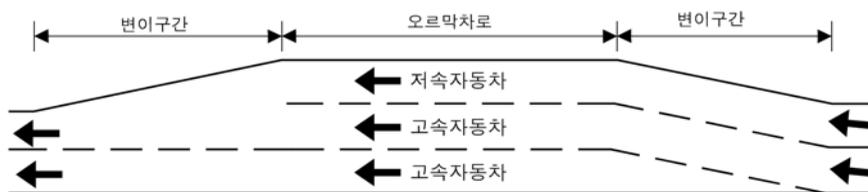
〈표 6.7〉 1차로 승용차와 2차로 승용차 간의 속도 차

구 분	오르막차로 시점	오르막차로 종점
속 도 차	1.03 ~ 18.60 km/h	0.27 ~ 17.00 km/h
속도차가 20km/h 이상 지점비율	0%	0%

〈그림 6.13〉은 속도차가 작은 1차로 승용차와 2차로 승용차 간의 분·합류를 수행하는 오르막차로 설치 방안으로 〈표 6.7〉 1차로 승용차와 2차로 승용차 간의 속도차가 적음을 알 수 있다.

아직은 우리나라 운전자가 첫 번째 방법에 의하여 설치된 오르막차로의 주행방법에 익숙해져 있으므로 〈그림 6.13〉의 방법은 고속자동차가 오르막차로의 시·종점부에서 변이구간의 통과에 따른 세심한 배려가 필요하다. 즉, 오르막차로의 변이구간 시작 전에 노면표시 등으로 고속자동차가 미리 차로를 바꿀 수 있도록 하여야 한다. 이 방법은 양방향 2차로인 도로에서 사용할 때 그 효과가 충분히 발휘될 수 있다.

### (3) 오르막차로를 주행차로와 연속하여 접속시키며 변이구간을 늘리고 종점부 합류구간의 차선을 삭제하는 방법



〈그림 6.14〉 오르막차로 설치방법③

〈그림 6.14〉는 저속자동차가 주행하던 차로를 그대로 이용하도록 하고, 고속자동차가 변이구간을 통과하여 저속자동차를 앞지를 수 있도록 한 방법이다.

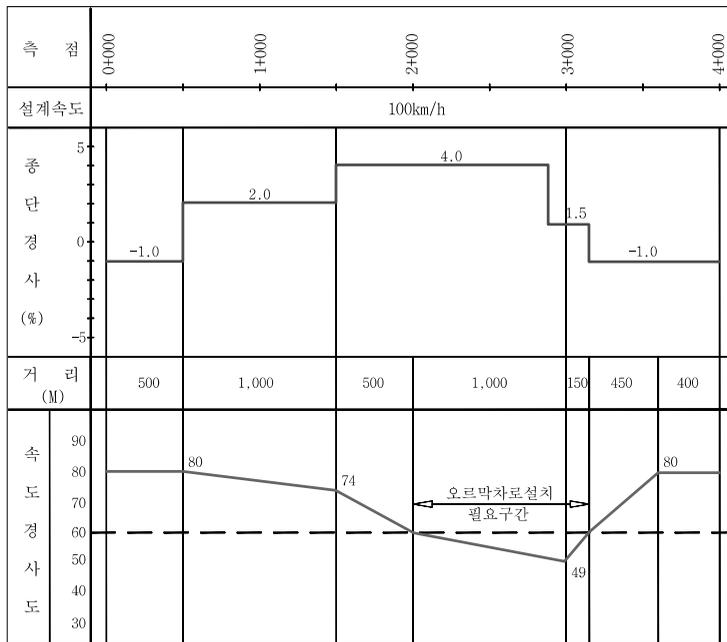
이 방법은 외측차로를 주행차로와 연속하여 접속시키는 방안으로서, 종점부 합류 구간의 차선을 삭제하고 시·종점부의 변이구간 길이 및 접속방법을 변경한 방법으로, 영업소 차로 합류방식과 동일하여 운전자에 유리한 측면이 있다.

또한, 저속차량의 외측차로 유도에 따른 본선부 지·정체 해소가 가능하여 도로용량 증대 및 서비스 수준 개선이 기대된다. 저속차량과 고속차량간의 상충에 의한 사고위험을 감소시키기 위하여 시·종점부 변이구간은 다음의 방법으로 그 길이를 산정하여 도로의 교통특성과 주변지역 여건에 맞도록 설치한다.

- ① 시점부 변이구간의 변이율은 설계속도에 따라 <표 6.8>에서 제시한 변이율을 적용한다.
  - ② 종점부 변이구간의 변이율은 저속차량과 고속차량의 합류부 특성을 고려하여 교통안전 확보를 위하여 설계속도에 10km/h 이상을 더한 변이율을 적용할 수 있다.
  - ③ 변이구간의 변이율에 따른 도로교각 산정
  - ④ 변이구간과 주행차로, 변이구간과 오르막차로의 접속을 위한 평면곡선 설치
- 이 때 오르막차로의 접속을 위하여 평면곡선이 설치되는 구간의 기하구조 조건은 설계속도에 맞도록 하여야 하며, 차로의 접속이므로 설계속도에 상관없이 완화곡선의 설치는 고려하지 않아도 좋다.

<표 6.8> 속도에 따른 접속 설치율

설계속도(km/h)		120	100	80	60	50
접속 설치율	계산값	1/83.3	1/69.4	1/55.6	1/41.7	1/34.7
	적용값	1/85	1/70	1/60	1/45	1/35



<그림 6.15> 속도- 경사도에 따른 오르막차로 설치 예

## 6.4.4 오르막차로의 설치기준

### (1) 표준트럭의 중량 대 마력비

관련 연구자료와 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 등을 고려하여 표준트럭의 중량 대 마력 비를 200lb/hp로 적용

### (2) 화물차의 허용최저속도

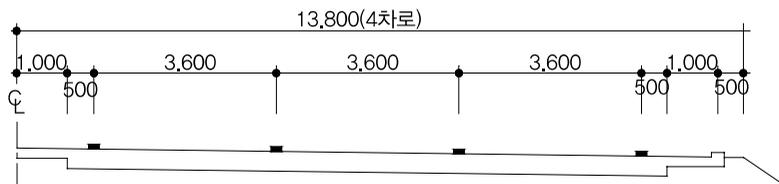
- 설계속도 120km/h : 시점부-65km/h, 종점부 75km/h
- 설계속도 100km/h 이하 ~ 80km/h 이상 : 60km/h
- 설계속도 80km/h 이하 : 설계속도에서 20km/h를 뺀 속도

### (3) 오르막차로의 최소 설치길이는 500m

### (4) 변이구간장

설계속도	시 점	종 점	비 고
120km/h	70m	80m	
100km/h	60m	70m	

### (5) 횡단구성



〈그림 6.16〉 고속도로의 오르막차로부 횡단구성

- 오르막차로 폭은 본선 폭과 동일하게 설치한다.

### (6) 오르막차로의 연장

속도-경사로부터 허용최저속도이하의 구간에서 허용 최저속도로 복귀하는 구간까지의 거리를 오르막차로의 본선길이로 하며, 이 길이에 시·종점부의 테이퍼 길이 및 종점측에 계산상의 허용 최저속도까지 회복하는 지점의 종단경사값에 대하여 아래의 값을 더하여 오르막차로의 전 길이로 한다.

허용 최저속도까지 회복하는 지점의 종단경사(%)	하향경사	0	상향경사			
			0.5	1.0	1.5	2.0
종점 측에 부가할 길이(m) (테이퍼 포함)	150	200	250	300	350	400

오르막차로 설치의 최소연장은 500m로 하며, 허용 최저속도 이하의 구간이 200m 미만인 경우에는 오르막차로를 설치하지 아니하고 500m보다 짧을 경우 시점, 종점의 양측을 연장하여 500m로 한다.

### (7) 특정 구간에서의 오르막차로 설치

#### (가) 터널 및 전후 구간

터널 전후 구간은 종단선형이 좋지 않고 시거 제약이나 운전자 심리 위축 등 교통사고 위험이 큰 구간이므로 주의가 필요하다.

오르막차로의 터널부 안으로 연장 여부는 구체적인 경제성분석 실시 후 결정되되 터널 입구부에 오르막차로의 종점을 두어서는 아니 되며 터널 내에 오르막차로가 설치되는 경우의 터널내공단면은 3차로 터널의 표준단면을 적용한다.

오르막차로와 터널이 연속될 가능성이 있을 때는 종단조정안과 터널길이 전체에 걸친 오르막 설치 방안을 비교·검토하여야 한다.

오르막차로 종점과 터널시점 간의 최소이격거리는 최소정지시거만큼 확보되어야 한다.

〈표 6.9〉 오르막차로 종점과 터널 시점 간의 최소이격거리 기준

설계속도(km/h)	120	100	80	60
최소정지시거(m)	215	155	110	75

교통류의 상충이 있으므로 최소 이격거리 내 또는 터널 내부에 오르막차로 종점부를 둘 수 없다.

#### (나) 오르막경사 직전의 합류부 구간

오르막차로 종점부 선정은 다음에 의한다.

- ① 오르막차로 종점부는 합류속도를 회복하는 지점으로 한다.
- ② 합류속도는 가속차로의 본선 유입 시 도달속도로 하며 다음과 같다.

〈표 6.10〉 가속 시 본선 설계속도에 따른 도달속도

설계속도(km/h)	120	100	80	60
도달속도(km/h)	88	75	60	45

- ③ 터널 후 ‘우측차로 없어짐 표시’ 설치를 위하여 이격거리는 최소 200m 이상으로 한다.
- ④ 오르막차로 종점 테이퍼 끝부분이 평면곡선, 종단곡선, 땅깍기부, 수목, 가드레일 등으로 인하여 시거제약이 될 때는 오르막차로를 정지시거 확보시까지 연장한다.



## 7. 선형 설계의 방법과 적용

### 7.1 선형 설계의 기본방침

도로의 선형설계시에는 자동차 주행의 충분한 안전성과 쾌적성을 확보할 수 있도록 배려함과 동시에 선형이 지형·지물·경관 등의 조건에 대해서 적응성을 가지며, 기술적·경제적으로 타당하여야 한다.

#### (1) 개요

도로의 선형이란 도로설계의 기준이 되는 기하학적인 선이 평면적·종단적으로 그리는 형상은 물론 양자가 조화된 3차원적인 선의 형상을 총괄적으로 말하는 것으로, 이들을 각각 평면선형·종단선형·입체선형이라고 한다. 다만, 일반적으로 선형이라 하는 경우는 평면선형을 가리키는 일이 많다.

도로의 선형은 그 도로의 골격을 형성하는 것이므로 도로의 계획, 설계, 시공의 전반을 지배하는 기준이 된다. 또한, 도로를 완성한 후에는 도로선형의 변경은 거의 불가능하게 되며, 반영구적으로 자동차 주행을 규제하게 되므로 선형을 확정하여야 하는 설계단계에서 선형의 양부·시공의 난이 및 공사에 소요되는 비용에 대한 경제성 등을 충분히 고려하여 종합적인 판단을 바탕으로 설계하여야 한다.

선형설계는 도로의 생명이라고 할 수 있는 자동차 주행의 안전성, 쾌적성 및 경제성 외에 도로의 교통용량에 지배적인 영향을 미치게 된다.

또한, 도로선형이 도로 본선뿐만 아니라 연도의 개발 및 토지이용에 대하여도 적지 않은 영향을 미치므로 연도주민의 이해와 관련하여 도로계획상의 쟁점으로 되는 경우가 종종 발생한다. 이와 같은 의미에서 도로의 선형은 완성 후의 도로가 발휘할 수 있는 안전성과 경제효과의 한계를 결정하며, 동시에 연도개발의 가능성 등을 지배하는 요인이 된다.

이 때문에 선형설계가 때때로 그 도로의 종합적인 설계 및 효용에 대한 주된 평가기준이 되므로 선형 설계 시에는 그 도로가 구비하여야 할 기능과 효과에 대하여 충분하고 신중하게 검토하여야 한다.

## (2) 선형 설계시의 고려사항

선형 설계시에 있어서 고려하여야 할 기본적인 사항은 다음의 네 가지로 요약된다.

- ① 자동차의 주행 시 역학적인 측면에서 안전하고 쾌적하며, 운전 경비측면 등에서 경제성을 보장하는 것일 것
- ② 운전자의 시각과 심리적인 측면에서 보아 양호한 것일 것
- ③ 도로환경 및 주위경관과의 조화와 융합이 취하여져 있을 것
- ④ 지형, 지물, 토지이용계획 등의 자연조건과 사회조건에 적합하고, 공사비와 편익 비의 균형이 잡혀 경제적인 타당성을 갖출 것

이들 기본적인 조건을 모두 이상적인 형태로 만족시키는 데는 극히 고도의 기술과 풍부한 경험을 필요로 하는데, 가능한 선형을 모두 검토하더라도 경우에 따라서는 어떤 종류의 요소에는 제약이 있어 이상적인 선형을 얻기 어려운 일이 있을 것이다. 이와 같은 구간에 대해서는 교통안전시설, 식재 등의 보조수단을 사용하여 어느 정도 선형의 결점을 보완하는 것도 가능하므로 부득이한 경우에는 이러한 시설 등을 종합적인 안목으로 검토하여 설치하는 것이 바람직하다.

선형설계 작업시에는 도면상에서 설치기준에 정하여진 최소한도의 규정에 구애됨이 없이 설계조건·지형조건 등에 순응할 수 있는 설계값을 적정하게 쓰도록 노력하여야 하며, 종래 선형설계의 통상적인 방법이 되었던 평면선형, 종단선형의 개별적인 검토에서 탈피하고 양자를 종합한 입체적인 선형으로서의 충분한 검토를 하여야 할 필요가 있다. 또한 선형을 하나하나 소구간에 대해서 고려하여야 할 뿐만 아니라 일련의 연속된 선형으로서 검토하여 판단하여야 한다.

## (3) 선형설계의 기본방침

선형 설계 시에는 다음과 같은 기본방침을 갖고 충분한 검토를 통하여 선형을 결정하여야 한다.

- ① 도로선형은 지형과 조화를 이룰 것
- ② 도로선형의 연속성을 고려할 것
- ③ 도로의 선형과 부속시설의 관련성도 고려할 것
- ④ 평면선형과 종단선형이 조화를 이룰 것
- ⑤ 도로 선형설계의 일관성을 유지할 것

## (4) 도시지역 도로의 선형설계

도시지역 도로에서는 노선 선정이나 선형설계에 대해서는 앞서 언급한 사항 외에 다음과 같은 문제점에 대해서도 주의하지 않으면 안 된다.

- ① 도로 주변지역의 토지이용과의 관련성을 고려할 것
- ② 기존 도로망과의 관계를 고려할 것

## 7.2 평면선형의 설계

### 7.2.1 평면선형의 설계방침

평면선형의 설계 시에는 다음에 기술하는 방침에 따라 연속적으로 원활한 선형이 얻어질 수 있도록 힘써야 하며, 동시에 주변 경관과의 조화에 대해서도 충분히 검토하여야 한다.

평면선형의 설계 시에는 다음과 같은 방침에 따라야 한다.

- (1) 선형은 주변 지형 및 조건에 적합한 것이어야 한다.

원활한 평면곡선을 활용하여서 지형에 부합시킨 선형은 주변경관과의 조화도 좋고, 시각적으로도 아름다운 선형이 되므로 주위의 지형, 도시화의 상황 등 도로 주변의 환경에 따라 평면선형설계를 하여야 한다.

- (2) 선형은 연속적인 것이어야 한다.

선형이 급하게 변화되는 것은 피하여야 한다. 예를 들면 긴 직선구간의 끝에 급한 평면곡선을 설치한 선형, 큰 반지름의 평면곡선부에서 작은 반지름의 평면곡선부로 급격히 변화하는 선형 등은 피하여야 한다. 급한 평면곡선 반지름을 설치하지 않으면 안 될 때에는 그것을 인지하기 쉬운 위치에 둔다든지, 또는 그보다 큰 평면곡선 반지름을 앞에 배치하여 작은 평면곡선 반지름의 곡선부로의 진입을 원활하게 하도록 배려하여야 할 것이다.

- (3) 앞뒤의 선형이 비교적 좋은데 일부 구간에서 급한 평면곡선 반지름을 쓰는 일은 피하여야 한다. 또한, 반대로 급한 평면곡선 반지름 사이에서 아주 큰 평면곡선 반지름의 사용은 피하여야 한다. 이와 같은 곳에서는 운전자가 선형의 급한 변화에 대응할 수 없어 사고가 일어나게 된다. 지형조건이 좋은 구간에서 나쁜 구간으로 들어가는 경우에는 선형의 질을 서서히 저하하도록 할 필요가 있다.

- (4) 종단선형과의 조화도 고려하여야 한다.

앞뒤의 종단선형이 매우 양호한 곳에 급한 평면곡선을 설치하거나, 또는 반대로 종단선형이 매우 나쁜 곳에 매우 양호한 평면곡선을 설치하는 것은 바람직하지 못하다.

- (5) 직선과 원곡선 사이에 클로소이드를 삽입할 때 클로소이드의 파라미터와 원곡선 반지름과의 사이에는 가능한 한 다음과 같은 관계가 성립되도록 하여야 한다.

$R=1,500\text{m}$  이상으로 매우 클 경우에는  $R \geq A \geq \frac{R}{3}$ 의 조건을 지키면 직선에서 원곡선으로서의 선형의 변화가 점차적으로 원활한 것이 된다.

또한, 클로소이드-원곡선-클로소이드의 선형구성인 경우에 두 클로소이드 파라미터를 반드시 같게 취할 필요는 없고 지형조건 등에 따라서 비대칭의 곡선형으로 하여도 좋다.

- (6) 두 클로소이드가 그 시점에서 반대방향으로 접속된 선형인 경우에는 두 클로소이드의 파라미터는 같은 편이 바람직하다. 같지 않을 때에는 큰 파라미터가 작은 파라미터의 두 배 이하가 되도록 하여야 한다.
- (7) 직선을 낀 두 평면곡선부가 반대방향으로 설치될 경우에 부득이 짧은 직선부를 두 곡선 사이에 설치하여야 할 때에는 직선의 길이는 다음 조건을 만족하도록 하여야 한다.

$$l \leq \frac{A_1 + A_2}{40}$$

여기서  $l$  : 두 평면곡선 사이의 직선길이(m)

$A_1, A_2$  : 클로소이드의 파라미터

- (8) 같은 방향으로 굴곡하는 두 평면곡선 간에 짧은 직선을 설치하여야 하는 선형은 가능하면 두 평면곡선을 포함하는 큰 원을 설치하는 것이 좋다.
- (9) 두 원곡선을 같은 방향으로 복합시킬 경우 두 원곡선 사이에 나선형 완화곡선을 두는 것이 선형의 변화가 원활하며, 두 곡선을 직접 접속시킬 경우 큰 원의 반지름이 작은 원의 반지름의 1.5배 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다.
- (10) 입체 선형이 양호하여야 한다.

평면선형의 설계시에는 항상 종단선형과의 관련에 유의하여 입체적인 선형이 양호하도록 하여야 한다. S형 곡선의 KA 부근에 볼록(凸)형 종단곡선의 꼭지점이 오는 것은 시각상, 배수상 좋지 않으므로 피하여야 한다. 철도, 주요 도로, 하천 등이 교차하는 곳은 종단선형의 꼭지점 또는 기준점(control point)이 되는 경우가 많으므로 그러한 곳은 평면 선형을 설계할 때 고려하여야 한다.

## 7.2.2 직선의 적용

직선을 적용할 때에는 특히 지형과의 관계에 유의하고, 그 길이가 적당한 범위 내에서 다음과 같은 구간은 직선을 사용하는 것이 좋다

- (1) 평탄지 및 산과 산 사이에 존재하는 넓은 골짜기
- (2) 시가지 또는 그 근교지대로서 가로망 등이 직선적인 구성을 이루고 있는 지역
- (3) 장대교 혹은 긴 고가구간
- (4) 터널구간

직선은 일반적으로 융통성이 없는 기하학적 형태로 인하여 딱딱하며 선형의 조화가 잘 이루어지지 않는 결점을 갖고 있으며, 더욱이 지형의 변화에 대하여 순응하기 어렵기 때문에 그 적용에는 자연히 제약이 있게 된다. 그리고 직선구간이 꽤 길게 연결되면 운전자는 도로의 단조로운 연속성에 권태를 느끼고 주의력을 집중하기가 어려워져서, 결국에 운전자의 지각반응이 저하를 일으켜 사고발생의 원인이 될 수 있다.

(1) 평지나 산과 산 사이에 펼쳐져 있는 넓은 골짜기

지형의 제약이 전혀 없는 평탄지나 산과 산 사이를 통과하는 지역에서 경관의 변화가 수반되는 경우에는 긴 직선의 적용이 가능하다. 다만, 평탄지의 경우에는 통상 성토구간이 직선적으로 연속되는 형태가 되므로 도로환경의 단조로움을 피한다는 뜻에서 운전자의 주의를 끌 수 있는 목표물인 건축물, 수목 등을 시계에 들어오도록 배려하는 것이 좋은 설계라고 말할 수 있다. 산과 산 사이를 통과하는 지역의 경우에는 주로 지형에 알맞은 경제적인 종단선형을 취하기 때문에 산에서 골짜기로 향하여 상당히 급한 내리막경사를 지닌 큰 오목곡선 구간이 되는 것이 통례이다. 이러한 구간에서는 내리막경사 주행 시 운전자의 착각 때문에 다음 오르막 구간이 실제 이상으로 급경사로 보이고 전방의 차량 주행상태가 한 눈에 인식되어 앞지르기를 시도하는 경향이 두드러진다. 그러나 일반적으로 내리막경사 주행 시 설계속도 이상으로 과속하게 되는 경우가 많이 발생되어 사고의 위험성이 커지므로 종단선형을 적절하게 설계하여 상당히 긴 내리막경사를 두지 않도록 할 필요가 있다.

(2) 시가지 등과 같이 토지이용의 구성단위가 직선형으로 구획되어 있는 지역에서는, 그곳을 통과하는 도로 자체도 직선으로 설계하지 않으면 연도의 토지이용 효율을 저하시키게 될 뿐만 아니라 인공적인 경관과의 조화를 이루지 못한다.

(3) 장대교 및 긴 고가교 구간과 같이 건설비가 고가인 구조물이 연결되는 경우는 시공상의 용이성도 고려하고 경제적으로도 유리한 직선으로 하는 것이 좋다.

(4) 터널 구간은 지형, 경관과의 적응관계 보다는 시공상의 편리와 경제성 및 지질 등과의 관계를 더 고려하여 가능하다면 직선을 활용하여야 할 것이다. 그러나 터널 내에서는 도로의 경관이 소실되기 때문에 거리의 인식을 가능할 수 없게 되어 차간거리의 목적을 그르치는 경향이 있으며, 직선은 이 경향을 조장한다는 점에 대하여 충분히 유의하지 않으면 안 된다. 그리고 터널구간 전후의 곡선, 특히 출구 직후의 곡선은 운전자가 예측할 수 없는 것이므로 가능한 한 피하여야 하며, 곡선을 설치하여야 할 경우에는 터널과 원곡선과의 직접연결을 피하고 완화곡선을 충분히 두어 원곡선과 접속할 수 있도록 하여야 할 것이다.

(5) 직선을 적용하는 경우의 일반적인 한계길이에 대하여서는 이론적인 풀이를 하기는 곤란하나, 주로 운전자의 심리적인 부담한계에 따라서 결정되는 것이라 생각하고 있으며 직선의 길이는 앞뒤

선형조건, 지형지물의 상황, 경관의 변화 등에 따라 적절하게 설계자의 판단에 의하여 정하는 것이 중요하다.

### 7.2.3 곡선의 적용

곡선을 적용할 때에는 지형에 맞도록 적절히 적용시키되, 될 수 있는 대로 큰 평면곡선 반지름을 쓰도록 하고, 전후의 선형요소와의 상관관계를 검토하여 일련의 선형으로서 전체적인 균형을 꾀하도록 하여야 한다. 그리고 평면곡선부에 있어서는 특히 종단경사와의 관계를 감안하여 작은 평면곡선 반지름과 급경사가 겹치지 않도록 한다. 완화곡선은 선형 전체가 자동차의 주행에 상응한 곡률의 변이를 주고, 시각적으로도 매끄러운 선형이 되도록 적용하여야 한다. 완화곡선으로는 클로소이드 곡선이 주로 이용된다.

#### (1) 곡 선

곡선은 직선에 비하여 융통성이 있어 기하학적 형태가 유연하기 때문에 다양한 지형변화에 대해서 순응시킬 수가 있고, 또 원활한 선형이 얻어질 수 있기 때문에 그 적용 범위는 광범위하다.

곡선은 지형조건에 따라 가능한 한 크게 취하는 것이 좋겠지만, 운전자가 직선과 구별하기 힘들 정도로 큰 반지름을 쓰는 것은 아무런 의미가 없다. 이와 같은 뜻에서 최대 평면곡선 반지름이 대략 10,000m 이상은 곡선의 의미가 상실되는 것으로 알려져 있다.

곡선의 반지름은 크게 취함과 동시에 지형, 지역의 조건에 적합한 크기의 것을 선정하는 것이 중요하다. 그러나 우리나라와 같이 산악지대가 많아 지형이 험준한 지역에서는 평면곡선 반지름을 충분히 크게 취하기 곤란하므로 때때로 최소치에 가까운 값을 취하지 않으면 안 되는 경우가 생긴다. 이와 같은 경우 일련의 선형요소를 검토하여, 전체적으로 보아 특별한 구간이 짧게 산발적으로 존재하는 일이 없도록 하는 것이 중요하다. 그리고 이와 같은 작은 곡선 반지름의 적용이 부득이한 구간에는 점차적으로 평면곡선 반지름을 서서히 낮추어서 운전자를 자연스럽게 특별구간으로 유도하는 선형을 유지하도록 주의를 기울여야 할 것이다.

곡선부의 평면곡선부의 설계 시 잊어서는 안 될 것은 그 구간에서의 종단경사와의 관계이다.

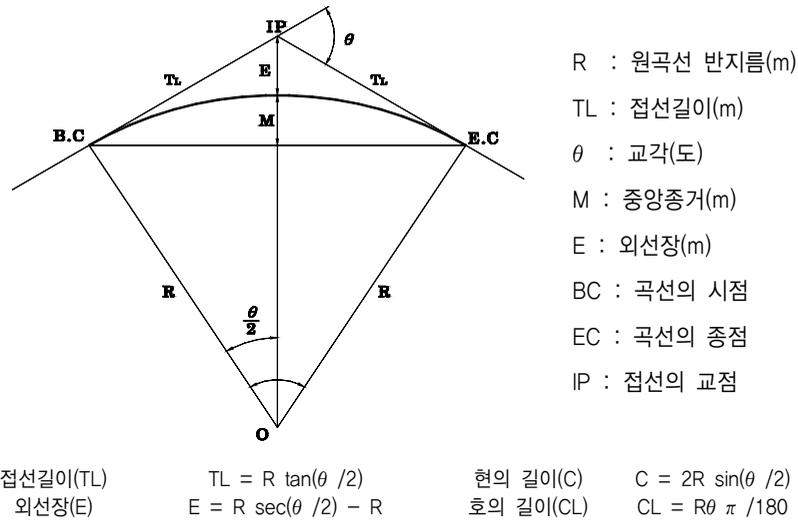
작은 평면곡선 반지름과 급경사가 겹치게 되면 사고율은 높아지는 것이 명확한 바, 선형 설계시에는 평면곡선 반지름이 작은 구간과 급경사 구간을 겹쳐지지 않도록 각별한 배려가 필요하다.

#### (가) 단곡선

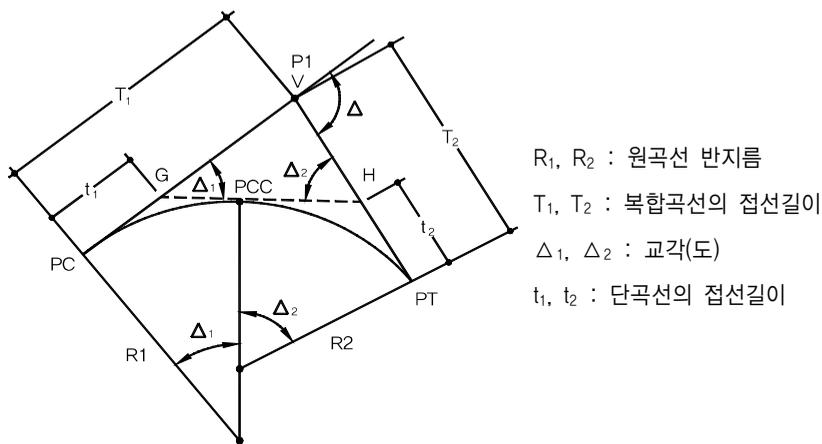
단곡선은 일반적으로 곡선 반지름으로 표시하는데, 단곡선의 각 부분에 대한 식은 <그림 7.1>과 같다.

(나) 복합곡선

복합곡선은 같은 방향으로 꺾어지는 두 개 이상의 원곡선이 서로 연결되어 있는 것을 말한다. 복합곡선은 주로 평면 교차로, 입체 교차로의 연결로, 혹은 지형이 험한 곳의 도로에서 자동차의 주행이 자연스럽게 이루어지게 하기 위하여 사용된다. 일반적으로 두 곡선사이의 부자연스러운 주행을 방지하기 위하여 두 곡선 간의 곡선 반지름 비는 1.5 : 1을 넘지 않아야 하며, 곡선의 길이가 너무 짧게 되지 않도록 하여야 한다.



<그림 7.1> 단곡선의 각 명칭과 계산 식

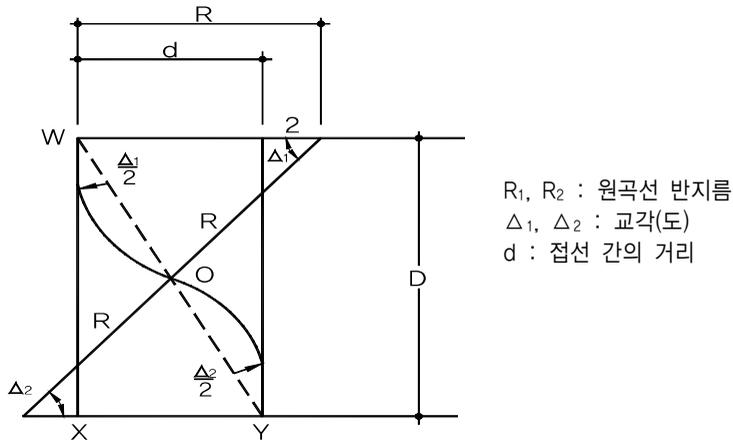


<그림 7.2> 복합곡선의 각 명칭

(다) 배향곡선

배향곡선은 두 원곡선이 서로 반대 방향으로 진행하며 연결되어 있는 것을 말한다.

일반적으로 배향곡선은 많이 사용되지 않는데, 그 이유는 도로 평면선형이 갑자기 변하므로 운전자들이 운전이 어려움을 겪기 때문이다. 따라서 배향곡선을 사용하는 것 보다는 두 개의 단곡선 사이에 충분한 길이의 직선을 삽입하거나 완화곡선을 삽입하여야 한다.



〈그림 7.3〉 배향곡선의 각 명칭

(라) 원곡선 반지름의 조화

(a) 직선 구간과 원곡선의 조화

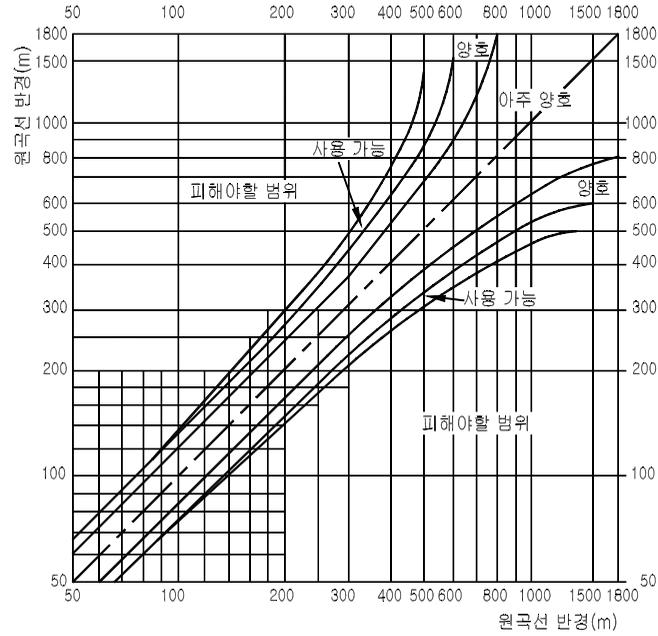
독일 RAS-L-1에 따르면 직선 구간과 원곡선 구간이 완화곡선으로 연결될 경우, 원곡선의 최소 반지름은 〈표 7.1〉과 같다.

〈표 7.1〉 직선과 원곡선이 완화곡선으로 연결될 때 최소 원곡선 반지름(RAS-L-1)

직선의 길이 L(m)	$L \geq 600$	$L < 600$
최소 원곡선 반지름 R(m)	600	$R = L$

(b) 원곡선 간의 조화

독일 RAS-L-1에서 제시하는 두 원곡선 간의 반지름 비는 〈그림 7.4〉와 같다. 〈그림 7.4〉는 아주 양호 · 양호 · 사용 가능 · 피하여야 함의 네 영역으로 나뉘어져 있고, 독일의 도로 구분에 따라 적용하는 영역이 구분되어 있다. 우리나라의 자동차 전용도로의 경우는 아주 양호 또는 양호에 해당하는 영역을 기준으로 하여야 한다.



〈그림 7.4〉 인접한 두 원곡선 반지름의 조화

(2) 클로소이드 곡선

클로소이드 곡선은 자동차가 일정한 속도로 주행할 때 일정한 각속도로 핸들을 회전시킨 경우의 주행 궤적과 일치한다. 따라서, 이 곡선은 매끄러운 자동차 주행에 필요한 중요한 선형 요소이다.('5.5 완화 곡선 및 완화구간' 참조)

클로소이드 곡선의 적용에 있어서는 다음에 기술하는 것처럼 곡선의 성질 및 경험적으로 필요로 하는 조건에 충분히 유의하여 안전하고 원활한 선형이 얻어지도록 주의하여야 한다.

(가) 클로소이드 곡선의 구성

클로소이드는 곡률(곡선반지름의 역수)이 곡선길이에 비례하여 증가하는 곡선으로 R을 곡선반지름, L=곡선길이라고 하면,  $\frac{1}{R}=C \cdot L$ 의 관계가 성립한다. 여기서 C는 상수이다.

$$\text{위 식을 고치면 } R \cdot L = \frac{1}{C(\text{일정})}$$

$\frac{1}{C}$ 을 ( $A^2$ )이라고 하면 1개의 클로소이드 위의 모든 점은 다음과 같은 식이 성립한다.

$$R \times L = A^2 \tag{7.1}$$

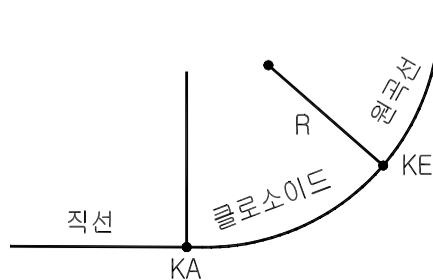


## (나) 클로소이드를 사용한 기본형

직선-클로소이드-원곡선의 순으로 조합시킨 것이 평면선형 설계의 기본적인 형태이며, 이 경우 독일 RAS-L-1에서는 클로소이드 파라미터(A)와 원곡선 반지름(R) 사이에  $R/3 \leq A \leq R$ 의 관계가 성립하도록 설계할 것을 권장하고 있다. 여기에서, 좌변 R/3은 시각적으로 클로소이드를 인식하기 위한 최소값으로서, R이 커지면 A가 R/3보다 작아도 된다. 우변 R은 교통안전을 고려하여 설정한 기준이다.

원곡선 반지름이 특히 큰 경우,  $A \geq R/3$ 를 적용하여 A를 크게 하면, 클로소이드의 효용이 작아지므로, 파라미터(A)의 최대한계는 1,500m 정도로 한정시키는 것이 바람직하다.

클로소이드-원곡선-클로소이드와 같이 연속하는 경우의 각 곡선의 길이는 대략 1 : 2 : 10이 되도록 하는 것이 바람직하다.



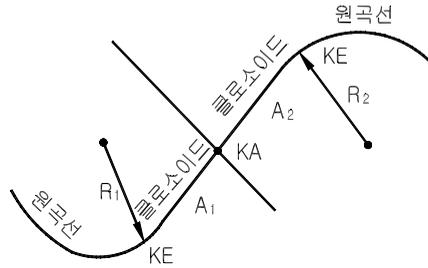
〈그림 7.6〉 클로소이드 기본형

## (다) 클로소이드를 사용한 S형

배향하는 두 원곡선을 클로소이드로 연결한 형은 고속도로에서 많이 사용된다. S형 선형에서는 클로소이드의 두 파라미터인  $A_1$ 과  $A_2$ 는 동일하게 취하는 것이 바람직하지만 컨트롤 포인트나 선형의 균형상 다르게 할 경우에는  $A_1$ 과  $A_2$ 의 비를 2.0 이하로 하며, 두 클로소이드의 시점 KA는 일치시키는 것을 원칙으로 하지만, 선형의 변경 등에 의하여 부득이 두 KA사이에 직선을 삽입시키거나 KA부근에 클로소이드가 중복되는 경우에는 그 직선의 길이 또는 중복구간길이  $l$ 은 다음의 조건을 만족하도록 한다.

$$l \leq \frac{(A_1 + A_2)}{40} \quad (7.2)$$

S형 선형에서는 연속하는 원곡선과 클로소이드의 각 곡선 길이를 동일하게 하는 것이 바람직하다.



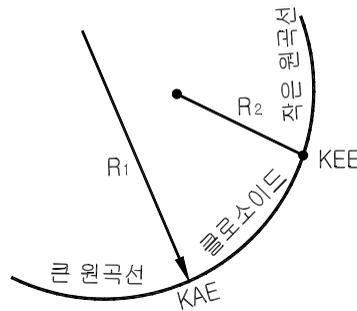
〈그림 7.7〉 클로소이드를 사용한 S형 선형

(라) 클로소이드를 사용한 계란형

두 개의 같은 방향으로 꺾어지는 원곡선을 하나의 클로소이드로 연결한 것을 계란형이라고 한다. 계란형을 만들기 위해서는 큰 원곡선이 작은 원곡선을 완전히 내포하고 있어야 한다. 계란형의 클로소이드 파라미터 A와 작은 원곡선의 반지름 R<sub>2</sub> 사이에는 다음의 관계가 성립하여야 한다.

$$\frac{R_2}{2} \leq A \leq R_2 \quad (7.3)$$

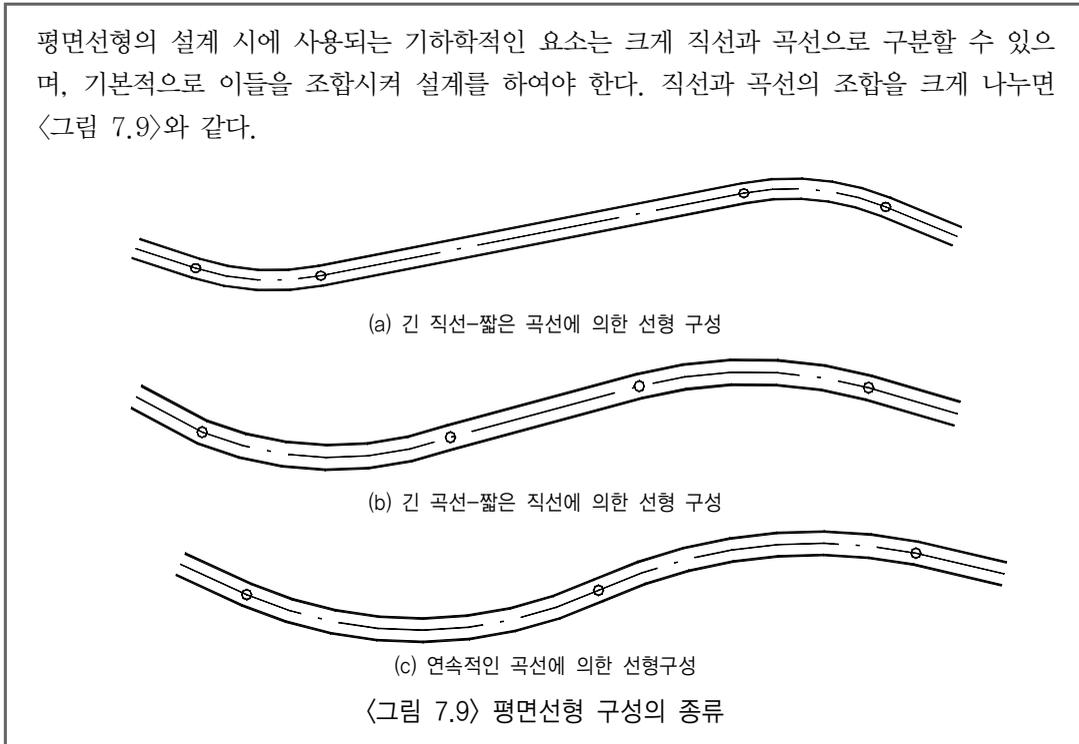
또, 큰 원곡선의 반지름(R<sub>1</sub>)은 작은 원곡선의 반지름(R<sub>2</sub>)의 2배 이상이 되는 것이 바람직하다. 큰 원곡선의 반지름이 작은 원곡선 반지름의 1.5배 이하일 때에는 두 원곡선을 복합시켜도 좋지만, 일반적인 계란형 선형인 클로소이드-큰 원곡선-(클로소이드)-작은 원곡선-클로소이드의 선형은 클로소이드-원-클로소이드의 기본형으로 바꿈으로써 거의 같은 모양의 선을 얻을 수 있기 때문에 기본형으로 바꾸는 방안을 충분히 검토하도록 한다.



〈그림 7.8〉 클로소이드를 사용한 계란형

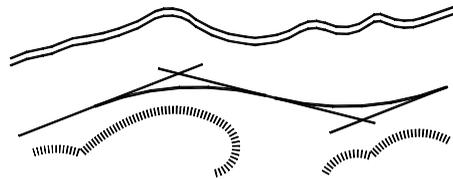
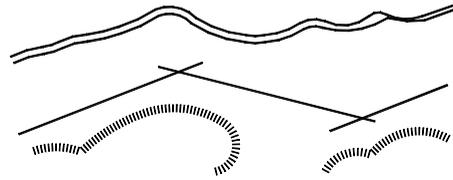
## 7.2.4 평면선형의 설계방법

평면선형의 설계 시에 사용되는 기하학적인 요소는 크게 직선과 곡선으로 구분할 수 있으며, 기본적으로 이들을 조합시켜 설계를 하여야 한다. 직선과 곡선의 조합을 크게 나누면 <그림 7.9>와 같다.

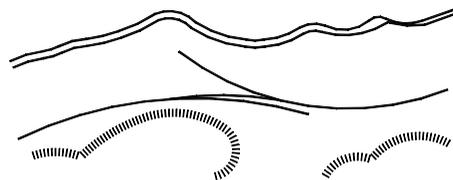
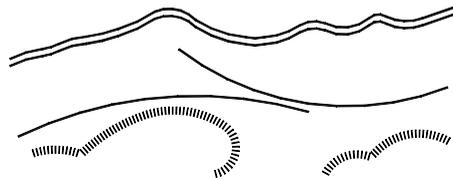


<그림 7.9>에서, 긴 직선-짧은 곡선형의 선형 설계는 예로부터의 전통적인 설계방법이다. 즉, <그림 7.10(a)>와 같이 기본이 되는 도로 축을 직선으로 먼저 설정하고, 이를 원곡선으로 연결할 때 생기는 선형이다.

이에 반해서 연속적인 곡선형에 의한 선형 설계는 <그림 7.10(b)>와 같이 주어진 지형조건 등에서 먼저 기본이 되는 원곡선을 실용상 가능한 범위에서 완만한 평면곡선 반지름으로 선정하고 이들 원곡선 간을 적절한 클로사이드 곡선으로 연결하는 것으로서, 이 방법에서 주의하여야 하는 것은 이 설계수법이 산이나 골짜기가 많은 지방지역의 선형설계에 특히 알맞은 방법이므로 도시 내 또는 평지부와 같이 주위환경이 주로 직선으로 구성되어 있는 지역에서는 주변 환경과 조화가 이루어지지 않을 수 있으므로 오히려 직선을 주요 선형요소로서 설정하는 것을 고려하여야 한다.



(a) 먼저 직선을 설정하고 그것을 원곡선으로 연결한다.



(b) 먼저 곡선을 설정하고 그것을 완화곡선으로 연결한다.

〈그림 7.10〉 평면선형 설정 방법

## 7.3 종단선형의 설계

### 7.3.1 종단선형의 설계 방침

종단선형 설계시에는 건설비와의 관계를 고려하면서 자동차 주행의 안전성과 쾌적성을 도모하고 경제성을 갖도록 하여야 하며, 평면선형과 관련해서는 시각적으로 연속적이면서 서로 조화된 선형으로 설계하여야 한다.

종단경사의 선정에 있어서 제일 먼저 고려하여야 할 제약조건은 지형과 자동차의 성능이지만, 동시에 자동차의 주행측면과 도로의 교통용량 등에 대하여도 동시에 고려하여야 한다. 즉, 종단경사를 어떻게 취할 것이냐에 따라 자동차의 주행속도는 크게 달라지며, 도로의 교통용량도 영향을 받는다. 통상 내리막경사는 사고로 연결되기 쉽고, 오르막경사는 그것이 급하면 자동차, 특히 트럭의 속도 저하가 뚜렷하여 원활한 교통의 흐름을 저해하게 된다. 이 때문에 긴 구간에 급한 오르막경사가 있는 곳에서는 오르막차로를 설치할 필요가 생긴다. 따라서 오르막경사에서는 대형차가 속도 저하 없이 그대로 오를 수 있는 경사와 내리막경사에서 브레이크를 쓰지 않는 경사로 하는 것이 좋으나 경제적 비용에 따른 효과를 충분히 검토하여 결정하여야 한다.

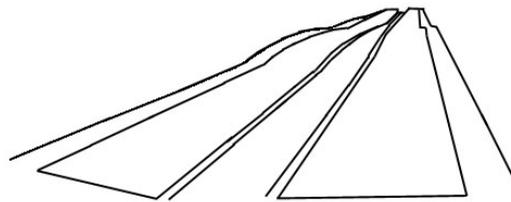
다음은 종단선형 설계의 일반 방침이다.

(1) 지형에 적합하고 원활한 것이어야 한다.

짧은 거리에서 많은 요철을 반복하는 선형은 내리막경사와 오르막경사가 연속적으로 자주 반복되어 오목구간이 볼록구간에 가리어져 운전자는 시각적으로 볼록구간만 연속적으로 보이는 선형이 된다. (〈그림 7.11〉)

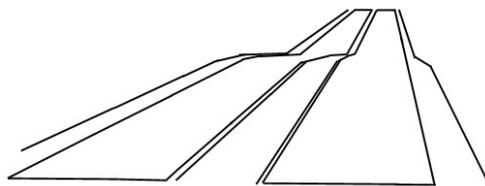
(2) 앞과 뒤만 보이고 중간이 폭 패여 잘 보이지 않는 선형은 피하여야 한다(〈그림 7.12〉).

이와 같은 선형은 평면선형이 비교적 직선인 경우에 생기는 것이 보통인데, 일련의 선형이 중단되어 시각적으로 불쾌할 뿐만 아니라 폭 팬 정도가 작다고 하더라도 운전자는 앞지르기가 가능한 경우에도 앞지르기 시도를 포기하게 된다. 이를 개선하는 데는 평면선형을 변경하든가, 다소 토공비의 증가가 수반되더라도 종단선형을 수정하여야 할 것이다.

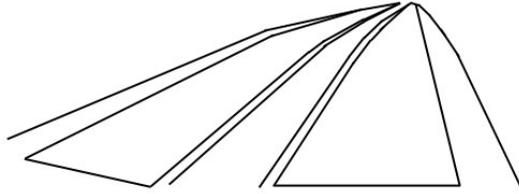


(짧은 돌출 - 이것은 평탄한 지형에서 짧은 교량 전후의 흙쌓기량을 절감시키려 할 때 자주 생긴다.)

〈그림 7.11〉 짧은 돌출



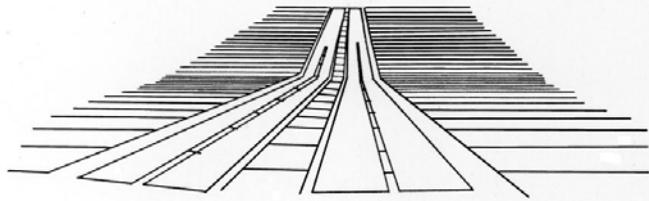
〈그림 7.12〉 중간이 폭 패여 잘 보이지 않는 선형(계단모양)



(종단의 짧은 절곡 - 이것은 소규모의 정점(crest)인데, 정점을 넘어선 쪽의 노면이 보이게 된다.)

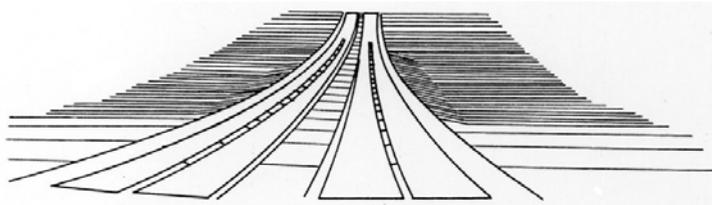
〈그림 7.13〉 종단의 짧은 굴곡

- (3) 급한 오르막경사 앞에 내리막경사를 설치할 경우 트럭 등의 오르막경사에서의 속도 저하를 생각하여 내리막경사에서 미리 가속하여 오르막경사를 주행하려고 하므로 이러한 지형에서 내리막경사를 너무 급하거나 길게 두어 트럭 등이 과도한 속도를 내게 되면 사고의 위험성이 있으므로 오르막경사와 내리막경사의 길이산정에 주의하여야 하며, 부득이한 경우 오목부분에 삽입하는 종단곡선을 충분히 길게 잡아 시각적으로 원활한 선형을 얻을 수 있도록 힘써야 한다. 그리고 내리막경사가 계속되는 구간 앞에 작은 평면곡선 반지름이 설치되어 있는 경우는 도로에 붙이는 편경사를 표준보다 급하게 하는 것도 생각할 필요가 있다.



(2% 하향 경사에서 3%의 상향경사, 종단곡선길이 210m, 종단곡선 변화비율 42m/%)

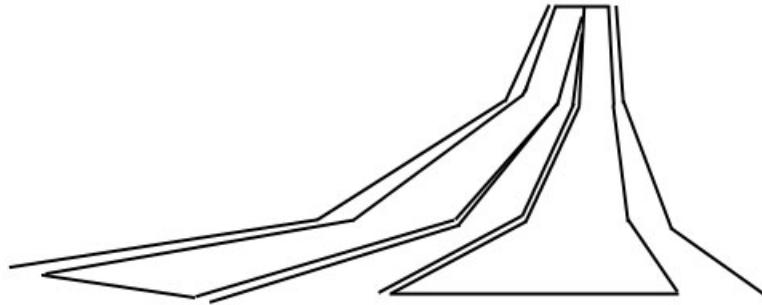
〈그림 7.14〉 오목 부분의 종단곡선(불량할 때)



(2% 하향 경사에서 3%의 상향경사, 종단곡선길이 900m, 종단곡선 변화비율 180m/%)

〈그림 7.15〉 오목부에서의 종단곡선(양호할 때)

- (4) 같은 방향으로 굴곡하는 두 종단곡선의 사이에 짧은 직선경사구간을 두는 것은 피하여야 한다. 특히, 오목형 종단곡선의 경우에는 이 선형 전체가 보여 도로가 꺾어져 있는 것으로 보이기 쉬우므로 주의하지 않으면 안 된다. 이를 개선하는 데는 두 종단곡선을 포괄하는 큰 종단곡선을 설치할 필요가 있다.



(오목 부분의 짧은 직선의 삽입, 판과 같이 도로가 딱딱하게 보인다.  
교량부에는 특히 결함이 되기 쉬우며, 곡선으로 바꾸어야 한다.)

(그림 7.16) 오목 부분에 짧은 직선 삽입

- (5) 길이가 긴 연속된 오르막 구간에서는 오르막경사가 끝나는 정상 부근에서 경사를 비교적 완만하게 하는 편이 좋다.
- (6) 종단경사는 완만할수록 좋겠지만 노면의 배수를 고려할 때 최소 0.3%의 경사로 하는 것이 좋다.
- (7) 종단선형의 양부는 평면선형과의 관련으로 결정되는 수가 많으므로 평면선형과의 조화에 주의하고, 입체적인 선형으로서 양호한 것이 되도록 하여야 한다.
- (8) 환기가 문제되지 않는 길이가 짧은 터널에서의 종단경사는 지형조건에 맞추어 경사를 결정하여야 하며, 환기설비가 필요한 장대터널에서는 환기설비의 비용을 절감시키기 위하여 터널 내의 오르막경사를 완만하게 하여 배기가스량을 최소로 할 필요가 있다. 이를 위하여 장대터널 내에서는 오르막경사를 3%가 넘지 않도록 하는 것이 좋다. 그러나 지형상 특별한 사유로 더 급한 오르막경사를 적용한 경우는 자동차의 배기가스 배제에 지장이 없도록 충분한 환기설비를 하여야 한다.

### 7.3.2 종단선형의 설계 방법

종단선형 설계의 순서는 평면선형설계의 경우와 마찬가지로, 먼저 지형의 변화에 맞추어서 제약받는 지점(control point)이나 땅깍기 흙쌓기 균형 등의 조건을 고려하여 직선형으로 종단경사를 설정하고, 이들을 연결하는 직선의 경사에 따라 종단형상의 기본형이 정하여지며, 그 다음에 종단경사의 변화점에 종단곡선을 필요에 따라 적절한 길이로 삽입시키는 형태로 진행되고 있다. 이렇게 하여 이들 일련의 작업을 시행착오적으로 반복하여 자동차의 주행조건과 건설비의 관계를 조정해서 종단선형이 최종적으로 정하여진다.

따라서, 이 과정에서 문제가 되는 것은 주어진 지형조건 등의 제약을 바탕으로 하여 어느 정도의 종단경사를 취하는 것이 적당할 것인가 하는 문제와 자동차 주행에 지장이 없는 종단곡선길이의 선정 등 두 가지 점이다.

종단곡선길이 혹은 종단곡선 변화비율은 자동차의 주행에 대하여 충격완화 및 정지시거 확보에 필요한 길이를 산정하여 규정하고 있다. 그러나 이와 같이 정하여진 최소의 종단곡선길이나 종단곡선 변화비율은 자동차의 주행 역학상의 요구를 만족하는 것이라 하여도 도로로서의 시각적인 연속성이나 운전자에 대한 심리적인 쾌적성을 보증하는 것은 아닐 것이다.

운전자의 시각은 본래 경사 그 자체를 인지하기에 그다지 민감하지는 않으나 경사 차의 인식은 매우 민감하게 인식하는 특성이 있다. 따라서, 종단곡선길이가 너무 짧으면 그 점에서 도로가 부자연스럽게 절곡되어 있는 것처럼 보여 운전자에게 그 도로가 원활하게 흘러가는 것 같은 인상을 주지 못한다. 이와 같은 것은 규격이 낮은 도로에서는 그다지 큰 문제가 되지 않지만 고속도로와 같이 운전자의 시점이 300~600m나 되는 먼 곳에 집중되고 있는 도로에서는 시각적인 부자연스러움이 운전자의 지각반응에 영향을 주게 되어 주행상 안전성의 문제와 결부될 가능성이 크다.

예부터 행하여오던 종단선형설계의 수법으로 건설된 도로에서 볼 수 있는 바와 같이, 규정에 정하여진 필요 최소한의 종단곡선을 삽입한 선형은 멀리서 보면 부자연스럽기도 하고 딱딱한 판을 늘어놓은 것처럼 보이게 된다.

긴 직선-짧은 곡선형의 평면선형을 가진 도로에 있어서 종단곡선도 일반적으로 긴 직선-짧은 곡선형을 적용하여 짧은 종단곡선길이를 적용하고 있는 것이 통례인데, 이렇게 하면 종단곡선을 기계적으로 허용하는 한 짧게 설치하여 버리는 나쁜 버릇에 빠지기 쉽다. 그런데 규정에 정하여진 종단곡선길이와 종단곡선 변화비율의 값은 앞서 기술한 바와 같이 자동차의 주행 역학상의 요구를 최소한도로 만족하도록 정하여진 것으로서, 그 이상의 안전성과 운전자의 시각 및 심리적인 측면에서 연속성과 쾌적성을 보증하는 것이 아니므로 시각적 원활성을 얻기 위해서는 기준치보다 크게 취할 필요가 있다.

통상 평면선형의 경우는 지형의 제약이나 장애물 때문에 어느 크기 이상의 곡선을 설정할 수 없는 경우가 때때로 생기지만, 종단선형의 경우는 약간의 토공량 증가나 구조물 설치비용을 추가하여 종단곡선길이를 크게 확보할 수 있는 경우가 많다. 이와 같이 종단곡선을 될 수 있는 대로 길게 잡는다는 것은 설계 및 시공의 양면에서 어려운 일이긴 하지만, 이러한 설계기법으로 완성된 도로는 지형에 잘 어울리고 연속적으로 흐르는 듯한 인상을 주어 쾌적한 주행을 보증하게 한다.

고속도로의 종단선형의 설계는 이와 같은 설계 방법을 택하는 것이 필요하지만 이를 다시 발전시켜 가면 평면선형의 설계의 경우와 마찬가지로 종단선형의 설계도 연속된 곡선에 의한 설계가 될 수가 있다. 이와 같은 설계 방법에서는 먼저 지형에 맞춰 종단곡선을 설정하고 인접하는 종단곡선끼리 접선을 삽입하여 연결해 간다. 이렇게 하면 때로는 두 종단곡선을 포괄하는 하나의 종단곡선으로 치환되는 수도 있다.

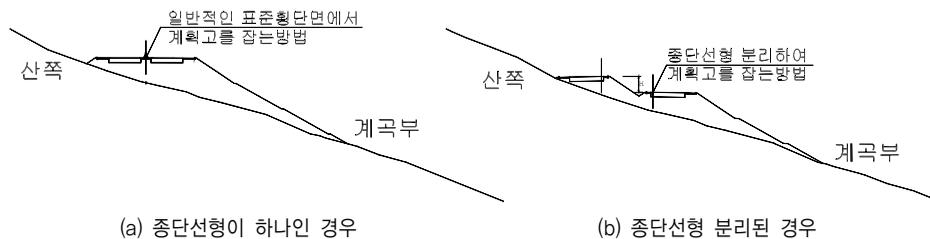
## 7.4 차도별 선형설계

지형 조건을 반영하여 필요할 경우 차도별로 선형을 설계하도록 한다.

### (1) 개요

고속도로는 차도별로 왕복 교통을 분리시킨 구조로 되어 있으며, 차도 사이에는 중앙분리대가 설치되어 있다. 일반적으로 도로의 선형은 도로 중심선으로 나타내는데, 이 경우 중앙분리대의 폭이 거의 일정하게 되어 경우에 따라서는 불합리한 선형이 되는 경우도 있다. 이러한 경우에는 지형 상황을 반영하여 차도별 선형을 설계하도록 하며, 이렇게 설계된 도로를 분리차도라 한다.

차도별(평면선형, 종단선형 모두 상·하행선별 설계) 선형 설계를 계획하기 전에 <그림 7.17>과 같이 평면선형은 하나로 하고, 종단선형만 분리하여 설계하는 방법도 생각하여 볼 필요가 있다.



〈그림 7.17〉 평면선형이 하나이고 종단선형이 분리된 경우

### (2) 적용

차도별 선형 설계 방법은 몇 가지 장점이 있다. 예를 들면, 산지나 구릉지에서 노선을 비탈면에 설정하는 경우, 비탈면 쪽의 차도의 종단을 높게 하면 토공량을 절감할 수 있을 것이며, 특히 풍경이 좋은 곳에서는 이 방법을 반드시 생각할 볼 가치가 있다.

그리고 지형, 지물에 맞춰서 중앙분리대의 폭을 변화시켜, 선형이 지형에 조화된 것으로 함으로써 지형 변화에 순응하는 쾌적한 노선을 약간의 부가 비용으로 확보할 수가 있다. 경우에 따라 이 방법이 경제적인 수도 있다. 또, 대형 자동차의 전조등에 의한 눈부심도 이 설계 방법에 의하여 경감 또는 해소시킬 수 있다.

## 7.5 평면선형과 종단선형의 조합

평면선형과 종단선형의 조합은 자동차의 운동 역학적 요구뿐만 아니라, 운전자의 시각적·심리적 요구를 충분히 고려하여 설계하여야 한다.

### (1) 개 요

도로의 선형 설계는 도로의 선형설계는 노선계획으로 시작하여 평면선형설계, 종단선형설계로 이어지고, 마지막으로 도로 환경과 조화될 수 있도록 평면선형과 종단선형의 조합으로 완료된다. 따라서, 평면선형과 종단선형의 조합은 실제로 도로를 주행하는 운전자의 시각으로 계획되지 않으면 안 되므로 3차원 투시도의 이용이 필요하며, 최근에는 시간을 포함한 4차원적 접근의 필요성도 대두되고 있다. 그런데 이러한 선형조합의 문제는 도로 선형설계의 최종적 단계이며, 이제까지는 자동차의 물리적 요구를 만족하는 안전성 측면에서만 설명되었지만 도로설계에 있어서는 그와 동시에 주행하는 운전자의 시각적, 심리적 및 생리적 요소를 좌우하는 시간적 문제가 중요하게 고려되어야 한다.

이 시각적·심리적 문제는 물리적 문제와는 달리 정량화하기 어렵고, 또 운전자 개개인의 차이 등으로 설계에 반영시키기 어렵다. 특히, 경제성과 관련지어서 그 도로가 목표한 바에 정량화시켜 반영하기도 어렵다. 그러므로 도로설계 시 그 도로가 목표로 하는 설계수준에 의해서 규정되어질 수밖에 없다. 물론 시각적인 문제는 도로의 선형설계에 있어서 가장 뒤떨어진 분야이지만 최근 외국에서는 도로환경이나 운전자의 심리적, 생리적 관계 등의 연구도 진행되고 있는 상태이다.

평면선형과 종단선형의 조합문제는 그 도로의 시각환경과의 조화라고 하는 관점에서 도로의 선형설계에 있어서 언제나 고려되어야 할 것이며, 평면선형과 종단선형의 좋은 조합을 택한다는 것은 선형설계가 물리적 요구와 인간적 요구를 모두 만족시키지 않으면 안 된다는 데에 그 어려움이 있다.

### (2) 선형 조합의 일반 방침

선형 조합의 일반 방침은 다음과 같다.

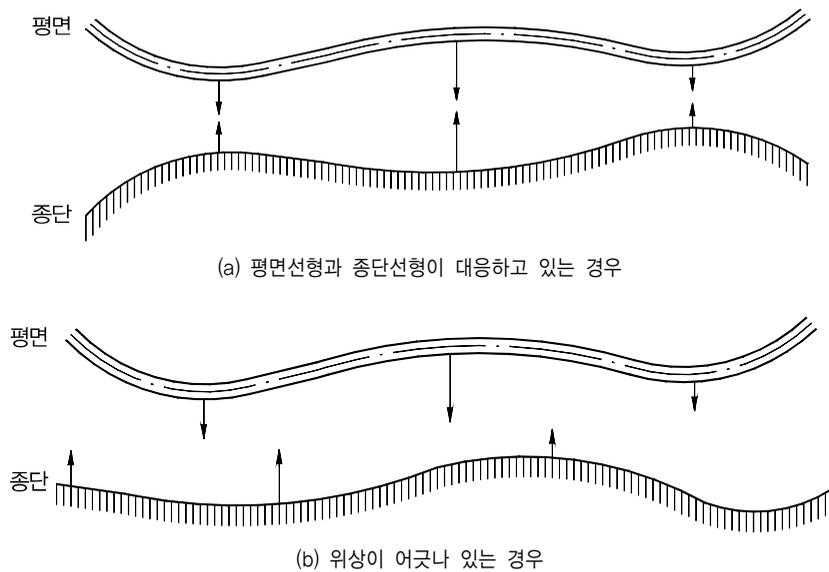
#### (가) 선형의 시각적 연속성을 확보할 것

평면선형과 종단선형의 대응이 완전하게 되어 시각적 연속성이 확보된 선형은 운전자의 눈으로 보아서 미끈하고 아름다운 선형이다. 따라서, 이와 같은 선형을 설계하는 데에는 먼저 평면선형과 종단선형의 대응을 충분히 고려할 필요가 있다. 구체적으로는 평면선형과 종단선형을 겹쳐서 원곡선 부분에서 종단곡선을 포용하는 듯한 설계로 하는 것이 좋다.

또한, 종단곡선구간을 클로소이드에 겹치는 일은 피하는 것이 좋으며, 될 수 있는 대로 원곡선 내에 들어가는 것이 필요하다.

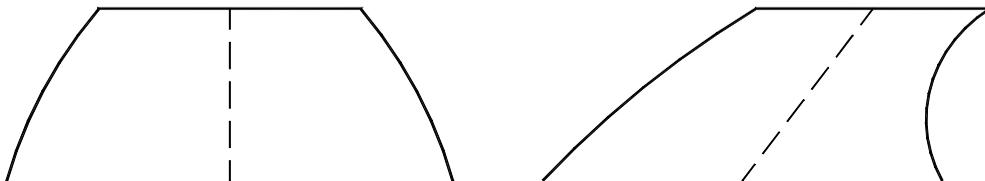
이는 종래 평면선형과 종단선형의 조합에 대하여 경험적으로 알려져 왔던 원칙과 일치하는 것이다. 평면선형과 종단선형이 대응하고 있지 않아 블록형 종단곡선의 정점에서 평면곡선이 시작되면 운전자에게 원활한 시선유도를 하지 못하며, 또한 오목형에서는 가장 낮은 지점 부근에서 배수상의 문제와 도로가 뒤틀려 보이는 등의 시각적 문제가 생긴다.

그리고 하나의 평면곡선에 몇 개의 종단곡선이 있으면 운전자에게 도로가 꺾어져 있는 것처럼 보이는 수가 있다. 이들은 어느 것이나 평면곡선과 종단곡선의 대응이 부적당한 데에서 기인되는 것이다.



〈그림 7.18〉 평면선형과 종단선형의 대응

- ① 정점에 이르기까지 선형의 시각적 유도가 되고 있지 않다.    ② 정점에 이르기까지 평면선형의 진행방향을 미리 앞에서 알 수가 있다.

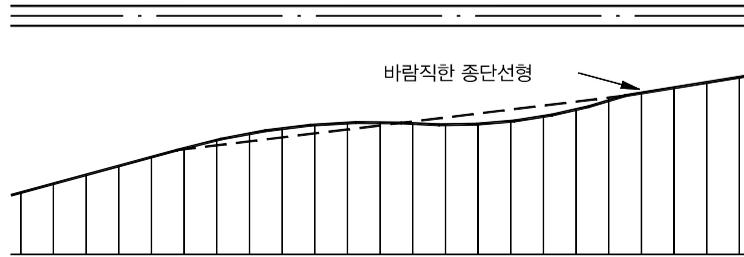


〈그림 7.19〉 정점(crest)부의 시선유도

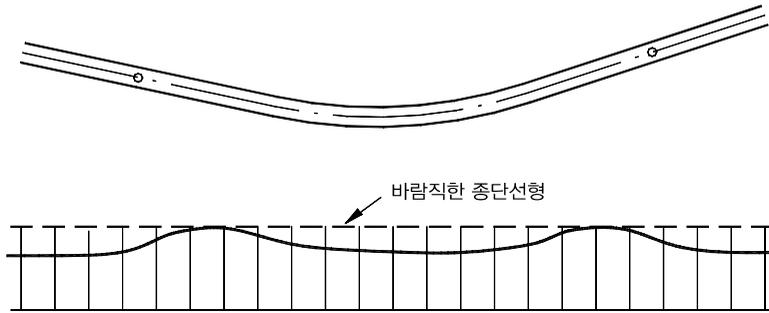
각 경우별로 평면선형과 종단선형의 조화를 도식화해 보면 다음과 같다.

- ① 평면직선부의 종단선형 - 긴 연장의 일정한 경사구간에서 국부적인 작은 굴곡을 피하도록 할 것

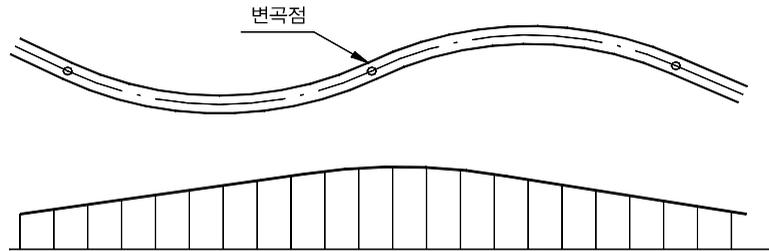
평면상 직선 구간



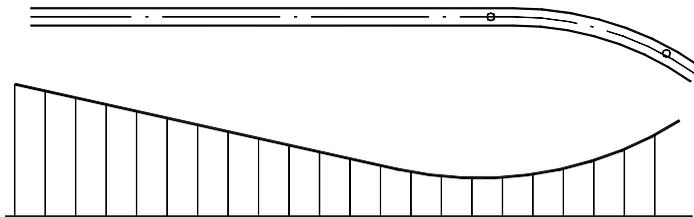
- ② 평면곡선부의 종단선형 - 짧은 구간의 둥근언덕 모양의 굴곡을 피하고, 긴 구간에 걸쳐 종단경사를 일정하게 할 것.



- ③ 두 평면곡선 사이의 짧은 직선구간과 종단선형의 정점부에서 반대방향의 평면곡선 설치를 피할 것

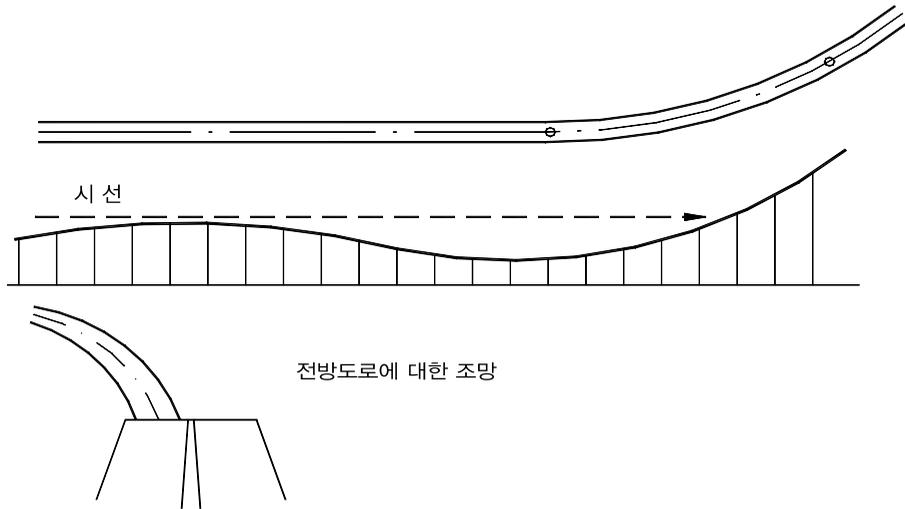


- ④ 오목형 종단곡선상의 저점부에 평면곡선의 변곡점 설치를 피할 것 - 노면배수가 원활치 못한 경우가 발행

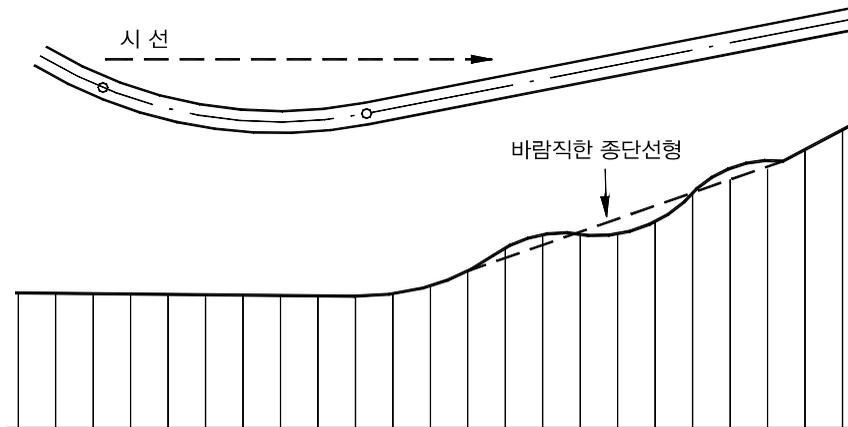


<그림 7.20> 평면선형과 종단선형의 조합 예(계속)

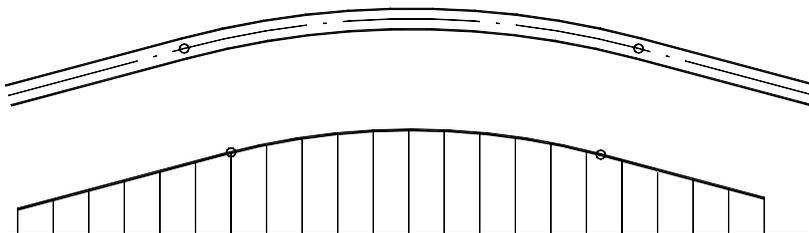
- ⑤ 불연속 효과 - 언덕 등에 의하여 도로의 일부가 보이지 않아서 도로가 불연속된 것처럼 보인다.



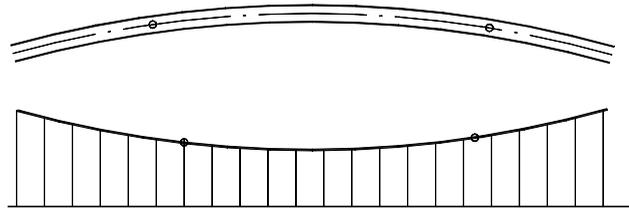
- ⑥ 긴 평면 직선부 구간에서 종단곡선의 반복된 굴곡은 피하는 것이 바람직함.



- ⑦ 평면곡선과 종단곡선이 같은 방향 또는 다른 방향으로 대응하여 균형된 도로의 경우에 시각적 효과가 좋음.

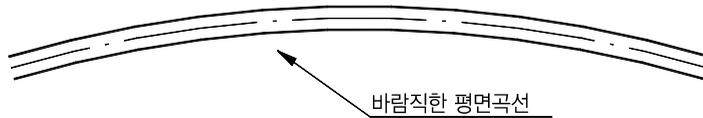
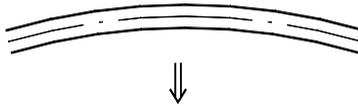


〈그림 7.20〉 평면선형과 종단선형의 조합 예(계속)



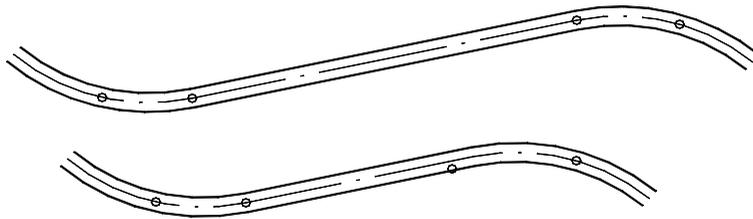
- ⑧ 평면곡선반지름의 교각이 작을 때에는 작은 평면곡선반지름보다 큰 곡선반지름을 설치하면 시거가 양호해진다.

(작은 곡선반경 적용)



(큰 곡선반경 적용)

- ⑨ 원활한 평면선형 - 긴 길이의 평면 직선부와 평면곡선반지름이 작은 것의 조합은 원활하지 못하므로 직선부와 곡선부 사이에 완화구간을 설치하고 큰 평면곡선반지름을 적용하여 원활한 평면선형으로 설계한다.



〈그림 7.20〉 평면선형과 종단선형의 조합 예

(나) 평면곡선과 종단곡선의 크기가 균형을 이룰 것

평면곡선과 종단곡선은 그 크기가 서로 균형이 잡혀 있지 않으면 공사비 측면에서 낭비를 초래할 뿐만 아니라, 선형이 작은 쪽이 필요이상으로 강조되어 보여 시각적인 균형을 잃게 되고, 운전자에게도 심리적으로 불안감을 주게 된다. 그러나 양자의 균형에 대하여 구체적인 수치로 제시하기는 어려운 실정으므로 설계 시 도로 주변여건을 고려하여 세심한 주의를 기울여야 할 것이다.



〈긴 평면곡선상의 짧은 오프곡구간〉



〈긴 평면곡선상의 긴 오프곡구간〉

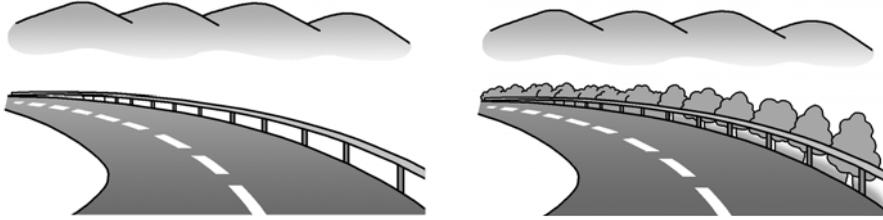
〈그림 7.21〉 평면선형과 종단곡선의 균형

(다) 노면의 배수 및 자동차의 역학적 요구에 적절히 조화된 경사가 취하여 질 수 있도록 조합할 것  
 산지부 등에서 종단경사가 급한 구간에 작은 평면곡선이 삽입되어 있으면 종단경사가 급하게 보이기 쉬워 주행상의 안전성이 확보되지 못하며, 또한 평탄지에서 종단경사가 거의 수평에 가까운 경우 평면곡선의 변곡점 부근의 종단경사가 매우 작게 되어 배수상의 문제가 발생하므로 적합한 종단 경사를 취하여 평면곡선과 종단곡선이 적절히 조합되도록 하는 것이 필요하다.

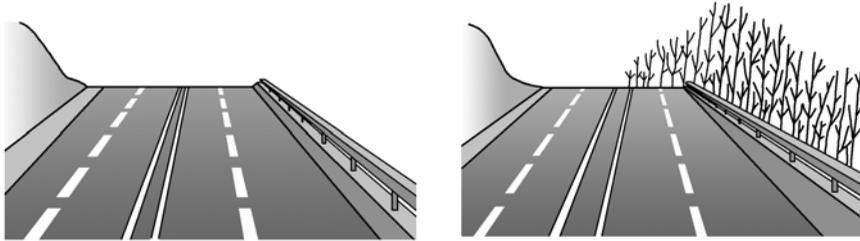
(라) 도로 환경과의 조화를 고려할 것

평면곡선과 평면선형과 종단선형의 조합이 아무리 좋다 하여도 그 선형이 통과하는 지역의 환경에 조화되고 있지 않으면 도로 위를 주행하는 운전자에게 안전하고 쾌적한 도로라고는 할 수 없다. 낮은 설계수준인 도로에서는 지역조건이나 공사비 등에서 선형의 시각적인 문제가 제약을 받게 된다. 이와 같은 경우에는 방호책, 식수, 땅깍기 비탈면 등으로 도로환경을 개선하여 시선유도를 보조할 수 있도록 고려할 필요가 있다.

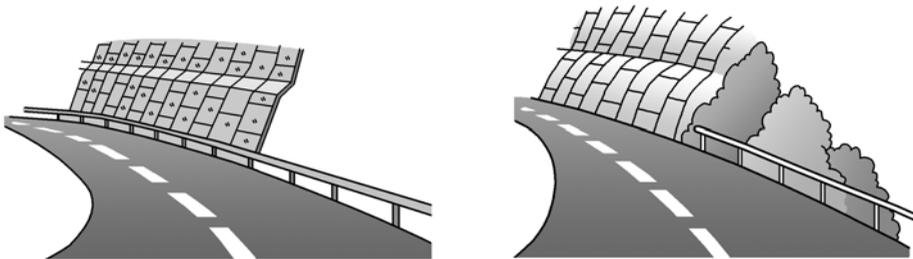
① 내리막 경사의 왼쪽방향으로 평면곡선이 설치되어 있는 경우 도로 오른쪽의 식재는 고속 주행 중인 운전자의 불안감을 없애주고 시선을 유도하는 역할을 한다.



- ② 평면곡선부의 변곡점 부근에 종단곡선의 정점이 있을 때 중앙분리대 및 도로 오른쪽의 식재는 도로의 선형을 운전자에게 미리 알리는 역할을 한다.



- ③ 비탈면의 진행방향에 대한 처리에 식재를 쓰면 끝부분이 가리게 되어 선형 그 자체를 좋게 하는 시각적인 효과가 있다.



- ④ 변화가 작은 평탄지를 통과하는 도로는 중앙분리대나 도로변의 식재 등으로 먼 곳에서도 도로의 선형을 알 수 있도록 하는 것이 효과적이다.



〈그림 7.22〉 식재에 의한 시각환경

### (3) 피하는 것이 바람직한 조합

평면선형과 종단선형이 조화를 이루기 위하여 앞서 언급한 조합의 일반방침뿐만 아니라 다음과 같은 두 선형의 조합을 피하는 것이 바람직하다.

그러나 우리나라의 지형조건상 그렇지 못한 경우가 종종 발생하므로 피하여야 할 선형의 문제점을 확실히 파악하여 안전시설의 설치, 배수조건 개선 등으로 그것을 해결한다면 운전자에게 안전하고 쾌적한 주행을 확보하여 줄 수 있다.

#### (가) 볼록형 종단곡선의 정점부 또는 오목형 종단곡선의 저점부에 급한 평면곡선 반지름의 삽입은 피할 것

시선유도나 자동차의 주행상 피하지 않으면 안 되는 예로서 볼록형에서는 시선이 유도되지 않아 급한 핸들조작을 하게 되며, 오목형에서는 자동차가 속도를 내다가 급한 핸들조작이 필요하게 되므로 어느 정도 위험한 상태를 야기시킬 가능성이 많다. 오목형의 경우에는 운전자에게 오목형 종단곡선의 저점부를 지나가면서부터 오르막경사이지만 앞의 내리막경사구간에서 오르막경사를 보기 때문에 과도한 오르막경사가 있는 것처럼 착각을 일으키며, 또한 내리막경사를 주행하고 있는 운전자는 내리막경사에 자기가 있다는 것을 인지하지 못하고 과도한 속도로 주행하게 되는 경향을 보인다. 또한, 흙쌓기부의 급한 평면곡선 반지름의 오목형 종단곡선구간에서는 착시로 인하여 내리막경사를 오르막경사로 착각하는 일이 종종 일어난다.

#### (나) 볼록형 종단곡선의 정점부 또는 오목형 종단곡선의 저점부에 배향곡선의 변곡점을 두는 것은 피할 것

볼록형의 경우, 이러한 구간의 도로 위를 주행하는 자동차는 시선유도시설이 없을 경우 공중에 떠서 주행하는 듯한 상태가 되어 운전자에게 불안감을 주게 된다. 더욱이 정점부에 가까이 왔을 때 비로소 선형이 반대방향으로 굴곡하고 있다는 것을 알게 되므로 핸들 조작에도 지극히 위험하다. 오목형 종단곡선의 저점부에 변곡점이 있는 경우에는 배수상의 문제가 된다. 그러나 이와 같은 경우에는 전체를 투시할 수 있어 시선유도상의 문제는 없으므로 부득이 이러한 조합이 이루어질 경우 노면배수에 각별히 신경을 써야 하며, 이와 같은 조합은 평면곡선과 종단곡선을 겹친다고 하는 원칙을 준수하면 피할 수 있다.

#### (다) 하나의 평면곡선 내에서 종단선형이 볼록과 오목을 반복하는 것은 피할 것

하나의 평면곡선 내에서 종단선형이 볼록과 오목을 반복하는 것은 피하지 않으면 안 된다. 될 수 있는 대로 하나의 평면곡선에 하나의 종단곡선을 대응시키도록 하는 것이 좋다.

하나의 평면곡선 내에서 종단선형을 반복하는 경우 종종 생기는 문제로서 앞턱과 끝만이 보이고 그 중간은 폭 떨어져 보이지 않는 선형이 되는 경우이다. 이러한 선형은 평면선형이 비교적 직선에 가까운 경우에 생기는 일이 많은데, 일련의 선형이 중단되어 시각적으로 불안하게 됨과 아울러, 폭 패임의 정도가 설령 작다 하더라도 운전자는 갑자기 속도를 줄이는 경우가 많다.

(라) 같은 방향으로 굴곡하는 두 곡선 사이에 짧은 직선의 삽입은 피할 것

이는 평면선형과 종단선형의 조합이라기보다는 평면선형과 종단선형 개개의 문제인데, 이와 같은 선형(broken back curve)은 피하는 것이 좋다. 평면선형의 경우는 직선부가 양단의 곡선과 반대방향으로 굴곡되고 있는 것처럼 보이고 또, 종단선형의 경우는 직선부가 떠오르듯이 보이기 때문에 시각적인 원활성이 결여된다. 따라서, 이러한 선형은 하나의 큰 곡선으로 설치하거나 복합곡선으로 설치함이 바람직하다.



## 8. 횡단경사와 편경사

### 8.1 표준 횡단경사

(1) 차도의 횡단경사는 배수를 위하여 노면의 종류에 따라 다음 표의 비율로 하여야 한다.

〈표 8.1〉 표준 횡단경사

노면의 종류	횡 단 경 사(퍼센트)
아스팔트 및 시멘트 콘크리트 포장 도로	1.5~2.0
간이 포장 도로	2.0~4.0
비포장 도로	3.0~6.0

(2) 길어깨의 횡단경사와 차도의 횡단경사의 차이는 시공성, 경제성 및 교통안전을 고려하여 8퍼센트 이하로 하여야 한다. 다만, 측대를 제외한 길어깨 폭이 1.5미터 이하인 도로, 교량 및 터널 등의 구조물 구간에서는 그 차이를 두지 아니할 수 있다.

#### (1) 개 요

도로 노면의 횡단경사는 노면 위의 우수를 측구 등으로 배수시키기 위하여 필요하며, 그 횡단경사는 노면배수에 충분하고 또 자동차의 주행에 안전하고 지장이 없는 값이어야 한다.

배수를 고려할 때 노면에 물이 고이지 않게 하기 위하여서는 일정 한도 내에서 횡단경사가 클수록 유리하지만, 자동차 주행상의 안전 및 쾌적성을 고려할 때는 횡단경사가 작은 것이 바람직하다.

직선구간에서 차도의 횡단경사가 2% 이상 되면 자동차의 핸들이 한쪽으로 쏠리는 느낌이 들고, 결빙이나 습기 있는 노면에서는 횡방향으로 미끄러질 우려가 있으며, 급제동시에는 건조한 노면에서도 같은 현상이 일어날 수가 있다.

바람이 많이 부는 경우, 횡단경사가 운전에 미치는 영향이 상당히 작용할 수 있다. 땅깍기와 흙쌓기가 반복되는 구릉지 또는 산악지나 산림과 평지가 교대로 이어지는 지역에서는 횡방향으로 부는 바람

이 도로를 주행하는 차량에 간헐적인 충격을 주어 운전에 영향을 끼친다. 이와 같은 조건의 지역에서는 급한 횡단경사를 피하는 것이 바람직하다.

또 양방향 2차로 도로에서는 앞지르기 자동차가 횡단경사가 상반되는 대향차로를 주행하기 때문에 앞지르기 시에 횡단방향의 경사가 급격히 변화하며, 이 이유로 고속일수록 또 중심이 높은 자동차일수록 핸들조작이 곤란하여 위험하게 될 경우가 있다. 이와 같은 영향을 고려하여 포장된 도로에서의 표준횡단경사는 2.0% 이하를 적용한다.

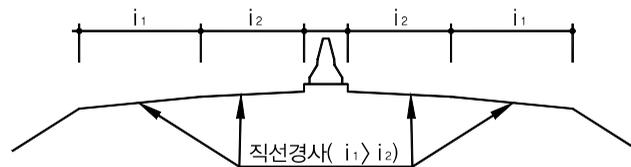
## (2) 횡단경사의 종류

차도 및 측대의 횡단경사 형상에는 직선경사, 곡선경사 및 직선과 곡선이 조합된 경사가 있으며, 일반적으로 도로 중심을 정점(頂點)으로 하여 양측으로 내리막경사가 되도록 설치한다.

직선경사는 포장의 기계화 시공에 적합하기 때문에 현재 가장 일반적으로 쓰이고 있는 경사이며, 또 편경사 설치 및 교차로에서의 접속설치가 용이하다. 곡선경사 및 곡선과 직선이 조합된 경사는 경사가 외측(外測) 차로에서 커지므로 배수상으로는 이상적이며, 도로 폭이 넓은 도로에 적합하나 기계화 시공이 매우 곤란하다.

따라서 넓은 폭의 도로에서 외측 차로의 횡단경사를 크게 할 필요가 있는 경우에는 <그림 8.1>과 같이 2종류의 직선경사를 조합하는 방법을 사용할 수 있다.

이때 노면 정점 부근의 횡단형상을 원활하게 하고, 각각의 차로 경사의 차이를 1% 정도로 제한하여 앞지르기 자동차의 충격을 가능한 한 완화시켜야 한다.



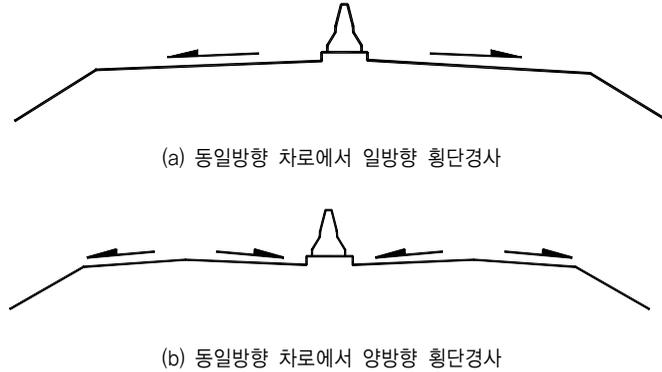
<그림 8.1> 직선 경사의 조합

차도가 왕복 분리되어 있지 아니한 경우에는 일반적으로 차도 중앙을 노면의 정점으로 하고 양측으로 내리막경사를 설치하지만 차도가 왕복 분리되어 있는 경우에는 <그림 8.2>와 같이 2종류의 단면이 고려된다. <그림 8.2(a)>는 가장 일반적인 단면이다. 설계 및 시공이 용이하고 노면배수도 <그림 8.2(b)>에 비하여 간단하다.

<그림 8.2(b)>는 강우 시에 노면의 유로 길이가 단축되고, 따라서 용설 시 노면의 결빙을 최소화할 수 있으며, 노면의 높은 점과 낮은 점의 고저차가 적으므로 편경사의 설치가 용이하다.

그러나 중앙분리대에 종방향 배수구를 설치할 필요가 있으며, 교차로에서의 접속설치가 매우 어렵다.

따라서 <그림 8.2(b)>는 강우가 많은 지역 및 강설이 많은 지역이나 편도 3차로 이상의 도로에 적합하다.



<그림 8.2> 횡단경사 설치방법

### (3) 도로 포장부 횡단경사

횡단경사의 값을 결정함에 있어서는 통행 자동차의 종류, 기상, 도로의 선형, 종단경사 및 노면의 종류 등을 고려하여야 한다. ‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙’에서는 도로 포장부(차도, 길어깨의 측대, 중앙분리대의 측대) 횡단경사의 표준값으로 배수에 가장 영향이 큰 노면의 종류와 차로 수에 따라 <표 8.2>와 같이 규정하고 있다.

우리나라 고속도로의 설계시에는 표준 횡단경사로 2.0%를 사용하고 있다.

<표 8.2> 포장부의 횡단경사

노 면 의 종 류	횡 단 경 사(%)	
	편도 1차로	편도 2차로
아스팔트·시멘트 콘크리트 포장도로	1.5	2.0
간이 포장 도로	2.0	4.0
비포장 도로	3.0~6.0	

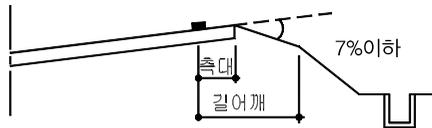
### (4) 길어깨의 횡단경사

길어깨(측대 제외)에도 배수의 목적으로 충분한 경사를 두어야 하나 자동차 주행 시 위험을 느끼지 않도록 하여야 한다.

길어깨에서 측대를 제외한 폭이 1.5m 이하로 협소하여 길어깨 포장 시공성과 편경사 적용이 곤란한 경우에는 차도면과 동일한 경사로 설치할 수 있으며 평면곡선부에서 편경사가 설치된 노면의 외측 길

어깨에는 자동차의 운전상으로는 차도 면과 동일경사가 바람직하나 강우 시 배수를 고려하여 <그림 8.3>과 같이 차도의 경사와 반대로 횡단경사를 설치할 수 있다.

이 경우 본선의 최대편경사가 6%인 경우에는 <그림 8.3>과 같이 그 경사차를 7%로 하며, 지방지역의 적설한랭 지역을 제외한 기타지역 및 연결로의 경우처럼 최대편경사가 6%를 초과할 경우는 차도 면과의 경사차를 8% 이하로 적용한다.



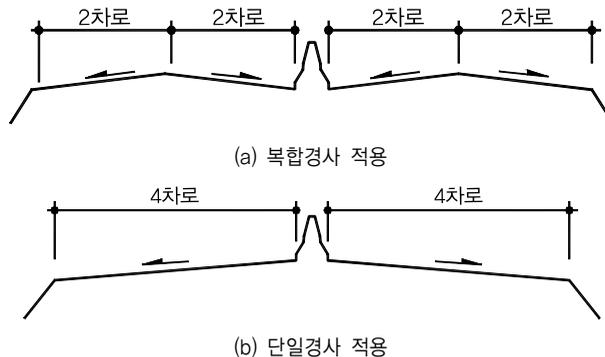
<그림 8.3> 길어깨의 횡단경사

교량 혹은 터널 사이의 토공구간에서 토공구간의 평면선형이 곡선이고 구간의 길이가 100m 미만인 경우, 또는 500m 이상을 단위로 한 구간에 있어서 구조물 길이가 대략 60% 이상인 경우(예를 들면, 교량 350m와 토공 150미터)에는 차도의 횡단경사와 동일한 경사를 길어깨에 적용할 수 있다.

#### (5) 다차로 도로의 횡단경사 설치방법

다차로 도로의 경우 횡단경사의 설치에 대한 배수를 위하여 노측으로 단일 경사 또는 중앙분리대측과 노측으로 양분하는 복합 경사로 구성하기도 한다. 양분하여 횡단을 구성하게 되면 도로 중앙과 노측부의 높이 차를 줄일 수 있으며, 집중강우에 대하여 배수시켜야 할 우수량을 분산시킬 수 있어 그 효율성은 증대하게 되나 시공 시 번잡함을 피할 수 없다.

다차로 도로의 횡단경사의 설치에 이상과 같은 경우를 감안하여 4차로의 경우 단일 경사적용을 원칙으로 하고, 6차로 이상의 경우 단일경사 및 복합경사 적용을 함께 고려하여 적용할 수 있으나 시공성과 편경사 접속시의 문제점 등을 고려하여 우리나라에서는 단일 경사를 적용하고 있다.



<그림 8.4> 횡단경사 설치(8차로 도로의 경우)

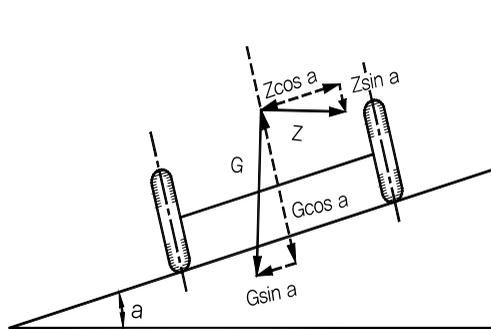
## 8.2 곡선부의 편경사

- (1) 도로의 곡선부를 주행하는 자동차는 원심력을 받게 되는데, 노면에 편경사를 붙임으로써 노면과 타이어 간의 마찰에 의해서 횡단 방향으로 안정된 주행을 유지할 수 있도록 한다.
- (2) 편경사 설치의 기준점은 차도의 가장자리(외측연)로 한다.

### (1) 개요

도로의 평면 곡선부를 주행하는 자동차는 원심력을 받게 되는데, 노면에 편경사를 붙임으로써 횡단 방향으로 안정된 주행을 유지할 수 있다.

〈그림 8.5〉의 식에서,  $g_i$ 는 중력가속도의 노면에 수직 방향 성분이므로 차 내의 사람에게서는 불쾌감을 주는 것이 아니지만  $g_f$ 는 차 내의 사람을 횡방향으로 밀어내는 힘이 되어 인체에 불쾌감을 주게 된다. 따라서, 이  $g_f$ 를 감소시키기 위해서 편경사는 될 수 있는 대로 크게 취하는 것이 필요하겠지만 설계속도보다 훨씬 느린 속도로 주행하는 자동차는 편경사 때문에 생기는 곡선부의 안쪽으로 향하는 힘에 대응하기 위해서 부자연스러운 핸들 조작을 강요당하게 될 뿐만 아니라 제동시에 횡방향으로 미끄러지게 되며, 또 결빙시의 발진 등을 고려하면 너무 큰 값의 편경사를 붙일 수는 없다



$$\frac{V^2}{R} \leq g_f + g_i$$

여기서,  $V$  : 속도(m/sec)

$R$  : 평면곡선반지름(m)

$g$  : 중력가속도( $9.8\text{m/sec}^2$ )

$f$  : 마찰계수

$i$  : (편경사/100= $\tan\alpha$ )

$G$  : 자동차의 총중량(kg중)

$Z$  : 원심력( $\text{kg} \cdot \text{m/sec}^2$ )

〈그림 8.5〉 곡선부에서 자동차의 주행과 편경사

### (2) 편경사 설치의 기준

평면곡선 반지름이 변하는 곳에서는 이에 따라 편경사도 변한다.

편경사를 변화시키는 편경사 설치의 기준점을 취하는 방법에는 차도 중심선을 기준으로 하는 방법과, 차도단을 기준으로 하는 방법이 있다.(〈그림 8.6〉 참조)

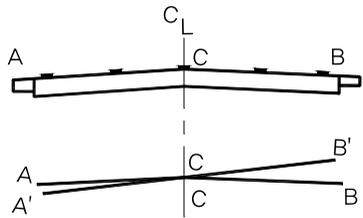
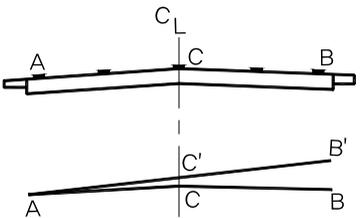
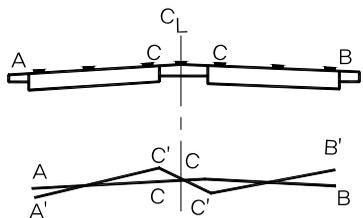
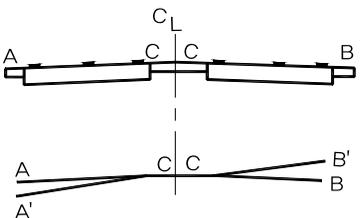
차도 중심선을 편경사를 설치하는 기준점으로 삼는 경우의 장단점과 적용 대상은 다음과 같다.

- ① 포장 끝의 단차를 줄여서 측방여유를 확보하는데 유리하다.
- ② 중앙분리대의 시공성과 미관이 불량하다.
- ③ 중앙분리대의 폭이 넓은 분리도로 또는 2차로 도로에 적용한다.

포장 끝을 편경사를 설치하는 기준점으로 삼는 경우의 장단점과 적용 대상은 다음과 같다.

- ① 포장 끝의 단차가 커서 측방여유를 확보하는데 불리하다.
- ② 중앙분리대의 시공성과 미관이 양호하고, 편경사의 설치가 용이하다.
- ③ 분리도로의 경우, 중앙분리대의 폭이 좁은 도로에 적합하다. 4차로 이상 또는 평면 선형이 분리된 도로(분리차도)에 주로 적용된다.

고속도로의 경우, 설계시에는 최대 편경사를 6.0%로 제한하고 있어서 단차가 커질 우려가 적고, 4차로 이상의 다차로로 건설되는 경우가 일반적이며, 편경사 설치가 용이하다는 점을 고려하여, 이 요령에서는 분리 도로의 경우 평면선형이 분리된 분리 차도 또는 인터체인지의 일 방향 연결로의 경우, 각 차도의 안쪽 가장자리(중앙분리대의 양 끝)를 편경사 설치의 기준점으로 삼는 것을 원칙으로 한다. 평면선형이 분리된 분리 차도 또는 인터체인지의 일 방향 연결로의 경우, 차도의 바깥쪽 가장자리를 편경사 설치의 기준점으로 삼는 것을 원칙으로 한다.

구 분	회 전	축
비분리 도로 (중앙분리대가 없는 경우)	도 로 중 심 선	포 장 끝
		
분리 도로 (중앙분리대가 있는 경우)	차 도 중 심 선	중앙분리대의 양 끝
		

주) A, B, C는 직선부의 표준 횡단경사

〈그림 8.6〉 횡단면 설계의 기준점 위치

## 8.2.1 곡선부의 최대 편경사

차도의 평면곡선부에는 도로가 위치하는 지역, 적설정도, 설계속도, 평면곡선 반지름, 지형 상황 등에 따라 다음 표의 비율 이하의 최대 편경사를 두어야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 편경사를 두지 아니할 수 있다.

- (1) 평면곡선 반지름을 고려하여 편경사가 필요 없는 경우
- (2) 설계속도가 시속 60킬로미터 이하인 도시지역의 도로에서 도로 주변과의 접근과 다른 도로와의 접속을 위하여 부득이하다고 인정되는 경우

〈표 8.3〉 최대 편경사

구 분		최대 편경사(퍼센트)
지방지역	적설한랭지역	6
	기타지역	8
도시지역		6
연결로		8

### (1) 최대 편경사

곡선부의 최대 편경사는 앞에서 기술한 바와 같이 너무 크게 설치할 수 없으므로 원심력 중 운전자가 불쾌감을 느끼지 않을 정도의 힘만 횡방향 미끄럼 마찰력으로 분담하도록 하고 나머지 부분은 편경사가 분담할 수 있도록 최대 편경사의 크기를 6~8%의 범위로 결정하였으므로 그 도로가 설치되는 지역 조건과 기상조건에 따라 최대 편경사의 크기를 적정하게 적용토록 하여야 한다.

또한 설계속도가 낮은 연결로는 짧은 구간의 도로이며 경제적 측면과 교통안전 등을 고려하여 최대 편경사의 크기를 8%까지 적용할 수 있도록 하였다.

한편, 도시지역에서는 교차 도로의 밀도가 높고, 신호등에 의한 정차가 많으며, 연도 이용상 부적당하다는 점 등의 이유로 편경사는 지방부 도로와 같이 크게 붙이기가 곤란하다. 특히, 평면 교차부에서는 편경사가 본선에 설치된 경우, 좌 우회전 자동차가 이로 인하여 주행이 어려워 각 방향의 교통흐름이 불편하게 된다. 따라서 설계속도가 60km/h 이하인 도시지역 도로에서는 부득이한 경우에 편경사를 붙이지 아니할 수도 있도록 하였다.

우리나라 고속도로의 설계시에는 설계속도에 따른 최소 평면곡선 반지름을 만족시킬 수 있도록 최대 편경사를 6.0%로 하였다.

### 8.2.2 편경사를 생략할 수 있는 최소 평면곡선 반지름

도로의 횡단경사는 노면배수를 원활하게 처리할 수 있는 크기를 확보하여야 하나 편경사가 너무 작은 경우에 노면배수의 처리가 원활하게 이루어지지 못하는 경우가 발생하게 된다.

그러므로 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름은 편경사의 값이 1.5% 이하인 평면곡선반지름의 크기로 설정하였다. 이는 평면곡선반지름이 커지면 원심력에 대하여 노면과 타이어의 마찰력만으로 충분히 저항할 수 있으므로 불필요한 노면의 비틀림을 없애기 위해서 편경사를 생략한다.

이렇게 설정된 평면곡선반지름 구간에 대하여 편경사를 설치하지 않았을 때 이 구간을 주행하는 자동차가 원심력에 안전한가는 원심력에 대항하기 위한 횡방향 미끄럼 마찰계수의 값의 크기에 좌우된다. 편경사를 생략할 수 있는 최소의 평면곡선반지름에 대하여 표준 횡단경사를 적용하여 미끄럼 마찰계수의 값을 산정하여 보면 <표 8.4>와 같다.

<표 8.4> 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선 반지름(R)과 횡방향 미끄럼 마찰계수(f)의 관계  
(표준횡단경사 - 2% 적용 시)

설계속도 (km/h)	최대 편경사 6%		최대 편경사 7%		최대 편경사 8%	
	R(m)	f	R(m)	f	R(m)	f
120	6,900	0.0364	7,100	0.0360	7,200	0.0357
110	5,800	0.0364	5,900	0.0361	6,000	0.0359
100	4,800	0.0364	4,900	0.0361	5,000	0.0357
90	3,900	0.0364	4,000	0.0359	4,000	0.0359
80	3,100	0.0363	3,100	0.0363	3,200	0.0357
70	2,300	0.0368	2,400	0.0361	2,400	0.0361
60	1,700	0.0367	1,800	0.0357	1,800	0.0357
50	1,200	0.0364	1,200	0.0364	1,200	0.0364
40	800	0.0357	800	0.0357	800	0.0357
30	400	0.0377	450	0.0357	500	0.0342
20	200	0.0357	200	0.0357	200	0.0342

<표 8.4>에서 보듯이 설계속도에 따라 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름의 횡방향 미끄럼 마찰계수의 값은  $f=0.034\sim 0.0368$ 의 범위로서 원심력에 대하여 주행의 안전성과 쾌적성을 충분히 확보할 수 있음을 알 수 있다.

또한 표준 횡단경사가 1.5%인 경우에는 횡방향 미끄럼 마찰계수의 값은 더 작게 나타나게 되므로 <표 8.4>의 평면곡선반지름을 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름으로 적용하여도 자동차의 주행에 충분히 안전과 쾌적을 확보할 수 있다.

## 8.2.3 편경사와 평면곡선반지름

(1) 고속도로에서 적용할 수 있는 최대 편경사를 6.0퍼센트로 하여, 편경사에 대한 해당 평면곡선반지름을 구하면 <표 8.5>와 같다.

<표 8.5> 편경사와 설계속도에 따른 평면곡선반지름 (단위 : 미터)

설계속도 (킬로미터/시간)	평면곡선반지름에 따른 편경사					
	NC	2퍼센트	3퍼센트	4퍼센트	5퍼센트	6퍼센트
120	6,900이상	6,900 ~3,840	3,840 ~2,470	2,470 ~1,610	1,610 ~1,050	1,050 ~710
110	5,800이상	5,800 ~3,230	3,230 ~2,070	2,070 ~1,360	1,360 ~880	880 ~600
100	4,800이상	4,800 ~2,650	2,650 ~1,690	1,690 ~1,070	1,070 ~690	690 ~460
90	3,900이상	3,900 ~2,150	2,150 ~1,370	1,370 ~880	880 ~560	560 ~380
80	3,100이상	3,100 ~1,680	1,680 ~1,060	1,060 ~670	670 ~420	420 ~280
70	2,300이상	2,300 ~1,280	1,280 ~800	800 ~490	490 ~310	310 ~200
60	1,700이상	1,700 ~940	940 ~580	580 ~350	350 ~220	220 ~140
50	1,200이상	1,200 ~650	650 ~400	400 ~230	230 ~140	140 ~90
40	800이상	800 ~420	420 ~260	260 ~150	150 ~90	90 ~60
30	400이상	400 ~240	240 ~150	150 ~85	85 ~50	50 ~30
20	200이상	200 ~110	110 ~65	65 ~35	35 ~25	25 ~15

주) NC : 표준횡단경사 적용(편경사 생략)

## (1) 개요

설계 시 평면곡선 반지름의 크기가 결정되면 그 도로의 설계속도와 평면곡선 반지름에 따른 적절한 편경사를 결정하여야 한다. 여기에서는 설계속도에 따른 곡선 반지름에 대해서 두어야 할 편경사를 규정한다.

(2) 평면곡선 반지름과 편경사의 관계

곡선부를 주행하는 자동차의 미끄럼에 대한 안전 한계에 대해서는 다음 식으로 설명할 수 있다.

$$i + f = \frac{V^2}{127 \cdot R} \tag{8.1}$$

여기서,  $i$  : (편경사/100)

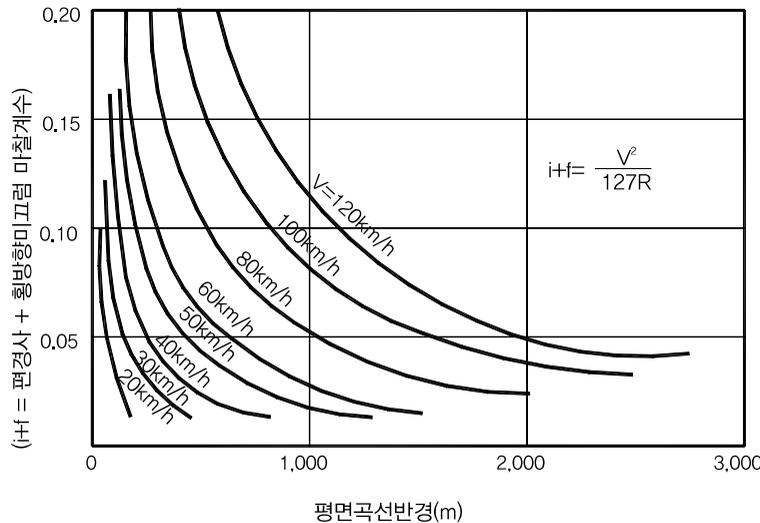
$f$  : 노면의 횡방향 미끄럼 마찰 계수

$V$  : 자동차의 속도(km/h)

$R$  : 곡선반지름(m)

위의 식에서 편경사와 횡방향 마찰력이 각각 어느 정도의 원심력을 분담하도록 할 것인가에 따라  $i$ 와  $f$ 의 값이 상관관계를 갖게 되며  $i, f$ 의 두 값을 각각 어떠한 비율로 취하는 것이 타당할 것인가를 판단하여야 한다.

식(8.1)에 의거 평면곡선반지름과 ( $i+f$ )의 관계를 설계속도에 따라 나타내면 <그림 8.7>과 같다.



<그림 8.7> ( $i+f$ )와 곡선반지름( $R$ )의 관계

<그림 8.7>에서 알 수 있는 바와 같이, 어느 평면곡선반지름에 대해서 편경사의 값을 정하면 횡방향 미끄럼 마찰계수, 즉 운전자가 느끼는 횡방향의 가속도를 알 수가 있다.

<그림 8.7>에서 평면곡선반지름이 작아짐에 따라 ( $i+f$ )의 값은 급격히 증가함을 알 수가 있다. 또, 설계 속도가 높아지면 ( $i+f$ )의 값이 커지며, 평면곡선 반지름이 작을 경우 속도증가에 대한 ( $i+f$ )값의 증가량이 커짐을 알 수 있다.

이 점으로 볼 때 평면곡선 반지름이 작은 경우에는 약간의 속도 증가로도 쾌적성에 큰 영향이 있게

되며, 평면곡선반지름이 큰 경우의 쾌적성을 저해하지 않는 속도의 범위가 넓어져 간다는 것을 알 수가 있다.

### (3) 편경사와 횡방향 미끄럼 마찰계수의 분배

평면곡선부에서 원심력에 대하여 운전자가 불쾌감을 느끼지 않고 안전하게 주행하도록 하기 위하여서는 설계속도와 평면곡선 반지름의 크기에 따라, 편경사와 횡방향 미끄럼 마찰력이 균형 있게 분배되어야 하며, 이 분배로부터 그 평면곡선부에 편경사를 어느 정도로 설치할 것인가를 결정하여야 한다. 편경사와 횡방향 마찰력을 분배하여 원심력을 상쇄시킬 수 있는 방법은 다음의 5가지가 있다.

① 방법 1 : 편경사와 횡방향 미끄럼 마찰력을 평면곡선반지름의 곡률( $1/R$ )에 직선 비례로 증가시키는 방법(평면곡선반지름에 반비례)

편경사와 평면곡선 반지름의 곡률과의 관계, 횡방향 미끄럼 마찰력과 평면곡선 반지름의 곡률과의 관계를 직선식으로 나타낸 이 방법은 횡방향 미끄럼 마찰계수가 이상적으로 분배되어 저야 하므로, 어떠한 구간에서도 자동차의 속도가 일정하여야 한다. 그러나 운전자는 도로조건 및 교통조건에 따라 자동차의 속도를 변화시키게 되므로 이 방법을 사용한 경우에는 직선식의 중간 정도에 해당되는 평면곡선반지름의 구간에서는 편경사를 상향 조정하는 것이 바람직하다.

② 방법 2 : 자동차가 설계속도로 주행할 때, 먼저 횡방향 미끄럼 마찰계수를 평면곡선 반지름의 곡률에 직선 비례하여 최대 횡방향 미끄럼 마찰력까지 증가시키고 난 후, 편경사를 평면곡선 반지름의 곡률에 직선비례로 증가시키는 방법

자동차가 설계속도로 주행할 때, 최대 횡방향 미끄럼 마찰력으로 원심력에 대응할 수 있는 평면곡선 반지름까지는 횡방향 미끄럼 마찰계수를 평면곡선반지름의 곡률에 직선비례로 분배시키고, 더 작은 평면곡선반지름에서는 최대 횡방향 미끄럼 마찰력보다 더 큰 원심력의 나머지 부분을 편경사가 분담하도록 편경사를 최대 편경사까지 평면곡선 반지름의 곡률에 직선비례로 분배하는 방법으로, 최대 횡방향 미끄럼 마찰력에 도달한 후 편경사를 설치하므로 편경사가 급격하게 변화된다. 또한 이 방법은 횡방향 미끄럼 마찰계수의 분배에 의존하므로 일반적으로 도심에서와 같이 일정한 속도가 유지되기 어려운 도로와 편경사를 자주 변화시키기 어려운 도로에서 사용한다.

③ 방법 3 : 자동차가 설계속도로 주행할 때, 먼저 편경사를 평면곡선 반지름의 곡률에 직선비례로 최대 편경사까지 증가시키고 난 후 횡방향 미끄럼 마찰계수를 평면곡선 반지름의 곡률에 직선비례로 증가시키는 방법.

자동차가 설계속도로 주행할 때 최대 편경사로 원심력에 대응할 수 있는 평면곡선 반지름까지는 편경사를 평면곡선반지름의 곡률에 직선비례로 분배시키고, 더 작은 평면곡선 반지름에서는 최대

편경사로 분담할 수 있는 원심력보다 더 큰 나머지 부분을 횡방향 미끄럼 마찰력이 분담하도록 최대 횡방향 미끄럼 마찰력까지 횡방향 미끄럼 마찰계수를 평면곡선 반지름의 곡률에 직선비례로 분배하는 방법으로, 횡방향 미끄럼 마찰계수의 변화가 심하게 되어 평면곡선부마다 횡방향 미끄럼 마찰계수의 분배가 서로 다르게 되며, 주행하는 자동차의 속도변화가 다양하게 되는 단점이 있다. 또한 일부구간에서 편경사가 과다하게 설치되며, 평면곡선반지름이 큰 구간에서 설계속도보다 낮은 속도로 주행하는 자동차에는 (-)의 횡방향 미끄럼 마찰계수가 적용된다.

- ④ 방법 4 : ③의 방법에서 설계속도를 평균 주행속도로 적용하는 방법.

설계속도보다 느린 속도로 주행하는 자동차를 고려하여 방법 ③에서 자동차의 속도를 낮추어 평균 주행속도를 적용한 방법으로, 설계속도보다 낮은 속도로 주행하는 자동차에는 과다하게 편경사가 설치되는 방법 ③의 단점은 해소되나, 우리나라 운전자의 주행습관에 맞지 않으며, 최대 편경사에 이른 후에는 방법 ③과 같은 결과가 나타난다. 특히, 설계속도가 낮은 도로에서는 횡방향 미끄럼 마찰계수가 급격히 변화하게 된다.

- ⑤ 방법 5 : ①과 ③의 방법에서 얻어진 값들을 이용하여 포물선 식으로 편경사와 횡방향 미끄럼 마찰계수를 결정하는 방법.

운전자가 평면곡선 반지름의 크기에 따라 속도를 다양하게 변화시키므로 횡방향 미끄럼 마찰계수와 편경사의 직선적인 변화는 운전자의 행태와는 조화되지 않는다. 그러므로 설계속도에 대응하는 횡방향력을 편경사가 받도록 한다는 것을 고려하여, 평면곡선 반지름이 작아짐에 따라 서서히 편경사와 횡방향 미끄럼 마찰계수를 포물선으로 변화시키는 방법으로, 편경사와 횡방향 마찰력을 가장 합리적으로 만족시킬 수 있는 방법이다.

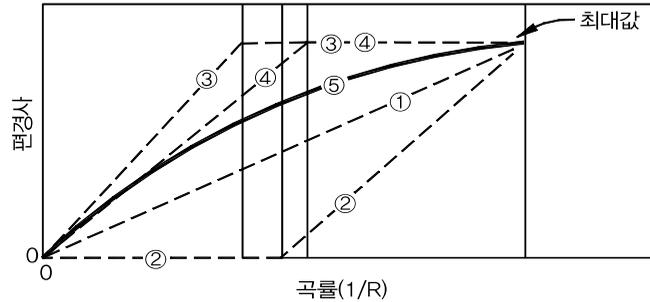
이상의 방법을 도식화하여 보면 <그림 8.8>과 같다.

#### (4) 편경사의 계산

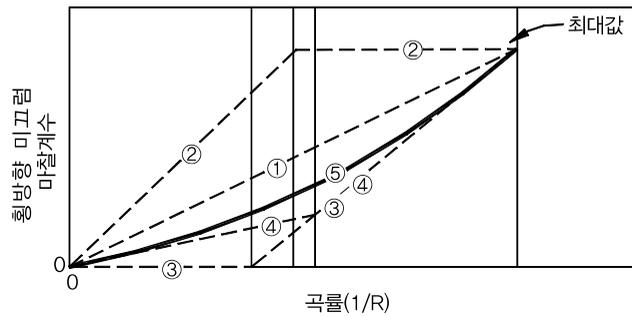
편경사와 횡방향 미끄럼 마찰계수의 분배는 방법 ⑤에 의하며 이것으로 설계속도, 평면곡선 반지름에 적당한 편경사를 다음과 같은 순서로 산정한다.

- ① 방법 3의 직선식에서 유추한 포물선식으로 평면곡선반지름에 따른 횡방향 미끄럼 마찰계수( $f$ ) 산정
- ② 방법 1에서 그 평면 곡선반지름에 따른 원심력에 대응할 수 있는 편경사와 횡방향 미끄럼 마찰계수의 전체값( $i+f$ )을 산정

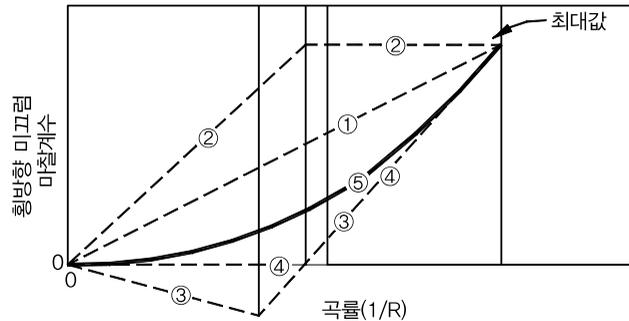
가) 설계속도에 따른 편경사와 평면곡선반지름의 관계



나) 설계속도에 따른 횡방향 미끄럼 마찰계수와 평면곡선반지름의 관계



다) 주행속도에 따른 횡방향 미끄럼 마찰계수와 평면곡선반지름의 관계



〈그림 8.8〉 편경사와 횡방향 미끄럼 마찰계수의 분배방법

③ 방법 1의 (i+)'에서 방법 3의 횡방향 미끄럼 마찰계수  $f$ 의 값을 감한 값을 그 평면곡선 반지름에 필요한 편경사로 결정

(가) 포물선식의 산정

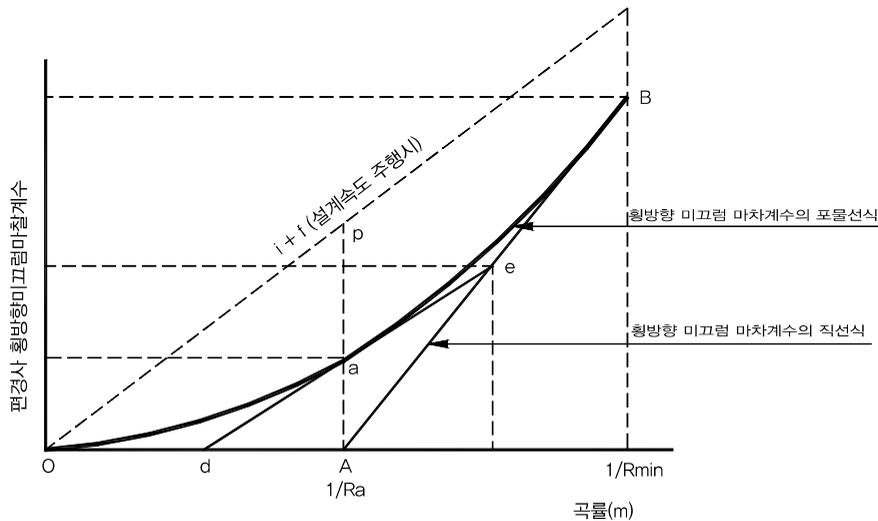
평면곡선부를 설계속도로 주행할 때 운전자에게 작용하는 원심력을 최대 편경사로서 대응할 수 있는 평면곡선반지름까지는 횡방향력이 작용하지 않도록 횡방향 미끄럼 마찰계수  $f=0$ 으로 하고, 그보

다 더 작은 평면곡선반지름에서는 최대 편경사로 분담할 수 있는 원심력보다 큰 나머지 힘을 횡방향 미끄럼 마찰력으로 대응할 수 있도록 가정할 때, <그림 8.9>에서 보듯이, 편경사의 설치가 필요치 않은 평면곡선반지름을 나타내는 점 O, 최대 편경사가 필요한 평면곡선반지름을 나타내는 점 A 및 그 설계속도에서의 최소 평면곡선반지름을 나타내는 점 B로 이어지는 횡방향 미끄럼 마찰계수에 대한 직선 비례식 (O-A-B)을 얻을 수 있다.

이 직선식에서 직선 OA의 중점을 d, 직선 AB의 중점을 e, 직선 de와 점 A의 수선과의 교점을 a라 할 때, 각각의 직선에 접하는 포물선식을 횡방향 미끄럼 마찰계수의 분배를 위한 포물선 식으로 한다. 여기서 점 B는 최소 평면곡선반지름(최대 곡률)을 나타내며, 점 A의 평면곡선반지름의 크기는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$R_a = \frac{V^2}{127 \cdot i_{\max}} \quad (8.2)$$

각각의 직선(O-d-a, a-e-B)에 접하는 포물선 식을 구하여보면 다음과 같다.



<그림 8.9> 편경사와 횡방향 마찰계수 분배

① 직선 od, da에 접하는 포물선 식 (R)R<sub>a</sub> 일 때의 포물선 식)

$$f_1 = \frac{1}{2} \times f_{\max} \times R_{\min} \times R_a \times \left(\frac{1}{R}\right)^2 \quad (8.3)$$

여기서,  $f_{\max}$  : 설계속도에 따른 최대 횡방향 미끄럼 마찰계수

$R_{\min}$  : 설계속도에 따른 최소 평면곡선 반지름

$R$  : 설계에 적용한 평면곡선 반지름

$f_1$  :  $R \setminus R_a$ 일 때 R에 대응하는 횡방향 미끄럼 마찰계수

② 직선 ae, eB에 접하는 포물선 식 ( $R \leq R_a$  일 때의 포물선 식)

$$f_2 = \frac{f_{mzx}}{\left(\frac{1}{R_{\min}} - \frac{1}{R_a}\right)^2} \times \left\{ \frac{R_{\min}}{2Ra} \times \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{R_{\min}} - \frac{2}{R}\right) + \frac{1}{R} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{R_a} \left(\frac{2}{R_a} - \frac{1}{R_{\min}}\right) \right\} \quad (8.4)$$

여기서,  $f_2$  :  $R \leq R_a$ 일 때 R에 대응하는 횡방향 미끄럼 마찰계수

#### (나) (i+f)의 산정

정하여진 설계속도와 평면곡선 반지름에 따라 식 (8.1)을 이용하여 (i+f)의 값을 산정한다.

#### (다) 편경사 산정

(i+f)의 산정결과와 평면곡선 반지름의 크기에 따라 식 (8.3), 식 (8.4)를 이용하여  $f_1$ ,  $f_2$ 를 산정하고 (i+f) - ( $f_1$ , 혹은  $f_2$ )로 편경사를 산정한다.

### (5) 적용시의 주의사항

#### (가) 일반사항

적설, 한랭지역의 도로를 제외하고는 최대 편경사를 8%까지 적용할 수 있으며, 이는 고속 자동차의 경우에는 더욱 안전성을 증가시킬 수 있으나 저속 자동차의 혼입률이 많은 경우에는 횡방향 미끄럼 등을 고려하여 적용하는 것이 바람직하다.

따라서 6%를 초과하는 편경사를 적용하는 경우는 순간적인 쾌적성의 증대보다는 안전성의 측면을 고려하여 적용하는 것이 좋을 것이다.

편경사를 너무 높게 하면 겨울철에 도로면이 결빙되었을 때, 또는 자동차가 정지하게 될 때, 곡선의 안쪽으로 자동차가 미끄러지게 된다. 특히 도시지역에서는 교통량의 영향으로 자동차가 정지하는 횟수가 많으므로 지나치게 높은 편경사를 적용하는 것은 곤란하다. 따라서 이러한 지역에서는 최대 편경사를 6%로 제한하는 것이 도로의 안전성 증진에 도움이 된다.

그러나 지형상황 등으로 인하여 평면곡선반지름을 작게 설치하여야 할 경우, 안전에 대한 특별한 대책을 수립한 경우나 연결로와 같이 짧은 구간 통행이 이루어지는 경우에는 최대 편경사의 값을 8%까지 크게 적용할 수 있다.

## (나) 도시지역(특히 시가부) 도로에 대하여

평면곡선부를 주행하는 자동차 주행의 특성을 고려할 때, 안전성과 쾌적성 측면에서 도로에 편경사를 붙이는 것이 원칙이나 도시지역 도로에서는 도로 주변의 상황, 교차점에서 가로상호간의 관계, 배수 등의 문제로 때때로 편경사를 붙일 수 없는 경우가 많다.

그러므로 도시지역 내 도로에서는 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름으로 설계함이 바람직하며, 이때 횡방향 미끄럼 마찰계수는 설계속도 60km/h 이상인 도로에서는 0.14, 설계속도 60km/h 미만인 도로에서는 0.15를 넘지 않도록 하여야 한다.

그러나 도시고속도로, 도시 내 우회도로 등 설계속도가 70km/h 이상의 도로, 입체교차 구간 및 도로의 주변상황에 제약조건이 없는 경우에는 지방지역도로의 기준으로 편경사를 붙여야 한다.

지방지역도로와는 달리 도시지역도로에서 편경사를 붙이기 어려운 경우, 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름 및 평면곡선반지름에 따른 편경사는 다음 식으로 산정하도록 한다.

$$i = \frac{V^2}{127R} - (0.14 \sim 0.15) \quad (8.5)$$

## (다) 비포장도로 등의 편경사

배수를 목적으로 한 횡단경사는 노면의 종류에 따라 1.5~4.0%의 배수경사가 필요하다. 예를 들면 비포장 도로에서는 3~5%의 배수경사가 적당한데 그 이상의 완만한 편경사를 사용한다는 것은 바람직한 것이 못된다.

이와 같은 경우, 앞서 기술한 표준값을 적용하려면 배수경사보다 완만한 편경사가 요구되는 평면곡선반지름에 대하여는 모두 직선부의 횡단경사와 같은 편경사를 붙이고, 평면곡선 반지름이 이보다도 작을 때에는 표준값을 적용하면 된다.

그러나 이와 같은 조치는 포장할 때까지 배수를 고려한 잠정적인 것이므로 포장을 하는 경우에는 표준값에 의한 편경사를 붙이도록 하여야 한다.

## (라) 중앙분리대 및 길어깨의 편경사

중앙분리대 중 분리대를 제외한 측대부분 및 길어깨의 측대부분도 차도와 동일한 편경사를 붙이도록 한다.

그러나 측대를 제외한 나머지 부분은 배수처리상의 문제 등으로 차도와 동일한 편경사를 붙이는 것이 매우 비경제적인 경우에는 어느 정도 상이한 편경사를 붙일 수 있다.

## 8.2.4 편경사의 접속설치

- (1) 편경사의 회전축으로부터 편경사가 설치되는 차로 수가 2개 이하인 경우의 편경사의 접속설치길이는 설계속도에 따라 다음 표의 편경사 최대 접속설치율에 따라 산정된 길이 이상이 되어야 한다.

〈표 8.6〉 설계속도 따른 편경사 최대 접속설치율

설계속도(킬로미터/시간)	편경사 최대 접속설치율
120	1/200
110	1/185
100	1/175
90	1/160
80	1/150
70	1/135
60	1/125
50	1/115
40	1/105
30	1/ 95
20	1/ 85

### (1) 개요

원곡선 구간의 편경사의 값은 평면 곡선 반지름에 따라 '8.2.3 편경사와 평면곡선반지름'의 규정에 따르고, 편경사를 필요로 하지 않는 구간(직선 구간 및 역편경사를 붙일 수 있는 구간)에서는 표준 횡단경사(2.0%)로 횡단면을 설계한다. 이때 각 구간의 편경사를 정한 후에 각각의 구간을 원활하게 연결해서 연속시키는 작업이 편경사의 접속설치이다. 편경사의 접속설치율 또는 접속설치 비율이란 편경사 설치의 기준점에 대한 측대 바깥 지점의 상대적인 오르내림 비율을 말하는 것으로서, 접속설치율은 식 (8.6)을 이용하여 구할 수 있다.

$$q = \frac{B\Delta i}{100L_s} \quad (8.6)$$

여기서,  $q$  : 접속설치율(m/m)

$L_s$  : 접속설치 길이(완화곡선 길이)(m)

$B$  : 기준선에서 차도 측대 끝 지점까지의 폭(m)

$\Delta i$  : 접속설치 구간의 시점과 종점간의 편경사 차이(%)

일반적으로 원곡선의 앞뒤에는 완화곡선이 삽입되므로 접속설치는 완화곡선의 전 구간에 걸쳐서 하는 것이 바람직하다.

## (2) 최대 접속설치율

편경사의 변화는 차도면을 횡단면 설계의 기준점 주위로 회전해서 얻어진다. 따라서, 편경사의 접속설치율 함은 도로 진행 방향에 대하여 차도면을 어떻게 비틀리게 하느냐의 문제이다.

차도의 최대 접속설치율은 도로 또는 차도 중심선(회전의 기준점)에 대한 차도 끝의 상대적인 상승 또는 하강속도(차도 끝의 상대경사)가 급격하게 되어 미관상 좋지 않게 되지 않도록 규정되어 있다. 이 때문에 미관상 최저한 필요로 하는 상대경사를 선정하고, 이를 최대 접속설치율로 해서 완화구간 길이는 이 규정의 접속설치율이 지켜지도록 그 길이를 택하도록 한다.

### (가) 각국의 최대 접속설치율

우리나라와 외국에서 채택하고 있는 최대 편경사 접속설치율과, 기존에 국내에 설치된 편경사 접속설치율은 <표 8.7>과 같다.

<표 8.7> 편경사의 최대 접속설치율의 각국 규정치

나라별	설계속도 (km/h)	120	110	100	90	80	70	60	50
	AASHTO(미국)		1/250	1/238	1/222	1/210	1/200	1/182	1/167
일 본		1/200	-	1/175	-	1/150	-	1/125	1/115
우리나라		1/200	1/185	1/175	1/160	1/150	1/135	1/125	1/115

<표 8.8> 편경사의 접속설치의 국내설치 예

노 선 명	본 선 차로 수	본선 설계속도(km/h)				비 고
		120	100	60	40	
중부고속도로	4	1/250	1/200	1/150	1/150	차로 수는 편도 2차로 기준
남해고속도로 (사천-광양)	4	-	1/200	1/125	1/100	
서해안 고속도로 (인천-안산)	6	1/250	1/200	1/125	1/100	
경부고속도로 (수원-청원)	6	-	1/130	1/175	1/150	
	8	-	1/125	1/175	1/150	
영동고속도로 (신갈-원주)	4	-	1/200	1/125	1/100	
구마고속도로 (옥포-내서)	4	-	1/200	1/125	1/100	
서울 외곽 순환도로	8	-	1/130	1/125	1/100	

**(나) 접속 설치율의 보정**

편경사 접속 설치율의 규정은 편경사의 설치 기준점인 회전축으로부터 편경사가 설치되어야 하는 차로 수가 2차로 이하인 경우이므로 차로 수가 2차로를 넘게 되면, 편경사 접속 설치율로 부터 산정한 접속 설치길이를 편경사를 설치할 경우, 변화길이가 길어 노면배수가 원활치 못하게 되며, 또한 완화곡선과의 상관관계를 고려할 때 그 길이를 제한할 필요가 있다. 그러므로 회전축으로부터 편경사가 설치되어야 하는 차로 수가 3·4·5·6차로가 될 때 편경사의 접속설치길이는 2차로인 경우의 편경사 접속설치길이에 다음과 같이 보정하여야 한다.

〈표 8.9〉 차로 수에 따른 접속설치길이의 보정계수

편경사가 설치되는 차로 수	접속설치길이의 보정계수
3	1.25
4	1.50
5	1.75
6	2.00

**(3) 접속설치 위치**

횡단경사의 접속설치 구간은 평면곡선과 엄밀하게 대응시킬 필요는 없다.

실제의 포장 작업의 순서로 생각할 때 쓸데없는 착오를 피하기 위하여 5m 단위의 정수가 되는 축점을 적극적으로 취하여야 할 것이다.

또, 편경사의 접속설치는 구조물 구간으로부터 될 수 있는 대로 떨어지도록 하는 것이 바람직하다. 구조물은 일반적으로 배수공의 간격이 넓기 때문에 배수불량이 되기 쉽다는 점, 열용량의 관계로 동기에 동결하기 쉽다는 점, 시공이 잘못되었을 때 수정하기 어렵다는 점 등이 주된 이유이다. 편경사의 접속설치 위치를 어디까지 이행할 것인가는 일반적으로 평면곡선 반지름 무한대인 점에서 완화곡선 길이의 10%까지라고 하지만, 가장 크게 취하고자 하는 경우에는 편경사를 생략할 수 있는 지점까지로 할 수가 있다.

**(4) 편경사의 설치방법**

편경사를 설치하는 방법은 평면곡선부의 구성조건에 따라 달라지나, 일반적으로 다음의 순서로 설치하게 된다.

- ① 설계속도와 평면곡선반지름에 따른 편경사(i)의 크기 선정
- ② 설계속도에 따른 편경사 접속설치율(q) 선정
- ③ 표준 횡단경사와 편경사를 더한 값이 변화하여야 할 총길이(TL) 선정

- ④ 편경사가 변화하여야 할 길이(L) 산정
- ⑤ 변화길이 전체에 설치될 최대의 편경사를 보간법으로 변화시켜 설치

이때 설계 및 시공상의 편의를 위하여 편경사 접속설치 변화구간의 변곡점은 정수(예 : 5m 단위)가 되는 축점으로 하도록 한다.

위의 순서에 의하여 편경사를 평면곡선부에 설치하게 되나, 평면곡선부의 구성조건에 따라 그 특성에 맞도록 하며 교통안전과 노면배수가 고려된 설계가 되어야 한다.

(가) 평면곡선부가 완화곡선과 원곡선으로 구성된 경우 (완화곡선-원곡선-완화곡선)

완화곡선의 길이는 자동차의 주행과 관련하여 확보하여야 할 길이 외에 편경사의 변화를 수용할 수 있는 길이를 확보하도록 하여야 한다.

그러므로 완화곡선은 편경사 접속설치구간(TL)을 만족할 수 있도록 그 길이를 선형설계시 반영하도록 하되, 주변 지장물이나 확장설계로 인하여 부득이한 경우에도 가능한 한 편경사 변화구간(L)의 길이를 확보하도록 한다.

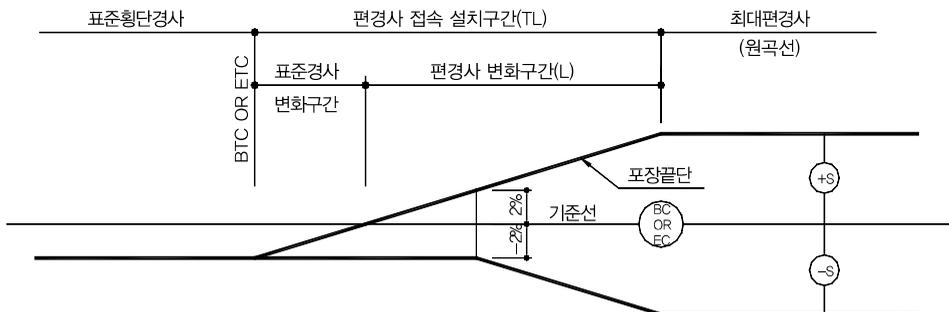
또한 원곡선과 완화곡선의 조합상 완화곡선길이가 상당히 길어질 경우, 편경사의 변화속도가 낮아 경사가 작은 구간(표준 횡단경사 구간~역표준 횡단경사 구간)의 노면배수가 원활치 못하게 되므로 그 구간의 편경사 변화속도를 높이도록 하여야 한다.

즉 편경사 접속설치 구간 중 경사가 적은 구간의 길이는 편경사의 회전축으로부터 편경사가 설치되는 차로 수에 따라 다음의 길이 이하가 되도록 한다. 또한 이 길이는 편경사 접속설치율이 개략 1/250 이므로 설치된 완화곡선의 길이가 편경사 접속설치율 1/250으로 산정한 길이보다 긴 경우에 적용한다.

①  $TL \leq \text{완화곡선길이} \leq TL'$  인 경우

- TL : 필요한 편경사 접속설치길이
- TL' : 배수를 고려한 편경사 접속설치길이(편경사 접속설치율 1/250)

이 경우, 편경사 접속설치는 완화곡선 전 구간에 걸쳐 일률적으로 변화시키도록 한다.

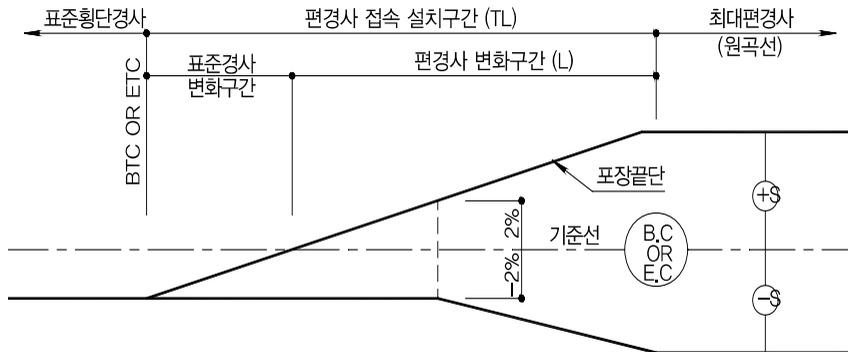


〈그림 8.10〉 완화곡선-원곡선의 편경사 설치도 ( 1 )

② 완화곡선길이  $\geq TL'$  인 경우

-  $TL'$  : 배수를 고려한 접속설치길이(편경사 접속설치율 1/250)

설치된 완화곡선의 길이가 낮은 경사 구간에서 노면배수를 원활하도록 하여야 할 필요가 있는 경우에는, 낮은 경사 구간(표준 횡단경사 구간~역표준 횡단경사 구간)의 편경사 변화속도를 높여야 한다.

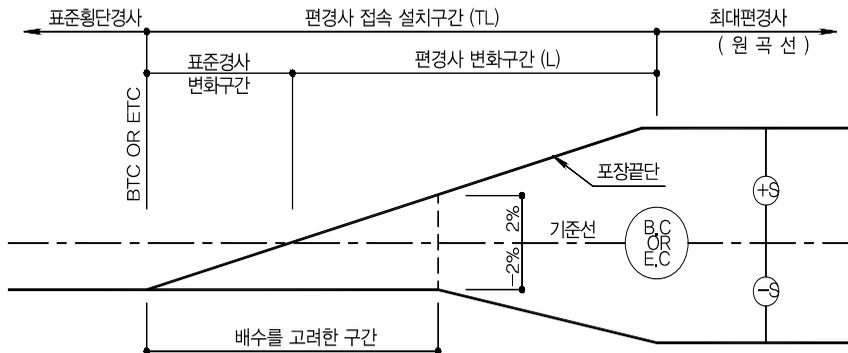


〈그림 8.11〉 완화곡선-원곡선의 편경사 설치도 (II)

③ 완화곡선길이  $\leq TL$  인 경우

-  $TL$  : 필요한 편경사 접속설치길이

이 경우, 주변 지장물이나 확장설계로 부득이하게 완화곡선의 길이가 편경사 접속설치구간 ( $TL$ )보다 짧게 설치되는 경우로서, 직선구간에 부족한 만큼의 길이를 확보하여 직선구간과 완화곡선구간에서 편경사를 변화시키며, 원곡선 시점부터는 최대 편경사가 설치되도록 한다. 이 경우에 편경사 변화구간( $L$ )은 완화곡선구간에 설치되도록 하는 것이 바람직하며, 부득이한 경우에도 역표준 횡단경사가 되는 지점은 완화곡선구간 내에 위치하도록 하여야 한다.



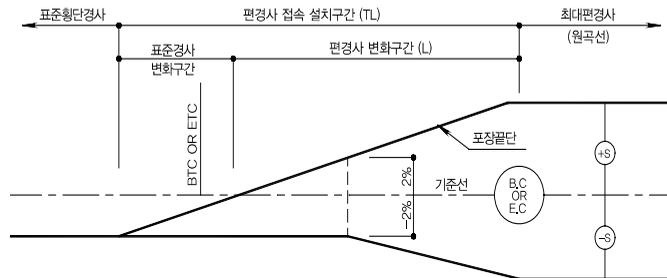
〈그림 8.12〉 직선-완화곡선-원곡선의 편경사 설치도 (III)

(나) 평면곡선부가 원곡선만으로 구성된 경우(직선-원곡선-직선)

원곡선만으로 평면곡선부를 구성하는 경우는, 원곡선이 상당히 커서 완화곡선을 설치할 필요가 없거나, 설계속도 60km/h 미만인 낮은 설계속도의 도로일 경우이다.

이 경우 완화곡선이 설치되지 않으므로, 부득이 편경사의 변화는 직선구간에서부터 시작하게 되며, 편경사 변화구간길이(L) 중 1/3은 원곡선구간에 두어 최대 편경사가 원곡선 시종점부를 지나 설치되도록 한다.

이 경우 원곡선부에도 편경사의 변화구간을 두는 이유는 완화곡선을 생략할 수 있는 원곡선의 크기에 대한 최대 편경사는 2% 정도로서, 변화의 정도가 작아 원곡선부를 주행하는 자동차의 안전에 지장에 없으며, 설계속도가 낮은 도로에서는 최대 편경사에 가까운 값이 직선구간에서 설치되는 것이 주행상 사고의 위험이 더 크기 때문이다.



〈그림 8.13〉 직선-원곡선-직선의 편경사 설치도

그러므로 설계속도가 낮은 도로에서 평면곡선의 길이가 짧아 최대 편경사가 설치되는 구간이 짧은 경우에는 교통안전을 위하여 미끄럼 포장 등 세심한 배려가 필요하다.

(다) 평면곡선부가 배향곡선으로 구성된 경우

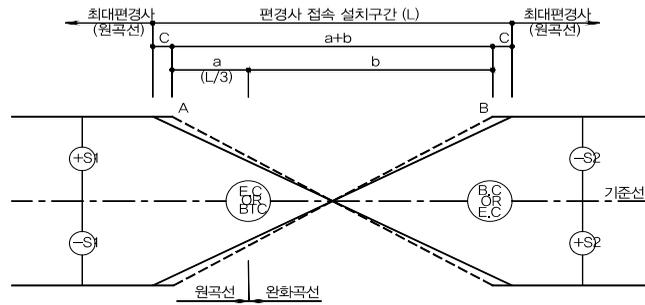
평면곡선이 배향하는 경우, 편경사가 반대방향으로 급격하게 변화하게 되므로 자동차 주행의 안정성을 위하여 배향하는 두 곡선의 편경사 차이에 대하여 적용할 접속설치율에 의한 길이를 확보하여 연속적으로 변화시켜야 한다.

① 원곡선과 완화곡선이 배향인 경우(원곡선-완화곡선-원곡선)

- a : 원곡선의 편경사 설치 시 편경사 변화구간 길이(L)의 1/3
- b : 완화곡선길이
- c : 편경사 설치 시 필요 변화구간 길이  $((i_1 + i_2) \times B \times \frac{1}{q})$

가)  $a + b \geq L$  인 경우 (다음 그림의 점선)

원곡선 구간에는 원곡선의 편경사 설치 시 편경사 변화구간 길이(L)의 1/3을 확보하고, 이 길이와 완화곡선 길이를 합한 구간에서 편경사를 설치한다.



〈그림 8.14〉 원곡선과 완곡선의 배향인 경우 편경사 설치도

나)  $a + b < L$  인 경우 (위 그림의 실선)

원곡선 구간에 설치되는 a(원곡선의 편경사 설치 시 편경사 변화구간 길이(L)의 1/3)와 b(완곡선의 길이)가 편경사 설치 시 필요한 변화구간 길이보다 작은 경우, 부족한 길이의 절반씩을 원곡선부 및 완곡선이 설치된 이후의 원곡선구간에 합하여 편경사 접속설치길이를 확보하고 편경사를 설치한다.

② 원곡선과 원곡선이 배향하는 경우(원곡선-원곡선)

배향하는 지점 앞구간의 곡선반지름에 R1에 해당하는 편경사 설치 시 필요 변화구간 길이를 확보하고 배향하는 지점 뒷구간의 곡선반지름에 R2에 해당하는 편경사 설치 시 필요 변화구간 길이를 확보하여 두 길이를 합한 구간에 편경사를 설치한다.

- L1 : 평면곡선반지름 R1에 해당하는 편경사 설치 시 필요 변화구간길이

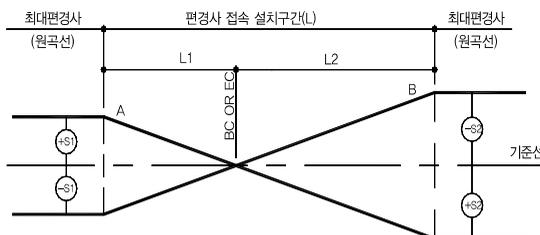
$$(L1 = i1 \times B \times \frac{1}{q})$$

- L2 : 평면곡선반지름 R2에 해당하는 편경사 설치 시 필요 변화구간길이

$$(L2 = i2 \times B \times \frac{1}{q})$$

- L : 편경사 설치시 필요 변화구간길이

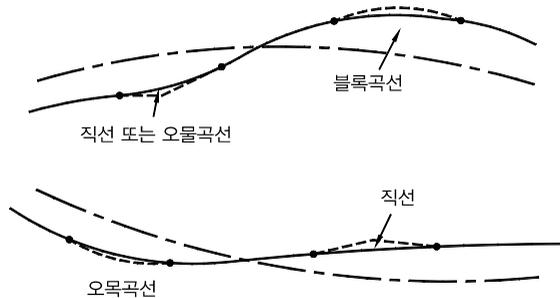
$$((i1 + i2) \times B \times \frac{1}{q})$$



〈그림 8.15〉 원곡선과 원곡선의 배향인 경우 편경사 설치도

(5) 편경사 접속설치 설계시의 주의사항

종단곡선 구간에서 횡단경사의 접속설치를 실시할 때에는 차도 끝의 오르내림(凹凸)의 완화에 유의한다. 설계 방법으로는 그림을 이용한 도식법(圖式法)이 가장 간단하다. 이 방법은 종 1/10, 횡 1/200 정도의 축척을 써서 차도 끝선의 종단도를 그리고, 접속설치를 원활하게 수정하는 것이다. 이 경우, 여기에서 규정하는 완충 종단곡선을 최소로 해서 적절하게 큰 곡선을 쓰고, 경우에 따라서는 직선에 의하여 원활하게 하는 것이 바람직하다.



(그림 8.16) 종단곡선 구간의 차도 끝부분의 접속설치 방법

### 8.3 길어깨의 횡단경사

- (1) 폭이 1.8미터 이상인 길어깨에는 원칙적으로 외측으로 처지는 횡단경사를 붙이도록 한다. 교량과 고가 구간의 길어깨 또는 폭이 1.8미터 미만인 길어깨에는 원칙적으로 차도의 횡단경사와 같은 경사를 붙이도록 한다.
- (2) 차도의 횡단경사와 길어깨(측대제외)의 횡단경사에 차이를 둘 경우, 경사의 차는 교통안전과 배수에 나쁜 영향이 미치지 않는 범위에 들도록 하여야 한다.
- (3) 길어깨 경사의 접속설치 기준점은 길어깨 측대의 바깥쪽 끝으로 한다.

(1) 개요

길어깨의 경사는 빗물을 될 수 있는 대로 빨리 길 밖으로 배수시키는 것과 땅깁기 구간 등에서 길어깨로부터 빗물이 차도에 흘러 들어와서 노면을 더럽히는 것을 방지하기 위하여 원칙적으로 외측으로 처지는 경사로 한다.

이때 차도의 횡단경사와 길어깨 경사의 차이는 교통안전을 고려하여 결정하는데 고속도로의 경우 표준횡단경사 구간에서 길어깨 횡단경사를 4%로 한다.

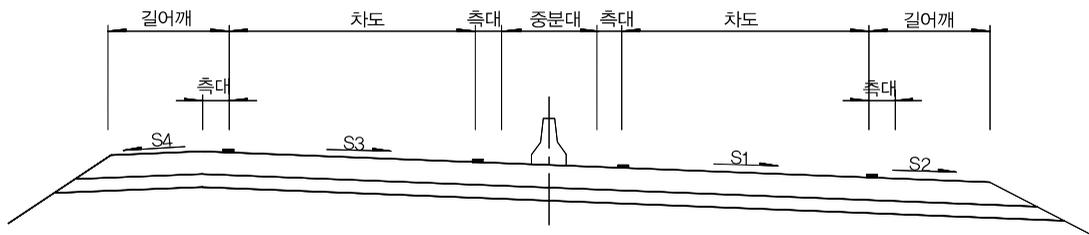
(2) 길어깨의 횡단경사

(가) 토공 구간에서 폭이 1.8m 이상인 길어깨

토공 구간에서 본선 차도의 편경사와 길어깨의 편경사의 관계는 <그림 8.17>과 같다.

<표 8.10> 길어깨의 횡단경사

노면의 종류	횡단경사
아스팔트·시멘트 콘크리트 포장 길어깨 및 간이 포장 길어깨	4%



<그림 8.17> 본선과 길어깨 편경사 조합

(단위 : %)

길 어 깨(S <sub>4</sub> )	본선 차도(S <sub>3</sub> )	본선 차도(S <sub>1</sub> )	길 어 깨(S <sub>2</sub> )
- 4	- 2	- 2	- 4
- 4	+ 2	- 2	- 4
- 4	+ 3	- 3	- 4
- 3	+ 4	- 4	- 4
- 2	+ 5	- 5	- 5
- 1	+ 6	- 6	- 6

주) 본선 최대 편경사가 6%인 경우에는 차도와 길어깨의 경사차를 7%로 한다.

(나) 교량과 고가 구간 및 폭1.8m 미만의 길어깨

교량과 고가 구간 그리고 폭1.8m 미만의 길어깨에서는 길어깨의 경사를 차도와 다른 경사로 시공하는 데 어려움이 많고, 또 길어깨의 경사를 변화시킴으로써 얻는 이점이 적으므로 원칙적으로 차도의 횡단경사와 동일한 경사로 한다.

(다) 교량, 고가 사이의 토공 구간의 길어깨

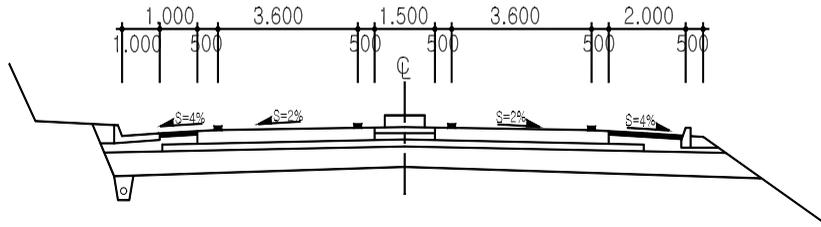
교량 혹은 터널 사이의 토공구간에서 토공구간의 평면선형이 곡선이고 구간의 길이가 100m 미만인 경우, 또는 500m 이상을 단위로 한 구간에 있어서 구조물 길이가 대략 60% 이상인 경우(예를 들면, 교량 350m+토공 150m)에는 차도의 횡단경사와 동일한 경사를 길어깨에 적용할 수 있다.

(라) 연결로 길어깨의 횡단경사

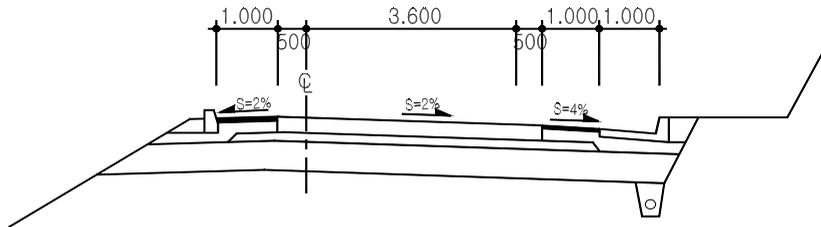
고속도로 연결로의 경우 교통안전 및 진출부의 교통량 변동에 따른 대기행렬로 인한 선지체 등을 방지하기 위하여 2차로 운영이 가능하도록 곡선 외측부 길어깨 횡단경사를 차도부와 동일하게 적용하며, 길어깨 포장 보강구간의 L형 측구는 길어깨 유효폭에서 제외한다.

설계속도별 최소 곡선반지름을 적용한 구간에서도 길어깨의 역 횡단경사로 인하여 차량이탈 등 교통사고 발생의 원인이 되고 있으므로 주행속도를 고려하여 자동차 운전조작이 용이하도록 최소 곡선반지름과 바람직한 곡선반지름 값까지의 구간에서 길어깨 횡단경사를 차도면과 동일하게 설치할 수 있다.

- 양방향 연결로



- 일방향 연결로

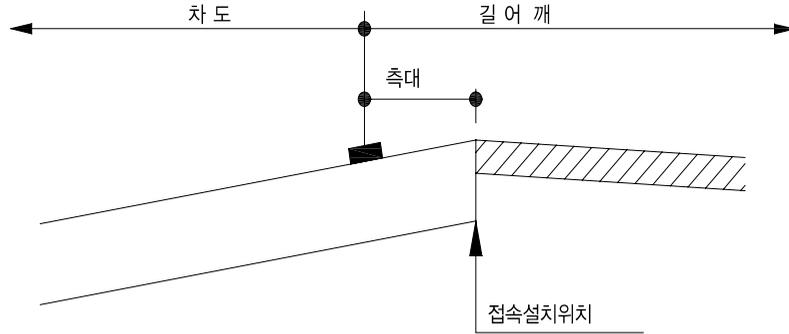


편 경 사(%)	S1	S2	S3	S4	비 고
표준횡단경사(%)	-2	-4	-2	-4	외측부 길어깨 횡단경사를 차도부와 동일적용
2	-2	-4	+2	+2	
3	-3	-4	+3	+3	
4	-4	-4	+4	+4	
5	-5	-5	+5	+5	
6	-6	-6	+6	+6	
7	-7	-7	+7	+7	
8	-8	-8	+8	+8	

〈그림 8.18〉 연결로 차도와 길어깨 편경사 조합

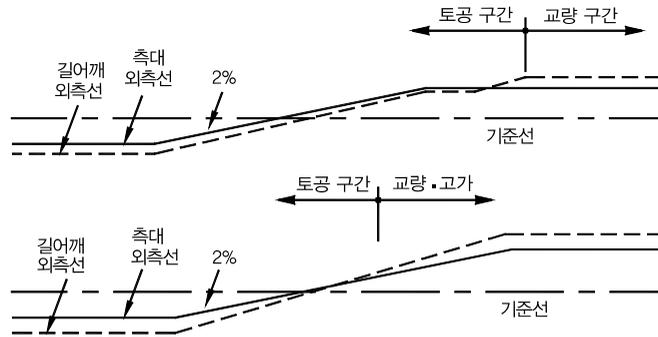
(3) 길어깨의 접속설치

길어깨 횡단경사의 접속설치는 <그림 8.19>에 나타낸 바와 같이 길어깨 측대의 바깥쪽 끝에서 한다.



<그림 8.19> 길어깨의 접속설치 위치

접속설치 방법은 포장설계와 관련이 있으나, 일반적으로 교량구간과 토공구간의 접속점을 시점으로 하고 토공구간 내에 설정한다. 길어깨 횡단경사의 접속설치는 길어깨 폭을 접속설치하는 구간 전체에 걸쳐서 원활하게 접속시키며, 이 때 길어깨의 접속설치율은 1/150 이하로 접속시킨다.



<그림 8.20> 토공과 교량, 고가 구간 길어깨의 횡단경사 접속설치



## 9. 단계건설

### 9.1 개 설

단계건설이란 초기 투자액을 절감할 목적으로 우선 교통량에 상응된 차로 수만을 초기에 시공하는 방법을 말한다.

#### (1) 개 요

도로 건설에는 완성 시공과 단계건설이 있다. 완성 시공이란 도로의 최종적인 모양을 한번의 시공으로 완성시키는 것을 말하며, 단계건설이란 도로의 최종적인 모양을 한 번에 완성시키지 않고 여러 번에 걸쳐서 건설하는 방법을 말한다.

단계건설은 초기에 시공하는 초기시공과, 장래 교통량이 증가함에 따라 필요한 시기에 나머지 차로 또는 구간을 추가로 시공하여 최종 모양을 완성시키는 2차 시공(추가시공)으로 이루어진다.

단계건설의 목적은 책정된 투자액 테두리 속에서 편익을 높이려는 데 있다. 일반적으로 도로는 계획목표년도를 20년 후로 설정하고 있으므로, 도로의 차로 수 또는 도로 구간을 계획목표년도의 교통량에 따라 건설할 경우, 도로가 개통된 초기년도에는 교통량이 그리 많지 않을 것이므로 도로 투자의 효과가 줄어들게 된다.

따라서, 도로의 횡단면 폭을 줄여서 거기에서 절약되는 건설비로 도로의 연장을 늘리거나(횡단면 단계 건설), 도로를 몇 개의 구간으로 나누어서 단계적으로 시공(구간별 단계건설)하는 것이 경제적인 경우가 많으며, 이때 단계건설 여부를 고려하게 된다.

여기에서는 횡단면 단계건설만을 수록하기로 한다.

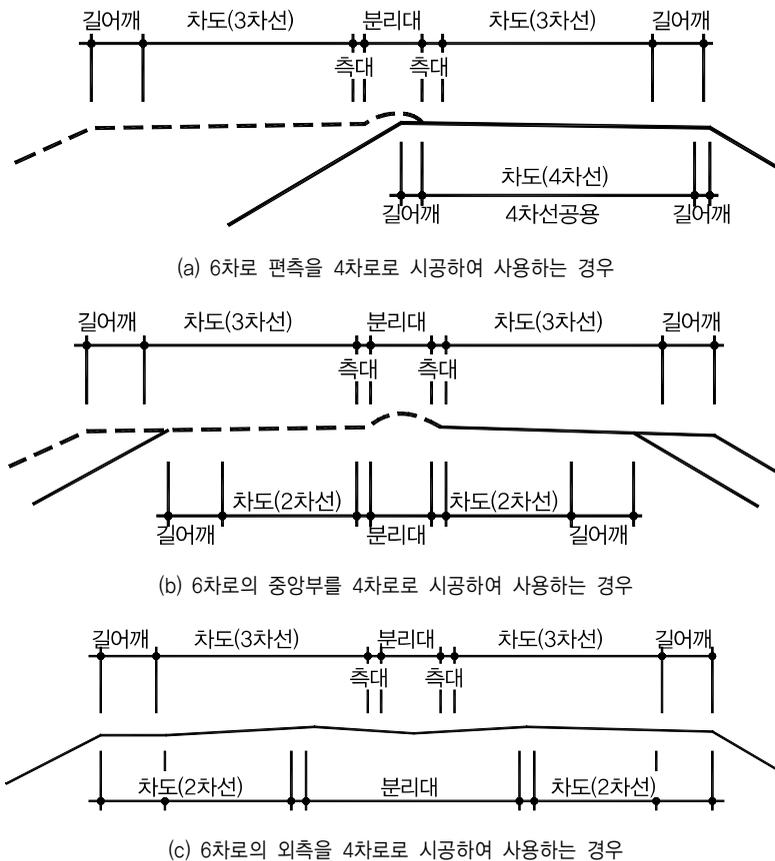
#### (2) 횡단면 단계건설의 종류

횡단면 단계건설에는 초기 4차로로 시공하여 6차로로 완성하는 경우와, 초기 6차로로 시공하여 8차로로 완성하는 경우가 있다. 과거 우리 나라에서는 초기 2차로 시공, 추후 4차로 완공하는 4차로 전제

2차로 건설을 주로 하였으나, 최근 교통량의 급증으로 인하여 기존의 2차로 도로는 모두 4차로로 확장되고, 추후 건설되는 모든 도로는 4차로 이상으로 건설할 방침을 세우고 있으므로, 2차로로 시공하여 4차로로 완성하는 횡단면 단계건설은 설명에서 제외하기로 한다.

초기 6차로 시공 후 8차로로 완성하는 경우는 초기 4차로 시공 후 6차로로 완성하는 경우와 방법상 큰 차이가 없으므로, 초기 4차로 시공 후 6차로 완성의 경우에 대해서만 설명하기로 한다.

4차로 시공 후 6차로로 완성하는 경우는 <그림 9.1(a)>와 같이 6차로의 한 쪽을 4차로로 사용하는 경우, <그림 9.1(b)>와 같이 중앙부를 4차로로 사용하는 경우, <그림 9.1(c)>와 같이 바깥쪽만 시공하여 4차로로 사용하는 경우의 세 가지 안이 있다. <그림 9.1(a)>는 초기 건설비가 적어서 경제적으로 유리하지만, 4차로 사용시 길어깨가 좁은 비분리 도로가 되고, 교통량이 비교적 많은 도로에서는 문제점이 많다. 따라서, 잠정적일 때에도 중앙분리대가 있는 경우를 전제로 해서 <그림 9.1(b)> 또는 <그림 9.1(c)>의 방법을 채택하고 있다.



<그림 9.1> 6차로 도로를 4차로로 초기 시공하는 단계건설

## 9.2 초기 시공 시 건설될 차도의 결정

초기 투자액, 추가 시공의 시기, 공법 등을 고려해서 초기에 건설될 차도를 결정한다.

원칙적으로, 초기 시공시에 건설될 차도측은 초기 투자율이 낮은 차도측을 취하도록 하고, 또 장래 추가 시공시에 교통을 저해하지 않는 추가 시공의 공법을 검토해서 결정한다. 추가 시공의 시기는 교통량과 경제적인 조건 등에 따라 달라지지만, 추가 시공의 시기를 염두 해 두어 초기 시공의 위치 및 시공의 범위를 정하는 것이 바람직하다. 즉, 추가 시공이 먼 장래에 될 경우는 추가 시공에 관한 조건을 중시하기보다 초기 투자액을 작게 하는 것을 고려할 수 있을 것이다

초기 투자를 낮게 억제하기 위해서 초기 시공시에 건설될 차도를 자주 바꾸는 것은 나중에 재시공이 많아져서 바람직하지 못하므로, 적당한 구간을 합쳐서 종합적으로 판단하여 결정한다.

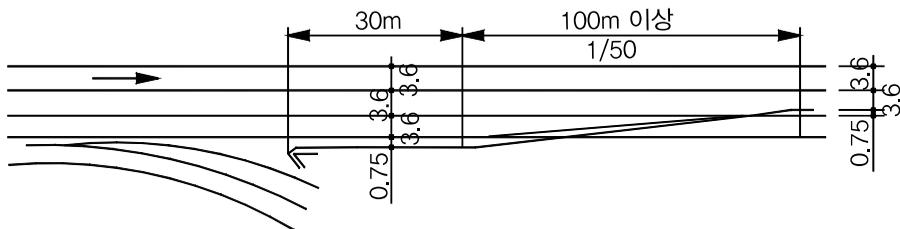
## 9.3 차로 수의 변화에 따른 접속설치

차로변경은 출입시설에서 하고, 설계속도에 관계없이 130m 이상으로 한다.

### (1) 6차로에서 4차로로 접속설치 하는 경우

차로 수를 감하는 경우에는 <그림 9.2>에 나타낸 바와 같이 접속설치 하는 것으로 한다.

이 경우 노즈(nose)가 있는 곳에서는 노즈 오프셋(nose offset) 0.50m를 취하는 것으로 하고, 노즈에서 30m 사이는 3차로 폭 + 측대(0.75m)로 한다. 1차로를 감하는 경우의 접속 설치율은 1/50 정도가 바람직하며, 적어도 100m 이상으로 한다.



<그림 9.2> 6차로에서 4차로로 접속설치



## 참 고 자 료

1. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 해설, 지침, 국토해양부, 2009
2. 도로설계 요령, 한국도로공사, 1992, 2001
3. 도로설계 실무편람, 한국도로공사, 2000
4. 설계실무자료집, 한국도로공사
5. 도로설계편람, 건설교통부, 2000
6. 고속도로 건설공사 표준도, 한국도로공사, 2001
7. 도로용량 편람 연구조사(제 2, 3단계), 제2단계 최종 보고서, 한국건설기술연구원, 교통개발연구원, 1991
8. 도로용량 편람 연구조사(제 2, 3단계), 2차선도로 용량 편람, 한국건설기술연구원, 교통개발연구원, 1991
9. 도로용량 편람 연구조사(제2,3단계), 기술보고서2 (2차선 도로에서의 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램의 검토, 한국건설기술연구원, 1990
10. 도로공학 총론, 개정판, 희성출판사, 최한중, 1992
11. 교통공학, 박영사, 원재무, 최재성, 1990
12. Clothoid 理論과 實祭, 건설연구사, 1974
13. 日本 道路協會, 道路構造令の解説と運用, 23版, 平成 3年 5月 25日
14. American Association of State Highway and Transportation Officials, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Washington D.C., 1990
15. Transport and Road Research Laboratory, Towards Safer Roads in Developing Countries, A Guide for Planners and Engineers, 1991
16. RAS-L, 1995