

제 3 장 도로의 선형

3.1 평면선형

3.1.1 평면곡선 반지름

(1) 곡선반경에 미치는 요소

① 횡방향 미끄럼 마찰계수(Side Friction Factor : f)

가. 속도가 증가하면 횡방향 미끄럼 마찰계수의 값은 감소한다.

나. 습윤, 빙설상태의 포장면에서 횡방향 미끄럼 마찰계수 값은 감소한다.

다. 타이어의 마모 정도에 따라 횡방향 미끄럼 마찰계수 값은 감소한다.

라. 속도에 따라 주행의 쾌적을 고려하여 $f=0.1\sim0.16$ 을 적용한다.

[표 3.1.1] 설계속도에 따른 횡방향 미끄럼 마찰계수

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

② 편경사

고속도로의 경우 최대편경사는 본선 6%, 연결로 8% 적용을 원칙으로 하나, 지형조건 등 부득이한 경우에는 “3.1.3 편경사”에 제시된 최대편경사 이하로 적용이 가능하다.

(2) 평면 곡선 반지름

① 산정식

$$R = \frac{v^2}{127(i+f)} \quad [\text{식 3.1.1}]$$

여기서, R : 평면곡선 반지름

i : 편경사

f : 횡방향 미끄럼마찰계수

② 설계속도별 최소곡선 반지름

[표 3.1.2] 최소 평면곡선반지름의 값

설계속도 (km/h)	횡방향미끄럼 마찰계수	최소 평면곡선반지름 (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

설계속도 (km/h)	횡방향미끄럼 마찰계수	최소 평면곡선반지름 (m)					
		최대편경사 6%		최대편경사 7%		최대편경사 8%	
		계산값	규정값	계산값	규정값	계산값	규정값
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

3.1.2 평면 곡선의 길이

(1) 최소평면곡선 길이의 계산

- ① 운전자가 핸들 조작에 곤란을 느끼지 않을 길이

$$L = v \cdot t = \frac{V}{3.6} t \quad [\text{식 3.1.2}]$$

여기서, L : 평면곡선 길이

t : 주행시간 (4 sec)

v, V : 자동차 속도(m/sec, km/h)

- ② 도로의 교각이 5도 미만인 경우

가. 도로 교각이 매우 작은 경우에는 평면곡선의 길이가 실제보다 작게 보이므로 도로가 급하게 꺾여져 있는 착각을 일으키게 된다.

나. 이 경향은 교각이 작을수록 현저하다.

다. 따라서 교각이 작을수록 긴 평면 곡선부를 삽입한다.

[표 3.1.3] 도로교각과 최소 평면곡선길이의 관계

설계속도(km/h)	최소완화곡선길이(m)	외선장(m)	최소 평면곡선길이(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	$150/\theta$

주) θ 는 도로 교각(단위는 도). θ 가 2도 미만일 때는 2도로 한다.

(2) 최소곡선 길이

- ① 평면 곡선부의 차도 중심선의 길이는 다음 표의 값 이상으로 한다.
- ② 곡선부에 완화곡선이 포함되어 있을 때에는 완화곡선의 길이를 합한 길이를 말한다.

[표 3.1.4] 평면 곡선의 최소 길이

(단위 : m)

설계속도(km/h)	도로 교각이 5도 미만	도로 교각이 5도 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) θ 는 도로 교각(단위는 도). θ 가 2도 미만일 때는 2도로 한다.

(3) 적용상의 주의

- ① 규정된 평면곡선의 최소 길이는 최소 완화구간 길이의 두 배이다.
- ② 두 완화곡선 사이에는 반드시 적절한 길이의 원곡선을 삽입하는 것이 바람직하다.
- ③ 이 원곡선의 길이는 설계속도로서 약 4초간 주행할 수 있는 길이 이상을 삽입하는 것이 바람직하다.

3.1.3 편경사¹⁾

(1) 최대편경사

- ① 차도의 평면곡선부에는 도로가 위치하는 지역, 적설정도, 설계속도, 평면곡선반지름 및 지형 상황 등에 따라 다음 표의 비율 이하의 최대 편경사를 두어야 한다.

구 분		최대 편경사(%)
지방지역	적설한랭 지역	6
	기타 지역	8
도 시 지 역		6
연 결 로		8

1) 곡선반경별 편경사 적용방안 검토 (설심일 15212-1822, 1998.12.18)

2-3-4 | 제2편 도로 기하구조

- ② 동일한 노선 및 연결로에서도 지형, 지장물, 경제성 등의 여건에 따라 구간별로 최대 편경사를 다르게 적용 할 수 있다.

(2) 편경사 생략

- ① 평면곡선반지름을 고려하여 편경사가 필요없는 경우

가. 횡방향 미끄럼마찰계수의 값은 설계속도에 따라 $f=0.034\sim0.0368$ 을 적용한다.

[표 3.1.5] 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름(R)과 횡방향미끄럼마찰계수 (f)의 관계

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

- ② 설계속도가 시속 60킬로미터 이하인 도시지역의 도로에서 도로주변과의 접근과 다른 도로와의 접속을 위하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 편경사를 생략할 수 있다.

(2) 편경사 접속설치

- ① 편경사의 회전축으로부터 편경사가 설치되는 차로수가 2개 이하인 경우의 편경사의 접속설치길이는 설계속도에 따라 다음 표의 편경사 최대 접속설치율에 의하여 산정된 길이 이상이 되어야 한다.

[표 3.1.6] 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

- ② 편경사의 회전축으로부터 편경사가 설치되는 차로수가 2개를 초과하는 경우의 편경사의 접속 설치길이는 제3항의 규정에 의하여 산정된 길이에 다음 표의 보정계수를 곱한 길이 이상이 되어야 하며, 노면의 배수가 충분히 고려되어야 한다.

[표 3.1.7] 접속 설치길이의 보정계수

편경사가 설치되는 차로수	접속 설치길이의 보정계수
3	1.25
4	1.50
5	1.75
6	2.00

(3) 곡선반지름별 편경사 설치

- ① 고속도로에서 평면곡선 반지름에 따른 편경사는 [표 3.1.8]와 같다.

[표 3.1.8] 편경사와 설계속도에 따른 평면곡선반지름(최대편경사 6%)

(단위 : m)

설계속도 (km/h)	평면곡선반지름에 따른 편경사					
	NC	2%	3%	4%	5%	6%
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

[표 3.1.9] 편경사와 설계속도에 따른 평면곡선반지름(최대편경사 7%)

(단위 : m)

설계속도 (km/h)	평면곡선반지름에 따른 편경사						
	NC	2%	3%	4%	5%	6%	7%
120	7,100 이상	7,100~ 4,000	4,000~ 2,660	2,660~ 1,890	1,890~ 1,340	1,340~ 940	940~ 670
110	5,900 이상	5,900~ 3,360	3,360~ 2,240	2,240~ 1,590	1,590~ 1,130	1,130~ 790	790~ 560
100	4,900 이상	4,900~ 2,760	2,760~ 1,830	1,830~ 1,280	1,280~ 900	900~ 630	630~ 440
90	4,000 이상	4,000~ 2,240	2,240~ 1,480	1,480~ 1,040	1,040~ 730	730~ 480	480~ 360
80	3,100 이상	3,100~ 1,760	1,760~ 1,160	1,160~ 810	810~ 560	560~ 380	380~ 265
70	2,400 이상	2,400~ 1,340	1,340~ 880	880~ 610	610~ 410	410~ 280	280~ 190
60	1,800이상	1,800~ 980	980~ 640	640~ 440	440~ 290	290~ 200	200~ 135
50	1,200이상	1,200~ 680	680~ 440	440~ 290	290~ 190	190~ 130	130~ 85
40	800 이상	800~ 440	440~ 280	280~ 190	190~ 130	130~ 80	80~ 55
30	450 이상	450~ 250	250~ 160	160~ 110	110~ 70	70~ 45	45~ 30
20	200 이상	200~ 110	110~ 70	70~ 45	45~ 30	30~ 20	20~ 15

[표 3.1.10] 편경사와 설계속도에 따른 평면곡선반지름(최대편경사 8%)

(단위 : m)

설계속도 (km/h)	평면곡선반지름에 따른 편경사							
	NC	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
120	7,200 이상	7,200~ 4,110	4,110~ 2,790	2,790~ 2,040	2,040~ 1,540	1,540~ 1,160	1,160~ 860	860~ 630
110	6,000 이상	6,000~ 3,450	3,450~ 2,340	2,340~ 1,710	1,710~ 1,290	1,290~ 980	980~ 720	720~ 530
100	5,000 이상	5,000~ 2,840	2,840~ 1,920	1,920~ 1,400	1,400~ 1,040	1,040~ 780	780~ 570	570~ 420

설계속도 (km/h)	평면곡선반지름에 따른 편경사							
	NC	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
90	4,000 이상	4,000~ 2,300	2,300~ 1,560	1,560~ 1,130	1,130~ 850	850~ 630	630~ 460	460~ 340
80	3,200 이상	3,200~ 1,810	1,810~ 1,220	1,220~ 880	880~ 650	650~ 480	480~ 350	350~ 250
70	2,400 이상	2,400~ 1,380	1,380~ 930	930~ 670	670~ 490	490~ 360	360~ 260	260~ 180
60	1,800 이상	1,800~ 1,010	1,010~ 680	680~ 490	490~ 350	350~ 260	260~ 180	180~ 130
50	1,200 이상	1,200~ 700	700~ 470	470~ 330	330~ 240	240~ 170	170~ 120	120~ 80
40	800이상	800~ 450	450~ 300	300~ 210	210~ 150	150~ 110	110~ 75	75~ 50
30	500이상	500~ 250	250~ 170	170~ 120	120~ 85	85~ 60	60~ 40	40~ 30
20	200이상	200~ 120	120~ 75	75~ 55	55~ 40	40~ 25	25~ 20	20~ 15

3.1.4 곡선부의 확폭

(1) 개 요

- ① 평면곡선반지름이 작은 곡선부에서 설계기준 자동차의 회전에 따라 궤적이 그 차로를 넘어 서는 경우가 발생하게 된다.
- ② 이런 경우 교통안전에 큰 영향을 미치게 되므로 이러한 구간에서는 차로의 폭을 넓혀야만 한다.
- ③ 또한 설계속도별 및 차로폭원을 고려한 확폭량 적용을 위해 설계기준 자동차 및 곡선반지름에 따라 필요 폭원만큼 확폭하되 설계기준자동차의 폭원과 설계속도별 여유폭(80km/h 이상 : 좌.우 각각 0.5m , 80km/h 미만 : 좌.우 각각 0.25m) 에 필요 확폭량을 더한 값에서 적용 차로폭을 뺀 값을 확폭량으로 적용한다.

(2) 확폭량의 계산

- ① 고속도로의 확폭량 계산시에는 설계기준 차량을 세미트레일러로 한다.
- ② 고속도로 본선의 경우 일반적으로 설계속도 100km/h 이상을 적용하여 최소 평면 곡선반지름을 R=460m 이상 사용하므로 확폭은 고려하지 않아도 되나 시거가 충분히 확보되는지 검토하여야 한다.
- ③ 인터체인지 구간 루프 연결로의 경우 길어깨는 본선포장과 동일하게 보강포장을 실시하고, 측방여유폭이 확보되어 확폭을 생략한다.
- ④ 차로당 최소 확폭량은 설계와 시공의 편의를 고려하여 0.25m단위로 규정하고 있다.

[표 3.1.11] 평면곡선반지름에 따른 확폭량

(단위 : m)

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

(3) 확폭의 생략

- ① 도시지역의 일반도로에서 도시계획이나 주변의 지장물 등으로 인하여 부득이 하다고 인정되는 경우
- ② 설계기준 자동차가 승용 자동차인 경우

(4) 적용시 주의사항

- ① 도로중심선의 평면곡선반지름이 작은 경우의 확폭 도로중심선의 평면곡선반지름이 35m 미만의 경우로 특히 차로수가 많은 때에는 도로중심선에 의해서 구한 확폭량이 각각의 차이에 필요한 확폭량과 크게 다를 경우가 있으므로 차로마다 확폭량을 구하는 것으로 한다.
- ② 도시지역에 존재하는 도로에 대해서는 지형의 상황, 기타 특별한 이유로 부득이한 경우에는 확폭량의 축소나 확폭을 생략할 수 있다.
- ③ 단지 이와 같은 경우에도 대형 자동차의 교통이 예상되는 도로에 대해서는 차로폭을 대형 자동차의 차랑폭(B=2.5m)에 산정된 확폭량을 더한 폭 이하로 하여서는 안된다.

(5) 확폭의 설치

① 완화곡선에서의 확폭설치

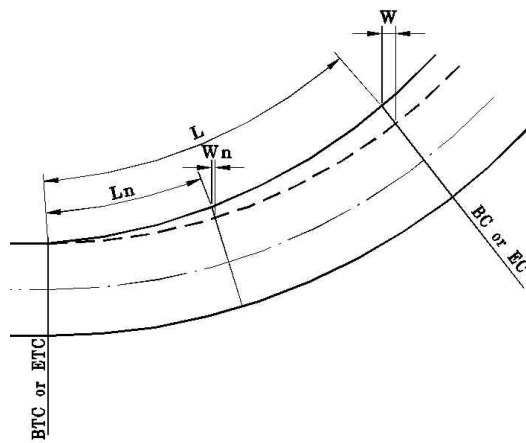
가. 완화곡선구간에서 같은 평면선형으로 설치하는 방법

나. 접속설치 지점이 원활하게 되도록 고차의 포물선을 사용하는 방법

다. 차도 끝단에도 확폭의 변화를 위한 완화곡선을 삽입하는 방법

(가) 설계속도가 60km/h 이하의 비교적 저규격의 도로 혹은 인터체인지의 연결로 : “가”의 방법으로 하되, “가”의 방법에 의한 확폭의 설치시 접속설치 지점이 원활하지 않는 경우에는 “나”의 방법을 사용한다.

(나) 설계속도가 60km/h를 초과하는 고규격도로 : 차도끝 확폭에 따른 완화곡선을 삽입하는 “다”의 방법이 자동차의 주행에 바람직하다.



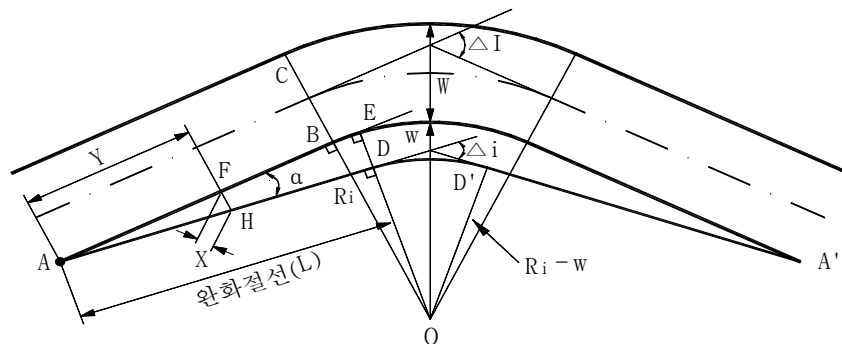
<그림 3.1.1> 확폭의 접속 설치(방법①, 방법②)

방법 ① : $W_n = aW$

방법 ② : $W_n = (4a^3 - 3a^4)W$

여기서, $a = \frac{L_n}{L}$, W = 확폭량

② 저규격도로에서 완화곡선을 설치하지 아니하는 경우의 완화절선에 의한 설치



<그림 3.1.2> 완화절선의 설치

3.1.5 완화곡선 및 완화구간

(1) 개요

- ① 자동차 운전의 안전을 기하기 위하여, 직선부에서 곡선부, 곡선부에서 직선부 또는 다른 곡선부로 원활하게 주행할 수 있도록 그 사이에 완화구간을 설치할 필요가 있다.
- ② 여기에서 완화구간이란 편경사 접속설치 구간, 확폭을 위한 접속설치 구간, 직선과 원곡선 사이 또는 대원과 소원 사이의 완화구간에는 완화곡선을 설치한다.
- ③ 완화곡선의 종류에는 삼차 포물선(cubic parabola), 렘니스케이트(lemniscate), 클로소이드(clothoid) 등이 있다.
- ④ 그 중에서도 클로소이드 곡선이 여러 가지 점에서 우수한 성질을 가지고 있어서 대표적인 완화곡선으로 쓰이고 있다.

(2) 완화구간 및 완화곡선의 설치 목적

- ① 자동차에 대한 원심력을 점차적으로 변화시켜 일정한 속도 및 주행궤적을 유지시킨다.
- ② 최대 편경사까지의 변화를 적절하게 접속시킬수 있도록 한다.
- ③ 확폭이 필요한 경우 평면 곡선부의 확폭된 폭과 표준횡단의 폭을 접속시킨다.
- ④ 원곡선의 시작점과 끝점에서 꺾어진 형상을 시각적으로 원활하게 보이도록 한다.

(3) 완화곡선의 길이 산출

- ① 설계속도가 시속 60km 이상인 도로의 평면곡선부에는 완화곡선을 설치하여야 한다.

$$L = v \cdot t = \frac{V}{3.6} t \quad [\text{식 3.1.3}]$$

여기서, L : 완화곡선 길이(m)

t : 주행시간(2초)

v : 주행속도(m/sec), V : 주행속도(km/h)

[표 3.1.12] 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

- ② 설계속도가 시속 60km 미만인 도로의 평면곡선부에는 다음표의 길이 이상의 완화구간을 두고 편경사를 설치하거나 확폭을 하여야 한다.

[표 3.1.13] 완화구간의 최소 길이

설계속도 (km/h)	완화구간의 최소길이(m)
50	30
40	25
30	20
20	15

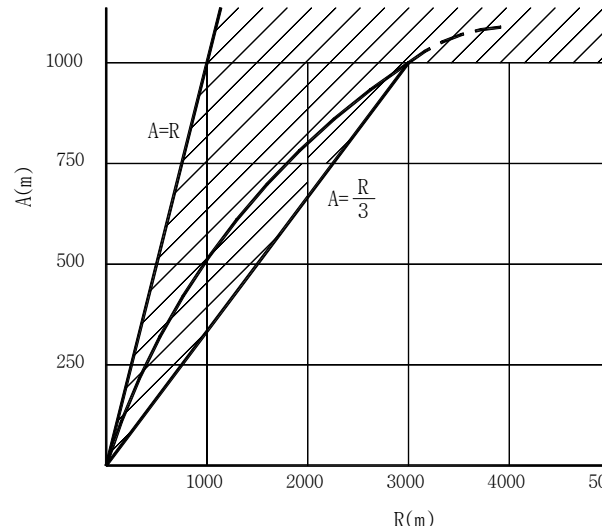
(4) 적용

① 완화곡선으로 클로소이드를 쓰는 경우

가. 완화곡선의 파라미터의 크기(A)는 접속하는 원곡선의 반지름(R)에 대하여 다음과 같은 관계에 있을 때 조화가 이루어진다.

나. 시각적으로도 원활한 선형이 된다고 알려져 있다.

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

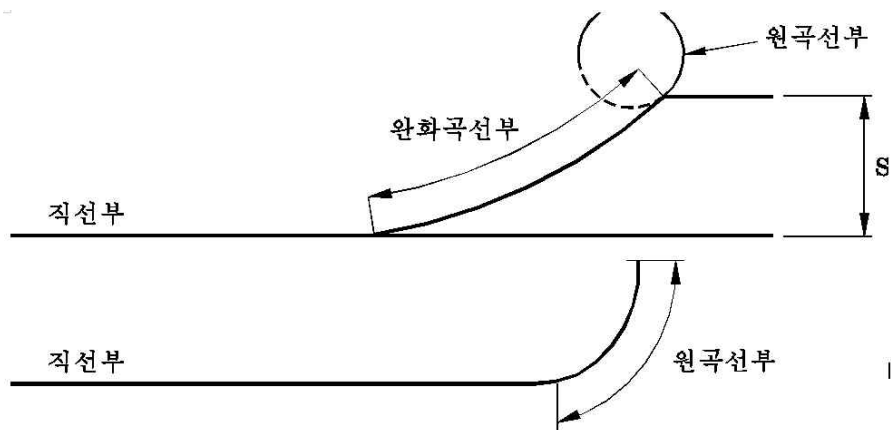


<그림 3.1.3> 평면곡선 반지름과 클로소이드의 파라미터

(5) 완화곡선의 생략

① 완화곡선의 한계 이정량을 0.20m로 규정하고 있다.

② 이는 주행 역학상 별 문제가 없으므로, 이정량이 0.20m이상일 경우에 완화곡선을 설치한다.



<그림 3.1.4> 이정량

③ 한계 원곡선 반지름의 계산

가. 직선과 원곡선 사이에 설치되는 완화곡선이 클로소이드라고 가정할 때,

나. 한계 이점량 0.20m에 대한 한계 원곡선 반지름을 구하는 계산식과 값은 다음과 같다.

$$S = \frac{1}{24} \times \frac{L^2}{R} \quad [\text{식 3.1.4}]$$

여기서, S : 이점량(m)

L : 완화구간의 길이(m)

R : 곡선반지름(m)

④ 완화곡선을 생략할 수 있는 곡선반지름

$$R = 0.064V^2 \quad [\text{식 3.1.5}]$$

가. 주행중 운전자의 시각적 측면과 쾌적성을 유지하기 위해서는 계산 값의 3배 정도까지는 완화곡선을 생략하지 않는 편이 바람직하다.

[표 3.1.14] 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

3.1.6 교통우회용 가도기준²⁾

(1) 설계속도

- ① 설계속도는 노선주행 속도의 40%를 감속한 설계속도를 적용하고 현지 지형 여건상 부득이한 경우 조정이 가능하다.
- ② 고속도로에서는 80km/h 이상을 사용하는 것이 바람직하다.

(2) 차로폭

- ① 신설도로와 확장도로에 따라 다르며 차로폭은 3.5m 이상을 원칙으로 한다.
- ② 현장 여건상 3.25m 까지 축소하여 적용할 수 있다.

2) 고속도로 확장공사구간 안전성 향상방안 (건설기 10105-20, 2003.03.17)

(3) 기하구조 기준

[표 3.1.15] 가도의 기하구조 기준

구분 \ 설계속도	기존 4~6차로	기존 2차로
	V=80km/h	V=70km/h
곡선반지름	460m	200m
최소곡선길이	110m	80m
최대편경사	8%	8%
중단경사	7%	8%

(5) 가도 횡단구성

- ① “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙”에서는 지형 상황등 부득이한 경우 설계속도를 20km/h까지 감소할 수 있으므로, 공사중 80km/h 이상의 설계속도에 적합하게 폭원 계획을 수립한다.
- ② 따라서, 횡단 폭원은 다음 표 이상으로 적용함이 바람직하다.

[표 3.1.16] 가도의 최소 시설 기준

구분	차로폭	임시중분대	우측길어깨	좌측 길어깨
고속도로 (100km/h)	3.5 m	1.2 m	0.6 m	1.0 m

3.1.7 병설터널 전·후 접속방법³⁾

(1) 터널 중심간 간격

- ① 병설터널 전·후 구간에서 비분리도로로 접속구간 설계시 터널 상호 중심간 간격은 지반조건, 경제성 등을 고려하고 시방규정 및 기 적용사례 등을 검토하여 적용한다
- 가. 일반적인 경우 : 30m(중심선간 간격)
- 나. 완전 탄성체일 경우 : 굴착폭의 2배
- 다. 연약 지반일 경우 : 굴착폭의 5배

② 기 적용사례

구 분	터널명	굴착폭(m)	적용간격(m)	비 고
2차로 터널	죽령터널외 고속도로 터널	11.93	30	고속도로
	남산 1호 터널	11.3	25	서울시
	구덕 터널	10.6	25	서울시
3 차로 터널	소하 터널	15.88	45	제2경인고속도로
	수락, 불암터널	14.94	35	서울외곽 순환고속도로
	내곡 터널	15.5	42	도시 고속도로

3) 병설터널 전·후 접속방법 개선 (설이 16203-65, 1995.4.12)

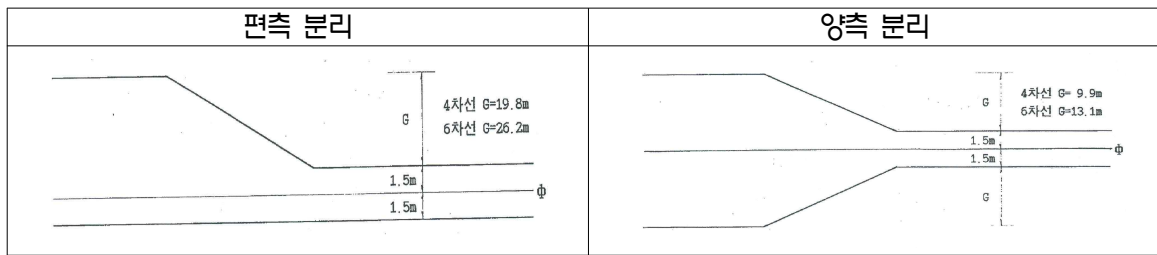
③ 적용

가. 일반적인 경우에는 기 적용사례 및 시방규정을 감안하여 2차로인 경우 30m, 3차로인 경우 40m를 표준으로 한다.

나. 특수한 지형 및 지반조건 구간은 별도 검토하여 적용한다.

(2) 터널 입·출구부 분리구간 평면선형

- ① 4차로 설계속도 120km/h일 경우는 편측으로 분리 및 접속시키는 것이 바람직하다.
- ② 4차로 설계속도 100km/h 및 6차로 설계속도 120km/h, 100km/h일 경우는 양측으로 분리 및 접속시키는 것이 바람직하다.



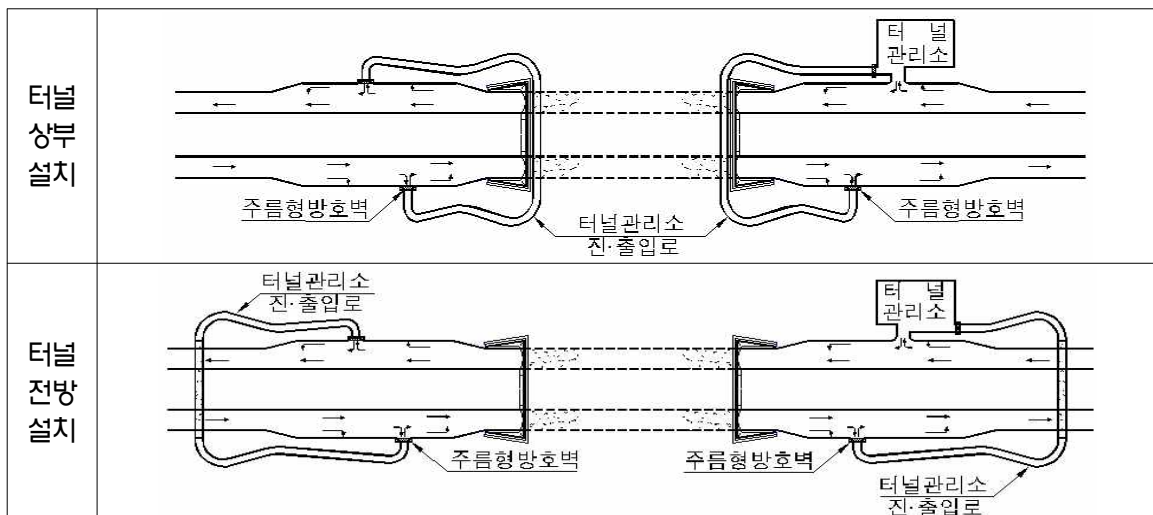
<그림 3.1.5> 병설터널 전·후 접속방법

3.1.8 터널관리사무소 진출입로 설치⁴⁾

(1) 개요

- ① 터널관리소가 설치되는 장대터널 입·출구에 각각 터널관리소 진출입로 설치한다.
- ② 단, 터널입지상 인터체인지 또는 긴급 및 제설작업용 간이 진·출입시설이 인접한 경우 (터널관리소 진·출입로 시설간 이격거리 7km 이내) 에는 인터체인지 또는 긴급, 제설작업용 간이 진·출입시설 활용한다
- ③ 터널관리소 진출입로 설치에 따른 사업비 증액이 과다하거나 설치여건이 곤란 할 경우에는 터널관리소 진출입로 위치이동 검토, 터널 입출구부 개구부 활용 등 대안을 제시한다.

(2) 설치형태

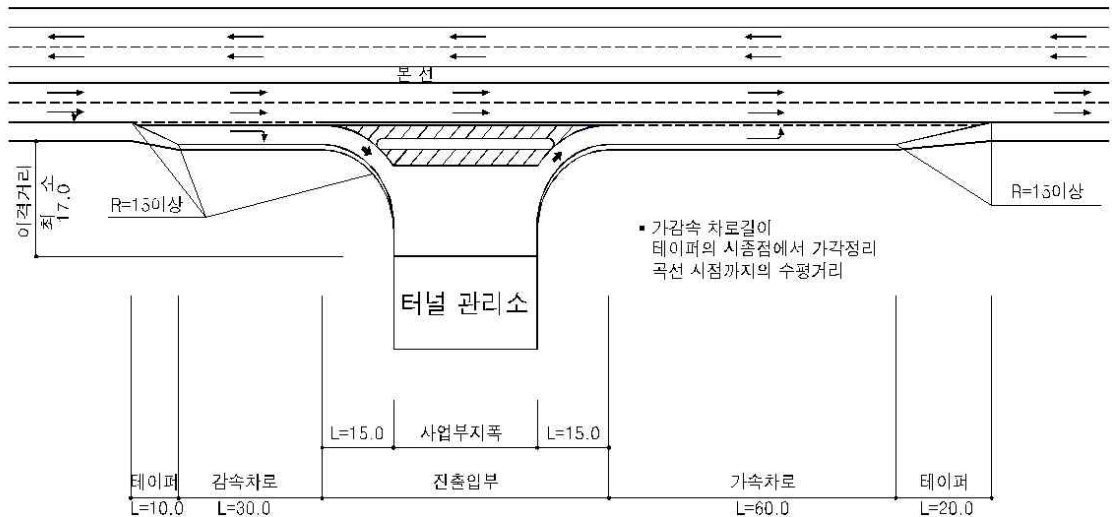


<그림 3.1.6> 터널관리사무소 진출입로 설치 형태

4) 터널관리소 진출입로 설치기준 검토 (설계도 10201-199, 2004.07.07)

(3) 가감속차로 연장

- ① “도로와 다른 도로 등과의 연결에 관한 규칙”을 참조한다.
- ② 적용 예(평행식 적용)



<그림 3.1.7> 평행식 변속차로 설치

[표 3.1.17] 변속차로의 최소길이(제8조제1 호관련)

(단위:m)

시 설	주차대수	변속차로의 길이 (테이퍼의 길이 제외)		테이퍼의 길이	
		감속차로	가속차로	감속부	가속부
주차장·건설시계주기장·운수시설·의료시설·운동시설·관람시설·집회시설 및 위락시설 등	30대이하	30	60	10	20
	31대이상	45	90	15	30

(4) 기하구조 및 횡단 폭원⁵⁾

① 기하구조

- 가. 설계속도 : 20km/h
- 나. 평면선형 : 최소회전반지름 R=15m(차로중심선 기준)이상 적용하며
횡단 구조물 시종점에서 15m 이상 직선을 설치한다.
- 다. 종단선형 : 평지(8.0%), 산지(16.0%)

② 횡단폭원

전체폭	차로폭	우측길어깨	좌측길어깨	비 고
5.0m	3.25m	1.0m	0.75m	확폭(R=15m 적용시 3.0m)

5) 영업소 회차로 설계기준 (설계기13201-540호, 2000.12.13)

3.2 시거

3.2.1 개요

- (1) 시거란 운전자가 자동차 진행 방향에 있는 장애물 또는 위험 요소를 인지하고, 제동을 걸어 정지하거나, 또는 장애물을 피해서 주행할 수 있는 길이를 말한다.
- (2) 주행상의 안전과 쾌적성의 확보에 매우 중요한 요소이며 시거는 차로 중심을 따라 측정한다.
- (3) 시거에는 운전자의 안전을 위하여 그 도로의 설계속도에 따라 필요한 길이를 전구간에 걸쳐서 확보하여야 하는 정지시거와 양방향 2차로 도로에서 그 도로의 효율적인 운영을 위하여 그 도로의 설계속도에 따라 필요한 길이를 적절한 간격으로 확보하여야 하는 앞지르기사거가 있다.

3.2.2 정지시거

(1) 개요

- ① 정지시거는 운전자가 같은 차로상에 있는 고장차등의 장애물 또는 위험요소를 알아차리고 제동을 걸어서 안전하게 정지하거나, 혹은 장애물을 피해 주행하기 위하여 필요한 길이를 설계속도에 따라 산정한 것이다.
- ② 정지시거를 측정하는 방법은 운전자의 위치를 진행하는 차로의 중심선상으로 하고, 운전자 눈의 높이를 도로 표면으로부터 1m로 하여, 장애물 또는 물체의 높이 15cm를 볼 수 있는 거리를 같은 차로의 중심선상으로 측정하여야 한다.

(2) 정지시거 산정

- ① 정지시거는 반응시간 동안의 주행거리와 제동정지거리의 합으로 구한다.
- ② 반응시간 동안의 주행거리
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.

$$d_1 = v \cdot t = \frac{V}{3.6} t \quad [\text{식 3.2.1}]$$

여기서, d_1 : 반응시간 동안의 주행거리

v, V : 주행속도 (m/sec, km/h)

t : 반응시간 (2.5초)

③ 제동정지 거리

타이어와 노면간의 미끄럼 마찰력에 의하여 자동차가 정지하게 되는 거리를 표준식으로 나타내면 다음과 같다.

$$d_2 = \frac{v^2}{2gf} = \frac{V^2}{254f} \quad [\text{식 3.2.2}]$$

여기서, d_2 : 제동정지거리

v, V : 주행속도 (m/sec, km/h)

g : 중력가속도 (m/sec^2)

f : 노면과 타이어간의 종방향 미끄럼 마찰계수

가. 종방향 미끄럼 마찰계수 f 는 속도에 따라 그 값이 변화

나. 종방향 미끄럼 마찰계수 f 는 노면의 습윤상태의 값을 적용하여 계산한다.

(3) 정지시거의 계산

$$D = d_1 + d_2 = \frac{V}{3.6}t + \frac{V^2}{254f} = 0.694V + \frac{V^2}{254f} \quad [\text{식 3.2.3}]$$

여기서, D : 정지시거 (m)

d_1 : 반응시간 동안의 주행거리

d_2 : 제동정지거리

V : 주행속도 (km/h)

설계속도가 120~80km/h일 때 설계속도의 85%,

설계속도가 70~40km/h일 때 설계속도의 90%,

설계속도가 30km/h 이하일 때 설계속도와 같다

t : 반응시간 (2.5초)

f : 노면과 타이어간의 종방향 미끄럼 마찰계수(노면 습윤상태)

[표 3.2.1] 노면 습윤상태일 때 정지시거

설계속도 (km/h)	주행속도 (km/h)	마찰계수 (f)	정지시거 계산치 $0.694V + \frac{V^2}{254f}$	정지시거 채택 (m)
120	102	0.29	212.0	215
110	93.5	0.29	183.6	185
100	85	0.30	153.8	155
90	76.5	0.30	129.9	130
80	68	0.31	105.9	110
70	63	0.32	92.5	95
60	54	0.33	72.3	75
50	45	0.36	53.3	55
40	36	0.40	37.8	40
30	30	0.44	28.9	30
20	20	0.44	17.5	20

(4) 도로의 종단경사에 따른 정지시거

종단경사에 의한 정지시거의 영향에 대한 계산식은 다음의 식과 같다.

$$D = 0.694V + \frac{V^2}{254(f \pm s/100)} \quad [\text{식 3.2.4}]$$

여기서, D : 정지시거 (m)

V : 주행속도 (km/h)

f : 노면과 타이어간의 종방향 미끄럼 마찰계수(노면 습윤상태)

s : 종단경사 (%)

3.2.3 앞지르기 시거

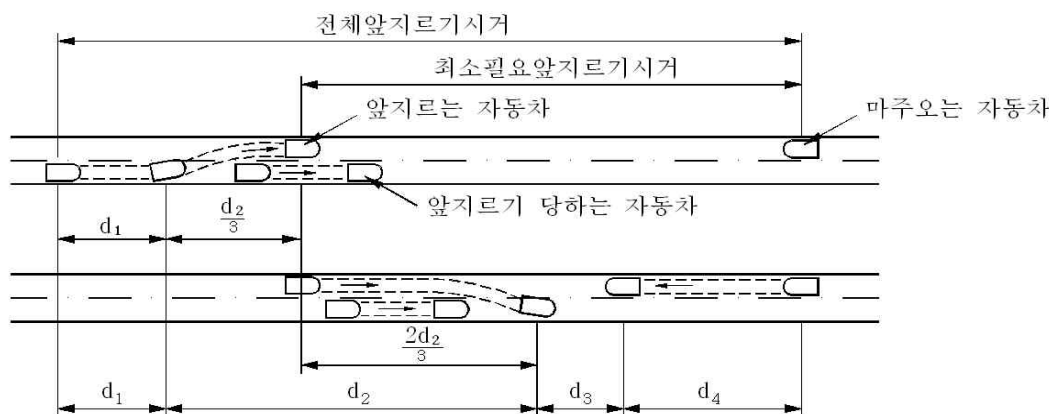
(1) 개요

- ① 앞지르기시거는 차로의 중심선상 1.0m 높이에서 대향차로의 중심선상에 있는 높이 1.2m의 대향 자동차를 발견하고 안전하게 앞지를 수 있는 거리를 도로 중심선을 따라 측정한 길이를 말한다.
- ② 앞지르기시거는 전방의 안전을 확인한 후 앞지르기 동작을 시작하여 앞지르기를 완료할 때까지에 필요한 거리로 구성하며 다음 표 이상의 앞지르기 시거를 확보 하여야 한다.

[표 3.2.2] 앞지르기 시거

설계속도(km/h)	앞지르기시거(m)
80	540
70	480
60	400
50	350
40	280
30	200
20	150

(2) 앞지르기 시거의 계산



<그림 3.2.1> 앞지르기의 산정

앞지르기시거는 다음과 같은 가정 아래에서 계산한다.

- ① 앞지르기 당하는 차는 일정한 속도로 주행한다.
- ② 앞지르기 하는 자동차는 앞지르기를 하기 전까지는, 앞지르기 당하는 차의 속도와 같다
- ③ 앞지르기가 가능하다는 것을 인지한다.
- ④ 앞지르기할 때에는 최대 가속도 및 앞지르기를 당하는 자동차보다 빠른 속도로 주행한다.
- ⑤ 대향 자동차는 설계속도로 주행하는 것으로 가정하고, 앞지르기가 완료된 경우 대향 차와 앞지르기하는 차 사이에는 적절한 여유 거리가 있으며, 서로 엇갈려 지나간다.

(3) 앞지르기시거의 산정방법

- ① 앞지르기를 하려는 차가 앞지르기가 가능하다고 판단하여 가속하면서 대향 차로로 이행하기 직전까지 주행하는 거리를 d_1 이라 하고, 앞지르기 당하는 차의 속도를 V_0 km/h, 가속도를 a m/sec², 가속시간을 t_1 초 라 하면,

$$d_1 = \frac{V_0}{3.6}t_1 + \frac{a}{2}t_1^2 \quad [\text{식 3.2.5}]$$

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

- ② 앞지르기를 시작하면서부터 앞지르기를 완료할 때까지 앞지르기를 하는 차가 대향차로를 주행하는 거리를 d_2 라 하고, 앞지르기 하는 차의 속도를 V km/h, 앞지르기를 완료할 때까지의 시간은 t_2 초라 하면,

$$d_2 = \frac{V}{3.6}t_2 \quad [\text{식 3.2.6}]$$

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

- ③ 앞지르기 완료시에 앞지르기를 마친 차와 대향 차와의 차간거리를 d_3 라 하면, 차간거리 d_3 는 15~70m를 적용한다.
- ④ 앞지르기하는 자동차가 앞지르기를 완료할 때까지 대향 자동차가 주행하는 거리를 d_4 라 하면, d_4 계산시에 앞지르기하는 자동차가 완전히 대향 차로로 이동하고 나서부터 앞지르기를 완료할 때까지 주행하는 시간을 고려하면 충분하며, 그 시간은 일반적으로 t_2 의 2/3이다. 대향 차의 속도를 앞지르기하는 차의 속도와 같게 V 를 취하면, d_4 는 다음과 같다.

$$d_4 = \frac{2}{3}d_2 = \frac{2}{3} \times \frac{V}{3.6}t^2 \quad [\text{식 3.2.7}]$$

(4) 앞지르기시거의 계산값

[표 3.2.3] 앞지르기시거

(단위 : m)

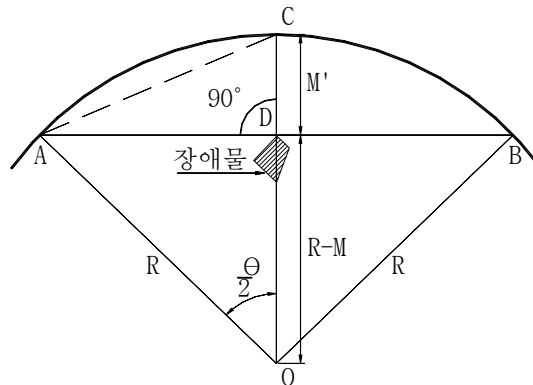
설계 속도 (km/h)	V (km/h)	V ₀ (km/h)	d ₁			d ₂		d ₃ (m)	d ₄ (m)	앞지르기시거 (m)	
			a (m/sec ²)	t ₁ (sec)	d ₁ (m)	t ₂ (sec)	d ₂ (m)			계산치	규정치
80	80	65	0.65	4.3	83.6	10.4	231.1	70	154.1	538.8	540
70	75	60	0.64	4.0	71.8	10.0	208.3	60	138.9	479.0	480
60	65	50	0.63	3.7	55.7	9.6	173.3	50	115.6	394.6	400
50	60	45	0.62	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

3.2.4 시거의 확보

(1) 시거 확보 폭 계산식

① 원곡선의 안쪽에 두는 공간의 한계선

가. 시선과 대상물이 모두 원곡선 내에 있고, 평지부에 있는 경우



<그림 3.2.2> 원곡선에서의 시거

나. 곡선 안쪽에 장애물이 근접할 경우이며 중심선부터 장애물까지를 중앙 종거라 하며 이는

$$M(= \overline{CD}) = R(1 - \cos \frac{\theta}{2}) = R(1 - \cos \frac{D}{2R}) \quad [\text{식 3.2.8}]$$

여기서, D : 시거(ACB)(m), R : 원곡선 반지름(m)

다. 우변을 Taler의 급수로 전개하면

$$M = \frac{D^2}{8R} - \frac{D^4}{384R^3} + \frac{D^6}{8R^5} (1 - \frac{D^2}{78R^2} + \dots) \cong \frac{D^2}{8R} \quad [\text{식 3.2.9}]$$

라. 식에 의하여 확보해야 할 시거와 평면곡선 반지름이 정해지면 시거 확보를 위하여 필요

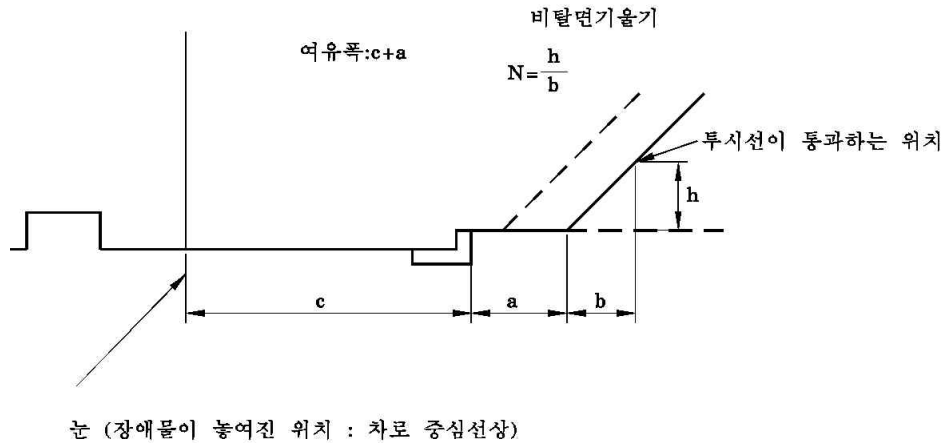
로 하는 시거 확보 폭이 구해진다.

② 직선과 원 또는 클로소이드가 연결되는 경우

직선과 곡선이 연결되어 있는 경우에는 도면상에 실제로 나타내 봄으로써 시거 확보를 위하여 비탈면을 어느 정도 절취하여야 할 것인가를 구할 수 있다.

③ 평면곡선과 종단곡선이 겹쳐지고 있는 경우

가. 투시선의 양끝이 평면상으로는 원곡선 내에, 종단상으로는 종단곡선 내에 들어 있는 경우



<그림 3.2.3> 시거확보를 위한 절취선

(가) <그림 3.2.3>에서 투시선의 비탈면을 끊어 a 와 h 를 조합하여 구할 수 있는 a 의 최대 값에 대한 평면곡선의 반지름을 R 이라 하고,

(나) 눈 및 장애물의 높이를 각각 h_e 및 h_c , 안전시거를 D 라 할 때 a 의 최대값은 다음 식으로 나타낼 수 있다. (K : 종단곡선비율)

$$a_{\max} = \frac{D^2}{8R} \cdot \frac{K-NR}{K} + \frac{N^2(h_e-h_c)^2}{2D^2} \cdot R \frac{K}{K-NR} - \frac{N(h_e+h_c)}{C} - C \quad [\text{식 3.2.10}]$$

(오목형 : $K > 0$, 볼록형 : $K < 0$)

나. 투시선의 양단이 평면상으로는 원곡선 가운데에 들어 있고 종단상으로는 직선 경사 내에 들어 있는 경우는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$a_{\max} = \frac{D^2}{8R} + \frac{N^2(h_e-h_c)^2}{D^2} \cdot R - \frac{N(h_e-h_c)}{2} - C \quad [\text{식 3.2.11}]$$

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

(2) 시거 확보의 방법

① 원곡선 반지름의 조정과 종단경사의 완화

② 길어깨 또는 중앙분리대 확폭

③ 교량, 고가, 터널 구간에서의 시거의 부족은 원칙적으로 피하여야 하나 부득이한 경우에는 장애물을 후퇴시켜서 좌측 또는 우측 길어깨를 확폭한다.

3.3 중단선형

3.3.1 중단경사

(1) 중단경사 기준 산정

- ① 중단경사의 규정은 설계속도, 지형여건 및 오르막 구간에서 가장 영향을 많이 받는 트럭의 오르막 능력을 감안하여 결정한다.
- ② 도로의 구분 및 주변여건을 고려하고 평지구간과 산지구간으로 구분하여 경제적 측면과 그 도로의 조건에 만족할 수 있는 경사를 적용하도록 하였다.
- ③ 용량이 저하되는 오르막 구간은 필요시 오르막 차로를 설치할 수 있도록 하였다.

(2) 설계속도별 최대중단경사

- ① 도로의 중단경사는 도로의 구분, 지형상황과 설계속도에 따라 다음 표의 비율 이하로 하여야 한다.
- ② 단, 지형상황, 주변지장물 및 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 다음 표의 비율에 1퍼센트를 더한 값 이하로 할 수 있다.

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

(3) 소형차도로의 중단경사

- ① 도로의 구분, 지형과 설계속도에 따라 다음 표의 비율 이하로 하여야 한다.
- ② 단, 지형상황, 주변지장물 및 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 다음 표의 비율에 1퍼센트를 더한 값 이하로 할 수 있다.

최대 종단경사(퍼센트)								
설계속도 (킬로미터/시간)	고속도로		간선도로		집산도로 및연결로		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

(4) 적용시 주의사항

- ① 종단경사는 될 수 있는 대로 작은 것이 바람직하지만 배수를 고려하여 종방향으로 0.3~0.5%의 종단경사를 붙여 두는 것이 바람직하다.
- ② 적설이나 동결이 예상되는 지역에서는 될 수 있는 대로 급경사의 적용은 피해야 한다.
- ③ 긴 터널의 경우, 자동차 배기가스의 배출과 트럭의 저속 주행, 교통안전 등을 고려하여 최대 종단경사를 제한해야 한다.

가. 독일 RAS-L-1에서는 터널의 길이가 짧을 경우 최대 종단경사로 4.0%를 적용하고, 긴 터널에서는 2.5%를 적용하도록 하고 있다.

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

3.3.2 오르막 차로

(1) 개요

- ① 오르막 구간에서 속도감소가 큰 대형차의 혼입률이 커 교통용량의 감소가 크게 예상되는 경우에는 오르막 차로의 설치를 검토하여 필요시 주행차로에 붙여 설치하여야 한다.
- ② 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.
- ③ 또 왕복 4차로 도로에서의 오르막 차로 설치여부는 대형차의 속도저하, 교통용량, 경제성 등을 검토하여 결정하도록 한다.
- ④ 왕복 6차로 이상의 도로에서는 고속자동차가 저속자동차를 앞지를 수 있는 공간적인 여유가 4차로보다 많으므로 오르막차로를 설치하지 아니할 수 있으나 교통용량 분석은 충분히 검토하여 결정하여야 한다.

(2) 종단경사의 제한 길이

① 종단경사 구간의 제한 길이는 주어진 조건에 따라 중량/마력비를 200lb/hp인 트럭을 표준으로 한다.

② 다음과 같은 가정하에 <그림 3.3.1>의 경사길이에 따른 속도변화의 감속인 경우에 의거하여 산정한다.

가. 오르막구간의 진입속도는 다음 두 속도 중 작은 값을 적용한다.

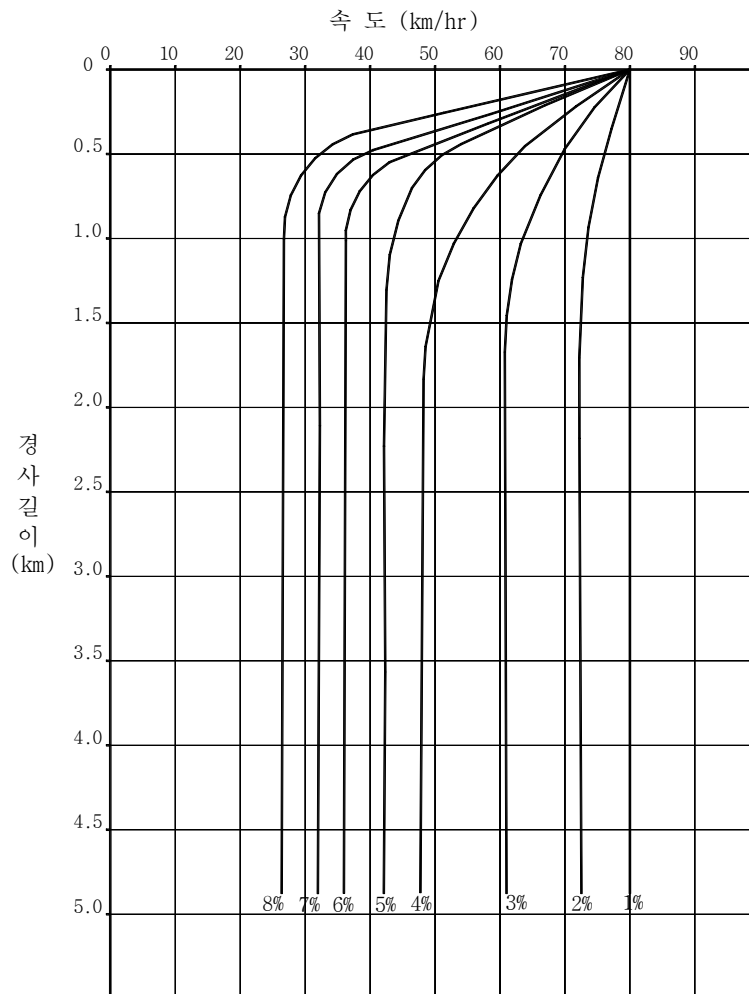
(가) 설계속도가 80km/h 이상인 경우는 모두 80km/h로 하며 설계속도가 80km/h 미만인 경우는 설계속도와 같은 속도

(나) 앞쪽 경사의 영향에 따른 오르막 구간의 진입속도

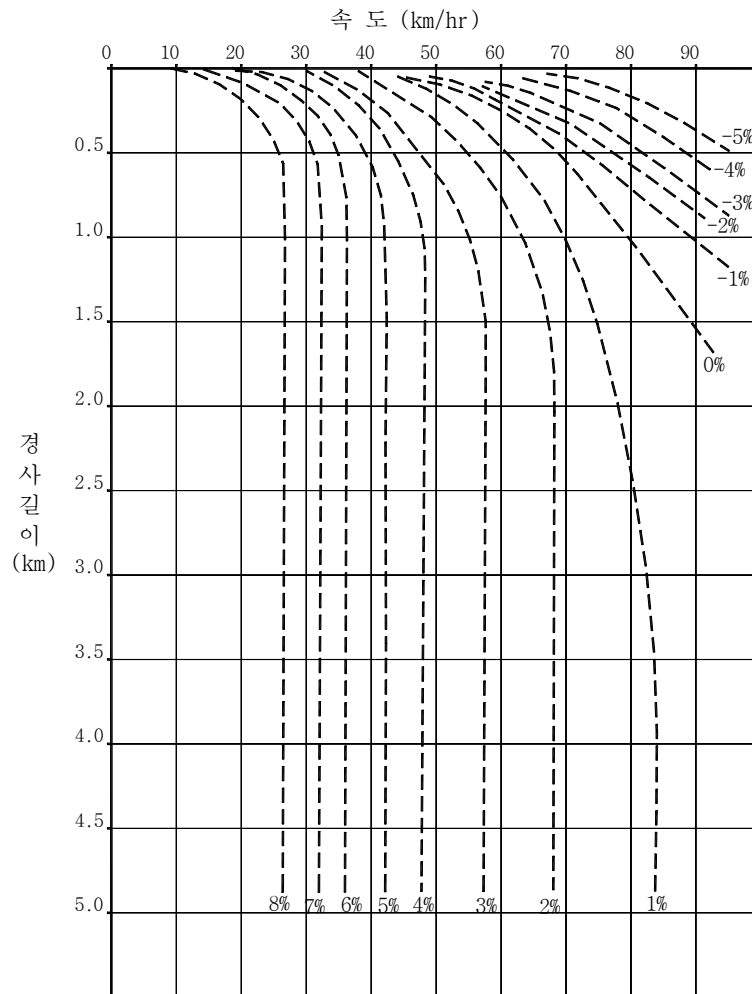
나. 오르막 구간의 정점에서의 속도는 오르막 구간의 진입속도에서 20km/h를 감한 값 이상의 속도를 유지하도록 한다.

(가) 설계속도 80km/h 이상인 경우 : 60km/h

(나) 설계속도 80km/h 미만인 경우 : 설계속도 - 20km/h 경사구간에서의 감속에 반하여 경사구간의 가속의 정도는 <그림 3.3.2>의 속도 경사길이에 따른 가속의 경우에 의하여 산정한다.



<그림 3.3.1> 경사길이에 따른 속도변화(200lb/hp 표준트럭 : 감속인 경우)



<그림 3.3.2> 경사길이에 따른 속도변화(200lb/hp 표준트럭 : 가속인 경우)

(3) 오르막차로의 설치구간 설정

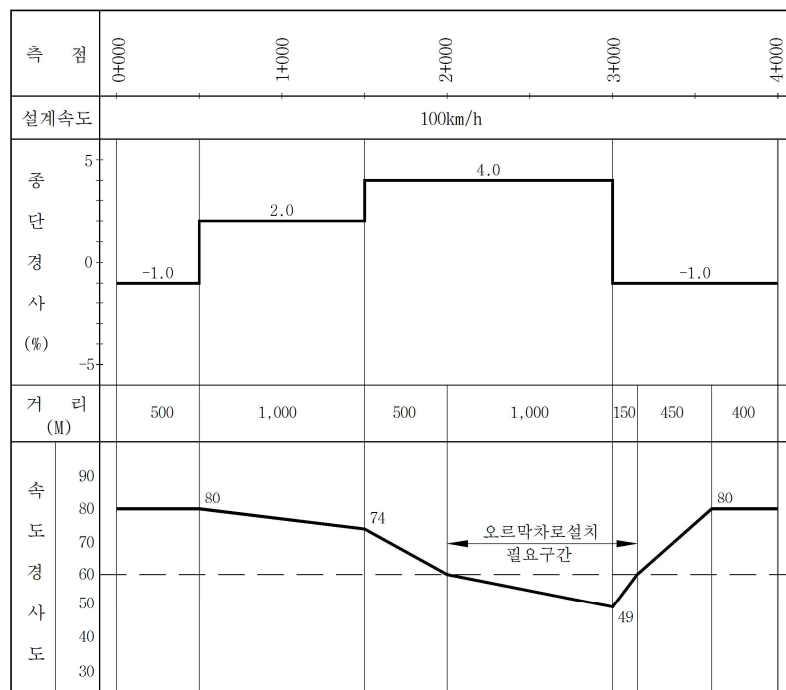
- ① 종단경사가 있는 구간에서 자동차의 오르막 능력 등을 검토하여 오르막 구간의 서비스 수준이 2단계이상 하락하거나 “E”이하인 경우에 오르막차로를 설치한다.
- ② 다만, 설계속도가 시속 40km/h 이하인 경우에는 오르막 차로를 설치하지 아니할 수 있다.
- ③ 설치구간 산정의 전제조건
 - 가. 오르막 구간에서 대형 자동차의 오르막 성능은 중량/마력비 200lb/hp를 표준으로 한다.
 - 나. 대형 자동차의 최고 속도는 설계속도 80km/h 이상인 경우는 80km/h, 설계속도 80km/h 미만인 경우는 설계속도와 같은 속도로 한다.
 - 다. 대형 자동차의 허용 최저속도는 다음과 같이 한다.

[표 3.3.1] 허용최저 속도

설계속도(km/h)	허용최저속도(km/h)	
	시점	종점
120	65	75
80이상 ~ 120미만	60	60
80 이하	설계속도-20	설계속도-20

③ 속도-경사도의 작성

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



<그림 3.3.3> 속도-경사도에 따른 오르막 차로 설치 예

(4) 오르막차로의 설치

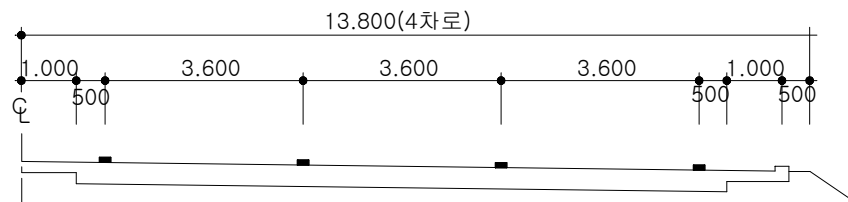
- ① 오르막차로의 최소 설치길이는 500m 이상으로 하며 차로폭은 본선과 동일하게 한다.
- ② 오르막차로의 편경사는 차로변경 및 시공성 등을 고려하여 그 구간의 본선 편경사와 동일하게 설치한다.

③ 변이구간길이

설계속도	시 점	중 점	비 고
120km/h	70m	80m	
100km/h	60m	70m	
80km/h	50m	60m	
80km/h 미만	45m	50m	

④ 횡단구성

가. 오르막차로 폭은 본선폭과 동일하게 설치한다.



<그림 3.3.4> 고속도로의 오르막차로부 횡단구성

⑤ 오르막차로의 연장

가. 속도-경사도로부터 허용 최저속도 이하의 구간에서 허용 최저속도로 복귀하는 구간까지의 거리를 오르막차로의 본선 길이로 한다.

나. 이 길이에 사중점부의 테이퍼 길이 및 중점측에 계산상의 허용 최저속도까지 회복하는 지점의 종단경사 값에 대해 아래의 값을 더하여 오르막차로의 전 길이로 한다.

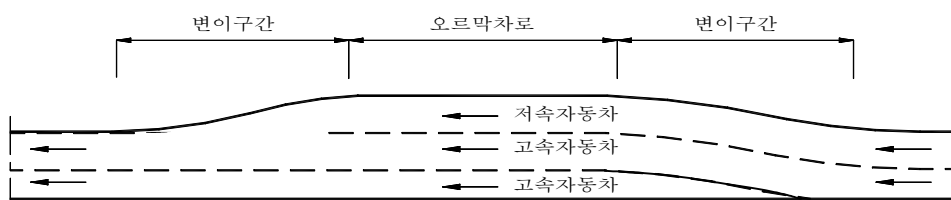
허용 최저속도까지 회복하는 지점의 종단경사(%)	하향경사	0	상향경사			
			0.5	1.0	1.5	2.0
중점측에 부가할 길이(m) (테이퍼 포함)	150	200	250	300	350	400

다. 오르막차로 설치의 최소연장은 500m로 한다.

라. 허용 최저속도 이하의 구간이 200m미만이 되는 경우에는 오르막차로를 설치하지 아니하고 500m보다 짧은 경우 시점, 중점의 양측을 연장하여 500m로 한다.

(5) 오르막 차로 설치 방법⁶⁾

오르막차로를 주행차로와 연속하여 접속시키는 방법(합류부 차선삭제)



6) 오르막구간 추월차로제 확대시행 방안 (기술심사처-1784, 2009.07.06)

- ① 시점부 변이구간은 설계속도에 따라 변이율을 1/70 로 한다.(250m)
- ② 종점부 변이구간은 설계속도에 따라 변이율을 1/85 로 한다.(300m)

(6) 터널 전·후 구간의 오르막차로 설치

- ① 터널 입구부에 오르막차로의 종점을 두어서는 안된다.
- ② 터널내에 오르막차로가 설치되는 경우의 터널내공단면은 3차로 터널의 표준단면을 적용한다.
- ③ 오르막차로와 터널이 연속될 경우 종단조정안과 터널 전체에 오르막 차로를 설치하는 방안을 비교검토하고 오르막차로 종점과 터널 시점간의 최소이격거리는 최소정지시거를 확보할 수 있는 거리를 확보하여야 한다.

설계속도(km/h)	80	100	120
최소정지시거(m)	100	140	190

(7) 용량증가 및 부가차로형 오르막 차로 설치

- ① 오르막경사 직전의 합류부에서 부가차로나 용량 증가형 오르막 차로 설치여부를 검토한다. 다만, 끼어들기 차로로 이용될 우려가 있는 경우는 생략이 가능하다.
- ② 부분적인 용량부족구간은 용량증가형 오르막차로를 검토한다.

3.3.3 종단곡선의 변화 비율과 길이

(1) 개 요

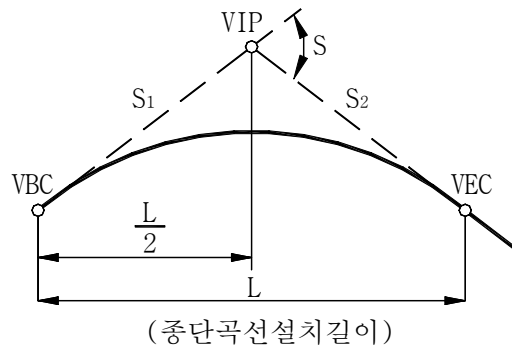
- ① 자동차가 두 개의 다른 종단경사 구간을 통과할 때는 자동차의 운동량 변화에 따른 충격을 감소시키고, 운전자의 시거를 확보할 수 있도록 종단곡선을 설치하여야 한다.
- ② 종단곡선 변화비율이란 접속되는 두 종단경사의 대수차가 1% 변화는 데 확보하여야 할 수평 거리로서, 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$K = \frac{Kr(=Rv)}{100} = \frac{L}{100(S_2 - S_1)} = \frac{L}{S} \quad [\text{식 3.3.1}]$$

여기서, K : 종단곡선의 변화비율(m/%)

L : 종곡선의 길이(m)

S : $|S_1 - S_2|$: 종단 대수차 (%)



<그림 3.3.7> 두 종단곡선의 접속

(2) 최소 종단곡선 변화비율

- ① 종단곡선 변화 비율은 자동차에 미치는 충격을 완화시키고, 정지시거를 확보할 수 있도록 최소값을 규정하여야 한다.

가. 충격 완화에 필요한 종단곡선 길이와 변화 비율

(가) 승객이 불쾌감을 느끼지 않도록 충격 완화를 고려하여 결정한 값이다.

$$L = \frac{V^2 \cdot S}{360} \quad [\text{식 3.3.2}]$$

$$Kr = \frac{V^2}{360} \quad [\text{식 3.3.3}]$$

여기서, L : 종단곡선의 길이(m)

I : 종단경사의 차(%)

V : 설계속도(km/h)

Kr : 종단곡선 변화비율(m/%)

나. 정지시거 확보에 필요한 중단곡선길이의 변화 비율

(가) 정지시거를 확보할 수 있는 중단곡선 길이는 중단곡선의 형태상 오목형에서는 문제가 되지 않는다.

(나) 볼록형으로 그 길이가 결정된다.

$$K_r = \frac{D^2}{385} \quad [\text{식 3.3.4}]$$

다. 전조등의 야간투시에 의한 중단곡선길이

(가) 오목형 중단곡선에서 야간 주행시 전조등을 비출 때 정지시거의 확보가 가능하도록 중단곡선길이가 설치될 경우 충격완화 및 주간인 정지시거의 확보에 문제점이 없다.

(나) 중단곡선비율로 나타내면 다음 식과 같다.

$$K = \frac{D^2}{120 + 3.5D} \quad [\text{식 3.3.5}]$$

(3) 중단곡선 변화비율 및 길이의 산정

- ① 볼록형인 경우에는 두 중단경사의 접속으로 인한 정점부를 정지시거가 확보될 수 있도록 중단곡선길이를 설치하도록 하여야 한다
- ② 오목형인 경우에는 야간에 전조등으로 비추어 정지시거를 확보할 수 있도록 중단곡선길이를 설치하여야 한다.
- ③ 중단곡선의 형태별로 다음과 같이 중단곡선 길이를 확보하여야 한다.

[표 3.3.2] 중단곡선 길이

설계속도 (킬로미터/시간)	정지시거 (m)	중단곡선의 형태	중단곡선 최소 변화비율 (m/퍼센트)
120	215	볼록곡선	120
		오목곡선	55
110	185	볼록곡선	90
		오목곡선	45
100	155	볼록곡선	60
		오목곡선	35
90	130	볼록곡선	45
		오목곡선	30
80	110	볼록곡선	30
		오목곡선	25
70	95	볼록곡선	25
		오목곡선	20
60	75	볼록곡선	15
		오목곡선	15
50	55	볼록곡선	8
		오목곡선	10
40	40	볼록곡선	4
		오목곡선	6
30	30	볼록곡선	3
		오목곡선	4
20	20	볼록곡선	1
		오목곡선	2

3.4 표준횡단경사

3.4.1 차도부

- (1) 노면의 횡단경사는 노면 위의 빗물을 길 밖으로 배수시키기 위하여 필요하다.
- (2) 횡단경사는 노면의 종류에 따라 다음 표의 비율로 하여야 한다.

[표 3.4.1] 횡단 경사

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

3.4.2 길어깨의 횡단경사

(1) 개요

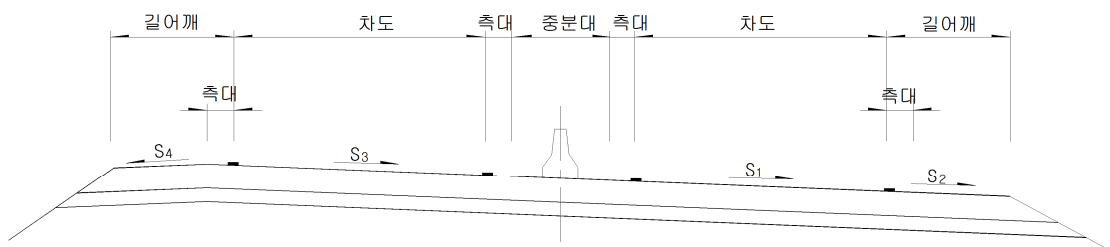
- ① 폭이 1.8m 이상인 길어깨에는 원칙적으로 외측으로 처지는 횡단경사를 붙이도록 한다.
- ② 교량과 고가 구간의 길어깨 또는 폭이 1.8m 미만인 길어깨에는 원칙적으로 차도의 횡단경사와 같은 경사를 붙이도록 한다.
- ③ 차도의 횡단경사와 길어깨(측대 제외)의 횡단경사에 차이를 둘 경우 경사의 차이는 교통안전과 배수에 나쁜 영향이 미치지 않는 범위에 들도록 해야 한다.
- ④ 길어깨 경사의 접속설치 기준점은 길어깨 측대의 바깥쪽 끝으로 한다.

(2) 길어깨의 횡단경사

- ① 토공 구간에서 폭이 1.8m 이상인 길어깨

[표 3.4.2] 길어깨의 횡단경사 길어깨의 횡단경사

노면의 종류	횡단경사
아스팔트 및 시멘트 콘크리트 포장 길어깨 및 간이 포장 길어깨	4%



<그림 3.4.1> 본선과 길어깨 편경사 조합

[표 3.4.3] 본선과 길어깨 편경사 조합

(단위 : %)

길 어 깨(S4)	본선차도(S3)	본선차도(S1)	길 어 깨(S2)
-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.

② 교량과 고가 구간 및 폭1.8m 미만의 길어깨

가. 시공성을 고려하여 차도의 횡단경사와 동일한 경사로 한다.

③ 교량, 고가 사이의 토공 구간의 길어깨

가. 교량, 고가사이의 토공 구간에서, 토공 구간의 평면선형이 곡선이고 구간의 길이가 100m미만인 경우, 또는 500m 이상을 단위로 한 구간에 있어서 구조물 길이가 대략 60%이상인 경우(예를 들면, 고가 250m+토공200m+고가 200m)에는 차도의 횡단경사와 동일한 경사를 길어깨에 붙인다.

④ 연결로 길어깨의 횡단경사

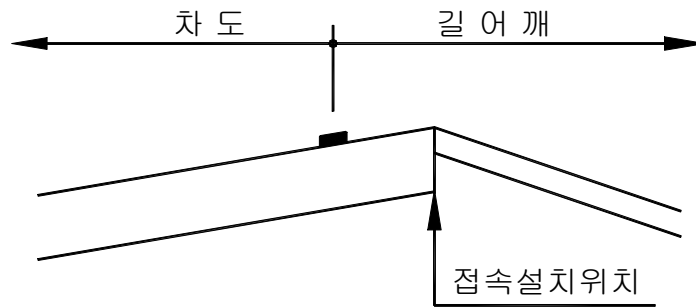
가. 2차로 운영이 가능하도록 곡선 외측부 길어깨 횡단경사를 차도부와 동일하게 적용한다.

[표 3.4.4] 연결로 차도와 길어깨 편경사 조합

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	

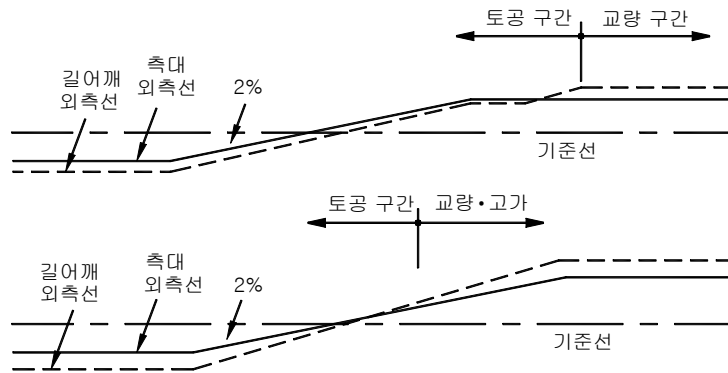
(3) 길어깨의 접속설치

- ① 길어깨 횡단경사의 접속설치는 <그림 3.4.2>에 나타난 바와 같이 길어깨 측대의 바깥쪽 끝에서 한다.



<그림 3.4.2> 길어깨의 접속설치 위치

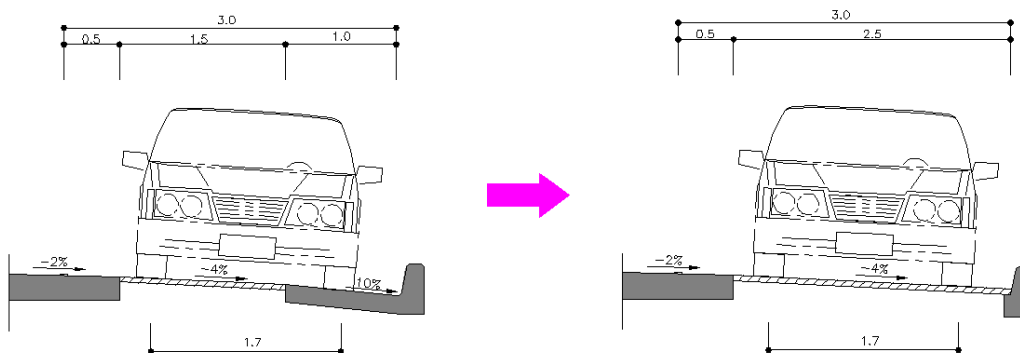
- ② 토공구간과 교량, 고가 구간의 접속설치 구간은 토공 접속점을 시점으로 하고 토공구간 내에 설정한다.
- ③ 길어깨 횡단경사의 접속설치율은 1/150 이하로 한다.



<그림 3.4.3> 토공과 교량, 고가 구간 길어깨의 횡단경사 접속설치

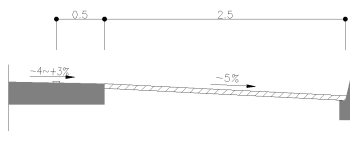
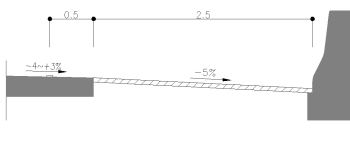
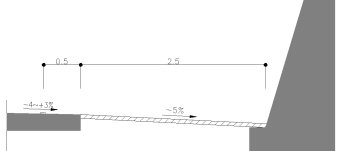
(4) L형측구 설치구간 횡단경사 개선⁷⁾

- ① L형측구 설치단면 및 횡단 경사 : L형 저판을 삭제 하여 시공성 및 주행안전성 확보한다.



7) 길어깨 포장개선 (설계차-1653, 2008.06.23)

② 형식별 적용방안

L형측구 형식-1	L형측구 형식-2	L형측구 형식-3
		

③ 절토부 길어깨 조정 횡단경사

본선 횡단경사(%)	길어깨 횡단경사(%)	
	L형측구 저판 포함시	L형측구 저판 제외시
-4 ~ +3	-4	-5
-5	-5	-6
-6	-6	-7
+6	-1	-2
+5	-2	-3
+4	-3	-4

3.5 선형 설계의 운용

3.5.1 평면선형의 설계방침

- (1) 선형은 주변 지형 및 조건에 적합한 것이어야 한다.
- (2) 선형은 연속적인 것이어야 한다.
- (3) 긴 직선 구간의 끝부분에 급한 평면곡선을 설치한 선형, 큰 반지름의 평면곡선부에서 작은 반지름의 평면곡선부로 급격히 변화하는 선형등은 피하여야 한다.
- (4) 충분한 곡선 길이를 확보하여야 한다.
- (5) 높은 흙쌓기가 연속되는 구간에는 곡선 반지름을 될 수 있는 대로 크게 하여야 한다.
- (6) 땅깍기 비탈면, 수목 등이 있어서 운전자를 시각적으로 유도하지 않는 한 운전자는 곡률을 분간하지 못해서 사고를 일으키기 쉽다.
- (7) 직선과 원곡선 사이에 클로소이드를 삽입할 때, 클로소이드의 파라미터와 원곡선반지름과의 사이에는 가능한 한 다음과 같은 관계가 성립되도록 하여야 한다.

① $R \geq A \geq \frac{R}{2}$ $R=1,500\text{m}$ 이상으로 매우 클 경우에는 $R \geq A \geq \frac{R}{3}$ 의 조건을 지키면 직선에서 원곡선으로서의 선형의 변화가 점차적으로 원활한 것이 된다.

- ② 클로소이드-원곡선-클로소이드의 선형구성인 경우에는 두 클로소이드의 파라미터를 반드시 같게 취할 필요는 없고 지형조건 등에 따라서 비대칭의 곡선형으로 하여도 좋다
- (8) 두 클로소이드가 그 시점에서 반대방향으로 접속된 선형인 경우에는 두 클로소이드의 파라미터는 같은 편이 좋다.
- (9) 같지 않을 때에는 큰 파라미터가 작은 파라미터의 두배 이하가 되도록 하여야 한다.
- (10) 직선을 낀 두 평면곡선부가 반대방향으로 설치될 경우에 부득이 짧은 직선부를 두 곡선사이에 설치하여야 할 때에는 직선의 길이는 다음 조건을 만족하도록 하여야 한다.

$$\ell \leq \frac{A_1 + A_2}{40} \quad [\text{식 3.5.1}]$$

여기서 ℓ : 두 평면곡선 사이의 직선길이(m)

$A_1 + A_2$: 클로소이드의 파라미터

- (11) 두 원곡선을 같은 방향으로 복합시킬 경우에는 큰 원의 반지름이 작은 원의 반지름의 1.5배 이하가 되도록 하는 것이 좋다.
- (12) 같은 방향으로 굴곡하는 두 평면곡선 간에 짧은 직선을 설치하여야 하는 선형은 가능하면 두 평면곡선을 포함하는 큰 원을 설치하는 것이 좋다.
- (13) 입체 선형이 양호하여야 한다.
- (14) 평면선형의 설계시에는 항상 중단선형과의 관련에 유의하여 입체적인 선형이 양호하도록 해야 한다.
- (15) S형 곡선의 KA 부근에 볼록(凸)형 중단곡선의 꼭지점이 오는 것은 시각상, 배수상 좋지 않으므로 피해야 한다.
- (16) 철도, 주요 도로, 하천 등이 교차하는 곳은 중단선형의 꼭지점 또는 기준점(control point)이 되는 경우가 많으므로 그러한 곳은 평면 선형을 설계할 때 고려하여야 한다.

3.5.2 평면 곡선의 적용

(1) 개요

- ① 원곡선을 적용할 때에는 지형에 적응시키되 가능한 한 큰 곡선 반지름을 쓴다.
- ② 앞 뒤의 선형 요소와의 상대 관계를 검토하여 일련의 선형으로서 전체적인 균형을 꾀하도록 한다.
- ③ 그리고 평면 곡선부에서는 중단경사와의 관계를 고려하여 작은 평면곡선반지름의 원곡선과 급경사가 겹치지 않도록 한다.
- ④ 완화곡선은 선형 전체가 자동차의 주행에 상응한 곡률의 변이를 주고, 시각적으로도 매끄러운 선형이 되도록 적용하여야 한다.
- ⑤ 완화곡선으로는 클로소이드 곡선이 주로 이용 된다.

(2) 원곡선

- ① 원곡선은 지형 조건에 따라서 가능한 한 반지름을 크게 취하는 것이 바람직하지만, 평면곡선반지름이 대략 10,000m 이상은 곡선의 의미가 상실되는 것으로 알려져 있다.

② 적용 형태

가. 단곡선

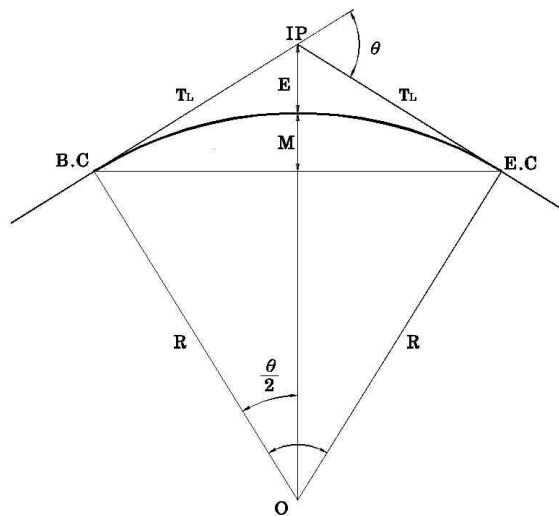
(가) 단곡선은 일반적으로 곡선 반지름으로 표시하는데, 단곡선의 각 부분에 대한 식은 <그림 3.5.1>과 같다.

나. 복합곡선

(가) 복합곡선은 같은 방향으로 꺾어지는 두 개 이상의 원곡선이 서로 연결되어 있는 것을 말한다.

(나) 복합곡선은 주로 평면 교차로, 입체 교차로의 연결로, 혹은 지형이 험한 곳의 도로에서 사용된다.

(다) 두 곡선간의 곡선반지름 비는 1.5 : 1을 넘지 않아야 하며, 곡선의 길이가 너무 짧게 되지 않도록 해야 한다.



R : 원곡선 반지름(m)
O : 원곡선의 중심
 T_L : 접선길이(m)
 θ : 교각($^{\circ}$)
M : 중앙중거(m)
E : 외선길이(m)
BC : 곡선의 시점
EC : 곡선의 종점
IP : 접선의 교점

접선길이(T_L)	$T_L = R \tan(\theta / 2)$	현의길이(C)	$C = 2R \sin(\theta / 2)$
외선장(E)	$E = R \sec(\theta / 2) - R$	호의길이(CL)	$CL = R\theta \pi / 180$

<그림 3.5.1> 단곡선의 각 명칭과 계산 식

다. 배향곡선

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

(나) 주행안전을 고려하여 배향곡선을 사용하기 보다는 두 개의 단곡선 사이에 충분한 길이의 직선을 삽입하거나 완화곡선을 삽입하는 것이 바람직하다.

(3) 클로소이드 곡선

① 클로소이드 곡선의 구성

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

나. 여기서 C는 상수이다.

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

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

$$R \times L = A^2 \quad [\text{식 3.5.2}]$$

여기서, R : 어떤 점의 곡선반지름(m)

L : 클로소이드의 원점부터 그 점까지의 곡선길이(m)

A : 클로소이드의 파라미터

② 클로소이드를 사용한 기본형

가. 클로소이드 파라미터(A)와 원곡선 반지름(R) 사이에 $R/3 \leq A \leq R$ 의 관계가 성립하도록 설계할 것을 권장하고 있다.

나. 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.

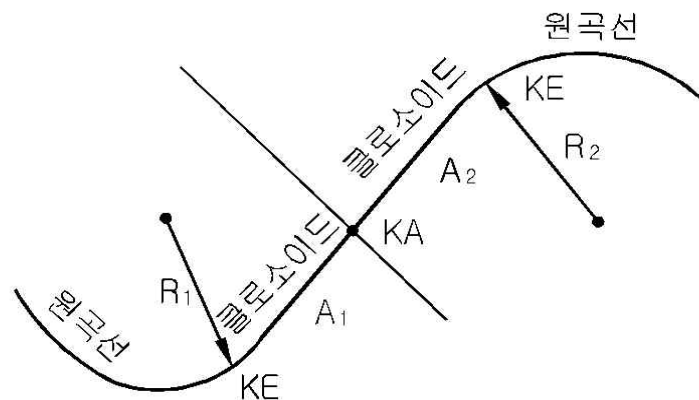
다. 클로소이드-원곡선-클로소이드 각 곡선의 길이는 대략 1 : 2 : 1이 되도록 하는 것이 바람직하다.

③ 클로소이드를 사용한 S형

가. 선형의 변경 등에 의해 부득이 두 KA사이에 직선을 삽입시키거나 KA부근에 클로소이드가 중복되는 경우에는 그 직선의 길이 또는 중복구간길이 ℓ 은 다음의 조건을 만족하도록 한다.

$$\ell \leq \frac{(A_1 + A_2)}{40} \quad [\text{식 3.5.3}]$$

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



<그림 3.5.2> 클로소이드를 사용한 S형 선형

④ 클로소이드를 사용한 계란형

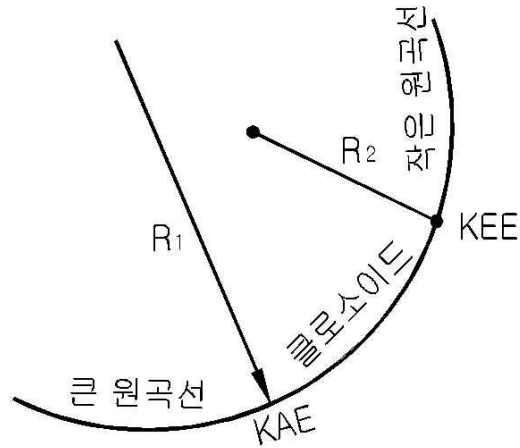
가. 두 개의 같은 방향으로 꺾어지는 원곡선을 하나의 클로소이드로 연결한 것을 계란형이라고 한다.

나. 계란형의 클로소이드 파라미터 A와 작은 원곡선의 반지름 R_2 사이에는 다음의 관계가

성립하여야 한다.

$$\frac{R_2}{2} \leq A \leq R_2$$

다. 큰 원곡선의 반지름(R_1)은 작은 원곡선의 반지름(R_2)의 2배 이상이 바람직하다.

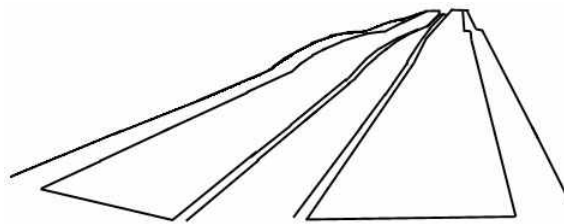


<그림 3.5.3> 클로소이드를 사용한 계란형

3.5.3 중단선형의 설계

(1) 중단선형의 설계 방침

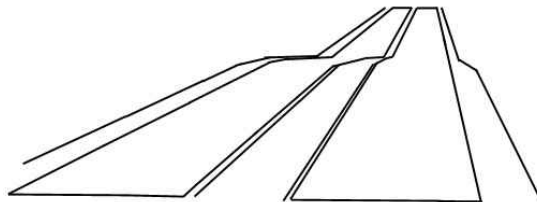
- ① 선형은 지형에 적합하고 원활한 것이어야 한다. 또, 짧은 구간에서 오르내림(凹凸)이 많은 선형은 바람직하지 않다.



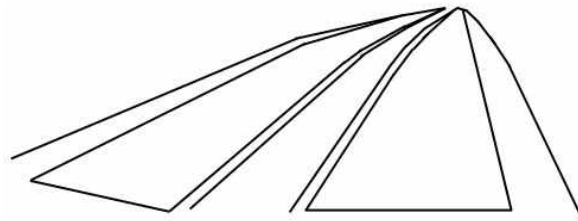
(평탄한 지형에서 짧은 교량 앞뒤의 흠뻑기량을 절감시키려 할 때 자주 생긴다.)

<그림 3.5.4> 짧은 돌출

- ② 앞과 뒤만 보이고 중간이 폭 패여 잘 보이지 않는 선형은 피해야 한다



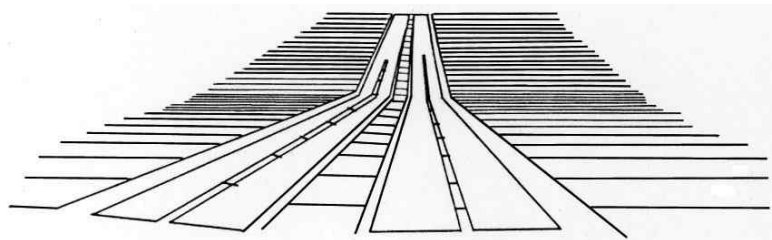
<그림 3.5.5> 중간이 폭 패여 잘 보이지 않는 선형(계단모양)



(이것은 소규모의 블록부인데, 꼭지점을 넘어서 쪽의 노면이 보인다.)

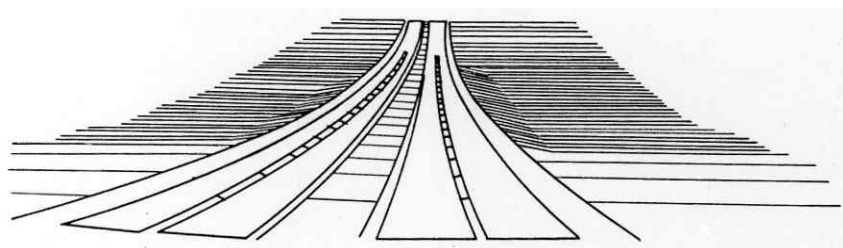
<그림 3.5.6> 종단의 짧은 굴곡

- ③ 급한 상향경사 앞에 하향경사를 설치하여 오르막 구간에서 트럭의 주행속도가 허용 최저 속도 이하로 떨어지지 않도록 할 때, 하향경사를 너무 급하게 하거나, 길게 해서 안된다.
- ④ 오목(凹)부분에 삽입하는 종단곡선은 충분히 길게 잡아 시각적으로 원활한 선형을 얻을 수 있도록 해야 한다.
- ⑤ 그리고 긴 하향 급경사 다음에 변화 비율이 작은 원곡선이 있는 경우에는 거기에 붙이는 편 경사를 표준보다 크게 하는 것도 생각할 필요가 있다.



(2% 하향경사에서 3%의 상향경사로, 종단곡선길이 210m, 종단곡선 변화비율 42m/%)

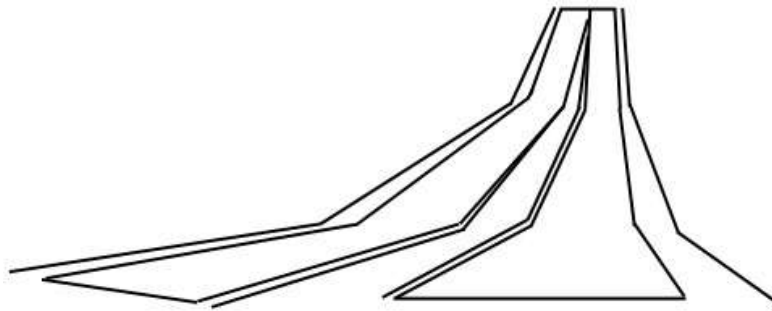
<그림 3.5.7> 오목 부분의 종단곡선(불량할 때)



(2% 하향경사에서 3%의 상향경사로, 종단곡선길이 900m, 종단곡선 변화비율 180m/%)

<그림 3.5.8> 오목 부분의 종단곡선(양호할 때)

- ⑥ 같은 방향으로 굴곡하는 두 종단곡선 사이에 짧은 직선 구간을 두는 것은 피하여야 한다.
- ⑦ 특히, 오목(凹)형 종단곡선의 경우에는 이 선형 전체가 보이기 쉬우므로 주의하지 않으면 안된다. 이를 개량하기 위해서는 양쪽의 두 종단곡선을 포괄하는 큰 종단곡선을 설치해야 한다.



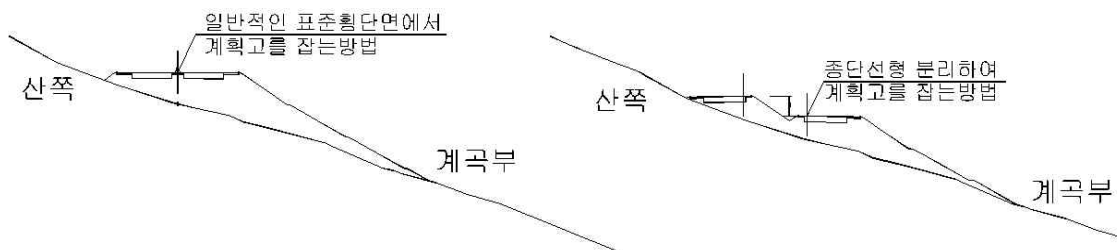
(오목 부분의 짧은 직선의 삽입, 판과 같이 도로가 딱딱하게 보인다. 교량부에는 특히 결함이 되기 쉬우며, 곡선으로 바꾸어야 한다.)

<그림 3.5.9> 오목 부분에 짧은 직선 삽입

- ⑧ 길이가 긴 경사 구간에는 상향 경사가 끝나는 정상 부근에서 경사를 비교적 완만하게 하는 편이 좋다.
- ⑨ 경사변화가 작을 때의 종단곡선 변화 비율은 될 수 있는 대로 크게 해야 한다.
- ⑩ 최소 종단경사는 노면의 배수를 고려하여 0.3~0.5%로 하는 것이 바람직하다.
- ⑪ 종단선형의 양부는 평면선형과의 관련으로 결정되는 수가 많으므로, 평면선형과 조합하여 입체선형이 양호하게 되도록 한다.
- ⑫ 종단곡선의 오목부가 땅깍기부에 생길 경우, 배수에 문제가 있으므로 이를 피한다.
- ⑬ 교량이 있는 곳에 종단곡선의 오목부가 생길 경우, 자동차의 충격이 교량 구조물에 나쁜 영향을 미치므로 피하도록 한다.
- ⑭ 환기가 문제가 되지 않는 길이가 짧은 터널에서의 종단경사는 지형조건에 맞추어 경사를 결정하여야 하며, 환기설비가 필요한 장대터널에서는 오르막경사를 3%가 넘지 않도록 하는 것이 좋다.

(2) 차도별 선형설계

- ① 지형 조건을 반영하여 필요할 경우 차도별로 선형을 설계하도록 한다.
- ② 차도별(평면선형, 종단선형 모두 상하행선별 설계) 선형 설계를 계획하기 전에 <그림 3.5.10>과 같이 평면선형은 하나로 하고, 종단선형만 분리하여 설계하는 방법도 생각해 볼 필요가 있다.



(a) 종단선형이 하나인 경우

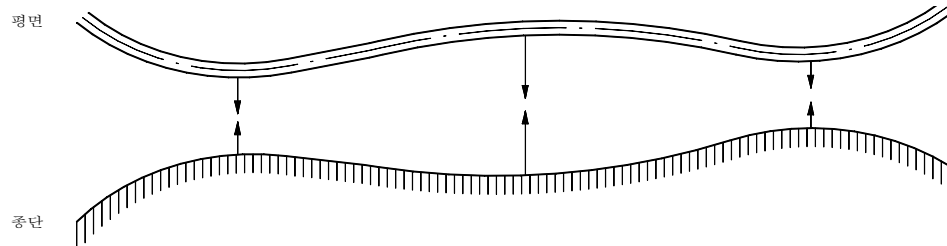
(b) 종단선형 분리된 경우

<그림 3.5.10> 평면선형이 하나이고 종단선형이 분리된 경우

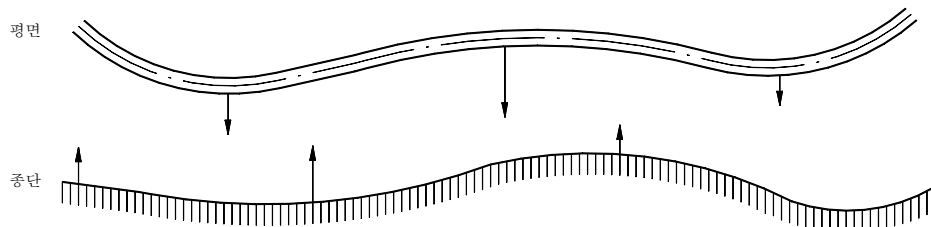
3.5.4 평면선형과 종단선형의 조합원칙

(1) 선형의 시각적 연속성을 확보할 것

- ① 평면선형과 종단선형을 겹쳐서 원곡선 부분에서 종단곡선을 포용하는 듯한 설계로 하는 것이 바람직하다.
 - ② 또한 종단곡선 구간을 클로소이드에 겹치는 일은 피하는 것이 좋으며, 될 수 있는 대로 원곡선 내에 들어가는 것이 필요하다.
- 가. 볼록형 종단곡선의 정점에서 평면곡선이 시작되면 운전자에게 원활한 시선유도를 하지 못하며,
- 나. 오목형에서는 가장 낮은 지점 부근에서 배수상의 문제와 도로가 뒤틀려 보이는 등의 시각적 문제가 생긴다.
- 다. 그리고 하나의 평면곡선에 몇 개의 종단곡선이 있으면 운전자에게 도로가 꺾어져 있는 것처럼 보이는 수가 있다.

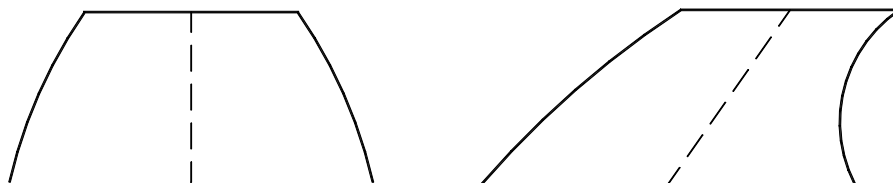


(a) 평면선형과 종단선형이 대응하고 있는 경우



(b) 위상이 어긋나 있는 경우

<그림 3.5.11> 평면선형과 종단선형의 대응



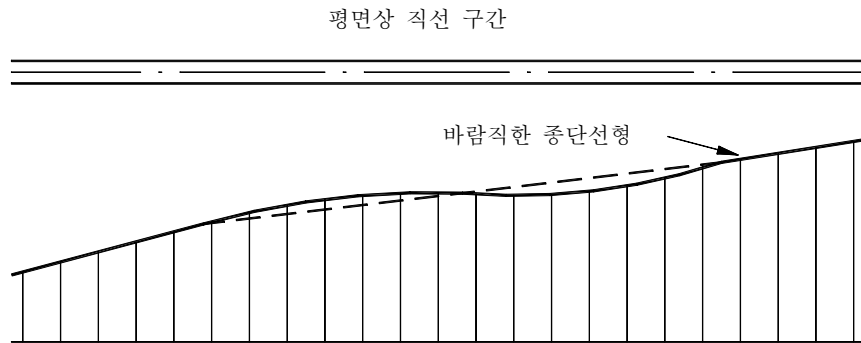
(가) 정점에 이르기까지 선형의 시각적 유도가 되고 있지 않다.

(나) 정점에 이르기까지 평면선형의 진행 방향을 미리 앞에서 알 수가 있다.

<그림 3.5.12> 정점(Crest)부의 시선유도

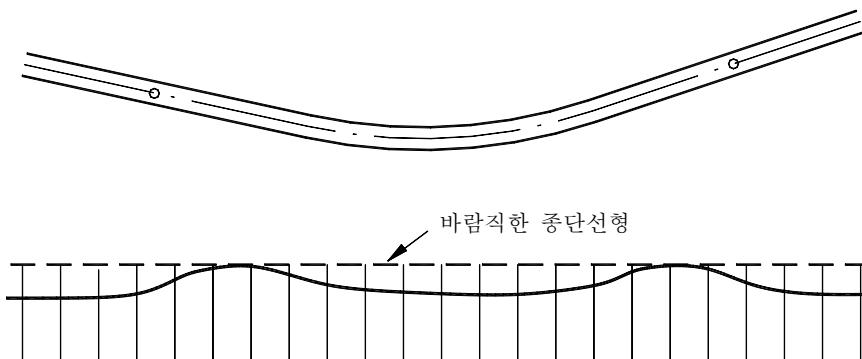
③ 각 경우별로 평면선형과 종단선형의 조화를 도식화해 보면 다음과 같다.

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



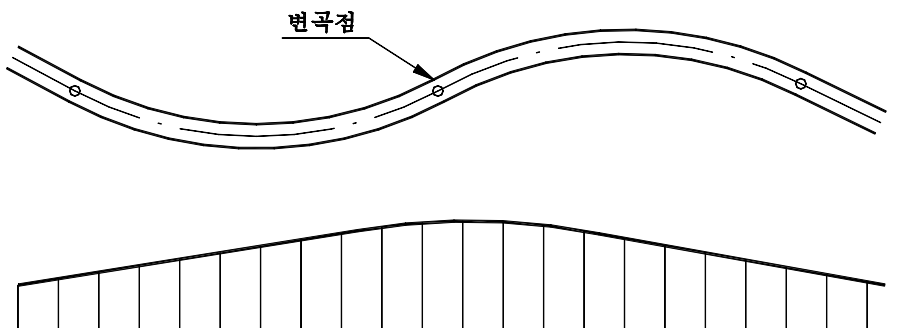
<그림 3.5.13> 평면선형과 종단선형의 조합 예(계속)

나. 평면곡선부의 종단선형 - 짧은 구간의 등근언덕 모양의 굴곡을 피하고 긴 구간에 걸쳐 종단경사를 일정하게 할 것.



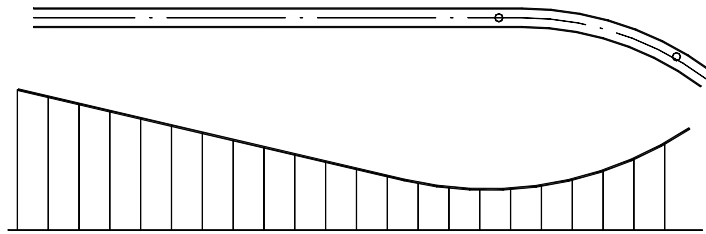
<그림 3.5.14> 평면선형과 종단선형의 조합 예(계속)

다. 두 평면곡선 사이의 짧은 직선구간과 종단선형의 정점부에서 반대방향의 평면곡선 설치를 피할 것



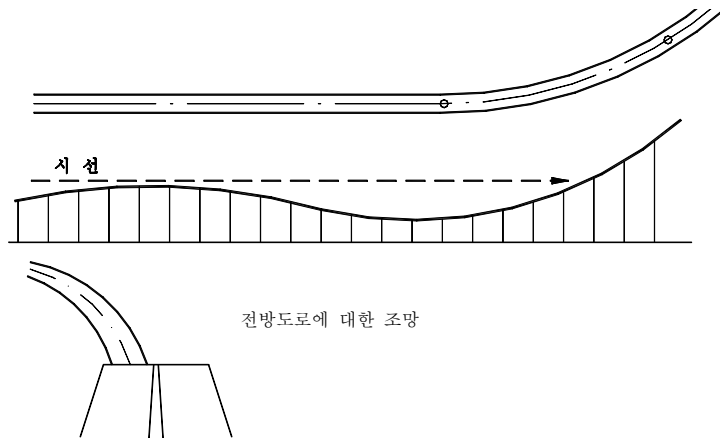
<그림 3.5.15> 평면선형과 종단선형의 조합 예(계속)

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



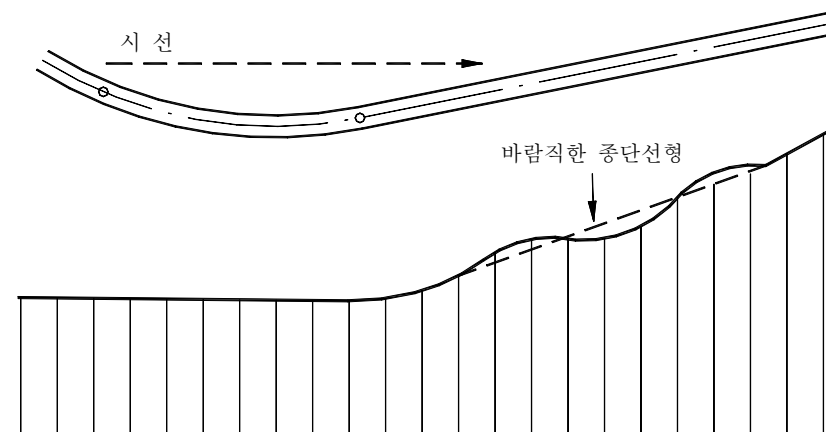
<그림 3.5.16> 평면선형과 종단선형의 조합 예(계속)

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



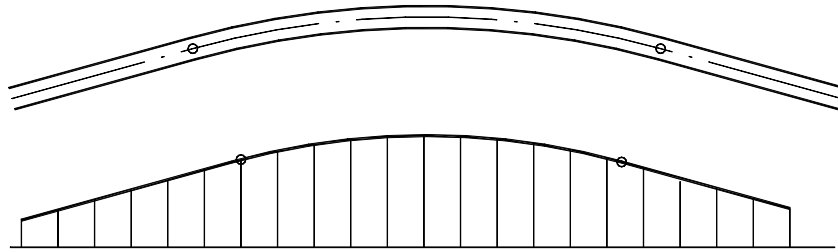
<그림 3.5.17> 평면선형과 종단선형의 조합 예(계속)

- 바. 긴 평면 직선부 구간에서 종단 곡선의 반복된 굴곡은 피하는 것이 바람직함.

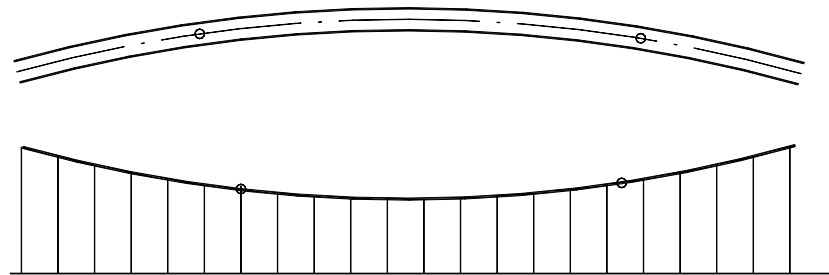


<그림 3.5.18> 평면선형과 종단선형의 조합 예(계속)

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

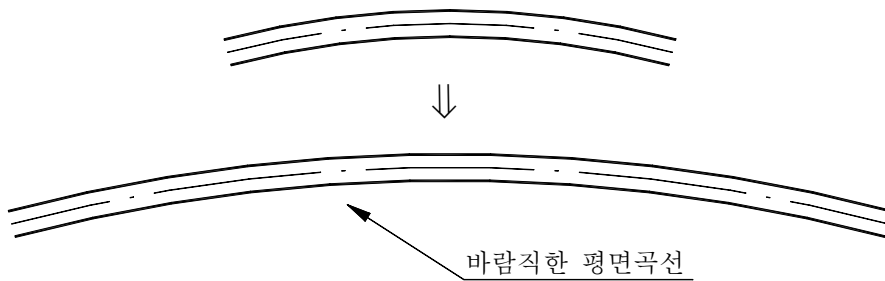


<그림 3.5.19> 평면선형과 종단선형의 조합 예(계속)



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

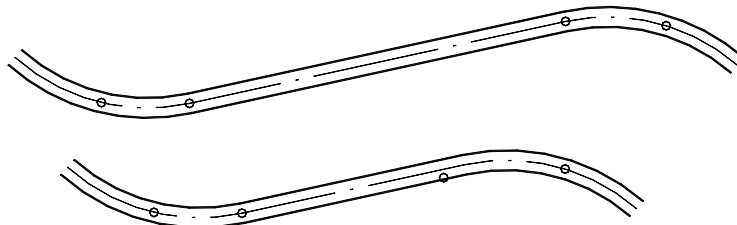
(작은 곡선반경 적용)



(큰 곡선반경 적용)

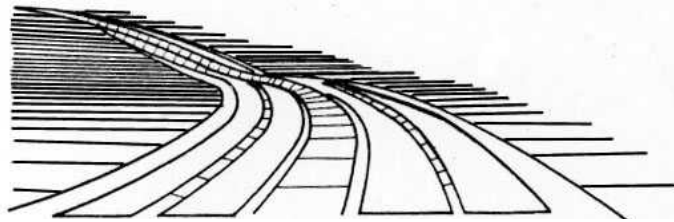
<그림 3.5.20> 평면선형과 종단선형의 조합 예(계속)

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

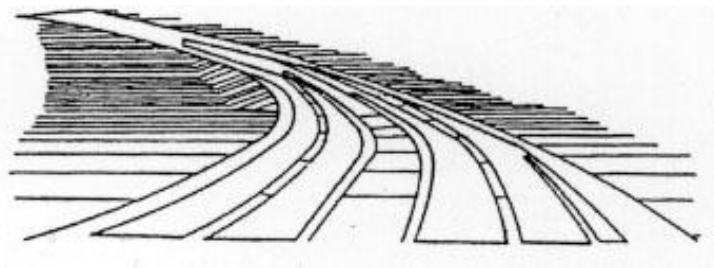


<그림 3.5.21> 평면선형과 종단선형의 조합 예

(2) 평면곡선과 종단곡선의 크기가 균형을 이룰 것.



<긴 평면곡선상의 짧은 오목구간>



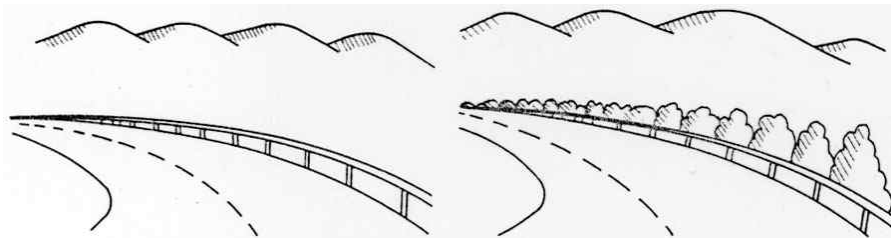
<긴 평면곡선상의 긴 오목구간>

<그림 3.5.22> 평면선형과 종단곡선의 균형

(3) 노면의 배수 및 자동차의 역학적 요구에 적절히 조화된 경사가 취하여 질수 있도록 조합할 것

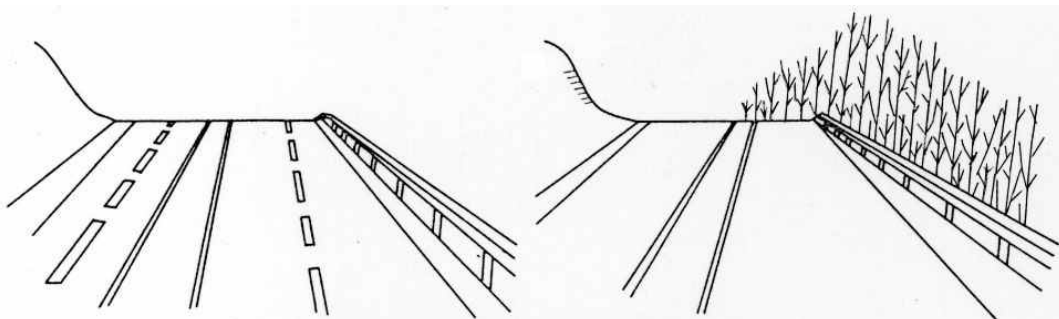
(4) 도로 환경과의 조화를 고려할 것

- ① 내리막 경사의 왼쪽방향으로 평면곡선이 설치되어 있어 도로 오른쪽의 식재는 고속주행의 운전자에 불안감을 없애주고 시선유도 역할을 한다.



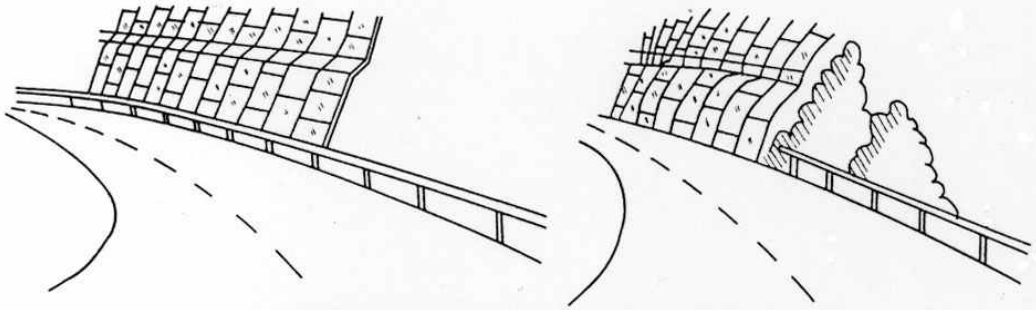
<그림 3.5.23>

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



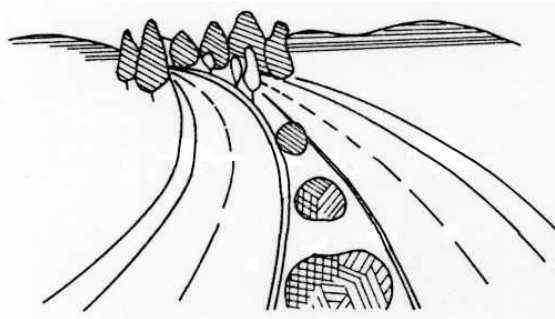
<그림 3.5.24>

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



<그림 3.5.25>

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



<그림 3.5.26> 식재에 의한 시각환경

(5) 피하는 것이 바람직한 조합

- ① 볼록형 종단곡선의 정점부 또는 오목형 종단곡선의 저점부에 급한 평면곡선반지름의 삽입은 피할 것.
- ② 볼록형 종단곡선의 정점부 또는 오목형 종단곡선의 저점부에 배향곡선의 변곡점을 두는 것은 피할 것.
- ③ 하나의 평면곡선 내에서 종단선형이 볼록과 오목을 반복하는 것은 피할 것.
- ④ 같은 방향으로 굴곡하는 두 곡선 사이에 짧은 직선의 삽입은 피할 것.