

제 3-1 편 본선





8. 횡단경사와 편경사

8.1 표준횡단경사

(1) 차로의 횡단경사는 노면배수를 위하여 포장의 종류에 따라 다음 표의 비율로 해야 한다.

〈표 8.1〉 표준 횡단경사

포장의 종류	횡단경사(퍼센트)
아스팔트콘크리트 포장 및 시멘트콘크리트 포장	1.5 이상 2.0 이하
간이 포장	2.0 이상 4.0 이하
비포장	3.0 이상 6.0 이하

(2) 길어깨 횡단경사와 차로 횡단경사의 차이는 시공성, 경제성 및 교통안전을 고려하여 8퍼센트 이하로 해야 한다. 다만, 측대를 제외한 길어깨폭이 1.5미터 이하인 도로, 교량 및 터널 등의 구조물 구간에서는 그 차이를 두지 않을 수 있다.

(1) 개요

도로 노면의 횡단경사는 노면 위의 우수를 측구 등으로 배수시키기 위하여 필요하며, 그 횡단경사는 노면배수에 적합하고, 자동차의 주행에 안전한 값이어야 한다.

배수를 고려할 때 노면에 물이 고이지 않게 하기 위해서는 일정 한도 내에서 횡단경사가 클수록 유리하지만, 자동차의 주행 안전 및 쾌적성을 고려할 때는 횡단경사가 작은 것이 바람직하다.

직선구간에서 차로의 횡단경사가 2% 이상이 되면 자동차의 핸들이 한쪽으로 쏠리는 경향이 있고, 결빙되었거나 높은 습윤 상태의 노면에서는 횡방향으로 미끄러질 우려가 있으며, 건조한 노면에서도 급제동할 때 이와 같은 현상이 일어날 수가 있다.

바람이 많이 부는 경우 횡단경사가 자동차의 운전 에 미치는 영향이 크게 작용할 수 있다. 땅 짚기와 흙쌓기 반복되는 구릉지 또는 산지, 산지와 평지가 교대로 이어지는 지역에서는 횡방

향으로 부는 바람이 도로를 주행하는 자동차에 간헐적인 충격을 주어 자동차의 운전 에 영향을 끼친다. 이와 같은 조건의 지역은 경사가 큰 횡단경사는 피하는 것이 바람직하다.

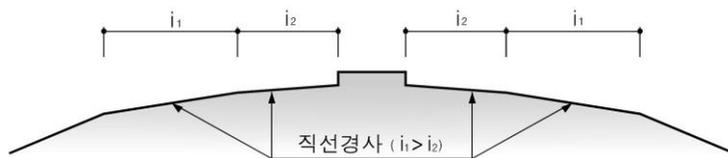
또한, 양방향 2차로 도로에서는 앞지르기 자동차가 횡단경사가 반대 방향으로 설치된 대향차로를 주행하기 때문에 앞지르기할 때 횡단경사가 급격히 변화하는 조건이 되며, 이러한 이유로 주행속도가 높은 자동차나 중심이 높은 자동차일수록 핸들 조작이 곤란하여 위험하게 될 경우가 있다. 이와 같은 이유로 포장된 도로에서의 표준횡단경사는 2.0% 이하를 적용한다.

(2) 횡단경사의 종류

차로 및 측대의 횡단경사 형상은 직선경사, 곡선경사 및 직선과 곡선이 조합된 경사가 있으며, 일반적으로 도로 중심선을 정점(頂點)으로 하여 양측으로 내리막 경사가 되도록 설치한다. 직선경사는 포장의 기계화 시공에 적합하기 때문에 현재 가장 일반적으로 쓰이고 있는 경사이며, 편경사 설치 및 교차로에서의 경사 접속설치가 용이하다. 곡선경사 및 곡선과 직선이 조합된 경사는 바깥쪽 차로에서 경사가 커지게 되므로 배수상으로는 이상적이며, 도로 폭이 넓은 도로에 적합하지만 기계화 시공이 매우 어렵다.

따라서, 폭이 넓은 도로에서 바깥쪽 차로의 횡단경사를 크게 할 필요가 있는 경우에는 그림 8.1과 같이 2종류의 직선경사를 조합하는 방법을 사용할 수 있다.

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

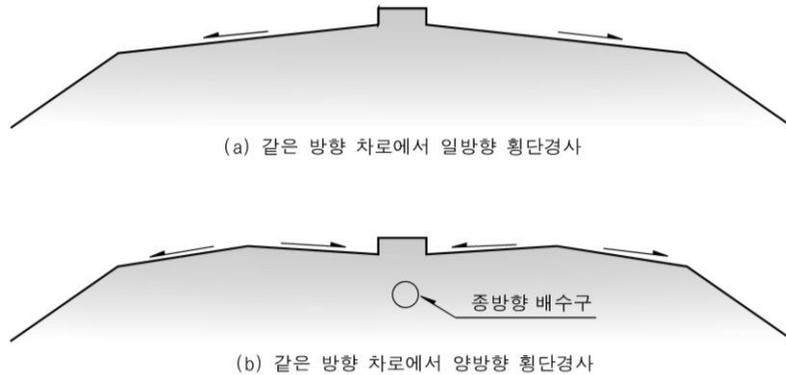


〈그림 8.1〉 두 종류의 직선경사를 조합하는 경우의 횡단경사(예시)

차도가 방향별로 분리되어 있지 아니한 경우에는 일반적으로 차도 중앙을 노면의 정점으로 하고 양측으로 내리막 경사를 설치하지만 차도가 방향별로 분리되어 있는 경우에는 그림 8.2와 같이 2종류의 단면을 고려할 수 있다. 그림 8.2 (a)는 가장 일반적인 단면으로서, 설계 및 시공이 용이하고 노면배수시설도 그림 8.2 (b)에 비하여 단순하다.

그림 8.2 (b)는 노면 우수의 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 설치해야 하며, 평면교차로에서의 접속설치가 매우 어렵다. 따라서 그림 8.2 (b)는 강우·강설이 많은 지역이나 일방향 3차로 이상의 도로에 적용하는 것을 검토할 수 있다.



〈그림 8.2〉 횡단경사 설치 방법(예시)

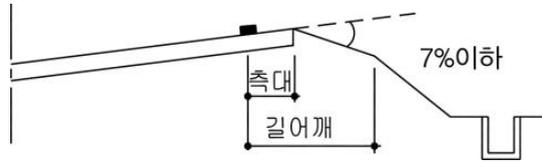
(3) 도로 차도부 횡단경사

횡단경사의 값을 결정함에 있어서는 통행 자동차의 종류, 기상, 도로의 선형, 종단경사 및 노면의 종류 등을 고려해야 한다. 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」에서는 도로 차도(차로, 길어깨의 측대, 중앙분리대의 측대) 횡단경사의 표준값으로 배수에 가장 영향이 큰 포장의 종류에 따라 표 8.2와 같이 규정하고 있다.

우리나라 고속국도의 설계 시에는 표준 횡단경사로 2.0%를 사용하고 있다.

〈표 8.2〉 차도부의 횡단경사(예시)

포장의 종류	횡단경사(%)	
	편도 1차로	편도 2차로
아스팔트콘크리트 포장 및 시멘트콘크리트 포장	1.5	2.0
간이 포장	2.0	4.0
비포장	3.0 ~ 6.0	

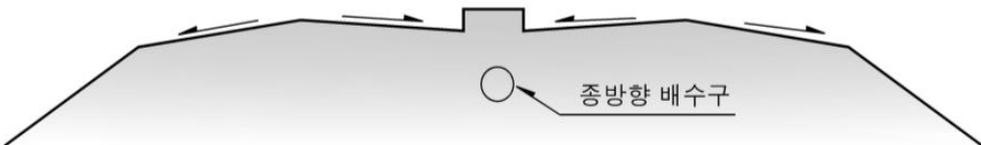


〈그림 8.3〉 길어깨의 횡단경사

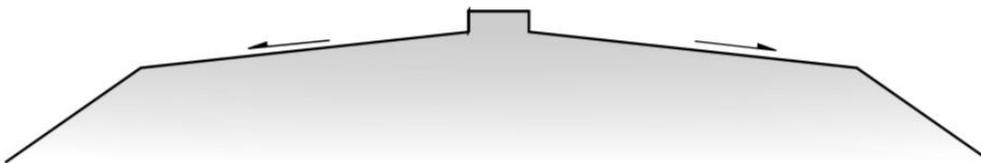
(4) 다차로 도로의 횡단경사 설치방법

다차로 도로의 경우 횡단경사의 설치에 강우에 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 경사 적용을 원칙으로 하고, 6차로 이상의 경우 단일 경사 및 복합 경사 적용을 함께 고려하여 적용할 수 있으나 시공성과 편경사 접속 시의 문제점 등을 고려하여 우리나라에서는 단일 경사를 적용하고 있다.



(a) 복합경사 적용



(b) 단일경사 적용

〈그림 8.4〉 횡단경사 설치(8차로 도로의 경우)

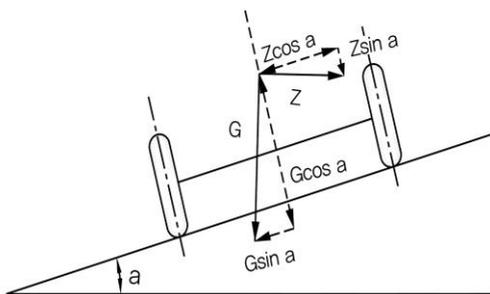
8.2 평면곡선부의 편경사

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

(1) 개요

도로의 평면곡선부를 주행하는 자동차는 원심력을 받게 되는데, 노면에 편경사를 설치함으로써 횡단 방향으로 안정된 주행을 유지할 수 있다.

그림 8.5의 식에서, g_i 는 중력가속도의 노면에 수직 방향 성분이므로 차 내의 사람에게는 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 제동 시에 횡방향으로 미끄러지게 되며, 또 결빙 시의 발진 등을 고려하면 너무 큰 값의 편경사를 설치할 수는 없다.



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

여기서, V : 자동차의 속도(m/sec)

R : 평면곡선반지름(m)

g : 중력가속도(9.8 m/sec²)

f : 횡방향미끄럼마찰계수

i : 편경사($\tan a$)

G : 자동차의 총중량(kg)

Z : 원심력(kg)

〈그림 8.5〉 곡선부에서 자동차의 주행과 편경사

(2) 편경사의 설치 기준

평면곡선반지름이 변하는 곳에서는 이에 따라 편경사도 변한다.

편경사의 설치 방법은 일반적으로 도로 또는 차도의 중심선을 회전축으로 잡는 경우와 차도의 끝단을 회전축으로 잡는 경우의 두 가지 방법이 있다(그림 8.6 참조).

차도 중심선을 편경사를 설치하는 회전축으로 잡는 경우의 장단점과 적용 대상은 다음과 같다.

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

차도 끝단을 편경사를 설치하는 회전축으로 잡는 경우의 장단점과 적용 대상은 다음과 같다.

- ① 차도 끝단의 단차가 커서 측방 여유를 확보하는데 불리하다.
- ② 중앙분리대의 시공성과 미관이 양호하고, 편경사의 설치가 용이하다.
- ③ 분리도로의 경우 중앙분리대의 폭이 좁은 도로에 적합하다. 4차로 이상 또는 평면선형이 분리된 도로(분리차도)에 주로 적용된다.

구 분	회 전 축	
	도로 중심선	차도 끝단
비분리 도로 (중앙분리대가 없는 경우)		
분리 도로 (중앙분리대가 있는 경우)		

주) A, C, B는 직선부의 표준형단경사

〈그림 8.6〉 편경사의 설치 방법

고속국도의 경우 설계 시에는 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 일방향 연결로의 경우, 각 차도의 안쪽 가장자리(중앙분리대의 양 끝)를 편경사 설치의 회전축으로 잡는 것을 원칙으로 한다.

평면선형이 분리된 분리 차도 또는 인터체인지의 일방향 연결로의 경우, 차도의 바깥쪽 가장 자리를 편경사 설치의 회전축으로 잡는 것을 원칙으로 한다.

8.2.1 평면곡선부의 최대 편경사

차도의 평면곡선부에는 도로가 위치하는 지역, 적설 정도, 설계속도, 평면곡선반지름 및 지형 상황 등에 따라 다음 표의 비율 이하의 최대 편경사를 설치해야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 편경사를 설치하지 않을 수 있다.

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

〈표 8.3〉 최대 편경사

구 분		최대 편경사(퍼센트)
지방지역	적설·한랭지역	6
	그 밖의 지역	8
도시지역		6
연결로		8

(1) 최대 편경사

곡선부의 편경사는 앞에서 기술한 바와 같이 너무 크게 설치할 수는 없으므로 원심력 중 운전자 불쾌감을 느끼지 않을 정도의 힘만 횡방향미끄럼마찰력으로 분담하도록 하고, 나머지 부분은 편경사가 분담할 수 있도록 최대 편경사의 크기를 6~8%의 범위로 결정하였으므로 그 도로가 설치되는 지역 조건과 기상 조건에 따라 최대 편경사의 크기를 적정하게 적용해야 한다.

또한, 설계속도가 낮은 연결로는 길이가 짧은 구간이므로 경제적 측면과 교통안전 등을 고려하여 최대 편경사의 크기를 8% 까지 적용할 수 있도록 하였다.

한편, 도시지역도로에서는 교통 밀도가 높고, 신호등에 의한 정차가 많으며, 도로의 주변 상

황 등으로 인하여 편경사를 지방지역도로와 같이 크게 설치하는 것이 곤란하다. 특히, 평면교차로에서는 편경사가 본선에 설치된 경우 좌·우회전 자동차가 이로 인하여 주행이 어려워 각 방향의 교통 흐름이 불편하게 된다. 따라서 설계속도가 60 km/h 이하인 도시지역도로에서는 부득이한 경우에 편경사를 설치하지 않을 수 있다.

우리나라 고속국도의 설계 시에는 설계속도에 따른 최소 평면곡선반지름을 만족시킬 수 있도록 최대 편경사를 6.0%로 하였다.

8.2.2 편경사를 생략할 수 있는 최소 평면곡선반지름

도로의 횡단경사는 노면 배수를 원활하게 처리할 수 있는 크기를 확보해야 하나 편경사가 너무 작은 경우에 노면 배수의 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 횡방향미끄럼마찰계수의 값의 크기에 좌우된다. 편경사를 생략할 수 있는 최소의 평면곡선반지름에 대하여 표준횡단경사를 적용하여 미끄럼 마찰계수의 값을 산정하여 보면 표 8.4와 같다.

표 8.4에서 보듯이 설계속도에 따라 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름의 횡방향미끄럼마찰계수의 값은 $f=0.0342 \sim 0.0368$ 의 범위로 원심력에 대항하여 주행의 안전성과 쾌적성을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

또한, 표준횡단경사가 1.5%인 경우에는 횡방향미끄럼마찰계수의 값은 더 작게 나타나게 되므로 표 8.4의 평면곡선반지름을 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름으로 적용하여도 자동차의 주행에 안전성과 쾌적성을 확보할 수 있다.

〈표 8.4〉 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름(R)과 횡방향미끄럼마찰계수(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
140	9,400	0.0364	-	-	-	-
130	8,100	0.0364	-	-	-	-
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

8.2.3 편경사와 평면곡선반지름

(1) 고속국도에서 적용할 수 있는 최대 편경사를 6.0퍼센트로 하여, 편경사에 대한 해당 평면곡선반지름을 구하면 표 8.5와 같다.

〈표 8.5〉 편경사와 설계속도에 따른 평면곡선반지름 (단위 : 미터)

설계속도 (킬로미터/시간)	평면곡선반지름에 따른 편경사					
	NC	2퍼센트	3퍼센트	4퍼센트	5퍼센트	6퍼센트
140	9,200 이상	9,200 ~ 5,260	5,260 ~ 3,630	3,630 ~ 2,750	2,750 ~ 2,100	2,100 ~ 1,700
130	8,200 이상	8,200 ~ 4,800	4,800 ~ 3,350	3,350 ~ 2,470	2,470 ~ 1,900	1,900 ~ 1,520
120	6,900 이상	6,900 ~ 3,840	3,840 ~ 2,470	2,470 ~ 1,610	1,610 ~ 1,050	1,050 ~ 710
110	5,800 이상	5,800 ~ 3,230	3,230 ~ 2,070	2,070 ~ 1,360	1,360 ~ 880	880 ~ 600
100	4,800 이상	4,800 ~ 2,650	2,650 ~ 1,690	1,690 ~ 1,070	1,070 ~ 690	690 ~ 460

설계속도 (킬로미터/시간)	평면곡선반지름에 따른 편경사					
	NC	2퍼센트	3퍼센트	4퍼센트	5퍼센트	6퍼센트
90	3,900 이상	3,900 ~ 2,150	2,150 ~ 1,370	1,370 ~ 880	880 ~ 560	560 ~ 380
80	3,100 이상	3,100 ~ 1,680	1,680 ~ 1,060	1,060 ~ 670	670 ~ 420	420 ~ 280
70	2,300 이상	2,300 ~ 1,280	1,280 ~ 800	800 ~ 490	490 ~ 310	310 ~ 200
60	1,700 이상	1,700 ~ 940	940 ~ 580	580 ~ 350	350 ~ 220	220 ~ 140
50	1,200 이상	1,200 ~ 650	650 ~ 400	400 ~ 230	230 ~ 140	140 ~ 90
40	800 이상	800 ~ 420	420 ~ 260	260 ~ 150	150 ~ 90	90 ~ 60
30	400 이상	400 ~ 240	240 ~ 150	150 ~ 85	85 ~ 50	50 ~ 30
20	200 이상	200 ~ 110	110 ~ 65	65 ~ 35	35 ~ 25	25 ~ 15

주) NC(normal cross slope) : 표준횡단경사 적용(편경사 생략)

(1) 개요

설계 시 평면곡선반지름의 크기가 결정되면 그 도로의 설계속도와 평면곡선반지름에 따른 적절한 편경사를 결정해야 한다. 여기에서는 설계속도에 따른 평면곡선반지름에 대해서 설치해야 할 편경사를 규정한다.

(2) 평면곡선반지름과 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

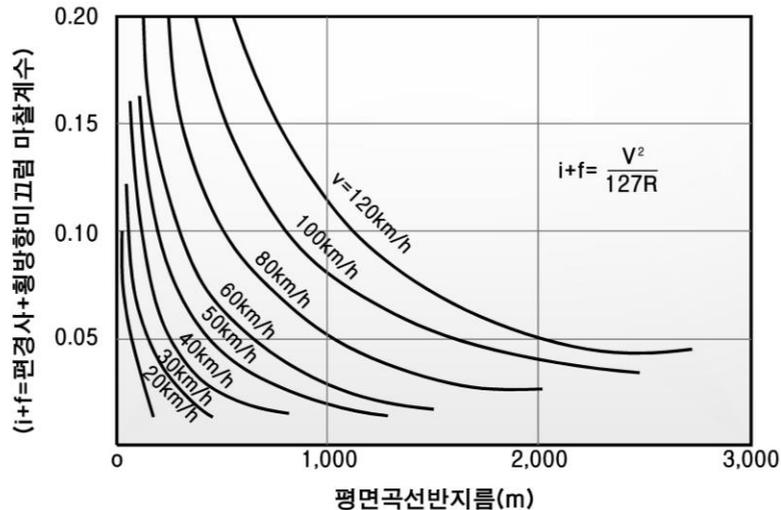
f : 노면의 횡방향미끄럼마찰계수

V : 자동차의 속도(km/h)

R : 평면곡선반지름(m)

위의 식에서 편경사와 횡방향 마찰력이 각각 어느 정도의 원심력을 분담하도록 할 것인가에 따라 i 와 f 의 값이 상관 관계를 갖게 되며 i , f 의 두 값을 각각 어떠한 비율로 결정하는 것이 타당할 것인가를 판단해야 한다.

식 8.1에 따라 평면곡선반지름과 $(i + f)$ 의 관계를 설계속도별로 나타내면 그림 8.7과 같다.



〈그림 8.7〉 $(i + f)$ 와 평면곡선반지름(R)의 관계

그림 8.7에서 알 수 있는 바와 같이, 어느 평면곡선반지름에 대해서 편경사의 값을 정하면 횡방향미끄럼마찰계수, 즉 운전자가 느끼는 횡방향의 가속도를 알 수가 있다.

그림 8.7에서 평면곡선반지름이 작아짐에 따라 $(i + f)$ 의 값은 급격히 증가함을 알 수가 있다. 또, 설계속도가 높아지면 $(i + f)$ 의 값이 커지며, 평면곡선반지름이 작을 경우 속도 증가에 대한 $(i + f)$ 값의 증가량이 커짐을 알 수 있다.

이와 같이 평면곡선반지름이 작은 경우에는 약간의 속도 증가로도 쾌적성에 큰 영향이 있게 되며, 평면곡선반지름이 큰 경우의 쾌적성을 저해하지 않는 속도의 범위가 넓어진다는 것을 알 수 있다.

(3) 편경사와 횡방향미끄럼마찰계수의 분배

평면곡선부에서 원심력에 대하여 운전자가 불쾌감을 느끼지 않고 안전하게 주행하도록 하기 위해서는 설계속도와 평면곡선반지름의 크기에 따라 편경사와 횡방향미끄럼마찰력이 균형있게 분배되어야 하며, 이 분배로부터 그 평면곡선부에 편경사를 어느 정도로 설치할 것인가를

결정해야 한다.

편경사와 횡방향 마찰력을 분배하여 원심력을 상쇄시킬 수 있는 방법은 다음의 5가지가 있다.

- ① 방법 1 : 편경사와 횡방향미끄럼마찰력을 평면곡선반지름의 곡률($1/R$)에 직선 비례로 증가시키는 방법(평면곡선반지름에 반비례)

편경사와 평면곡선반지름의 곡률과의 관계, 횡방향미끄럼마찰력과 평면곡선반지름의 곡률과의 관계를 직선식으로 나타낸 이 방법은 횡방향미끄럼마찰계수가 이상적으로 분배되어야 하므로 어떠한 구간에서도 자동차의 속도가 일정해야 한다. 그러나 운전자는 도로 조건 및 교통 조건에 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 횡방향미끄럼마찰계수를 평면곡선반지름의 곡률에 직선 비례하여 최대 횡방향미끄럼마찰력까지 증가시키고 난 후 편경사를 평면곡선반지름의 곡률에 직선 비례로 증가시키는 방법

자동차가 설계속도로 주행할 때, 최대 횡방향미끄럼마찰력으로 원심력에 대응할 수 있는 평면곡선반지름까지는 횡방향미끄럼마찰계수를 평면곡선반지름의 곡률에 직선비례로 분배시키고, 더 작은 평면곡선반지름에서는 최대 횡방향미끄럼마찰력보다 더 큰 원심력의 나머지 부분을 편경사가 분담하도록 편경사를 최대 편경사까지 평면곡선반지름의 곡률에 직선 비례로 분배하는 방법으로, 최대 횡방향미끄럼마찰력에 도달한 후 편경사를 설치하므로 편경사가 급격하게 변화된다. 또한, 이 방법은 횡방향미끄럼마찰계수의 분배에 의존되므로 일반적으로 도심에서와 같이 일정한 속도가 유지되기 어려운 도로와 편경사를 자주 변화시키기 어려운 도로에서 사용한다.

- ③ 방법 3 : 자동차가 설계속도로 주행할 때, 먼저 편경사를 평면곡선반지름의 곡률에 직선 비례로 최대 편경사까지 증가시키고 난 후 횡방향미끄럼마찰계수를 평면곡선반지름의 곡률에 직선비례로 증가시키는 방법.

자동차가 설계속도로 주행할 때 최대 편경사로 원심력에 대응할 수 있는 평면곡선반지름까지는 편경사를 평면곡선반지름의 곡률에 직선 비례로 분배시키고, 더 작은 평면곡선반지름에서는 최대 편경사로 분담할 수 있는 원심력보다 더 큰 나머지 부분을 횡방향미끄럼마찰력이 분담하도록 최대 횡방향미끄럼마찰력까지 횡방향미끄럼마찰계수를 평면곡선반지름의 곡률에 직선 비례로 분배하는 방법으로, 횡방향미끄럼마찰계수의 변화가 심하게

되어 평면곡선부마다 횡방향미끄럼마찰계수의 분배가 서로 다르게 되며, 주행하는 자동차의 속도 변화가 다양하게 되는 단점이 있다.

또한, 일부 구간에서 편경사가 과다하게 설치되며, 평면곡선반지름이 큰 구간에서 설계속도보다 낮은 속도로 주행하는 자동차에는 (-)의 횡방향미끄럼마찰계수가 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 주행 습관에 맞지 않으며, 최대 편경사에 이른 후에는 방법 ③과 같은 결과가 나타난다. 특히, 설계속도가 낮은 도로에서는 횡방향미끄럼마찰계수가 급격히 변화하게 된다.

⑤ 방법 5 : ①과 ③의 방법에서 얻어진 값들을 이용하여 포물선 식으로 편경사와 횡방향미끄럼마찰계수를 결정하는 방법

운전자가 평면곡선반지름의 크기에 따라 속도를 다양하게 변화시키므로 횡방향미끄럼마찰계수와 편경사의 직선적인 변화는 운전자의 행태와는 조화되지 않는다. 그러므로 설계속도에 대응하는 횡방향력을 편경사가 받도록 한다는 것을 고려하여 평면곡선반지름이 작아짐에 따라 서서히 편경사와 횡방향미끄럼마찰계수를 포물선으로 변화시키는 방법으로, 편경사와 횡방향미끄럼마찰력을 가장 합리적으로 만족시킬 수 있는 방법이다.

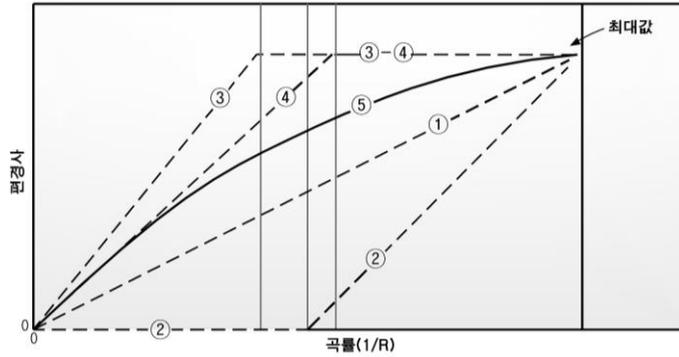
이상의 방법을 도식화하여 보면 그림 8.8과 같다.

(4) 편경사의 계산

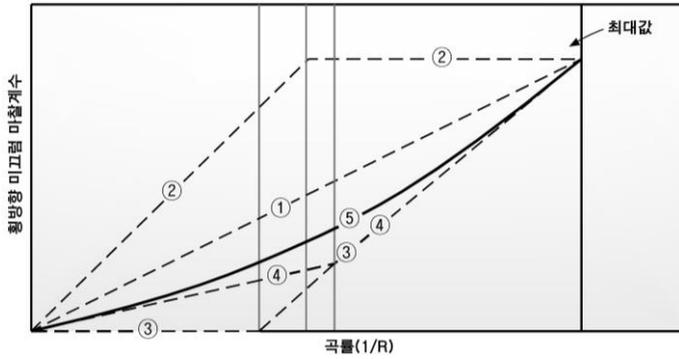
편경사와 횡방향미끄럼마찰계수의 분배는 방법 ⑤에 의하며 이것으로 설계속도, 평면곡선반지름에 적당한 편경사를 다음과 같은 순서로 산정한다.

- ① 방법 3의 직선식에서 유추한 포물선식으로 평면곡선반지름에 따른 횡방향미끄럼마찰계수 f 산정
- ② 방법 1에서 그 평면곡선반지름에 따른 원심력에 대응할 수 있는 편경사와 횡방향미끄럼마찰계수의 전체값 $(i + f)$ 을 산정
- ③ 방법 1의 $(i + f)$ 에서 방법 3의 횡방향미끄럼마찰계수 f 의 값을 감한 값을 그 평면곡선반지름에 필요한 편경사로 결정

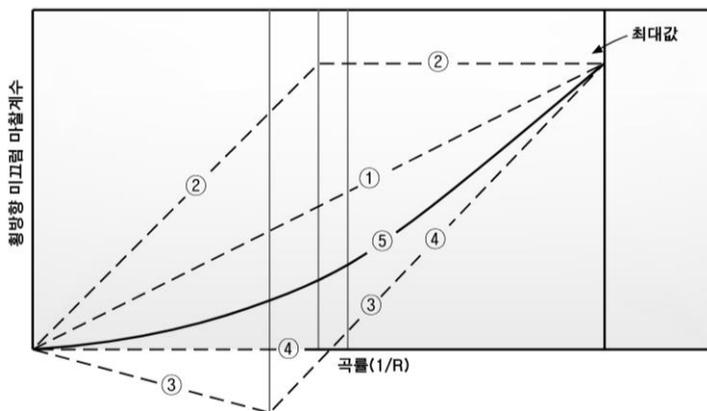
가) 설계속도에 따른 편경사와 평면곡선반지름의 관계



나) 설계속도에 따른 횡방향미끄럼마찰계수와 평면곡선반지름의 관계



다) 주행속도에 따른 횡방향미끄럼마찰계수와 평면곡선반지름의 관계



〈그림 8.8〉 편경사와 횡방향미끄럼마찰계수의 분배 방법

(가) 포물선 식의 산정

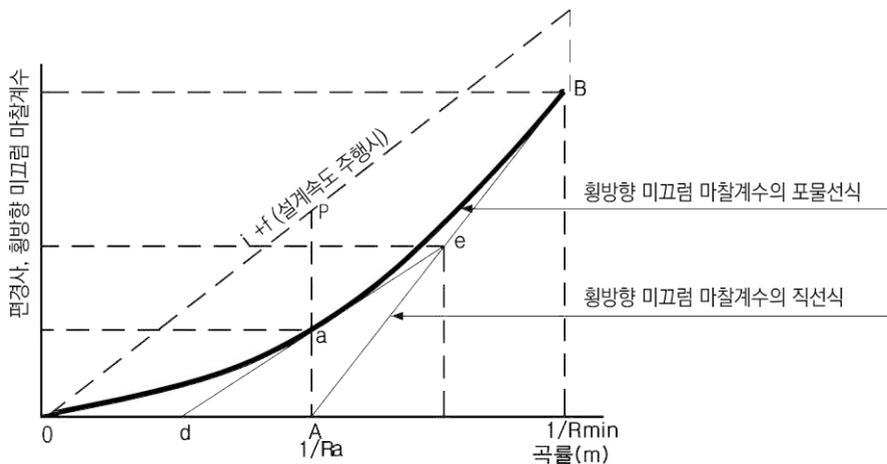
평면곡선부를 설계속도로 주행할 때 운전자에게 작용하는 원심력을 최대 편경사로 대응할 수 있는 평면곡선반지름까지는 횡방향력이 작용하지 않도록 횡방향미끄럼마찰계수 $f = 0$ 으로 하고, 그보다 더 작은 평면곡선반지름에서는 최대 편경사로 분담할 수 있는 원심력보다 큰 나머지 힘을 횡방향미끄럼마찰력으로 대응할 수 있도록 가정할 때, 그림 8.9에서 보듯이 편경사의 설치가 필요하지 않은 평면곡선반지름을 나타내는 점 O, 최대 편경사가 필요한 평면곡선반지름을 나타내는 점 A 및 그 설계속도에서의 최소 평면곡선반지름을 나타내는 점 B로 이어지는 횡방향미끄럼마찰계수에 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 포물선 식을 횡방향미끄럼마찰계수의 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 횡방향미끄럼마찰계수 분배

① 직선 od, da에 접하는 포물선 식($R > R_a$ 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 횡방향미끄럼마찰계수

R_{\min} : 설계속도에 따른 최소 평면곡선반지름

R : 설계에 적용한 평면곡선반지름

f_1 : $R > R_a$ 일 때 R 에 대응하는 횡방향미끄럼마찰계수

② 직선 ae, eB에 접하는 포물선 식($R \leq R_a$ 일 때의 포물선 식)

$$f_2 = \frac{f_{mzx}}{\left(\frac{1}{R_{\min}} - \frac{1}{R_a}\right)^2} \times \left[\frac{R_{\min}}{2R_a} \times \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{R_{\min}} - \frac{2}{R}\right) \times \frac{1}{R} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{R_a} \left(\frac{2}{R_a} - \frac{1}{R_{\min}}\right) \right] \quad (8.4)$$

여기서, f_2 : $R \leq R_a$ 일 때 R 에 대응하는 횡방향미끄럼마찰계수

(나) (i + f)의 산정

정하여진 설계속도와 평면곡선반지름에 따라 식 8.1을 이용하여 (i + f)의 값을 산정한다.

(다) 편경사 산정

(i + f)의 산정 결과와 평면곡선반지름의 크기에 따라 식 8.3, 식 8.4를 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 미끄러짐 등을 고려하여 적용하는 것이 바람직하다.

따라서, 6%를 초과하는 편경사를 적용하는 경우는 순간적인 쾌적성의 증대보다는 안전성 측면을 고려하여 적용하는 것이 좋다.

편경사를 너무 높게 하면 겨울철에 도로 노면이 결빙되었을 때 또는 자동차가 정지하게 될 때 곡선의 안쪽으로 자동차가 미끄러지거나 치우치게 된다. 특히, 도시지역에서는 교통량의 영향으로 자동차가 정지하는 횟수가 많으므로 지나치게 높은 편경사를 적용하는 것은 신중하게 결정되어야 한다. 따라서 이러한 지역에서는 최대 편경사를 6%로 제한하

는 것이 도로의 안전성 증진에 도움이 된다. 그러나 지형 상황 등으로 인하여 평면곡선반지름을 작게 설치해야 할 경우 안전에 대한 특별한 대책을 수립한 경우나 연결로와 같이 길이가 짧은 구간 통행이 이루어지는 경우에는 최대 편경사의 값을 8% 까지 적용할 수 있다.

(나) 도시지역(특히 시가지역)도로에 대하여

평면곡선부를 주행하는 자동차 주행의 특성을 고려할 때 안전성과 쾌적성 측면에서 도로에 편경사를 설치하는 것이 원칙이나 도시지역도로에서는 도로 주변의 상황, 교차점에서 도로 상호 간의 관계, 노면 배수 등의 문제로 때때로 편경사를 설치할 수 없는 경우가 많다. 그러므로 도시지역 내 도로에서는 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름으로 설계하는 것이 바람직하며, 이때 횡방향미끄럼마찰계수는 설계속도 60 km/h 이상인 도로에서는 0.14, 설계속도 60 km/h 미만 도로에서는 0.15를 넘지 않도록 해야 한다.

그러나 도시고속국도, 도시지역 내 우회도로 등 설계속도가 70 km/h 이상의 도로, 입체 교차 구간 및 도로의 주변 상황에 제약 조건이 없는 경우에는 지방지역도로의 기준으로 편경사를 설치한다.

지방지역도로와는 달리 도시지역도로에서 편경사를 설치하기 어려운 경우, 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반지름 및 평면곡선반지름에 따른 편경사는 다음 식으로 산정하도록 한다.

$$I = \frac{V^2}{127 \cdot R} - (0.14 \sim 0.15) \quad (8.5)$$

(다) 비포장도로 등의 편경사

노면 배수를 목적으로 설치하는 횡단경사는 노면의 종류에 따라 1.5 ~ 4.0%의 배수 경사가 필요하다. 예를 들면 비포장도로에서는 3.0 ~ 5.0%의 배수 경사가 적당한데 그 이상의 완만한 편경사를 사용하는 것은 피해야 한다.

이와 같은 경우, 앞서 기술한 표준값을 적용하려면 배수 경사보다 완만한 편경사가 요구되는 평면곡선반지름에 대하여는 모두 직선부의 횡단경사와 같은 편경사를 설치하고, 평면곡선반지름이 이보다도 작을 때에는 표준값을 적용하면 된다.

그러나 이와 같은 조치는 포장할 때까지 배수를 고려한 잠정적인 것이므로 포장을 하는 경우에는 표준값에 따른 편경사를 설치한다.

(라) 중앙분리대 및 길어깨의 편경사

중앙분리대 중 분리대를 제외한 측대 부분 및 길어깨의 측대 부분도 차로와 동일한 편경

사를 설치한다. 그러나 측대를 제외한 나머지 부분은 노면 배수 처리 문제 등으로 차로와 동일한 편경사를 설치하는 것이 매우 비경제적인 경우에는 어느 정도 상이한 편경사를 설치할 수 있다.

8.2.4 편경사의 접속설치

(1) 편경사의 회전축으로부터 편경사가 설치되는 차로수가 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
140	1/265
130	1/235
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 편경사 접속설치 길이는 제(1)항에 따라 산정된 길이에 다음 표의 보정계수를 곱한 길이 이상이 되어야 하며, 노면의 배수가 충분히 고려되어야 한다.

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

(1) 개요

원곡선 구간의 편경사의 값은 평면곡선반지름에 따라 '8.2.3 편경사와 평면곡선반지름'의 규정에 따르고, 편경사를 필요로 하지 않는 구간(직선 구간 및 역편경사를 설치할 수 있는 구간)에서는 표준횡단경사(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 8.6을 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 차로 측대 끝 지점까지의 폭(m)

Δi : 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 접속설치라 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 상대 경사를 선정하고, 이를 최대 접속설치율로 해서 완화구간 길이는 이 규정의 접속설치율이 지켜지도록 그 길이를 택하도록 한다.

(가) 각국의 최대 접속설치율

우리나라와 국외에서 채택하고 있는 최대 편경사 접속설치율과, 기존에 국내에 설치된 편경사 접속설치율은 표 8.7과 같다.

〈표 8.7〉 편경사의 최대 접속설치율의 각국 규정치

설계속도 (km/h)	120	110	100	90	80	70	60	50
나라별								
AASHTO(미국)	1/250	1/238	1/222	1/210	1/200	1/182	1/167	1/150
일본	1/200	-	1/175	-	1/150	-	1/125	1/115
우리나라 적용기준	1/200	1/185	1/175	1/160	1/150	1/135	1/125	1/115

〈표 8.8〉 편경사의 접속설치의 국내 설치 (고속국도 예시)

노 선 명	본 선 차로수	본선 설계속도(km/h)				비 고
		120	100	60	40	
중부고속도로	4	1/250	1/200	1/150	1/150	차로수는 편도 2차로 기준
남해고속도로(사천 ~ 광양)	4	-	1/200	1/125	1/100	
서해안고속도로(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) 접속설치율의 보정

편경사 접속설치율의 규정은 편경사의 설치 기준점인 회전축으로부터 편경사가 설치되어야 하는 차로수가 2차로 이하인 경우로, 편경사의 회전축으로부터 편경사가 설치되어야 하는 차로수가 2차로를 넘게 되면, 편경사 접속설치율로부터 산정한 접속 설치 길이로 편경사를 설치할 경우에 경사 변화구간 길이가 너무 길어 노면 배수가 원활하지 못하게 되며, 또한 완화곡선과의 상관관계를 고려할 때 그 길이를 제한할 필요가 있다. 그러므로 회전축으로부터 편경사가 설치되어야 하는 차로수가 3·4·5·6차로가 될 때 편경사의 접속설치길이는 2차로인 경우의 편경사 접속설치길이에 다음과 같이 보정해야 한다.

〈표 8.9〉 차로수에 따른 접속설치길이의 보정계수

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

(3) 편경사의 설치 방법

편경사를 설치하는 방법은 평면곡선부의 구성 조건에 따라 달라지나, 일반적으로 다음의 순서로 설치하게 된다.

- ① 설계속도와 평면곡선반지름에 따른 편경사(i)의 크기 선정
- ② 설계속도에 따른 편경사 접속설치율(q) 선정
- ③ 표준횡단경사와 편경사를 더한 값이 변화해야 할 총길이(TL) 산정
- ④ 편경사가 변화해야 할 길이(L) 산정
- ⑤ 변화 길이 전체에 설치될 최대의 편경사를 보간법으로 변화시켜 설치

이때 설계 및 시공의 편의를 위하여 편경사 접속설치 변화구간의 변곡점은 정수(예 : 5 m 단위)가 되는 축점으로 하도록 한다.

위의 순서에 따라 편경사를 평면곡선부에 설치하게 되나, 평면곡선부의 구성 조건에 따라 그 특성에 맞도록 하며 교통안전과 노면 배수가 고려된 설계가 되어야 한다.

(가) 평면곡선부가 완화곡선과 원곡선으로 구성된 경우(완화곡선 ~ 원곡선 ~ 완화곡선)

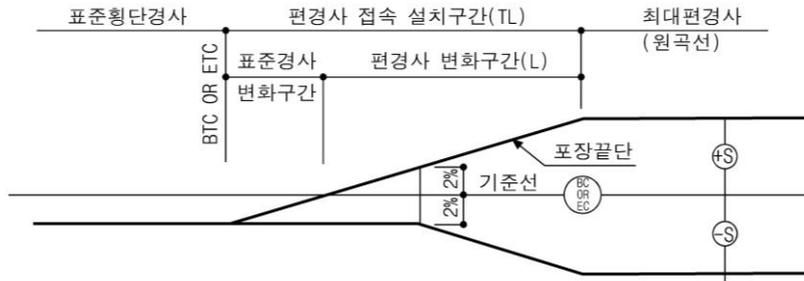
완화곡선의 길이는 자동차의 주행과 관련하여 확보해야 할 길이 외에 편경사의 변화를 수용할 수 있는 길이를 확보하도록 해야 한다.

그러므로 선형을 설계할 때 완화곡선은 편경사 접속설치구간(TL)을 만족할 수 있도록 그 길이를 반영하도록 하며, 주변 지장물이나 확장 설계로 인하여 부득이한 경우에도 될 수 있는 대로 편경사 변화구간(L)의 길이는 확보해야 한다.

또한, 원곡선과 완화곡선의 조합상 완화곡선길이가 상당히 길어질 경우 편경사의 변화 속도가 낮아 경사가 작은 구간(표준횡단경사 구간 ~ 역표준횡단경사 구간)의 노면 배수가 원활하지 못하게 되므로 그 구간의 편경사 변화 속도를 높여야 한다. 즉, 편경사 접속설치 구간 중 경사가 적은 구간의 길이는 편경사의 회전축으로부터 편경사가 설치되는 차로수에 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' : 노면 배수를 고려한 편경사 접속설치길이(편경사 접속설치율 1/250)

이 경우, 편경사 접속설치는 완화곡선 전체 구간에 걸쳐 일률적으로 변화시키도록 한다.

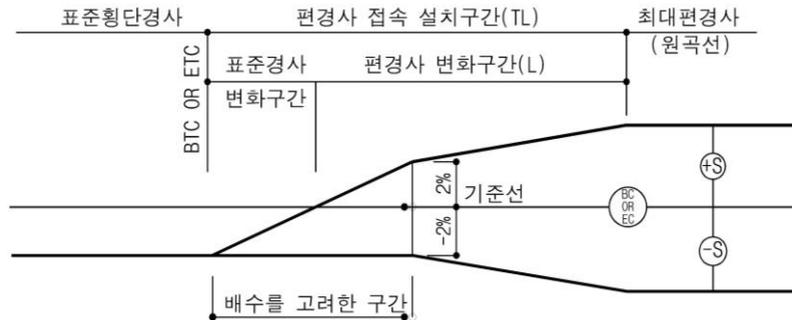


〈그림 8.10〉 완화곡선 ~ 원곡선의 편경사 설치도 (I)

② 완화곡선길이 $\geq TL'$ 인 경우

- TL' : 노면 배수를 고려한 접속설치길이(편경사 접속설치율 1/250)

설치된 완화곡선의 길이가 낮은 경사 구간에서 노면 배수를 원활하도록 해야 할 필요가 있는 경우에는, 낮은 경사 구간(표준횡단경사 구간 ~ 역표준횡단경사 구간)의 편경사 변화 속도를 높여야 한다.



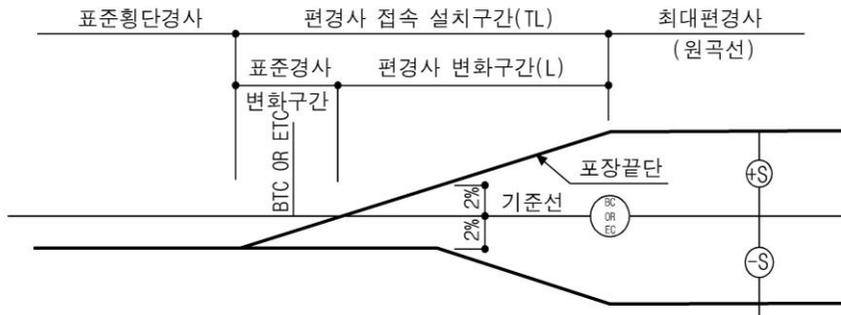
〈그림 8.11〉 완화곡선 ~ 원곡선의 편경사 설치도 (II)

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, 부득이 한 경우에도 역표준횡단경사가 되는 지점은 완화곡선구간 내에 위치하도록 해야 한다.



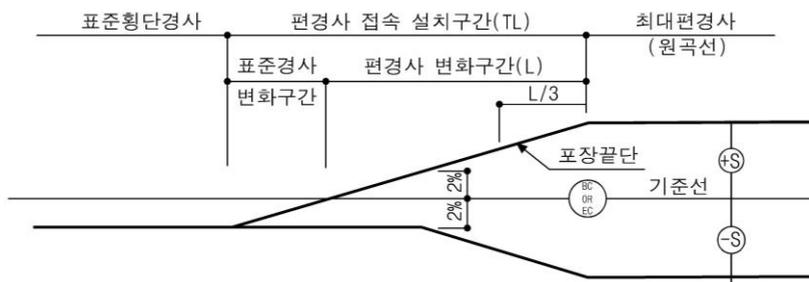
〈그림 8.12〉 직선 ~ 완화곡선 ~ 원곡선의 편경사 설치도 (Ⅲ)

(나) 평면곡선부가 원곡선만으로 구성된 경우(직선 ~ 원곡선 ~ 직선)

원곡선만으로 평면곡선부를 구성하는 경우는 원곡선이 상당히 커서 완화곡선을 설치할 필요가 없거나, 설계속도 60 km/h 미만인 낮은 설계속도의 도로일 경우이다.

이 경우 완화곡선이 설치되지 않으므로, 부득이 편경사의 변화는 직선구간에서부터 시작하게 되며, 편경사 변화구간(L) 길이 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% 정도로 편경사의 크기가 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 미끄럼방지포장 등 세심한 배려가 필요하다.

(다) 평면곡선부가 배향곡선으로 구성된 경우

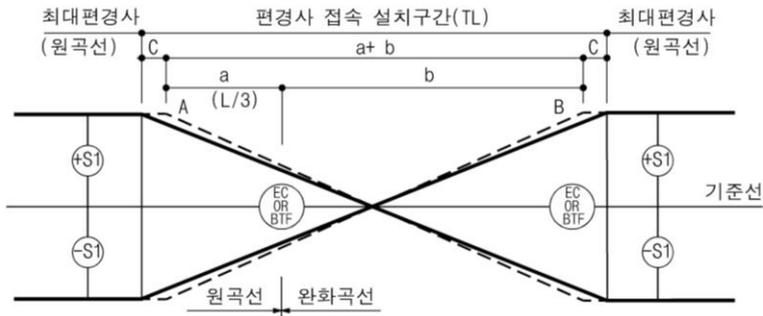
평면곡선이 배향하는 경우, 편경사가 반대방향으로 급격하게 변화하게 되므로 자동차 주행의 안정성을 위하여 배향하는 두 곡선의 편경사 차이에 대하여 적용할 접속설치울에 의한 길이를 확보하여 연속적으로 변화시켜야 한다.

① 원곡선과 완화곡선이 배향인 경우(원곡선 ~ 완화곡선 ~ 원곡선)

- a : 원곡선의 편경사 설치 시 편경사 변화구간 길이(L)의 1/3
- b : 완화곡선 길이
- L : 편경사를 설치할 때 필요한 변화구간 길이, $(i_1 + i_2) \times B \times \frac{1}{q}$

가) $a + b \geq L$ 인 경우(그림 8.14의 점선)

원곡선 구간에는 원곡선의 편경사를 설치할 때 편경사 변화구간 길이(L)의 1/3을 확보하고, 이 길이와 완화곡선 길이를 합한 구간에서 편경사를 설치한다.



<그림 8.14> 원곡선과 완화곡선의 배향인 경우 편경사 설치도

나) $a + b < L$ 인 경우(그림 8.14의 실선)

원곡선 구간에 설치되는 a[원곡선의 편경사를 설치할 때 편경사 변화구간 길이 (L)의 1/3]와 b[완화곡선의 길이]가 편경사를 설치할 때 필요한 변화구간 길이보다 작은 경우, 부족한 길이의 절반씩을 원곡선부 및 완화곡선이 설치된 이후의 원곡선구간에 합하여 편경사 접속설치길이를 확보하고 편경사를 설치한다.

② 원곡선과 원곡선이 배향하는 경우(원곡선 ~ 원곡선)

배향하는 지점 앞 구간의 곡선반지름에 R_1 에 해당하는 편경사를 설치할 때 필요한 변

화구간 길이를 확보하고 배향하는 지점 뒤 구간의 곡선반지름에 R_2 에 해당하는 편경사를 설치할 때 필요한 변화구간 길이를 확보하여 두 길이를 합한 구간에 편경사를 설치한다.

- L_1 : 평면곡선반지름 R_1 에 해당하는 편경사를 설치할 때 필요한 변화구간 길이

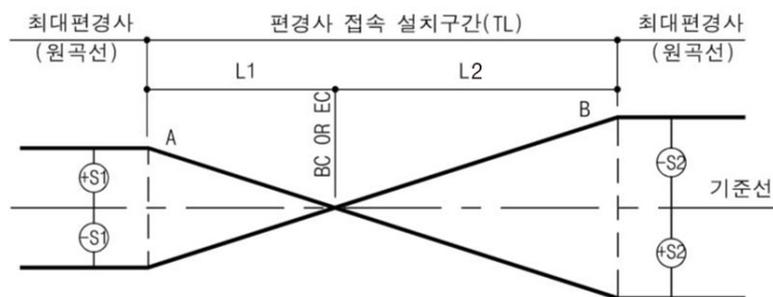
$$L_1 = i_1 \times B \times \frac{1}{q}$$

- L_2 : 평면곡선반지름 R_2 에 해당하는 편경사를 설치할 때 필요한 변화구간 길이

$$L_2 = i_2 \times B \times \frac{1}{q}$$

- L : 편경사를 설치할 때 필요한 변화구간 길이

$$L = (i_1 + i_2) \times B \times \frac{1}{q}$$



〈그림 8.15〉 원곡선과 원곡선의 배향인 경우 편경사 설치도

8.3 길어깨의 횡단경사

- (1) 길어깨에는 노면 배수를 위하여 적절한 횡단경사를 설치해야 한다.
- (2) 길어깨는 차로에서 발생하는 노면수의 배수를 원활히 유도하기 위하여 별도의 횡단경사를 설치하나 측대를 제외한 길어깨폭이 1.5 m 이하로 협소하여 길어깨 포장 구간의 시공성이 저하되거나 주변 여건 등으로 길어깨에 별도의 횡단경사를 설치하는 것이 곤란한 경우에는 차로면과 동일한 경사로 길어깨의 횡단경사를 설치할 수 있다.
- (3) 길어깨 경사의 접속설치 기준점은 길어깨 측대의 바깥쪽 끝으로 한다.

(1) 개요

길어깨의 경사는 빗물을 될 수 있는 대로 빨리 길 밖으로 배수시키는 것과 땅깎기 구간 등에서 길어깨로부터 빗물이 차로에 흘러 들어와서 노면을 더럽히는 것을 방지하기 위하여 원칙적으로 외측으로 처지는 경사로 한다.

이때 차로의 횡단경사와 길어깨 경사의 차이는 교통안전을 고려하여 결정하는데 고속국도의 경우 표준횡단경사 구간에서 길어깨 횡단경사를 4%로 한다.

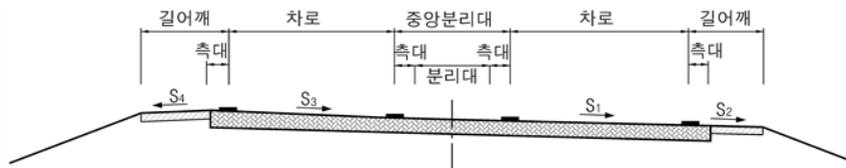
(2) 길어깨의 횡단경사

(가) 토공 구간에서 측대를 제외한 길어깨폭이 1.5 m 이상인 길어깨

토공 구간에서 본선 차로의 편경사와 길어깨의 편경사의 관계는 그림 8.16과 같다.

〈표 8.10〉 길어깨의 횡단경사

포장의 종류	횡단경사
아스팔트 · 시멘트콘크리트 포장 길어깨 및 간이 포장 길어깨	4%



〈그림 8.16〉 본선과 길어깨 편경사 조합

(단위 : %)

길어깨(S ₄)	본선 차로(S ₃)	본선 차로(S ₁)	길어깨(S ₂)
- 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 차로와 길어깨의 경사차를 7%로 한다.

(나) 교량 혹은 터널 및 측대를 제외한 길어깨폭이 1.5 m 미만의 토공 구간 길어깨

교량(혹은 터널)과 측대를 제외한 길어깨폭이 1.5 m 미만의 토공 구간 길어깨에서는 길어깨의 경사를 차로와 다른 경사로 시공하는 데 어려움이 많고, 또 길어깨의 경사를 변화시킴으로써 얻는 이점이 적으므로 원칙적으로 차로의 횡단경사와 동일한 경사로 한다.

(다) 교량 혹은 터널 사이의 토공 구간의 길어깨

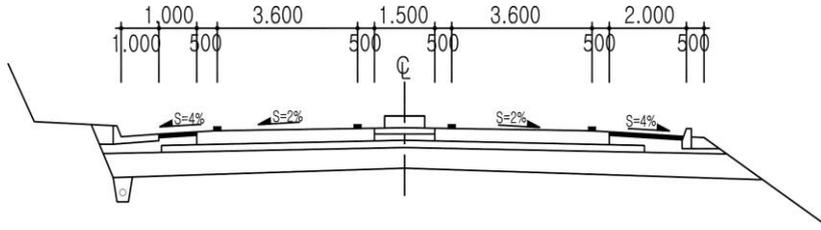
평면선형이 곡선인 구간 중 교량이나 터널과 같은 구조물 사이에 100 m 미만의 짧은 토공 구간이 위치하는 경우 또는 구조물과 토공이 연속하여 구조물 길이 비율이 500 m 단위를 기준으로 대략 60% 이상인 경우(예를 들면, 교량 350 m + 토공 150 m)에는 길어깨의 횡단경사를 차로의 횡단경사와 동일한 경사로 적용할 수 있다.

(라) 연결로 길어깨의 횡단경사

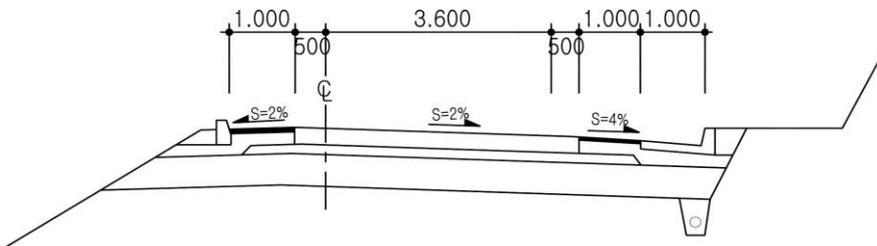
고속국도 연결로의 경우 교통안전 및 진출부의 교통량 변동에 따른 대기행렬로 인한 지체 등을 방지하기 위하여 2차로 운영이 가능하도록 곡선 외측부 길어깨 횡단경사를 차로부와 동일하게 적용하며, 길어깨 포장 보강구간의 L형 측구는 길어깨 유효폭에서 제외한다.

설계속도별 최소 평면곡선반지름을 적용한 구간에서도 길어깨의 역횡단경사로 인하여 자동차 이탈 등 교통사고 발생의 원인이 되고 있으므로 주행속도를 고려하여 자동차 운전조작이 용이하도록 최소 평면곡선반지름과 바람직한 평면곡선반지름 값까지의 구간에서 길어깨 횡단경사를 차로면과 동일하게 설치할 수 있다.

- 양방향 연결로



- 일방향 연결로

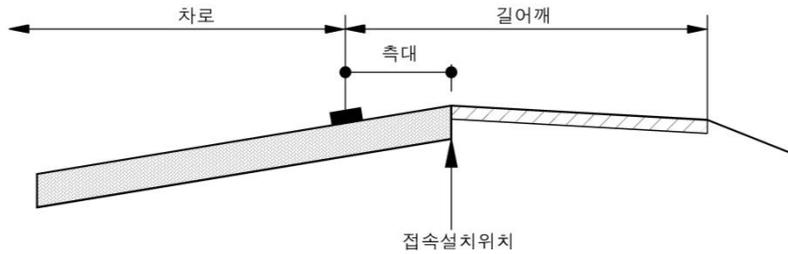


편 경 사(%)	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	비 고
표준횡단경사(%)	-2	-4	-2	-4	외측부 길어깨 횡단경사를 차로부와 동일하게 적용
2	-2	-4	+2	+2	
3	-3	-4	+3	+3	
4	-4	-4	+4	+4	
5	-5	-5	+5	+5	
6	-6	-6	+6	+6	
7	-7	-7	+7	+7	
8	-8	-8	+8	+8	

〈그림 8.17〉 연결로 차로와 길어깨 편경사 조합

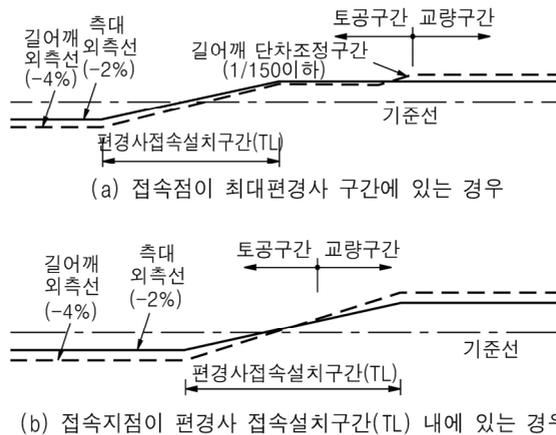
(3) 길어깨의 접속설치

길어깨 횡단경사의 접속설치는 그림 8.18에 나타난 바와 같이 길어깨 측대의 바깥쪽 끝에서 한다.



〈그림 8.18〉 길어깨의 접속설치 위치

접속설치 방법은 포장 설계와 관련이 있으나, 일반적으로 교량 구간과 토공 구간의 접속지점을 시점으로 하고 토공구간 내에 횡단경사 접속설치구간을 설정한다. 길어깨 횡단경사의 접속 설치는 길어깨 폭을 접속 설치하는 구간 전체에 걸쳐서 원활하게 접속시키며, 이 때 길어깨의 접속설치율은 1/150 이하로 한다.



〈그림 8.19〉 토공과 교량 구간 길어깨의 횡단경사 접속설치(단차 조정)