

제 3-1 편 본선





7. 선형 설계의 방법과 적용

7.1 선형 설계의 기본방침

도로의 선형을 설계할 때에는 자동차 주행의 안전성과 쾌적성을 확보할 수 있도록 배려함과 동시에, 선형이 지형, 지물, 경관 등의 조건에 대해서 적응성을 가지며, 기술적·경제적으로 타당해야 한다.

(1) 개요

도로의 선형이란 도로 설계의 기준이 되는 기하학적인 선이 평면과 종단의 형상으로 그려지는 것은 물론 양자가 조화된 3차원적인 선의 형상을 총괄적으로 말하는 것으로서, 이들을 각각 평면선형, 종단선형, 입체선형이라고 한다. 다만, 일반적으로 선형이라 하는 경우는 평면선형을 가리키는 경우가 많다.

도로의 선형은 그 도로의 골격을 형성하는 것이므로 도로의 계획, 설계, 시공의 전반을 지배하는 기준이 된다. 또한, 도로를 완성한 후에는 도로 선형의 변경은 거의 불가능하게 되며, 반영구적으로 자동차 주행을 규제하게 되므로 선형을 확정해야 하는 설계단계에서 선형의 좋음과 나쁨, 시공의 어려움과 쉬움 및 공사에 소요되는 비용에 대한 경제성 등을 고려하여 종합적인 판단을 바탕으로 설계해야 한다.

선형 설계는 도로의 생명이라고 할 수 있는 자동차 주행의 안전성, 쾌적성 및 경제성 외에 도로의 용량에 지배적인 영향을 미치게 된다.

또한, 도로 선형은 본선뿐만 아니라, 연도의 개발 및 토지 이용에 대하여도 적지 않은 영향을 미치므로 연도 주민의 이해와 관련하여 도로계획상의 쟁점으로 되는 경우가 종종 발생한다. 이와 같은 의미에서 도로의 선형은 완성 후의 도로가 발휘할 수 있는 안전성과 경제 효과의 한계를 결정하며, 동시에 연도 개발의 가능성 등을 지배하는 요인이 된다.

이 때문에 선형 설계가 때때로 그 도로의 종합적인 설계 및 효용에 대한 주된 평가기준이 되므로 선형을 설계할 때에는 그 도로가 구비해야 할 기능과 효과에 대하여 충분하고 신중하게 검토해야 한다.

(2) 선형 설계 시의 고려사항

선형을 설계할 때 고려해야 할 기본적인 사항은 다음의 네 가지와 같다.

- ① 자동차가 주행할 때 주행역학적인 측면에서 안전하고 쾌적하며, 운행 경비 측면 등에서 경제성을 보장하는 것일 것
- ② 운전자의 시각적, 심리적 측면에서 보아 양호한 것일 것
- ③ 도로 환경 및 주위 경관과의 조화와 융합이 이루어져 있을 것
- ④ 지형, 지물, 토지이용계획 등의 자연 조건과 사회 조건에 적합하고, 공사비와 편익비의 균형이 잡혀 경제적인 타당성을 갖출 것.

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

선형을 설계할 때에는 도면상에서 설계 기준의 최소값 규정에 구애됨이 없이 설계 조건, 지형 조건 등에 순응할 수 있는 설계값을 적절하게 쓰도록 노력해야 하며, 종래의 선형 설계의 통상적인 방법이 되었던 평면선형, 종단선형의 개별적인 검토에서 탈피하고, 양자를 종합한 입체적인 선형으로 충분한 검토를 해야 할 필요가 있다. 또한, 선형을 하나하나 소구간에 대하여 고려해야 할 뿐만 아니라 일련의 연속된 선형으로 검토하여 판단해야 한다.

(3) 선형 설계의 기본방침

선형을 설계할 때에는 다음과 같은 기본방침을 갖고 검토를 통하여 선형을 결정해야 한다.

- ① 도로 선형은 지형과 조화를 이룰 것
- ② 도로 선형의 연속성을 고려할 것
- ③ 도로의 선형과 부속시설의 관련성도 고려할 것
- ④ 평면선형과 종단선형이 조화를 이룰 것
- ⑤ 도로 선형 설계의 일관성을 유지할 것

(4) 도시지역도로의 선형 설계

도시지역도로에서는 노선 선정이나 선형 설계에 대해서는 앞서 언급한 사항 외에 다음과 같은 문제점에 대해서도 주의해야 한다.

- ① 도로 주변 지역의 토지 이용과의 관련성을 고려할 것
- ② 기존 도로망과의 관계를 고려할 것

7.2 평면선형의 설계

7.2.1 평면선형의 설계 방침

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

평면선형 설계의 일반적 방침은 다음과 같다.

(1) 선형은 주변 지형 및 조건에 적합한 것이어야 한다.

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

(2) 선형은 연속적인 것이어야 한다.

선형이 급하게 변화되는 것은 피해야 한다. 예를 들면 긴 직선구간의 끝에 반지름이 작은 평면곡선을 설치한 선형, 큰 반지름의 평면곡선부에서 작은 반지름의 평면곡선부로 급격히 변화하는 선형 등은 피해야 한다. 반지름이 작은 평면곡선을 설치하지 않으면 안 될 때에는 그것을 인지하기 쉬운 위치에 설치하든지 또는 그보다 큰 평면곡선반지름을 앞에 배치하여 작은 평면곡선반지름의 곡선부로의 진입을 원활하게 하도록 배려해야 할 것이다.

(3) 앞뒤의 선형이 비교적 좋은데 일부 구간에서 반지름이 작은 평면곡선을 설치하는 일은 피해야 한다. 또한, 반대로 작은 평면곡선반지름 사이에서 아주 큰 평면곡선반지름의 사용은 피해야 한다. 이와 같은 곳에서는 운전자가 선형의 급격한 변화에 대응할 수 없어 사고가 일어

나게 된다. 지형 조건이 좋은 구간에서 나쁜 구간으로 들어가는 경우에는 선형의 질을 서서히 저하하도록 할 필요가 있다.

(4) 종단선형과의 조화도 고려해야 한다.

앞뒤의 종단선형이 매우 양호한 곳에 반지름이 작거나 길이가 짧은 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 될 수 있는 대로 다음과 같은 관계가 성립되도록 해야 한다.

$$R \geq A \geq \frac{R}{2}, \quad R=1,500 \text{ m 이상으로 매우 클 경우에는 } R \geq A \geq \frac{R}{3} \text{의 조건을 지키면}$$

직선에서 원곡선으로서의 선형의 변화가 점차적으로 원활한 것이 된다.

또한, 클로소이드~원곡선~클로소이드의 선형 구성인 경우에 두 클로소이드의 파라미터를 반드시 같게 취할 필요는 없고 지형조건 등에 따라서 비대칭의 곡선형으로 하는 것도 가능하다.

(6) 두 클로소이드가 그 시점에서 반대 방향으로 접속된 선형인 경우에는 두 클로소이드의 파라미터는 같은 것이 바람직하다. 같지 않을 때에는 큰 파라미터가 작은 파라미터의 두 배 이하가 되도록 해야 한다.

(7) 직선을 낀 두 평면곡선부가 반대방향으로 설치될 경우에 부득이 짧은 직선부를 두 곡선 사이에 설치해야 할 때에는 직선의 길이는 다음 조건을 만족하도록 해야 한다.

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

여기서 ℓ : 두 평면곡선 사이의 직선 길이(m)

A_1, A_2 : 클로소이드의 파라미터

(8) 같은 방향으로 굴곡하는 두 평면곡선 간에 짧은 직선을 설치해야 하는 선형은 가능하면 두 평면곡선을 포함하는 큰 원을 설치하는 것이 바람직하다.

(9) 두 원곡선을 같은 방향으로 복합시킬 경우 두 원곡선 사이에 나선형 완화구간을 두는 것이 선형의 변화가 원활하며, 두 곡선을 직접 접속시킬 경우 큰 원의 반지름이 작은 원의 반지름의 1.5배 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다.

(10) 입체적으로 선형이 양호해야 한다.

평면선형의 설계 시에는 항상 종단선형과의 관련에 유의하여 입체적인 선형이 양호하도록 해야 한다. 배향(S형) 곡선의 변곡점(KA) 부근에 볼록(凸)형 종단곡선의 정점부가 오는 것은 시각상, 배수상 좋지 않으므로 피해야 한다. 철도, 주요 도로, 하천 등이 교차하는 곳은 종단 선형의 정점부 또는 기준점(control point)이 되는 경우가 많으므로 그러한 곳은 평면선형을 설계할 때 고려해야 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) 평지 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 인지반응 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 흠뻑기 구간이 직선적으로 연속되는 형태가 되므로 도로 환경의 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 내리막 경사를 지닌 큰 오목곡선 구간이 되는 것이 통례이다. 이러한 구간에서는 내리막 경사 주행 시 운전자의 착각 때문에 다음 오르막 구간이 실제 이상으로 급경사로 보이고, 전방의 자동차 주행상태가 한 눈에 인식되어 앞지르기를 시도하는 경향이 두드러진다. 그러나 일반적으로 내리막 경사 주행 시 설계속도 이상으로 과속하게 되는 경우가 많이 발생되어 사고의 위험성이 커지므로 종단선형을 적절하게 설계하여 상당히 긴 내리막 경사를 두지 않도록 할 필요가 있다.

- (2) 시가지 등과 같이 토지 이용의 구성 단위가 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 적응 관계 보다는 시공상의 편리와 경제성 및 지질 등과의 관계를 더 고려하여 가능하다면 직선을 활용해야 할 것이다. 그러나 터널 내에서는 도로의 경관이 소멸되기 때문에 거리의 인식을 가늠할 수 없게 되어 차간거리의 목적을 그르치는 경향이 있으며, 직선은 이 경향을 조장한다는 점에 대하여 충분히 유의해야 한다. 그리고 터널구간 전후의 곡선, 특히 출구 직후의 곡선은 운전자가 예측할 수 없는 것이므로 될 수 있는 대로 피해야 하며, 곡선을 설치해야 할 경우에는 터널과 원곡선과의 직접 연결을 피하고 완화곡선을 설치하여 원곡선과 접속할 수 있도록 해야 할 것이다.
- (5) 직선을 적용하는 경우의 일반적인 한계 길이에 대하여서는 이론적인 풀이를 하기는 곤란하나, 주로 운전자의 심리적인 부담 한계에 따라서 결정되는 것이라 생각하고 있으며 직선의 길이는 앞뒤 선형 조건, 지형지물의 상황, 경관의 변화 등에 따라 적절하게 설계자의 판단에 따라 결정하는 것이 중요하다.

7.2.3 곡선의 적용

곡선을 적용할 때에는 지형에 맞도록 적절히 적용시키되, 될 수 있는 대로 큰 평면곡선 반지름을 쓰도록 하고, 전후의 선형 요소와의 상관관계를 검토하여 일련의 선형으로서 전체적인 균형을 꾀하도록 해야 한다. 그리고 평면곡선부에 있어서는 특히 종단경사와의 관계를 감안하여 작은 평면곡선반지름과 급경사가 겹치지 않도록 한다.

완화곡선은 선형 전체가 자동차의 주행에 상응한 곡률의 변이를 주고, 시각적으로도 매끄러운 선형이 되도록 적용해야 한다. 완화곡선으로는 클로소이드 곡선이 주로 이용된다.

(1) 곡 선

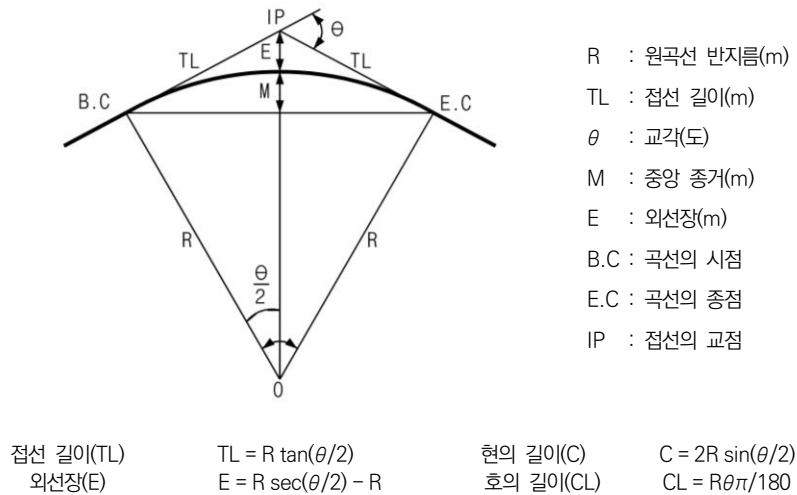
곡선은 직선에 비하여 융통성이 있어 기하학적 형태가 유연하기 때문에 다양한 지형 변화에 대해서 순응시킬 수 있고, 또 원활한 선형이 얻어질 수 있기 때문에 그 적용 범위는 광범위하다. 곡선은 지형 조건에 따라 될 수 있는 대로 크게 설치하는 것이 바람직하나 운전자가 직선과 구별하기 힘들 정도로 큰 반지름을 설치하는 것은 아무런 의미가 없다. 이와 같은 뜻에서 최대 평면곡선반지름이 대략 10,000 m 이상은 곡선의 의미가 상실되는 것으로 알려져 있다. 또한, 원곡선의 반지름은 크게 설치함과 동시에 지형, 지역의 조건에 적합한 크기의 것을 선정하는 것이 중요하다. 그러나 우리나라와 같이 산악지대가 많아 지형이 험준한 지역에서는 평면곡선반지름을 크게 설치하기 곤란하므로 때때로 최솟값에 가까운 값을 설치하지 않으면 안 되는 경우가 생긴다. 이와 같은 경우 일련의 선형 요소를 검토하여, 전체적으로 보아 특별한 구간이 짧게 산발적으로 존재하는 일이 없도록 하는 것이 중요하다. 그리고 이와 같은 작은 평면곡선반지름의 적용이 부득이한 구간에는 점차적으로 평면곡선반지름의 크기를 작게 하여 운전자를 자연스럽게 특별 구간으로 유도하는 선형을 유지하도록 주의를 기울이어야 한다.

평면곡선부를 설계할 때 잊어서는 안 될 것은 그 구간에서의 종단경사와의 관계이다.

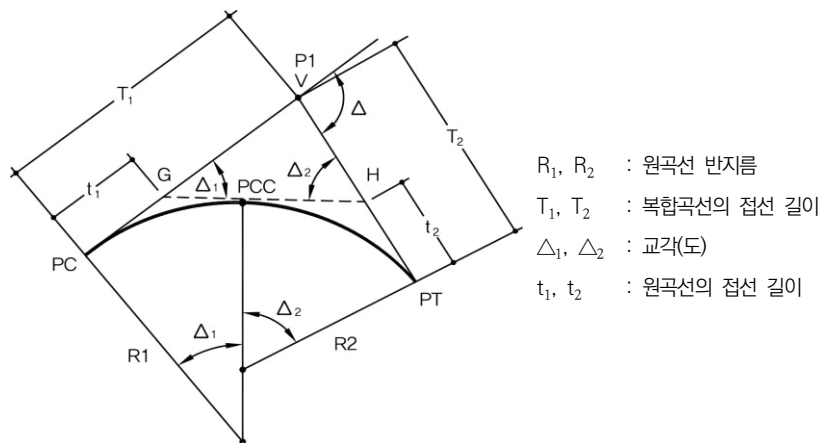
작은 평면곡선반지름과 급한 종단경사가 겹치게 되면 사고율은 높아지는 것이 명확하므로 선형을 설계할 때에는 평면곡선반지름이 작은 구간과 급한 종단경사 구간을 겹치게 하지 않도록 각별한 배려가 필요하다.

(가) 원곡선

원곡선은 일반적으로 곡선반지름으로 표시하는데, 원곡선의 각 부분에 대한 식은 그림 7.1과 같다.



〈그림 7.1〉 원곡선의 각 명칭과 계산 식



〈그림 7.2〉 복합곡선의 각 명칭

(나) 복합곡선

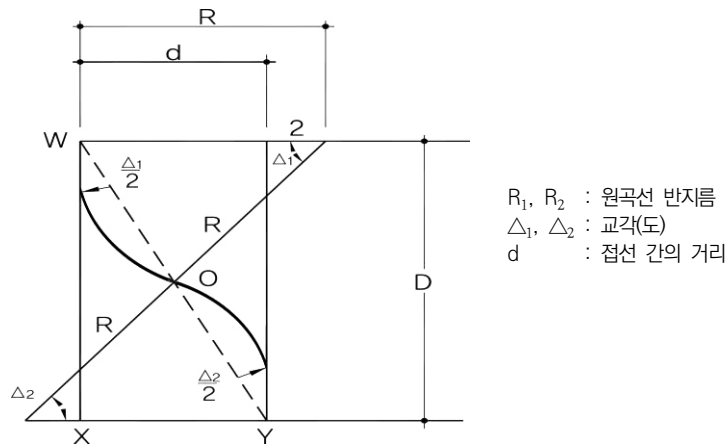
복합곡선은 같은 방향으로 꺾어지는 두 개 이상의 원곡선이 서로 연결되어 있는 것을 말한다.

복합곡선은 주로 평면교차로, 입체교차로의 연결로, 혹은 지형이 험한 곳의 도로에서 자동차의 주행이 자연스럽게 이루어지게 하기 위하여 사용된다. 일반적으로 두 곡선 사이의 부자연스러운 주행을 방지하기 위하여 두 곡선 간의 곡선반지름 비는 1.5 : 1을 넘지

않아야 하며, 곡선의 길이가 너무 짧게 되지 않도록 해야 한다.

(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 운전에서 어려움을 겪기 때문이다. 따라서 배향곡선을 사용하는 것 보다는 두 개의 원곡선 사이에 충분한 길이의 직선을 삽입하거나 완곡곡선을 삽입해야 한다.



〈그림 7.3〉 배향곡선의 각 명칭

(라) 원곡선 반지름의 조화

(a) 직선 구간과 원곡선의 조화

국외 기준(독일 RAS-L-1)에 따르면 직선 구간과 원곡선 구간이 완곡곡선으로 연결될 경우, 원곡선의 최소 반지름은 표 7.1과 같다.

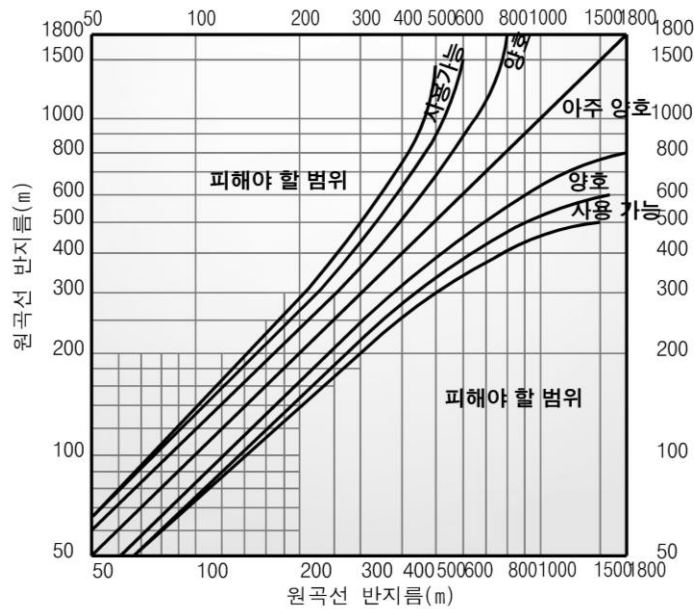
〈표 7.1〉 직선과 원곡선이 완곡곡선으로 연결될 때 최소 원곡선 반지름(독일 RAS-L-1)

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

(b) 원곡선 간의 조화

국외(독일의 경우, RAS-L) 기준에서는 두 원곡선 간의 반지름 비를 제시하고 있다. 이 기준에 따르면 두 원곡선 반지름비의 범위가 아주 양호, 양호, 사용 가능, 피해야

함의 네 영역으로 구분되어 있다. 독일 기준에 따른 구체적인 적용 예를 들어본다면, 한 쪽 원곡선의 반지름이 500 m일 경우에 다른 원곡선의 적용 가능한 원곡선 반지름은 300 ~ 1,300 m가 된다. 또한, 이 기준에서 적용 가능한 최소 평면곡선반지름은 300 m 이상이다.



〈그림 7.4〉 인접한 두 원곡선 반지름의 조화(독일 RAS-L)

(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 완화곡선 및 완화구간 참조).

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

(가) 클로소이드 곡선의 구성

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

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

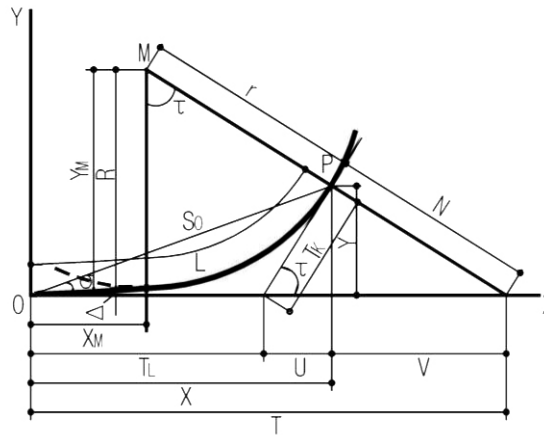
$\frac{1}{C}$ 을 A^2 이라고 하면 1개의 클로소이드 위의 모든 점은 다음과 같은 식이 성립한다.

$$R \times L = A^2 \quad (7.1)$$

여기서, R : 어떤 점의 곡선반지름(m)

L : 클로소이드의 원점부터 그 점까지의 곡선 길이(m)

A : 클로소이드의 파라미터



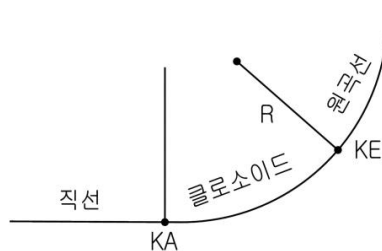
〈그림 7.5〉 클로소이드의 요소와 기호

- O : 클로소이드 원점
- M : 클로소이드 위의 P점에 대한 곡선의 중심
- OX : 주 접선(클로소이드 원점에 대한 접선)
- A : 클로소이드의 파라미터
- X, Y : P점의 X, Y 좌표
- L : 클로소이드 곡선 길이
- R : P점의 곡선반지름
- Δr : 이점량(Shift)
- X_M, Y_M : M점의 X좌표, Y좌표
- τ : P점에서의 접선각
- σ : P점에서의 극각
- T_k, T_L : 단접선 길이, 장접선 길이
- S_0 : 동경
- N : 법선 길이
- U : TK의 주 접선에의 투영 길이
- V : N의 주 접선에의 투영 길이

(나) 클로소이드를 사용한 기본형

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

원곡선의 반지름이 특히 큰 경우, $A \geq R/3$ 를 적용하여 A를 크게 하면, 클로소이드의 효용이 작아지므로, 파라미터(A)의 최댓값은 1,500 m 정도로 한정시키는 것이 바람직하다. 클로소이드 - 원곡선 - 클로소이드와 같이 연속하는 경우의 각 곡선의 길이는 대략 1 : 2 : 1이 되도록 하는 것이 바람직하다.



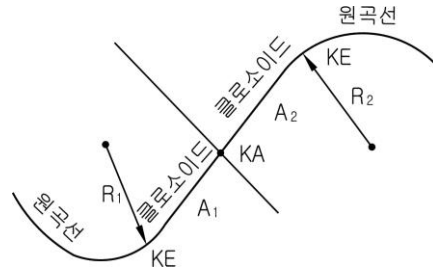
〈그림 7.6〉 클로소이드 기본형

(다) 클로소이드를 사용한 S형 선형

배향하는 두 원곡선을 클로소이드로 연결한 S형 선형은 고속국도에서 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 중복 구간 길이 ℓ 은 다음의 조건을 만족하도록 한다.

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

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



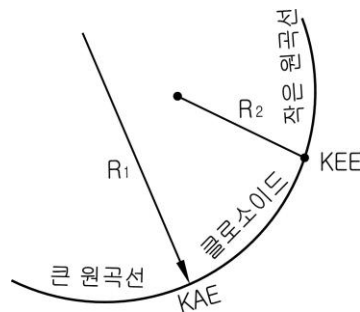
〈그림 7.7〉 클로소이드를 사용한 S형 선형

(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_2 사이에는 다음의 관계가 성립해야 한다.

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

또, 큰 원곡선의 반지름(R_1)은 작은 원곡선의 반지름(R_2)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 - 원곡선 - 클로소이드의 기본형으로 바꿈으로써 거의 같은 모양의 선을 얻을 수 있기 때문에 기본형으로 바꾸는 방안을 충분히 검토하도록 한다.

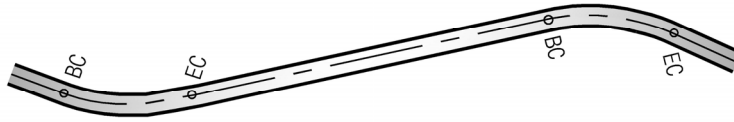


〈그림 7.8〉 클로소이드를 사용한 계란형

7.2.4 평면선형의 설계 방법

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

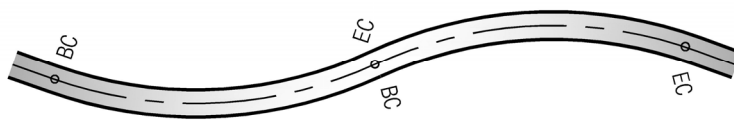
① 긴 직선 - 짧은 곡선에 의한 선형 구성



② 긴 곡선 - 짧은 직선에 의한 선형 구성



③ 연속적인 곡선에 의한 선형 구성

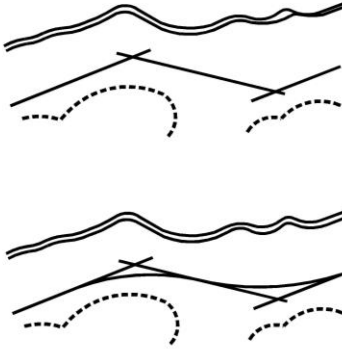


〈그림 7.9〉 평면선형 구성의 종류

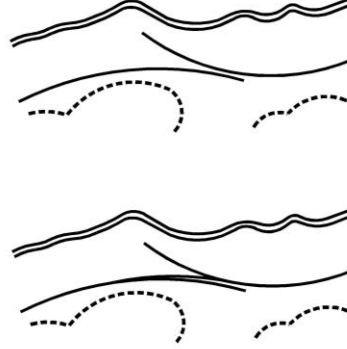
그림 7.9에서 긴 직선 - 짧은 곡선형의 선형 설계는 예로부터의 전통적인 설계 방법이다. 즉, 그림 7.10 ① 과 같이 기본이 되는 도로 선형의 직선을 먼저 설정하고, 이를 원곡선으로 연결하는 방법이 사용되어져 왔다.

이와는 반대로 연속적인 곡선을 설치한 선형설계는 그림 7.10 ②와 같이 주어진 지형조건 등에서 먼저 기본이 되는 원곡선을 실용상 가능한 범위에서 완전한 평면곡선반지름으로 선정하고, 이들 원곡선 사이를 적절한 클로소이드 곡선으로 연결하는 것으로서, 이 방법에서 주의해야 하는 것은 이 설계 기법이 산이나 골짜기가 많은 지방지역의 선형 설계에 특히 적합한 방법이므로 도시지역 내라든가, 평지와 같이 주위 환경이 주로 직선으로 구성되어 있는 지역에서는 주변 환경과 조화가 이루어지지 않을 수 있으므로 오히려 직선을 주요 선형 요소로 설정하는 것을 고려해야 한다.

① 먼저 직선을 설정하고 그것을 원곡선으로 연결한다.



② 먼저 곡선을 설정하고, 그것을 완화곡선으로 연결한다.



〈그림 7.10〉 평면선형 설계 방법

7.3 종단선형의 설계

7.3.1 종단선형의 설계 방침

종단선형을 설계할 때에는 건설비와의 관계를 고려하면서 자동차 주행의 안전성과 쾌적성을 도모하고 경제성을 갖도록 해야 하며, 평면선형과 관련해서는 시각적으로 연속적이면서 서로 조화된 선형으로 설계해야 한다.

종단경사의 선정에 있어서 제일 먼저 고려해야 할 제약 조건은 지형과 자동차의 성능이지만, 동시에 자동차의 주행 측면과 도로용량 등에 대하여도 동시에 고려해야 한다. 즉, 종단 경사를 어떻게 설치할 것이냐에 따라 자동차의 주행속도는 크게 달라지며, 도로용량도 영향을 받는다.

일반적으로 내리막 경사는 사고로 연결되기 쉽고, 오르막 경사가 급하면 자동차, 특히 트럭의 속도 저하가 뚜렷하여 원활한 교통의 흐름을 저해하게 된다. 이 때문에 급한 오르막 경사가 있는 긴 구간에서는 오르막차로를 설치할 필요가 있다. 또한, 오르막 경사에서는 대형자동차가 속도 저하 없이 그대로 주행할 수 있는 경사와 내리막 경사에서 제동하지 않는 경사로 하는 것이 좋으나 경제적 비용에 따른 효과를 검토하여 결정해야 한다.

종단선형을 설계할 때에는 다음에 열거된 사항을 고려해야 한다.

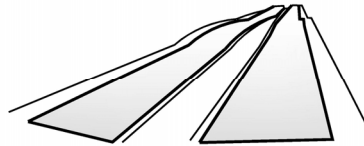
(1) 지형에 적합하고 원활한 것이어야 한다.

짧은 거리에서 많은 오르내림을 반복하는 선형은 내리막 경사와 오르막 경사가 연속적으로 자주 반복되어 오목구간이 볼록구간에 가리어져 운전자는 시각적으로 볼록구간만 연속적으로 보이는 선형이 된다(그림 7.11).

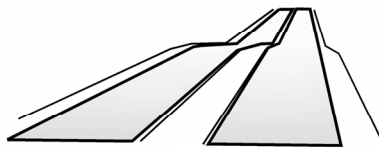
(2) 앞쪽과 뒤 끝만이 보이고 중간이 폭 패어 보이지 않는 선형은 피해야 한다.

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

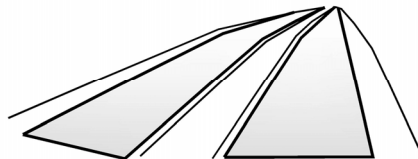
- ① 짧은 돌출 - 이것은 평탄한 지형에서 짧은 교량 전후의 흠쌓기량을 절감시키려 할 때 자주 생긴다.



- ② 중간이 폭 패어 보이지 않는 선형



- ③ 종단의 짧은 절곡 - 이것은 소규모의 정점(Crest)인데, 정점을 넘어서는 쪽의 노면이 보이게 된다.

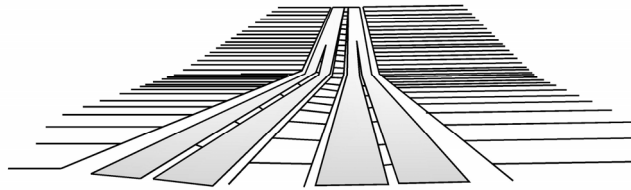


〈그림 7.11〉 종단선형의 부조화(예시)

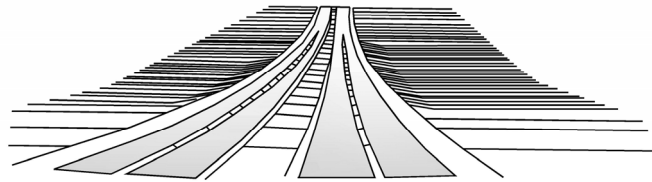
(3) 오르막 경사 앞에 내리막 경사를 설치할 경우 트럭 등이 오르막 경사에서의 속도 저하를 생각하여 내리막 경사에서 미리 가속하여 오르막 경사를 주행하려고 하므로 이러한 지형에서 내리막 경사를 너무 급하거나 길게 두어 트럭 등이 과도한 속도를 내게 되면 사고의 위험성이 있으므로 오르막 경사와 내리막 경사의 길이 산정에 주의해야 하며, 부득이한 경우 오목 부분에 삽입하는 종단곡선을 길게 설치하여 시각적으로 원활한 선형을 얻을 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

그리고 내리막 경사가 계속되는 구간 앞에 작은 평면곡선반지름이 설치되어 있는 경우는 도로에 설치하는 편경사를 표준보다 크게 하는 것도 고려할 필요가 있다.

① 종단곡선길이 210m, 종단곡선 변화비율 42m/%

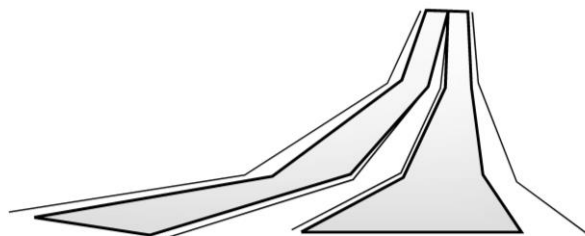


② 종단곡선길이 900m, 종단곡선 변화비율 180m/%



〈그림 7.12〉 오목부에서의 종단곡선의 변화(2%의 하향 경사에서 3%의 상향 경사)

(4) 같은 방향으로 굴곡하는 두 종단곡선의 사이에 짧은 직선 경사 구간을 두는 것은 피해야 한다. 특히, 오목형 종단곡선의 경우에는 이 선형 전체가 보여 도로가 꺾어져 있는 것으로 보일 수 있으므로 주의해야 한다. 이를 개선하는 데는 두 종단곡선을 포괄하는 큰 종단곡선을 설치할 필요가 있다.



〈그림 7.13〉 오목부에서 짧은 직선의 삽입

- (5) 길이가 긴 연속된 오르막 구간에서는 오르막 경사가 끝나는 정상 부근에서 경사를 비교적 완만하게 하는 것이 좋다.
- (6) 종단경사는 완만할수록 좋겠지만 노면의 배수를 고려할 때 최소 0.3 %의 경사로 하는 것이 좋다.
- (7) 종단선형의 좋음과 나쁨은 평면선형과 관련하여 결정되는 수가 많으므로 평면선형과의 조화에 주의하고, 입체적인 선형으로 양호한 것이 되도록 해야 한다.
- (8) 환기시설 설치가 불필요한 길이가 짧은 터널에서의 종단경사는 지형조건에 맞추어 경사를 결정해야 하며, 환기시설이 필요한 장대터널에서는 환기시설의 비용을 절감시키기 위하여 터널 내의 오르막경사를 완만하게 하여 자동차 배기가스량을 최소로 할 필요가 있다. 이를 위하여 장대터널 내에서는 오르막 경사를 3 %가 넘지 않도록 하는 것이 좋다. 그러나 지형상 특별한 사유로 더 급한 오르막 경사를 적용한 경우는 자동차의 배기가스 배제에 지장이 없도록 환기시설을 설치해야 한다.

7.3.2 종단선형의 설계 방법

종단선형 설계의 순서는 평면선형 설계의 경우와 마찬가지로, 먼저 지형의 변화에 맞추어서 제약받는 지점(control point)이나 땅깁기·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 종단경사로 설치하는 것이 적당할 것인가 하는 문제와 자동차 주행에 지장이 없는 종단곡선길이의 선정 등 두 가지이다.

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

운전자의 시각은 본래 경사 그 자체를 인지하기에 그다지 민감하지는 않으나 경사 차이에 대한 인식은 매우 민감하게 인식하는 특성이 있다.

따라서, 종단곡선 길이가 너무 짧으면 그 점에서 도로가 부자연스럽게 절곡되어 있는 것처럼 보여 운전자에게 그 도로가 원활하게 흘러가는 것 같은 인상을 주지 못한다.

이와 같은 것은 설계속도가 낮은 도로에서는 그다지 큰 문제가 되지 않지만 고속국도와 같이 운전자의 시점이 300 ~ 600 m나 되는 먼 곳에 집중되고 있는 도로에서는 시각적인 부자연스러움이 운전자의 지각 반응에 영향을 주게 되어 주행상 안전성의 문제와 결부될 가능성이 크다.

오래 전의 종단선형 설계 기법으로 건설된 도로에서 볼 수 있는 바와 같이, 규정에 정하여진 최소 종단곡선을 삽입한 선형은 멀리서 보면 부자연스럽기도 하고 딱딱한 판을 늘어놓은 것처럼 보이게 된다.

긴 직선 ~ 짧은 평면곡선형의 평면선형을 가진 도로에 있어서 종단곡선도 일반적으로 긴 직선 ~ 짧은 종단곡선형을 적용하여 짧은 종단곡선길이를 적용하고 있는 것이 일반적인데, 이렇게 하면 종단곡선을 기계적으로 허용하는 한 짧게 설치하는 바람직하지 않은 설계를 하게 된다. 그런데 규정에 정하여진 종단곡선 길이와 종단곡선 변화비율의 값은 앞서 기술한 바와 같이 자동차의 주행 역학상의 요구를 최소 한도로 만족하도록 정해진 것으로서, 그 이상의 안전성과 운전자의 시각적 및 심리적인 측면에서 연속성과 쾌적성을 보증하는 것이 아니므로 시각적 원활성을 얻기 위해서는 기준치보다 크게 설치할 필요가 있다.

일반적으로 평면선형의 경우는 지형의 제약이나 장애물 때문에 어느 크기 이상의 곡선을 설정할 수 없는 경우가 때때로 생기지만, 종단선형의 경우는 약간의 토공량 증가나 구조물 설치 비용을 추가하여 종단곡선 길이를 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 것 같은 인상을 주어 쾌적한 주행을 가능하게 한다.

이를 다시 발전시켜 가면 평면선형의 설계와 마찬가지로 종단선형의 설계도 연속된 곡선을 설치한 설계가 될 수 있다. 이와 같은 설계기법에서는 먼저 지형에 맞춰 종단곡선을 설정하고, 인접하는 종단곡선끼리 접선을 삽입하여 연결해 간다. 이렇게 하면 때로는 두 종단곡선을 포괄하는 하나의 종단곡선으로 치환되는 경우도 있다.

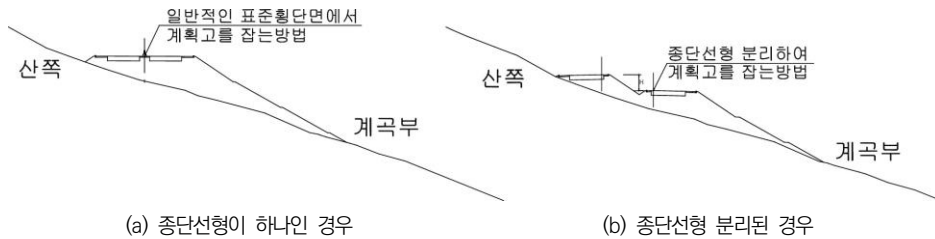
7.4 차도별 선형설계

지형 조건을 반영하여 필요할 경우 차도별로 선형을 설계하도록 한다.

(1) 개요

고속국도는 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 7.14와 같이 평면선형은 하나로 하고, 종단선형만 분리하여 설계하는 방법도 생각해 볼 필요가 있다.



〈그림 7.14〉 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 및 지장물에 맞춰서 중앙분리대의 폭을 변화시켜, 선형이 지형에 조화된 것으로 함으로써 지형 변화에 순응하는 쾌적한 노선을 약간의 부가 비용으로 확보할 수 가 있다. 경우에 따라 이 방법이 경제적인 수도 있다. 또, 대형 자동차의 전조등에 의한 눈부심도 이 설계 방법에 따라 경감 또는 해소시킬 수 있다.

7.5 평면선형과 종단선형의 조합

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

(1) 개요

도로의 선형설계는 노선 계획으로 시작하여 평면선형 설계, 종단선형 설계로 이어지고, 마지막으로 도로 환경과 조화될 수 있도록 평면선형과 종단선형의 조합으로 완료된다.

따라서, 평면선형과 종단선형의 조합은 실제로 도로를 주행하는 운전자의 시각으로 계획되어야 하므로 3차원 투시도의 이용이 필요하며, 최근에는 시간을 포함한 4차원적 접근의 필요성도 대두되고 있다.

이러한 선형 조합의 문제는 도로 선형 설계의 최종적 단계이며, 이제까지는 자동차의 물리적 요구를 만족하는 안전성 측면에서만 설명되었지만 도로 설계에 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 도로를 설계할 때 그 도로가 목표로 하는 설계수준에 따라 결정될 수밖에 없다.

물론 시각적인 문제는 도로의 선형 설계에 있어서 가장 어려운 분야이지만 최근 국외에서는 도로 환경이나 운전자의 심리적, 생리적 관계 등의 연구도 진행되고 있는 상태이다.

평면선형과 종단선형의 조합 문제는 그 도로의 시각 환경과의 조화라고 하는 관점에서 도로의 선형 설계에 있어서 언제나 고려되어야 할 것이며, 평면선형과 종단선형의 좋은 조합을 택한다는 것은 선형 설계가 물리적 요구와 인간적 요구를 모두 만족시켜야 한다는 것에 대한 어려움이 있다.

(2) 선형 조합의 일반 방침

선형 조합의 일반 방침은 다음과 같다.

(가) 선형의 시각적 연속성을 확보할 것

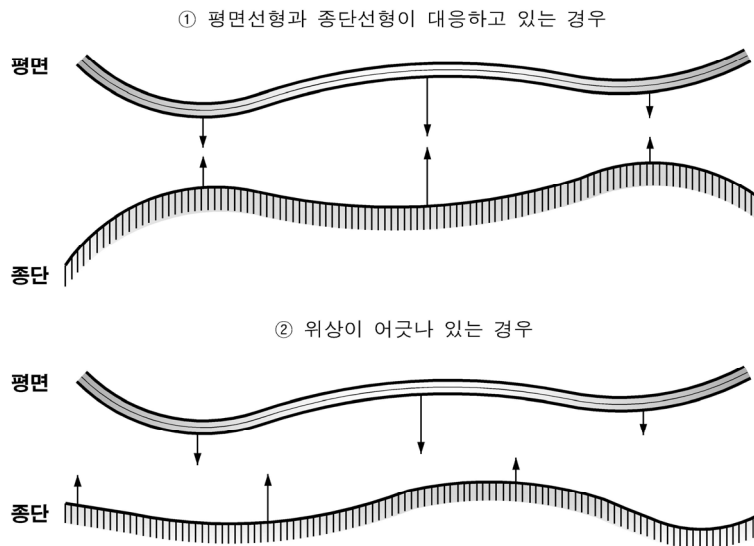
평면선형과 종단선형의 대응이 완전하게 되어 시각적 연속성이 확보된 선형은 운전자의 시각에서 미끈하고 아름다운 선형이다. 따라서, 이와 같은 선형을 설계하는 데에는 먼저 평면선형과 종단선형의 대응을 고려할 필요가 있다. 구체적으로는 평면선형과 종단선형을 겹쳐서 원곡선 부분에서 종단곡선을 포용하는 듯한 설계로 하는 것이 좋다.

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

이는 종래 평면선형과 종단선형의 조합에 대하여 경험적으로 알려져 왔던 내용과 일치하는 것이다.

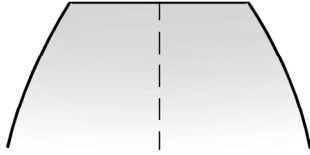
평면선형과 종단선형이 대응하고 있지 않아 블록형 종단곡선의 정점에서 평면곡선이 시작되면 운전자에게 원활한 시선유도를 하지 못하며, 또한 오목형에서는 가장 낮은 지점 부근에서 배수상의 문제와 도로가 뒤틀려 보이는 등의 시각적 문제가 생긴다.

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

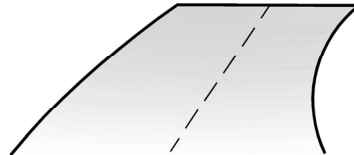


〈그림 7.15〉 평면선형과 종단선형의 대응

- ① 정점에 이르기까지 선형의 시각적 유도가 되고 있지 않다.



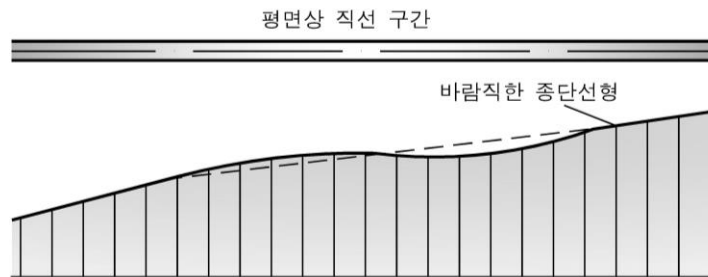
- ② 정점에 이르기까지 평면선형의 진행 방향을 미리 앞에서 알 수가 있다.



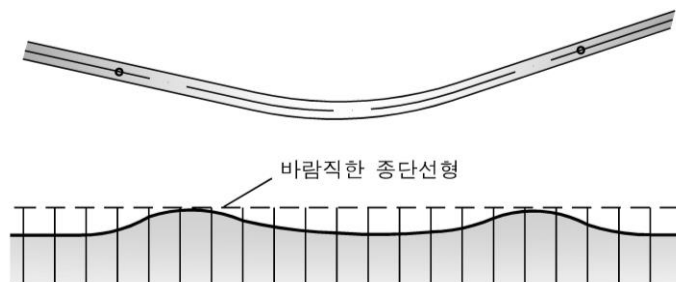
〈그림 7.16〉 정점(crest)부의 시선 유도

각 경우별로 평면선형과 종단선형의 조화를 도식화해 보면 다음과 같다.

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

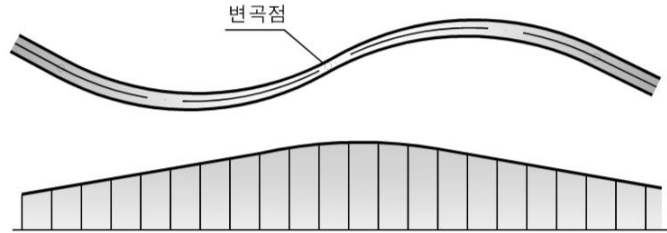


- ② 평면곡선부의 종단선형 - 짧은 구간의 등근 언덕 모양의 굴곡을 피하고, 긴 구간에 걸쳐 종단경사를 일정하게 할 것

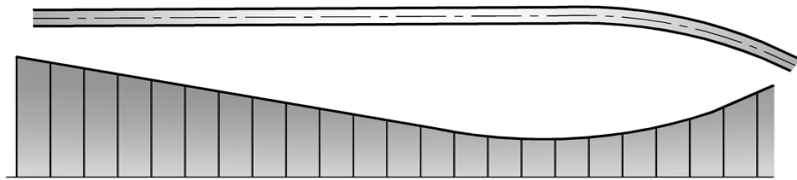


〈그림 7.17〉 평면선형과 종단선형의 조합(예시)(계속)

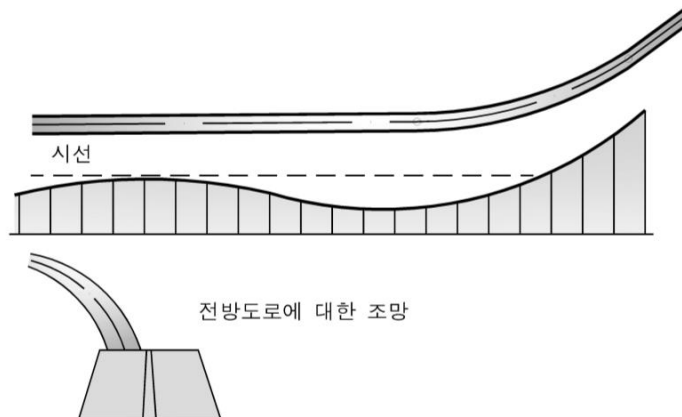
- ③ 두 평면곡선 사이의 짧은 직선구간과 종단선형의 정점부에서 반대방향의 평면곡선 설치를 피할 것



- ④ 오목형 종단곡선상의 저점부에 평면곡선의 변곡점 설치를 피할 것 - 노면배수가 원활하지 못한 경우가 발생

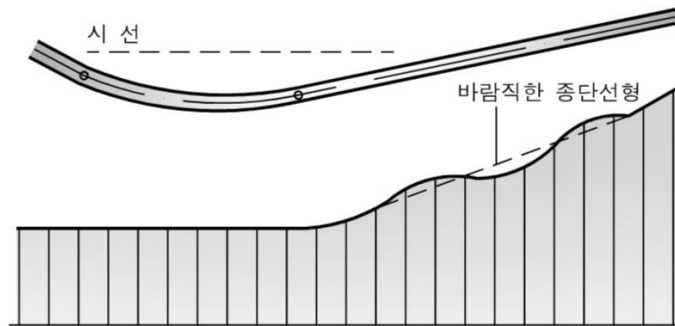


- ⑤ 불연속 효과 - 언덕 등에 의하여 도로의 일부가 보이지 않아서 도로가 불연속된 것처럼 보이는 것은 피할 것

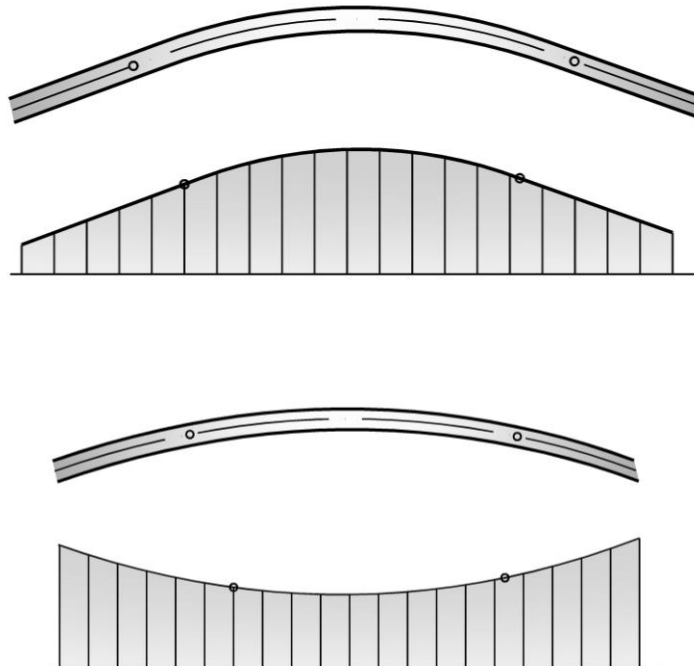


〈그림 7.17〉 평면선형과 종단선형의 조합(예시)(계속)

- ⑥ 긴 평면 직선부 구간에서 종단곡선의 반복된 굴곡은 피할 것

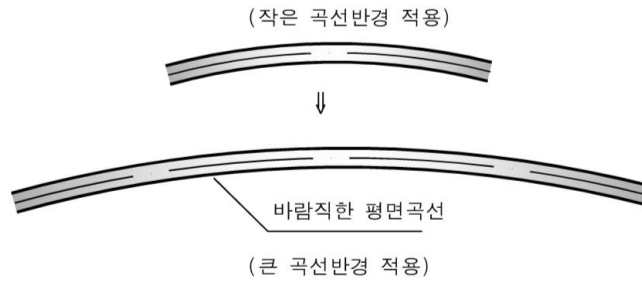


- ⑦ 평면곡선과 종단곡선이 같은 방향 또는 다른 방향으로 대응할 것 - 균형된 도로의 경우에 시각적 효과가 좋음

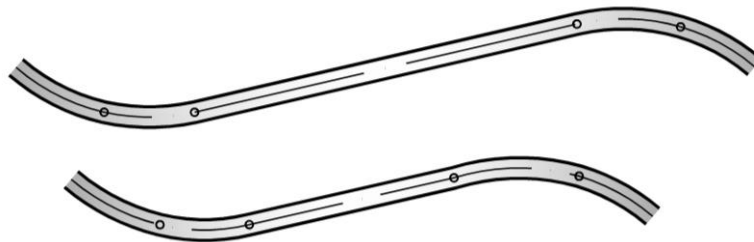


〈그림 7.17〉 평면선형과 종단선형의 조합(예시)(계속)

- ⑧ 평면곡선반지름의 교각이 작을 때에는 작은 평면곡선반지름보다 큰 곡선반지름을 설치할 것 - 시거가 양호해짐



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



〈그림 7.17〉 평면선형과 종단선형의 조합(예시)

- (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 필요 이상으로 강조되어 보여 시각적인 균형을 잃게 되고 운전자에게도 심리적으로 불안감을 주게 된다. 그러나 양자의 균형에 대하여 구체적인 수치로 제시하기는 어려운 실정이므로 설계할 때 도로 주변 여건을 고려하여 세심한 주의를 기울이어야 할 것이다.



〈긴 평면곡선상의 짧은 오목구간〉



〈긴 평면곡선상의 긴 오목구간〉

〈그림 7.18〉 평면선형과 종단곡선의 균형

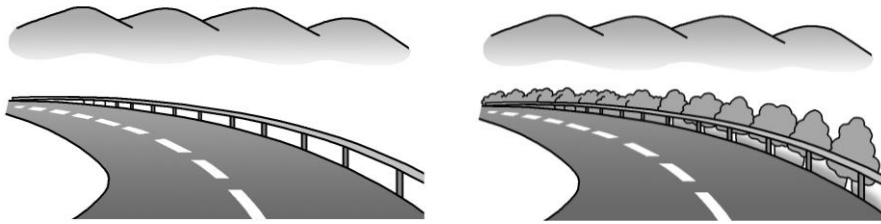
(다) 노면 배수 및 자동차의 역학적 요구에 적절히 조화된 경사가 설치될 수 있도록 조합할 것

산지 등에서 종단경사가 큰 구간에 작은 평면곡선이 삽입되어 있으면 종단경사가 급한 경사로 보이기 쉬워 주행상의 안전성이 확보되지 못하며, 또한 평지에서 종단경사가 거의 수평에 가까운 경우 평면곡선의 변곡점 부근의 종단경사가 매우 작게 되어 노면 배수 문제가 발생하므로 적합한 종단경사를 설치하여 평면곡선과 종단곡선이 적절히 조합되도록 하는 것이 필요하다.

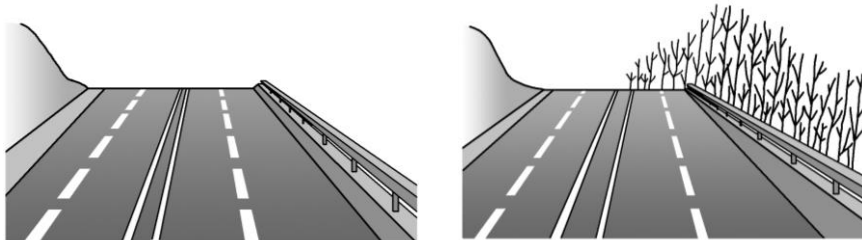
(라) 도로 환경과의 조화를 고려할 것.

평면선형과 종단선형의 조합이 아무리 좋다 해도 그 선형이 통과하는 지역의 환경에 조화되고 있지 않으면 도로를 주행하는 운전자에게 안전하고 쾌적한 도로라고 할 수 없다. 낮은 설계수준인 도로에서는 지역 조건이나 공사비 등에서 선형의 시각적인 문제가 제약을 받게 된다. 이와 같은 경우에는 방호울타리, 식수, 땅깍기 비탈면 등으로 도로 환경을 개선하여 시선 유도를 보조할 수 있도록 고려할 필요가 있다.

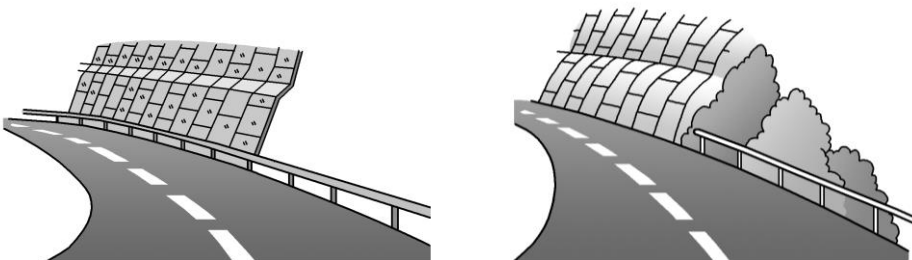
- ① 내리막 경사의 왼쪽방향으로 평면곡선이 설치되어 있는 경우 도로 오른쪽의 식재는 고속 주행 중인 운전자의 불안감을 없애주고 시선을 유도하는 역할을 한다.



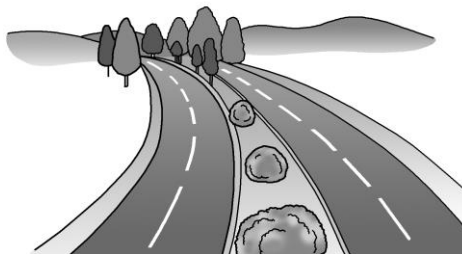
- ② 평면곡선부의 변곡점 부근에 종단곡선의 정점이 있을 때 중앙분리대 및 도로 오른쪽의 식재는 도로의 선형을 운전자에게 미리 알리는 역할을 한다.



- ③ 비탈면의 진행방향에 대한 처리에 식재를 하면 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 7.19〉 식재에 의한 시각 환경

(3) 피하는 것이 바람직한 조합

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

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

(가) 볼록형 종단곡선의 정점부 또는 오목형 종단곡선의 저점부에 반지름이 작은 평면곡선의 삽입은 피할 것

시선 유도나 자동차의 주행상 반드시 피해야 하는 예로서, 볼록형에서는 시선이 유도되지 않아 급한 핸들 조작을 하게 되며, 오목형에서는 자동차가 속도를 내다가 급한 핸들조작이 필요하게 되므로 어느 정도 위험한 상태를 발생시킬 가능성이 많다.

오목형의 경우에는 운전자에게 오목형 종단곡선의 저점부를 지나가면서부터 오르막 경사이지만 앞의 내리막 경사 구간에서 오르막 경사를 보기 때문에 과도한 오르막 경사가 있는 것처럼 착각을 일으키며, 또한 내리막 경사를 주행하고 있는 운전자는 내리막 경사 구간 중에 있다는 것을 인지하지 못하고 과도한 속도로 주행하게 되는 경향을 보인다. 또한, 흙쌓기부에 반지름이 작은 평면곡선이 설치된 오목형 종단곡선구간에서는 착시로 인하여 내리막 경사를 오르막 경사로 착각하는 일이 종종 일어난다.

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

볼록형의 경우, 이러한 구간을 주행하는 자동차의 운전자는 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 시선 유도상의 문제는 없으므로 부득이 이러한 조합이 이루어질 경우 노면 배수에 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 반드시 피해야 한다.

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 패어서 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 설치하는 것이 바람직하다.