

제 4 편 출입시설





5. 연결로의 기하구조와 선형 설계

5.1 연결로 설계의 기본

5.1.1 개요

연결로란 본선과 본선 또는 본선과 접속도로 간을 이어주는 도로를 말하며, 일반적으로 연결로에는 변속차로가 접속되어 있다.

연결로의 선형은 인터체인지의 성격, 지형 및 지역을 감안하고, 연결로 상의 주행속도의 변화에 적응하며, 연속적으로 안전한 주행이 확보되도록 설계해야 한다.

연결로의 선형은 일반적으로 인터체인지의 형식과 규모에 따라 정해진다. 그러므로 연결로의 선형 설계는 우선 인터체인지의 성격(교차하는 도로의 규격, 교통량, 차종 구성, 교통운용의 조건), 지형 및 지역에 따른 적당한 인터체인지 형식과 규모를 선정하는 것이 가장 중요하다.

5.1.2 유출입 유형의 일관성

한 노선 내에 일련(一連)의 입체교차가 설계되는 경우에는 각각의 입체교차는 물론 이들의 입체교차를 연계하여 유출입 유형의 일관성이 확보되도록 설계해야 한다.

연계되는 입체교차시설은 일관성을 가지도록 설계해야 한다. 특히, 유출 연결로가 구조물의 앞이나 뒤에 놓여서 보이지 않거나 좌측과 우측에 유출입 연결로가 설치되지 않도록 설계한다.

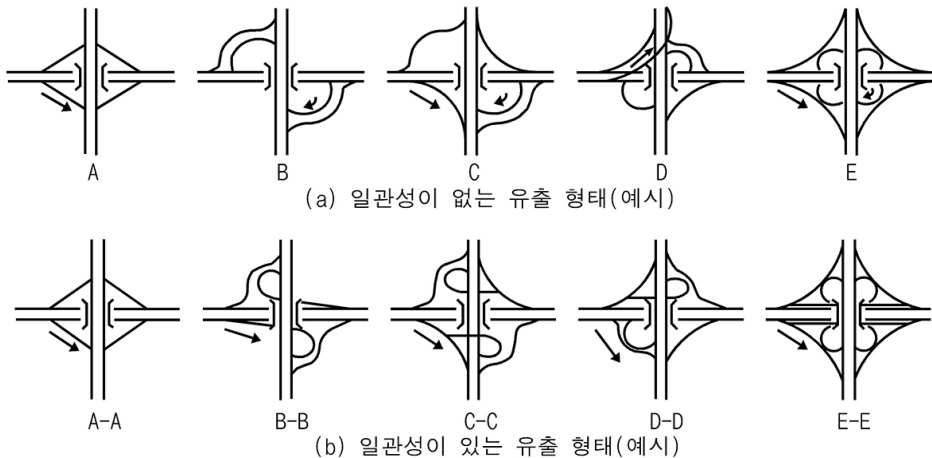
좌측에 유입부가 있는 경우에는 유입 교통류와 우측의 고속 교통류와의 합류에 문제를 초래한다. 또한, 유출의 경우에도 우측으로 유출하도록 해야 운전자의 혼란과 본선의 엇갈림을 피할 수 있다.

유출입 유형의 일관성은 운전자의 주행 행태를 단순하고 용이하게 해 주어 다음과 같은 장

점을 갖게 된다.

- ① 차로 변경을 줄인다.
- ② 도로안내표지를 단순하게 한다.
- ③ 직진 교통류와의 마찰을 줄인다.
- ④ 운전자의 혼란을 줄인다.
- ⑤ 운전자의 정보 탐색 필요성을 줄인다.

아래 그림 (a)는 유출 유형에 일관성이 없다. 즉, 지점 A에서는 구조물 전에 유출부가 있고 지점 B, C, E에서는 구조물 후 유출부가 있다. 또한, 지점 A, B, C, E에서는 우측 유출로 설계되었으나 지점 D에서는 좌측 유출로 되어 있다. 반면에 (b)는 유출 유형에 일관성이 있도록 설계된 것이다. 즉, 모든 유출이 구조물 전방과 우측에서 이루어지도록 하였고, 이를 위해 2점 분기보다 1점 분기(one point diversion)인 형태의 집산로를 도입한 것에 주목할 필요가 있다.



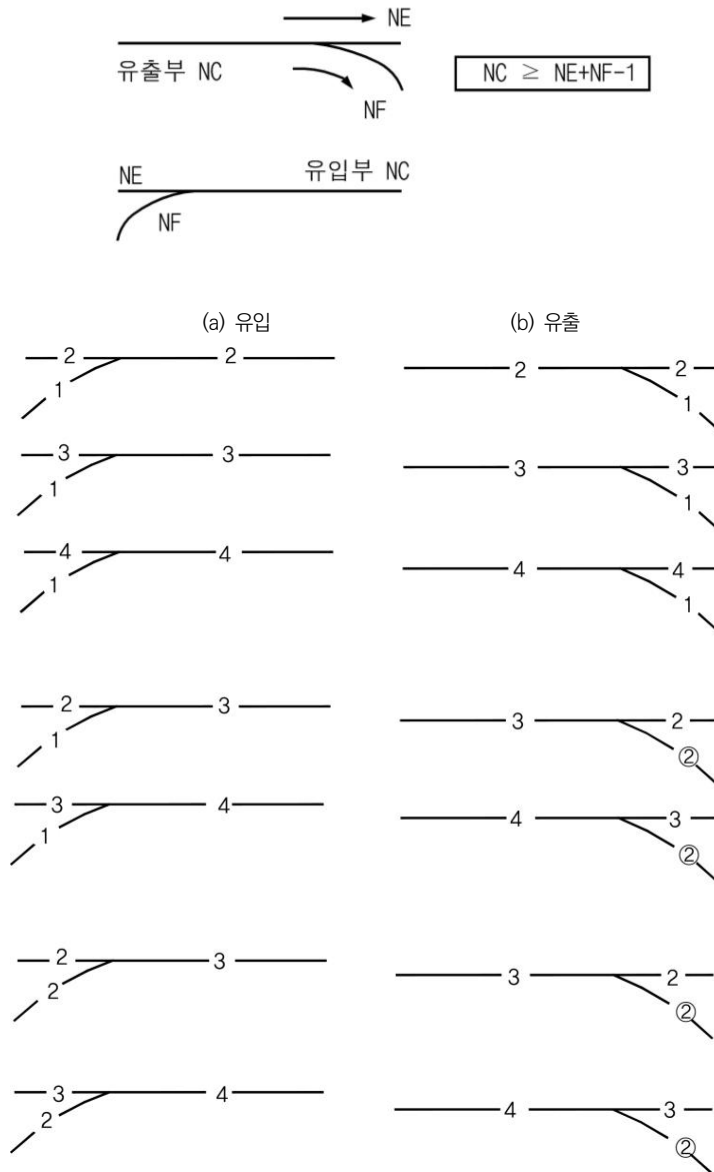
5.1.3 기본 차로수와 차로수의 균형

고속국도에서는 도로의 일관성과 기능을 유지하기 위해 기본 차로수(basic number of lanes)가 제 공되어야 한다.

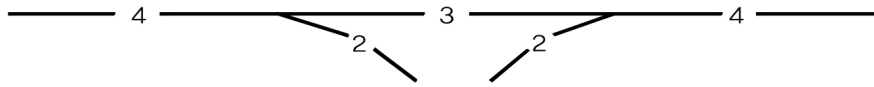
기본 차로수가 정해진 후에는 해당 도로와 연결로 사이에 차로수가 균형을 이루어야 한다.

기본 차로수란 교통량의 많고 적음에 관계없이 도로의 상당한 거리에 걸쳐 유지되어야 할

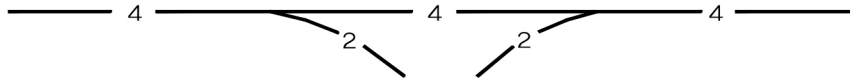
최소 차로수를 말한다. 기본 차로수는 설계교통량과 도로용량 및 설계서비스수준의 설정에 따라 정해진다(「제2편 도로 계획」 3.4 차로수 결정 참조). 부가차로는 기본 차로수에 포함되지 않는다.



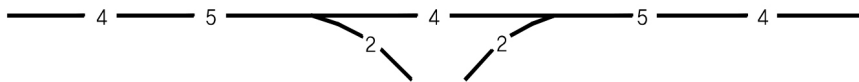
〈그림 5.1〉 차로수의 균형 원칙



(가) 기본 차로수 원칙에 위배되고, 차로수의 균형이 적절한 경우



(나) 기본 차로수 원칙은 지켜지고, 차로수의 균형이 부적절한 경우



(다) 기본 차로수 원칙과 차로수 균형이 모두 지켜진 경우

〈그림 5.2〉 기본 차로수와 차로수 균형 원칙의 조화

기본 차로수가 정해진 후에는 해당 도로와 연결로 사이에 차로수의 균형이 이루어져야 한다. 차로수 균형의 기본 원칙은 다음과 같다.

- ① 차로의 증감은 방향별로 한 번에 한 개 차로만 증감해야 한다.
- ② 도로가 합류될 때에는 합류 후의 차로수가 합류 전의 차로수의 합과 같아야 한다.
- ③ 도로가 분류될 때에는 분류 후의 차로수의 합이 분류 전의 차로수보다 한 개 차로가 많아야 한다. 다만, 지형 상황 등으로 부득이하다고 인정되는 경우에는 분류 전후의 차로수는 같게 할 수 있다.

이것은 엇갈림 구간에서는 엇갈림에 필요한 차로 변경 수를 최소화하고, 연결로 유출입부에서는 균형 있는 차로 제공을 통해 구조적인 용량 감소 요인을 제거하기 위한 설계 개념이다. 특정 구간의 서비스수준이 유출입 교통량의 많고 적음에 따라 설계서비스수준보다 떨어질 수 있고, 이러한 경우에는 계획된 기본 차로수에 추가로 차로를 설치해야 한다. 입체교차시설의 유출입 연결로나 엇갈림 구간 설계에서 차로수 균형 개념을 적용하지 않을 경우 이 구간의 운행 특성상 다른 구간보다 많은 혼란을 발생시켜 상시적인 병목구간이 될 수 있으므로 유의해야 한다.

5.2 연결로의 설계속도

연결로의 설계속도는 서로 접속하는 두 도로의 설계속도와 소재 지역에 따라 규정된다.

연결로의 설계속도는 서로 접속하는 두 도로의 설계속도와 소재 지역에 따라 규정되며, 교통량, 차종 구성, 지형, 지역, 연결로 상의 자동차 주행속도의 변화 및 교통의 운영조건을 고려하여 표 5.1에서 정한 범위 내에서 적절하게 선택한다.

루프 연결로의 경우 이 표에서 제시된 연결로 설계속도에서 10 km/h를 낮춘 값을 적용할 수 있다. 이 표에서 상급 도로라 함은 교차 또는 접속되는 두 도로 중 설계속도가 높은 도로를 말하며, 설계속도가 같은 경우 교통량이 많은 도로를 상급 도로로 간주한다.

연결로의 설계속도는 장소의 제약이나 비용 등의 관계로 낮게 선택할 수밖에 없는 경우가 많다. 또, 여건상 어느 정도 낮은 설계속도도 허용할 수 있다. 이는 인터체인지 또는 분기점에서 방향을 바꾸려는 운전자는 연결로의 선형에 따라 자연스럽게 변속하기 때문이다.

연결로의 설계속도를 결정할 때에는 연결되는 도로 상호의 설계속도뿐만 아니라 교통량, 차종 구성, 지형, 지역 및 연결로 상의 주행속도 변화를 고려해야 한다. 특히, 유출 연결로의 경우에는 유출부의 속도 규제 상황 등을 고려하여 표 5.1에 규정한 범위 내에서 적절하게 선정해야 한다. 예를 들면, 교통량이 많은 연결로의 설계속도는 50 km/h 또는 60 km/h로 하는 것이 바람직하고, 산지 등의 교통량이 적은 연결로의 설계속도는 30 km/h로 할 수 있다. 표 5.1을 적용할 때의 주의사항은 다음과 같다.

- ① 분기점에 설치되는 연결로의 경우 이용 교통량이 많을 것으로 예상되는 연결로는 본선의 설계 기준을 적용하여 설계한다.
- ② 본선의 분류단 부근에는 보통 주행속도의 변화가 있으므로 속도 변화에 적합한 완화구간을 설치하여 운전자가 주행속도를 자연스럽게 바꿀 수 있도록 한다.
- ③ 연결로의 실제 주행속도는 선형에 따라 변화하므로 편경사 등의 기하구조를 설계할 때는 실제 주행속도를 고려할 필요가 있다.
- ④ 하급 도로의 연결로 설계속도가 60 km/h 이하인 루프 연결로일 경우 최소값으로 30 km/h를 채택할 수 있다.

〈표 5.1〉 연결로의 설계속도

(단위 : km/h)

상급 도로의 설계속도 하급 도로의 설계속도	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50 이하
140	80~60									
130	80~60	80~60								
120	80~60	80~60	80~50							
110	80~60	80~60	80~50	80~50						
100	80~60	80~60	70~50	70~50	70~50					
90	80~60	80~60	70~50	70~40	70~40	70~40				
80	70~50	70~50	70~40	70~40	60~40	60~40	60~40			
70	70~50	70~50	70~40	60~40	60~40	60~40	60~40	60~40		
60	60~50	60~50	60~40	60~40	60~40	60~40	60~30	50~30	50~30	
50 이하	60~50	60~50	60~40	60~40	60~40	60~40	60~30	50~30	50~30	40~30

고속국도에 설치되는 입체교차시설의 연결로 설계속도는 다음 기준에 따라 설계하고 있으며, 이를 표로 나타낸 것이 표 5.2이다.

〈표 5.2〉 연결로의 설계속도 적용 예

(단위 : km/h)

구 분	직결 연결로	루프 연결로
인 터 체 인 지	50	40
분 기 점	60	40

단, 우직결 연결로의 설계속도는 가능한 높은 설계속도를 적용하는 것이 차량의 주행 및 안전측면에 유리하다(예시, 50 km/h ⇒ 60 km/h).

분기점에서 교통량이 적은 방향에 루프 연결로를 사용할 수 있으나 연결로에 50 km/h 이상의 설계속도를 적용하려면 넓은 용지가 필요하고, 추가 주행거리가 생기므로 교통 경제적인 측면에서 비경제적이다.

그러므로 동일 인터체인지 내에서 루프 연결로만은 설계속도를 40 km/h까지 줄일 수 있다.

분기점의 연결로 설계속도는 입체교차 형식과 밀접한 관계가 있다. 즉, 예상하는 입체교차

형식에 따라 연결로 별로 설계속도가 개략적으로 결정되며, 반대로 연결로의 중요도에 따라 필요로 하는 설계속도가 정해져서 이에 대응하는 입체교차 형식이 결정된다. 이 때문에 분기점의 경우에는 연결로의 설계속도와 입체교차 형식이 병행 검토되어 결정되어야 한다.

세 갈래 교차 형식으로는 직결 또는 준직결의 Y형으로 선정하는 경우가 많고, 네 갈래 교차 형식으로는 일반적으로 클로버형 및 그 변형으로 선정하는 경우가 많다. 이 경우에는 선형 설계상 연결로를 설계속도의 하한값에 가까운 속도로 설계할 경우가 있다. 단, 이 경우에도 우회전 연결로의 설계속도로 비교적 높은 값을 선정할 수 있다. 특별한 경우로서 분기점이 영업소를 중간에 두고 접속되는 것과 같은 곳에서는 영업소에서 일단 정지를 고려하여 오히려 일반적인 인터체인지에서와 같이 모든 연결로의 설계속도를 40 km/h 정도로 설계할 수도 있다. 인터체인지의 규격을 결정할 때 먼저 고려해야 할 요소는 본선의 설계속도 및 설계서비스수준이다. 본선의 설계속도가 높고, 설계서비스수준도 높은 구간은 선형, 도로 구조, 시설 등의 각종 요소를 높은 수준으로 설계하여 고속국도 등 주간선도로 이용자에게 높은 안전성과 쾌적성을 제공해야 한다. 따라서, 이와 같은 구간에 설치되는 인터체인지는 그 균형상 높은 규격의 것이어야 한다. 이와는 반대로, 본선의 설계속도가 낮고 설계서비스수준도 낮은 구간에서는 인터체인지도 본선의 도로 구조, 시설 등의 수준에 맞추어 비교적 낮은 규격의 것으로 하는 것도 허용될 수 있다.

한편, 인터체인지의 규격을 결정하는 또 하나의 요소로서, 많은 교통량을 처리하는 인터체인지의 경우 그로 인해 얻을 수 있는 안전성과 쾌적성으로 편익이 증가될 경우에는 고규격을 적용할 수 있다.

국지적인 교통만 통행하는 인터체인지는 설계 수준을 약간 낮게 잡아서 설계해도 무리가 없다. 이것은 해당 인터체인지를 이용하는 이용자가 인터체인지를 이용하는 횟수가 많아질수록 도로 여건에 익숙해져서 교통안전상 큰 문제가 없기 때문이다.

5.3 연결로 규격 기준과 횡단 구성

5.3.1 연결로 규격 기준

- (1) 연결로는 A~E기준의 다섯 가지로 구분된다.
 (2) 연결로의 규격은 상급 도로의 설계속도에 따라 다음과 같이 적용한다.

〈표 5.3〉 연결로 기준의 적용

상급 도로의 설계속도 (킬로미터/시간)		적용되는 연결로의 기준
100 이상	지방지역	A기준 또는 B기준
	도시지역	B기준 또는 C기준
100 미만		B기준 또는 C기준
소형차도로		D기준 또는 E기준

- (3) 연결로의 형식은 오른쪽 진출입을 원칙으로 한다. 이 경우 진출입의 연속성 및 일관성이 유지되도록 해야 한다.

(1) 연결로의 기준

연결로는 다음과 같이 다섯 가지 기준으로 구분된다.

- ① A기준 연결로 : 길어깨에 대형자동차가 정차한 경우 세미트레일러가 통과할 수 있는 기준
- ② B기준 연결로 : 길어깨에 소형자동차가 정차한 경우 세미트레일러가 통과할 수 있는 기준
- ③ C기준 연결로 : 길어깨에 정차한 자동차가 없을 때 세미트레일러가 통과할 수 있는 기준
- ④ D기준 연결로 : 길어깨에 소형자동차가 정차했을 때 소형자동차가 통과할 수 있는 기준
- ⑤ E기준 연결로 : 길어깨에 정차한 자동차가 없을 때 소형자동차가 통과할 수 있는 기준

(2) 연결로 기준의 적용

연결로 기준의 적용은 교차 접속하는 도로 중 상급 도로의 구분에 따라 정한다.

- ① 상급 도로가 고속국도인 경우에는 표준으로 A기준 연결로를 사용하고, B기준 연결로는 이용 교통량이 비교적 적은 경우에 적용할 수 있다. C기준 연결로는 이용 교통량이 아주 적고 대형자동차의 출입이 거의 없는 인터체인지에서 하급 도로측 연결로에 적용된다.
- ② 상급 도로가 도시지역 고속국도인 경우 일반적으로 연결로가 구조물로 설치되는 경우가 많고, 통행하는 자동차가 대부분 승용자동차이며, 용지 확보가 어렵다는 점 등을 감안하

여 C기준 연결로를 적용할 수 있다. 단, 도시지역 및 그 주변이라 하더라도 지방의 간선도로 성격이 짙고, 대형자동차의 이용이 많을 것으로 예상되는 출입시설의 연결로는 A기준 연결로를 사용하도록 한다.

- ③ 상급 도로가 고속국도를 제외한 그 밖의 도로인 경우에는 고속국도에 비해 일반적으로 본선의 설계속도가 낮으므로 B기준 연결로를 표준으로 사용하도록 한다. C기준 연결로의 적용은 고속국도의 경우와 마찬가지로 이용 교통량이 적고, 대형자동차 교통량이 거의 없는 출입시설의 연결로로 이용한다.
- ④ 소형차도로인 경우에는 도로의 성격에 따라 D, E기준 연결로를 사용하도록 한다.

5.3.2 연결로의 횡단 구성

- (1) 연결로의 횡단면은 차로와 길어깨로 구성되며, 양방향 통행 연결로에는 중앙분리대를 설치한다.
(2) 연결로의 중앙분리대 폭과 차로 및 길어깨 최소 폭은 표 5.4와 같다.

〈표 5.4〉 연결로의 규격과 폭

연결로 기준	횡단면 구성 요소	최소 차로폭 (미터)	길어깨의 최소 폭(미터)				중앙분리대 최소 폭 (미터)	
			한쪽 방향 1차로		한쪽 방향 2차로	양방향 다차로		가속 · 감속 차로
			오른쪽	왼쪽	오른쪽 · 왼쪽	오른쪽		오른쪽
A기준		3.50	2.50	1.50	1.50	2.50	1.50	2.50(2.00)
B기준		3.25	1.50	0.75	0.75	0.75	1.00	2.00(1.50)
C기준		3.25	1.00	0.75	0.50	0.50	1.00	1.50(1.00)
D기준		3.25	1.25	0.50	0.50	0.50	1.00	1.50(1.00)
E기준		3.00	0.75	0.50	0.50	0.50	0.75	1.50(1.00)

주) ()내의 값은 터널 등의 구조물 설치 시 부득이한 경우

(1) 개요

연결로의 횡단면 구성을 결정할 때에는 본선의 설계속도, 본선의 횡단면 구성, 연결로의 교통운용 방법, 이용 교통량과 차종 구성, 실제 주행속도, 곡선부의 확폭, 그리고 지형적 조건 등을 고려해야 한다.

연결로는 일반적으로 방향이 분리된 한쪽 방향 1차로가 원칙이며, 이러한 연결로는 고장난 차가 주차할 수 있도록 도로 우측에 주차가 가능한 길어깨폭을 확보해야 한다. 한쪽 방향 2차

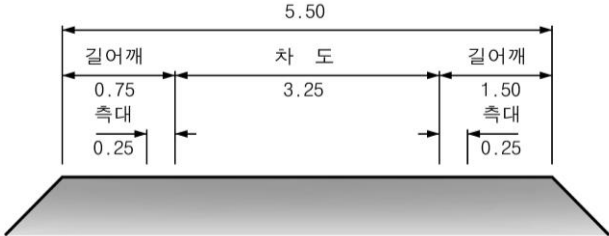
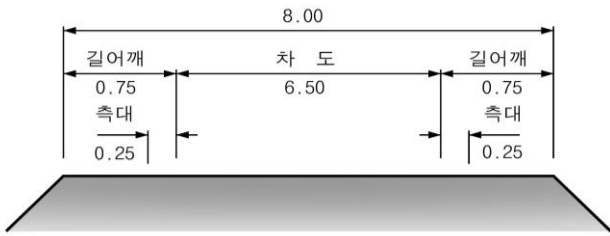
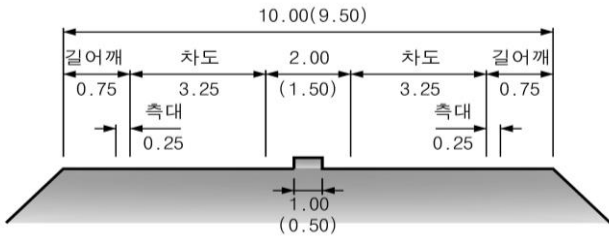
로 연결로는 1차로로 교통량을 모두 처리할 수 없을 때 적용하는 것으로, 반드시 주차가 가능한 폭의 길어깨를 설치할 필요는 없다. 한쪽 방향 1차로의 A기준 연결로의 우측 길어깨폭에 대해서 축소 규정을 두고 있는데 이것은 비교적 길이가 긴 터널과 구조물 등이 설치되는 구간에 적용되는 규정으로 공사비의 절감을 위해 규정한 것이다.

트레일러 등의 대형자동차들이 연결로의 폭을 유효하게 이용하여 회전할 수 있도록 길어깨도 동일한 포장 구조로 해야 한다. 특히, 루프 연결로의 경우 운전자가 심리적으로 안전하다고 느끼는 평면곡선 내측의 길어깨로 주행하려는 경향이 있으므로 차로와 동일한 포장구조로 한다.

(2) 연결로의 횡단면 구성

한쪽 방향 1차로	
한쪽 방향 2차로 양방향 비분리 2차로	
양방향 분리 2차로	

〈그림 5.3〉 A기준 연결로의 횡단면 구성(예시, 단위 : m)

한쪽 방향 1차로	 5.50 길어깨 차 도 길어깨 0.75 3.25 1.50 측대 측대 0.25 0.25
한쪽 방향 2차로 양방향 비분리 2차로	 8.00 길어깨 차 도 길어깨 0.75 6.50 0.75 측대 측대 0.25 0.25
양방향 분리 2차로	 10.00(9.50) 길어깨 차도 2.00 차도 길어깨 0.75 3.25 (1.50) 3.25 0.75 측대 측대 측대 0.25 0.25 0.25 1.00 (0.50)

〈그림 5.4〉 B기준 연결로의 횡단면 구성(예시, 단위 : m)

한쪽 방향 1차로	
한쪽 방향 2차로	
양방향 2차로	
양방향 분리 2차로	

〈그림 5.5〉 C기준 연결로의 횡단면 구성(예시, 단위 : m)

한쪽 방향 1차로	
한쪽 방향 2차로	
양방향 2차로	
양방향 분리 2차로	

〈그림 5.6〉 D기준 연결로의 횡단면 구성(예시, 단위 : m)

한쪽 방향 1차로	
한쪽 방향 2차로	
양방향 2차로	
양방향 분리 2차로	

〈그림 5.7〉 E기준 연결로의 횡단면 구성(예시, 단위 : m)

(3) 적용 시 주의 사항

연결로의 횡단면 설계 시에 주의해야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 도시지역 고속국도에서 A기준 연결로를 적용할 경우 차로폭을 3.25 m로 할 수 있다.
- ② 연결로의 중앙분리대 폭은 표 5.4에서 제시한 표준 폭을 원칙으로 하고, 구조물 등 공사비가 많이 소요되는 특별한 경우에 한해 최소 폭을 적용한다. 중앙분리대에 설치되는 분리대는 원칙적으로 차로면보다 높은 구조로 한다.

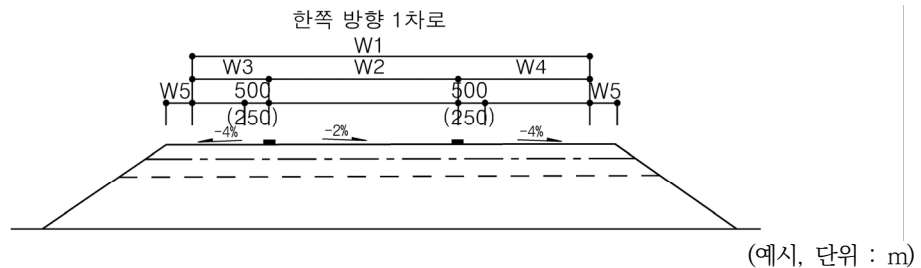
③ 터널, 구조물 등 공사비에 큰 영향을 미치는 구간에서 한쪽 방향 1차로의 A기준 연결로를 설치할 경우 우측 길어깨의 폭을 1.50 m 까지 줄일 수 있다.

이 경우 연결로의 길어깨는 차로와 같은 포장을 한다.

④ 중앙분리대와 길어깨 간의 측대 폭은 A기준 연결로에는 0.50 m, B기준과 C, D, E기준 연결로에는 0.25 m로 한다.

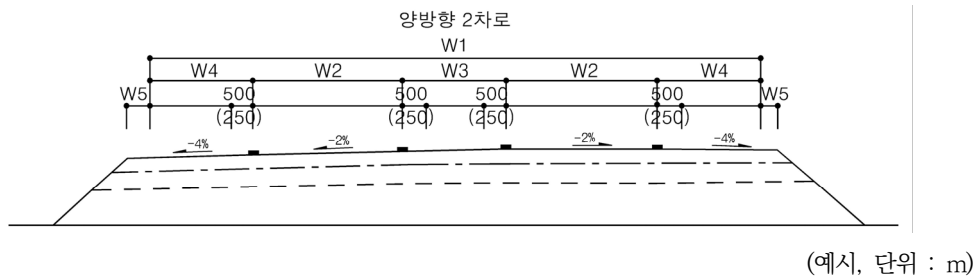
⑤ 분기점에서 연결로의 폭은 본선의 폭과 같이 설계해야 하고, 교통상황에 따라서 A기준 연결로를 적용할 수 있다.

(4) 고속국도 인터체인지 연결로의 횡단면 구성



차 로 수	W1	W2	W3	W4	W5
한쪽 방향 1차로	7.6 (6.5)	3.6 (3.5)	1.5 (1.5)	2.5 (1.5)	0.5
한쪽 방향 2차로	10.2 (10.0)	2 @ 3.6 = 7.2 (2 @ 3.5 = 7.0)	1.5 (1.5)	1.5 (1.5)	0.5

주) () : 도시지역 고속국도

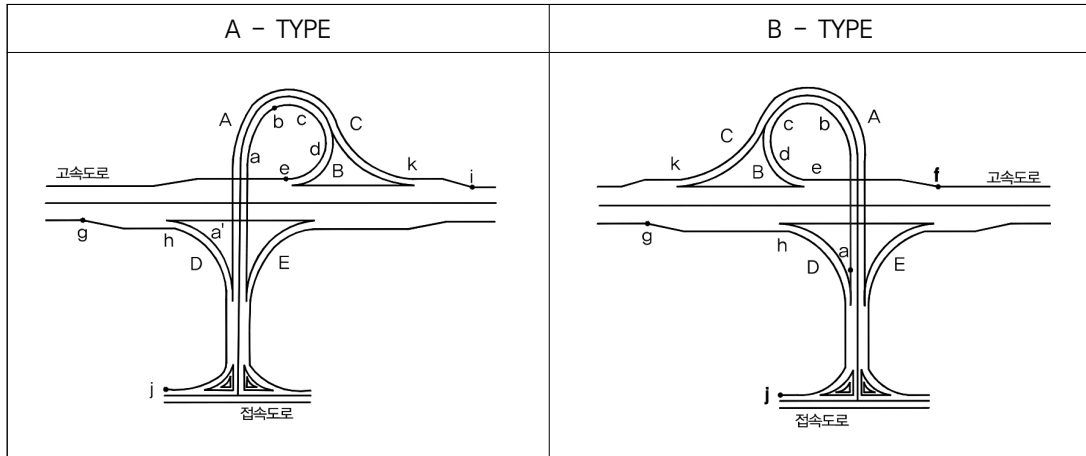


차 로 수	W1	W2	W3	W4	W5
양방향 2차로	14.7 (13.0)	3.6 (3.5)	2.5 (2.0)	2.5 (2.0)	0.5
양방향 4차로	21.9 (20.0)	2 @ 3.6 = 7.2 (2 @ 3.5 = 7.0)	2.5 (2.0)	2.5 (2.0)	0.5
양방향 6차로	29.1 (27.0)	3 @ 3.6 = 10.8 (3 @ 3.5 = 10.5)	2.5 (2.0)	2.5 (2.0)	0.5

주) () : 도시지역 고속국도

〈그림 5.8〉 고속국도 연결로의 횡단면 구성

(5) 고속국도 I.C 연결로 길어깨의 본선 포장 두께 적용



〈표 5.5〉 연결로의 본선 포장 두께 적용 기준

구 분	A - TYPE	구 분	B - TYPE
진출 D-RAMP	• 감속차로 Taper(g)에서 A-RAMP(j) 까지 적용	진출 D-RAMP	• 감속차로 Taper(g)에서 B-RAMP(j) 까지 적용
진출 C-RAMP	• 감속차로 Taper(i)에서 D-RAMP와의 합류점(a') 까지 적용	진출 B-RAMP	• 감속차로 Taper(f)에서 A-RAMP의 Nose(a) 까지 적용
진입 B-RAMP	• $R < 100$ m의 접속 완화구간 시점 (b)에서 종점(e)까지 적용		

- ① 루프 연결로의 경우 $R < 100$ m의 원곡선 구간과 접속되는 완화곡선 구간의 길어깨 파손 및 침하 방지
- ② 후불제 시행으로 영업소 진출 차량 정체로 인해 차량의 연결로 길어깨 주행에 따른 파손 및 침하 방지
- ③ 고속국도와 접속하는 접속도로에서의 신호 대기 등에 따라 진출 차량 정체로 인해 차량의 연결로 길어깨 주행에 따른 파손 및 침하 방지
- ④ 진출로에서의 차량 정체로 인해 본선의 서비스수준 저하와 교통안전 사고 방지

(6) 장래 확장을 고려한 길어깨 폭원 적용

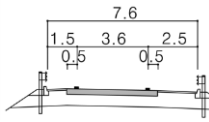
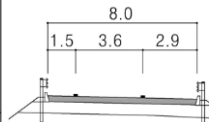
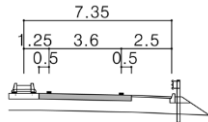
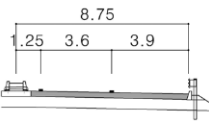
연결로의 계획교통량이 연결로 용량의 60% 이상인 나들목 유출 연결로 및 분기점 연결로는 장래 2차로 운영에 대비해 길어깨 확폭 및 길어깨 보강을 시행한다.

〈표 5.6〉 연결로 설계속도별 길어깨 보강을 위한 교통량

설계속도	40 km/h	50 km/h	60 km/h
연결로 용량	1,600pcph	1,700pcph	1,800pcph
확폭 및 보강 기준	960pcph	1,020pcph	1,080pcph

표 5.6에 해당하는 나들목 유출 연결로 중에 시가화된 도시지역 내에 위치한 경우에는 유출 부 본선 2 km 구간의 길어깨를 보강하는 방안을 고려한다.

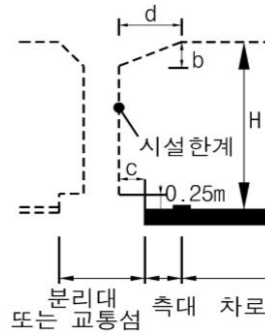
평면곡선반지름 100 m 미만인 유입 루프 연결로의 경우에는 내측 길어깨 구간도 보강한다. 이때 주행차로 폭은 화물차량이 본선에서 유출 후 영업소까지 차로 변경 없이 1차로로 주행을 선호하는 것을 감안하여 전차로 3.5 m 적용하고, 길어깨 폭원은 1차로 운영 시 A기준을 적용하여 2.9 m 적용 후 향후 2차로 운영 시에는 C기준인 0.5 m 적용하고, 길어깨 포장두께는 진출·진입로 2차로 확장을 감안하여 2차로 폭 7.0 m 이상 본선 포장을 하도록 한다.

구분	한쪽 방향 1차로		양방향 2차로	
	일반구간	확폭 및 보강	일반구간	확폭 및 보강
유출 연결로 (분기점포함)				

〈그림 5.9〉 확장을 고려한 길어깨 폭원 적용 방안

5.3.3 연결로의 시설한계

연결로의 시설한계는 본선의 시설한계 항목을 따르며, 차도 중앙에 분리대 또는 교통섬을 설치하는 경우는 다음에 따른다.



〈그림 5.10〉 연결로의 시설한계

그림 5.10 에서 H, b, c, d는 각각 다음의 값을 나타낸다.

H : 시설한계 높이

b : H(4m 미만인 경우 4m로 한다)에서 4m를 뺀 값. 다만, 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」 제18조제1항제2호 및 제3호인 경우에는 H(2.8m 미만인 경우에는 2.8m로 한다)에서 2.8m를 뺀 값.

c : 0.25 m

d : 분리대의 모서리 길이는 연결로의 구분에 따라 각각 다음 표의 값으로 하고, 교통섬의 경우 0.50 m로 한다.

구 분		d (단위 : m)
기 준	차 로 수	
A 기준	1 차로	1.00
	2 차로	0.75
B 기준	1 차로	0.75
	2 차로	0.75
C, D, E 기준	1 차로	0.50
	2 차로	0.50

5.4 연결로의 기하구조

연결로의 정지시거, 최소 평면곡선반지름, 확폭 및 최대 종단경사 기준 등 기하구조 기준은 「제3-1편 본선」에 따른다.

5.5 연결로의 평면선형

5.5.1 개요

연결로의 평면선형은 인터체인지의 중요도, 지형 및 지역의 조건을 감안하고, 연결로 상의 주행속도의 변화에 적응할 수 있으며, 연속적이고 안전한 주행이 확보되도록 설계한다.

연결로는 본선과는 달리 자동차가 일정한 속도로 주행할 수 없으며, 연결로와 본선의 접속부, 영업소 광장, 접속도로와 연결로의 접속부로 자동차가 진행함에 따라 속도가 변한다. 따라서, 이러한 속도 변화에 적응할 수 있는 선형으로 설계해야 한다. 특히, 유출 연결로에서는 높은 속도를 가진 자동차가 안전하게 유출될 수 있도록 설계해야 한다.

평면선형을 설계할 때 주의해야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 연결로에서의 원활한 속도 변화에 대응할 수 있도록 평면곡선반지름을 설정한다.
- ② 인터체인지의 각 연결로에 분포되는 교통량을 고려하여 평면선형을 설계한다(인터체인지의 방향성을 고려하여 교통량이 많은 연결로는 여유 있는 선형으로 설계를 한다).
- ③ 유출 연결로는 유입 연결로보다 주행속도가 큰 경향이 있으므로 유출측에 보다 여유 있는 선형을 설정한다.
- ④ 연결로 종점, 연결로 상호의 유출입부, 영업소 유출입부 등은 교통안전상 문제가 발생할 소지가 많은 곳이므로 운전자가 서로 식별할 수 있도록 선형을 설계한다.
- ⑤ 연결로 종점, 영업소 광장, 고속국도를 제외한 그 밖의 도로와의 접속부에서 횡단면 구성, 횡단경사, 선형 등이 원활하게 접속되도록 설계한다.

5.5.2 분기점 연결로의 평면곡선반지름

고속국도 분기점 연결로의 기하구조와 교통사고와의 관계를 분석한 결과 연결로의 사고율이 본선 보다 현저히 높아 주행 안전성 확보를 위해 분기점 연결로의 평면곡선반지름과 종단곡선 변화 비율 산정 시 운전자의 주행 특성을 반영하여 현행 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」에서 정한 기준값보다 크게 적용한다.

따라서 최소 평면곡선반지름 산정을 위한 주행속도 산정 시 운전자가 10% 정도 초과되는 속도로 운행한다는 가정 아래 표 5.7과 같이 적용한다.

〈표 5.7〉 분기점 연결로 설계속도에 따른 최소 평면곡선반지름

설계속도(km/h)	도로의 구조·시설기준에 관한 규칙, 해설			적용 방안		
	6%	7%	8%	6%	7%	8%
70	200	190	180	250	230	220
60	140	135	130	170	160	160
50	90	85	80	110	100	100
40	60	55	50	70	70	60

※ 불가피한 경우를 제외하고 가급적 상기 값 적용.

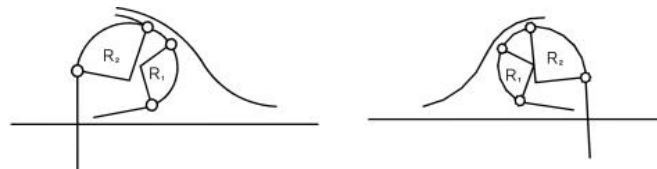
$$\text{최소 평면곡선반지름 산정식 } R = \frac{V^2}{127(i + f)}$$

V : 연결로에서의 실제 차량 주행 속도(연결로에서 이용 차량의 85백분위 속도는 설계속도의 5~20% 초과된 속도로 운행함을 고려하여 대표값인 10% 적용)

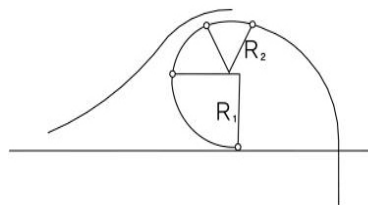
5.5.3 루프 연결로의 설계

인터체인지 형식 중에서 트럼펫형은 유로도로의 요금 징수에 적합해 비교적 많이 사용되므로 루프의 선형 설계를 할 때에는 다음 사항을 유의하여 검토하는 것으로 한다.

- (1) 유입 연결로에 루프를 사용할 때는 단원(單圓, 단순 원형)을 원칙으로 한다. 부득이한 경우에는 소원(R_1)과 대원(R_2)의 비가 1:1.5, 가능하면 1:1.2 이하로 한다.



(a) 일반적 형태



(b) 계란형

〈그림 5.11〉 대원과 소원의 관계

- (2) 유출 연결로에 루프를 사용할 때에는 대원(R_1)과 소원(R_2)의 비를 1:2.0 이하(계란형으로 원활한 형)로 하는 것을 원칙으로 한다[그림 5.11(b)].
- (3) 난형 설계 시 주의할 점은

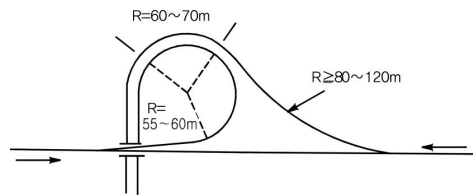
- (가) 큰 원이 작은 원을 완전히 내포하고 두 원은 동심원이 아닐 것
 (나) 두 원을 이어주는 완화곡선의 파라미터는 설계속도에 따라 주어진 값 이하가 아닐 것
 (다) 완화곡선 길이가 완화구간으로서 필요한 길이 이상일 것
 (라) 파라미터는 $\frac{R_2}{2} \leq A \leq R_2$ (R_2 : 작은 원의 곡선반지름) 범위 내로 들어갈 것 등이다.

원칙보다는 각각의 조건에 적합한 형식 선정과 선형설계를 하는 것이 무엇보다 중요하다.

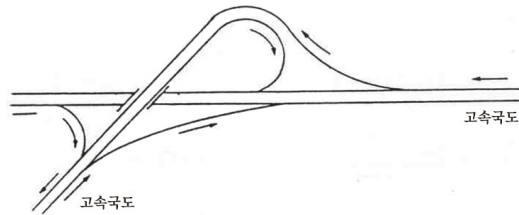
(1) 트럼펫 A형의 설계

트럼펫 A형에서 루프 연결로가 유입 측에 사용되지만 여기에 단순 원형을 사용하는 경우 전·후 구간과 갑작스런 속도 차이가 발생되어 사고의 원인이 될 수 있다.

따라서, 루프 연결로에 난형을 이용하면 유입·유출 모두 주행성이 좋은 선형을 얻을 수 있다.



〈그림 5.12〉 단순 원형의 A형 트럼펫의 대표적인 설계값(예시)



〈그림 5.13〉 고속국도 분기점에 트럼펫 A형 적용(예시)

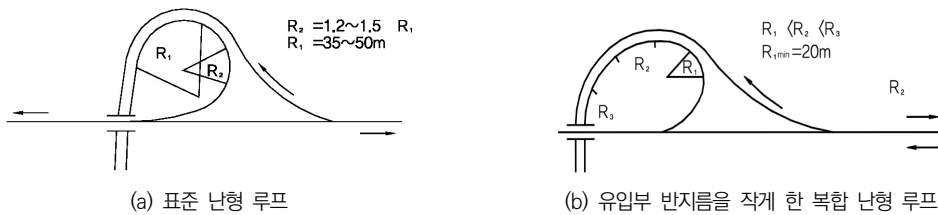
고속국도 상호 간 분기부에서 A형 트럼펫을 이용하면 분기 측으로부터 진입해 온 차량이 본선 합류부 가까이에서 갑자기 작은 평면곡선반지름을 만나기 때문에 교통안전상 불리하므로 사용하지 않는 것이 바람직하다(그림 5.13).

연결로에 높은 속도로 진입해도 안전하기 위해서는 루프의 평면곡선반지름이 큰 경우이거나 또는 평면곡선반지름이 작은 경우라도 그것에 도달하기 직전에 속도를 떨어뜨리게 만드는 설계를 해야 한다.

이점에 있어서, 앞의 단순 원형의 평면곡선반지름이 55 ~ 60 m일 경우 특별한 문제는 없다. 그러나 난형으로 할 경우 큰 원과 작은 원의 비가 2.0 이상이 되면 운전자가 유입부 직전에서의 감속을 기대하고 있지 않기 때문에 감속하기가 대단히 어렵게 된다.

유입부 루프에서 큰 원과 작은 원의 비는 1.2배에서 최대 1.5배로 하는 것이 바람직하다[그림 5.14(a)]. 표준적인 유입부 난형 루프 연결로에서 큰 원의 평면곡선반지름을 50 ~ 55 m로 한다면 작은 원의 평면곡선반지름은 35 m로 생각할 수 있다.

저비용 인터체인지 등으로 유입 루프의 최소 반지름을 한층 작게 할 필요가 있을 때는 큰 원에 들어가기 전에 또 하나의 작은 반지름을 삽입하여[그림 5.14(b)] 미리 속도를 떨어뜨리게 하는 방법이 필요하다. 이 경우는 R_2 와 R_3 의 값을 결정할 때 외접하는 유출 연결로의 반지름이 너무 작아지지 않도록 주의해야 한다.



〈그림 5.14〉 난형 루프 설계시 트럼펫 A형의 선형(예시)

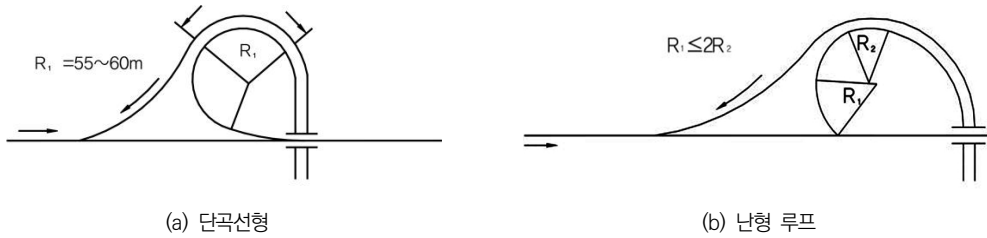
(2) 트럼펫 B형의 설계

루프 연결로를 유출 연결로에 사용하는 B형에서는 유출 노즈에서의 전이구간 설계가 가장 중요하다. 이 구간의 설계가 충분하다면 안전하고 주행성이 좋은 선형을 얻을 수 있다.

유입의 경우와 마찬가지로 루프 연결로의 최소 평면곡선반지름이 55 ~ 60 m 정도일 경우 루프 연결로를 단순 원형으로 하는 것은 문제가 없다[그림 5.15(a)].

그러나 유출부 루프 연결로의 최소 평면곡선반지름을 50 m 이하로 할 때는 난형으로 하는 편이 유리하며, 평면곡선반지름을 작게 하여 난형으로 하는 경우 작은 원과 큰 원(유출 연결로에서 소원의 뒤로 나타나는 대원)과의 평면곡선반지름의 비는 2배 정도로 계획한다. 또한, 유입 S형 연결로의 선형도 좋아진다[그림 5.15(b)].

본선의 유출단으로부터 최소 평면곡선반지름에 이르기까지 원활한 감속을 할 수 있도록 전이구간을 설치하는 것은 당연하지만 고속국도에서는 최소 40 m 이하의 평면곡선반지름은 유출부에 사용하지 않는 편이 안전하다.



〈그림 5.15〉 B형 트럼펫 선형

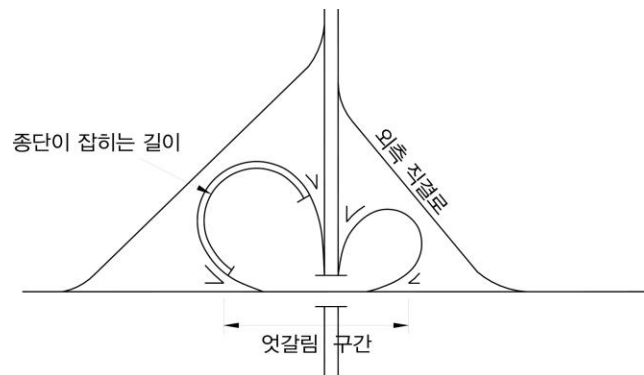
또 B형의 경우 연결로가 본선을 상부 통과(over pass)하여 상부(over) 육교로 인해 분기단이 잘 보이지 않는 경우가 있으므로 설계 시 주의해야 한다. 이를 해소하기 위해서는 육교의 연장을 길게(주로 3경간이 좋음)하거나 감속차로의 연장을 충분히 확보하는 것이 필요하다.

(3) 앞사귀형 루프 연결로의 설계

앞사귀형 루프 연결로는 일반적으로 클로버형 인터체인지에 사용되는 연결로로써 최소 평면 곡선반지름의 대소는 단순히 평면곡선뿐만 아니라 종단선형이나 그 밖의 면에서도 영향을 미친다.

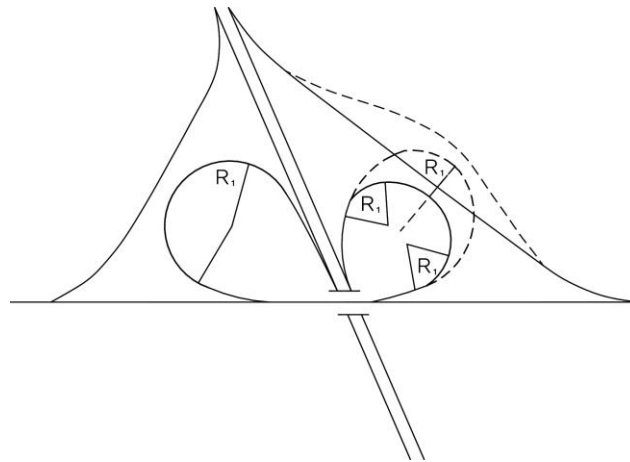
다음 그림 5.16에서 볼 수 있듯이 루프 연결로의 평면곡선반지름을 작게 하면 편입 면적이 작게 되고 주행거리가 짧아진다는 유리한 점이 있는 반면에, 접속하는 두 연결로 끝이 짧게 되어 종단경사가 급하게 인접한 루프가 있을 때에는 인접 엇갈림 길이가 짧게 되는 단점이 있다.

따라서, 앞사귀형 루프 연결로의 최소 평면곡선반지름 설계는 종단경사와 연결로 접속부 및 타 연결로와의 관계 등을 종합적으로 검토하여 결정해야 한다.



〈그림 5.16〉 앞사귀형 루프의 대소에 따른 상위

교차각이 사각일 때에는 협각 사분면에서는 단일원으로 설계하기가 쉽고 편입되는 면적도 작지만 광각 사분면에서는 같은 평면곡선반지름에 대해 편입 면적이 대단히 커진다. 따라서 노즈부에 접하는 부분의 평면곡선반지름을 작게 할 수 있는 타원형 루프를 검토한다 (그림 5.17).



〈그림 5.17〉 타원형과 난형 루프의 비교

5.6 연결로의 종단선형

5.6.1 개요

연결로의 종단선형은 입체교차시설의 특유한 요소에 따라 제약을 받기 때문에 입체교차시설의 특성을 잘 이해하여 안전하고 주행하기 쉬운 연결로가 되도록 설계해야 한다.
 연결로의 종단선형 기준은 '제3-1편 본선 기하구조, 6. 종단선형'에 따른다.

연결로의 종단선형을 설계할 때에는 다음과 같은 사항에 주의를 기울여야 한다.

- ① 종단선형은 가급적 연속된 것으로 하고, 선형의 급변은 피해야 한다.
- ② 종단곡선 변화 비율은 될 수 있는 대로 크고 여유가 있도록 한다. 특히, 본선으로부터 유출할 때 연결로 유입이 위험하지 않고, 지체 없이 이루어질 수 있도록 배려한다.
- ③ 유입부 부근의 종단선형은 본선의 종단선형과 상당한 구간을 병행시켜 본선 상의 시계를 얻을 수 있도록 배려한다.
- ④ 같은 형태의 종단곡선 사이에 짧은 직선구간을 설치하는 것은 피해야 한다. 이와 같은 경우는 두 종단곡선을 포함하는 큰 종단곡선을 설치하여 개량할 수 있다.
- ⑤ 종단선형은 항상 평면선형과 관련시켜 설계하고, 양자를 조합한 입체적인 선형이 양호해야 한다.
- ⑥ 변속차로와 본선과의 접속부분에서는 횡단 형상과 종단 형상과의 관련성을 중시하여 설계한다.
- ⑦ 영업소 부근의 종단곡선 변화 비율은 가급적 크게 하고, 완만한 종단곡선을 적용할 필요가 있다.

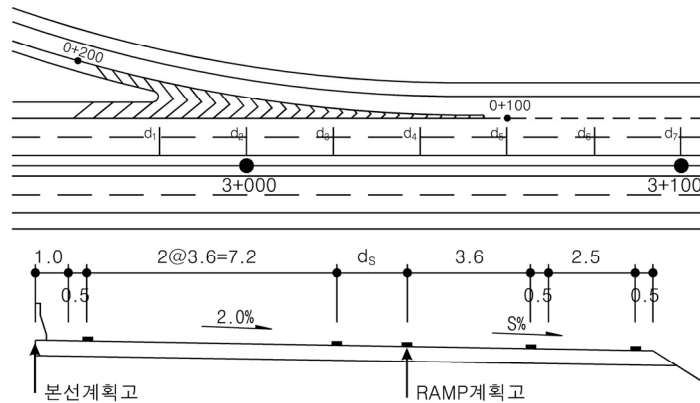
5.6.2 연결로 유·출입부의 종단선형

(1) 개요

연결로에서 편경사 및 종단선형 설계에 가장 혼란을 일으키고 있는 구간이 연결로의 노즈부이며, 분기점(갈매기차로 시점) 노즈 까지 본선 편경사를 적용할 경우 갈매기부가 통상 완화곡선으로 형성되므로 이격거리 $ds(d_1 \sim d_7)$ 가 일정한 비율로 증가하지 않아 연결로의 종단선형은 측점(20 m)마다 서로 다른 종단경사를 가지게 된다.

따라서, 분기점에서 노즈부까지 본선 편경사가 아닌 연결로 선형에 적합한 편경사로 설치하

고, 종단계획고 기준점은 분기점에서부터 편경사와 상관없이 본선 종단경사와 동일 경사로 설치하는 것이 기하구조 및 선형설계 측면에 유리하다.



〈그림 5.18〉 인터체인지 유·출입부 평면 및 횡단구성

(2) 편경사 설치

- ① 본선의 평면선형이 직선 또는 곡선 내측에 연결로의 유출입 연결로가 접속하는 경우
 - 분기점에서 노즈부까지 본선 편경사가 아닌 연결로 선형에 필요한 편경사를 적절한 접속설치율로 설치한다.
- ② 본선 곡선 외측에 연결로의 유출입 연결로가 접속하는 경우
 - 노즈부의 편경사 차이가 본선과 6% 이하가 되도록 분기점에서부터 접속 설치한다.

(3) 종단선형 계획

- ① 연결로 및 감속차로는 정해진 설계속도에 적합하도록 일정한 종단선형(직선 또는 종단곡선)을 유지해야 한다.
- ② 분기점에서 노즈 구간 사이 연결로의 종단선형은 본선과 동일한 종단선형으로 계획하고, 연결로 종단선형의 진행 방향(convex 또는 concave)에 따라 종단곡선 설치 위치를 변경하여 최적의 종단선형을 계획한다. 단, 갈매기차로 및 노즈부의 배수를 고려하여 차량 주행에 지장이 없도록 물고임 생기지 않도록 해야 한다.
 - convex : 노즈 부근에 종단곡선을 가능한 크게(변화 비율 20 m/% 이상) 설치하여 노즈부에서 본선 우측 측대 끝의 계획고보다 연결로 좌측 측대 끝의 계획고를 낮게 함으로써

노즈부의 우수가 연결로 좌·우측 길어깨측으로 신속히 배수될 수 있도록 계획한다.

- **ㅁ형** : 종단곡선을 노즈 이후에 설치함으로써 본선 우측 측대 끝의 계획고 보다 연결로 좌측 측대 끝의 계획고가 높아서 갈매기차로 및 노즈부에 물고임 현상을 방지하도록 한다.

5.6.3 분기점 연결로의 종단곡선

분기점 연결로의 종단곡선은 불가피한 경우를 제외하고 가능한 한 표 5.8을 적용한다.

〈표 5.8〉 분기점 연결로의 종단곡선 변화 비율

구 분		도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 해설				분기점 연결로 적용			
설계속도(km/h)		70	60	50	40	70	60	50	40
최소 종단곡선 변화 비율	블록곡선(m/%)	30	20	10	5	40(43)	30(27)	15(14)	7(7)
	오목곡선(m/%)	25	20	12	7	30(29)	20(21)	15(15)	9(9)

※ 불가피한 경우를 제외하고 가급적 상기 값 적용 ()는 계산치 임.

※ 종단곡선 변화 비율 산정식

$$\text{- 블록형 종단곡선 변화율 } K_r = \frac{D^2}{385}$$

$$\text{- 오목형 종단곡선 변화율 } K = \frac{D^2}{120 + 3.5D}$$

$$\text{※ } D(\text{정지시거}) = 0.694V + \frac{V^2}{254f}$$

V : 연결로에서의 실제 차량 주행 속도(연결로에서 이용 차량의 85백분위속도는 설계속도를 V=5~20% 초과된 속도로 운행하는 경우가 많으므로 대표값인 10% 초과된 속도로 적용)

5.7 연결로의 접속부(terminal) 설계

5.7.1 연결로 접속부를 설계할 때 주의사항

연결로 접속부를 설계할 때에는 자동차의 진로 변경과 변속이 안전하고 원활하게 이루어지도록 다음 사항에 유의해야 한다.

- ① 본선 선형과 변속차로 선형의 조화
- ② 연결로 접속부의 시인성 확보
- ③ 본선과 연결로 간의 투시성

(1) 개요

연결로 접속부(terminal)란 연결로가 본선과 접속하는 부분을 말하며, 변속차로, 변이구간(Taper), 본선과의 분·합류부 등을 총칭한다. 연결로 접속부에는 분류, 합류, 감속, 가속 등을 위한 복잡한 운전 동작이 이루어지므로 교통안전과 효율적인 운영이 유지되도록 많은 주의와 기울여야 한다.

(2) 유출 연결로 접속부

(가) 시인성

유출 연결로 접속부는 본선을 통행하는 운전자가 적어도 500 m 전방에서 변이구간 시작점을 시인(是認)할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 도로안전표지를 설치하여 이와 같은 효과를 얻을 수 있으나 본선의 선형이나 구조물로 가려져 연결로 접속부가 갑자기 운전자에게 나타나는 일이 없도록 위치 선정에 유의해야 한다.

(나) 감속차로

감속차로는 노면표시를 하여 명확하게 식별할 수 있도록 한다. 감속차로는 평행식이 바람직하나, 자동차의 주행 궤적의 원활한 처리가 가능한 경우는 직접식으로 할 수 있다. 따라서 감속차로의 형식은 본선의 선형, 교통조건 등을 감안해 결정해야 한다.

(다) 유출각

감속차로의 진로와 본선의 진로가 명확히 구별되게 하여 통과하는 자동차가 연결로를 본선으로 오인하여 진입하지 않도록 하고, 유출하려는 자동차가 자연스러운 궤적으로 유출

할 수 있는 유출각으로 설계한다. 이러한 조건을 만족시키는 유출각은 1/15~1/25 정도이다.

(라) 오프셋(offset)

본선과의 분류단에는 운전자의 착각으로 감속차로로 진입한 자동차가 원래의 차로로 되돌아가기 쉽게 본선의 차도단에서 오프셋을 설치하도록 한다.

(마) 분류단 부근의 평면곡선반지름

유출 연결로에 대한 조사 결과 운전자는 고속 주행의 속도 감각에서 벗어나지 못하고 높은 속도로 분류단까지 접근하는 경향이 있는 것으로 조사되었다. 따라서 분류단 부근에는 큰 평면곡선반지름을 설치하여 운전자의 심리적인 안정과 선형에 적합한 속도로 변속을 위한 여유 구간을 두는 것이 바람직하다.

(바) 분류 노즈

연석 등을 설치하여 분류 노즈를 도로의 다른 부분과 명확히 식별되고, 그 존재 위치가 쉽게 확인될 수 있도록 한다. 분류 노즈는 최종적인 분류 행동의 목표가 되고, 연결로의 속도 규제 표지판과 같이 감속차로에서 운전자가 연결로의 속도까지 감속할 때의 속도 조정의 목표가 된다. 분류 노즈는 진로를 잘못 알고 진입한 자동차가 충돌할 가능성이 많으므로 충돌할 때의 충격을 줄이기 위해 가급적 뒤로 물려서 설치하고, 시설물을 설치할 경우 쉽게 파괴될 수 있는 구조물을 설치한다.

(사) 분기점(junction)

분기점에는 감속차로로 정의되는 부분은 없고, 본선 차로가 직접 분리되는 모양을 이루고 있다. 따라서, 표지를 설치하여 자동차의 진로에 따라 각각의 차로로 유도하고, 분류단 부근에서 차로 변경을 하지 않아도 계획한다.

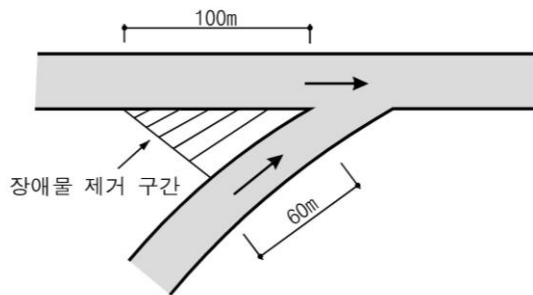
(3) 유입 연결로 접속부

유입 연결로의 접속부를 설계할 때에는 유출 연결로 설계 시의 주의사항에 유의하고, 다음과 같은 사항들을 추가로 고려해야 한다.

(가) 유입부에서의 유입각을 작게 하여 운전자가 자연스러운 궤적으로 본선에 유입할 수 있도록 해야 하며, 본선 또는 유입 연결로의 교통량이 많을 때는 가속차로의 길이를 길게

하는 것이 바람직하다.

- (나) 본선과 연결로 상호의 투시를 좋게 하기 위해 합류단의 직전에서 본선에서는 100 m, 연결로에서는 60 m는 상호 투시가 가능하도록 장애물을 제거한다(그림 5.19).
- (다) 연결로의 횡단경사와 본선의 횡단경사는 합류단의 훨씬 이전부터 일치시키는 것이 바람직하다.
- (라) 연결로의 합류단 앞쪽에 안전한 가속 합류부가 있다는 것을 운전자가 알 수 있도록 표지등을 설치한다.
- (마) 합류부는 긴 오르막 경사와 같이 속도가 떨어지는 구간 직전에 두지 않는 것이 바람직하다.
- (바) 연결로 합류단은 본선에 자연스럽게 유입시킬 수 있는 구조로 한다.



〈그림 5.19〉 유입 연결로 접속부에서의 시계 확보

- (사) 가속차로의 형식은 일반적으로 평행식이 바람직하나 본선에 비교적 작은 반지름의 평면곡선이 있는 경우 직접식으로 할 수 있다.

5.7.2 유출 연결로 노즈의 설계 기준

- (1) 유출 연결로의 노즈 끝에서의 평면곡선반지름은 본선 설계도에 따라 표 5.9의 값 이상으로 한다.

〈표 5.9〉 유출 연결로 노즈 끝에서의 최소 평면곡선반지름

본선 설계속도(km/h)	140	130	120	110	100	90	80	70	60
노즈 최소 평면곡선반지름(m)	280	270	250	230	200	185	170	140	110

- (2) 유출 연결로 노즈부 완화곡선 최소 길이는 본선의 설계속도에 따라 각각 표 5.10의 값 이상으로 한다.

〈표 5.10〉 유출 연결로 노즈부 최소 완화곡선 길이

본선 설계속도(km/h)	140	130	120	110	100	90	80	70	60
노즈 통과속도(km/h)	65	63	60	58	55	53	50	45	40
계산값(m)	54.2	52.5	50.0	48.3	45.8	44.2	41.7	37.5	33.3
규정값(m)	55	55	50	50	50	45	45	40	35

- (3) 노즈 부근의 연결로 종단곡선 변화 비율과 종단곡선의 길이는 본선의 설계속도에 따라 각각 표 5.11의 값 이상으로 한다.

〈표 5.11〉 유출 연결로 노즈 부근의 종단곡선

본선 설계속도(km/h)		140	130	120	110	100	90	80	70	60
최소 종단곡선 변화 비율(m/%)	볼록형	28	25	24	22	19	13	10	8	5
	오목형	22	21	20	19	17	14	12	10	7
최소 종단곡선 길이(m)		61	60	60	58	55	43	40	38	35

(1) 최소 평면곡선반지름

고속국도에서 관측한 자료에 따르면, 유출 노즈에서 유출 자동차의 평균 속도는 연결로의 설계속도보다 상당히 큰 것으로 조사되었다. 이는 본선 유출 연결로에서는 일반적으로 운전자는 본선에서의 고속 주행의 속도 감각에서 완전히 벗어나지 못하므로 유출 연결로에서는 갑자기 작은 평면곡선반지름의 원곡선이 나타나도록 설계하는 것은 바람직하지 않으며, 어느 정도의 완화 주행이 필요하다.

이와 같이 여유 있는 주행을 확보하는 데 필요한 유출 연결로의 노즈 끝에서의 최소 평면곡선반지름을 표 5.12와 같이 규정하고 있다. 이 값은 노즈 부근에서의 통과 속도를 표 5.12와 같이 가정하고, $i=2\%$, $f=0.10$ 로 가정해 구한 것이다.

연결로의 설계속도가 노즈에서의 통과 속도보다 큰 경우 노즈의 통과 속도는 연결로의 설계속도로 가정해 계산한다.

〈표 5.12〉 유출 노즈부근의 최소 평면곡선반지름

본선 설계속도 (km/h)	노즈 통과 속도 (km/h)	노즈부의 최소 반지름 계산값(m)	노즈부의 최소 평면곡선반지름(m)	감 속 도 (m/sec ²)
140	65	277	280	1.0
130	63	260	270	1.0
120	60	236	250	1.0
110	58	220	230	1.0
100	55	198	200	1.0
90	53	184	185	1.0
80	50	164	170	1.0
70	45	132	140	1.0
60	40	105	110	1.0

(2) 유출 노즈부 부근에서의 완화곡선

유출 연결로 접속부는 주행속도 감속과 연결로 원곡선 구간으로의 주행궤적 변경이 동시에 발생하는 구간이므로 주행안전성 향상을 위해 완화곡선을 다음과 같이 설치한다.

유출 연결로에서 노즈 이후 완화곡선을 설치할 경우 곡선반지름이 작은 원곡선으로서 원활한 주행을 확보하기 위해 노즈 통과속도로 3초 간 주행한 거리 완화곡선을 표 5.13의 값 이상으로 설치한다.

〈표 5.13〉 유출 연결로 노즈부 최소 완화곡선 길이

본선 설계속도(km/h)	140	130	120	110	100	90	80	70	60
노즈 통과속도(km/h)	65	63	60	58	55	53	50	45	40
계산값(m)	54.2	52.5	50.0	48.3	45.8	44.2	41.7	37.5	33.3
규정값(m)	55	55	50	50	50	45	45	40	35

완화곡선은 차선도색 노즈와 노즈 사이에서 시작되어야 하고, 선형 조건 등을 고려하여 부득이하게 차선도색 노즈 이전에서 완화곡선이 시작되는 경우 차선도색 노즈부터 완화곡선 시점까지의 길이만큼 감속차로를 연장할 수 있다.

(3) 종단곡선

노즈 부근의 연결로 종단곡선 변화 비율과 종단곡선의 길이는 본선의 설계속도에 따라 각각 표 5.14의 값 이상으로 한다.

그러나 노즈부의 평면선형은 주행성 확보를 위해 여유 있는 값을 적용하는 반면(노즈부 통과

속도 + 10 km/h로 주행 시 정지시거 확보 가능한 평면곡선반지름 적용), 종단선형은 여유 없는 기준값을 적용할 경우 정지시거의 단절 구간이 발생할 수 있으므로 평면선형과 종단선형의 불균형을 해소하기 위해 가급적 권장값을 적용하되, 지형, 지역 여건, 및 지장물 등으로 인해 권장값 적용이 어려운 경우에는 기준값 이상을 적용하고, 그루빙, 안전표지 등 안전시설을 충분히 보강해야 한다.

〈표 5.14〉 유출 연결로 노즈 부근의 종단곡선 길이

구 분		기준값			권장값				
본선 설계속도(km/h)		120	110	100	140	130	120	110	100
최소 종단곡선 변화 비율(m/%)	볼록형	15	13	10	28	25	24	22	19
	오목형	15	14	12	22	21	20	19	17
최소 종단곡선 길이(m)		50	48	45	61	60	60	58	55

5.7.3 연결로 접속단 간의 거리

근접한 인터체인지간 또는 인터체인지와 분기점 사이에서는 본선에서의 유출 연결로나 유입 연결로 또는 연결로 상호 간의 분류단이 근접하게 된다. 이 경우 연결로 분류단의 거리를 가깝게 설치하면 운전자가 진행해야 할 방향을 판단하는 시간이나 표지판 설치를 위한 최소 간격의 부족으로 혼란이 생겨서 잘못이 발생할 경우가 많아진다. 그러므로 안전하고 원활한 교통 흐름을 위해서는 연결로의 분기단을 적절하게 이격시켜 운전자에게 판단시간을 제공할 수 있도록 해야 한다.

(1) 개요

유입 연결로가 연속해서 본선에 접속할 때도 그 사이에 가속 합류를 위해 어느 정도의 이격거리가 필요하다. 또, 합류단의 직후에 분류단이 있는 경우에는 이들 접속부 사이에는 엇갈림을 처리하기 위한 거리가 필요하다. 이와 같이 연결로의 접속부 사이에는 운전자의 판단, 엇갈림, 가속, 감속 등에 필요한 거리가 확보되어야 한다.

(2) 연결로 접속단 간의 거리

접속단 간의 이격거리는 운전자가 표지 등을 시인하고 반응을 일으키는 데 필요한 시간을 2~4초, 자동차가 인접차로로 변경하는 데 소요되는 시간을 3~4초로, 이를 합한 5~8초를 근거(미국 AASHTO 설계기준과 동일)로 그림 5.20에 나타낸 값을 표준으로 하고 있다.

연결로 접속단 간의 이격거리는 다음 사항에 유의하여 구해야 한다.

유입-유입 또는 유출-유출		유출-유입		연결로 내		유입 - 유출 (엇갈림)			
						클로버형의 루프에는 적용 안 됨			
노즈에서 노즈까지의 최소 이격거리(m)									
주간선 도로	보조 간선, 집산 도로, 집산로	주간선 도로	보조 간선, 집산 도로, 집산로	설계속도 60 km/h 이상	설계속도 60 km/h 미만	분기점(JCT)		인터체인지(I.C)	
						주간선도로	보조간선 집산도로, 집산로	주간선도로	보조간선 집산도로, 집산로
300	240	150	120	240	180	600	480	480	300

〈그림 5.20〉 접속단 간의 최소 이격거리

(가) 본선의 유출이 연속되거나 유입이 연속되는 경우

이 경우에는 그림 5.20의 값을 취하는 외에 변속차로 길이 및 표지 간의 거리 등을 감안하여 안전한 통행을 위해 제일 긴 거리를 선택하여 그 거리를 이격거리로 결정한다.

(나) 유입의 앞쪽에 유출이 있는 경우 (유입-유출의 경우)

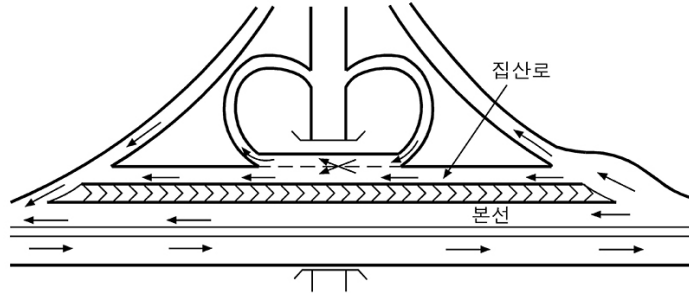
이 경우에는 그림 5.20의 값과 엇갈림에 필요한 길이(제2편 도로 계획 4.5.4 엇갈림 구간)를 참조하여 긴 쪽을 선택하여 거리를 결정한다.

엇갈림 교통량 및 본선 교통량이 많은 경우에는 그림 5.21과 같은 집산로를 설치하여 엇갈림 상충을 본선으로부터 집산로로 유도할 수 있다. 집산로란 그림 5.21과 같이 본선 차로와 분리하여 병행하게 설치된 차로를 말하며, 본선상의 분류단과 합류단 사이에 설치되고, 교통량을 분산·유도하는 기능을 갖는다.

일반적으로 다음과 같은 경우에는 집산로 설치를 검토할 수 있다.

- ① 통과차로의 교통량이 많아 분리할 필요가 있는 경우
- ② 유출분기 노즈가 인접하여 2개 이상 있는 경우
- ③ 유출입 분기 노즈가 인접하여 3개 이상 있는 경우
- ④ 필요한 엇갈림 길이를 확보할 수 없는 경우

⑤ 표지 등으로 정확히 유도할 수 없는 경우



〈그림 5.21〉 집산로를 설치한 입체교차(예시)

5.7.4 연결로 내에서의 분·합류 시 접속차로 길이

(1) 개요

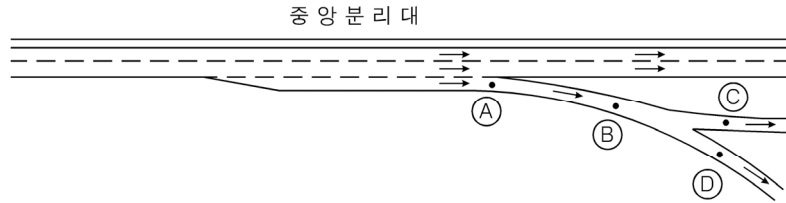
연결로 내에서 연결로의 분·합류는 설계속도가 같거나 비슷하므로 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」에서 제시한 가·감속차로의 길이를 적용하기에는 과도한 측면이 있어 연결로 내 분·합류 시 안전하게 차로를 변경 할 수 있는 합리적인 접속차로 길이 적용 기준을 정립하여 제시한다.

(2) 접속차로 길이 설계 기준

연결로 내 분·합류시 접속 길이 산정을 위해서는 다음사항을 검토하여 설계해야 한다.

(가) 연결로 내 분합류 시 접속차로 길이 검토

- ① 연결로 내에서의 분·합류 시 접속차로 길이 검토
- ② 변이구간 길이 검토
- ③ 사전 검토사항
 - 각 연결로의 차로수(㉠, ㉡, ㉢)
 - 연결로의 본선 접속부 서비스수준 분석에 따른 연결로 차로수 산정(㉣)
 - ㉣와 ㉠지점의 차로수를 동일하게 적용하고, 연결로 내 분류 전 및 합류 후 차로수(㉤)가 분류 후 합류 전 차로수의 합(㉡ + ㉢)보다 적을 경우 접속차로 설치



〈그림 5.22〉 연결로 내 차로수 검토

(나) 검토 시 고려사항

① 접속단 간의 거리 기준

접속단 간의 거리 사이에 접속차로 및 변이구간을 설치해야 하므로 그림 5.20의 연결부 내 최소 이격거리 기준을 고려해야 한다.

② 유출부 표지판 간격

유출부에서는 본선에서 유출 후 연결로 상에서 표지판을 인지하고 진행할 방향을 판단할 수 있도록 표지판 설치를 위한 간격이 있어야 한다.

③ 차로 변경 길이

한 차로 변경하는데 필요한 길이를 확보해야 한다. 이때 한 차로 변경하는데 필요한 시간은 차로폭이 3.6 m인 점을 고려하여 3.6초로 한다.

$$- L = \frac{V}{3.6} \times t \quad V : \text{설계속도}, t = 3.6\text{초}$$

- 설계속도 60 km/h인 경우 60 m

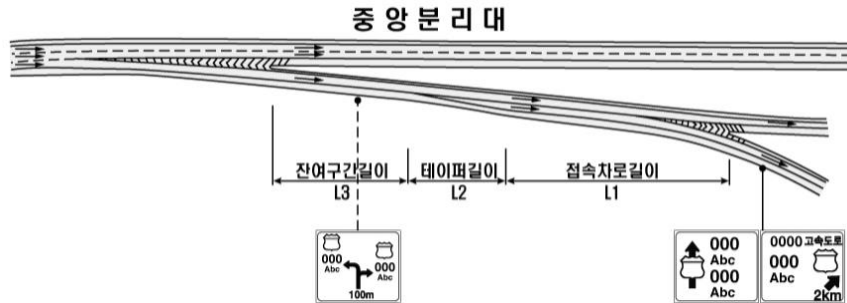
- 설계속도 50 km/h인 경우 50 m

- 연속된 분·합류부는 직결 연결로에서 이루어지므로 40 km/h는 배제

④ 유입 기회 고려

유입에서는 합류되는 연결로 교통이 주 연결로 교통에 합류하기 위해 대기 주행하는 유입 기회에 대한 고려가 필요하며, 이를 위해 교통밀도에 따른 합류부 서비스수준 검토를 해야 한다.

(4) 유출부에서 연결로 내 분류 시 접속차로 길이



〈그림 5.23〉 연결로 내 분류부 접속차로

(가) 테이퍼 길이 산정

「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」에 따라 다음 길이를 적용한다.

설계속도(km/h)	60	50	비 고
테이퍼 길이(m)	60	60	

(나) 분류 시 접속차로 길이 산정

연결로 내 분류 시 접속차로 길이는 본선에서 분류 후 일정 구간을 주행한 후 운전자가 표지판 인지 후 한 개 차로 변경하는데 필요한 길이(3.6초 주행거리) 이상 확보해야 한다. 표지판은 변이구간이 끝나는 지점에 설치하여 운전자가 인식이 용이하도록 해야 한다.

〈표 5.15〉 분류 시 접속차로 길이

설계속도 (km/h)	분류 시 접속차로 길이(m)		비 고 (접속단 간 거리)
	한 개 차로 변경에 필요한 길이	적용 길이	
60	60	60	설계속도 60 km/h 이상 : 240 m 이상
50	50	50	설계속도 60 km/h 미만 : 180 m 이상

분류부는 분류 후 차로수의 합이 분류 전(접속차로 이전) 차로수보다 한 개 차로가 많아 지므로 차로수 균형이 적정하고 운전자가 표지판을 인지 후 한 개 차로 변경에 필요한 길이만 충족시키면 분류부 접속차로 길이는 충분하다고 판단된다.

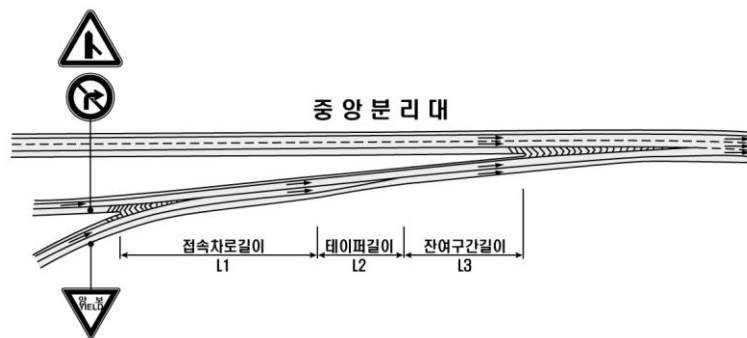
(다) 접속단 간의 거리와 비교 분석

설계속도(km/h)	접속단 간 거리(m)	분류 시 접속차로 길이(m)	테이퍼 길이(m)
60	240 이상	60	60
50	180 이상	50	60

(라) 분류 시 접속차로의 형식

접속차로의 형식은 접속차로 길이 확보가 용이하고, 운전자가 차로에 대한 시인성을 확보하는데 유리한 평행식 사용을 원칙으로 하지만, 불가피할 경우에는 직접식도 사용이 가능하다.

(5) 유입부에서 연결로 내 합류 시 접속차로 길이



〈그림 5.24〉 연결로 내 합류부 접속차로

(가) 테이퍼 길이 산정

「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」에 따라 다음 길이를 적용한다.

설계속도(km/h)	60	50	비 고
테이퍼 길이(m)	60	60	

(나) 합류 시 접속차로 길이 산정

연결로 상호 간 합류 후 접속차로 길이는 한 개 차로 변경하는데 필요한 길이(3.6초 주행 거리) 이상 확보하고, 합류 후 일정 구간 주행한 후 본선에 재 합류할 수 있는 길이를 산정한다.

〈표 5.16〉 합류 시 접속차로 길이

설계속도 (km/h)	합류 시 접속차로 길이(m)		비 고 (접속단 간 거리)
	한 개 차로 변경에 필요한 길이	적용 길이	
60	60	90	설계속도 60 km/h 이상 : 240 m 이상
50	50	70	설계속도 60 km/h 미만 : 180 m 이상

(다) 접속단 간의 거리와 비교 분석

설계속도(km/h)	접속단 간 거리(m)	분류 시 접속차로 길이(m)	테이퍼 길이(m)
60	240 이상	90	60
50	180 이상	70	60

(라) 합류 시 접속차로의 형식

합류 시 접속차로의 형식은 접속차로 확보 용이, 운전자의 차로에 대한 시인성 양호, 유입부에서는 유입하려는 차량의 대기공간 확보에 용이한 평행식 사용을 원칙으로 한다.

(6) 분 · 합류부 서비스수준 분석

연결로의 교통량에 따른 차로수를 결정하고, 연결로 간의 분 · 합류부, 본선과 연결로 간의 분 · 합류부 서비스수준은 일정 수준 이상의 서비스수준을 유지하도록 해야 하며, 서비스수준 분석은 「도로용량편람」을 참조한다.

(7) 연결로 분 · 합류 방안

형식은 접속차로 길이 확보가 용이하고, 운전자가 차로에 대한 시인성을 확보 수 있는데 유리한 평행식 사용을 원칙으로 하지만, 여건상 불가피할 경우 직접식도 사용이 가능하다. 연결로 분 · 합류부 계획 시 다음과 같은 사항을 고려한다.

(가) 교통량, 통행 패턴, 도로 등급 등을 고려하여 교통 분석 후 적정 분 · 합류 방식을 적용한다.

(나) 중방향(교통량이 많은 방향) 연결로 선형을 우선 처리한다.

(다) 차로 추가 시 교통량이 적은 연결로 쪽에서 차로를 추가한다.

(라) 본선의 선형 및 교통조건 등을 고려하여 직접식과 평행식을 검토 후 최적의 형식을 적용한다.

- (마) 좌측 분·합류는 가급적 지양하고, 부득이한 경우 내측 분·합류, 접속차로 설치, 선형 조정 등을 통해 조치한다.
- (바) 본선~연결로(2차로 이상)의 분·합류 방안은 교통량 및 도로 등급에 따라 교통 분석 후 다양한 분·합류 방안을 검토하여 적용한다.

〈표 5.17〉 평행식 및 직접식의 특징 비교

직 접 식	평 행 식
• 우리나라 운전자에게 다소 생소 • 변이구간에서 직선 주행으로 운전자 선호 • 본선 종단경사가 상향이고, 감속연결로 적용에 유리 • 본선이 곡선인 경우에 감속차로 설치 용이 • 유출 연결로 적용 시 운전자 선호 • 설치 면적 다소 큼	• 우리나라 운전자에게 익숙 • 변이구간에서 곡선 주행으로 운전자 기피 • 본선 종단경사 하향이고, 감속연결로 적용에 유리 • 본선 유입 시 대기차로로 활용으로 가속차로 유용 • 유입 연결로 적용 시 운전자 선호 • 설치 면적 다소 작음