

제 4 편 출입시설





3. 인터체인지의 형식

3.1 개요

인터체인지를 계획, 설계할 때는 교차 접속하는 도로 상호의 구분, 교통량과 도로용량, 속도 외에 계획 지점 부근의 지형·지물의 현황, 전체적인 지역 계획, 토지이용계획 등의 장래 계획, 건설 및 관리에 소요되는 비용의 경제성, 교통 운용상의 안전성, 편익 등의 모든 조건을 고려하여 가장 적절한 형식을 선정해야 한다.

고속국도의 출입시설은 입체교차를 원칙으로 하므로 여기에서는 인터체인지의 형식별 적용 기준을 제시한다. 유료도로의 인터체인지를 계획, 설계하기 위해서는 도로의 종류와 지형 등의 일반적인 조건 외에 도로관리와 운용 조건도 고려해야 한다. 즉, 유료도로로서의 인터체인지의 형식을 선정할 때에는 요금징수 체계도 함께 고려해야 한다. 영업소에 관한 자세한 내용은 「제3-2편 영업소」를 참조한다.

3.2 인터체인지의 구성과 기본 형식

인터체인지는 교차하는 두 도로의 본선 부분과 두 본선 차로를 연결하는 연결로가 주 구성 요소이며, 부수적으로 집산로, 영업소, 주차장 등이 부설되기도 한다.

인터체인지의 구성은 다음과 같이 구분할 수 있다.

인터체인지는 선 구성 요소로 뼈대가 이루어지며, 면 구성으로 살이 붙여진다고 볼 수 있다. 일반적으로 선 구성은 인터체인지의 계획단계에서 이루어지고, 면 구성은 설계단계에서 이루어진다.



3.2.1 동선 결합

인터체인지의 종류마다 형식을 규정하고, 교통 운용상의 차이를 초래하는 기본적인 요소는 동선 결합이며, 이것은 교차 접속부에서 요구되는 교통 동선의 삼차원적 결합 관계에 있다. 이 동선 결합은 앞에서 본 것과 같이 기본 동선 결합, 연결로 결합, 접속단 결합으로 구분된다.

(1) 기본 동선 결합

기본 동선 결합은 두개 교통류의 상호 결합 관계를 나타내며 ① 유출(diverging), ② 유입(merging), ③ 엇갈림(weaving), ④ 교차(crossing) 등 네 가지 기본관계가 있다

구 분	바깥쪽	안 쪽	주동선	부동선	바깥쪽	안 쪽
			상 호		교 차	
유출	D-1	D-2 	D-3a 	D-3b 		
유입	M-1 	M-2 	M-3a 	M-3b 		
엇갈림	W-1 	W-2 	W-3a 	W-3b 	W-4a 	W-4b
교차	C-1 	C-2 	C-3a 	C-3b 		

〈그림 3.1〉 기본 동선 결합의 분류

이것을 인터체인지 교통운용상의 특성을 나타내기 위해 본선(주동선)과 연결로(부동선)의 상호 관계에 따라 분류하면 그림 3.1과 같다.

그림 3.1의 호칭은 가로 난과 세로 난을 조합해 붙일 수 있다. 예를 들면 D-3a는 주동선 상호 유출이라고 한다.

이들의 분류 관계를 보면 일반적으로 바깥쪽, 안쪽, 상호의 3종류가 되지만, 엇갈림에 대해서는 교차 엇갈림이라는 네 번째의 분류 항목이 있다. 이것은 엇갈림이라고 하는 현상이 두 개의 동선 결합 관계뿐만 아니라 그 양측의 교통 모두와 관계가 있기 때문이다. 이들 기본 동선 결합은 연결로의 배치방법에 따라 각종 조합이 생긴다.

(2) 연결로 결합

연결로란 자동차가 진행 경로를 바꾸어 좌회전 또는 우회전을 할 수 있도록 본선과 따로 분리해 설치하는 도로이며, 본선과 본선 또는 본선과 접속도로 간을 이어주는 도로 구간을 말한다.

연결로 결합은 교차하는 두 개의 주동선 사이의 동선 결합 관계를 나타내는 것으로서, 하나의 연결로에 의해 뗫어져서 그 양 끝에 두 개의 기본 동선 결합을 가지고 있다.

연결로의 기본형에는 좌회전 동선에 대응하는 좌회전 연결로와 우회전 동선에 대응하는 우회전 연결로가 있다. 우회전 연결로는 외측 유출, 외측 유입의 이른바 외측 직결로(Outer Connection) 이외는 거의 사용되지 않는다.

좌회전 연결로는 5가지의 형식이 있으며, 그림 3.2에 나타난 것과 같다. 유출을 살펴보면, 직결 연결로(Direct Ramp), 준직결 연결로(Semi-direct Ramp) 및 루프 연결로(Loop Ramp) 형식으로 세 가지가 있고, 유입은 좌우의 구별에 따라 직결 연결로와 준직결 연결로에 각각 두 가지 형식이 있으므로 총 5종류가 된다.

인터체인지의 형식은 좌회전 동선에 이 다섯 종류 중 어느 것을 조합시키느냐에 따라서 인터체인지 형식이 결정된다. 이들 연결로 결합은 각각의 구조 및 운용상의 특성 외에 양끝을 연결하는 사이의 선형을 매체로 하여 주행속도와 안전성에 영향을 미치고, 주행거리에 따라 경제성의 차이를 발생시킨다. 이들 형식의 특징을 정리해보면 표 3.1과 같다.

우회전 연결로	좌 회 전 연 결 로				
우 직 결 연 결 로	준직결 연결로		좌직결 연결로		루 프
	SS	SD	DD	DS	L

〈그림 3.2〉 연결로 결합의 분류

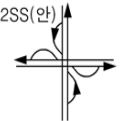
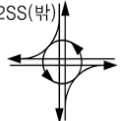
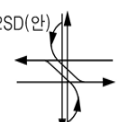
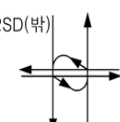
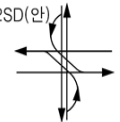
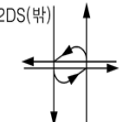
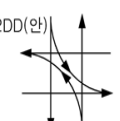
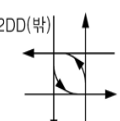
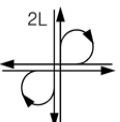
〈표 3.1〉 연결로의 형식과 특징

연결로 형식		진 행 방 식		특 징
우회전	우직결 연결로	본선 차로의 우측에서 유출한 후 약 90° 우회전하여 교차 도로 우측에 유입	 (S-S)	우회전 연결로의 기본 형식으로서, 기본 형식 이외의 변형은 거의 사용되지 않음
좌회전	준직결 연결로	본선 차로의 우측에서 유출한 후 완만하게 좌측으로 방향을 전환하여 좌회전	 (S-S) (S-D)	1. 주행 궤적이 목적 방향과 크게 어긋나지 않아서 비교적 큰 평면선형을 취할 수 있음 2. 입체교차 구조물이 필요함 3. 우측 유출이 원칙인 고속국도에 주로 사용됨
	좌직결 연결로	본선 차로의 좌측에서 직접 유출하여 좌회전	 (D-S) (D-D)	1. 고속인 좌측 차로에서 유출하므로 위험함. 2. 본선 차로의 좌우에 연결로가 교대로 존재하면 불필요한 엇갈림이 생김. 3. 분기점과 같이 대량의 고속 교통을 처리하며, 좌회전 교통이 주류인 곳에 적용
	루프 연결로	본선 차로의 우측에서 유출한 후 약 270° 우회전하여 교차도로 우측에 유입. 특별한 경우 유출입이 좌측에서 이루어지기도 함.	 (S-S)	1. 새로운 입체교차 구조물을 설치하지 않고 접속이 가능 2. 평면곡선반지름에 제약이 있으므로 주행 속도 저하 3. 원하는 진행방향에 대해 자연스럽게 못한 주행 궤적을 그리므로 운전자가 혼돈할 우려가 있음 4. 용량이 작으므로 이용 교통량이 적은 곳에 적합한 형식

주) S는 진행 방향의 우측에 유출입부가 있는 경우이고, D는 진행 방향의 좌측에 유출입부가 있는 경우임.

연결로 유출은 운전자가 도로를 이용할 때의 혼란 방지, 원활한 교통 흐름, 안전을 위해서 일반적으로 우측 유출을 원칙으로 설계하도록 하며, 주변 지형 여건, 경제성 등으로 부득이한 경우에는 좌측 유출을 고려할 수 있다. 이 경우에도 유출입의 연속성 및 일관성이 유지되어야 한다.

다섯 가지의 기본 연결로 형식에 대해 그림 3.3처럼 같은 형식을 대향 사분면에 점대칭이 되도록 배치하면 기본 연결로 형식마다 각각 두 종류의 조합이 생긴다.

형식구분		안 쪽 회 전	바깥 쪽 회 전
준 직 결 연 결 로	SS		
	SD		
좌 직 결 연 결 로	DS		
	DD		
루 프	L	-	

〈그림 3.3〉 좌회전 연결로 결합의 분류와 조합

하나는 안쪽에서 회전하는 형식(안쪽 회전)으로, 이것은 서로 마주보는 연결로 또는 연결로를 이용하는 교통 동선이 교차하지 않는 형식이다. 다른 하나는 밖에서 회전하는 형식(바깥 쪽 회전)으로, 대향하는 두 연결로 또는 교통 동선이 교차하는 것을 말한다.

루프 연결로는 교통 동선이 서로 교차하므로 바깥쪽 회전 형식에 속한다. 따라서, 네 갈래 교차에서 연결로 조합 방법은 9종류로 나눌 수 있다.

(3) 접속단 결합

(가) 개요

인터체인지에서 하나의 주동선에 주목해 보면, 기본 동선 결합들이 조합되어 연결되어 있음을 알 수 있다. 기본 동선들의 결합은 사용되는 연결로 형식과 배치 방식에 따라 여러 가지 조합이 생길 수 있으며, 이때 두 접속단의 상호 관계를 표현하는 것을 접속단 결합이라고 한다.

접속단은 유출(Diverging)과 유입(Merging)의 조합이므로 연속 유출(DD), 연속 유입(MM), 유입 유출(MD) 및 유출 유입(DM) 등의 네 가지 조합이 있다.

우회전의 경우 유입은 모두 오른쪽에서 하고, 좌회전의 경우 좌우 모두 유입할 수 있도록 하는 경우에는 16가지 조합으로 유출된다. 이들 결합 관계는 각각 교통 운용상 서로 다른 특징을 가지고 있다.

(나) 연속 유출(DD)

연속 유출은 인터체인지의 출구 배치 방식을 따른다. 네 갈래 교차의 인터체인지에서는 어떤 방향의 본선 차로에서 교차 도로의 좌우 방향으로 회전하기 위해 두 개의 유출 동선이 필요하고, 배치 방식에는 네 가지 방식이 있다.

일반적으로 인터체인지에서 두 개의 출구가 연속해서 있는 경우 고속 주행의 본선에서 어느 출구로 나가야 하는지의 판단을 짧은 시간에 해야 하기 때문에 운전자는 자주 혼란을 일으켜 갑자기 방향을 바꾸거나 정지하게 된다. 특히, DD-3과 DD-4의 경우는 사고의 위험성이 높고, 통행자를 바르게 유도하는 안내표지의 설치도 어렵다. 따라서, 좌회전 연결로가 주류가 되는 경우 이외에는 이 방식을 적용하지 않도록 한다.

우측 유출 두 곳 방식(DD-1)을 사용하는 형식에는 대표적으로 루프 연결로를 사용하는 인터체인지 형식이 있다. 출구가 모두 우측에 있고, 2개의 유출단 간의 거리도 비교적 여유 있게 설치할 수 있기 때문에 좌우 유출 방식보다 약간 우수하다. 우측 유출 한 곳 방식(DD-2)은 속도가 높은 본선에서 운전자의 결정 행위가 한 번으로 끝나고 다음 결정은 속도가 낮은 연결로를 주행할 때에 이루어지면 되므로 운전자의 판단이 쉽고 표지도 분명하므로 교통 운용상 가장 적합할 수 있다. 준직결 연결로를 사용할 때는 일반적으로 이 형식을 이용한다. 우측 유출 두 곳 방식(DD-1)도 집산로를 이용하면 쉽게 이 형식으로 바꿀 수 있다.

(다) 연속 유입(MM)

본선으로 유입되는 연속 유입의 경우 운전자의 결정 행위는 없고, 유입할 때는 안전성만이 문제가 되기 때문에 출구만큼의 중요성은 없다. 좌측에서의 유입은 사고율이 높다고 되어 있으므로 우측에서의 유입, 특히 한 곳 유입(MM-2)이 가장 적합할 수 있다.

(라) 유출 유입(DM)과 유입 유출(MD)

유입과 유출의 연속성은 유출 지점이 유입 지점보다 전방에 설치되는 유출·유입(DM) 방식이 유입 지점이 유출 지점보다 전방에 설치되는 유입·유출(MD) 방식보다 엇갈림 최소화 및 용량 측면에서 우수하다.

(마) 인터체인지의 형식

접속단 결합은 연결로의 배치에 따라 발생되므로 인터체인지 형식의 우열을 따져볼 때 이 결합 관계의 좋고 나쁨이 비교의 대상이 된다.

이상과 같이 교차 동선의 삼차원적인 결합 관계가 정해지면 하나의 인터체인지 형식이 결정된다. 각 형식의 기본적 특성은 동선 결합 관계에서 발생되며, 각각이 지닌 선형 특성도 동선 결합으로 발생된다.

구 분	1	2	3	4
연속 유출 (DD)				
연속 유입 (MM)				
유입 유출 (MD)				
유출 유입 (DM)				

주 : W는 엇갈림을 의미, (W)는 엇갈림이 생길 수 있음을 의미, M은 유입, D는 유출

〈그림 3.4〉 접속단 결합의 분류

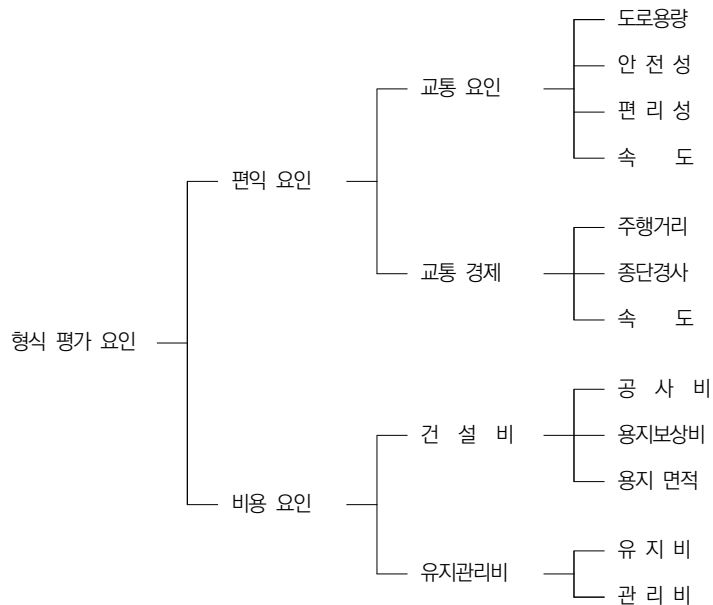
3.2.2 인터체인지 형식 선정

인터체인지의 형식은 연결로의 조합으로 구성된다. 따라서, 그 조합을 논리적, 계통적으로 만들어 보면 형성 가능한 모든 형식을 만들 수 있다. 그러나 단순히 기하학적으로 형성 가능한 것은 무의미하고, 인터체인지로서의 교통공학적인 기능을 가지고 사회적, 경제적으로 수용할 수 있어야 한다.

인터체인지 형식은 주어진 환경조건에 가장 적합한 형식을 선택해야 하며, 그림 3.5에서처럼 편익 요인과 비용 요인에 대해 비교 평가해야 한다.

이들 요인에 대한 평가의 비중은 그 인터체인지가 지닌 교통 및 환경상의 특성에 따라서 달라진다. 예를 들면, 규격이 높은 도로의 교차라면 안전에 비중을 두고 교통 운용 측면을 높게 평가하여 완전 입체교차 형식으로 설계하거나 접속부를 안전도가 높은 형식으로 설계해야 한다.

규격이 낮은 도로는 평면교차에서 엇갈림이 허용된다. 또, 전환 교통량이 많은 경우에는 주행거리가 짧은 연결로 형식을 선택하는 등 교통 경제적인 측면에 중점을 두어야 한다.



〈그림 3.5〉 인터체인지 형식 평가 요인

3.3 인터체인지의 형식과 적용

(1) 개요

인터체인지는 주어진 조건에 가장 적합한 형식을 선택해야 하며, 규격이 높은 도로가 교차되는 경우 안전에 비중을 두고 교통운용 측면을 높게 평가하여 완전 입체교차 형식으로 설계하거나 접속부를 안전도가 높은 형식으로 설계해야 한다. 또, 전환 교통량이 많은 경우에는 주행 거리가 짧은 연결로 형식을 선택하는 등 교통 경제적인 측면에 중점을 두어야 한다. 비용 요인 측면에서 보면, 도시지역 내의 인터체인지는 용지 면적이 적은 형식이 전체적으로 건설비가 적게 소요되므로 경제성이 높아지고, 지방지역에서는 용지 면적보다 교차 구조물을 적게 건설하여 전체적인 건설비를 줄일 수 있다.

입체교차시설은 교통 동선의 처리방법에 따라 불완전 입체교차, 완전 입체교차, 엇갈림 입체교차로 구분할 수 있고 교차 접속하는 도로의 갈래 수에 따라 구분할 수 있다.

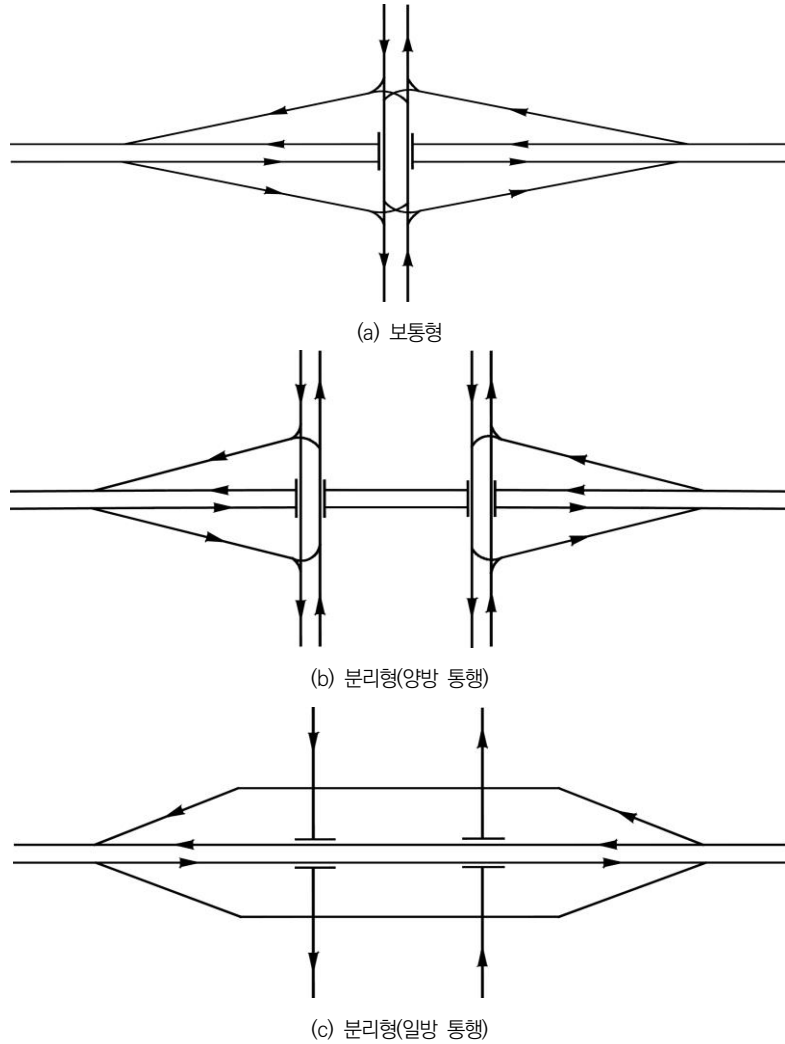
여기에서는 교통 동선의 처리방법에 따라 입체교차의 기본 성격과 특성, 적용 방안을 설명하고 부수적으로 갈래 수에 대해 세분하기로 한다.

3.3.1 불완전 입체교차

불완전 입체교차는 평면교차하는 교통 상충을 1개 이상 포함한 형식이다. 교차의 종류는 본선 차로와 연결로의 교차 및 연결로 상호 교차 중의 하나이다.

평면교차는 교차하는 본선 차로 어느 쪽에도 설치할 수 있으며, 한 쪽만 설치되는 형식은 고속국도와 그 밖의 도로와의 교차 등 규격이 다른 도로의 교차에 적합하다. 또, 불완전 입체교차는 일반적으로 매우 다양한 변화가 가능하여 교통 특성이나 지형에 적합한 형식을 얻을 수 있지만 본선 및 연결로 교통 흐름의 정지 상태가 요구되며, 교통의 연속성과 안전성이 반드시 발휘될 수 있다고 할 수는 없다. 그러나 용지 면적이나 건설비도 적게 들고 우회거리가 짧아지므로 정지에 따른 시간 손실의 상당한 부분이 보완되며, 문제가 될 수 있는 도로용량도 어느 한계 내에서는 확보될 수 있을 것이므로 그 특성을 잘 이용하면 효율적인 형식이 된다.

불완전 입체교차 형식은 매우 다양한 형식이 있으며, 그 중에서도 실용성이 높은 것은 다이아몬드(Diamond)형, 불완전 클로버(Partial Cloverleaf)형, 트럼펫(Trumpet)형+평면교차 등이다.



〈그림 3.6〉 다이아몬드형 입체교차

(1) 다이아몬드형

(가) 형식

다이아몬드형은 네 갈래 불완전 입체교차의 대표적인 형식의 하나이다. 이 형식의 장점은 다음과 같다.

- ① 가장 단순한 형이기 때문에 필요로 하는 용지가 가장 적다.
- ② 횡단 구조물이 불필요하므로 다른 형식에 비해 건설비가 적다.

③ 우회거리가 가장 짧아서 교통 경제상 유리하다.

이러한 장점이 있는 반면, 접속도로와의 연결로 접속부분에서 생기는 평면교차부에서의 도로용량이 작아지고, 영업소를 설치할 경우 영업소가 네 곳에 분단되어 관리비가 많아지며, 연결로의 선형과 길이, 경사 등을 여유 있게 설계하지 않으면 사고가 일어날 가능성이 많다는 단점이 있다.

그림 3.6(a)는 일반적인 다이아몬드형이지만 접속도로에서는 비교적 근접해서 좌회전을 수반하는 두 개의 평면교차부를 생기게 하므로 한쪽의 교차부에서의 교통 지체가 다른 쪽에 영향을 미치기 쉬워 적절한 신호처리를 통해서만 도로용량을 증대시킬 수 있다.

그림 3.6(b)는 분리 다이아몬드형이며, 통과 도로와 직각으로 교차되는 두 개의 도로로 분리하여 접속시키는 방식이다.

그림 3.6(c)는 접속도로의 통행방식을 일방통행으로 처리한 것이다. 이 형식은 좌회전 교통이 제거되므로交通安全과 도로용량 측면에서 바람직한 형식이다. 일반적인 다이아몬드형에서는 접속도로를 일방통행으로 처리하는 것이 곤란하지만 분리형에서는 애초의 접속도로가 양방향 통행도로라고 하더라도 장래 일방향 통행로로 통행방식을 바꿔서 용량을 증대시킬 수 있는 여력을 가지고 있다는 것이 장점이다.

다이아몬드형에서는 근접한 두 곳에 십자로가 있으므로 진입을 잘못할 가능성이 커서 적절한 유도표지를 설치하는 것이 요구되며, 이와 같은 위험을 배제하기 위해 평면교차부에서 교통섬을 설치하여 도류화하는 것이 바람직하다.

도시지역 고속국도의 경우 본선 상호의 교차는 완전 입체교차를 원칙으로 하고 있지만 가로와 접속하는 인터체인지는 용지 면적이 가장 작고 건설비도 저렴하므로 도로용량의 관점에서 무리가 없는 경우나 하급도로의 교통량이 적은 경우 단순한 다이아몬드형 또는 그 변형이 많이 사용된다.

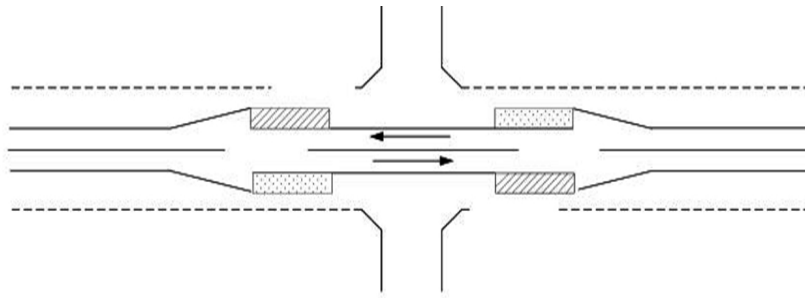
다이아몬드형에서는 근접한 2개소의 십자로가 있어 잘못된 유입이 발생하기 쉬우므로 적절한 표지를 설치하는 것이 요구되며, 특히, 이와 같은 위험을 배제하기 위해 평면교차부에서 교통섬을 설치하여 도류화하는 방법을 권장하고 있다.

한편 가로에 출입로를 설치할 때는 가로의 폭, 교차로, 교통 상황 등을 충분히 고려해야 한다. 그림 3.7은 연결로의 일반 형식을 나타내고 있다.

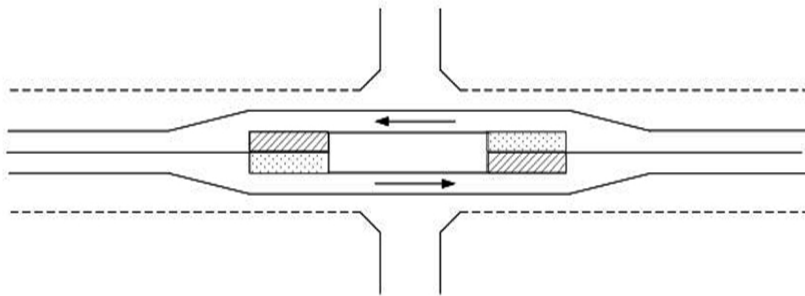
도시지역 고속국도의 경우 본선 상호의 교차하는 완전 입체교차를 원칙으로 하고 있지만 가로와 접속하는 인터체인지는 용지 면적이 가장 적고 건설비도 저렴하므로 도로용량의 관점에서 무리가 없는 경우나 하급도로의 교통량이 적은 경우 단순한 다이아몬드형, 또는 그 변형이 많이 사용된다.

중앙 연결로(center ramp) 형식은 비교적 속도가 높은 좌측 차로에서 유출입하고, 본선의 선형도 S자형이 되므로 교통안전과 교통운영상 결점이 있다.

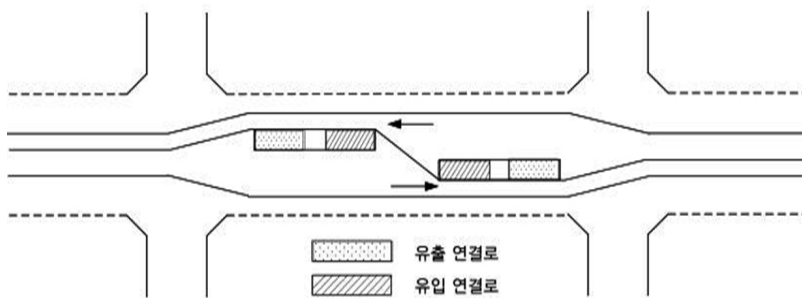
어떠한 경우라도 출입로를 좌우 교대로 설치하는 것은 운전자가 과실을 저지르기 쉬우므로 통일해야 한다.



(a) 병렬 측방 연결로



(b) 병렬 중앙 연결로



(c) 지그재그 중앙 연결로

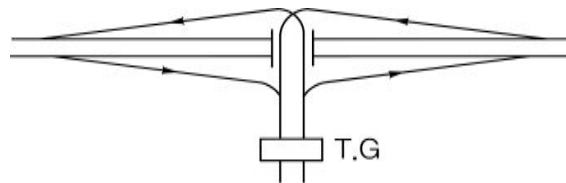
〈그림 3.7〉 가로 연결로의 일반 형식

(나) 영업소의 설치

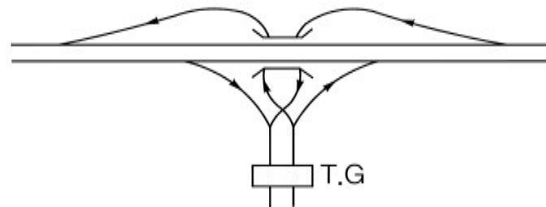
세 갈래 교차의 다이아몬드형은 그림 3.8에 제시된 바와 같다. 이 형식의 특성은 입체교

차 구조물은 1개소로 되고, 용지 면적도 상당히 감소되므로 건설비도 줄어들지만 연결로 상호의 평면교차가 있으므로 이용 교통량이 적고, 안전성이 충분히 확보되는 경우에 한하여 적용해야 되는 형식이다.

교차 부분의 식별, 연결로의 가·감속 관계 및 교차 구조물의 공사비 측면에서도 연결로가 본선 위로 통과하는 형식이 바람직하다. 또, 이 평면교차 부분을 영업소 부근으로 이 동시킨 그림 3.8(b)의 형식도 생각할 수 있다. 이 경우에는 연결로가 본선 위로 통과할 필요가 없다.



(a) 연결로가 본선 위로 통과



(b) 연결로가 본선 아래로 통과

〈그림 3.8〉 세 갈래 교차 다이아몬드형 입체교차

(다) 변형 다이아몬드형

다이아몬드 형식을 변형하여 적용할 경우에는 옹벽이나 교량 등의 각종 구조물이 필요하게 되므로 건설비가 많이 드는 경향이 있다. 또한 측도와 접속시키는 구조 등의 다양한 형태를 갖출 수 있는데 도시지역뿐만 아니라 지형조건, 환경조건, 기타 여러 가지 어려운 조건이 있는 지방지역에서도 적절히 사용될 수 있는 형식이다.

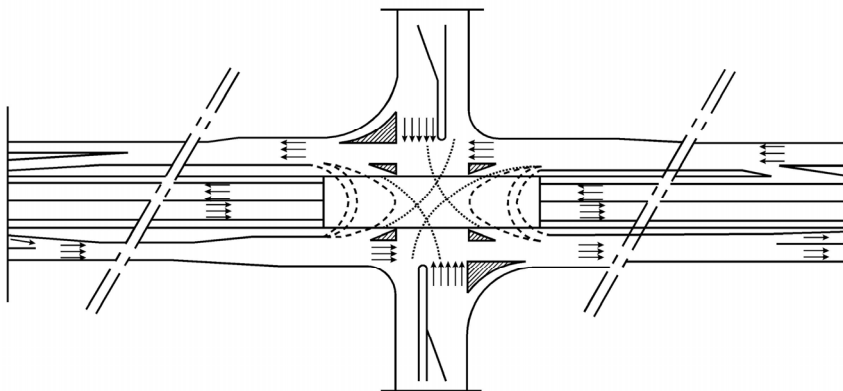
변형 다이아몬드형 인터체인지는 일반적으로 다음과 같은 몇 가지 장점을 갖고 있다.

- ① 용지비가 절약되므로 비싼 용지 보상 문제가 걸린 도시지역에서는 전체 비용을 크게 절감시킬 수가 있다.
- ② 한 교차로에서 우측 방향으로 이동할 교통류는 직접 빠져 나갈 수가 있고, 좌회전 차

량 또한 맞은 편 차로와 더불어서 동시에 진행하게 되므로 서로 교차되지 않아 혼잡이 해소 된다.

- ③ 주 교통류는 직진을 계속하므로 네 방향의 교통이 세 방향 신호처리의 입체교차형이 되므로 사고에 대해서 비교적 안전하다.
- ④ 일체의 신호로 이루어져 있어 연결로 교차점에서 교통 혼잡이나 지연이 해소될 수 있다.
- ⑤ 좌회전차로의 곡선반지름이 전형적인 다이아몬드형 교차로에서 보다 크게 되므로 높은 주행속도를 가질 수가 있다.

그림 3.9는 좁은 용지를 이용한 변형 다이아몬드형 교차로의 한 형태를 나타내고 있는데 차량이 대기차로에서 머물러 있다가 좌회전차로를 따라서 방향 전환을 하는데 이때 정확하게 전환할 수 있도록 유도시설이 잘 갖추어져야 한다.



〈그림 3.9〉 U-Turn을 갖는 변형 다이아몬드형

이러한 시설로는 여러 가지 형태가 있는데 이중 노면표시는 운전자가 직접 교차로를 통해 진행하는 데 큰 도움이 되며, 또한 교차로 중앙의 교통신호는 각 방향으로 차량의 분리 기준이 된다.

심한 교차각(skew)으로 만난 두 도로는 예각으로 인해 시거 확보가 어려워지므로 이런 경우는 교량의 경간장을 늘려 시거를 확보해야 하는데 보통 교차각은 30° 이상이어야 원활한 교통의 흐름을 기대할 수가 있다.

또한 지형상, 교통상으로 적절히 활용할 수 있도록 좌회전차로를 원곡선으로 처리하기 보다는 차량이 진행함에 따라 곡률이 점점 작아지다가 다시 회복되는 복합곡선 구조를 가져야 하는데 두 번째 원곡선의 곡률은 처음 원곡선의 $1/2$ 이상을 가져야 한다.

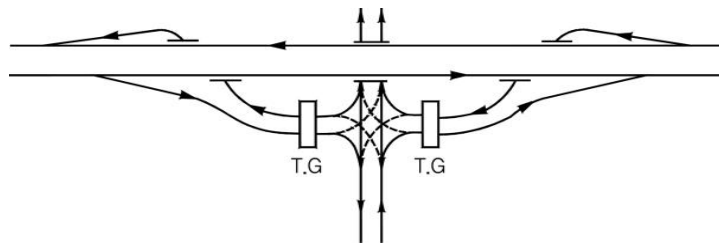
측도를 가진 변형 형태인 그림 3.9는 몇 가지 주의점을 내포하고 있다. 즉, 측도의 교통 흐름은 일방향 흐름이어야 하고, 본선 차로로부터의 측도를 이용하여 방향 전환하는 연결로는 교차로로부터 최소 200 m 이상 확보해야 한다.

교통신호는 측도 상의 차량 움직임에 따라 네 갈래의 교통 흐름으로 나뉘게 되는데 반대편 측도로의 원활한 U-Turn을 실시할 수가 있게 된다.

또한 교차로에 보도 설치가 필요한 경우는 그 규모나 형식, 그리고 운영상의 성격 등을 신중하게 고려해야 한다.

유료도로의 경우에는 다이아몬드 형식을 변형하여 요금소를 2개로 줄여서 관리비의 절감을 도모하는 경우가 그림 3.10에 제시되어 있다.

이 형식은 횡단구조물이 2개소 증가되지만 고가 구간 등에서는 새로운 교차 구조물을 추가하지 않아도 간단하게 적용할 수 있다. 또 요금소 전체를 본선의 고가 밑으로 설치함으로써 용지비를 절감하는 것도 가능하다.



〈그림 3.10〉 다이아몬드형 인터체인지의 요금소

다이아몬드형 인터체인지는 요금소가 별개로 분산되어 관리상 불합리하더라도 도시 내 및 도시 근교와 같이 용지비가 고가인 곳에서는 관리비 증가분을 충분히 보상할 수 있는 경우도 있으므로 건설비, 관리비의 경제성을 종합적으로 검토하여 결정해야 한다.

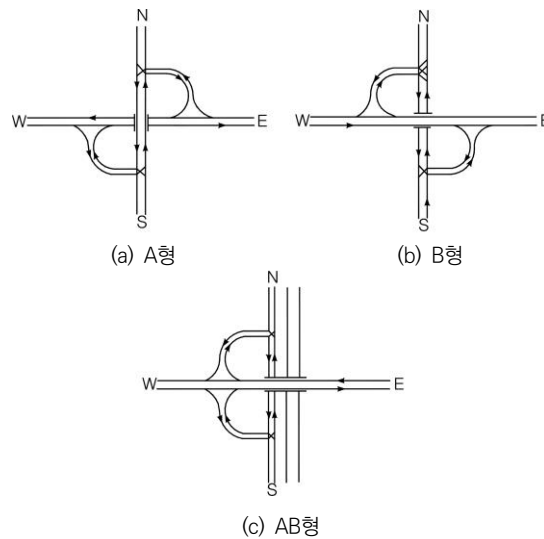
(2) 불완전 클로버형

(가) 형식

불완전 클로버형은 네 갈래 교차에서 가끔 사용되는 형식이며, 다이아몬드형보다 건설비는 많이 들지만 그 특징을 살리면 도로용량 측면에서는 더 유리한 형식이다.

불완전 클로버형은 연결로의 배치 방식에서 볼 때, 기본적으로 세 가지 형식이 있다(그림 3.11). 동서방향을 통과 도로(상급 도로 혹은 주요 도로), 남북방향은 이에 교차 접속하는

도로라 하면, A형은 대각선 배치로서 유출입구가 양방향 모두 교차 도로의 바로 전방에 있다. B형은 같은 대각선 배치로써, 유출입구가 교차 도로 후방에 있는 형식이다. AB형은 통과 도로에서 볼 때 좌우 대칭의 형을 이루고 있으며, 교차 도로의 한 쪽에 연결로가 있다. 일반적으로 어떤 쪽이든 한 쪽 방향의 교통이 많을 때가 그 방향을 연결하는 사분면과 대각선상의 사분면에 연결로를 배치하는 것이 평면교차부에서 다른 교통류의 동선을 횡단하지 않고 많은 교통량을 처리할 수 있다.



〈그림 3.11〉 우회전 연결로가 일부 없는 불완전 클로버형

A형과 B형 모두 평면교차부가 적어지도록 우회전 연결로를 부가하여 네 사분면을 모두 사용하는 형식이 있다(그림 3.12).

A형은 북서 간 또는 남동 간의 교통량이 많고, 교차 도로의 교통량이 그리 많지 않은 곳에 적합한 형식이다. 교차 도로의 교통량이 많을 때에는 직결로를 설치해야 한다.

B형은 북동 간 또는 남서 간의 교통량이 많은 곳에 적합한 형식이다. 직결로가 있는 경우 A형은 교차도로에서의 좌회전이 없어지지만 B형에서는 이러한 점이 개선되지 않으므로 특별한 장점은 없다.

(나) 다이아몬드형과의 비교

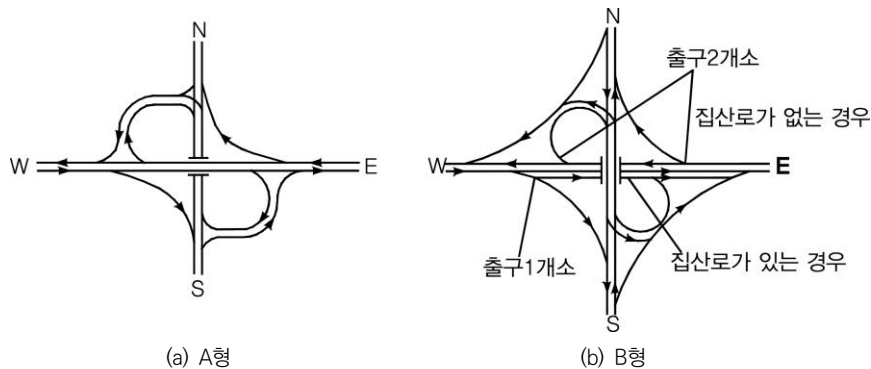
다이아몬드형과 불완전 클로버형을 비교하면, 불완전 클로버형은 우회거리의 증가에 따른 주행비용 손실이 양 형식 간의 용지비 및 공사비의 차에 가산되므로 일반적으로 불리하다.

그러나 불완전 클로버형에는 연결로의 적절한 배치에 따라 교차 도로 상에서의 좌회전 동선을 우회전으로 변환시킬수 있어 평면교차점의 용량을 증가시키는 이점이 있다. 또, 불완전 클로버형은 완전 클로버형으로 개량하기 쉬우므로 장래 완전 입체교차형으로 개량할 필요가 있을 때 또는 클로버형 입체교차의 단계건설로서의 적용성이 있다.

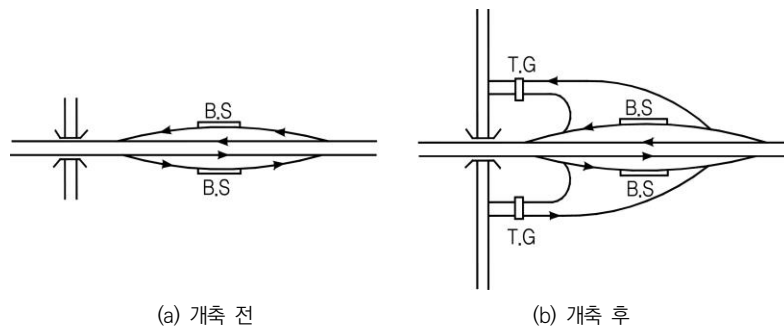
또, 연결로를 위한 횡단 구조물은 다이아몬드형에서와 같이 필요하지는 않으나 용지 면적이 다이아몬드형보다 넓으므로 건설비는 비교적 많이 소요되는 반면, 도로용량 측면에서는 다이아몬드형보다 유리하다.

따라서, 방향별 교통량이 명확하게 분리되어 있는 경우에는 적용성이 있으나 이 형식도 요금소가 2개소로 분리되므로 유료도로의 관리 경비면에서는 바람직하지 못하다.

이 형식의 또 다른 이점은 버스 정류장 및 주차장을 장래 입체교차로 개축하는 것과 같은 경우에 용이하며, 그림 3.13과 같이 단계적으로 입체교차를 설치하는 것이 가능하다는 것이다.



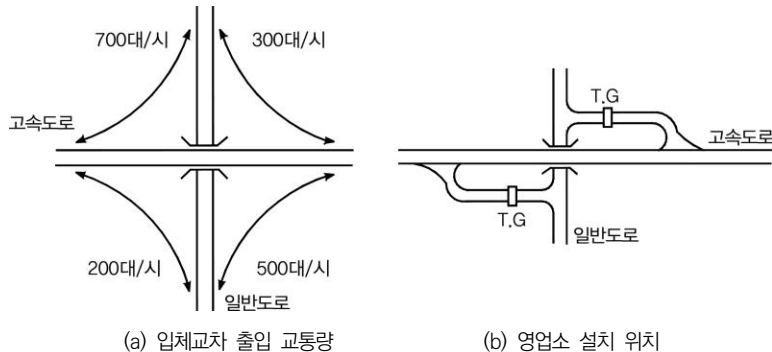
〈그림 3.12〉 우회전 연결로가 있는 불완전 클로버형 입체교차



〈그림 3.13〉 버스 정류장에서 입체교차로 이행하는 경우

(다) 영업소의 설치

영업소를 불완전 클로버형에 설치하는 경우, 영업소의 설치 위치는 교통량과 지형·지물 조건을 고려하여 결정해야 한다. 예를 들어, 그림 3.14(a)와 같은 교통 동선이 발생된다면 영업소를 설치하는 곳은 그림 3.14(b)와 같이 하면 교통의 흐름으로 보아 가장 적합하다.



〈그림 3.14〉 영업소를 설치하는 위치 결정

이 형식은 영업소가 두 곳으로 분리되므로 관리비 측면에서 바람직하지 않다.

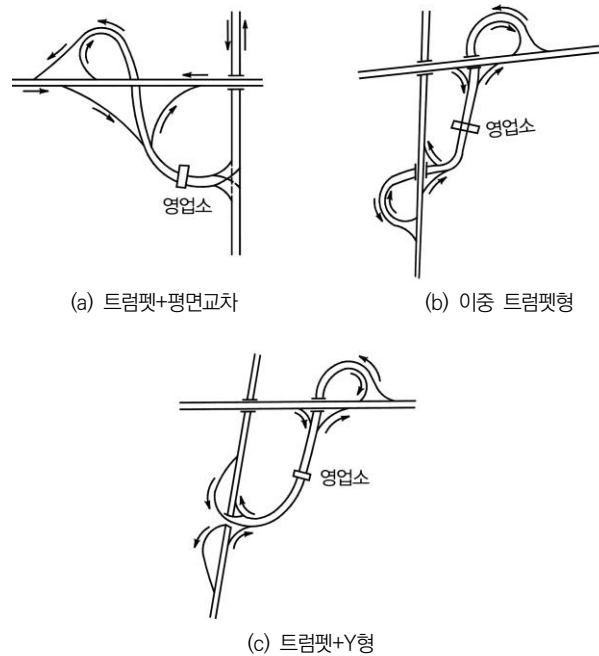
(3) 트럼펫형(네 갈래 교차)

그림 3.15는 트럼펫형을 네 갈래 교차에 적용한 경우를 보여주고 있다. 그림 3.15(a)의 트럼펫형은 고규격 도로가 저규격 도로와 교차할 때 고규격 도로에서는 완전 입체의 세 갈래 교차 형식을 선정하고, 저규격 도로에서는 평면교차로 처리한 것을 나타내고 있다.

이 형식은 루프 연결로의 속도 저하로 용량이 감소하므로 루프 연결로를 이용하는 교통량이 적을 경우에 적합한 형식이며, 폐쇄식 영업 체계로 운영되는 유료도로 구간에서 대표적으로 이용되고 있는 형식이다.

그림 3.15(b)는 접속도로가 교통량이 많은 간선도로일 때는 트럼펫형 두 개를 사용한 이중 트럼펫형의 완전 입체교차 형식으로 만든 경우이며, 그림 3.15(c)는 트럼펫형과 Y형을 이용한 완전 입체교차 형식을 제시하고 있다.

이 중 트럼펫형은 접속도로 측에서 일부 엇갈림이 생긴다는 점, 우회거리가 길어진다는 점 등의 단점이 있지만 영업소를 집약시킬 수 있으므로 유료도로의 경우에 자주 사용 된다. 일반적으로 트럼펫 형식은 출입 교통을 한 곳에 모을 수 있으므로 영업소가 집약되어 관리가 쉬우므로 유료 고속국도의 전형적인 형식으로 되어 있다.



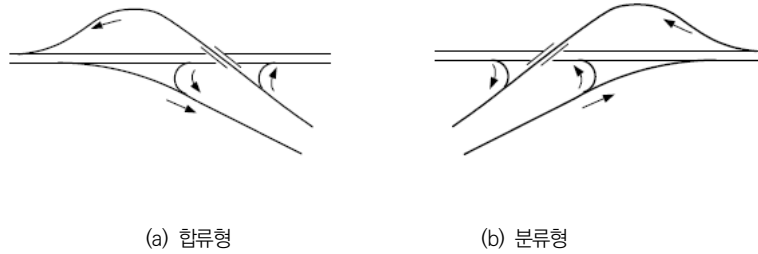
〈그림 3.15〉 트럼펫형 입체교차(네 갈래 교차)

(4) 준직결 + 평면교차형

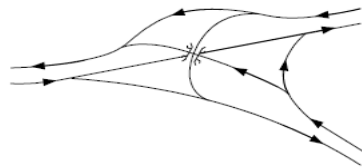
세 갈래 교차로 분석 상에 일부 평면교차를 허용하는 형식(그림 3.16)은 도시지역 일반 도로의 중요한 Y형 교차점이나 우회 도로의 분기점 등에 사용된다. 입체화된 준직결 연결로를 합류 측에 사용하는 형식(이하 합류형)에서는 분류가 자연스럽게 주 도로에 평면 좌회전이 생기고, 분류 측에 준직결 연결로를 사용한 형식(분류형)에서는 부 도로에 평면 좌회전이 생긴다.

신설 우회 도로 계획 등에서 좌로 분기하는 신설 도로를 축조하는 경우, 기존 도로를 개량하지 않아도 되므로 합류형이 채택되기 쉽지만 분기하는 편이 주류가 되는 경우에는 안내 표지를 설치하더라도 교통의 혼란을 초래하기 쉽고 교통의 지체와 사고의 잠재적 요인이 된다. 이와 같은 경우에는 다소 공사비가 증대하더라도 기존 도로를 일부 개량하여 그림 3.17과 같이 직결 Y형을 채택해야 한다.

연결로의 교통량이 적을 때에는 준직결 연결로를 상호 평면교차로 하는 세 갈래 다이아몬드형을 채택할 수도 있다. 이 형식은 출입이 적은 일반 도로의 입체교차로 이용해도 좋지만 평면교차부가 연결로 경사부의 직후에 있어 교통안전상 위험하므로 이를 채택하려면 신중한 검토가 필요하다.



〈그림 3.16〉 본선 상에 평면교차를 허용한 입체교차 방식

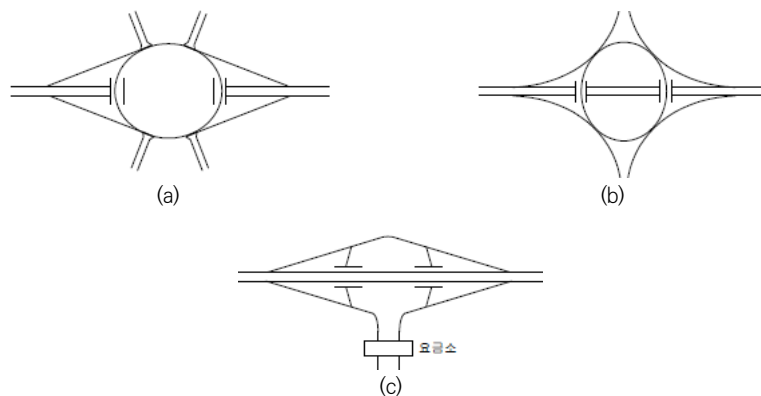


〈그림 3.17〉 직결 Y형

3.3.2 로타리(Rotary) 입체교차

로터리 형식은 평면교차는 포함되지 않으나 연결로를 전부 독립으로 하지 않고 2개 이상으로 차로(통과 차로 또는 연결로)를 부분적으로 겹쳐서 엇갈림을 수반하는 부분을 가진 형식이다.

로터리(Rotary) 입체교차의 기본 형식은 그림 3.18과 같다.



〈그림 3.18〉 로타리형 입체교차(예시)

다섯 갈래 이상의 여러 갈래 교차로에서 로터리 형식으로 인터체인지를 형성하면 교통 동선이 많고 복잡해지므로 다섯 갈래 이상의 교차는 이를 2개 이상의 교차로로 분리하여 1개 교차로에서 4선 이상의 갈래가 집중되지 않도록 설계한다. 이와 같은 처리를 할 수 없을 때에는 엇갈림을 수반하는 로터리 형식을 채택하는 것이 실질적이다. 그러나 엇갈림 구간을 길게 잡는 것은 곤란하므로 로터리 형식은 교통량이 적은 경우에만 고려하는 것이 적합하다.

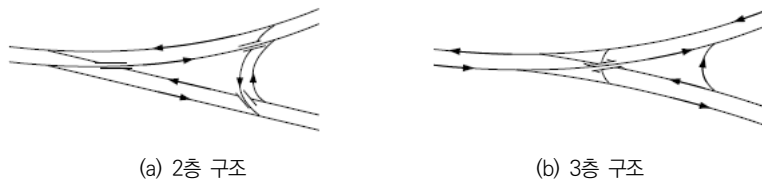
3.3.3 완전 입체교차

완전 입체교차 형식은 인터체인지의 기본형으로서 인터체인지 본연의 목적에 가장 부합된 형식이다. 이 형식은 평면교차를 포함하지 않고 각 연결로가 독립되어 있는 인터체인지이다. 그러나 일반적으로 공사비가 많이 들고 용지 면적도 광대하게 소요되므로 고규격 도로의 입체교차시설에 주로 적용된다.

(1) 직결형 및 준직결형(세 갈래 교차)

세 갈래 완전 입체교차 형식 중 그림 3.19와 같이 세 방향의 모든 접속이 직결 연결로로 연결된 형식을 직결 Y형이라 하며 일반적으로 고규격 도로 상호 접속에 사용한다.

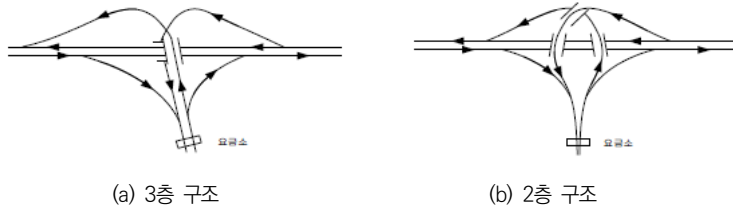
각 분기 상호 간의 거리를 상당히 확보한 형으로는 그림 3.19(a)와 같이 차로의 교차는 분산된 세 개의 2층 구조물로 처리된다. 지형과 용지 조건 등의 제약 때문에 모양을 작게 하여 통합할 필요가 있는 경우에는 그림 3.19(b)와 같이 교차를 하나로 통합하여 3층의 입체교차 형식을 채택한다. 이 형식은 모든 연결로가 직접 좌측에서 분기하기 때문에 왕복 차로를 넓게 분리할 필요가 있으며, 용지 면적이 과도하게 소요되므로 처음부터 본선과 입체 교차를 일체로 하여 계획, 설계할 필요가 있다.



〈그림 3.19〉 직결 Y형 완전 입체교차(세 갈래 교차)

준직결 연결로를 사용한 준직결 Y형(그림 3.20)은 주로 고규격의 도로와 일반 도로의 입체교차에 사용된다. 이 형식도 선형을 크게 설치하는 경우 입체교차 구조물을 구태여 3층으로 하지 않아도 그림 3.20(b)와 같이 세 개의 2층 구조로 건설할 수도 있다.

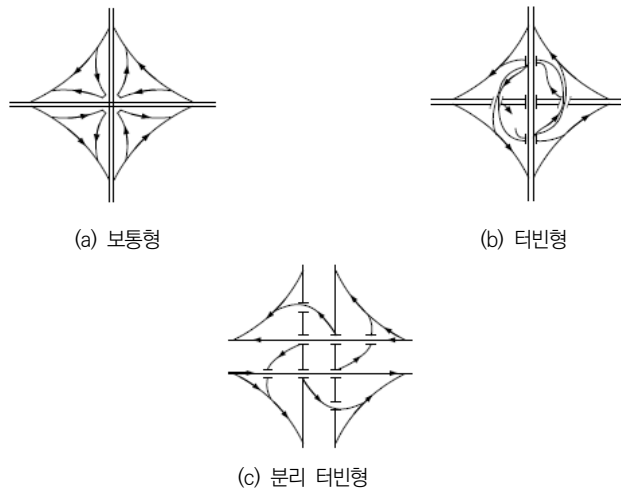
이 형식은 분기점에서 한 쪽의 교통량이 상대적으로 많을 경우 사용된다. 이 경우 직결 Y형에 비해 주행성은 다소 떨어지지만 왕복 차로를 넓게 분리하지 않아도 된다는 이점이 있다. 보통 루프 연결로를 사용하지 않는 직결형, 준직결형은 평면선형보다 오히려 종단선형의 제약, 즉 입체교차를 위한 높이 차이에 의해서 좌우되는 경우가 많다.



〈그림 3.20〉 준직결 Y형 완전 입체교차(세 갈래 교차)

(2) 직결형(네 갈래 교차)

고속국도 상호, 기타 고규격 도로의 십자형 접속에는 클로버형의 변형과 준직결형 및 그 변형이 있으며, 이들은 하나 이상의 직결 또는 준직결 연결로를 가지고 있어 직결형이라고 불리지만 좌회전 교통을 원활한 곡선으로서 처리하기 때문에 필연적으로 공사비도 증대된다. 그러므로 처리 교통량과 경제성을 충분히 검토해야 한다. 직결형에는 여러 가지 형식이 있지만 그 중 비교적 적용성이 높은 몇 가지 예시는 그림 3.21과 같다.



〈그림 3.21〉 직결형 입체교차(네 갈래)

(3) 트럼펫형(세 갈래 교차)

트럼펫형은 세 갈래 입체교차의 대표적 형식으로서, 분기점의 입체교차시설로 이용되는 일은 비교적 드물다. 그 이유는 루프 연결로에서 50 km/h 이상의 높은 설계속도를 적용하는 것이 우리나라의 용지나 지형 조건으로 보아 곤란하기 때문이다.

그러나 루프 연결로를 이용하는 교통량이 적을 것으로 판단되는 경우에는 트럼펫형의 적용이 적절할 때도 있다. 특히, 연결되는 고속국도 상호 간 교통량과 그 중요도에 차이가 있어 어느 한 쪽을 주 도로로 볼 수 있을 경우에는 트럼펫형을 적극적으로 채택해도 된다.

특별한 경우로서, 분기점에 영업소가 병설되는 경우 Y형보다는 오히려 트럼펫형을 채택하는 것이 바람직하다. 분기점에 영업소가 병설되면 당연히 모든 차량이 일단 정지해야 하므로 연결로 설계속도를 지나치게 높게 잡으면 오히려 위험하고, 과다한 설계가 되기 때문이다.

그러나 요금소 병설 세 갈래 분기점의 경우에도 통행로 자동요금징수체계(NTCS)의 도입을 고려하여 경제 여건만 허락된다면 준직결 Y형으로 설치하는 것이 바람직하다.

(가) 루프 연결로에 따른 형식

트럼펫형에는 그림 3.22와 같이 루프를 교차점 지나서 설치하고, 본선 ①↔②에 대해 유출 연결로에 루프를 사용하는 형(B형)과 루프를 교차 구조물의 전방에 설치하여 유입 연결로로 사용하는 형(A형)이 있으나 ①↔② 방향의 본선을 주 교통류로 하면 A형은 ③ 방향 근처에 본선 요금소가 있고, 또한 ③↔①에 방향의 교통이 ②↔③의 교통량에 비해 상대적으로 많을 경우에 한하여 그 적용성이 인정된다.

이 형식에는 ③방향에서 주행해 온 운전자에 대해 교통표지 등에 의한 적절한 예고, 유도를 한다 하더라도 고속에서 급작스럽게 루프형 연결로에서의 주행이 불가피하게 되어 안전상의 취약점을 갖고 있다.

이와 같은 이유에서 분기점(Junction)에는 원칙적으로 B형을 적용해야 하며, 이 경우에 본선 ①↔②가 다른 쪽의 본선을 상부 통과하도록 하여 루프형 연결로의 크기가 빨리 인식될 수 있도록 배려해야 한다.

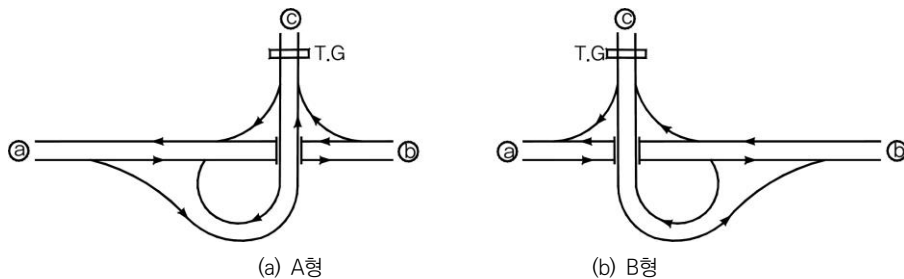
분기점에서 트럼펫형을 채용하는 경우, 루프 연결로의 설계속도는 최대 50 km/h를 적용하고, 통상적으로 40 km/h가 그 한도이다.

A형과 B형의 적용에 있어서는 다음 사항을 고려하여 교통안전과 경제성의 관점에서 종합적으로 판단해야 한다.

교통량이 적은 쪽의 연결로를 루프 연결로로 한다. 왜냐하면, 루프는 용량이 준직결 및 직결 연결로보다 상당히 저하되고, 주행 거리가 길어지므로 교통량이 적은 쪽에 연결로 형식으로 루프를 사용하는 것이 교통량 측면과 주행비용 측면에서 타당하기 때문이다. 루프 연결로와 준직결 연결로의 교통량에 큰 차이가 없는 경우, 유입 연결로를 루프로 한다(A형). 단, 이 경우 준직결 연결로의 고속국도 본선 노즈 부근의 평면곡선반지름은 될 수 있는 대로 크게 하도록 한다.

왜냐하면, 교통량에 큰 차이가 없을 때에는 유입 연결로의 형식으로 루프를 사용하는 것이 교통안전상 유리하기 때문이다.

B형을 사용할 경우에는 원칙적으로 본선이 고가 차도(overpass) 형식으로 연결로 위에 설치되도록 한다. 왜냐하면, B형의 경우에는 루프형 연결로가 유출 연결로로 되므로 고속국도 측에서 유출하는 고속 차량의 속도 조정에 편리하도록 루프 연결로의 반지름을 크게 할 필요가 있으며, 또한 본선 상에서 루프 전체가 잘 보이게 설계해야 하기 때문이다. 본선이 연결로의 밑에 놓이고, 루프 연결로가 상향 경사일 경우 루프 앞에 있는 교대 뒤로 루프 부분이 가려져서 잘 보이지 않는다.



〈그림 3.22〉 트럼펫형 루프 연결로 형식

(나) 트럼펫형 완전 입체교차 유형

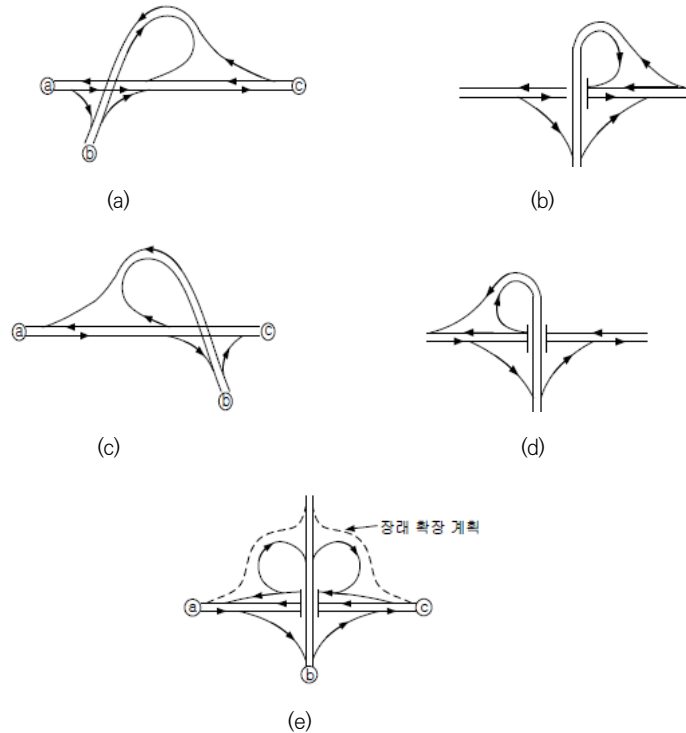
트럼펫형 입체교차 유형은 그림 3.23과 같다.

그림 3.23에서 (a)형과 (b)형, (c)형과 (d)형은 교차하는 각의 차이가 있다. 즉, (a)형과 (c)형은 경사져서 교차(skewed crossing)하도록 설계되어 있으나, (b)형과 (d)형은 직각으로 교차하도록 되어 있다. 경사각 교차인 (a)형과 (c)형은 직각 교차인 (b)형과 (d)형에 비교해서 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- ① 많은 좌회전 교통량에 대해 보다 완만한 평면곡선반지름이 제공된다.
- ② 모든 좌회전 교통에 대해 회전각이 작다.

③ 모든 좌회전 교통에 대해 주행 거리가 짧다.

그림 (e)에 보이는 입체교차 형식은 모든 좌회전이 루프를 이용해야 하고, 또 엇갈림 현상을 유발하므로 좋은 설계 방법은 아니나 장기적으로 완전 클로버형으로 개량할 경우에는 초기 단계에서 적용할 수 있는 형식이다.

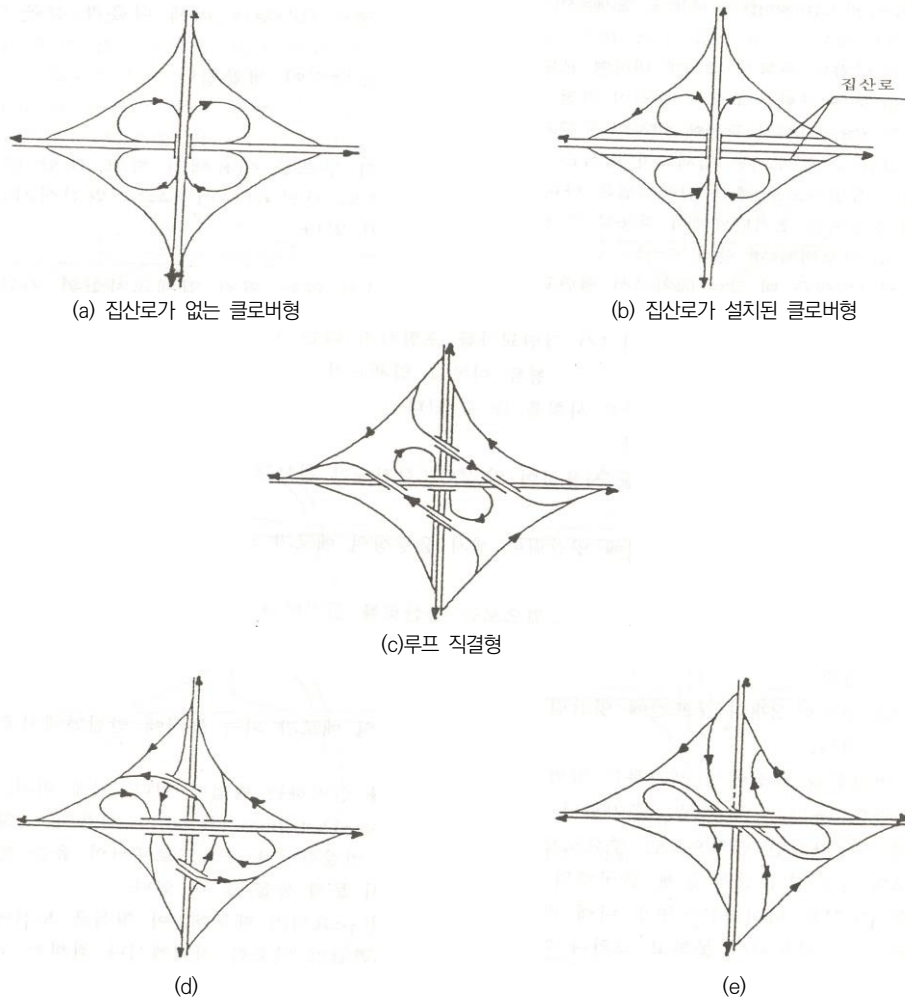


〈그림 3.23〉 트럼펫형 입체교차 유형 비교

(4) 클로버형(네 갈래 교차)

클로버형은 네 갈래 교차로서 평면교차를 포함하지 않는 완전 입체교차의 기본형으로, 기하학적으로 대칭인 아름다운 형을 이루고, 입체 교차 구조물도 한 개뿐인 입체교차이다. 이 형식의 단점은 다음과 같다.

- ① 용지가 많이 소요된다.
- ② 좌회전 차량이 루프를 사용하여 약 270° 회전해야 하므로 평면곡선반지름을 크게 할 수 없다.
- ③ 인접한 두 루프 연결로의 유입 지점과 유출 지점 간에 엇갈림이 생겨 용량상의 애로가 되는 동시에 교통안전상으로도 좋지 않다. 엇갈림을 본선에서 제거하는 방법으로서는 집산로를 설치하는 방법이 있다[그림 3.24(b)].



〈그림 3.24〉 클로버형 및 변형 클로버형

클로버형은 다이아몬드형에 비해 비용이 많이 소요되기 때문에 도시지역에서는 그다지 사용하지 않으며, 교외나 지방지역의 용지 편입이 양호한 지역에서 좌회전 차량을 평면교차 처리하지 않을 경우에 사용된다.

인터체인지에서 직결 좌회전 연결로의 거리와 비교하였을 때, 루프 연결로상의 이동거리는 설계속도가 증가함에 따라 더욱 길어진다.

두 개의 차로가 필요한 루프 연결로에서의 엇갈림 구간을 통과하는 설계 조건에는 세심한 주의가 요구되며, 이런 설계를 하려면 엇갈림 구간의 먼 곳에서부터 차로가 교차되어야 하고,

루프 연결로의 평면곡선반지름이 충분히 큰 클로버형 인터체인지가 되게 해야 하는데 이는 용지 면적의 추가, 건설비의 증가 및 운행 거리의 증가 등의 이유로 비경제적이다. 그러므로 2차로 루프 연결로의 설치가 필요할 경우는 변형 클로버형이나 직결형을 적용하는 것이 좋다. 완전 클로버형(Full Cloverleaf) 인터체인지가 주요 도로에 사용될 때에는 주요 도로에 집산로를 두어 엇갈림이 본선에서 일어나는 것을 없애는 것이 바람직하다.

교차도로가 4차로 이하인 도로에 이 형식을 사용한다는 것은 오히려 과대 설계가 될 수 있다. 한편 고속국도 상호의 설계속도가 크고 교통량이 많은 도로일 경우에는 이러한 형식으로는 많은 결점이 있기 때문에 통상 클로버형의 변형 혹은 직결형을 채택하는 경우가 많다.