

대한교통학회
제2기 교통분석 고급과정
강의 교재

엇갈림구간 용량 분석

한 양 대 학 교
교 수 장 명 순

목 차

제1장 엇갈림구간 용량분석

1-1 기본·정의와 적용범위

1-2 엇갈림구간의 특성

1-3 엇갈림구간의 평균속도 산정 및 서비스수준 결정

1-4 분석 과정

1-5 예제풀이

부록A. 연결로 엇갈림 이외의 형태에 관한 적용지침

1. 개요

2. 속도 추정식

3. 제약운행 여부의 판정

4. 적용범위

5. 서비스수준과 분석과정

제 1 장 엇갈림구간 용량분석

1-1 기본정의와 적용 범위

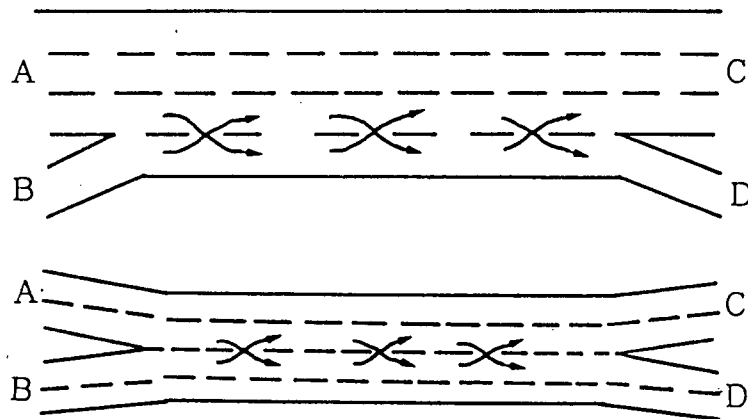
엇갈림(weaving)이란 교통통제 시설의 도움없이 상당히 긴구간을 따라가면서 동일 방향의 두 교통류가 차선을 변경하는 교통현상을 말한다. 엇갈림 구간은 합류 구간 바로 다음에 분류 구간이 있을 때 또는 유입 연결로 바로 다음에 유출 연결로가 있을 때, 이 두 지점이 연속된 보조차선으로 연결되어 있는 구간이다.

본 분석체계는 주로 연결로 엇갈림 구간에 적용할 수 있다. 다른 형태의 엇갈림 구간은 대부분이 고속도로의 위계상 불합리하게 설계되어 운영상의 문제가 많은 형태이므로 설계시에는 이를 고려하지 않는 것이 좋다. 설계시 그러한 엇갈림 형태가 부득이하게 발생하는 경우는 부록에 설명된 분석 지침을 참고하면 된다.

엇갈림 구간에서는 운전자들이 원하는 곳으로 접근하기 위해 필수적인 차선변경이 요구되므로 다른 도로 구간보다는 교통혼잡이 더 많이 발생하는 구간이다. 이러한 교통류의 혼잡을 효과적으로 처리하기 위해서는 특수한 교통 운영 기법을 필요로 하며, 도로의 설계에 있어서도 극히 주의하지 않으면 교통혼잡과 교통사고 발생의 위험도 대단히 커지게 된다.

[그림 1-1]은 엇갈림 구간을 도시하고 있다. 그림에서 교통류 A→D는 교통류 B→C와 교차해야 하므로 교통류 A→D와 B→C는 “엇갈림 교통류”라 하고, 교통류 A→C와 B→D는 교차하지 않고도 원하는 진행 방향을 유지할 수 있기 때문에 “비엇갈림 교통류”라고 한다. 또한 [그림 1-1]과 같이 하나의 합류지점과 분류지점이 있는 엇갈림 구간을 단순 엇갈림 구간이라 하고, 하나의 합류지점 다음에 두 개 이상의 분류지점이 있거나 두 개 이상의 합류지점 다음에 하나의 분류지점이 있는 엇갈림 구간을 복합 엇갈림 구간이라 한다. 복합 엇갈림 구간은 우리나라에서 설치된 예가 거의 없고, 운영 측면에서도 비효율적이기 때문에 앞으로도 설치될 가능성이 희박하다는 점 외에도 고속도로의 위계상 합리적인 설계 형태가 아니라는

점에서 본 편람에서는 단순 엇갈림 구간에 대해서만 설명한다. 다른 형태의 엇갈림 구간에 대해서는 부록에 설명된 분석 지침을 참고하면 된다.



[그림 1-1] 엇갈림 구간의 교통흐름

엇갈림 구간의 운행특성을 분석하기 위한 기준(효과척도)으로는 평균통행속도(이하 평균속도)를 이용하였으며, 1985년판 미국의 도로용량편람(HCM)과 같이 엇갈림 차량들과 비엇갈림 차량들의 서비스 수준별 속도 기준을 제시하였다.

본 편람에서는 엇갈림 구간을 분석하는 과정을 계획 및 설계 분석과 운행상태 분석으로 나누었다. 계획 및 설계 분석은 계획된 교통량과 서비스 수준에 대한 엇갈림 구간의 길이를 산정하는 데 이용되며, 운행상태 분석은 기존 또는 계획 교통량에 대한 서비스 수준 결정과, 해당 서비스 수준에서 엇갈림 구간이 수용할 수 있는 평균속도를 산출하는 데 이용된다.

1-2 엇갈림 구간의 특성

1-2-1 일반적인 고려사항

- 1) 엇갈림 구간의 분석에서는 고속도로 기본구간과 같이 15분 교통량을 1시간으로 환산한 교통량을 이용한다.
- 2) 엇갈림 구간에서 승용차 환산계수는 고속도로 기본구간의 값을 적용한다.
- 3) 본 장은 주로 연결로 엇갈림 구간에 대하여 적용할 수 있으며, 다

른 형태는 부록을 참고하면 된다.

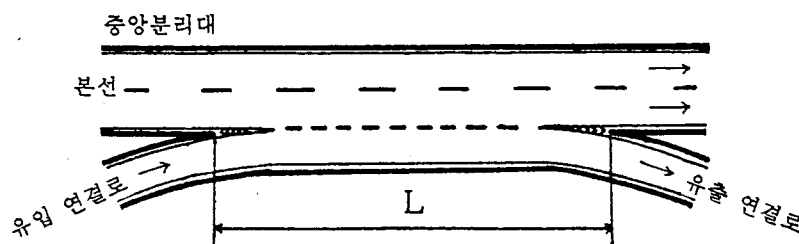
4) 엇갈림 구간의 길이는 750m 이내에 적용할 수 있으며, 그 이상은 독립된 유출입 연결로로 분석하면 된다. 또한, 이 구간의 속도 및 교통량은 분석에 필요한 가장 중요한 변수이다.

1-2-2 엇갈림 구간의 길이

엇갈림 구간의 길이는 엇갈림 구간 진입로와 본선이 만나는 지점에서 진출로 시작 부분까지(물리적인 고어부 사이의 거리)의 길이로 한다.([그림 1-2] 참조)

엇갈림 구간의 길이는 엇갈림에 필요한 차선을 변경하는 데 드는 시간과 공간을 운전자들에게 제공해야 하며, 엇갈림 교통량이 많을수록 이 길이는 길어야 한다. 따라서 이 길이가 짧을수록(다른 요인은 일정하다고 가정) 운전자가 차선을 변경하기가 어려워지며, 그로 인한 혼란의 정도는 높아진다. 반면에 이 길이가 충분히 길게 제공되었을 경우 엇갈림으로 인한 영향은 작다고 볼 수 있다.

본장의 분석절차는 엇갈림 구간의 길이가 750m보다 짧은 구간에 한해 적용할 수 있다. 엇갈림 구간의 길이가 750m보다 긴 구간에서는 엇갈림이 일어난다기보다는 합류와 분류 움직임이 독립적으로 본선 교통류에 영향을 미친다고 볼 수 있으므로 6장의 분석절차에 따라 분리시켜 독립적으로 분석하면 된다. 또한 엇갈림을 위한 최소한의 그 길이와 안전한 차선변경에 필요한 최소 시간 등을 고려하여 그 길이로 최소 200m는 제공되어야 한다. 이 최소 길이는 엇갈림 구간이 설치될 만한 지역이 주로 도시부의 고속도로인 점 등을 감안한다면 그렇게 짧은 편은 아니다.

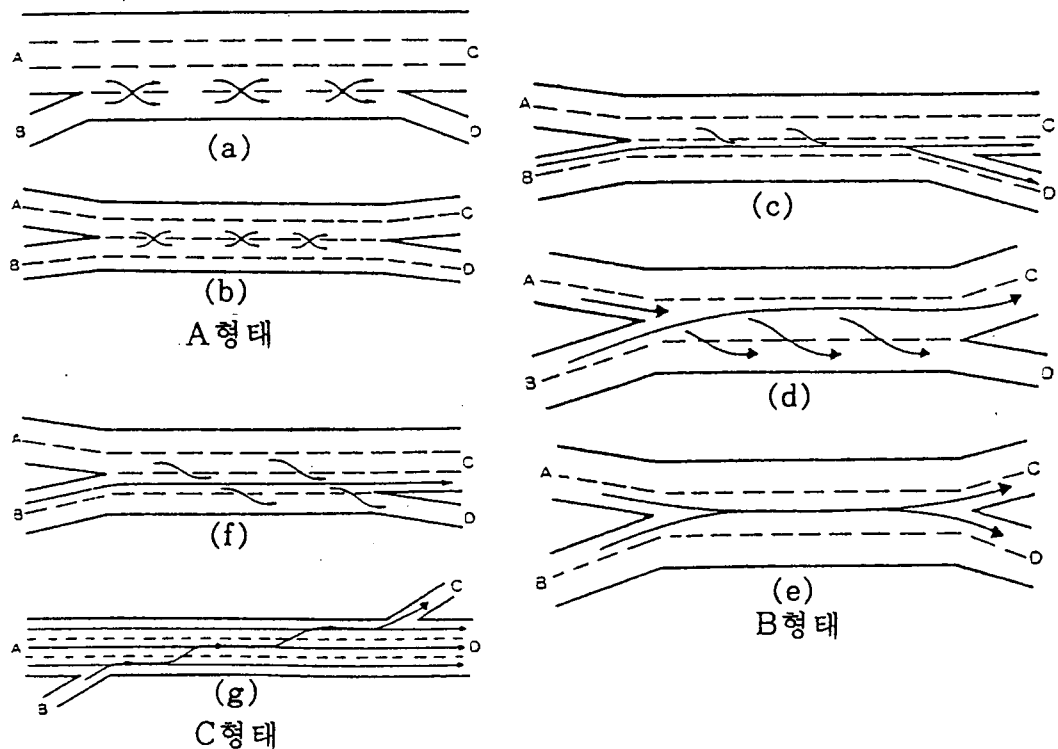


[그림 1-2] 엇갈림 구간의 길이

1-2-3 엇갈림 구간의 형태

엇갈림 구간의 형태는 엇갈림 구간을 통과할때 엇갈림 차량이 차선을 변경해야 하는 최소 차선수와 진출입 차선의 위치에 따라 A형, B형, C형 등 세 가지로 분류되며, 본 장의 분석 초점은 A형의 연결로 엇갈림 구간에 두고 있다.

엇갈림 구간의 형태는 운전자가 엇갈림하는 데 필요한 차선변경 횟수에 의해 A형, B형, C형의 세 가지로 구분된다.([그림 1-3] 참조) 차선변경 횟수는 진입 차선과 진출 차선의 위치와 차선수에 따라 결정되는데 이들은 차선변경을 포함한 엇갈림 구간의 운행특성에 큰 영향을 미치기 때문에 엇갈림 구간의 설계에서 매우 중요하다. 그러나 현재 우리나라에 설치된 대부분의 엇갈림 구간이 A형인 점과, B형과 C형은 설계 및 운영상 고속도로의 설계 수준에 맞지 않게 불합리하다는 점 등을 고려하여 본 장의 분석체계는 주로 A형태의 연결로 엇갈림 구간을 대상으로 하였다.



[그림 1-3] 엇갈림 구간의 형태

A형태의 엇갈림 구간은 각각의 엇갈림 차량들이 원하는 방향으로 주행하기 위해 한 번의 차선변경을 해야 하는 구간을 말한다. A형태 엇갈림 구간의 두 가지 예는 [그림 1-3]에 나타내었다. [그림 1-3] (a)는 연결로 엇갈림 구간으로서 진입 연결로 다음에 진출 연결로로 구성되어 있으며, 두 연결로는 연속된 보조차선으로 연결된 엇갈림 구간이다. 진입 연결로 차량은 길어깨측 차선으로 들어가기 위해 보조차선으로부터 차선을 변경하여야 하며, 진출 연결로 차량은 길어깨측 차선으로부터 보조차선으로 차선을 변경하여야 한다. 앞에서도 언급한 바와 같이 진출입 연결로가 연속된 보조차선으로 연결되어 있지 않은 구간은 연결로 접속부로 간주한다. 현재 우리나라에 설치된 엇갈림 구간의 대부분은 완전 또는 불완전 클로바형 입체 교차로에서 발생하는 연결로 엇갈림 구간([그림 1-3](a))의 형태에 속한다.

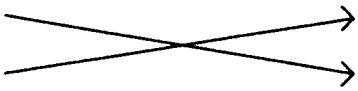
주 엇갈림 구간은 2개의 주 도로가 만나 일정구간을 엇갈린 후에 다시 2개의 주 도로로 갈라지는 구간을 말하는데, [그림 1-3](b)는 2개 2차선 도로가 4차선 도로로 연결된 다음 다시 분류지점에서 2개의 2차선 도로로 분리된 엇갈림 구간을 나타낸 것이다. 주 엇갈림 구간에서도 엇갈림하는 방향에 무관하게 모든 엇갈림 차량들은 적어도 하나의 차선을 변경해야 유입 또는 유출이 가능하다. [그림 1-3](a)와 (b)는 모두 하나의 크라운선이 있는데, 크라운선이란 유입부 삼각형 끝과 유출부 삼각형 끝을 연결하는 선을 말한다. 엇갈림 차량들이 차선을 변경하기 위해서는 이 크라운선을 지나야 한다.

모든 B형태 엇갈림 구간은 엇갈림을 하는 교통류 중에서 하나의 교통류는 차선변경 없이 진행할 수 있으며, 나머지 엇갈림 교통류는 많아야 한 번의 차선변경이 필요하다. 따라서 한 방향의 엇갈림 교통량이 나머지 엇갈림 교통량보다 상대적으로 많을 때 많은 엇갈림 교통류를 효율적으로 처리할 수 있다.

C형태 엇갈림 구간은 B형태 엇갈림 구간처럼 하나의 교통류는 차선 변경 없이 진행할 수 있으나 나머지 교통류는 두 번 이상의 차선 변경이 필요하며, [그림 1-3]의 C형태(g)는 고속도로의 위계에 맞지 않게 불합리하게 설계된 경우이다.

<표 1-1>은 차선변경에 필요한 차선수에 의한 엇갈림 구간 형태를 구분하는 표이다.

<표 1-1> 차선변경에 의한 엇갈림 구간 형태 분류

			
엇갈림 교통량 a에 필요한 차선변경 횟수	엇갈림 교통량 b에 필요한 차선변경 횟수		
	0	1	≥ 2
0	B형	B형	C형
1	B형	A형	-
≥ 2	C형	-	-

1-2-4 엇갈림 구간의 차선수와 운행특성

엇갈림 구간의 차선수로 표현되는 엇갈림 구간의 폭도 이 구간의 운영에 큰 영향을 주는 요소이다. 이 구간의 폭이 넓을수록 엇갈림 교통류가 이 구간에 미치는 영향은 작을 것이며, 통행속도도 그만큼 덜 제약을 받을 것이다.

엇갈림 구간의 교통류는 엇갈림 교통류와 비엇갈림 교통류로 분리할 수 있다. 엇갈림 교통류가 이 구간에 미치는 영향은 기본적으로 차선변경이 가능한 간격이 어느 정도 있는지 또는 차선변경을 할 수 있는 위치에 따라 다르게 나타난다. 앞의 것은 교통량과, 뒤의 것은 엇갈림 구간의 길이와 상관성이 있으며 엇갈림 구간의 교통특성은 이 두 조건에 따라 결정된다. 차선변경은 엇갈림 구간의 차선수와 관계되는데, 이때 차선수라 함은 전체 차선수를 포함할 뿐만 아니라 전체 차선 중에서 엇갈림 교통류가 이용하는 차선수와 비엇갈림 교통류가 이용하는 차선수를 따로 생각해야 한다.

일반적으로 엇갈림 교통류는 교통류를 혼란시키고 비엇갈림 교통류에 비해 도로 사용 면적이 넓다. 도로의 사용 면적은 교통량과 엇갈림하기 위한 차선변경 횟수에 따라 다르게 되며 차선변경 횟수는 엇갈림 구간의 형태에 따라 달라지므로, 엇갈림 구간의 분석에는 엇갈림 구간의 교통량과 형태가 중요함을 알 수 있다.

실제로 엇갈림 구간을 통과하는 차량들은 상호 견제 작용에 의해 모든 교통류가 대체로 같은 통행속도를 갖게 될 때까지 균형을 이루려고 노력한다. 그러나 이미 설명한 대로 엇갈림 구간의 형태에 의해 엇갈림 교통류가 그 움직임에 제한을 받게 되는 경우 엇갈림 교통류는 원하는 만큼의 도로 사용 면적을 확보하기 힘들기 때문에 균형을 이룬 때에 비해 엇갈림 교통류의 통행속도가 떨어지게 된다. 이러한 상태로 운영되는 엇갈림 구간을 “제한된 운영”을 갖는다고 한다. 1985년 미국 도로용량편람의 엇갈림 구간 분석과정에는 엇갈림 구간의 운영상태가 제약받고 있는지에 따라 영향이 다른 것으로 나타내었다. 그러나 국내의 자료는 이 두 가지가 큰 차이를 보이지 않고 속도 예측식에 교통량 상태를 나타내는 변수가 이미 포함되어 있으므로 본 편람에서는 미국 편람과는 달리 엇갈림 구간의 운영상태를 구분하지 않고 분석하는 방법을 제시하였다.

1-3 엇갈림 구간의 평균속도 산정 및 서비스 수준 결정

연결로 엇갈림 구간의 효과척도는 평균속도를 이용한다. 엇갈림 구간의 속도는 비엇갈림 교통류의 속도(S_{nw})와 엇갈림 교통류의 속도(S_w)로 나누어 예측하며, 예측식은 <식 1-1>과 같다.

$$S_{nw} \text{ 또는 } S_w = 30 + \frac{S_D - 30}{1 + W_{nw} \text{ (또는 } W_w)} \dots\dots\dots \text{<식 5-1>}$$

$$W_{nw} = 0.145(1 + VR)^{0.91}(V/N)^{1.04}/L^{1.15} \text{ (비엇갈림 교통류)}$$

$$W_w = 0.128(1 + VR)^{2.00}(V/N)^{1.18}/L^{1.20} \text{ (엇갈림 교통류)}$$

여기서,

$$S_{nw} = \text{비엇갈림 교통류의 평균속도(km/시)}$$

$$S_w = \text{엇갈림 교통류의 평균속도(km/시)}$$

S_D = 본선의 설계속도(km/시)

W_{nw} = 비엇갈림 교통류를 위한 엇갈림 계수

W_w = 엇갈림 교통류를 위한 엇갈림 계수

VR = 엇갈림 교통류 비(V_w/V)

V_w = 엇갈림 교통류(승용차/시)

V = 엇갈림 구간의 전체 교통량(승용차/시)

N = 엇갈림 구간의 전체 차선수

L = 엇갈림 구간의 길이(m)

엇갈림 구간의 교통류는 엇갈림 교통류와 비엇갈림 교통류로 나눌 수 있다. 따라서 엇갈림 구간의 평균속도도 엇갈림 교통류와 비엇갈림 교통류의 평균속도로 구분할 수 있다. 그러나 비엇갈림 교통류라 할지라도 엇갈림 교통류 인접차선의 비엇갈림 교통류는 엇갈림 차량의 영향을 받아 속도는 다소 떨어짐을 염두에 두어야 한다.

본 편람에서는 미국 도로용량편람과 같이 엇갈림 구간의 평균속도를 비엇갈림 교통류의 평균속도(S_{nw})와 엇갈림 교통류의 평균속도(S_w)로 구분하였다. 비엇갈림 교통류의 평균속도는 고속도로 기본구간의 평균속도보다 다소 떨어지며, 엇갈림 교통류의 평균속도는 비엇갈림 교통류의 평균속도보다 10~15km/시 정도 떨어진다. 또한 엇갈림 구간의 교통량과 길이가 속도에 미치는 영향은 비엇갈림 차량보다는 엇갈림 차량의 경우가 더 크며, 엇갈림 교통량 비 역시 이와 비슷한 영향을 미친다.

엇갈림 구간의 교통량 계산시에는 고속도로 기본구간의 승용차 환산계수를 적용해야 하며, <식 1-1>에서 산출된 속도와 <표 1-2>의 기준에 따라 엇갈림 구간의 서비스 수준을 결정한다. 또한 <표 1-2>를 적용할 때에는 다음과 같은 한계 값을 고려하여야 하며, 이를 넘어서는 경우는 적용상의 주의를 요한다.

- ① 엇갈림 교통량 비($VR(max)$)=0.50($N=3$, 본선 차선수=2인 경우)
=0.45($N=4$, 본선 차선수=3인 경우)
=0.40($N=5$, 본선 차선수=4인 경우)

- ② 엇갈림 구간의 차선당 최대 교통량($V(max)/N$)=2,000승용차/시/차선

③ 최대 엇갈림 교통량($V_w(\max)$)=2,800승용차/시

<표 1-2> 엇갈림 구간의 서비스 수준 (단위 : km/시)

서비스 수준	비엇갈림 교통류의 속도(S_{nw})	엇갈림 교통류의 속도(S_w)	
		연결로 엇갈림	주 엇갈림*
A	≥94	≥82	≥87
B	≥86	≥75	≥80
C	≥78	≥67	≥72
D	≥68	≥58	≥63
E	≥50	≥47	≥50
F	<50	<47	<50

* 주 엇갈림 구간의 기준은 미국 도로용량편람의 값을 조정한 것임

1-4 분석 과정

1-4-1 개요

본 분석체계는 연결로 엇갈림 구간에 적용할 수 있다. 다른 형태의 엇갈림 구간은 부록의 적용 지침을 참고 하면 된다.

계획 및 설계 단계의 분석시에는 설계 서비스 수준에 맞는 엇갈림 구간의 길이를 결정하며, 운행상태 분석시에는 엇갈림 차량과 비엇갈림 차량의 속도를 분석하여 서비스 수준을 판별한다.

본 분석체계는 국내 엇갈림 구간 중 가장 전형적인 형태인 연결로 엇갈림 구간에 적용할 수 있다. 국내에는 없는 다른 형태의 엇갈림 구간은 대부분이 고속도로의 위계상 불합리하게 설계되어 운영상의 문제가 많은 형태이므로 설계시에는 이를 배제하는 것이 좋다. 부득이한 경우는 부록의 적용 지침을 참고로 하면 되며, 전반적으로 미국도로용량편람의 속도 예측식이 국내 자료에 비하여 약 5km/시 정도 낮게 예측하고 있으므로 적용시에는 이를 감안하여야 한다.

계획 및 설계 단계의 분석시 가장 중요한 변수에는 설계속도, 엇갈림 교

통량 등이 있으며, 이를 토대로 설계 서비스 수준에 맞는 엇갈림 구간의 길이를 결정한다. 운행분석시에는 비엇갈림 차량과 엇갈림 차량의 속도를 분석하여 이 구간의 서비스 수준을 판별한다.

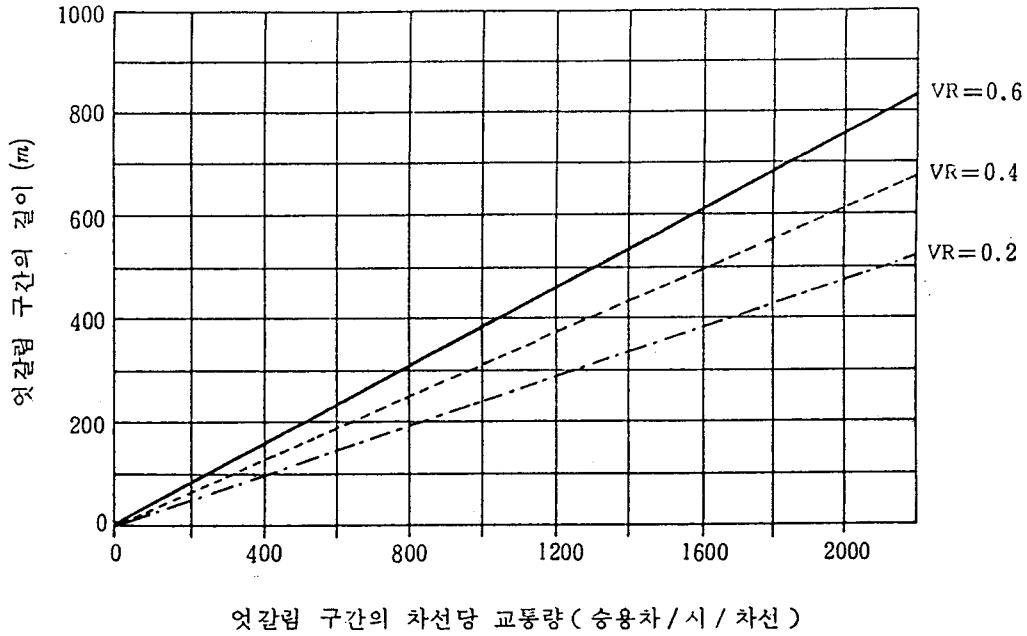
1-4-2 계획 및 설계 단계

설계시의 분석에 필요한 자료에는 설계속도와 설계 서비스 수준, 시종점 교통량, 기본 차선수, 엇갈림 구간의 길이 등이 있다. 이 중에서 엇갈림 교통량 비와 전체 교통량 및 해당 서비스 수준에 따른 속도 등을 독립 변수로 가지는 엇갈림 구간의 길이(L)는 가장 중요한 설계 변수이다.

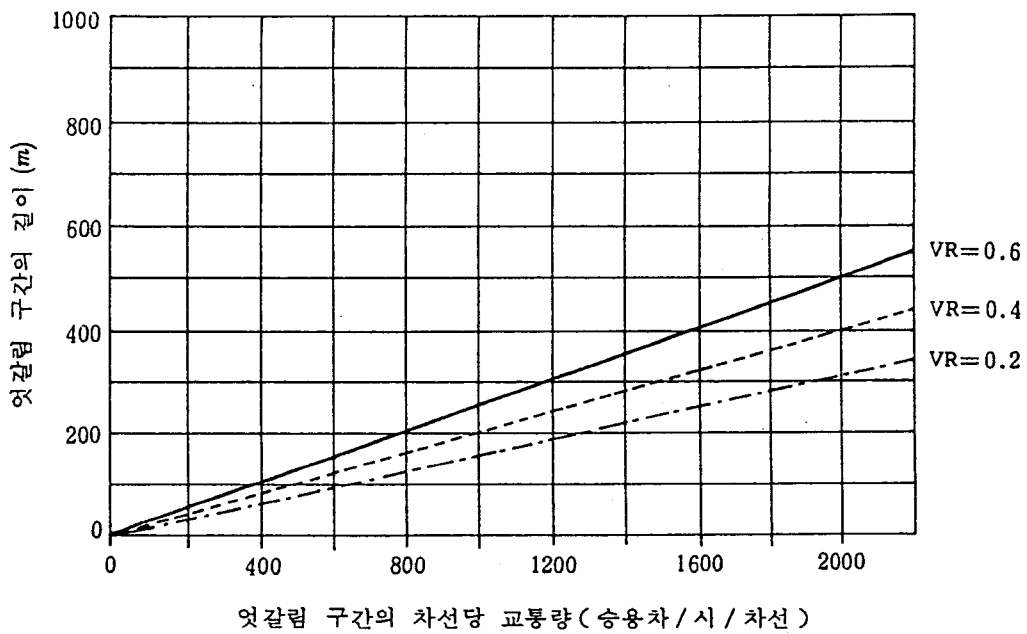
이 길이는 주로 엇갈림 차량이 엇갈림을 수행하는 데 필요한 최소 길이와 관계되므로 엇갈림 교통류에 대한 속도 추정식(S_w)을 역산하여 <식 1-2>나 [그림 1-6]~[그림 1-7]에서 구할 수 있으며, 그 길이는 최소값임에 유의해야 한다.

$$L(m) = [0.128(1+VR)^{2.00}(V/N)^{1.18}(S_w-30)/(S_D-S_w)]^{0.833} \dots\dots <식 1-2>$$

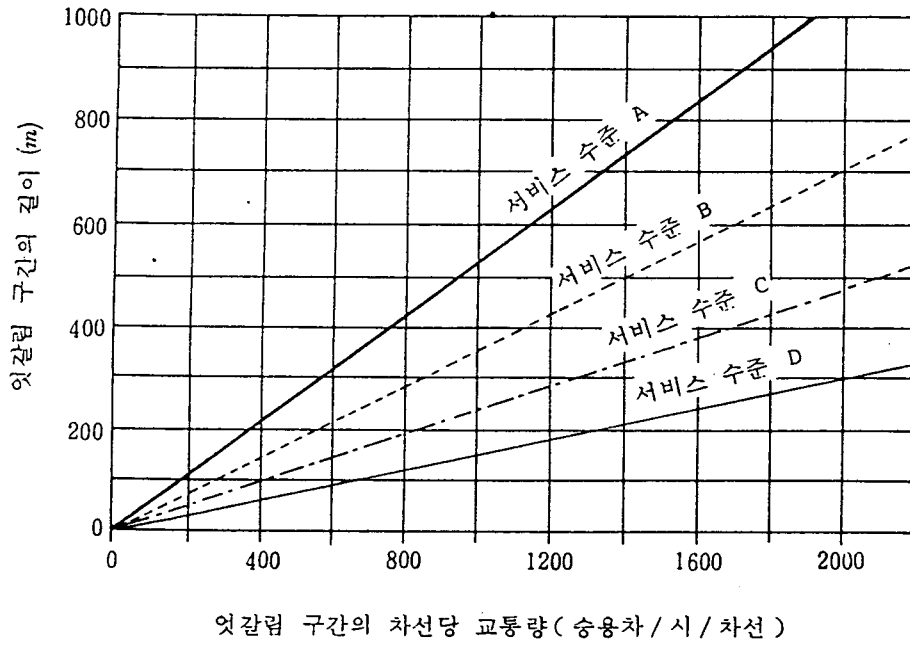
[그림 1-4]와 [그림 1-5]는, 설계 속도 100km/시인 경우에 설계 서비스 수준이 C와 D일 때 <식 1-2>를 토대로 엇갈림 교통량 비(VR)에 따른 차선당 교통량(V/N)과 엇갈림 길이(L) 사이의 관계를 나타낸 것이며, [그림 1-6]과 [그림 1-7]은 엇갈림 교통량 비가 0.2와 0.4일 때 설계 서비스 수준에 따른 교통량과 엇갈림 길이 사이의 관계를 나타낸 것이다. 설계속도나 교통량 비가 이 그림에서 제공한 예와 다를 경우에도 앞의 길이 산정식을 이용하여 두 변수간의 관계를 그림으로 표현할 수 있다.



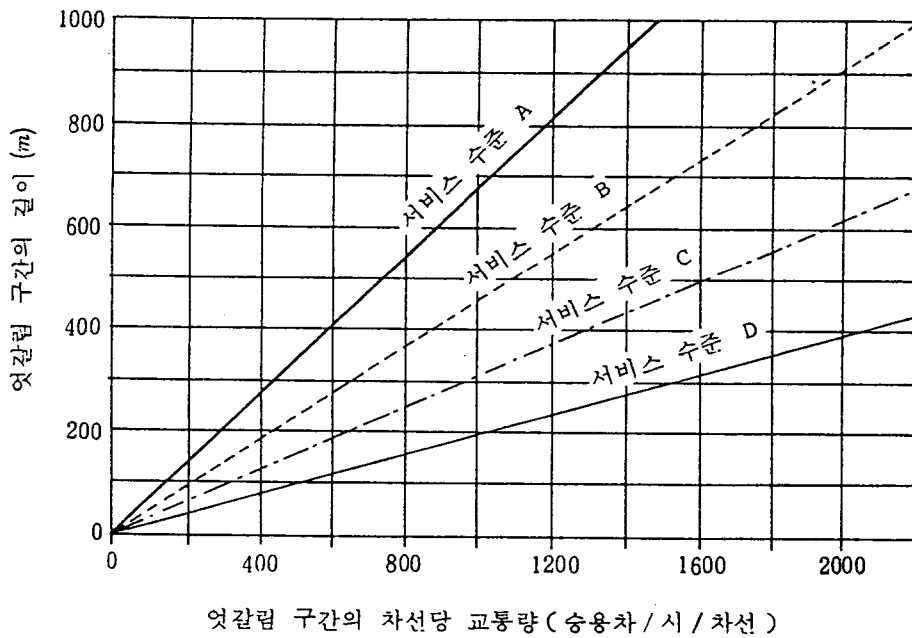
[그림 1-4] 교통량 비에 따른 교통량과 엇갈림 길이(설계 서비스 수준 C)



[그림 1-5] 교통량 비에 따른 교통량과 엇갈림 길이(설계 서비스 수준 D)

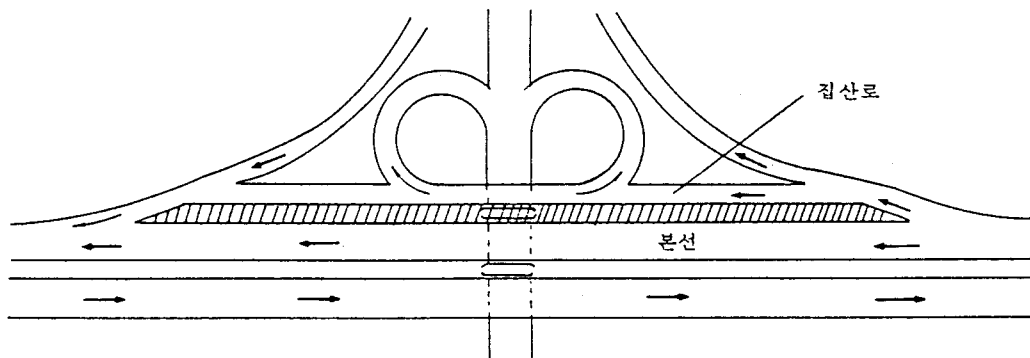


[그림 1-6] 서비스 수준에 따른 교통량과 잇갈림 길이 (VR=0.2)



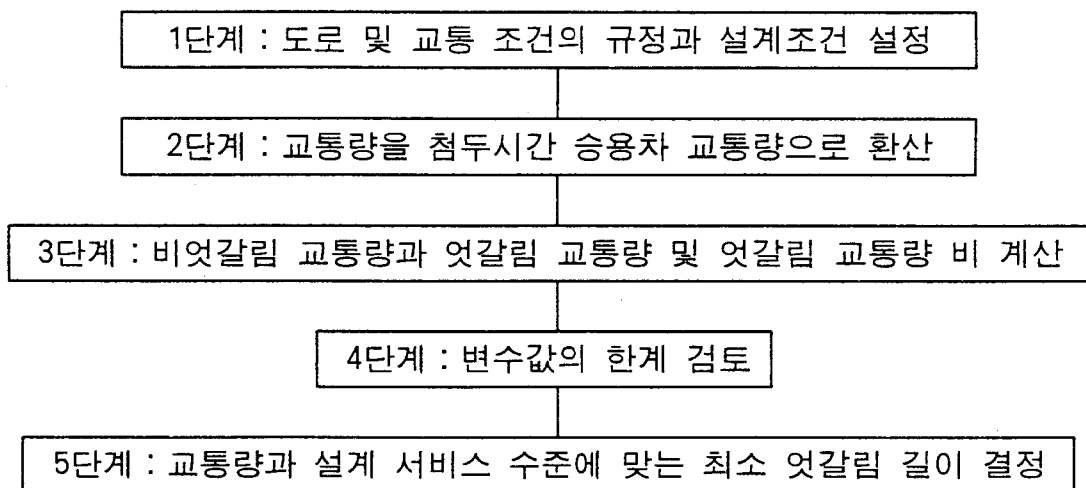
[그림 1-7] 서비스 수준에 따른 교통량과 잇갈림 길이 (VR=0.4)

그림에서 표현된 엇갈림 구간의 길이는 어디까지나 최소값임에 유의하여야 하며, 설계시에는 이를 감안하여 교통량에 관계없이 최소 200m의 길이는 확보해야 한다. 연결로 엇갈림 구간을 설치하는 경우에도 집산로를 설치하여 본선보다는 집산로에 엇갈림이 발생하도록 함으로써 엇갈림의 차량이 본선에 미치는 영향을 최소화하여야 한다. ([그림 1-8] 참조) 그 길이가 750m를 넘을 경우 독립된 연결로 접속부로 간주하여 6장의 분석 절차를 따라 분석하면 된다.



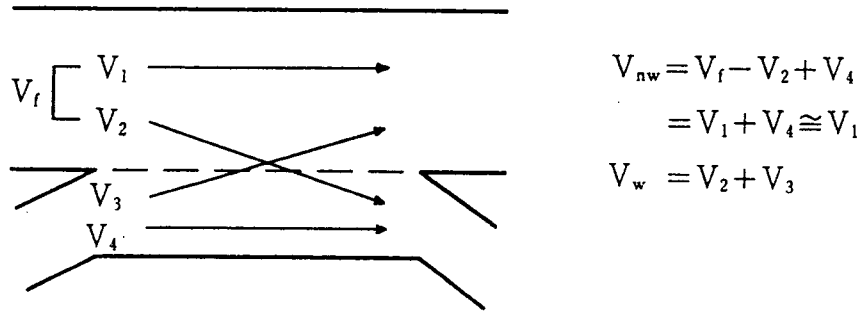
[그림 1-8] 엇갈림 구간이 집산로에 설치된 입체 교차로

엇갈림 구간을 계획 또는 설계할 경우 분석과정은 다음과 같다.



설계 속도km/시인 편도 4차선 고속도로의 연결로 엇갈림 구간을 설계할 경우 다음과 같은 과정을 밟는다.

1단계 : 도로 및 교통 조건의 규정과 설계 조건 설정



- 도로 조건 : 접근 방향별 차선수, 차선폭 및 엇갈림 형태, 설계 속도 등
- 교통 조건 : 방향별 1시간 교통수요, 중차량 구성비, 첨두시간계수, 승용차환산계수 등
- 설계 조건 : 설계 서비스 수준, 설계속도 및 서비스 수준의 균형

설계 서비스 수준은 도시지역의 경우 D 수준, 지방지역의 경우 C 수준으로 한다. 설계속도 100km/시 이상인 고속도로의 경우는 원활한 차량소통과 안전한 운행을 위해 원칙적으로 엇갈림 구간을 설치하지 않는 것이 바람직하며 설치할 경우라도 집산로를 설치하여 본선보다는 집산로에서 엇갈림이 발생하도록 한다.

또한 이와 같은 자료를 토대로 엇갈림 구간을 설계할 경우 설계 방침이 되는 서비스 수준의 기준은 다음과 같다. :

[비엇갈림 차량의 서비스 수준=엇갈림 차량의 서비스 수준]
 [엇갈림 구간의 서비스 수준=본선의 서비스 수준 또는
 본선의 서비스 수준-한 단계]

2단계 : 교통량을 첨두시간 승용차 교통량으로 환산

첨두시간계수(PHF), 중차량 구성비와 승용차환산계수로 방향별 1시간 교통량을 첨두시간 승용차 교통량으로 환산해야 한다.

3단계 : 비엇갈림 교통량과 엇갈림 교통량을 계산하여 엇갈림 교통량 비 산출

비엇갈림 교통량(V_{nw})과 엇갈림 교통량(V_w)을 계산한 후 속도 추정식에 포함된 변수인 엇갈림 교통량 비(VR)를 계산한다.

$$VR = V_w / V \\ = V_w / (V_w + V_{nw})$$

4단계 : 변수값의 한계 검토

엇갈림 교통량 비(VR) 등의 변수값이 한계값(≥ 0.60)을 넘을 경우 차선수의 조정과 같은 설계 변경을 하거나, 설계 변경이 불가능할 경우 5단계에서 엇갈림 구간 길이를 결정할 때 이를 고려하여 여유있게 해야 한다.

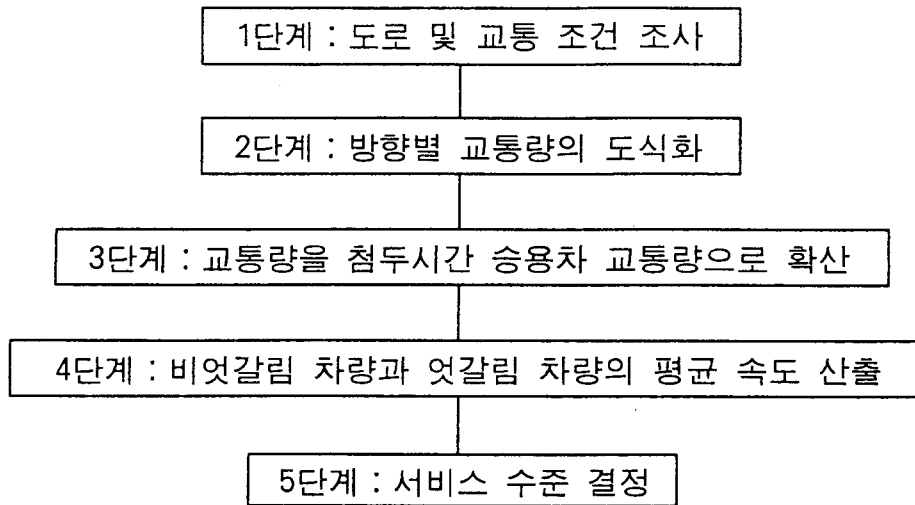
5단계 : 산출 결과가 주어진 조건에 맞을 경우 교통량과 설계 서비스 수준에 대해 최소 엇갈림 길이 결정

엇갈림 구간의 차선당 교통량과 엇갈림 교통량 비 및 주어진 설계 서비스 수준에 대하여 엇갈림 구간의 최소 길이를 결정한다. 길이는 <식 1-2>이나 [그림 1-4]~[그림 1-7]에 따라 산출되며 산출된 엇갈림 구간 길이는 최소값임에 유의해야 한다. 즉, 해당 설계 서비스 수준에 대하여 입력된 속도값(<표 1-2> 참조)은 그 수준에서 가장 나쁜 경계값을 의미하므로 그림에서 결정된 값 이상으로 설계해야 하며, 교통량에 관계없이 최소 200m는 확보해야 한다.

1-4-3 운행 분석 단계

운행 분석시의 분석과정은 설계시의 분석과정과 유사하다. 운행 분석시에는 비엇갈림 차량과 엇갈림 차량의 속도를 분석하여 이 구간의 서비스 수준을 판별하는데, 두 서비스 수준 중 나쁜 것을 분석 구간의 서비스 수준으로 한다.

엇갈림 구간의 운행 상태를 분석할 경우 그 과정은 다음과 같다.

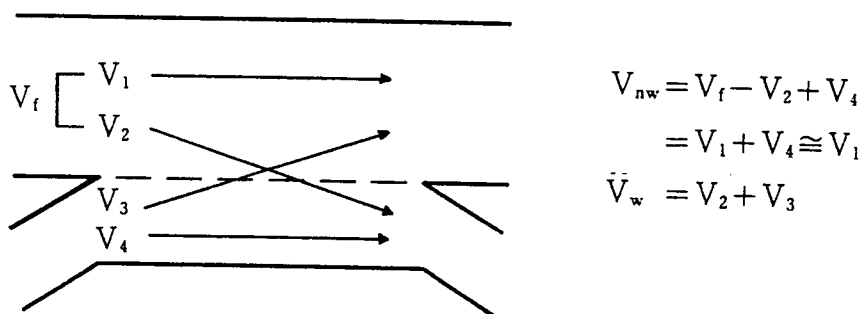


1단계 : 분석 대상 엇갈림 구간의 도로 및 교통 조건 조사

분석 대상 엇갈림 구간의 도로 및 교통 조건을 조사 한다. 도로조건에는 접근 방향별 차선수, 차선폭 및 엇갈림 형태가 있으며, 교통조건에는 방향별 15분 교통량, 중차량 구성비 등이 있다.

2단계 : 방향별 교통량의 도식화

엇갈림 교통량(V_w)과 비엇갈림 교통량(V_{nw})을 도식화한다. 분석구간이 본선 편도 4차선인 연결로 엇갈림 구간인 경우 엇갈림 교통량은 연결로 유출입 교통량을 합하면 되며, 비엇갈림 교통량은 본선 교통량(V_f)에서 연결로 유출 교통량(V_2)을 빼면 된다.



3단계 : 교통량을 첨두시간 승용차 교통량으로 환산

첨두시간계수와 중차량 구성비는 현장에서 조사하고 승용차환산계수는

고속도로 기본구간의 값(<표 4-3>)을 사용하여 방향별 1시간 교통량을 침두시간 승용차 교통량으로 환산한다.

4단계 : 비엇갈림 차량과 엇갈림 차량의 평균속도(S_{nw} , S_w)산출

엇갈림 구간의 평균속도(S_{nw} , S_w)의 산출은 현장 속도를 조사하여 분석하는 방법과 현장조사가 어려울 경우 교통량, 엇갈림 구간의 길이, 차선수등을 조사하여 이를 속도 추정식(<식 1-1>)에 대입하여 간접적으로 추정하는 방법이 있다.

5단계 : 산출된 두 속도로 서비스 수준 결정

산출된 두 속도로 이 구간의 엇갈림 차량과 비엇갈림 차량의 서비스 수준을 판별한다(<표 1-2> 참조). 비엇갈림 차량과 엇갈림 차량의 서비스 수준이 다를 경우 나쁜 것이 이 구간의 운행상태를 좌우한다. 또한 결정된 서비스 수준이 분석대상 구간의 상하류 본선의 서비스 수준보다 두 단계 이상으로 낮을 경우는 고속도로 전체를 볼 때 엇갈림 구간이 병목구간으로 작용하고 있으므로, 엇갈림 구간 길이를 늘이거나 차선수 증설을 포함한 엇갈림 형태의 변경 그리고 보다 근본적으로는 엇갈림이 발생하지 않게 이 구간을 입체화하는 등의 개선방안을 제시할 수 있다.

1-5 예제 풀이

예제 1. 엇갈림 구간의 길이 결정

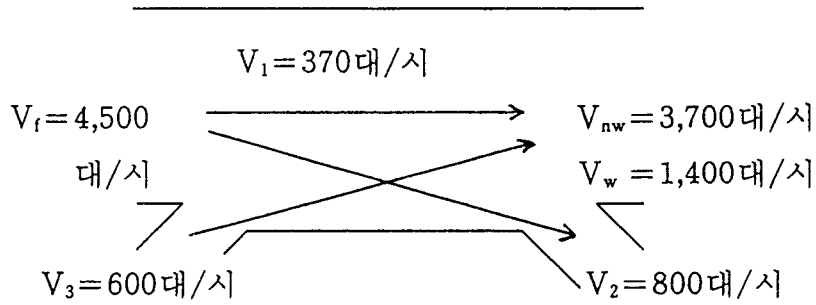
설계속도 100km/시인 왕복 8차선 고속도로에 다음 조건에 맞는 엇갈림 구간을 설치하려 할 때 엇갈림 구간의 적정 길이를 결정하라.

설계조건 : 설계 서비스 수준 C, 평지

교통수요 : 본선 4,500대/시, 유입 600대/시, 유출 800대/시

기 타 : 버스 5%, 트럭 15%, 침두시간계수 0.92

<풀이> 우선 도로 및 교통조건과 설계조건은 대부분이 설정되어 있으므로, 이를 간단히 도식화 하면 다음과 같은 연결로 엇갈림 형태가 된다.



다음으로 첨두시간계수, 중차량 구성비, 승용차환산계수(<표 4-3>)로 방향별 1시간 교통수요를 첨두시간 승용차 교통량으로 환산하며, 차선당 교통량(V/N), 엇갈림 교통량 비(V/R)를 계산한다.

$$V_{nw} = 3,700 \times [0.80 + 0.05 \times 1.3 + 0.15 \times 1.5] / 0.92$$

$$= 4,384 \text{ 승용차/시}$$

$$V_w = 1,400 \times [0.80 + 0.05 \times 1.3 + 0.15 \times 1.5] / 0.92$$

$$= 1,659 \text{ 승용차/시}$$

$$V = V_{nw} + V_w = 6,043 \text{ 승용차/차선}$$

$$VR = V_w / (V_{nw} + V_w)$$

$$= 0.28$$

$$V/N = 6,043 / 5 = 1,029 \text{ 승용차/차선}$$

엇갈림 교통량 비, 차선당 교통량 등도 한계값을 넘지 않으므로 차선당 교통량과 엇갈림 교통량 비 그리고 설계 서비스 수준에 대해 [그림 1-4]에서 간단히 최소 엇갈림 구간의 길이를 결정한다. 이 경우는 엇갈림 교통량 비가 그림에서 주어지지 않은 중간값(0.29)이므로 정확한 계산을 위해서는 <식 1-2>를 사용하여 구하면 된다. $VR=0.27$, $V/N=1,209$, $S_w=67$ (<표 1-2>), $S_D=100$ 에서 최소 엇갈림 길이는 317m이다. 이 길이는 설계 서비스 수준 C를 유지할 수 있는 최소의 길이임에 유의해야 한다.

만약 이 문제에서 설계 서비스 수준이 규정되어 있지 않았다면, 설계자는 [그림 1-6]을 참조하여 서비스 수준별 최소 길이를 산출, 대안을 제시할 수 있을 것이다.

예제 2. 엇갈림 구간의 서비스 수준 분석

본선 왕복 6차선 도로의 엇갈림 구간을 조사한 결과가 다음과 같을 때 이 구간의 서비스 수준을 판정하라.

주어진 조건 : 설계속도 100km/시, 연결로 엇갈림 구간 형태

교통 수요 : 본선 4,000대/시, 유입 800대/시, 유출 1,300대/시

침두시간계수 0.95, 버스 8%, 트럭 10%, 엇갈림 구간의 길이 350m

<풀이> 엇갈림 구간의 운행상태를 분석하는 방법은 다음과 같이 세 가지가 있다.

- ① 분석 대상 구간의 속도(S_w , S_{nw})를 직접 조사, 분석하여 <표 1-2>를 기준으로 서비스 수준을 판정하는 방법
- ② 실제로 속도 조사나 엇갈림 차량과 비엇갈림 구간 차량의 구분이 쉽지 않으므로 연결로 엇갈림 구간의 경우 본선 교통량(V_1)과 연결로 유출입 교통량(V_3 , V_2), 엇갈림 길이 등을 조사한 후 이를 토대로 간접적으로 속도를 추정(<식 1-1>)하여 서비스 수준을 판정하는 방법
- ③ ②의 자료(엇갈림 구간의 차선당 교통량, 엇갈림 구간의 길이)를 이용하여 [그림 1-6]~[그림 1-7]에서 서비스 수준을 판정하는 방법

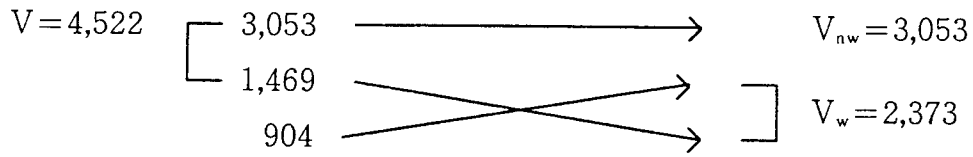
여기서, ①의 방법은 가장 정확한 판정 결과를 기대할 수 있으나 속도 조사와 분석이 다른 방법보다 쉽지 않다. ②와 ③의 방법은 같은 조사내용과 판정기준을 토대로 하고 있다. ③의 방법은 실무자가 사용하기에는 아주 간편해 보이나 그림에서 표시된 경우($VR=0.2, 0.4$)가 아니면 곧바로 적용하기 어려우므로 ②의 방법이 가장 적절하다고 본다.

현장에서 조사된 자료를 사용하여 ②의 방법에 따라 서비스 수준을 판정해 보자. 우선 교통량을 침두시간 승용차 교통량으로 환산하여 도식화하면 다음과 같다.

$$V_1(\text{본선}) = 4,000 \times (0.82 + 0.08 \times 1.3 + 0.10 \times 1.5) / 0.95 = 4,522 \text{승용차/시}$$

$$V_1(\text{유입}) = 800 \times (0.82 + 0.08 \times 1.3 + 0.10 \times 1.5) / 0.95 = 904 \text{승용차/시}$$

$$V_i(\text{유출}) = 1,300 \times (0.82 + 0.08 \times 1.3 + 0.10 \times 1.5) / 0.95 = 1,469 \text{ 승용차/시}$$



$$VR = V_w / (V_{nw} + V_w) = 0.44$$

$$V/N = 5,426 / 4 = 1,357 \text{ 승용차/시/차선}$$

이 결과를 속도 추정식(<식 1-1>)에 넣어 엇갈림 교통류의 속도(S_w)와 비엇갈림 교통류의 속도(S_{nw})를 계산하면,

$$W_{nw} = 0.145(1 + 0.44)^{0.91}(1,357)^{1.04} / 350^{1.15} = 0.434$$

$$W_w = 0.128(1 + 0.44)^{2.00}(1,357)^{1.18} / 350^{1.20} = 1.168$$

$$S_{nw} = 30 + (100 - 30) / (1 + 0.434) = 78.8 \text{ km/시 (서비스 수준 C, <표 1-2>)}$$

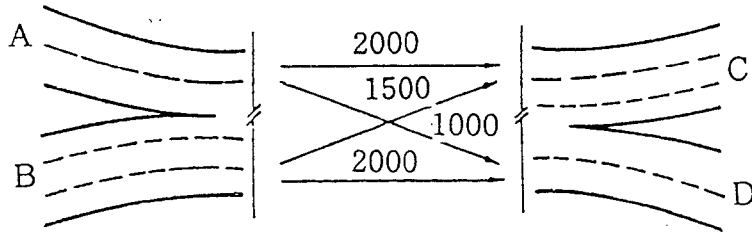
$$S_w = 62.3 \text{ km/시 (서비스 수준 D, <표 1-2>)}$$

분석 대상 엇갈림 구간의 운행상태는 엇갈림 교통류의 서비스 수준인 D에 지배를 받는다고 할 수 있다. 또한 분석 대상 구간에 진입하는 본선의 교통수요(V_i)가 4,522승용차/시에 달하므로 분석 구간 상류부의 서비스 수준을 개략적으로 판정하면, 차선당 교통량이 1,570승용차/시/차선 이므로 고속도로 기본구간의 분석기준(<표 4-1>)에 따르면 서비스 수준 C이다. 따라서 본선 상류부의 개략적인 서비스 수준이 C, 엇갈림 구간의 비엇갈림 교통류와 엇갈림 교통류는 각각 C와 D이므로 이 구간은 정상적인 상태로 운영되고 있다고 볼 수 있다.

예제 3. 주 엇갈림 구간의 설계

설계속도 100km/시 인 두 개의 도시고속도로의 주 엇갈림 구간을 고려해 보도록 하자. 다음 그림에 표시한 것처럼 유입과 유출 도로의 형태가 예견되며, 예상되는 교통수요는 이상적인 상태의 침투시간 승용차 교통량으로 표시되어 있다.

이 구간의 설계 제한 길이는 최대 450m이며, 서비스 수준 C로 운영되도록 설계하고자 한다.

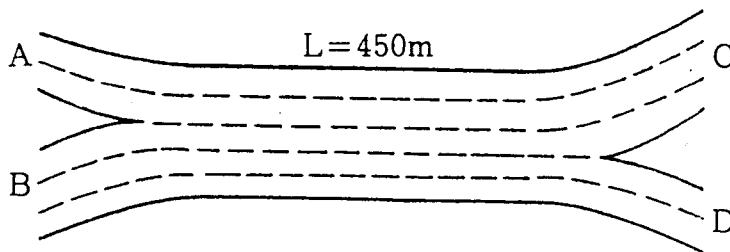


$$R = 1,000 / 2,500 = 0.4$$

$$VR = 2,500 / 6,500 = 0.385$$

$$V/N = 6,500 / 5 = 1,300 \text{ 승용차/시/차선}$$

<풀이> 엇갈림 구간의 설계는 가능한 설계안에 대한 시행착오 분석에 의해 수행할 수 있다. 이 구간의 길이가 450m로 제한되어 있으므로 길이를 450m로 가정하여 설계하도록 한다. 유입과 유출도로의 예상설계에 따라 다음과 같이 가장 확실한 설계는 5차선인 엇갈림 구간이 될 것이다.



이 형태는 5차선의 유입차선과 5차선의 유출차선을 간단하게 연결시킨 것이다. 이 형태는 B→C 움직임에는 차선변경이 필요 없고, A→D 움직임은 최소 두 번의 차선변경이 필요하므로 C 형태가 된다. 우선 이에 대하여 서비스 수준을 분석하도록 한다.

- ① 필요한 도로 및 교통의 모든 조건은 앞의 문제에 규정되어 있다.
- ② 모든 수요 교통량이 이상적인 조건의 첨두시간 승용차 교통량으로 표현되어 있으므로 환산할 필요가 없다.
- ③ 엇갈림 도표와 주요 변수 값은 문제의 조건에 표시되어 있다.
- ④ 부록 A의 <표 1>의 C 형태에 대한 공식을 사용하여 제약없는 상태에서 엇갈림과 비엇갈림 차량의 속도를 추정한다.

여기서, $VR=0.385$, $V=6,500$ 승용차/시, $N=450m$ 이므로

$$S_w = 24 + \frac{80}{1 + 0.100(1 + 0.385)^{1.8}(6,500/5)^{0.8}/(3.3 \times 450)^{0.5}}$$

$$= 56.7\text{km/시} \approx 57\text{km/시}$$

$$S_{nw} = 24 + \frac{80}{1 + 0.015(1 + 0.385)^{1.8}(6,500/5)^{1.1}/(3.3 \times 450)^{0.5}}$$

$$= 51.9\text{km/시} \approx 52\text{km/시}$$

- ⑤ 이 값들을 사용하여 부록 2의 <표 2>에서 공식에 의한 차선수와 최대값에 따라 제약 운행 여부를 판정한다.

$$N_w = 5[0.761 - 0.036 \times (4.5) - 0.0031(51.9 - 56.7) + 0.047 \times 0.385]$$

$$= 3.15 \text{ 차선} > 3.0 \text{ 차선}$$

제약없는 상태로 운행되기 위해 엇갈림 교통류에 필요한 차선수가 C형태에서 필요한 최대 차선수보다 많기 때문에 이 구간의 운행은 제약받는 상태로 운영되며, 이에 따라 속도를 다시 계산해야 한다.

$$S_w = 24 + \frac{80}{1 + 0.100(1 + 0.385)^{2.0}(6,500/5)^{0.85}/(3.3 \times 450)^{0.5}}$$

$$= 48.9\text{km/시} \approx 49\text{km/시}$$

이 형태는 5차선의 유입차선과 5차선의 유출차선을 간단하게 연결시킨 것이다. 이 형태는 B→C 움직임에는 차선변경이 필요 없고, A→D 움직임은 최소 두 번의 차선변경이 필요하므로 C 형태가 된다. 우선 이에 대하여 서비스 수준을 분석하도록 한다.

- ① 필요한 도로 및 교통의 모든 조건은 앞의 문제에 규정되어 있다.
- ② 모든 수요 교통량이 이상적인 조건의 첨두시간 승용차 교통량으로 표현되어 있으므로 환산할 필요가 없다.
- ③ 엇갈림 도표와 주요 변수 값은 문제의 조건에 표시되어 있다.
- ④ 부록 A의 <표 1>의 C 형태에 대한 공식을 사용하여 제약없는 상태에서 엇갈림과 비엇갈림 차량의 속도를 추정한다.

여기서, $VR=0.385$, $V=6,500$ 승용차/시, $N=450m$ 이므로

$$S_w = 24 + \frac{80}{1 + 0.100(1 + 0.385)^{1.8}(6,500/5)^{0.8}/(3.3 \times 450)^{0.5}}$$

$$= 56.7\text{km/시} \approx 57\text{km/시}$$

$$S_{nw} = 24 + \frac{80}{1 + 0.015(1 + 0.385)^{1.8}(6,500/5)^{1.1}/(3.3 \times 450)^{0.5}}$$

$$= 51.9\text{km/시} \approx 52\text{km/시}$$

- ⑤ 이 값들을 사용하여 부록 2의 <표 2>에서 공식에 의한 차선수와 최대값에 따라 제약 운행 여부를 판정한다.

$$N_w = 5[0.761 - 0.036 \times (4.5) - 0.0031(51.9 - 56.7) + 0.047 \times 0.385]$$

$$= 3.15 \text{ 차선} > 3.0 \text{ 차선}$$

제약없는 상태로 운행되기 위해 엇갈림 교통류에 필요한 차선수가 C형태에서 필요한 최대 차선수보다 많기 때문에 이 구간의 운행은 제약받는 상태로 운영되며, 이에 따라 속도를 다시 계산해야 한다.

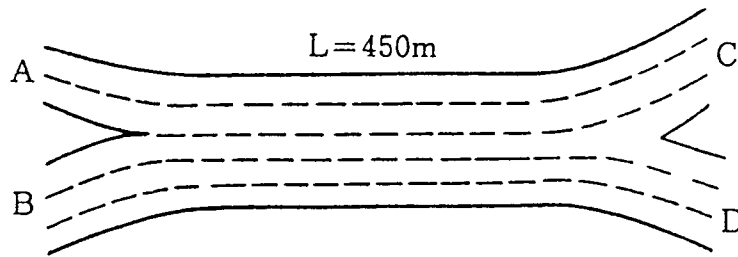
$$S_w = 24 + \frac{80}{1 + 0.100(1 + 0.385)^{2.0}(6,500/5)^{0.85}/(3.3 \times 450)^{0.5}}$$

$$= 48.9\text{km/시} \approx 49\text{km/시}$$

$$S_{nw} = 24 + \frac{80}{1 + 0.013(1 + 0.385)^{1.6}(6,500/5)^{1.0}/(3.3 \times 450)^{0.5}}$$

$$= 70.0 \text{ km/시} \approx 70 \text{ km/시}$$

- ⑥ 부록 A의 <표 3>의 제한 범위를 초과하는 값이 없다.
- ⑦ ⑤ 단계에서 산출된 제약받는 속도를 맞는 값으로 생각한다면 비엇갈림 차량의 서비스 수준은 D가 되며 엇갈림 차량의 서비스 수준은 F가 된다(<표 1-2> 또는 부록의 <표 4>). 그러나 이 구간의 운행상태는 확실히 받아들일 만한 상태가 아니다. 엇갈림 차량은 와해 상태가 생기기 쉬우며 엇갈림과 비엇갈림 차량 사이에 속도 차이가 심하게 나타난다. 따라서 설계를 변경하여야 되는데 이 구간의 최대 길이가 제한되어 있고, 차선수를 5차선 이상으로 한다는 것도 어렵기 때문에 실질적인 대안은 형태를 변경하는 수밖에 없다. D 방향에 차선을 추가한다면 아래의 그림처럼 B 형태로 될 것이다.



이와 같이 변경된 설계에 대하여 본 장의 절차에 따라 분석하도록 한다.

- ① 도로 및 교통의 모든 조건들은 앞에서 이미 규정되었다.
- ② 모든 교통량은 이상적인 조건의 침투시간 승용차 대수로 표시하였다.
- ③ 엇갈림 관련 변수는 문제의 도표에 포함되어 있다.
- ④ 부록의 <표 1>에서 B형태의 제약없는 운행상태에 대한 속도 추정식을 이용하여 다시 계산한다.

$$S_w = 24 + \frac{80}{1 + 0.100(1 + 0.385)^{1.2}(6,500/5)^{0.77}/(3.3 \times 450)^{0.5}}$$

$$= 64.8 \text{ km/시} \approx 65 \text{ km/시}$$

$$S_{nw} = 24 + \frac{80}{1 + 0.020(1 + 0.385)^{2.0}(6,500/5)^{1.42}/(3.3 \times 450)^{0.95}}$$

$$= 64.3 \text{ km/시} \approx 64 \text{ km/시}$$

⑤ 부록의 <표 2>의 기준으로 운행상태의 제약 여부를 검토한다.

$$N_w = 5[0.085 + 0.703 \times 0.385 + 71.2/450 - 0.0113](64.3 - 64.8)]$$

$$= 2.60 \text{ 차선} < 3.5 \text{ 차선}$$

따라서, 이 구간은 제약 받지 않는 상태로 운행되고 있다.

⑥ 이 설계 대안의 경우 부록의 <표 3>의 한계값을 벗어나는 값이 없다.

⑦ 예측된 속도를 <표 1-2>(부록의 <표 4>)의 기준치와 비교해 보면 비엇갈림 차량의 서비스 수준은 E이며, 엇갈림 차량의 서비스 수준은 D라는 것을 알 수 있다. B형태는 처음 시도한 C형태보다 양호한 설계대안이라는 것을 알 수 있다. B형태에서 운행 상태는 C의 제약받는 상태에 반해 제약없는 상태로 운행되며, 엇갈림 및 비엇갈림 차량의 속도 모두다 개선되었다. 이러한 상태는 많은 엇갈림 차량을 처리하는 데 C형태보다 B형태가 유리하다는 것을 말해준다. 그러나 서비스 수준의 분석 결과(엇갈림 차량은 D, 비엇갈림 차량은 E)는 여전히 요구되는 서비스 수준 C에 미치지 못한다. 따라서, 기술자들은 요구되는 수준보다 어느 정도 나쁜 운행상태를 받아들일 것인지 아니면 그 대안으로 완전 입체교차로로 설계할 것인가를 결정하여야 한다. 그러나 길이와 폭을 현실적으로 확장시킬 수 없기 때문에 앞에서 행한 두번째 대안을 최종 설계로 받아들이거나, 완전 입체교차로가 주는 이점 때문에 엇갈림 구간으로 처리하는 것을 포기하여야 한다. 그러나 최종 결정 과정에서는 경제, 환경 측면의 변수를 고려해야 할 뿐만 아니라 설계 분석에 사용한 계획 교통량이 확실한지도 재검토해야 한다.

예제 4. 복합 엇갈림 구간

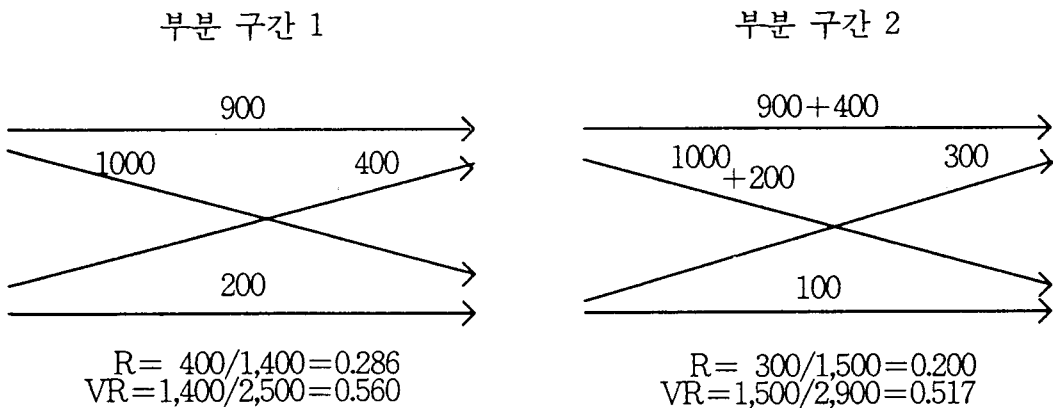
복합 엇갈림 구간이 아래 그림과 같이 표시되어 있다. 이 구간의 시간당 승용차 대수로 표현된 첨두시간 환산교통량은 다음과 같다.

$A \rightarrow X = 900$ 승용차/시 $B \rightarrow X = 400$ 승용차/시 $C \rightarrow X = 300$ 승용차/시
 $A \rightarrow Y = 1,000$ 승용차/시 $B \rightarrow Y = 200$ 승용차/시 $C \rightarrow Y = 100$ 승용차/시

모든 기하조건은 이상적인 상태이며 지형은 평지라고 할 때, 이 구간은 어느 정도의 서비스 수준으로 운영되겠는가?

<풀이> 복합 엇갈림 구간은 두 개의 단순 엇갈림 구간으로 분리하여 분석한다. 첫째 단계는 복합 엇갈림 구간에 포함된 두 개의 부분 구간에 대한 엇갈림 도표를 작성하는 것이다. 모든 수요 교통량이 이상적인 상태의 첨두 교통량으로 표시되어 있으므로 변환시킬 필요가 없다.

그러므로 바로 이 값들을 이용하여 엇갈림 도표를 작성하면 된다. 조사 대상 엇갈림 구간은 주어진 문제에 표시된 것과 같은 형태이다. 즉, 두 개의 합류 지점 다음에 하나의 분류 지점으로 구성된 엇갈림 구간이다. 따라서, 아래와 같이 문제의 그림에 따라 엇갈림 도표를 작성하면 된다.



이 엇갈림 구간의 두 부분 구간 모두 B형태에 속한다. 부분 구간 1에서 A→Y 교통류는 차선변경이 필요 없고, B→X 교통류는 한 번의 차선변경이 필요하다. 그리고 부분 구간 2에서 A→Y와 B→Y 교통류는 차선변경이 필요 없으며, C→X 교통류는 한 번의 차선변경이 필요하다. 교통량은 첨두시간교통량으로 환산되었고, 개략적인 기하구조가 주어졌으므로 분석절차의 앞 단계는 완료되었다.

그러면 각 부분 구간에 대한 속도를 계산해 보자.

1) 부분 구간 1

① 부록의 <표 1>에서 B 형태에 대한 제약없는 경우에 대해 속도를 계산한다.

$$S_w = 24 + \frac{80}{1 + 0.10(1 + 0.56)^{1.2}(2,500/3)^{0.77}/(3.3 \times 300)^{0.5}}$$

$$= 64.8 \text{ km/시} \approx 65 \text{ km/시}$$

$$S_{nw} = 24 + \frac{80}{1 + 0.02(1 + 0.56)^{2.0}(2,500/3)^{1.42}/(3.3 \times 300)^{0.95}}$$

$$= 64.5 \text{ km/시} \approx 65 \text{ km/시}$$

② 제약없는 상태로 운행되기 위해 엇갈림 차량에 필요한 차선수를 부록의 <표 2>를 사용하여 계산하며, 이 값을 B형태에 대한 최대값인 3.50 차선과 비교한다.

$$N_w = 5[0.085 + 0.703(0.56) + 71.2/300 - 0.0113(64.5 - 64.8)]$$

$$= 2.16 \text{ 차선} < 3.50 \text{ 차선}$$

따라서 이 구간은 제약없는 상태로 운행된다.

③ 부록의 <표 3>의 제한치를 벗어나는 값은 없다.

④ 따라서 <표 1-2>의 기준에 따라 비엇갈림 교통류의 서비스 수준은 E, 엇갈림 교통류의 서비스 수준은 D로 판정된다.

2) 부분 구간 2

① 부분 구간 2도 B형태이므로 부분 구간 1에서 적용한 공식을 다시 사용한다.

$$S_w = 24 + \frac{80}{1 + 0.10(1 + 0.517)^{1.2}(2,900/3)^{0.77}/(3.3 \times 450)^{0.5}}$$

$$= 67.2 \text{ km/시} \approx 67 \text{ km/시}$$

$$S_{tw} = 24 + \frac{80}{1 + 0.02(1 + 0.517)^{2.0}(2,900/3)^{1.42}/(3.3 \times 450)^{0.95}}$$

$$= 69.1 \text{ km/시} \approx 69 \text{ km/시}$$

② 엇갈림 차량에 필요한 차선수는 다음과 같이 계산한다.

$$N_w = 3[0.085 + 0.703(0.517) + 71.2/450 - 0.0113(69.1 - 67.2)]$$

$$= 1.76 \text{ 차선} < 3.50 \text{ 차선}$$

③ 부록의 <표 3>의 제한치를 초과하는 값은 없다.

④ 따라서 <표 1-2>의 기준에 따라 비엇갈림 교통류와 엇갈림 교통류의 서비스 수준은 모두 D로 판정된다.

위의 분석 결과 전체 엇갈림 구간은 65~70km/시 범위의 속도로 즉, 서비스 수준 D~E로 운행된다.

부록A. 연결로 엇갈림 이외의 형태에 관한 적용 지침

1. 개 요

편람의 5장에서 제시된 분석체계는 주로 연결로 엇갈림 형태에 관해서만 적용할 수 있으므로 다른 형태의 엇갈림 구간에 대해서는 적용할 수 없다. 다른 형태의 엇갈림 구간이란 주로 B형태와 C형태의 엇갈림 형태([그림 1-3] 참조)를 말한다. 이들 형태에 관한 국내 자료가 거의 없는 관계로 본 부록에 제시된 내용은 미국의 1985년판도로용량편람을 수정한 것임을 밝혀둔다.

미국 도로용량편람을 이용하는 원칙은 다음과 같다.

- 1) 단위를 미터계로 바꾼다.
- 2) 운행상태를 판정하는 제약 또는 비제약(불균형 또는 균형) 개념은 다음과 같은 이유에서 적용상의 주의를 요한다. a) 무엇보다도 제약 개념 자체가 모호하여 판정 결과에 대한 신뢰성이 없고 b) 제약 운행 여부가 교통량에 관계 있음에도 차선수(N_w) 추정시 사용한 속도 자료는 편향되어 있어 적용상의 한계가 있으며, c) 편람의 실수요자들이 주로 설계자들임을 감안한다면 복잡하고 모호한 미국의 분석체계를 간단하게 할 필요가 있고 또 설계시에는 균형되게 설계하는 것을 원칙으로 하는 점 등.
- 3) 따라서 미국 편람의 속도 추정식에 포함된 매개변수는 그대로 사용하며, A형태의 값은 주 엇갈림 구간 분석을 위한 것이다.
- 4) 미국 편람은 엇갈림 구간의 길이를 유입부 노즈 폭이 2ft(0.6m)되는 지점부터 유출부 노즈 폭이 12ft(3.6m)되는 지점까지로 하였으나, 물리적인 노즈 양단간을 그 길이로 하여도 큰 차이가 없다.
- 5) 또한 엇갈림 구간에 대한 속도 기준은 국내의 기준(<표 1-2>)을 바탕으로 미국의 기준을 조정하여 사용한다.
- 6) 다른 형태의 엇갈림 구간에 대한 분석 과정은 연결로 엇갈림 구간의

경우(5-4절)와 같다.

2. 속도 추정식

엇갈림 구간의 평균통행속도(S_w 또는 S_{nw}) 예측에 사용되는 공식은 다음과 같으며, 추정식의 매개 변수(a,b,c,d)는 <표 1>과 같다.

$$S_{nw} \text{ 또는 } S_w = 24 + \frac{80}{1 + a(1 + VR)^b (V/N)^c / (3.3L)^d} \text{ (km/시)}$$

<표 1> 미국 도로용량편람의 속도 추정식 매개변수 값

형 태		엇갈림 속도(S_w)				비엇갈림 속도(S_{nw})			
		a	b	c	d	a	b	c	d
A	비제약	0.226	2.2	1.00	0.90	0.020	4.0	1.30	1.00
	제약	0.280	2.2	1.00	0.90	0.020	4.0	0.88	0.60
B	비제약	0.100	1.2	0.77	0.50	0.020	2.0	1.42	0.95
	제약	0.160	1.2	0.77	0.50	0.015	2.0	1.30	0.90
C	비제약	0.100	1.8	0.80	0.50	0.015	1.8	1.10	0.50
	제약	0.100	2.0	0.85	0.50	0.013	1.6	1.00	0.50

3. 제약 운행 여부의 판정

엇갈림 차량과 비엇갈림 차량의 운행이 균형되게 이루어지고 있는지의 여부는 각 차량에 의해 사용되는 차선수와 관계된다. 특정 구간의 교통류가 균형있게 운행된다는 말은 주어진 차선수, 교통량, 엇갈림 구간의 길이 등에 의해 교통류가 상호 제약을 받지 않음을 의미한다. 엇갈림 구간의 경우 엇갈림 차량이 사용하게 되는 차선수는 제약운행 여부를 판정하는 기준이 된다.

즉, 제약받지 않는 운영을 위해 엇갈림 차량이 사용해야 하는 차선수를 N_w , 주어진 상태에서 엇갈림 차량이 사용하게 되는 최대 차선수를 N_w (max)라 할 때 다음과 같은 관계식에 의해 제약 운행 여부를 판정한다.

<표 3>

엇갈림 구간 용량분석의 경계 조건

형태	엇갈림 용량 (V_w) (승용차/시)	차선당 최대 교통량 (V/N) (승용차/시/차선)	최대 교통량비 (VR)	최대 엇갈림 비 (R)	최대 엇갈림 길이 (L)
A	1,800	1,900	N VR	0.50	2,000ft (610m)
				
			2 1.00		
			3 0.45		
			4 0.35		
5 0.22					
B	3,000	1,900	0.80	0.50	2,500ft(762m)
C	3,000	1,900	0.50	0.40	2,500ft(762m)

엇갈림 구간의 차선당 최대 교통량(V/N)은 고속도로 기본구간보다 작은 1,900(승용차/시/차선)이 관찰되었고, 엇갈림 교통량 비(VR)와 엇갈림 비(R)의 최대치도 이와 유사하게 결정되었는데, 두 엇갈림 교통량이 같을 때 R 은 최대치(0.50)를 갖는다. 최대 엇갈림 길이는 A형태의 경우 2,000ft(610m)이며, B형태와 C형태는 2,500ft(762m)로 설정해 놓고 있다. 이 범위를 넘어서는 경우의 운영은 엇갈림이라기보다는 오히려 독립적인 합류 또는 분류로 볼 수 있다.

5. 서비스 수준과 분석과정

엇갈림 구간의 서비스 수준은 비엇갈림 교통류의 속도(S_{nw})와 엇갈림 교통류의 속도(S_w)를 토대로 한다. 비엇갈림 교통류의 속도는 연결로 엇갈림의 국내 기준과 미국 기준이 비슷하므로 국내 기준(<표 1-2> 참조)과 같이 사용한다. 엇갈림 교통류의 속도는 주 엇갈림 구간의 엇갈림 교통류보다 5km/시 정도 떨어지므로 이를 조정된 값을 사용한다.(<표 4>)

<표 4>

엇갈림 구간의 서비스 수준

(단위 : km/시)

서비스 수준	비엇갈림 교통류의 속도(S_{nw})	엇갈림 교통류의 속도(S_w)	
		연결로 엇갈림	주 엇갈림
A	≥ 94	≥ 82	≥ 87
B	≥ 86	≥ 75	≥ 80
C	≥ 78	≥ 67	≥ 72
D	≥ 68	≥ 58	≥ 63
E	≥ 50	≥ 47	≥ 50
F	< 50	< 47	< 50

연결로 엇갈림 형태가 아닌 다른 형태에 대한 분석과정은 5장에서 제시한 것과 비슷하나, 제약 운행 여부를 판정하는 과정이 첨가된다. 속도 추정시 <표 1>에 따라 먼저 제약받지 않는다고 가정하여 속도를 계산한 후 <표 2>의 기준으로 제약 여부를 판정하는데, 제약된 운행상태로 판정될 경우 <표 1>의 제약된 운행을 위한 계수를 이용하여 속도를 다시 계산하여 서비스 수준을 판별한다. 복합 엇갈림 구간은 구간을 단순 엇갈림 구간으로 나누어 적용하면 된다.