

2013년 도로용량편람의 보완 내용

What has been Added to the 2013 KHCM



신치현



정준화

서론

현 도로용량편람은 1992년에 제정, 2001년에 개정되어 도로의 계획과 설계, 운영상태 분석에 활용되고 있으나, 지난 10여 년간 도로 및 교통여건(통행패턴 및 교통류(통행속도 등), 중차량 성능 변화 등)이 변화가 있었다. 또, 기존 2001년 도로용량편람에 분석방법이 없는 도로시설(회전교차로, 고속도로 연결로와 일반가로 결합부, 버스전용차로, 2+1차로도로 등)이 새롭게 도입되었고, 도로 운영 효율을 저하 시키는 특수한 상황(공사구간, 약천후)에서도 일정 수준 이상의 도로서비스 제공을 요구하는 이용자가 증가하는 등 적극적인 도로운영관리 대안을 제시하는 데 필요한 분석방법을 정립할 필요성이 대두되었다.

본 고에서는 최근의 도로·교통여건을 반영하여 대상구간에 대한 기존 분석 방법론을 개정하고, 기존 편람(2001)으로는 분석이 불가능한 새로운 도로구간과 특수상황에 대한 용량 및 서비스수준 분

석 방법을 정립하여 그 개정판(2013년판)을 마련한 내용을 소개하고자 한다. 다만 제한된 지면이라는 이유와 편람에 이미 익숙한 기술자들을 대상으로 풀어 놓았기에 곳곳에 거두절미식의 설명이 있음을 해량 바란다.

다차로도로, 2차로도로, 트럭 성능 곡선, 도로별 설계시간계수

1. 트럭 성능곡선과 도로별 설계시간계수

1) 트럭 성능곡선(개정)

종래의 중차량 성능곡선은 미국의 트럭 성능곡선을 따라 도로의 구조·시설기준과 도로용량편람에 제시된 것인 바, 최근 국내 대표 중차량(트럭)의 성능을 조사 분석하여 오르막/내리막 성능곡선을 제시하였다. 도출된 국내 대표트럭(전체 트럭 중 누적 85백분위 차량의 총중량/엔진성능 값)의

신치현 : 경기대학교 도시·교통공학과, chshin@kgu.ac.kr, Phone: 031-249-9779, Fax: 031-244-6300

정준화 : 한국건설기술연구원 도로교통연구실, jhjeong@kict.re.kr, Phone: 031-910-0171, Fax: 031-910-0161

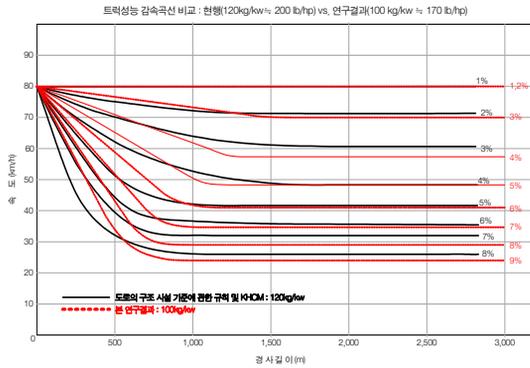


그림 1. 현행/개정 트럭 성능곡선 비교

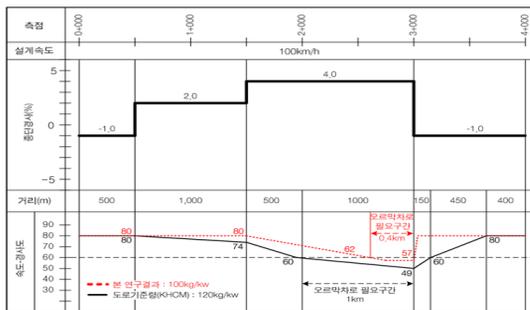


그림 2. 현행/개정 오르막차로 설치 길이 비교

총중량/엔진성능은 120kg/kw(≒200lb/hp)에서 100kg/kw(≒170lb/hp)로 약 15% 향상된 것으로 나타났다.

이 대표 트럭의 성능을 토대로 트럭 성능곡선을 재정립하였다. 기존 트럭 성능곡선과 본 연구 결과를 비교해보면, 오르막 경사에서 기존 4% 곡선과 개정된 5% 곡선의 감속경향이 유사한 것으로 나타났다. 또한 복합경사 3.2%, 2.5km 구간에서 오르막차로 설치 길이는 약 60% 감소하는 것으로 분석되었다.

2) 도로별 설계시간계수(개정)

도로용량편람 개정 연구 이외에 일반국도 교통량 상시조사 자료와 고속국도 자료를 활용하여 도로별 설계시간계수를 검토하였다.

기존 편람에서는 고속국도의 경우에 대해서 도시지역과 지방지역으로 구분하여 설계시간계수의 대푯값과 변동 범위를 제시하고 있고 일반국도는

표 1. 개정된 설계시간계수

도로 구분	지역 구분			
	도시지역 도로	지방지역 도로	관광지역 도로	
일반국도	2차로	0.12 (0.10-0.14)	0.16 (0.13-0.20)	0.23 (0.18-0.28)
	4차로	0.10	0.12	0.14
	이상	(0.07-0.12)	(0.09-0.15)	(0.12-0.17)
고속국도 (4차로 이상)	0.10 (0.07-0.13)	0.14 (0.09-0.19)		

빠져 있다: 도시지역 0.09 (0.07-0.11), 지방지역 0.15 (0.12-0.18)

개정 편람에서는 도로 구분(일반국도, 고속국도), 차로수(일반국도-2차로/4차로), 고속국도-4차로 이상, 지역(도시/지방/관광지역)별로 세분화 된 설계시간계수의 대푯값과 변동 범위를 함께 제시하였다.

설계시간계수를 지역, 차로수에 따라 구분하고 범위로 제시한 이유는 해당 도로가 위치하는 지역과 그 도로 구간의 수요 변동 패턴을 감안하여 가변적으로 결정할 수 있도록 하기 위한 것이다.

2. 다차로도로(개정)

다차로도로의 유형 구분 조건과 도시 및 교외간선도로의 구분 조건이 중첩되는 점을 고려하여 유형을 재구분하였다. 또, 다차로도로 유형에 다른 서비스수준 분석방법론과 분석 대상 구간 분할 방법을 재정립하여 그 적용성을 증대시켰다.

다차로도로의 운영분석 방법론은 다소 복잡하여 간단한 계획 및 설계 단계 분석에 어려움이 있었고, 이러한 문제를 해결하기 위해 계획 및 설계 단계 분석을 위한 보다 간략한 절차를 다음과 같이 제시하였다.

- 1) 교통수요 변하는 지점 중심으로 분할
- 2) 최대 통행속도 산정
- 3) 용량 산정
- 4) 통행속도 예측
- 5) 서비스수준 또는 차로 수 평가

표 2. 현행/개정 유형 구분 및 구간 분할 방법

	2001년판	2013년판
유형	I) 신호등 밀도 0.3개/km 이하 II) 밀도 0.7개/km 이하 III) 밀도 1.0개/km 이하	I) 신호등밀도 0.0개/km II) 신호등밀도 0.5개/km이하
구간 분할	1) 도시지역/지방지역 구분 2) 주요 신호교차로 중심으로 재분할 3) g/C비율에 따라 재분할 4) 다차로도로 유형 구분	도로용량이 변하는 지점 (신호 및 입체 교차로) 중심으로 분할

3. 2차로도로(개정, 추가)

1) 2차로도로(개정)

신호교차로의 영향 등 다양한 2차로도로 조건에 대한 서비스수준 분석이 가능하도록 연속류와 단속류 특성이 혼재된 2차로도로를 포함한 유형의 재구분, 총지체율(운전자가 희망하는 속도를 기준으로 지체하는 비율) 혹은 평균 통행속도와 교통량 관계 곡선 재정립, 서비스수준 분석 방법론 등을 폭 넓게 개정하였다.

유형은 두 가지 연속류 유형에서 연속류와 단속류가 혼재된 세 가지로 변경되었다. 유형 1과 2는 지방부 2차로도로의 특징에 해당되며, 유형 3은 도시부 도로에 해당된다. 따라서, 유형 1과 2는 2차로도로 분석 방법론, 유형 3은 도시 및 교외간선도로 분석 방법론을 적용하는 것으로 제시하였다.

다양한 효과척도를 반영하기 위해 총지체율 이외에 평균 통행속도를 운영효과 척도로 추가하였다. 이를 위해 총지체율-교통량, 속도-교통량 관계 곡선을 각각 재정립하였다.

재정립된 총지체율-교통량 관계곡선은 대향 교통량 수준별 진행방향 교통량 수준에 따른 총지체율 영향 정도를 기존에 비해 더 세분화 시켰으며, 단순한 자유속도 조건에서 다양한 자유속도별로 교통량 수준에 따른 평균 속도 추이를 개정연구에서 제시하였다.

2) 2+1차로도로(추가)

2+1차로 도로는 새롭게 도입되는 시설 유형으

표 3. 현행/개정 2차로도로 유형구분 비교

	2001년판	2013년판
유형 I)	설계속도 80kph 이상의 연속 교통류 도로	유형 I) 연속 교통류 2차로도로 유형 II) 연속/단속류 교통류 혼재
유형 II)	설계속도 80kph 미만	유형 III) 단속 교통류 2차로도로 의 연속 교통류 도로

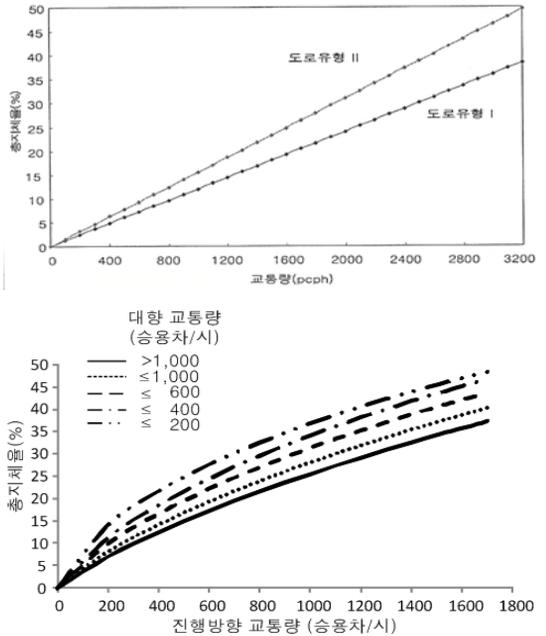


그림 3. 현행/개정 2차로도로 지체율- 교통량 관계 비교

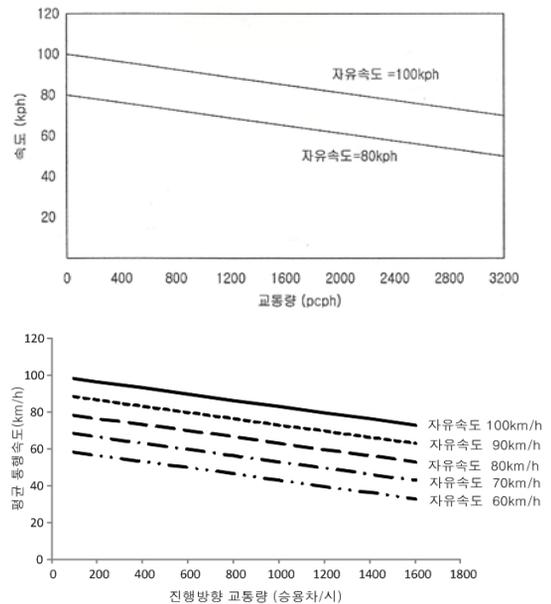


그림 4. 현행/개정 2차로도로 속도-교통량 관계 비교

표 4. 2+1차로도로의 총지체율 및 평균통행속도 보정계수 값

일방향 교통량 (vph)	총지체율 보정계수 (f_{pl})	평균 통행속도 보정계수 ($f_{s_{pl}}$)	일방향 교통량 (vph)	총지체율 보정계수 (f_{pl})	평균 통행속도 보정계수 ($f_{s_{pl}}$)
100	0.539	1.025	1,000	0.680	1.081
200	0.582	1.034	1,100	0.686	1.084
300	0.606	1.042	1,200	0.691	1.086
400	0.624	1.050	1,300	0.696	1.087
500	0.638	1.057	1,400	0.701	1.088
600	0.649	1.063	1,500	0.705	1.089
700	0.658	1.069	1,600	0.709	1.089
800	0.666	1.074	1,700	0.713	1.088
900	0.674	1.078	-	-	1.087

로, 개정된 2차로도로 편에 추가되었다. 2+1차로도로의 서비스수준 분석방법론은 기존 2차로도로를 2+1도로로 전환했을 때 개선된 운영효과를 2차로도로의 효과적도인 총지체율과 평균 통행속도 보정계수로 적용하여 효과적도를 정량화 하였다.

표 4에서 일방향 교통량이 1,000대/시일 때 2+1차로도로를 도입할 경우 총지체율은 32%, 평균 통행속도는 8% 정도 개선됨을 보여준다.

연결로-일반도로 결합부와 버스 전용차로 보정계수

1. 연결로-일반도로 결합부(신규)

연결로-일반도로 결합부란 자동차가 고속주행의 본선에서 진행 경로를 바꾸어 이동할 수 있도록 본선과 분리하여 설치된 연결로와 일반도로를 연결한 시설물을 의미하며, 이번 편람에서는 불완전 입체 교차 형식으로 결합된 신호화된 다이아몬드형 인터체인지의 용량 및 서비스 수준 분석 방법론을 새로이 편성하였다.

구체적으로는 인터체인지 전체를 대상으로 한 것이 아닌, 고속주행도로의 하부에서 두 개의 평면 신호교차로가 연계, 운영되는 상황을 대상으로 한 분석이라고 해야 좀 더 정확한 표현이 된다. 따라서 한 개 지점의 신호운영으로 최근에 계획과 설치

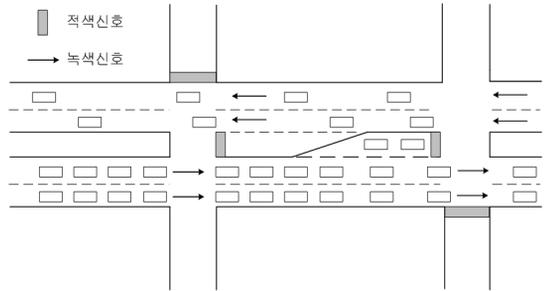


그림 5. 2점 교차로(교차로 사이: 내부 링크)

가 증가하고 있는 1점 교차형 또는 Single Point Urban Interchange(SPU)는 신호교차로 분석 방법론을 준용할 수 있으므로 따로 다루지 않았다.

다이아몬드 IC의 하부 상황이 낯은 독특한 문제는 독립 교차로와는 달리 앞 그림에서처럼 두 개의 근접한 신호교차로가 연계·운영됨으로써 양측 교차로 정지선에 배치된 녹색시간의 일부가 사용되지 않게 되고 이 손실된 녹색시간의 발생으로 인해 교차로 접근부의 용량이 감소된다는 점이다. 구체적으로는 내부링크의 초기대기행렬에 의해 상류교차로에서 추가녹색손실시간(L_Q)이 발생하는 상황과 신호운영상 상류부에서 진입이 차단되어 하류교차로에서 녹색시간을 일부 사용할 수 없어(일부 녹색시간동안 차량이 더 이상 정지선을 통과하지 못하는) 하류교차로에 추가녹색손실시간 (L_{DS})이 발생하는 상황으로 양분하여 유효녹색시간을 산출하도록 한 것이 핵심 내용이라고 할 수 있다.

예를 들어 L_Q 는 그림 6에서 τ_2 의 시간길이(초)를 의미하는 것으로 상류부 교차로에서 같은 녹색

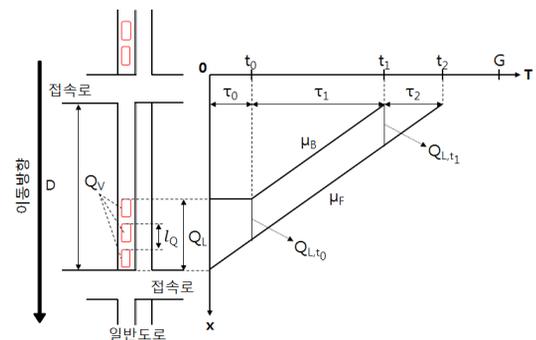


그림 6. 내부링크의 초기대기행렬에 의해 발생하는 추가녹색 손실시간

표 5. 다이아몬드형 IC의 서비스 수준

서비스 수준	차량 당 제어지체
A	≤ 22초
B	≤ 45초
C	≤ 75초
D	≤ 105초
E	≤ 150초
F	≤ 330초
FF	≤ 510초
FFF	> 510초

시간동안 차량을 내부 링크로 직진(또는 좌회전) 유입시켜도 하류부(그림에서 밑쪽의) 교차로 정지선 상에 평균적으로 형성되는 대기행렬 때문에 원활한 진전을 방해받고 이로 인한 시간의 손실이 발생한다는 것이다.

유효녹색시간의 산정이 완료되고 난 이후, 용량과 지체의 산정은 신호교차로 방법론을 따르도록 하고 있으며, 다이아몬드형 IC를 이용하는 기종점 이동류의 서비스 수준은 두 개의 교차로를 통과하는 교통류와 한 개의 교차로를 통과하는 교통류가 혼재한다는 점을 감안, 기존 신호교차로 서비스 수준 기준의 1.5배를 기준으로(USHCM과 논리가 동일) 설정하고 판단하도록 하였다.

다이아몬드 IC에서 분석 가능한 기종점 이동류 수는 총 14개이나 연결로를 나와 연결로로 직진하거나 유턴하는 통상 허용되지 않거나 교통량을 무시해도 문제가 없는 이동류 4개를 포함하고 있다는 사실과 교차로에서 방향별 이동류 수만큼 차로군 분류를 수행해야 한다는 점에 유의해야 한다.

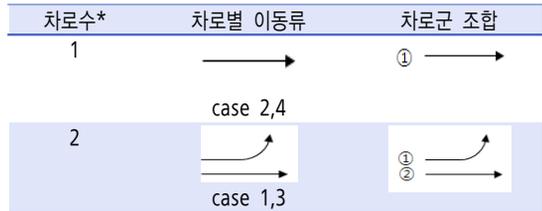
2. 버스전용차로 보정계수(추가)

신호교차로에서 중앙버스전용차로의 설치는 차로운영과 신호운영에 변화를 유발하게 된다. BRT라는 이름으로 확산일로에 있는 중앙버스전용차로제의 영향을 신호교차로 분석에 반영하기 위해서 본 편람에서 분석 과정과 방법론, 주요 핵심 매개변수를 새로이 제시하였다. 그 대강은 기존의 신호교차로 분석방법을 근간으로 하되, 버스전용차로를 일반차로와 구분하여 포화교통류율을 계산하고

표 6. 교차로 구조와 좌회전 Case 구분

번호	Case 설명	
	차로운영(배열)	신호운영
1	버스(좌), 버스(직), 일반(좌)	양방향 보호 좌회전 현시
2	버스(직), 일반(좌)	양방향 보호 좌회전 현시
3	버스(좌), 버스(직), 일반(직)	상기 또는 직좌 동시
4	버스(직), 일반(직)	직진현시만

표 7. 차로수와 이동유별 차로군의 구분



차로군도 독립된 차로군으로 구분하도록 하는 등 먼저 따로 분석하도록 하였다.

버스전용차로가 설치된 교차로는 대부분의 버스용 현시가 주로 직진현시로 구성되나 경우에 따라 좌회전이 허용되는 경우도 있다. 따라서 차로운영과 신호운영의 조합에 따라 먼저 다음과 같이 case 구분을 하도록 하였다.

그리고 차로군의 결정은 중앙버스전용차로가 직진 1개 차로라면 독립된 하나의 차로군으로, 전용 좌회전 및 직진 차로가 같이 운영되면 회전과 직진을 분리된 두 개의 차로군으로 결정토록 하였다.

좌회전이 허용되어 하나의 차로군으로 분류되면 직진으로의 환산계수(EL)가 필요하다. 중앙버스차로 운영 하 좌회전차로에서는 유턴이 불허되므로 기존의 직진환산계수 산출을 위한 식에서 유턴 영향 직진환산계수를 제외하면 된다.

가장 중요한 포화교통류율은 다음 식에서의 표현과 같이 버스전용차로의 기본포화교통류율(S_{b0})을 1,100 vphgpl으로 하고 차로 수, 직진환산계수(E_L)의 역수인 좌회전 보정계수(f_{BLT}), 경사보정계수(f_g), 그리고 표 8과 같이 교차로 정지선으로부터 상류부로 120m 내에 정류장 위치에 따른 보정계수(f_{ub})를 종합하여 산정토록 하였다.

$$S_{bi} = 1,100 \times N_i \times f_{BLT} \times f_g \times f_{ub}$$

표 8. 상류부 정류장 영향 보정계수

상류부 정류장 이격거리(m)	≤20	70	≥120
f_u	0.51	0.68	1.00

표 9. km당 구간 순행시간

중앙버스전용차로의 km 당 구간 순행시간(초/km)					
분석구간 간격(km)	추월차로 없는 경우			추월차로 있음	
	정류장 무	정류장 1	정류장 2	정류장 1	정류장 2
≤0.1	91	374		316	
≤0.2	78	223		198	
≤0.3	73	181	해당사항 없음	163	해당사항 없음
≤0.4	69	159		144	
≤0.5	66	146		133	
≤0.6	64	136	175	124	157
≤0.7	63	129	168	118	150
≤0.8	61	124	162	113	145
≤0.9	60	119	158	109	140
>0.9	59	116	154	106	136

※ 간선급행버스체계 설계지침(2006.12, 국토해양부의 도시부 정류장 설치 간격은 최소 500m로 설치하도록 규정

이후 과정은 표준화된 신호교차로 분석방법론과 동일한데, 마찬가지로 중앙버스전용차로의 용량과 서비스수준이 구해지면, 이를 다른 일반 차로군과 종합하여 한 접근로에 대한 서비스수준을 구하고, 다시 교차로 전체의 서비스수준으로 확대할 수 있도록 하였다. 말할 것도 없이 서비스수준 판정을 위한 경계값은 신호교차로의 그것과 동일하다.

또 도시 및 교외 간선도로의 서비스수준 분석 과정에 중앙버스전용차로의 구간 분석이 필요하므로 분석구간 간격에 따른 순행시간 표를 제공하였다.

회전교차로, 특수상황에 관한 분석

1. 회전교차로(신규)

2013 편람에 10장 비신호교차로 다음으로 11장에 신규 편성된 회전교차로 분석 방법론은 회전교차로 설계지침(국토해양부, 2010)에서 제시한 기본유형 중 1차로형 회전교차로와 2차로형 회전교차로를 주 대상으로 용량분석 방법과 서비스수

준 분석방법을 제시하고 있는데, 그 대강을 간단히 정리하면 다음과 같다.

먼저 용량분석 모형과 관련해서는 미국의 그것보다 독일 모형(HBS2001/2005)을 기반으로 회전교차로 용량분석 모형을 정립하였다.

$$C = \left[3600 \left(1 - \frac{V_c \times t_{\min}}{3600} \right) \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot \exp^{-R} \right] \times f_p$$

$$R = \frac{V_c}{3600} (t_c - 0.5t_f - t_{\min})$$

통행우선권을 가진 회전교통량이 각 접근부의 진입교통량의 정지 대기선 앞에서 연출하는 차두 간격에 따라 결국 진입용량이 결정된다는 것으로 gap acceptance theory가 여기서도 작동하며, 수요를 기반으로 하는 방향별 이동교통량을 더해 상충교통량을 결정하는데 일차 유의하여야 한다. 상식에서 C는 진입용량, V_c 는 상충교통량, t_c 는 임계간격, t_f 는 추종시간, t_{\min} 는 회전차로 최소차두간격, n_e 는 진입차로수 영향계수, f_p 는 횡단보행자수 영향계수이다.

이 부분 연구 종료시점이 2011년 말이었고 현대식 회전교차로의 본격적인 설치, 보급이 2010년 이후로 시작된 이유로 유효한 현장자료의 충분한 확보가 현실적으로 어려웠기 때문에 해석적 모형 기반의 용량분석 모형을 정립하고 임계간격을 위시한 주요 매개변수에 국내 특성을 반영하도록 현장조사를 통하거나 필요한 경우 미시 시뮬레이션 분석으로 값을 도출하였다.

특히 국내 회전교차로 용량분석 모형을 기준으로 상충교통량에 따라 진입용량을 분석한 결과 진입차로 영향계수(n_e)는 1.7로 산출되었으며, 횡단보행자수에 대한 영향은 시뮬레이션으로 분석하여 계수를 도출하였다.

표 10. 국내 특성이 반영된 주요변수 추정결과

변수 (단위는 초)	1차로형	2차로형
	회전교차로	회전교차로
임계간격 (t_c)	3.21	3.21
추종시간 (t_f)	3.15	3.15
(t_{\min})	2.05	0.0
(n_e)	1.0	1.70

회전교차로의 효과적도는 차량 당 평균지체를 사용토록 하였는데 단속류 시설의 효과적도가 속도나 지체와 같이 사용자 중심의 경험을 기준으로 통일되어 가고 있음을 반영한 것이며 산정공식은 비신호교차로의 운영지체 공식과 흡사하다.

$$d = \frac{3600}{c} + 900T \left[\left(\frac{V}{c} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{V}{c} - 1 \right)^2 + R^*} \right] + ADD$$

$$R^* = \frac{\left(\frac{3600}{c} \right) \frac{V}{c}}{450T}, \quad ADD = 5 \cdot \min \left[\frac{V}{c}, 1 \right]$$

그러므로 자연히 LOS의 구간별 문턱 값을 정하는데 있어서도 같은 논리가 적용되었고, 비신호교차로 중 양방향정지 교차로의 LOS 구분과 같은 스케일로 결정되었다.

표 11에서처럼 신호교차로의 LOS 구분 스케일을 반으로 하향 조정할 것임을 알 수 있으며 LOS F는 용량을 넘어서는 것으로 이해하면 된다. 참고로 이들 경계 또는 문턱 값은 USHCM(2010)의 회전교차로 서비스수준 구분 스케일과도 같다.

또 국내에 다양하게 설치되어 있는 회전교차로 현황을 고려하여 비전형적인 것으로 3지 및 5지 회전교차로, 쌍구형 회전교차로 등에 대한 분석방법을 추가하였으며, 회전차로는 2차로이나 진입차로가 1차로인 경우의 회전교차로에 대한 분석방법은 회전차로 최소 차두시간과 진입차로 영향계수를 달리 사용하여 분석하도록 하였다.

회전교차로가 비신호교차로의 한 형태이기는 하나 신호교차로와 전형적인 비신호교차로 사이에 시설의 위상이 정립된다고 보았기 때문에 교통량을 PHF로 반드시 보정하여 사용해야 한다.

표 11. 서비스수준 판정 기준

서비스 수준	평균지체시간(초/대)	
	회전교차로	신호교차로
A	0-10	0-15
B	10-15	15-30
C	15-25	30-50
D	25-35	50-70
E	35-50	70-100
F	50 초과	100 초과

2. 특수상황에 관한 분석(추가)

1) 특수상황의 종류와 구분

도로의 용량은 통상적인 분석에 주어진 도로 및 교통 조건과 제어 조건(단속류인 경우) 외에 도로 운영 조건의 일시적인 변화나 환경 조건에 의해서도 영향을 받는다. 도로점용공사(work-zone)와 기상악화(inclement weather) 등이 그 대표적인 변화 조건들이 될 수 있는데, 이 같은 상황은 반복적으로 나타나며 사전적 예측이 어느 정도 가능한 것들로 편람에서는 특수상황이라고 칭하고 그에 따른 용량(단속류인 경우, 포화교통류율)의 변화나 보정 방법론을 많은 현장자료의 조사와 분석, 비교를 통해 제시하였다.

특수상황을 그림 7과 같이 구체적으로 세분하였는데 전술한 대로 크게 공사구간과 악천후(기상조건)으로 대분하고, 이어 단속류 구간과 연속류 구간으로 구분한 다음, 단속류 그룹인 경우에는 구체적인 공사의 위치에 따른 분류나 설계속도 수준에 따라 최종적으로 구분을 마무리 하게 하고, 연속류인 경우에는 강우, 강설의 영향을 정리하였다. 특히 고속도로 경우에 주야에 따른 시설 용량의 변화가 적지 않게 나타남에 따라 어둠(darkness)과 관련한 보정치를 계수화 하였다.

공사구간과 악천후에 따른 용량에의 영향은 순서대로 연속류 대표 부문인 고속도로 기본구간 편과 단속류 대표 부문인 신호교차로 편이 후반부, 즉 예제 바로 전에 각각 배속, 정리되었다.

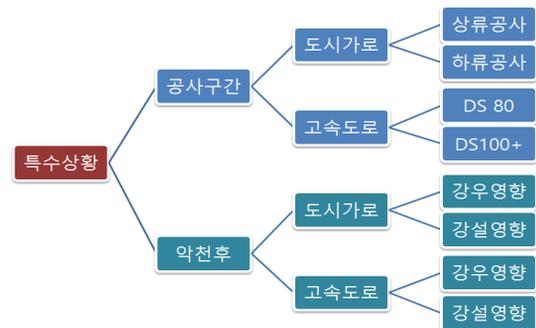


그림 7. 특수상황의 구분

2) 공사구간(도로점용공사)의 영향

먼저 도시가로 빈번한 도로점용공사는 분석하고자 하는 접근부의 정지선을 기준으로 상류 또는 하류 측에서 차로점용이 발생하느냐에 따라 상류부 공사구간과 하류부 공사구간으로 나누었다.

신호교차로의 인근에서 도로조건의 변화를 유발하는 공사를 수행하는 경우, 해당하는 접근부 차로군의 포화교통류율은 공사구간의 위치, 정지선과의 거리, 부여된 녹색시간, 공사구간 유형(차로점유 및 정도, 형태 그리고 노면의 재질과 상태) 등에 따라 그 값이 크게 달라질 수 있다는 논리인데, 이는 정지선을 두고 상류 또는 하류에서의 공사구간에 병목이 형성된 것으로 보아 공사구간의 위치 조건과 신호제어조건인 상호작용으로 인해 상류에서의 충분한 교통량 공급이 제한되거나 하류에서의 역방향 충격과로 인한 정지선 통과량에 큰 제약이 있을 수 있기 때문이다. 편람의 해석적 모형이 구축되고 합리적인 수준에서 시뮬레이션 결과와 이어진 현장조사 자료와 비교 및 검증은 마쳤다. 편람(4)의 319쪽에 네 가지 유형별 포화교통류율 보정 공식에 s_{1nz} 로 현재 표기된 것은 정지선 한 차로를 기준으로 보정된 것이라는 의미에서 s_{1nz} 의 오기이니 정오표를 참고하기 바란다.

고속도로 기본구간에 배속된 연속류 부문 공사는 자동차전용도로 상의 각종 유지보수 활동 때문에 하나 이상의 본선 차로를 점용하고 시행되는 단·중기 공사대 대상으로 하며 설계속도별로 다음과 같이 기본용량 값(c_{jw})을 제시하고 있다.

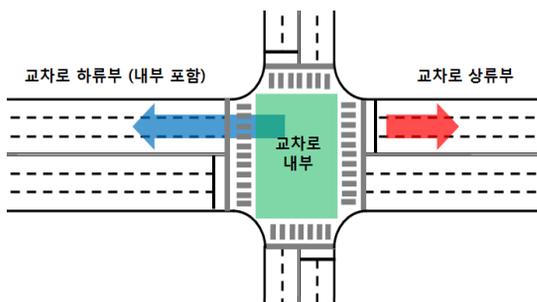


그림 8. 신호교차로 공사구간 구분

표 12. 설계속도별 기본용량 (고속도로)

설계속도	80 kph	100 kph	120 kph
용량			
기본용량(pchpl)	1,650	1,700	1,750

참고로 장기공사처럼 선형에는 변화가 있으나 본선 차로 수는 그대로 유지되는 공사의 경우는 해당되지 않는다는 것에 유념하여야 하며, 아래 공식에 따라 기본용량을 차로 폭과 중차량 비율에 따라 추가 보정하여 용량 값을 결정하도록 하였다.

$$c_{wz} = c_{jw} \times N \times f_w \times f_{HV}$$

도시고속도로의 경우에는 현장조사를 31개 지점에서 수행하고 미시 시뮬레이션으로 케이스들을 보완하였으며, 고속국도(고속도로)의 경우에는 자그마치 5,293건의 공사구간을 대상으로 용량 값을 도출하였기 때문에 자료의 충분함에는 이견이 없을 것으로 사료된다.

3) 악천후(기상상황)의 영향

기상악화/악천후와 주야간의 변화는 운전자의 시거 및 도로노면 인지 상태에 영향을 주어 운전자로 하여금 운전행태에 변화를 유발시킨다. 다른 특수상황인 공사와 마찬가지로 고속도로 기본구간과 신호교차로 편에 이와 같은 영향을 고려하는 방법을 배속시켰는데 먼저 고속도로에서의 기상악화/악천후 상황은 크게 강우와 강설의 두 가지 상황으로 구분하였으며, 어두움의 영향을 추가하였다. 설계속도별 기존 고속도로 용량 산정 식에 날씨 보정계수(f_{IW})와 야간 보정계수(f_{DK})를 추가 적용하도록 하였다. 일반적인 강설, 강우량 단위를 기준으로 한 것이 아닌 한 시간동안을 기준으로 한 강우 및 강설강도를 기준으로 했음을 유의 바란다.

악천후 시에는 신호교차로에서도 차량간 통과 시간간격인 차두시간이 평상시에 비해 증가한다. 다시 말하면 포화교통류율이 감소하는데 근본적인 원인은 매우 다양하나, 일반적으로 강우시는 주변 환경에 대한 운전자의 가시권이 제약되어, 교통안전을 고려한 인지반응시간이 길어지는 것에 기인

표 13. 고속도로 용량의 날씨 보정계수

상황구분	설계속도	설계속도		
		80 kph	100 kph	120 kph
강우(fIW)	0 mm/h	1.00	1.00	1.00
	0-5.0 mm/h	0.97	0.94	0.92
	5.0-10.0mm/h	0.92	0.90	0.86
	10.0 mm/h 이상	0.90	0.86	0.81
강설(fIW)	0 cm/h		1.00	
	0.1 cm/h 미만		0.87	
	0.1-2.0 cm/h		0.75	
	2.1 cm/h 이상		0.67	
주야(fDK)	주간	1.00	1.00	1.00
	야간	0.97	0.93	0.91

표 14. 신호교차로 날씨관련 용량 보정계수

도시가로 날씨 상황 구분	보정계수	
		0 mm/h
강우 강도	0-2 mm/h	0.93
	2-4.5 mm/h	0.83
	4.5 mm/h 이상	0.79
강설 강도	0 cm/h	1.00
	0.1 cm/h 이하	0.65
	0.1-2.0 cm/h	0.46
	2.1 cm/h 이상	0.34

하는 것으로 판단되고, 강설시에는 차량의 미끄러짐에 대한 우려로 운전이 조심하는 행태에 기인한다고 관측된다.

도시가로의 주야간 보정계수는 제시하지 않았으며 그 이유는 야간에도 교차로가 주변의 밝기가 유지되며 용량에의 영향이 유의한 수준으로 감지되지 않았기 때문이다.

참고로 고속도로와 신호교차로 부문에서 강우강도의 수준을 구분하는 구간 경계 값이 동일하지 않는데, 이는 유의한 용량의 변화가 감지되는 통계적인 뒷받침이 있었느냐와 현장자료 취득의 어려움이 동시에 작용했기 때문으로 이해하면 좋겠다.

4) 특수상황 발생빈도와 편람 활용의 확장

편람 연구를 수행하면서 수집된 근거자료를 보면 서울시에서는 1년 동안 약 12만 건의 도로를 점용하는 공사가, 한국도로공사에서는 3달 동안 5천여 건이 넘는 단·중기 공사가 시행되고 있었다. 또 매년 기상청 관측 자료에 의하면 강우 일수는 1

년의 약 1/3로 관측되고 있으며, 최근에는 여름철 국지성 폭우가 발생하는 등 이상기후 현상이 빈번해지고 있으며 강설의 경우도 국지적이고 집중적인 상황의 발생이 빈도를 더해 가고 있다. 또 많은 용량의 관측과 산정이 밝은 주간 상황을 기준으로 이루어지고 있으나 동절기와 주변의 한 두달 동안은 본격적인 침두시간이 어둠이 걸리기 전이나 어둠이 내리고 난 이후에 발생한다. 이와 같은 점들을 고려하면 도로의 계획과 설계, 도로의 운영과 관리에 가장 핵심적인 용량의 산정에 있어 더 세심한 접근이 필요하고 이 부문을 다룬 편람의 내용이 관련 전문가와 정책입안자들 사이에서 도로용량의 엄밀하고 다양한 산정에 관한 전향적인 인식을 끌어낼 것으로 기대해 마지않는다.

마지막으로 도시가로 및 고속도로에서 발생하는 공사에 대해 포화교통류율 값이나 용량 값만 합리적으로 먼저 산정되고 나면 편람의 표준 절차에 따라 정해진 MOE를 도출할 수 있다. 하지만 편람에서는 다양한 MOE(현행으로는 평균제어지체와 평균밀도/속도 뿐)를 산출하지 못한다는 아쉬움이 있으므로 추가의 산출 노력이 필요한데, 다행히 편람연구와 직접 연계, 기획, 수행되지는 않았으나 공사구간에 대한 다양한 분석을 위해 국토부 연구과제(8)의 결과로 전문가 S/W인 SPADEWORK 1.20가 제작되어 지속적인 개선을 마치고 무료 배포되고 있으니 학회 홈페이지를 참고 바란다.

맺음말

1. 편람에 못 담은 내용, 미진한 점

지금까지 2+1차로 도로, 연결로-일반도로 결합부, 회전교차로와 같이 새롭게 추가 편성된 내용, 공사구간 및 악천후의 영향과 같이 기존 시설의 분석에 보충, 보완 편성이 절실했던 내용, 그리고 대표 중차량 성능 곡선의 개정과 설계시간계수의 변화, 2차로도로의 유형의 세분화 등 2013년 도로용량편람의 주요 개정 내용을 제한된 지면에

서나마 정리해 보았다. 개정 내용이 과거 편람의 장 편성 체계를 기반으로 여기저기에 분산 편재되어 있기에 일목요연하게 그 내용의 대강을 속히 이해하는 데 본 고의 역할이 있을 것으로 생각한다. 다만 시기상 다소 늦은 감이 있으나 각종 평가와 심사에서 개정 내용에 대한 실무자들의 이해와 파악의 정도를 경험해 보면 그나마 이 지면이라도 소개하는 것이 필요하다는 생각이 든다.

그리고 개정 편람이 겉모양과 인쇄품질 등에서 나름 최선을 도모하였으나 내용에서는 오탈자가 여전하고, 일부 부록 내용에는 2001년판의 2005년 이후 인쇄본에 최종 수정된 사항이 금번 편람 최종 파일작업에서 이전 버전이 일부 실리는 일도 있었다. 이에 대한 교정 내용은 이미 배포되었고 학회 홈페이지에 공지된 최신 정오표에 상세히 기술되어 있으니 반드시 참고할 것을 알려 드린다.

제약된 지원 환경에서 편람 개정을 이루어낸 것이 그나마 다행이라 자타가 평가함에도 아쉬움은 여전히 남는다. 여러 방법론과 절차에 쪼여 들어 있는 국적이 불분명한 매개변수와 보정계수들에 대대적인 검증을 거쳐 그 유용성을 판단하고 현지화 작업이 반드시 이행되어야 함에도 손도 대지 못한 부분이 여전히 남아있다고 하는 것이 옳은 평가일 것이다. 또 시설들이 물리적으로 연결되어 있거나 뒤섞여 있어 종합 또는 통합 분석이 필요한 시설들(보도와 자전거도로, 자전거도로와 도시가로, 이들 셋 모두)에 대한 평가방법을 제안하지 못한 점, 간선도로와 교차하는 이면도로에 대한 관심 부족, 도시 간선도로에 지나치게 많은 버스과 택시 등의 영향을 제대로 반영하는 한국적인 시설환경에 대한 고려와 분석 방법론 개정이 약했던 점, USHCM(2010)에서처럼 사용 빈도가 높아지고 있는 각종 micro simulation의 정산과 결과 해석 등에 관한 기술적인 안내도 전혀 신지 못한 점 등 때문에 앞으로도 상당 기간 동안 실무자들의 필요와 요청에 부응하기 어렵게 되었다.

2013년 편람 연구에서 다루지 못하고 남은 2001년 편람 부분의 방법론과 분석절차에는 사실

상 그대로 실려 있다. 향후 연구에서는 산출되는 용량 값과 MOE 결과 값에 대한 bench-mark 테스트를 대대적으로 수행하고, 여러 보정계수나 매개변수의 유용성을 넘어 시설별 분석 절차와 방법론의 재조명을 통해 개량과 고도화에 집중해야 할 것이다. 동시에 평가대상 시설의 확장과 통합분석 방법론의 개발도 늦추지 않아야 할 것이다.

2. 향후 편람연구 수행방식의 전환

1992년 처음 한국 도로용량편람이 발간된 지 거의 사반세기가 흘렀고, 그 동안 운전자와 차량, 도로시설 면에서도 많은 변화가 있었을 뿐만 아니라 이를 해석하고 평가하는 방법론과 기술도 발전을 거듭해 왔다. 이 같은 변화가 있었음에도 편람 내용의 시기적절한 관리, 유지보수는 여전히 우리의 관심사에서 뒤편에 있는 것으로 보인다. 수많은 도로연구프로그램(NCHRP 등)을 통한 편람 관련 연구노력이 매 해 지속되고 적정 시점에 개정 편람으로 종합되어 일신을 거듭하는 미국 연방도로청(FHWA)과 교통연구위원회(TRB)의 철학과 체계를 우리가 모르고 있는 것인가? 도로용량편람 등을 통한 도로의 합리적인 계획과 운영, 평가가 사회 곳곳에서 발생하는 비효율을 처음부터 봉쇄하고 도로를 더 안전하고 효율적인 기반시설로 자리 잡게 하는데 기초가 된다는 사실을 놓쳐서는 안

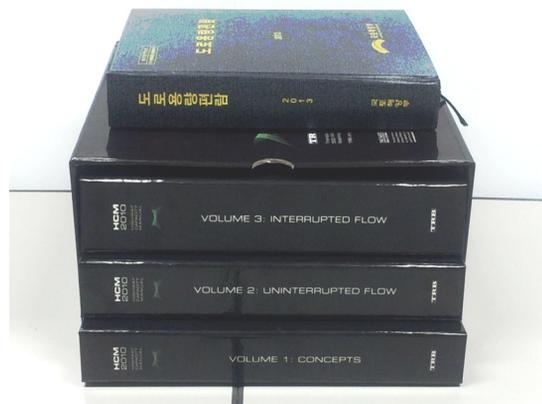


그림 9. KHCM(위)과 USHCM(아래)

된다. 매번 소 잃고 외양간 고칠 거라면 뭘 두고 사회가 발전했다고 주장하는지 묻고 싶다. 특히, 도로 건설 중심에서 효율적이고 안전한 운영과 서비스 중심으로 도로 사업 패러다임이 바뀌고 있는 상황에서는 그러한 예방적이고 체계적인 대비가 더욱 절실해 보인다.

필진은 도로용량편람과 같은 기술 기준서에 대한 투자와 그로 인한 가늠하기 쉽지 않은 사회적인 편익이 도로 및 교통 분야의 많은 R&D를 통해 현재 얻고 있는 기술료, 특허료나 유관 산업에서의 파급효과를 무안하게 하는 그 이상의 것이라고 확신한다. 미국의 교통부는 학계의 연구 욕심에 지원을 계속하는 악순환을 끊지 못하고 쓸데없는 데에 투자를 해 왔고 현재 그렇게 하고 있단 말인가? 대답이 '아니오.'라고 한다면 이러한 편람 연구에 대한 철학과 지원 체계를 놓고 현재 우리의 것과 견주어 연구기획, 지원, 평가 시스템을 원점에서 재검토해야 할 때가 아닌지를 놓고 많은 쟁론을 기대한다.

참고문헌

- 건설교통부 (2001), 도로용량편람.
 국토교통부 (2013), 도로용량편람.
 대한교통학회 (2012), 도로공사구간 교통류특성모형개발 및 교통관리 대안평가 Tool 제작 연구, 최종보고서.
 한국건설기술연구원, 한국교통연구원 (2010), 도로용량편람 개정 및 보완연구, 1차년도 보고서.
 한국건설기술연구원, 한국교통연구원 (2011), 도로용량편람 개정 및 보완연구, 2차년도 보고서.
 한국건설기술연구원, 한국교통연구원 (2012), 도로용량편람 개정 및 보완연구, 3차년도 보고서.
 TRB (2000), Highway Capacity Manual.
 TRB (2010), Highway Capacity Manual.