

■ 論 文 ■

KHCM에 이용된 양방향 2차선 도로 및 고속도로의 승용차 환산계수 산정방법론 연구

PCE Calculation Methodologies used in KHCM for Two-way Two-lane Highways and freeways

최 병 국

(한국건설기술연구원 선임연구원)

목 차

- I. 서론
- II. 문헌연구
- III. 양방향 2차선 도로 승용차 환산계수
 - 1. 평지의 승용차 환산계수
 - 2. 구릉지, 산지 및 특정구배의 승용차 환산계수
- IV. 고속도로 승용차 환산계수
 - 1. 평지의 승용차 환산계수
 - 2. 특정구배 및 구릉지, 산지의 승용차 환산계수
- V. 결론
- 참고문헌

요 약

본 논문에서는 1992년 KHCM 작성시 이용된 양방향 2차선 도로 및 고속도로의 승용차 환산계수 산정방법론 및 자료를 연구하였다.

대형차가 2차선 도로, 고속도로의 교통류에 미치는 영향은 각기 다르므로 1992년 KHCM 작성시 승용차 환산계수를 산정하는데 있어서 각 도로의 특성을 최대한 반영하기 위해 다양한 방법을 적용하였다.

양방향 2차선 도로의 평지의 서비스 수준 A에서는 Walker 방법, 서비스 수준 B, C, D에서는 지체시간 방법, 서비스 수준 E에서는 차두간격 방법, 구릉지, 산지 특정구배에서는 실측 자료 및 TWOPASK1 Simulation에 의한 방법을 적용하였고, 고속도로의 평지에서는 차두간격 방법, 구릉지, 산지, 특정구배에서는 실측 자료 및 VEHEQ Simulation에 의한 방법을 적용하였다.

양방향 2차선 도로는 한 방향당 차선이 하나이므로 추월시 대형차의 영향이 고속도로보다 크기 때문에 각 서비스 수준별로 승용차 환산계수를 제시했으며, 고속도로의 승용차 환산계수는 용량에 가까운 상태에서의 승용차 환산계수를 제시하였다.

본 논문은 1992년 KHCM의 양방향 2차선 도로 및 고속도로의 승용차 환산계수 산정에 실제로 적용된 방법론 및 자료를 수정없이 그대로 제시하여 독자들이 승용차 환산계수 산정에 이용된 자료의 양 및 연구 수준의 정도를 이해할 수 있게 하고 독자의 평가를 통하여 미비한 부분은 추후 개정 작업에 반영하기 위함이다.

I. 서론

HCM(Highway Capacity Manual)은 미국에서 1950년에 처음으로 발간된 이래 1965년, 1985년에 각각 개정되었다. 그리고 2000년에 새로운 개정판을 완성하기 위해 연구가 활발히 진행되고 있으며, 일부 개정된 chapter만을 수정한 1994년 개정판이 발간된 상태이다.

현재 1985년 USHCM을 토대로 영국, 호주, 스웨덴, 일본, 대만 등 세계 여러 나라에서 자기 나라 특성을 반영한 HCM을 만들어 도로용량 산정에 이용하고 있다.

우리 나라도 1985년 USHCM을 토대로 4년간의 연구 결과를 반영한 KHCM(Korean Highway Capacity Manual)을 1992년 발간하여 학계 및 업계에서 활발히 이용하고 있다. 그렇지만 4년간의 짧은 기간에 연구를 수행하였기 때문에 충분히 연구를 못한 부분도 있고, 전혀 연구가 안된 도로시설물도 있다. 또한 도로, 차량, 운전자 및 교통특성이 계속 발전되므로 15~20년 주기로 계속 개정되어온 미국의 예에서와 같이 우리 나라도 개정 KHCM을 위해 연구를 적극적으로 추진하자는 주장이 나오고 있다.

본 논문은 이러한 과정의 일환으로 도로용량 산정에 중요한 부분을 차지하는 승용차 환산계수의 산정 방법론 중 1992년 KHCM의 2차선 도로, 고속도로에 실지로 적용된 방법론 및 자료를 그대로 제시하여 독자들의 평가를 통하여 잘못된 부분을 추후 개정 작업에 반영하기 위함이다.

II. 문헌연구

승용차 환산계수(Passenger Car Equivalent)라는 용어는 1965년 USHCM에서 처음으로 사용되었으며, 이후 구미의 많은 교통공학자들에 의해 여러 가지의 도로형태에 대한 적정 승용차 환산계수를 산정하기 위한 연구와 실험이 계속되어져 왔다. 승용차 환산계수는 1985년 USHCM에서 "주어진 도로 및 교통조건 하에서 트럭, 버스, 관광용 차량의 각 한 대가 도로공간을 점유하는 비율을 승용차 대수로 환산한 값"으로

정의하고 있다.

승용차 환산계수는 승용차가 아닌 중차량들이 교통류에 미치는 영향을 나타내기 위한 일종의 보정계수로써 승용차를 1.0으로 하였을 때 주어진 도로교통 조건하에서 중차량이 교통류에 미치는 영향을 승용차 대수로 환산한 값을 의미한다. 따라서 이 계수를 이용하여 중차량이 섞인 혼합교통류를 승용차로만 구성되었다고 가정한 기본 교통류의 교통량으로 환산할 수 있다. 우리 나라의 연구에서 중차량이라 함은 32kg/ps 이상의 2축 6륜 이상의 차량으로 정의하였다.

연구의 초기에는 Walker, Cunagin, Messer, Craus 등에 의해 주로 2차선 또는 다차선 도로에 대한 적정 승용차 환산계수 산정을 위한 연구가 수행되었다.

1976년에 A. W. Alberta와 J. F. Morall은 구릉지에서는 Walker 방법을 쓰고 평지에서는 차두시간 방법을 적용하였고 또한 위락차량에 대한 연구도 시작하였다. 1978년에는 A. D. St. John과 D. R. Kobett는 Midwest Research Institute에서 70년대초부터 연구해 온 결과를 NCHRP 185에 발표하여 경사지에서의 대형차 특성에 대한 연구의 새로운 장을 열었다.

1979년에는 Linzer, Roess와 Mcshane 등은 1965년 HCM을 수정하기 위한 목적으로 고속도로 부분에 대한 연구를 하였으며 MRI 결과와 Pennsylvania 연구 결과를 참고하여 Circular 212를 발표하였다.

1980년에는 J. Craus와 I. Grinberg는 Walker의 방법을 확장하여 추월시 지체되는 시간까지를 포함하는 균등 지체방법이라는 개선식을 발표하였다. 또한 E. L. Seguin, K. W. Crowley와 W. D. Zweig 등은 상대적인 차두거리를 기준으로 도시고속도로의 승용차 환산계수를 연구하였다.(1982) 이 연구는 Roess와 Messer에게 연결되어 Circular 212의 개정판으로 TRR 971에 발표되었고 1985년 HCM에 수록되었다.

국내의 승용차 환산계수에 관한 연구는 주로 도로용량에 관한 연구의 일부분으로 이루어졌으며, 임성빈(1971), 문동주(1981), 박창호(1981), 차동득, 김원용(1986), 오익수(1984) 등의 연구가 있다. 승용차 환산계수만을 대상으로 연구된 논문은 오세현(1987), 이승환(1989), 김동녕(1990), 윤항목(1991) 등의 논문 등이 있다.

III. 양방향 2차선 도로 승용차 환산계수

3장부터는 1992년 KHCM의 2차선 도로, 고속도로에 이용된 승용차 환산계수 산정방법론 및 자료를 소개하고자 한다. 2차선 도로의 승용차 환산계수는 평지, 구릉지와 산지, 특정구배로 구분하여 산정하였다. 2차선 도로 평지의 승용차 환산계수는 2차선 도로의 특성상 추월이 가능한 교통량 수준과 추월이 불가능한 교통량 수준(서비스 수준 E)으로 구분하였고, 추월이 가능한 교통량 수준은 다시 서비스 수준 A와 서비스 수준 B, C, D 두 경우로 구분하였다.

1. 평지의 승용차 환산계수

1) 서비스 수준 A

Walker 방법은 동 알고리즘을 개발한 William P. Walker의 이름을 따서 1965년 USHCM 작성시 Werner와 Morrall에 의해 명명되었으며 1965년 USHCM 2차선 도로의 승용차 환산계수 산정의 기초가 되었다. Walker 방법은 "저속차량인 중차량을 추월하는 승용차는 항상 추월이 가능하기 때문에 중차량에 의해 속도의 영향을 받지 않는다. 또는 지체되지 않는다."라고 가정하였다. 이와 같은 상황은 서비스 수준 A상태와 부합하므로 KHCM 2차선 도로 서비스 수준 A상태의 승용차 환산계수의 산정에 이 방법을 적용하였다. 이 방법은 Cunagin과 Messer에 의해 식(1)과 같은 승용차에 의해 추월당한 트럭의 추월 횟수에 대비한 승용차에 의해 추월당한 승용차의 추월 횟수의 상대적인 비율로 공식화 되었다.

$$PCE_i = \frac{\left(\frac{OT_i}{VOL_i}\right)}{\left(\frac{OT_{ipc}}{VOL_{ipc}}\right)} \quad (1)$$

여기서, PCE_i : 중차량 i 의 승용차 환산계수

OT_i : 중차량 i 를 추월한 성능이 양호한 승용차의 추월 횟수(회/km/시)

VOL_i : 중차량 i 의 교통량(대/시)

OT_{ipc} : 성능이 떨어지는 승용차를 추월한

성능이 양호한 승용차의 추월 횟수
(회/km/시)

VOL_{ipc} : 성능이 떨어지는 승용차의 교통량
(대/시)

우리 나라 2차선 도로의 서비스 수준 A 상태에서 추월 특성을 조사하기 위하여 비교적 직선이며, 추월 가능 구간이 1km 정도인 6개 구간을 선정하여 실측하였다. 추월 특성을 조사한 구간의 양방향 교통량은 600대/시~1,900대/시였으며, 각 지점별 추월 관련 자료는 <표 1>과 같다. 그리고 <표 2>는 대구-군위 구간에서의 추월한 차와 추월당한 차를 실측한 자료이다. <표 3>은 Walker 방법을 이용하여 <표 1>, <표 2>의 현장자료와 TWOPASK1이라는 Program 결과를 분석하여 산출한 승용차 환산계수 값이다. <표 1>, <표 2>, <표 3>의 자료는 15분 자료를 1시간으로 환산한 자료이다. 참고로 <표 3>은 트럭의 $VOL_{ipc}=500$ 은 <표 1>의 대구-군위 자료중 총 승용차 대수에서 <표 2>의 1시간 승용차-승용차 추월 대수 교통량을 뺀 것이다. TWOPASK1은 KHCM 작성시 TWOPAS를 우리 나라 2차선 도로의 특성을 반영하여 수정한 Program으로 TWOPASK1의 유효성 검토는 "도로용량편람 기술보고서 2" 또는 교통학회지 제16권 제3호 "2차로 고속도로 양보차로 설계 기준"에 잘 나타나 있다.

<표 1>과 <표 2>를 보면 서비스 수준 A의 승용차 환산계수에 사용한 교통량이 서비스 수준 B의 교통량이다. 이는 분명한 잘못으로 다음의 연구에서는 서비스 수준 A의 승용차 환산계수를 구할때는 반드시 서비스 수준 A의 자료를 이용해야 된다.

2) 서비스 수준 B, C, D

서비스 수준 A에서는 교통량이 적어서 추월하는데 거의 영향을 안 받으므로 Walker 방법을 이용할 수 있었다. 그러나, 교통량이 점점 많아져서 서비스 수준 B, C, D 정도되면 추월차량은 저속차량을 뒤따라 가다가 반대편 차량이 없을 때에만 추월이 가능하다. 따라서 서비스 수준 B, C, D에서는 저속차량에 의한 속도변화를 고려한 변형된 Walker 방법인 지체시간 방법을 승용차 환산계수를 산정하는데 이용하였다. 지체시간에 의한 방법은 식(2)와 같다.

지체시간 방법은 1980년 Craus, Polus와 Grinberg가 상대적인 추월 횟수뿐만 아니라 추월하기 위해 기다리는 지체시간까지 고려하여 Walker 방법을 확장하였다. Cunagin과 Messer는 지체시간 방법을 식(2)와 같이 공식화하여 1985 USHCM 2차선 도로 서비스 수준 D, E의 승용차 환산계수 산정에 적용하였다.

$$PCE_i = \frac{\left(\frac{OT_i}{VOL_i}\right)\left(\frac{1}{TSSP} - \frac{1}{MPCSP}\right)}{\left(\frac{OT_{ipc}}{VOL_{ipc}}\right)\left(\frac{1}{AVCRSP} - \frac{1}{MPCSP}\right)} \quad (2)$$

- 여기서, PCE_i : 중차량 i 에 대한 승용차 환산계수
- OT_i : 중차량 i 를 추월한 승용차 추월 횟수(횟수/km/시)
- VOL_i : 중차량 i 의 교통량(대/시)
- $TSSP$: 승용차와 중차량의 평균속도
- $MPCSP$: 성능이 양호한 승용차로만 구성된 교통류의 평균속도
- OT_{ipc} : 성능이 떨어지는 승용차를 추월한 성능이 양호한 승용차의 추월 횟수(횟수/km/시)
- VOL_{ipc} : 성능이 떨어지는 승용차의 교통량(대/시)
- $AVCRSP$: 성능이 떨어지는 승용차를 포함한 승용차로 구성된 교통류의 평균속도

대구 - 군위 (국도 5호선) '90. 3. 27. AM 11:00-12:00 PM 4:30- 5:30	798	564	456	520	1,263	76
	767	365	476	558	1,133	104
	720	538	497	519	1,259	56
	691	468	494	519	1,159	52
	432	709	519	582	1,081	68
	473	640	491	503	1,114	80
	459	715	462	514	1,175	36
516	684	540	500	1,201	60	
대구 - 마산 (구마고속도로) '90. 4. 3. AM 9:00-11:00	622	509	547	521	1,151	52
	484	389	586	570	873	84
	579	450	591	567	1,029	28
	629	371	642	367	1,000	92
	735	525	644	488	1,260	24
	563	535	544	548	1,158	108
	459	663	535	551	1,122	88
816	523	627	575	1,339	100	
부산 - 김해 (남해고속도로) '90. 4. 6. PM 5:00-5:45	850	561	389	526	1,412	44
	867	654	393	439	1,522	32
	1015	489	391	375	1,585	32
강릉 - 동해 (동해고속도로) '90. 4. 17. PM 5:00-5:45	366	266	425	510	633	32
	259	352	417	385	613	16
	491	306	347	452	798	36
아산 - 안중 (국도 39호선) '90. 4. 19. PM 3:45-4:45	515	336	400	377	851	20
	426	337	404	388	763	24
	520	358	458	333	879	44
	520	324	364	444	844	40
대구 - 군위 (국도 5호선) '90. 6. 3. AM 6:00-7:30	388	526	588	407	720	84
	232	548	310	423	780	84
	364	528	516	493	882	72
	224	612	411	379	836	124
	340	616	447	402	956	40
	356	576	528	431	932	72

〈표 2〉 추월 자료의 조사 결과(대구-군위의 예)

(단위 : 횟수)

대구 - 군위(국도 5호선) 6월 3일 PM 6:10-6:25 15분 관측			
추월당한 차	승용차	버 스	트 렉
승용차	9	-	6
버 스	-	-	1
트 렉	4	-	1

(단위 : 횟수)

대구 - 군위(국도 5호선) 6월 3일 PM 6:25-6:40 15분 관측			
추월당한 차	승용차	버 스	트 렉
승용차	7	-	7
버 스	-	-	-
트 렉	3	-	2

(단위 : 횟수)

대구 - 군위(국도 5호선) 6월 3일 PM 6:40-6:55 15분 관측			
추월당한 차	승용차	버 스	트 렉
승용차	9	2	4
버 스	1	-	-
트 렉	3	-	2

〈표 1〉 2차선 도로의 추월 자료 요약

조사구간	방향별 교통량 (VPH)		중차량 구성비 (%)		교통량 (VPH)	추월수 (#/Hr/Lane)
	A→B	B→A	A→B	B→A		
호법 - 이천 (영동고속도로) '90. 1. 16. AM 11:00-12:00	1,080	612	155	337	1,692	35
호법 - 이천 (영동고속도로) '90. 2. 26. PM 4:20-6:20	654	931	435	381	1,585	20
	608	847	483	333	1,455	16
	735	1,107	415	411	1,842	12
	854	908	415	361	1,852	12
	512	1,071	454	308	1,583	12
	663	958	373	275	1,651	16
592	956	392	304	1,548	16	
600	1,007	359	349	1,607	28	

(단위 : 횟수)

대구 - 군위(국도 5호선) 6월 3일 PM 6:55-7:10 15분 관측			
추월당한 차	승용차	버 스	트 렉
승용차	11	-	7
버 스	-	-	-
트 렉	-	-	2

(단위 : 횟수)

대구 - 군위(국도 5호선) 6월 3일 PM 7:15-7:30 15분 관측			
추월당한 차	승용차	버 스	트 렉
승용차	12	-	10
버 스	2	-	-
트 렉	3	-	3

(단위 : 횟수)

대구 - 군위(국도 5호선) 6월 3일 PM 7:30-7:45 15분 관측			
추월당한 차	승용차	버 스	트 렉
승용차	2	4	3
버 스	-	-	1
트 렉	-	-	-

〈표 3〉 Walker 방법에 의한 승용차 환산계수

차종	조사 항목	OT_i	VOL_i	OT_{ipc}	VOL_{ipc}	PCE_i
버 스		8	96	32	404	1.1
트 렉		36	312	48	500	1.2

〈표 4〉는 지체시간 방법에 의해 승용차 환산계수를 구한 결과이며, 승용차 환산계수는 〈표 1〉 및 〈표 2〉의 실측자료를 주로 이용하였으나, 버스의 경우에는 일부지점을 제외하고는 추월이 발생하지 않아서 실측자료와 TWOPASK1 Simulation 결과를 이용하여 산출하였다.

〈표 4〉 지체시간 방법에 의한 승용차 환산계수

차종	조사 항목	OT_i	VOL_i	OT_{ipc}	VOL_{ipc}	TSSP	MPCSP	AVCRSP	PCE_i
버 스		5	87	22	600	64.0	69.4	64.2	1.6
트 렉		20	488	12	426	64.5	66.2	64.8	1.77

〈표 4〉에서 다른 값들은 그대로 두고 TSSP의 값이 0.2만큼(±0.3% 오차)의 오차를 인정하여 64.7이 된다면 $PCE=1.56$ 이 되고, 0.5만큼의 오차를 인정하여 65.0이 된다면 $PCE=1.24$ 가 될 정도로 속도에 약간의 오차가 있어도 PCE는 매우 크게 변화할 수 있으므로 이 방법을 적용할 때에는 속도의 측정에 상당한 주의가 필요하다.

3) 추월이 불가능한 교통량 수준(LOS E)에서의 승용차 환산계수

1992년 KHCM을 보면 양방향 2차선 도로에서 양방향 교통량이 1,900대/시(2300 승용차 대수/시) 이상인 경우에는 추월하기 점점 어려워져서 운전자는 추월을 포기할 수밖에 없으며, 차량들은 각 방향별로 앞차량을 뒤따라만 가게되는 서비스 수준 E의 교통류 상태가 된다.

이와 같이 일정수준 이상의 교통량으로 추월이 불가능한 2차선 도로의 혼합 교통류에서 중차량이 교통류에 미치는 영향을 파악하기 위한 접근 방법은 승용차와 중차량으로 구성된 차량군에서 차량이 공간 또는 시간을 점유하는 크기, 즉 차두간격을 분석하는 것이 설득력이 있다고 판단된다. 본 연구에서는 혼합 차량군이 승용차와 버스, 트럭으로 구성되었다는 전제하에 차종 배열에 따른 차두간격을 분석하여 중차량(버스, 트럭)의 승용차 환산계수를 산출하였다.

차종 구분을 3종으로 할 경우 차량군에서 차종 배열은 다음과 같이 9가지 배열로 된다.

- | | | |
|------------|---|------------|
| <u>선행차</u> | | <u>후행차</u> |
| (1) 승용차(P) | - | 승용차(P) |
| (2) 버 스(B) | - | 승용차(P) |
| (3) 트 렉(T) | - | 승용차(P) |
| (4) 승용차(P) | - | 버 스(B) |
| (5) 버 스(B) | - | 버 스(B) |
| (6) 트 렉(T) | - | 버 스(B) |
| (7) 승용차(P) | - | 트 렉(T) |
| (8) 버 스(B) | - | 트 렉(T) |
| (9) 트 렉(T) | - | 트 렉(T) |

승용차로만 구성된 기본 교통류와 중차량이 포함된 혼합 교통류에서 교통량과 차두간격의 관계에 의해 다음과 같은 관계식을 유도할 수 있다.

$$\frac{q_B}{q_M} = \frac{H_M}{H_{PP}} \tag{3}$$

여기서, q_B : 승용차로만 구성된 기본 교통류에서의 교통량

q_M : 혼합 교통류에서의 혼합 교통량

H_M : 혼합 교통류의 평균 차두간격
 H_{pp} : 기본 교통류의 평균 차두간격

식(3)에서 기본 교통류의 승용차-승용차 평균 차두간격(H_{pp})은 혼합 교통류에서 승용차-승용차-배열의 평균 차두간격인 H_{pp} 와 같다는 가정하에 H_M 과 H_{pp} 를 산출하였다. 기본 교통류의 승용차-승용차 평균 차두간격(H_{pp})과 혼합 교통류의 승용차-승용차 평균 차두간격(H_M)에는 차이가 있지만, 추월이 불가능한 교통량 수준(LOS E)에서는 이들의 차이가 적고, 중차량의 영향이 있다고 판단되는 중차량 앞·뒤의 차두간격 5~10개씩은 data에서 제외시켰음을 밝혀둔다. 추후의 연구에서는 기본 교통류의 H_{pp} 를 이용하기를 권하고 싶다.

$$\frac{q_B}{q_M} = \frac{H_M}{H_{PP}} = \frac{(P_p^2 \cdot H_{pp} + P_B \cdot P_p \cdot H_{BP} + P_T \cdot P_p \cdot H_{TP} + P_p \cdot P_B \cdot H_{PB} + P_B^2 \cdot H_{BB} + P_T \cdot P_B \cdot H_{TB} + P_p \cdot P_T \cdot H_{PT} + P_B \cdot P_T \cdot H_{BT} + P_T^2 \cdot H_{TT})/H_{PP}}{(4)}$$

여기서, P_p : 승용차의 구성비
 H_{BP} : 버스-승용차 차두간격
 P_B : 버스의 구성비
 H_{TP} : 트럭-승용차 차두간격
 P_T : 트럭의 구성비
 H_{PB} : 승용차-버스 차두간격
 H_{BB} : 버스-버스 차두간격
 H_{TB} : 트럭-버스 차두간격
 H_{TT} : 트럭-트럭 차두간격
 H_{PT} : 승용차-트럭 차두간격
 H_{BT} : 버스-트럭 차두간격

식(4)에서

$$\frac{H_{BT}}{H_{PP}} = 1 + \epsilon_{BT}, \frac{H_{TP}}{H_{PP}} = 1 + \epsilon_{TP}, \frac{H_{TT}}{H_{PP}} = 1 + \epsilon_{TT}, \frac{H_{PB}}{H_{PP}} = 1 + \epsilon_{PB},$$

$$\frac{H_{BB}}{H_{PP}} = 1 + \epsilon_{BB}, \frac{H_{TB}}{H_{PP}} = 1 + \epsilon_{TB}, \frac{H_{PT}}{H_{PP}} = 1 + \epsilon_{PT}, \frac{H_{BP}}{H_{PP}} = 1 + \epsilon_{BP},$$

로 놓으면 식(4)는 다음 식이 된다.

$$\frac{q_B}{q_M} = P_p^2 + P_B \cdot P_p(1 + \epsilon_{BP}) + P_T \cdot P_p(1 + \epsilon_{TP}) + P_p \cdot P_B(1 + \epsilon_{PB}) + P_B^2(1 + \epsilon_{BB}) + P_T \cdot P_B(1 + \epsilon_{TB}) + P_p \cdot P_T(1 + \epsilon_{PT}) + P_B \cdot P_T(1 + \epsilon_{BT}) + P_T^2(1 + \epsilon_{TT})$$

여기서, 식을 풀어서 정리하면

$$= P_p^2 + P_B^2 + P_T^2 + 2(P_B \cdot P_p + P_T \cdot P_p + P_T \cdot P_B) + P_B \cdot P_p(\epsilon_{BP} + \epsilon_{PB}) + P_T \cdot P_p(\epsilon_{TP} + \epsilon_{PT}) + P_T \cdot P_B(\epsilon_{TB} + \epsilon_{BT}) + P_B^2 \cdot \epsilon_{BB} + P_T^2 \cdot \epsilon_{TT} \quad (5)$$

여기서, $(P_p + P_B + P_T)^2 = P_p^2 + P_B^2 + P_T^2 + 2(P_B \cdot P_p + P_T \cdot P_p + P_T \cdot P_B) = 1$ 이므로

$$\frac{q_B}{q_M} = P_p + P_B + P_T + P_B \cdot P_p(\epsilon_{BP} + \epsilon_{PB}) + P_p \cdot P_T(\epsilon_{TP} + \epsilon_{PT}) + P_T \cdot P_B(\epsilon_{TB} + \epsilon_{BT}) + P_B^2 \cdot \epsilon_{BB} + P_T^2 \cdot \epsilon_{TT}$$

다시 정리하면,

$$= P_p + P_B(1 + P_p(\epsilon_{BP} + \epsilon_{PB}) + P_T \cdot (\epsilon_{TB} + \epsilon_{BT}) + P_B \cdot \epsilon_{BB}) + P_T(1 + P_p(\epsilon_{TP} + \epsilon_{PT}) + P_B \cdot (\epsilon_{TB} + \epsilon_{BT}) + P_T \cdot \epsilon_{TT}) \quad (6)$$

여기서,

$$\frac{q_B}{q_M} = P_p + P_B \cdot E_B + P_T \cdot E_T \quad (7)$$

인 관계를 이용하면 식(6), 식(7)에 의하여 버스의 승용차 환산계수 E_B 와 트럭의 승용차 환산계수 E_T 는 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$E_B = 1 + P_p(\epsilon_{BP} + \epsilon_{PB}) + P_T(\epsilon_{TB} + \epsilon_{BT}) + P_B \cdot \epsilon_{BB} \quad (8)$$

$$E_T = 1 + P_p(\epsilon_{TP} + \epsilon_{PT}) + P_B \cdot (\epsilon_{TB} + \epsilon_{BT}) + P_T \cdot \epsilon_{TT} \quad (9)$$

위의 방법에 의해 영동고속도로 호법-이천구간의 용량상태의 분석자료(1990. 9. 8, 1990. 11. 24.)를 <표 5>에 제시하였으며, 여기에서 산출된 버스과 트럭의 승용차 환산계수(E_B, E_T)는 각각 1.5와 1.8로 나타났다. 1), 2)에서 산출된 값과 이 값을 종합하여 <표 7>에 우리 나라 2차선 도로 평지에서의 승용차 환산계수를 제시하였다.

〈표 5〉 영동고속도로의 교통량 서비스 수준 E의 자료

조사지점 및 조사일자	방향별										양방향			지체 차량 비율 (%)		
	A → B					B → A					교통량 속도					
	승용차 버스 트럭 (%)			교통량 속도 (VPH)(PCPH)(KPH)			승용차 버스 트럭 (%)			교통량 속도 (VPH)(PCPH)(KPH)			(VPH)(PCPH)(KPH)			
호법-이천 '90.9.8 PM 3:30 - 4:30	72.1	5.4	22.4	1258	1516	70.8	69.0	4.6	25.8	1288	1589	57.7	2546	3105	64.1	88.9
	66.8	8.7	22.7	1102	1366	75.0	65.4	9.9	24.1	1367	1704	63.7	2469	3070	68.8	85.2
	73.2	5.7	20.5	1263	1512	62.6	51.5	22.5	25.6	1072	1415	27.1	2335	2927	46.3	82.7
	72.8	7.1	18.9	1239	1484	64.8	60.9	4.9	32.9	860	1149	20.6	2099	2634	46.6	79.7
호법-이천 '90.11.24 AM 11:50 - 1:50 PM 2:00 - 4:00 PM 4:15 - 5:30	66.8	2.8	30.4	1062	1335	74.1	57.7	9.6	32.7	827	1118	79.5	1889	2453	76.5	81.2
	61.0	10.4	28.6	1113	1426	67.7	58.7	7.1	34.2	742	1002	82.2	1855	2428	73.5	82.2
	61.9	7.1	31.0	1104	1417	70.1	57.1	9.0	33.9	758	1030	72.5	1862	2447	71.1	83.0
	64.0	6.7	29.2	1102	1395	71.3	69.5	5.5	25.0	967	1187	81.2	2069	2582	75.9	81.5
	63.2	4.6	32.2	1031	1320	68.2	57.6	9.9	32.5	783	1059	76.5	1814	2379	71.8	79.8
	59.9	5.6	34.5	972	1267	68.5	52.1	16.5	31.4	957	1276	73.5	1929	2544	71.0	88.9
	65.2	4.5	30.4	933	1182	73.3	61.7	6.5	31.9	995	1282	65.0	1928	2464	69.0	83.7
	61.0	7.4	31.6	1034	1334	72.8	59.9	6.6	33.5	1033	1344	71.0	2067	2678	71.9	83.2
	65.6	5.5	28.9	1134	1427	71.3	70.3	3.9	25.9	1030	1265	72.9	2164	2692	72.0	86.0
	66.7	8.3	25.0	887	1131	77.0	60.9	7.8	31.4	1042	1345	70.6	1929	2476	73.5	81.0
	67.0	7.0	26.0	1119	1391	63.6	64.9	6.0	29.1	1085	1370	73.6	2204	2761	68.5	84.7
	70.5	5.6	23.9	951	1159	79.7	67.8	5.3	26.9	1047	1300	75.2	1998	2460	77.3	79.7
	70.9	4.5	24.6	1072	1307	76.7	71.1	5.3	23.6	1253	1523	59.8	2325	2830	67.6	86.4
	76.9	6.8	16.2	1267	1473	70.2	66.0	6.1	27.9	1302	1632	61.8	2569	3105	66.0	88.7
	71.2	5.7	23.1	1141	1384	75.9	72.3	6.4	21.3	1308	1573	64.1	2449	2957	69.6	87.9
	70.4	6.1	23.5	1234	1504	70.5	71.8	5.4	22.8	1238	1497	64.1	2472	3001	67.3	89.3
	71.4	5.2	23.3	1179	1428	68.0	68.9	6.4	24.7	1283	1578	68.8	2462	3006	68.4	87.0
	71.4	8.6	20.0	1366	1643	60.2	68.6	6.4	25.0	1231	1517	64.0	2597	3160	62.0	89.7
	78.6	4.8	16.6	1090	1261	71.7	71.3	4.6	24.1	1281	1557	61.8	2371	2818	66.3	87.4
	73.8	8.7	17.5	1141	1350	74.6	67.3	7.7	25.0	1329	1646	65.6	2470	2996	69.8	89.2
71.4	7.8	20.9	831	1027	78.7	73.4	10.3	16.3	1273	1505	55.7	2104	2532	64.8	80.2	

〈표 6〉 추월이 불가능한 교통량 수준(서비스 수준 E)의 승용차 환산계수

Q_M (one-way)	H_{PP}	$3600H_{PP}$	P_p	P_n	P_T	E_n	E_T
1267	216	1667	0.77	0.07	0.16	1.20	1.93
1302	209	1722	0.66	0.06	0.28	1.96	1.69
1141	204	1765	0.71	0.06	0.23	1.32	2.35
1308	209	1722	0.72	0.06	0.22	1.51	1.77
1234	210	1714	0.70	0.06	0.24	1.49	1.89
1238	210	1714	0.72	0.05	0.23	1.47	1.62
1179	226	1667	0.72	0.05	0.23	2.05	1.39
1283	200	1800	0.69	0.06	0.25	2.00	2.02
1366	210	1714	0.71	0.09	0.20	1.31	1.63
1231	219	1644	0.69	0.06	0.25	1.43	1.54
1141	204	1765	0.73	0.09	0.18	1.46	1.92
1329	212	1698	0.67	0.08	0.25	1.37	1.68
1258	225	1600	0.73	0.05	0.22	1.17	1.68
1288	213	1690	0.69	0.05	0.26	1.54	1.59
1102	217	1659	0.67	0.09	0.24	1.60	2.15
1367	217	1659	0.65	0.10	0.25	1.38	1.66
평균						1.52	1.78

〈표 7〉 평지의 승용차 환산계수

차종	서비스 수준 A	서비스 수준 B, C, D	서비스 수준 E
버스	11	16	15
트럭	12	19	18

〈표 7〉의 결과를 종합하면 서비스 수준 A에서 B,

C, D로 갈수록 승용차 환산계수는 커지다가 서비스 수준 E에서는 다소 줄어드는 경향이 있다.

〈표 7〉의 승용차 환산계수 중 KHCM에 사용되는 승용차 환산계수는 일반적인 교통류 상태인 서비스 수준 B, C, D의 값을 기준으로 한 가지로 제시하였다.

2. 구릉지, 산지 및 특정구배의 승용차 환산계수

구릉지와 산지에서 중차량이 교통류에 미치는 영향은 비교적 긴 구간의 관측을 요하며, 정의를 만족하는 분석 대상 구간이 거의 없으므로, 자료 수집 및 분석의 한계가 있다. 본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 도로용량편람 연구에서 TWOPAS를 우리 나라 실정에 맞도록 수정한 TWOPASK1을 이용, 구릉지와 산지의 승용차 환산계수를 산정하였는 바, TWOPASK1의 이론적인 내용 및 본 연구를 위해 수정한 부분을 “도로용량편람 연구조사의 기술보고서 2”에 자세히 설명하였다. 〈그림 1〉은 TWOPASK1을 실행하여 얻은 결과를 토대로 도출한 구릉지와 산지에서의 중차량의 승용차 환산계수를 산정하는 한 가지 예를 도식

화한 것이다. <표 8>은 <그림 1>에서 구한 q_B , q_M 을 식(11)에 의해 산출한 구릉지 및 산지에서의 승용차 환산계수를 정리한 것인데, 중차량의 혼입비율(P)은 도로용량편람 연구에서 조사된 우리 나라의 대표적인 값인 35%를, 추월 가능 구간은 40~60%를 조합하여 분석 구간에 적용하였다. 구릉지는 평균 경사도 3~4%, 산지는 5~7%인 구간을 각각 Simulation 하였으며 <그림 1>의 승용차 100% Curve 및 중차량 35% Curve는 교통량 200대/시, 400대/시, 600대/시, ... , 3200대/시의 경우를 Simulation 하여 각 경우의 속도들을 연결한 Curve이다. 한가지 예로 구릉지의 서비스 수준 A는 구릉지의 서비스 수준 A의 속도가 90km/시 이므로 <그림 1>의 $V=90\text{km/시}$ 에 해당하는 $q_M=175\text{대/시}$, $q_B=420\text{대/시}$ 값을 식(11)에 대입해 얻은 5.0이다.

$$q_B = (1-P)q_M + P \cdot q_M \cdot PCE \quad (10)$$

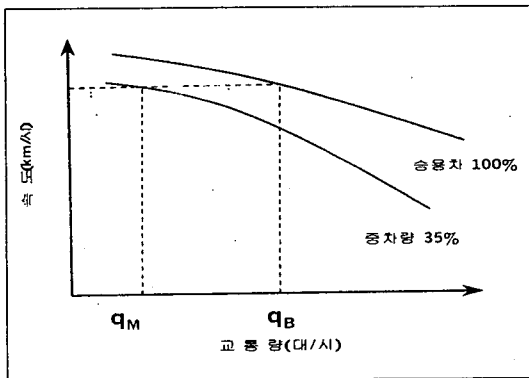
$$\text{또는 } PCE = \frac{1}{P} \left[\frac{q_B}{q_M} - 1 \right] + 1 \quad (11)$$

여기서, P : 중차량의 구성 비율(0.35)

q_B : 승용차로만으로 구성된 기본 교통류의 교통량

q_M : 혼합 교통류의 교통량

PCE : 중차량의 승용차 환산계수



<그림 1> 구릉지 및 산지의 승용차 환산계수 결정방법

<표 8>의 결과는 USHCM 구릉지 및 산지의 결과가 서비스 수준이 B, C, D, E로 갈수록 승용차 환산계수가 커지는 것과 상반된 결과이다. 이는 우리의

<표 8> 구릉지 및 산지의 승용차 환산계수

서비스 수준 \ 지형	구릉지	산지
A	50	80
B, C, D	30	55
E	20	30

주) 트럭 30%, 버스 5%

<표 9> 특정구배의 승용차 환산계수

구배 (%)	구배길이 (km)	오르막 속도(km/시)						
		90	80	70	60	50	40	30
3	03	27	24	22	20	19	18	18
	05	31	27	25	23	21	19	18
	08	45	32	28	26	23	20	19
	10	62	36	30	28	25	22	20
	15	98	65	48	34	29	25	24
	30	147	110	88	66	48	30	26
4	03	31	26	23	22	21	20	19
	05	33	29	26	24	23	21	20
	08	48	36	31	28	25	23	21
	10	70	47	35	30	26	24	22
	15	136	80	59	42	31	27	25
	30	198	155	99	72	55	39	30
5	03	35	33	29	26	24	21	20
	05	47	38	33	30	26	23	21
	08	63	54	47	38	30	26	23
	10	107	70	58	44	32	27	24
	15	171	128	96	73	44	34	28
	30	244	201	135	97	71	52	39
6	03	40	36	30	27	25	23	21
	05	68	55	48	42	29	26	23
	08	98	79	63	54	39	30	26
	10	145	116	81	64	43	32	29
	15	216	179	137	99	65	38	32
	30	291	247	178	140	102	61	53
7	03	53	43	38	35	26	24	22
	05	87	73	63	48	37	27	24
	08	140	118	99	75	50	34	28
	10	178	146	117	84	55	38	31
	15	253	215	164	110	88	53	38
	30	338	292	221	169	133	84	64
8	03	76	64	57	48	35	28	24
	05	113	98	85	65	47	34	27
	08	180	134	115	90	65	43	31
	10	215	181	138	113	78	50	34
	15	297	253	190	159	114	74	50
	30	-	349	278	212	155	116	82
9	03	98	84	70	56	44	35	29
	05	136	110	97	74	57	43	33
	08	227	159	131	109	82	61	37
	10	271	214	148	122	97	75	46
	15	-	306	229	175	139	98	70
	30	-	395	331	257	198	152	118
10	03	119	107	87	64	52	42	33
	05	155	135	118	87	66	51	40
	08	270	199	153	125	94	72	55
	10	316	255	204	157	128	96	69
	15	-	351	286	233	181	139	91
	30	-	488	399	320	273	220	156

미국의 산정방법론이 다르기 때문이다. 참고로 KHCM의 구릉지, 산지, 특정구배에서 적용한 TWOPAS를 이용한 USHCM의 특정 경사 구간도 서비스 수준 B, C, D, E로 갈수록 승용차 환산계수가 적어지는 것은 우리의 경우와 일치한다. 따라서 2차선 도로의 구릉지, 산지, 특정구배에서 서비스 수준 B, C, D, E로 갈수록 승용차 환산계수가 커질지 적어질지에 대해서는 심도있는 논의가 필요하다.

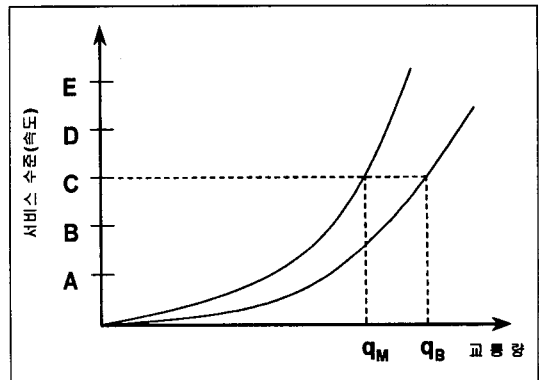
특정구배구간에서 중차량이 교통류에 미치는 영향은 구배정도와 구배길이에 따라 각기 다르다. 본 연구에서는 다양한 구배정도와 구배길이에 대한 자료를 일일이 수집할 수 없었기 때문에 구릉지 및 산지의 경우와 같은 방법으로 TWOPASK1의 결과를 이용하여 중차량의 승용차 환산계수를 구하였다.

〈표 9〉는 시뮬레이션 수행결과를 식(11)에 적용하여 얻은 각 구배와 구배거리에 따른 승용차 환산계수를 나타낸 것이다.

IV. 고속도로 승용차 환산계수

1. 평지의 승용차 환산계수

고속도로는 추월시 반대 방향의 교통량을 고려해야 하는 2차선 도로와는 달리 반대 방향의 교통량을 고려하지 않기 때문에 2차선 도로 승용차 환산계수를 산정할 때 주요 고려 대상이었던 추월 횟수는 전혀 고려의 대상이 될 수 없다. 반면에 1965년 미국 HCM에서 등장하기 시작한 서비스 수준의 개념이 고속도로 승용차 환산계수의 산정방법론에 주요한 변수가 되었다. 승용차로만 구성된 기본 교통류와 중차량이 포함된 혼합 교통류의 동일한 서비스 수준에서의 대응값을 비교하여 승용차 환산계수를 구할 수 있다. 그림 2에서 서비스 수준을 속도로 나타낼 때 속도가 같다면 서비스 수준도 같다고 보고 동일한 서비스 수준 C에서의 혼합 교통류 q_M 과 기본 교통류 q_B 의 관계에서 승용차 환산계수를 유도할 수 있다. 바꿔 말하면 기본 교통류 q_B 에 상응하는 혼합 교통류 q_M 은 동일한 서비스 수준(속도)을 가져야 한다는 것이다.



〈그림 2〉 교통류-서비스 수준 관계

고속도로의 서비스 수준 효과척도로는 밀도, 속도, V/C 등이 이러한 효과 척도의 관계에서 승용차 환산계수를 구할 수 있으나, 실제로 오차의 범위가 커서 1992 KHCM의 고속도로 승용차 환산계수 산정에는 차두간격에 의한 방법을 적용하였다.

이 방법은 중차량이 교통류에 포함되었을 때 각 차종간의 차두간격으로부터 중차량이 미치는 영향을 검토하는 것이다. 교통류내에 중차량이 혼입되면 각 차량의 운전자들은 상호간 차량에 대응하여 적당한 공간거리를 확보하게 되며, 이 거리는 차량 종류에 의해서 뚜렷하게 구별된다. 승용차 환산계수는 기본 교통류와 혼합 교통류에서 차종간 차두시간을 분석한 후 식(12)에 의해서 산출한다.

$$PCE = \frac{1}{P} \left[\frac{q_B}{q_M} - 1 \right] + 1 \quad (12)$$

이 방법은 기본 교통류의 승용차 평균 차두간격을 어떻게 정하느냐에 따라 중차량의 승용차 환산계수값의 변동이 크나 산정 방법이 비교적 단순하여, 적용성이 높다.

1) 차두간격에 의한 간편식

간편식에 의한 승용차 환산계수는 다음 식에 의해 계산된다.

$$\begin{aligned} \text{승용차 환산계수}(E) &= \frac{\text{기본 교통류의 교통량}}{\text{혼합 교통류의 교통량}} \\ &= \frac{3600/H_{PP}}{3600/H_M} = \frac{H_M}{H_{PP}} \quad (13) \end{aligned}$$

여기서, H_{PP} : 승용차로만 구성된 교통류의 평균 차두간격(초)

H_M : 혼합 교통류의 평균 차두간격(초)

2) 차두간격에 의한 정밀식

정밀식의 유도 과정은 본 논문 'Ⅲ. 2차선 도로 승용차 환산계수 3'에 자세히 설명되어 있으며, 유도된 버스의 승용차 환산계수(E_B)와 트럭의 승용차 환산계수(E_T)는 다음 식과 같다.

$$E_B = 1 + P_P(\epsilon_{BP} + \epsilon_{PB}) + P_T \cdot (\epsilon_{TB} + \epsilon_{BT}) + P_B \cdot \epsilon_{BB} \quad (14)$$

$$E_T = 1 + P_P(\epsilon_{TP} + \epsilon_{PT}) + P_B \cdot (\epsilon_{TB} + \epsilon_{BT}) + P_T \cdot \epsilon_{TT} \quad (15)$$

여기서, P_P : 승용차의 구성 비율

P_B : 버스의 구성 비율

P_T : 트럭의 구성 비율

$$\epsilon_{BP} = \frac{H_{BP}}{H_{PP}} - 1, \quad \epsilon_{PB} = \frac{H_{PB}}{H_{PP}} - 1, \quad \epsilon_{TT} = \frac{H_{TT}}{H_{PP}} - 1$$

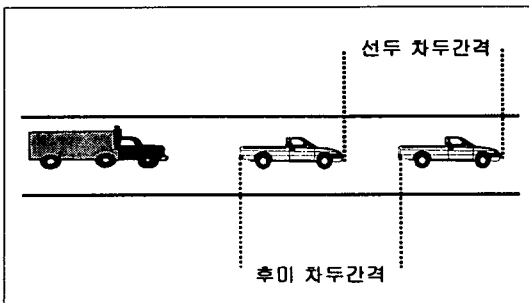
H_{BP} : 버스-승용차의 평균 차두간격(초)

H_{PB} : 승용차-버스의 평균 차두간격(초)

H_{PP} : 승용차-승용차의 평균 차두간격(초)

H_{TT} : 트럭-트럭의 평균 차두간격(초)

이들 두 방법을 적용하기 위한 차두간격 분석은 <그림 3>과 같으며, 본 연구에서는 각 차량의 후미 차두간격을 평균 차두간격으로 이용하였다.



<그림 3> 차량 차두간격 측정방법

3) 분석 결과

정밀식과 간편식에 의한 결과는 <표 10>, <표 11>과

같다. 두 결과를 종합하면 우리 나라 고속도로 일반 지형의 버스와 트럭의 승용차 환산계수(E_B, E_T)는 각각 1.3과 1.5가 된다.

<표 10> 정밀식에 의한 승용차 환산계수

구분	혼합 교통량 (qm)	기본 교통량 (3600/H _{PP}) (P _P)	교통량 구성비			차두간격			승용차 환산계수		
			승용차 (P _B)	버스 (P _T)	트럭 (P _T)	승용차 (H _{PP})	버스 (E _B)	트럭 (E _T)			
1차선	1793	2130	0.846	0.123	0.031	1.69	1.275	1.613			
	1780	2080	0.800	0.159	0.040	1.73	1.330	1.313			
	1847	2117	0.845	0.121	0.034	1.70	1.356	1.382			
	1783	1978	0.836	0.133	0.032	1.82	1.341	1.239			
	1877	2142	0.889	0.083	0.028	1.68	1.534	1.303			
	1966	2195	0.881	0.100	0.019	1.64	1.232	1.419			
2차선	1001	1475	0.812	0.032	0.156	2.44	1.000	1.574			
	1032	1475	0.749	0.039	0.212	2.44	1.444	1.651			
	1115	1666	0.737	0.043	0.219	2.16	1.380	1.510			
	1222	1621	0.842	0.035	0.122	2.22	1.340	1.381			
	1189	1628	0.866	0.036	0.038	2.21	1.140	1.300			
	1195	1572	0.830	0.037	0.133	2.29	1.257	1.440			
평균								1.302	1.435		

<표 11> 간편식에 의한 승용차 환산계수

차종 구성		차두간격 (초, 자료수)		승용차 환산계수		평균
		1차선 (초, 자료수)	2차선 (초, 자료수)	1차선	2차선	
승용차	승용차-승용차	1.71(1971)	2.29(1971)	1.71/1.71=1	1.71/1.71=1	1
	버 스-승용차	1.81(231)	2.52(231)			
	트 럭-승용차	1.91(63)	1.91(63)			
버 스	승용차-버 스	2.04(230)	2.33(34)	2.08/1.71=1.22	2.45/1.71=1.43	2.18/1.71=1.27
	버 스-버 스	2.16(72)	2.50(79)			
	트 럭-버 스	2.34(9)	2.30(6)			
	평균	2.08(311)	2.45(119)			
트 럭	승용차-트 럭	2.03(53)	2.85(126)	1.99/1.71=1.16	2.88/1.71=1.68	2.63/1.71=1.54
	버 스-트 럭	1.91(15)	3.14(11)			
	트 럭-트 럭	1.84(7)	2.91(49)			
	평균	1.99(75)	3.05(186)			

주) 기본 교통류의 차두간격은 1차선의 승용차-승용차의 차두간격으로 하였음.

<표 10>과 <표 11>의 결과는 도로용량편람 연구의 고속도로 자료중 서비스 수준 D, E의 교통류 상태를 중심으로 분석한 결과이다. 이 결과를 국내의 기존 연구와 다른 나라의 승용차 환산계수와 비교한 것이 <표 12>이다.

<표 12> 고속도로 일반 지형의 승용차 환산계수 비교

구분	국명	본 연구	기존 국내		미국 '85	일본 '81	"대만 지구공
			A	B	도로용량편람	도로의 용량	능용량수책
버 스		1.3	1.33	1.5	2.0	1.7~1.9	
트 럭		1.5	1.4	1.4	1.7	2.0	2.21~3.05

〈표 12〉와 같이 우리 나라 고속도로 일반 지형의 승용차 환산계수는 대부분의 다른 나라보다 낮다. 이러한 결과는 우리 나라 운전자들이 차간간격을 바싹 붙여서 운행하는 특성을 반영한 결과라고 추정되며, 이것은 일반적인 견해와 일치된다.

2. 특정구배 및 구릉지, 산지의 승용차 환산계수

중차량이 구배를 올라갈 때 승용차 보다 중량에 대한 마력이 상대적으로 낮음으로 인하여 구배에서는 평지와 동일한 속도를 유지하기 어렵다. 이러한 중차량의 속도저하는 구배구간의 통과 교통량을 평지에서 보다 줄어들게 한다. 이 현상은 구릉지, 산지 및 특정 구배에서 중차량에 대한 승용차 환산계수의 개념으로 설명할 수 있다.

구릉지, 산지 및 특정구배에서 중차량에 대한 승용차 환산계수는 이 구간을 통과할 수 있는 승용차 교통류의 최대 통과량과 이 구간을 통과하는 혼합 교통류의 최대 교통량을 비교 분석함으로써 산정할 수 있다.

이것을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$PCE = \frac{1}{P} \left[\frac{q_B}{q_M} - 1 \right] + 1 \quad (16)$$

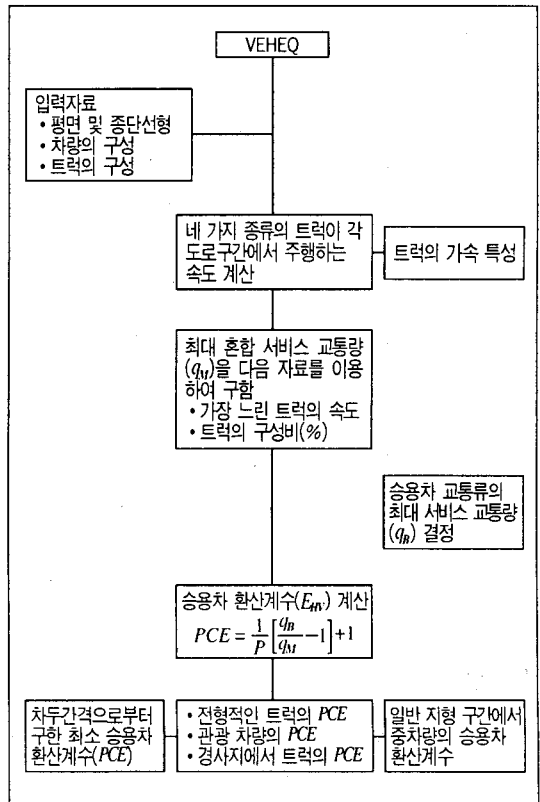
q_B (승용차 최대 서비스 교통량)은 쉽게 구할 수 있지만 q_M 은 경사도, 경사길이, 차량 구성비에 따른 이들의 조합이 상당히 많으므로 모든 경우의 수를 다 조사한다는 것은 현실적으로 어렵다. 이러한 점 때문에 KHCM에서는 고속도로 경사구간 몇 구간에 대한 자료 조사를 토대로 VEHEQ라는 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 q_M 을 산정하여 승용차 환산계수를 계산하였다.

VEHEQ 프로그램은 특정구배에서 승용차 환산계수를 산정할 목적으로 미국에서 개발되었는데 프로그램에서 이 목적을 수행하는 주된 과정은 두 가지로 요약할 수 있다. 첫번째는 구배와 구배길이, 그리고 중차량 구성비에 따른 혼합 교통류의 평균 주행속도를 찾는 과정이며, 두번째는 평균 주행속도와 중차량 구성비에 따른 혼합 교통류의 최대 서비스 교통량을 산출하는 과정이다.

나머지 과정들은 승용차 환산계수 산출 공식에 대입하여 승용차 환산계수를 산출하는 순서로 구성되어 있다. 〈그림 4〉는 VEHEQ의 수행흐름도이며, VEHEQ의 자세한 내용은 도로용량편람의 결과인 기술보고서 4에 자세히 설명되어 있다.

〈그림 4〉의 흐름도에서와 같이 구배에서의 중차량의 승용차 환산계수는 도로 조건(구배, 구배길이), 차량 특성, 중차량의 혼입률에 따른 차량의 흐름 특성(교통량, 속도)을 모의실험으로 산출한 후 속도를 근거로 구한다. 〈표 13〉은 VEHEQ Model에 우리 나라의 차량 특성을 입력하여 구한 고속도로 특정구배에서의 승용차 환산계수이다.

구릉지 및 산지도 특정구배와 마찬가지로 VEHEQ를 시뮬레이션하여 승용차 환산계수를 구하여 〈표 14〉에 제시하였다. 이때 구릉지 및 산지의 평균 구배는 각각 3~4%, 5~6%였으며 중차량의 구성비는 30%였다.



〈그림 4〉 VEHEQ 프로그램의 흐름도

<표 13> 고속도로 특정구배의 승용차 환산계수

경사도	경사거리 (km)	중차량 구성비				
		5%	10%	20%	30%	40%
2%	0.5	1.9	1.7	1.5	1.5	1.5
	1.0	2.2	1.8	1.5	1.5	1.5
	1.5	2.9	2.2	1.8	1.6	1.5
	2.0	3.1	2.4	2.0	1.7	1.5
	2.5	3.3	2.6	2.1	1.8	1.6
	3.0	3.4	2.7	2.2	1.9	1.7
3%	0.5	3.0	2.3	1.9	1.6	1.5
	1.0	4.0	3.1	2.6	2.2	1.9
	1.5	4.5	3.5	2.8	2.5	2.2
	2.0	4.6	3.6	2.9	2.6	2.3
	2.5	4.7	3.6	2.9	2.6	2.4
	3.0	4.7	3.6	2.9	2.6	2.4
4%	0.5	4.1	3.2	2.6	2.2	1.9
	1.0	4.6	3.7	3.0	2.5	2.2
	1.5	4.7	3.7	3.0	2.7	2.3
	2.0	4.8	3.7	2.0	2.7	2.4
	2.5	4.8	3.7	3.0	2.7	2.4
	3.0	4.8	3.7	3.0	2.7	2.4
5%	0.5	5.0	3.9	3.1	2.8	2.7
	1.0	5.1	4.0	3.2	2.9	2.8
	1.5	5.2	4.1	3.3	3.0	2.8
	2.0	5.2	4.1	3.3	3.0	2.8
	2.5	5.2	4.1	3.3	3.0	2.8
	3.0	5.2	4.1	3.3	3.0	2.8
6%	0.5	5.9	4.6	3.6	3.3	3.2
	1.0	6.4	4.9	3.9	3.4	3.6
	1.5	6.5	4.9	4.0	3.7	3.6
	2.0	6.5	4.9	4.0	3.7	3.6
	2.5	6.5	4.9	4.0	3.7	3.6
	3.0	6.5	4.9	4.0	3.7	3.6
7%	0.5	7.3	5.5	4.4	4.2	4.2
	1.0	7.6	5.8	4.7	4.5	4.5
	1.5	7.7	5.8	4.7	4.5	4.5
	2.0	7.7	5.8	4.7	4.5	4.5
	2.5	7.7	5.8	4.7	4.5	4.5
	3.0	7.7	5.8	4.7	4.5	4.5
8%	0.5	8.7	6.7	5.5	5.5	5.5
	1.0	8.9	6.8	5.7	5.7	5.7
	1.5	8.9	6.8	5.7	5.7	5.7
	2.0	8.9	6.8	5.7	5.7	5.7
	2.5	8.9	6.8	5.7	5.7	5.7
	3.0	8.9	6.8	5.7	5.7	5.7

<표 14> 고속도로 구릉지 및 산지의 승용차 환산계수

구릉지	산지
30	50

V. 결론

미국과 비교하여 다소 상이한 도로교통 조건 및 차량운행 특성을 가진 우리나라의 교통여건을 고려해 볼 때 미국의 도로용량감소 계수를 그대로 우리나라

에 적용하는 것은 많은 문제점이 있다. 그래서 KHCM 연구에서는 도로용량 산정시 가장 영향을 많이 미치는 승용차 환산계수를 우리나라 교통상황에 가장 잘 적용될 수 있는 모형을 설정한 후 도로현장에서 실측한 교통자료들을 대입하여 우리나라 여건에 부합되는 승용차 환산계수를 제시하였다. 대형차가 양방향 2차선 도로, 고속도로의 교통류에 미치는 영향은 각기 다르므로 각각의 도로특성을 가장 잘 나타낼 수 있는 승용차 환산계수 산정방법론을 적용하였다. 2차선 도로에서는 Walker 방법, 지체시간 방법, 차두간격 방법, TWOPASKI Simulation에 의한 방법을, 고속도로에서는 차두간격 방법, VEHEQ Simulation에 의한 방법을 적용하였다.

2차선 도로는 한 방향당 차선이 하나이므로 다른 도로시설물보다 대형차의 영향이 크고 또한 추월의 가능 정도에 따라 대형차의 영향이 각각 다르므로 각 서비스 수준별로 다른 승용차 환산계수를, 고속도로에서는 용량에 가까운 상태에서의 승용차 환산계수를 산정하였다.

각기 다른 방법론에 의해 승용차 환산계수가 산정되었지만 전반적으로 2차선 도로의 승용차 환산계수가 고속도로의 승용차 환산계수보다 크게 산정되었다. 다만 구릉지 및 산지에서는 고속도로의 승용차 환산계수가 2차선 도로 승용차 환산계수보다 조금 크게 산정되었다. 이는 각기 다른 Simulation model을 이용하였기 때문인데 KHCM의 개정 작업시 반드시 이 부분이 수정되어야 할 것이다.

다음은 1992년 KHCM 양방향 2차선 도로 및 고속도로의 승용차 환산계수 산정 방법론에서 저자가 느끼는 문제점들이다.

- 본 논문에서도 지적한 것처럼 2차선 도로의 지체 방법을 적용할 때에는 조그마한 속도의 변화에도 승용차 환산계수값이 많이 변하므로 이에 대한 검토가 요망됨
- 2차선 도로 및 고속도로에서 차두간격 방법을 적용할 때는 혼합 교통류의 H_{pp} 대신 기본 교통류의 H_{pp} 사용의 검토가 요망됨
- 고속도로 특정구배를 제외하고는 중차량의 구성에 따른 승용차 환산계수가 적용되지 않았으므로 이에 대한 검토도 요망됨

- 전제적인 자료가 2차선 고속국도 및 고속도로에서 수집된 자료들이므로 도로 설계 속도가 낮은 2차선 도로 및 도시 고속화 도로의 승용차 환산계수를 새로이 산정할 필요가 있는지 검토됨
- 다차선 도로에서는 고속도로와 똑같은 승용차 환산계수를 적용하도록 하였는데 이에 대한 검토도 요망됨
- 2차선 도로 서비스 수준 A에 이용한 교통량 수준은 서비스 수준 B의 교통량임
- 서비스 수준 B, C, D, E로 갈수록 승용차 환산계수가 적어질지 커질지에 대한 신중한 검토가 요망됨

참고문헌

1. 임성빈, 신호등이 있는 교차로의 교통용량계산에 관한 연구, 대한토목학회지, 제19권 제3호, 1971. 12.
2. 문동주 외, 도로용량편람 작성을 위한 기초 연구, 국토개발연구원, 1981. 12.
3. 박창호 외, 도로교통용량 산정에 관한 연구, 건설부, 1981. 12.
4. 오세현, 포화교통량과 대형차의 승용차 환산계수에 관한 연구, 서울대 석사학위논문, 1987.
5. 이승환, 교차로 용량분석을 위한 교통류 특성 기초 연구, 대한교통학회지, 7권 2호, pp.89~111, 1989.
6. 김동녕, 고속도로에서의 대형차의 승용차 환산계수의 산정, 박사학위논문, 1990.
7. 건설부, 도로용량편람 연구 조사 제3단계 최종보고서, 1992.
8. 차동득, 김원용, 교통계획에서의 도로용량의 의미와 적용 방안, 국토개발연구원, 연구논문, 86-5, 1986.
9. 오익수, 도시평면 신호교차로의 차량주행 특성에 관한 기초 연구, 영남대학교 대학원, 박사학위논문, 1984.
10. 윤항목, 대형차의 승용차 환산계수의 산정을 위한 해석적 연구, 박사학위논문, 1991.
11. 한국건설기술연구원, 도로용량편람 기술보고서 2, 4, 1992.
12. E. L. Seguin, K. W. Crowley and W. D. Zweig, Passenger Car Equivalents on Urban Freeways. Interim Report, contract DTFH 61-80-c-00106, IFR, State College, Pa., Aug, 1982.
13. W. D. Cunagin and C. J. Messer, FHWA/RD-82/132 Final Report, Passenger Car Equivalents for Rural Highways DTFH 61-80-c-00128, Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station, 1982.
14. R. P. Roess and C. J. Messer, Passenger Car Equivalents for Uninterrupted Flow. Revision of Circular 212 Values, TRR 971, 1984.
15. R. A. Krammes and K. W. Crowley, Passenger Car Equivalents for Trucks on Level Freeway Segments, 1986 Annual Meeting of the Transportation Research Board, 1986.
16. A. Werner and J. F. Morrall, Passenger Car Equivalencies of Trucks, Buses, and Recreational Vehicles for Two Lane Rural Highways, TRR 615, pp.10~17, 1976.
17. TRB, Highway Capacity Manual, Special Report 209, Washington, D.C., 1985.
18. J. Craus, et al., A Revised Method for the Determination of Passenger Car Equivalencies. Transportation Research, Vol. 14A, pp.241~246, 1980.
19. A. D. St. John and D. R. Kobett, Grade Effects on Traffic Flow, Stability and Capacity, MRI, NCHRP 185, 1978.
20. E. M. Linzer, R. P. Roess and W. R. Mcshane, Effect of Truck, Buses and Recreational Vehicles on Freeway Capacity and Service Volume, TRR 699, 1979. pp.17~26.