

차로 및 방향분배계수 산정 연구

the Study of calculating directional & lane distribution factor

안지환* · 권수안** · 김현욱*** · 김연복****

Ji-Hwan An · Soo-ahn Kwon · Hyun-wook Kim

1. 서 론

도로포장의 구조설계에 있어서 고려되어야 하는 가장 중요한 입력변수는 설계기간 동안의 누적 등가단축 교통량 (TESAL, total equivalent single axle loads)인 W_{18} 값이다. AASHTO 포장설계지침에 따르면 이 값은 고려대상 노선의 총 교통량에 각 방향별 분배 계수인 방향분배계수(directional distribution factor, D_D)와 편도의 각 차로별 분배계수인 차로분배계수(lane distribution factor, D_L)를 곱하여 구해진다.

$$W_{18} = \omega_{18} \times D_D \times D_L \quad \text{<식 1>}$$

여기서, W_{18} = 설계 기간 동안의 차로별 설계 누가 등가단축하중 횟수

ω_{18} = 설계 기간 동안의 양방향 누계 등가단축하중 횟수

D_D = 방향분배계수

D_L = 차로분배계수

일반적으로 적용하는 방향분배계수는 0.5(50%)이지만, 한 쪽 방향으로 교통량이 많이 통과하는 경우에는 교통량이 많이 통과하는 방향에 ESAL 백분율을 크게 적용해야 한다. 이 경우 방향별 백분율의 교통량이 많은 구간과 적은 구간의 범위는 대략 0.3~0.7의 분포를 갖는다. 상, 하행 차로가 완전히 분리되어 있는 미국의 경우에는 방향별로 포장의 설계를 달리 하기도 하므로 방향별 백분율이 0.5 이하가 될 수도 있는 것이다. 그러나 국내에서는 이러한 설계가 이루어지지 않고 동일한 단면으로 시공하므로 보통은 0.5의 값을 사용하는 경우가 대부분이다. 이처럼, 설계 교통량 산정 단계에서 계수 적용상의 사소한 차이는 생각보다 상당히 큰 오차를 유발할 수 있다.

또한 이와 같은 오차로 인하여 포장은 설계 수명연한 보다 훨씬 더 빠른 시기에 파손될 수도 있으며, 반대의 경우는 과잉설계로 인한 경제적 손실을 초래할 수도 있다는 점에서 설계 교통량 산정단계의 방향분배계수(D_D) 및 차로분배계수(D_L) 적용상의 세심한 주의 및 현실적 고려가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 실제적으로 고속도로 편도 4차로에서 차로별 포장 파손정도를 살펴보면 각각 다르게 나타나서 덧씌우기까지의 차로별 포장수명이 틀린 것을 판단할 수 있다. 본 연구에서는 현재 포장설계에 적용되고 있는 방향 및 차로분배계수의 기준에 대한 정확도를 고속도로와 일반국도에 대하여 확인해 보고 국내의 실정에 맞는 이들 계수를 제안하고자 하였다.

2. 대표구간선정

차로 및 방향분배계수 산정을 위한 대표구간은 일반국도와 고속도로를 구분하여 자료를 수집하였으며 그 자료의 특성은 차로별, 방향별 일교통량으로서 차종구분이 되어있는 것으로 하였다. 고속도로와 일반국도는

* 정희원 · 한국건설기술연구원 토목연구부 · 연구원 · 031-9100-172(E-mail:jenix@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 토목연구부 · 선임연구원 · 031-9100-174(E-mail:sakwon@kict.re.kr)

*** 정희원 · University of Illinois at urbana champaign · 박사과정 · (E-mail:hkim29@uiuc.edu)

**** 정희원 · 한국건설기술연구원 토목연구부 · 연구위원 · 031-9100-310(E-mail:ybkim@kict.re.kr)



각각 8종과 11종으로 구분되어 있어 이를 그대로 적용하도록 하였고 자료수집은 고속도로의 경우 고속도로 교통량조사(한국도로공사) 책자를 바탕으로 1999년도부터 2001년도까지의 전산화된 자료를 수집하였으며 일반국도의 경우 한국건설기술연구원의 일 교통량자료로서 2002년도 전산자료를 활용하여 분석하였다. 고속도로와 일반국도의 조사구간을 보면 일반국도의 경우 편도4차로 2개구간, 편도3차로 3개구간, 편도2차로 8개구간을 분석하였으며 고속도로의 경우 15개 노선에서 32개 구간을 분석하였다.

3. 자료분석

방향 분배 계수는 조사지점의 각 방향 차종별 교통량 합계에 ESALF를 곱한 후 이를 방향별 총 ESAL로 합산하여 비율을 계산하는 방법을 적용하였다.

차로 분배 계수의 경우는 조사지점 각 차로의 차종별 교통량에 ESALF를 곱한 후 이를 각 차로별 총 ESAL로 합산하고 각 방향별로 비율을 계산하여 가장 큰 비율을 차지하는 차로를 분석 대상으로 하였다.

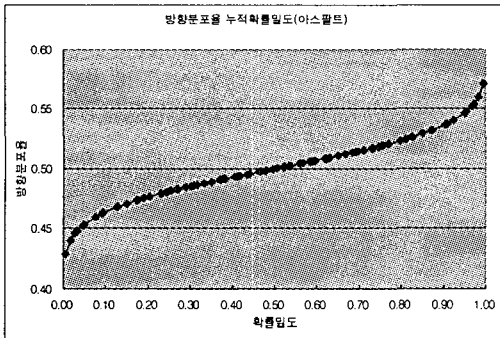
고속도로의 경우는 8종 분류에 따라 Pt = 2.5를 기준으로 할 때의 ESALF로써 아스팔트 포장의 경우는 SN = 5를, 콘크리트의 경우는 D = 30 cm를 대표 값으로 가정한 ESALF이다. 여기서 균용차량은 1.25 톤, 2.5 톤, 5 톤 트럭이 대부분이며, 각각 2A-4T, 3A-10T의 축배열 구조를 가지고 있으므로 '보통트럭'과 동일한 ESALF를 적용하고자 하였다.

일반국도의 ESALF는 현행 설계시 많이 사용되고있는 7종 분류와 "98년도 고속도로 트럭하중분포 및 포장설계를 위한 차량등가하중 계수의 산정"에 제시된 11종 분류를 사용하였다.

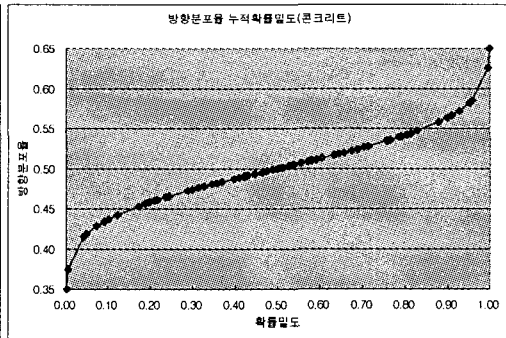
3.1 방향분배계수

(1)고속도로

아스팔트 포장의 경우 방향분포율이 대략 0.43~0.57 정도 범위에 분포하고 콘크리트 포장의 경우 0.35~0.65 범위에 분포되어 있어 좀더 넓은 범위에 분포하는 것으로 나타났다.



<그림 1> 아스팔트 포장의 방향분포율



<그림 2> 콘크리트 포장의 방향분포율

<그림 1> <그림 2>는 아스팔트 포장과 콘크리트 포장의 방향분포 누적확률밀도를 나타낸 것이다.

우리나라의 경우 방향별로 분배계수를 차등 적용하지 않기 때문에 방향분배계수는 0.5이상이어야 하므로 누적확률밀도 95%까지를 고려한다면 아스팔트 포장의 경우 0.5~0.55, 콘크리트 포장의 경우 0.5~0.58 사이의 값을 사용할 것을 제안한다.

<표 1> 고속도로의 방향분배계수

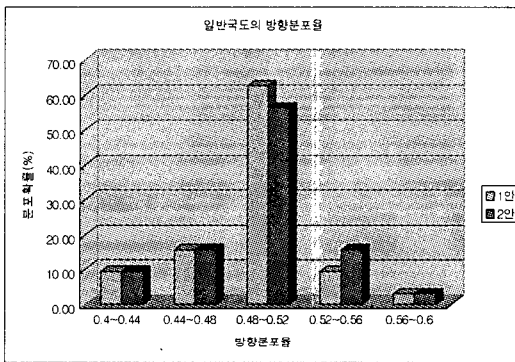
	AASHTO	도로공사	조사결과	제안
아스팔트 포장	0.3~0.7 (일반적으로 0.5) 2차로:0.5 4차로이상:0.4~0.45	좌동	0.43~0.57	0.5~0.55
콘크리트 포장			0.35~0.65	0.5~0.58



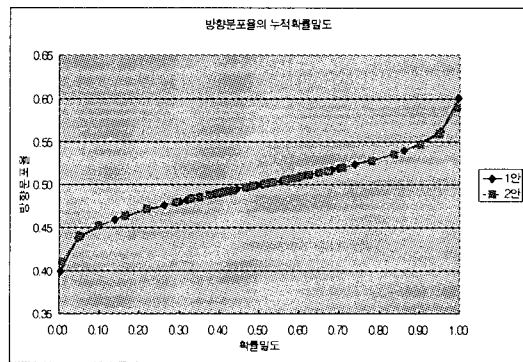
방향분배계수의 적용은 노선의 특성을 충분히 고려하여 결정하는 것이 가장 바람직한 방법일 것이다. 이러한 고려가 여의치 않을 경우에는 사업의 중요도에 따라 <표 1>에 제시된 값을 참조할 수 있을 것이다.

(2) 일반국도

일반국도의 차로 및 방향분배계수 분석에는 7종 분류에 따른 ESALF(1안)와 11종 분류 ESALF(2안) 등 2종의 ESALF를 사용하여 그 차이를 비교하였다. <그림 3> 은 1안과 2안의 방향분배계수 분포율 분석결과를 보인 것이다. 두 경우 모두 동일한 분포 범위 내에 대칭 형태로써 중앙에서 peak를 나타내고 있다. 게다가 대부분의 값이 0.48~0.52 범위 내에 포함되어 있다. 방향분배계수 결과 값을 가지고 각 1안, 2안에 따른 차이를 T-Test를 통하여 분석한 결과 1안과 2안의 방향분배계수 값은 유의수준 5%하에서 차이가 없는 것으로 나타났다.



<그림 3> 일반국도의 방향분배계수 분포



<그림 4> 일반국도의 방향분배계수의 누적확률분포

<그림 4>은 <그림 3>의 분포를 정규분포로 가정하여 작성한 누적분포함수의 그래프이다.

각 안은 중앙의 0.5를 축으로 0.40~0.60 정도의 범위에서 분포하고 있다. 일반국도의 경우 방향별로 포장설계를 달리하는 경우는 없으므로 누적확률분포도 0.5~0.95 이내 범위에서 살펴보면 7종 분류에 의한 방향분배계수는 대략 0.50~0.56 정도의 범위를 가지며, 11종 분류에 의한 방향분배계수 역시 약 0.50~0.56 정도의 범위에 분포한다고 볼 수 있을 것이다. 이러한 결과는 기존의 도로설계편람 작성연구결과와 거의 비슷하다. 따라서 현재 대부분의 설계에서 동일하게 적용하고 있는 0.5의 방향분배계수는 상향조정되어야 할 것으로 판단된다. 그러나 이 또한 실제 사업이 고려되고 있는 현장의 지역적 교통특성에 기초하여 결정되어야 함은 더 이상 강조할 필요가 없을 것이다. 또한, 일반국도의 방향분배계수의 경우 <표 2>과 같이 제시하였다.

<표 2> 일반국도의 방향분배계수

AASHTO	설계 현황	전문가 의견	7종 분류 (1안)	11종 분류 (2안)	제안
0.3~0.7	0.5	0.50~0.62	0.4~0.6	0.41~0.59	0.5~0.56

본 연구에 사용한 11종 분류 ESALF는 고속도로의 축하중 조사 자료를 바탕으로 산정된 값이므로 보다 많은 과적 차량 및 중차량의 통행이 예상되는 일반국도에 적용할 경우 다소 과소 평가될 가능성이 있으므로 <표 8>의 11종 분류 시 방향분배계수의 범위는 실제로 보다 높은 값을 가질 수도 있을 것이다. 일반국도 설계시 방향분배계수를 적용할 때에는 사업노선의 특성을 파악하여 결정해야 할 것이고 이러한 파악이 힘든 경우 <표 8>에서 제안한 값을 참고할 수 있을 것이다.

3.2 차로분배계수

(1) 고속도로

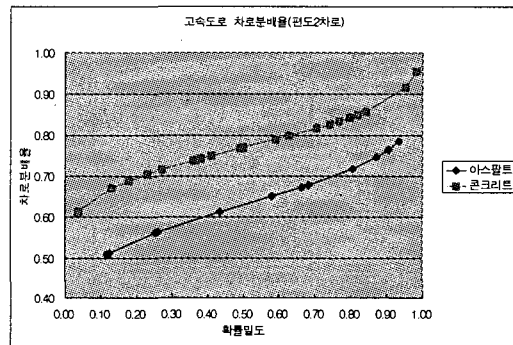
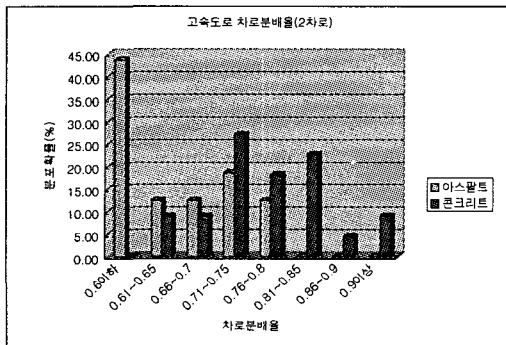
고속도로 차로분배계수 산정을 위하여 1998~1999년도의 교통량자료를 분석하였는데 아스팔트 2차로 8구간, 3차

로 4구간, 4차로 5구간, 콘크리트 포장 2차로 11구간, 3차로 3구간을 분석하였고 이 중에서 콘크리트 4차로의 경우는 해당구간에서의 자료가 없어서 기존 연구내용을 반영하였다.

2차로의 차로분배율을 살펴보면 아스팔트 포장의 경우 0.51~0.79 내에 분포하였고 콘크리트 포장의 경우 0.61~0.95 사이에 분포하였다. 이는 기존 연구 결과인 아스팔트 0.6~0.85, 콘크리트 0.6~0.9 와 비교하여 보면 아스팔트 포장의 경우 낮은 범위에 분포하고 콘크리트 포장의 경우 비슷한 범위에 분포한다.

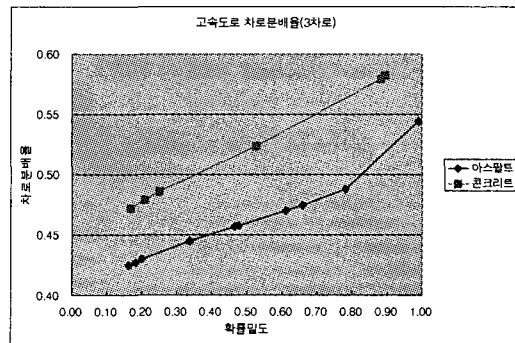
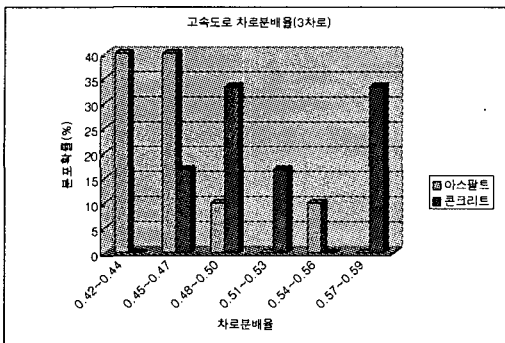
아스팔트 포장의 경우 통행량이 많은 도시근교 구간(예:경부선 잠원~반포, 남해지선 부산~서부산)의 포장형식이 아스팔트 포장으로 시공되어 있고 이런 구간에서의 차로분배율이 0.51로 나타났다. 이는 구간 특성상 통행 차량들이 항상 많아져 상습적인 지체 또는 정체 구간이 되기 때문이다.

그 이외의 구간에서는 아스팔트 포장의 경우 0.6~0.8 사이에 분포하였고 콘크리트 포장의 경우 0.6~0.95 사이에 분포하였다. 아스팔트 포장에 비해 콘크리트 포장의 분산정도가 크게 나타났으며 차로분배계수 선택시 지역적 특성과 포장특성을 신중히 고려해야 할 것이다. <그림 5>은 2차로에서의 아스팔트 포장과 콘크리트 포장의 차로분배율을 나타내었다. 2차로에서의 차로분배율은 AASHTO 지침보다는 낮은 범위에 있으며 도로공사 권고기준인 0.8 보다는 높은 수치들을 포함하고 있다.



<그림 5> 2차로 고속도로의 차로분배율 분포 <그림 6> 2차로 고속도로의 차로분배율 누적확률분포

3차로를 분석해 보면 아스팔트 포장의 경우 0.42~0.54 사이에 분포하였고 콘크리트 포장의 경우 0.47~0.58 사이에 분포하였다. 이는 기존 연구에서 나왔던 아스팔트 0.47~0.59, 콘크리트 0.50~0.68 사이의 값보다 낮은 분포를 나타내며 AASHTO 지침에서의 제시안 보다 낮은 범위에 분포한다. 이는 공용년수가 지남에 따라 고속도로 통행량이 증가하여 어느 특정 차선에 차량들이 편중되는 현상이 줄었기 때문으로 판단된다. 이런 경향은 대도시 주변 고속도로에서 나타나는데 광역화로 인하여 대도시 주변지역으로 거주지가 분산되어 통행량이 증가 할 수 있으며 앞으로는 여가생활로 인한 주말 고속도로 통행량이 꾸준히 증가할 것이다.

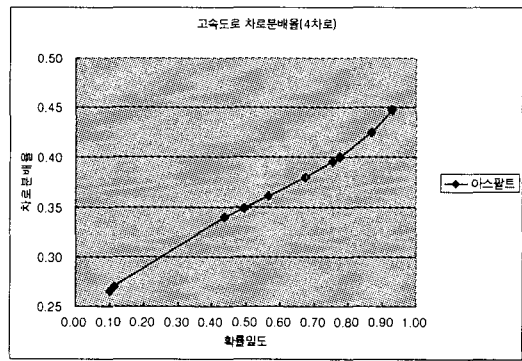
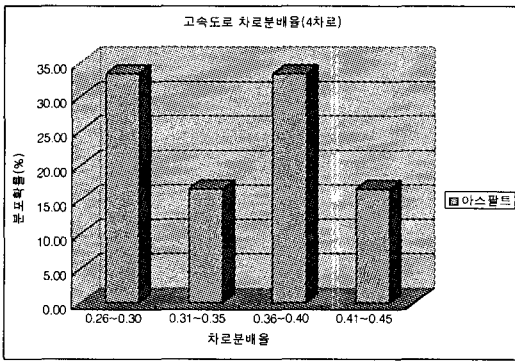


<그림 7> 3차로 고속도로의 차로분배율 분포 <그림 8> 3차로 고속도로의 차로분배율 누적확률분포



4차로의 경우 우선 콘크리트 포장의 경우 해당되는 구간에서의 차로별 자료가 없기 때문에 일단 분석은 유보하고 아스팔트 포장에 대해서만 분석하였다. <그림 9>는 4차로 고속도로에서의 차로분배율을 나타낸 것이다.

아스팔트 포장의 경우 차로분배율은 0.26~0.45사이에서 분포하였고 이는 기존 연구에서 나왔던 0.40~0.43 보다 넓은 범위를 가지고 있다. AASHTO 지침에서의 범위보다 낮으며 도로공사 권고기준인 0.5보다 낮다. <그림 10>는 차로분배율의 누적확률밀도를 나타낸 것인데 차로분배율이 0.25~0.3 구간에 일부 결과값들이 몰려있고 0.34 이상에서는 고무 분포되어 있을 것을 알 수 있다. 이 역시 고속도로 통행량 증가와 밀접하다고 볼 수 있는데 통행량이 많은 특정구간에서는 차로분배계수가 현저히 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이런 구간은 보통 대도시 주변의 고속도로 및 통행량이 많은 고속도로에서 나타난다.



<그림 9> 4차로 고속도로의 차로분배율 분포 <그림 10> 4차로 고속도로의 차로분배율 누적확률분포

고속도로에서 각 편도차선별 차로분배율을 조사하였으며 공통적인 특징은 교통량이 많고 대도시 주변에 있는 고속도로의 경우 기존의 분포보다 낮은 차로분배계수를 가진다는 점이다. 이에 여기서 제안하는 차로분배계수는 누적확률 분포 곡선에서 누적확률밀도가 0.5~0.95 사이에 있는 값을 제안하며 구간특성상 대도시 주변이나 교통량이 많을 것으로 판단되는 구간일 경우 따로 교통량 조사를 통한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

<표 3>은 고속도로 차로수별 차로분배계수 결과와 각 적용지침 기준을 비교한 것이다.

<표 3> 고속도로의 차로분배계수

편도 차로수	포장종류	현행			조사 결과	제안
		AASHTO	도로공사	일반국도		
4	아스팔트	0.5~0.75	0.5	0.5	0.26~0.45	0.35~0.45
	콘크리트	-	-	-	-	-
3	아스팔트	0.6~0.8	0.6	0.7	0.42~0.54	0.47~0.53
	콘크리트	0.6~0.8	0.6	0.7	0.47~0.58	0.51~0.59
2	아스팔트	0.8~1.0	0.8	0.9	0.51~0.79	0.63~0.80
	콘크리트	0.8~1.0	0.8	0.9	0.61~0.95	0.77~0.92

위의 결과 값들을 설계에 적용할 때 방향분배계수와 마찬가지로 차로분배계수 역시 사업구간의 특성을 충분히 반영하여 결하는 것이 타당한 방법일 것이다. 그러나 현재로서는 각 사업별로 인접도로의 교통량조사를 직접 실시하는 것 이외에 이용 가능한 차로별 교통량 자료는 많지 않은 실정이다. 이미 분석에서도 나타나듯이 교통량이 많은 구간의 경우 그렇지 않은 구간에 비해서 차로분배계수가 현저히 낮아지는 경향을 보였다. 이 역시 사업구간 특성을 파악할 때 고려해야할 중요한 사항이다. <표 9>의 조사결과 및 제안값은 이러한 조건이 충족되기 힘들거나 직접 교통량 조사를 실시하기 어려운 경우 포장형식에 따라 참고할 수 있을 것이다.

(2)일반국도

일반국도의 차로분배계수의 경우 기존 연구에서는 2차로로 한정하여 연구가 진행되어서 최근 일반국도의 차로확대

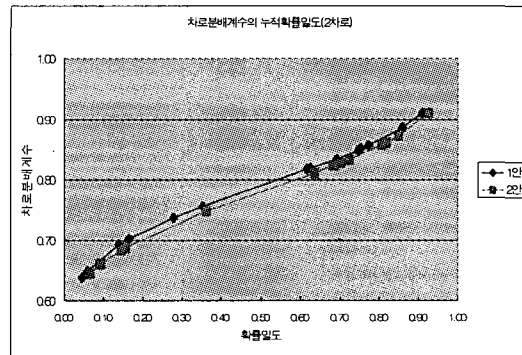
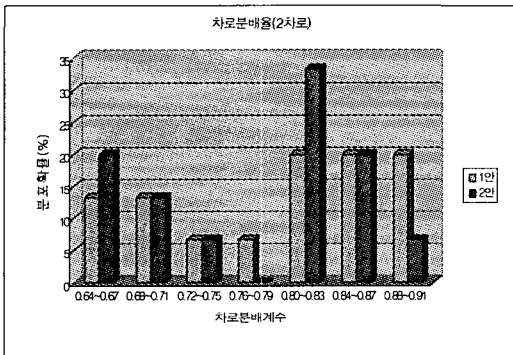
의 추세를 감안하면 활용성이 미비하므로 이를 3차로 및 4차로로 확대하여 조사하였다. 우선 2차로의 경우 이미 선정한 구간에 대한 교통량자료를 바탕으로 하였으며 3, 4차로의 경우 해당 구간내에서 필요한 자료를 얻을 수 없었으므로 전 국도구간 가운데 차로별 교통량을 측정할 수 있는 장비가 설치된 구간에서의 자료를 활용하였다.

2차로 일반국도의 차로분배율을 살펴보면 1안의 경우 0.64~0.91 사이에 분포하였고 2안 역시 0.64~0.91 사이에 분포하였다. 이는 기존 AASHTO에서 제시하는 제로분배계수 0.8~1.0 보다 낮은 범위를 가지고 있으며 고속도로나 일반국도 설계시 사용되는 값은 포함하고 있다.

기존 설계편람 작성연구 결과와 비교해 보면 다음 <표 4>와 같다.

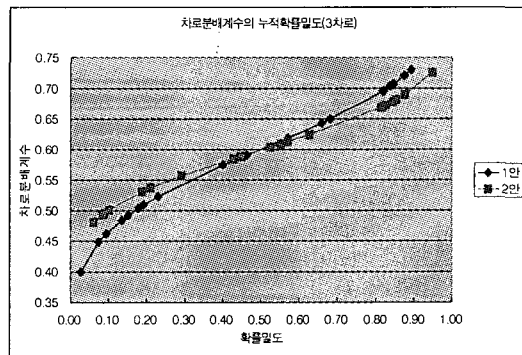
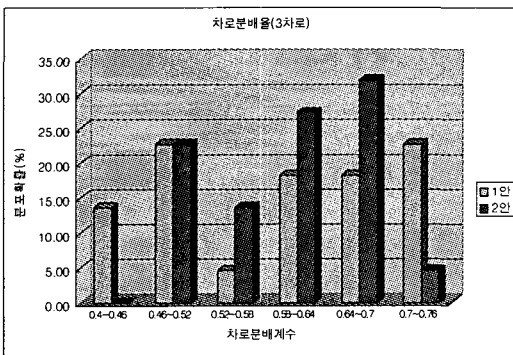
<표 4> 일반국도의 2차로 차로분배계수 비교

	1안	2안
설계편람 작성연구	0.56~0.98	0.46~0.94
현 조사 결과	0.64~0.91	0.64~0.91



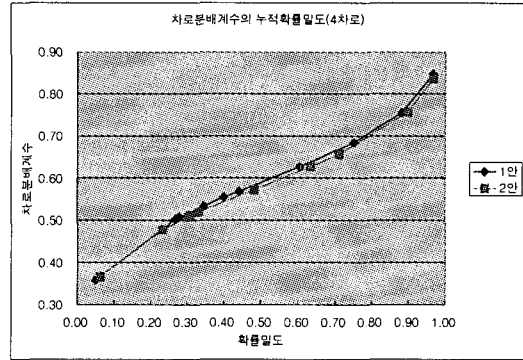
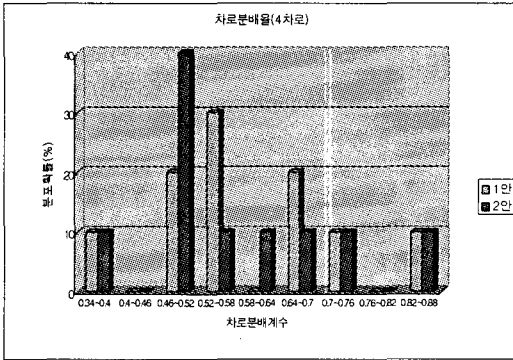
<그림 11> 2차로 일반국도의 차로분배율 분포 <그림 12> 2차로 일반국도의 차로분배계수의 누적확률분포

3차로 일반국도의 차로분배율은 1안의 경우 0.40~0.73 사이에 분포하며 2안의 경우 0.48~0.73 사이에 분포한다. AASHTO에서 제시하는 0.6~0.8 사이 값보다 낮은 분포를 보이고 있으며 고속도로와 일반국도 설계시 사용되는 값은 포함하고 있다.



<그림 13> 3차로 일반국도의 차로분배율 분포 <그림 14> 3차로 일반국도의 차로분배계수의 누적확률분포

4차로 일반국도의 차로분포율은 1안의 경우 0.36~0.85 사이에 분포하고 2안의 경우 0.37~0.83 사이에 분포한다. AASHTO에서 제시하는 0.5~0.75 보다는 넓은 분포를 보이며 고속도로와 일반국도 설계시 사용되는 값 0.5를 포함한다. 일반국도 4차로의 경우 일반 조사 표본수가 적었고 구간 역시 다른 구간에 비해 적었으므로 지속적인 조사 연구가 필요하다.



<그림 15> 4차로 일반국도의 차로분배율 분포

<그림 16> 4차로 일반국도의 차로분배계수의 누적확률분포

일반국도에서 각 편도차선별 차로분배율을 조사하였으며 특징으로는 앞서 분석한 고속도로의 차로분배율과 비교해 볼 때 특정구간에서 편중되는 정도가 고속도로 보다는 덜하지만 고루 분산되어 있다는 것이다. 여기서 제안하는 차로분배계수 역시 누적확률분포 곡선에서 누적확률밀도가 0.5~0.95 사이에 있는 값을 제안하며 구간특성상 대도시 주변이나 교통량이 많을 것으로 판단되는 구간일 경우 따로 교통량 조사를 통한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

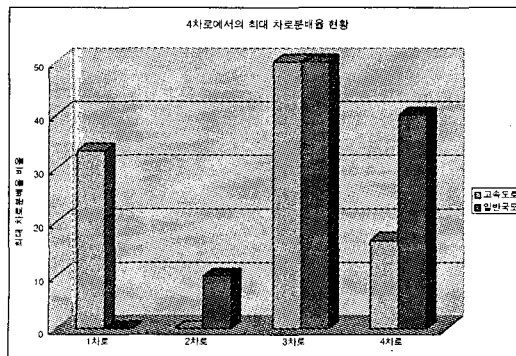
<표 5>는 일반국도에서의 차로별 차로분배계수를 조사결과와 기존 지침을 비교하였다.

<표 5> 일반국도의 차로분배계수

편도 차로수	현행			조사 결과		제안
	AASHTO	도로공사	일반국도	1안	2안	
4	0.5~0.75	0.5	0.5	0.36~0.85	0.37~0.83	0.49~0.82
3	0.6~0.8	0.6	0.7	0.40~0.73	0.48~0.73	0.6~0.73
2	0.8~1.0	0.8	0.9	0.64~0.91	0.64~0.91	0.78~0.92

고속도로와 마찬가지로 일반국도에서도 차로분배계수 적용시 사업구간의 특성을 잘 반영하여 결정하는 것이 최적의 방법일 것이다. 특히 교통량 파악에 있어서 향후 교통량 증가 추이와 증차량 비율을 잘 고려해야 할 것이다.

<그림 17>는 고속도로와 일반국도의 편도 4차로에서의 차량분배계수 중 해당 차로수 분포를 나타낸 것이다. 고속도로의 경우 일반국도와 달리 1차로의 비율이 높는데 이것은 4차로 해당구간 중 경부선 버스전용차로 시행구간이 포함되어 있어 1차로 비율이 높았으며 일반국도에서는 3, 4차로에 배율이 높은 것을 알 수 있다. 이는 증차량의 비율이 3, 4차로에 집중되기 때문이며 운전시 운전자의 운행특성이 반영되는 결과이기도 하다.



<그림 17> 4차로 일반국도의 차로분배계수의 누적확률분포



4. 결론

도로 포장 구조 설계의 입력변수 중에서 교통량은 매우 중요한 입력변수이다. 설계에 이용되는 교통량을 산정하기 위해서는 공용기간 중 이용하리라 예상되는 누적 교통량에 차로분배계수 및 방향분배계수를 적용한다. 본 연구에서는 이들 계수를 국내 현황에 적합하게 적용하기 위한 조사 및 분석을 실시하였으며 이에 대한 기준(안)을 제시하였다.

방향분배계수에서는 고속도로의 경우 포장종류에 따라 아스팔트 포장의 경우 0.5~0.55, 콘크리트 포장의 경우 0.5~0.58 값을 제안하였다. 기존의 일괄적인 0.5 보다 상향되었으며 일반국도의 경우도 차종분류에 따른 방향분배계수를 분석한 결과 기존의 설계시 사용한 계수보다는 높은 0.5~0.56 으로 제안하였다.

차로분배계수에는 고속도로의 경우 차로수별 포장형식에 따른 차로분배계수를 분석하였고 누적확률분포 0.5~0.95 이내의 방향분배계수값으로 기존에 사용한 계수와 비교해볼 때 비슷하거나 상향 또는 하향 값으로 나타났다. 일반국도에서도 마찬가지로 차로수별 분배계수를 제시하였다. <표 6>은 제안값을 정리한 것이다.

<표 6> 도로별 차로분배계수 제안

구분	편도 차로수	포장종류	제안
고속도로	4	아스팔트	0.35~0.45
		콘크리트	-
	3	아스팔트	0.47~0.53
		콘크리트	0.51~0.59
2	아스팔트	0.63~0.80	
	콘크리트	0.77~0.92	
일반국도	4	-	0.49~0.82
	3	-	0.6~0.73
	2	-	0.78~0.92

실무에 이들 분배계수를 적용할 때에는 사업노선의 특성을 면밀히 분석해야 하는데 특히 교통량과 중차량비율을 고려해야 한다. 차로분배계수의 경우 대도시 주변의 도로나 교통량이 많은 도로일 경우 차로분배계수가 낮아지며 중차량 비율이 높은 구간에서는 차로별 분배계수가 편중되기 때문에 이러한 사항을 참고하여 결정해야 한다.

참고문헌

1. 도로설계편람 최종보고서-부록:객원연구원 연구보고서(2000), 한국건설기술연구원.
2. 도로설계 실무편람(1997), 한국도로공사.
3. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures(1986), AASHTO.