



## 표준트럭의 차별적 적용 방안 연구

### A Study on Applicability of Diversified Truck Weight-to-Power Ratios

오 흥 운\*

Oh, Heung Un

#### Abstract

The weight-to-power ratio of the standard truck for the climbing lane design is known to be 200lb/hp. The value was known to be assumed based on constant trucks' capability and regional distributions in stead of widely varied distributions region by region. Additionally, this value was assumed after investigating registered vehicles' statistics instead of investigating real portions of truck volumes. Therefore, it may be said that the value of the current standard truck does not reflect regional or industrial diversity and proportions of truck volumes. To resolve these issues, the present paper studies diversified standard trucks which consider regionally or industrially diversified and observed-volume based weigh-to-power ratios. For this purpose, individual trucks' weigh-to-power ratios obtained at toll-gates of national expressways were used. For regionally based study, the whole nation are divided into 8 regions, then each region is characterized by a unit of a weigh-to-power ratio. The applicability of each value is provided. Results show that the single value for the nationwide standard truck may be 208 lb/hp, 8 lb/hp higher than the current value of 200 lb/hp. Results also show that regional values ranged widely from 170 lb/hp to 230 lb, 30 lb/hp higher/lower than the current value. Conclusively, regional diversity of trucks' weigh-to-power ratios was identified then three types of standardized weigh-to-power ratios which may represent regional characteristics were suggested. As the diversified standard truck are applied to the design standard, two benefits are expected such as decrease of rear-end accident rates or decrease of climb lane construction costs.

**Keywords :** standard truck, weight-to-power ratios, truck distribution

#### 요 지

오르막차로 설계에 쓰이는 표준트럭의 중량/마력비는 200 lb/hp로 알려져 있다. 그 값은 일반적으로 다양하기 마련인 지역간 트럭의 분포를 일정하다고 간주하여 트럭의 성능을 한가지로 표준화시킨 값이다. 또한 실제 교통량 중에서 트럭구성비를 측정하기보다는 그동안 전국범위의 트럭 등록대수 기준으로 표준트럭화 시킨 값이다. 따라서 표준트럭의 중량/마력비는 지역적 산업적 트럭의 다양성이나 실제 트럭분포와 거리가 있다고 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 실제 트럭 구성비에 지역특성을 반영한 다양한 표준트럭의 중량/마력비에 대해 검토하였다. 본 논문을 위해 전국에 걸쳐 고속도로 요금소에서 측정한 개별트럭의 중량/마력비를 사용하였다. 지역적 분석을 위해 전국 8개 지역으로 나누고, 지역별 중량/마력비를 특성화하여 현재 단일기준의 지역별 적용성을 검토하였다. 분석결과 전국의 표준트럭은 208 lb/hp로 현재의 200 lb/hp와 8 lb/hp 차이가 나며, 지역별로 분석한 결과 170 lb/hp ~ 230 lb로 현재 기준과 30 lb/hp 내외의 차이가 나는 것으로 나타났다. 그 결과로 지역별 트럭분포의 격차가 있음을 확인할 수 있었고 전국적인 지역특성을 반영한 세가지의 중량/마력비가 제안될 수 있었다. 다양한 표준트럭이 설계에 반영이 되면 두가지 효과가 기대된다. 즉 트럭과 승용차의 오르막차로에서의 속도차 때문에 발생하는 추돌사고를 줄이고 또한 특정지역에서 오르막차로 건설비를 줄이는 것이 가능할 것으로 생각된다.

**핵심용어 :** 표준트럭, 중량/마력비, 트럭분포, 트럭성능

\* 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원 · 공학박사



# 1. 서론

## 1.1 연구배경

표준트럭의 오르막 성능곡선은 종단경사 제한 길이 및 오르막차로 설치의 주요 근거로 사용된다. 도로의 용량분석에서도 경사구간의 분석에 오르막 성능곡선이 사용된다. 이러한 오르막 성능곡선의 결정은 표준트럭의 중량/마력비에 의해 이루어진다. 표준트럭의 중량/마력비에 관한 조사 및 연구는 수차례 시행되어 왔으며 현재는 문헌자료 분석을 통해 산출된 200lb/hp를 적용하고 있다.

현재 중량/마력비는 트럭 차종별 구성 분포와 중량/마력비를 이용하여 적정 백분위수의 값을 선정하고, 이를 전국의 표준 값으로 적용하고 있다. 트럭 차종별 구성분포는 전국자동차등록현황과 차종별 고속도로 이용률을 이용하여 산출하고 있다. 트럭 차종별 중량/마력비는 문헌을 통해 조사된 트럭 제원에서 최대적재시의 평균을 이용하여 산출하고 있다.

문헌을 이용한 중량/마력비 산출 방식은 실제고속도로를 운행하는 트럭의 중량/마력비 분포를 반영할 수 없다. 또한 산업특성, 특수시설 등으로 각 지역이나 구간의 중량/마력비 분포가 달라지나 200 lb/hp의 단일 기준을 적용하므로 지역적 특성을 고려할 수 없다.

지역적 특성이 고려가 되지 않았을 시, 즉 트럭과 승용차 속도차가 지역에 따라 일정하다 가정했을 시 교통사고와 관련된 여러 가지 이슈에 관련되게 된다. 첫째는 사고증가의 문제이다. 최근 승용차 성능의 발달로 오르막차로에서 승용차의 속도는 빨라진데 반해 중량/마력비가 큰 트럭의 혼입률이 높아 저속차량의 비율이 높아진 지역이 많이 생겼다. 한국도로공사(2005)에 의하면 특정지역 오르막차로에서 많은 트럭이 현 설계에서 의도한 것보다 다르게 오르막차로 시점 혹은 종점에서 60km 이하, 즉 허용최저속도 이하로 주행한다고 한다. 또한 지역에 따라 다양한 결과가 나오지만 오르막차로 시점 혹은 종점에서 트

럭과 승용차의 속도차를 20~50km/h까지 이르게 하고 있다고 한다. 이러한 속도차와 교통사고와의 관계는 이미 잘 알려져 있다. St. John등(1991)은 속도차 11mph(17.6km/h)이상시 그 이하보다 사고 발생 비율이 단위 mph당 6.3배씩 높아진다고 하여 트럭과 일반 자동차의 속도차에 의한 사고 발생가능성을 경고하였다.

두 번째로 트럭 분포를 사용한 다양한 오르막차로 설계가 설계원리 원리에 충실할 수 있다는 점이다. 트럭분포가 표준트럭의 크기를 정하는 기준이기 때문에 동시에 오르막차로 길이를 정하는 기준이고 동시에 트럭과 승용차간 속도차를 결정짓는 기준이기 때문에 또한 추돌 교통사고의 빈도를 정하는 기준이기 때문에 다양한 상황을 고려하는 것이 설계원리에 부합한다고 할 수 있다. 이런 이유로 호주의 설계기준에서는 트럭분포비율을 오르막차로 설계시 하나의 설계요소로 간주하고 있다(Lamm, 1999).

## 1.2 연구목적

전국별 트럭분포는 전국적 사용이 가능한 표준트럭의 크기를 정하는 기준이기 때문에 매우 중요하다. 표준트럭의 수치는 전국적 규모의 실제 화물트럭의 수치를 근거로 하지 못해서 실제 대표성이 있는지 의문시 되고 있다.

또한 전국적으로 일관된 표준트럭은 지역별 트럭 분포의 다양성으로 인하여 오르막차로 길이를 적정하게 산정하지 못하고 결과적으로 일반승용차와 트럭간 속도차를 일관되게 결정짓지 못하고 이에 따라 속도의 일관성 측면에서 그리고 추돌사고가 증가할 수 있다는 점에서 적합하지 않을 수 있다.

본 논문의 첫 번째 목적은 이러한 현상적 문제들을 해결하고자 실제로 운행되는 트럭의 중량과 마력 및 구성비를 실제 측정하고 반영하여 실제표준트럭을 검토 및 제안하는 것이다. 두 번째 목적은 지역별 트럭 중량/마력비 분포 특성을 검토하여 다양성에 대해 고려를 하고 지역별로 다양한 표준트럭의 지역별



적용을 검토 및 제안하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 세부 연구를 수행하였다. 세부연구는 지역별 8톤미만 트럭의 공차율 분석, 지역별 8톤이상의 트럭 공차율 측정 및 분석, 지역별 8톤미만 트럭의 중량/마력비 분석, 지역별 8톤이상 트럭의 중량/마력비 측정 및 분석, 지역별 표준트럭의 도출을 포함하였다.

## 2. 분석방법론 정립

### 2.1 관련연구

한국도로공사(1995)는 표준트럭에 대한 연구를 하였다. 문헌자료를 이용한 트럭 구성비와 적재톤수별 중량/마력비 분석으로 표준트럭의 중량/마력비를 선정하였다. 트럭 구성비는 전국 자동차등록현황을 이용하여 관측하지 않고 문헌자료로 산출되었으며, 1톤 미만 트럭이 포함되었다. 적재톤수별 중량/마력비는 차량제원 관련 문헌으로 산출되었으며, 만차를 기준으로 하여 공차율이 고려되지 않았다. 중량/마력비 분석결과 90%tile의 150 lb/hp를 표준트럭으로 선정하였다. 이러한 방법으로 산출된 트럭 구성비는 실제 운행되는 분포와 상이하였다. 특히 1톤 이하 트럭이 전체구성비의 70% 이상을 차지하며, 이로 인해 중량/마력비가 낮게 산출되었다. 또한, 적재톤수별 차량제원의 최대적재시를 기준으로 중량/마력비를 산출하였기 때문에 실제 분포를 반영하지 못하였다.

한국건설기술연구원(1999)은 현장자료와 문헌자료를 이용한 트럭 구성비와 적재톤수별 중량/마력비 분석으로 표준트럭의 중량/마력비를 선정하였다. 트럭 구성비는 전국자동차등록현황과 차종별고속도로 이용률을 이용하여 산출되었으며, 1톤 이하 트럭은 제외되었다. 적재톤수별 중량/마력비는 '트럭 성능조사 분석논문'과 동일한 방법으로 산출되었다. 표준트럭의 중량/마력비 분석결과 85%tile이

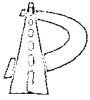
180~190 lb/hp로 나타나 200 lb/hp로 선정하였다. 트럭 구성비는 실제 운행 특성을 반영하기 위해 고속도로 이용률 자료를 이용하였다. 특히 1톤 이하 트럭은 등록현황의 70% 이상을 차지하나, 고속도로 이용률이 0.28%로 저조하여 제외되었다. 그러나 공차율 및 적재율 등이 고려되지 않아 이 연구 역시 실제 중량/마력비 분포를 반영할 수 없었다.

Harwood 등(2003)은 트럭 교통량과 등판속도 조사를 통해 각 지역별로 중량/마력비 분포를 분석하였다. 현장조사는 California, Colorado, Pennsylvania의 고속도로와 2차로 도로를 대상으로 실시되었다. 현장의 트럭을 대상으로 고정식 속도 측정기를 이용하여 등판속도를 조사하였다. 이 방법으로 직접 중량/마력비를 산출할 수 있었고, 트럭 구성비를 산출할 수 있었다. 또한, 등판속도는 트럭의 적재량과 마력에 영향을 받으므로, 공차율 및 적재량이 고려된 결과가 도출되었다. 조사대상은 1톤 이하를 포함한 전체 트럭이었으며, 중량/마력비 분석결과 표 1과 같이 3개 지역에서 각각 다르게 나타났다. 표준트럭의 중량/마력비는 트럭 전체의 85%tile을 적용하되 각 지점의 특성을 고려하여 결정할 것을 제안하였다. 표 1은 또 다른 의미를 제공해준다. 각 주마다 도로특성이 매우 다른 두 도로 즉, 2차로 도로와 고속도로에서 중량/마력비가 상관관계에 있음을 보여준다. 상관계수가 0.95정도인 것으로 볼 때 지역별 차별성은 크다고 할 수 있다.

표 1. 미국의 85% tile 기준 지역별 중량/마력비 (Harwood, 2003)

구 분	고속도로	2차로 도로
California	183 lb/hp	246 lb/hp
Colorado	169 lb/hp	180 lb/hp
Pennsylvania	207 lb/hp	280 lb/hp

이러한 방법은 각 지점의 트럭 차종별 중량/마력비를 직접 산출하므로, 실제 운행중인 도로에서의 중량/마력비 분포를 반영할 수 있다. 그러나 다수의 지점



을 대상으로 조사를 수행해야 하므로 시간과 비용이 많이 소요되었다.

## 2.2 방법론 정립

현재 사용되는 표준트럭 200lb/hp는 크게 두 가지 문제점이 있는 것으로 나타났다. 첫째, 트럭의 중량/마력이 문헌자료의 차량제원과 최대적재 기준으로 산출되어 실제 현장의 중량/마력 분포 특성을 반영하지 못하여 전국의 대표성 있는 값이라는데 검토가 필요하다. 둘째, 지역별로 트럭의 구성비와 중량/마력 분포가 달라지기 때문에 현재의 단일 기준 적용보다는 다양한 기준적용이 가능하다.

현재 오르막차로 설계시의 표준트럭 허용최저속도가 60km/h이므로, 설계속도 100km/h인 도로에서 승용차와 표준트럭간의 속도는 40km/h 차이가 발생한다. 그러나 현재의 단일 기준을 적용할 경우 지역에 따라 속도 편차가 40km/h보다 더 커지거나 또는 작아지는 지역이 발생하게 된다. 즉, 종단경사와 오르막차로 설계 시 및 안전부문에서 일관성을 확보할 수 없게 된다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 지역별로 트럭의 실제 통행 구성 분포와 중량/마력비 특성을 반영하여 분석하고자 하였다. 구성비와 중량/마력비가 낮은 1톤 미만 트럭과 중량/마력비가 낮은 공차는 오르막구간 주행능력이 승용차와 비슷하여 분석에서 제외하였다.

본 논문의 분석 절차는 지역별 트럭 구성비 분석, 8톤 미만 트럭의 중량/마력비 분포 분석, 8톤 이상 트럭의 중량/마력비 분포 분석, 지역별 표준트럭의 중량/마력비 분포 분석의 4단계로 나누어진다. 지역의 분류는 행정지역별 상관이 큰 결과를 반영해 행정구역 단위로 나누어 강원, 경기, 경남, 경북, 전남, 전북, 충남, 충북의 8개로 정의하였다.

지역별 트럭 구성비는 8톤 미만과 8톤 이상으로 나누어 분석되었다. 8톤 미만의 공차율은 화물차통행실태조사(2001)와 전국자동차등록현황(2004) 자

료로, 8톤 이상은 영업소 현장조사 자료로 산출되었다. 트럭 구성비는 이 공차율을 차종별 고속도로 이용률(건설교통부 2003)에 반영하여 산출되었다. 중량/마력비도 8톤 미만과 8톤 이상으로 나누어 분석되었다. 8톤 미만의 중량/마력비는 차량제원 관련문헌과 트럭통행실태조사(2001)의 적재율을 이용하여 산출되었다. 8톤 이상의 중량/마력비는 요금소 현장 조사를 통해 수집한 총중량과 마력 자료로 산출되었다. 8톤 미만 트럭의 태반이 요금소 축중기를 통과하지 않기 때문에 8톤 미만과 이상의 중량/마력비 분석 방법이 다르게 적용되었다.

지역별 표준트럭의 중량/마력비 분포 분석은 구성비와 중량/마력비를 조합하여 산출되었다. 지역별 표준트럭의 중량/마력비는 8톤 미만과 이상의 지역별 분포를 이용한 전체의 백분위수 분석으로 산출되었다.

## 3. 조사 및 분석

### 3.1 지역별 트럭의 구성비 분석

지역별 트럭 구성비는 고속도로 구간별 차종별 교통량에서 공차통행 차량과 1톤 미만 차량을 제외하여 산출되었다. 8톤 미만의 공차율은 표 2의 화물차통행실태조사(한국교통연구원, 2001)공차율에 표 3의 전국자동차등록현황(2004) 자료를 가중하여 산출하였다. 8톤 이상의 공차율은 각 지역별 영업소 현장조사 자료를 이용하여 산출하였다.

지역별 트럭 구성비는 도로교통량통계연보의 고속도로 구간별 교통량에 구간연장을 가중한 후, 앞서

표 2. 화물차통행실태조사의 톤수별 공차율  
(한국교통연구원, 2001)

구분	비사업		사업	
	1톤~3톤	3톤~8톤	1톤~3톤	3톤~8톤
공차율(%)	43.1	44.4	51.8	50.6



표 3. 지역별 자동차 등록 현황  
(건설교통부, 2004)

구 분	비사업		사업	
	1톤~3톤	3톤~8톤	1톤~3톤	3톤~8톤
강원	8,760	6,483	826	2,754
경기	84,650	42,817	27,396	33,591
경남	29,487	19,966	4,845	13,248
경북	24,274	16,563	3,932	9,386
전남	17,890	11,648	1,262	5,783
전북	10,253	7,242	592	4,072
충남	16,533	12,109	1,886	6,313
충북	7,474	5,937	1,046	3,263
전국	199,321	122,765	41,785	78,410

산출한 공차율을 제외하여 산출하였다. 표 4의 지역별 공차율 및 구성비는 이러한 방식으로 산출된 8톤 미만과 8톤 이상의 공차율 및 구성비를 나타낸다. 8톤 미만의 공차율은 자동차등록현황 및 트럭통행실태조사 자료를 이용하여 산출하였기 때문에 지역별 편차가 1% 이하로 나타났다. 요금소 현장조사로 산출한 8톤 이상의 공차율은 경북지역이 최소 34.3%, 전남지역이 최대 56.5%로서 최대 17.6%의 편차가 있는 것으로 나타났다. 공차율을 제외하고 산출한 8

표 4. 지역별 공차율 및 구성비

구 분	공차율(%)		구성비(%)	
	8톤 미만	8톤 이상	8톤 미만	8톤 이상
강원	45.0	37.2	64.8	35.2
경기	46.0	49.8	78.8	21.2
경남	45.5	35.8	52.6	47.4
경북	45.4	34.3	61.1	38.9
전남	45.0	56.5	61.8	38.2
전북	45.1	44.0	62.4	37.6
충남	45.2	51.9	64.2	35.8
충북	45.4	42.3	57.3	42.7
전국	45.6	45.0	66.1	33.9

톤 미만 구성비는 경기 지역이 78.8%로 가장 높고, 경남 지역이 52.6%로 가장 낮게 나타났다.

지역별 트럭 구성비 분석결과 8톤 미만 트럭이 최고 79%를 넘지 않으므로, 표준트럭으로 선정 가능한 85%tile은 전 지역에서 8톤 이상 트럭의 범주에 속하는 것으로 분석되었다.

### 3.2 8톤 미만 트럭의 중량/마력비 분석

8톤 미만의 중량/마력비는 차량 제원 관련 문헌에서 중량과 마력자료를 수집하고, 여기에 적재율을 반영하여 산출하였다. 표 5는 차량 제조사별 차량제원

표 5. 차량 제조사별 톤수별 주요 제원(평균)

지 역	1톤~3톤	3톤~8톤
차량중량(kg)	1,988	3,974
최대적재량(kg)	1,523	4,478
최대출력(ps)	98	176

을 검토한 결과를 톤수별 평균으로 나타낸 것이다. 1톤~3톤 차량의 평균 최대적재량은 1,523kg, 최대출력은 98ps이고, 3톤~8톤 차량의 평균 최대적재량은 4,478kg, 최대출력은 176ps로 나타났다.

적재율은 표 6의 화물차통행실태조사(한국교통연구원, 2002)의 적재율 자료에 표 3의 전국자동차등록현황(건설교통부 2004)을 가중하여 산출하였다. 산출된 적재율은 표 7과 같으며, 지역별 편차가 크게 반영되지 못하였다.

표 8은 자동차등록현황을 가중한 지역별 적재율을 차량제원의 적재량에 반영하여 8톤 미만의 중량/마력비 분포를 산출한 결과이다. 8톤 미만 중량/마력비는 경기지역이 87.9lb/hp로 제일 낮으며, 전북지역이 93.7lb/hp로 제일 높게 나타났다. 그러나 적재율과 차량제원의 지역적 특성 반영이 어려워 지역별 최대 편차가 5.8lb/hp 수준에 머물렀다.

현장조사를 수행한 8톤 이상의 중량/마력비 분포가 정규분포를 따르므로, 8톤 미만의 분포도 정규분



표 6. 화물차통행실태조사의 톤수별 적재율  
(한국교통연구원, 2002)

구분	비사업		사업	
	1톤~3톤	3톤~8톤	1톤~3톤	3톤~8톤
적재율(%)	94.6	104.4	96.9	99.9

표 7. 자동차등록현황을 가중한 지역별 적재율

지역	1톤~3톤(%)	3톤~8톤(%)
강원	94.8	103.0
경기	95.1	102.4
경남	94.9	102.5
경북	94.9	102.7
전남	94.7	102.8
전북	94.7	102.7
충남	94.8	102.8
충북	94.9	102.7
전국	95.0	102.6

표 8. 8톤 미만 중량/마력비 평균 및 표준편차

지역	톤수별 평균		8톤 미만 (1톤~8톤 Total)	
	1톤~3톤 (lb/hp)	3톤~8톤 (lb/hp)	평균 (lb/hp)	표준편차
강원	76.0	110.3	92.8	16.5
경기	72.9	109.9	87.9	20.4
경남	74.9	110.0	92.2	19.0
경북	75.0	110.1	91.8	18.7
전남	76.4	110.2	92.5	20.5
전북	76.6	110.1	93.7	18.7
충남	75.7	110.1	92.9	19.0
충북	75.3	110.1	93.4	21.4
전국	74.3	110.0	90.5	19.5

포를 따를 것으로 가정하였다. 8톤 미만 분포의 표준편차는 8톤 이상 분포의 평균과 표준편차와의 비례식으로 산출하였다.

### 3.3 8톤 이상 트럭의 중량/마력비 분석

8톤 이상의 중량/마력비는 현장조사를 통해 지역별 중량/마력자료를 수집하고, 적재율을 반영하여 산출하였다. 현장조사는 8개 지역별로 각 5개의 영업소를 선정하여, 축중기 조사 및 운전자 인터뷰를 통해 중량/마력자료를 수집하는 방식으로 수행되었다.

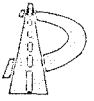
표 9는 현장조사로 수집된 자료를 지역별로 50개씩 랜덤하게 추출하여 Anderson-Darling 방법과 Shapiro-Wilks 방법으로 정규성 검정을 수행한 결과이다. P값이 전 지역에서 0.05보다 크므로 95% 신뢰수준에서 8톤 이상의 분포가 정규분포를 따른다

표 9. 정규성 검정 결과

지역	랜덤 샘플수	평균 (lb/hp)	표준 편차	P값 Anderson-Darling	P값 Shapiro-Wilks
강원	50	203.9	40.30	0.162	>0.10
경기	50	197.6	37.68	0.086	0.050
경남	50	204.2	41.14	0.372	>0.100
경북	50	216.2	41.29	0.378	>0.100
전남	50	203.4	46.79	0.893	>0.100
전북	50	207.4	44.38	0.628	>0.100
충남	50	190.9	37.75	0.237	>0.100
충북	50	208.7	46.21	0.590	>0.100
전국	50	202.4	50.68	0.879	>0.100

표 10. 8톤 이상의 지역별 중량/마력 통계분석

지역	표본수	평균(lb/hp)	표준편차
강원	80	202.18	35.93
경기	235	193.65	44.93
경남	190	204.05	42.14
경북	143	216.56	44.18
전남	159	203.80	45.20
전북	100	205.22	41.00
충남	147	192.30	39.28
충북	138	196.96	45.25
전국	1201	201.24	43.38



고 볼 수 있다.

표 10은 지역별 수집 자료를 이용하여 통계분석을 한 결과이다. 8톤 이상의 평균 중량/마력비는 경남 지역이 192.30lb/hp로 제일 낮았고, 전북지역이 205.22로 제일 높게 나타났다. 그림 1은 전국 중량/마력비 자료의 히스토그램 및 정규분포의 확률밀도 함수를 나타낸 것으로, 조사 자료가 정규분포에 근사함을 확인 할 수 있다.

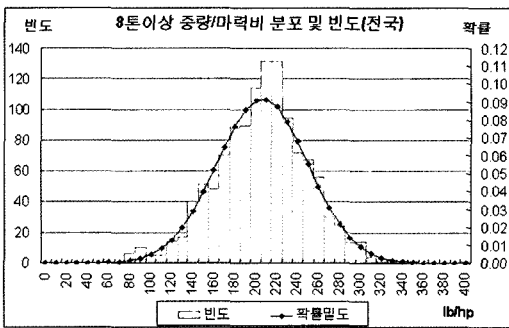


그림 1. 현장조사에 의한 8톤 이상 중량/마력비 빈도 및 정규분포(전국)

### 3.4 지역별 표준트럭의 중량/마력비 분포 분석

지역별 중량/마력비는 트럭 차종별 구성비, 8톤 미만 및 8톤 이상 중량/마력비 분포를 이용하여 산출하였다. 8톤 미만과 8톤 이상의 정규분포 확률밀도 함수는 수식 (1), (2)와 같다.

$$f_{i1}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{i1}} \times e^{-\frac{(x-\mu_{i1})^2}{2\sigma_{i1}^2}} \quad (1)$$

$$f_{i2}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{i2}} \times e^{-\frac{(x-\mu_{i2})^2}{2\sigma_{i2}^2}} \quad (2)$$

여기에서,  $f_{i1}(x)$  = i지역에서 8톤 미만 중량/마력비 분포 확률밀도 함수

$f_{i2}(x)$  = i지역에서 8톤 이상 중량/마력비 분포 확률밀도 함수

전체 중량/마력비 분포의 면적을 1이라고 할 경우 8톤 미만과 8톤 이상 분포의 면적을 합한 값도 1이 되며, 수식은 (3)과 같다.

$$P_{i1} \times \int f_{i1}(x) + P_{i2} \times \int f_{i2}(x) = 1 \quad (3)$$

여기에서,  $P_{i1}$  = i지역 트럭 중 8톤 미만 구성비(%)

$P_{i2}$  = i지역 트럭 중 8톤 이상 구성비(%)

8톤 미만 트럭의 구성비가 80% 미만이므로, 8톤 이상 분포만을 이용하여 백분위수 분석을 수행하였다.

$$P_{i2} \times \int f_{i2}(x) = P_{i2} - \alpha \quad (4)$$

$$\int f_{i2}(x) = \frac{P_{i2} - \alpha}{P_{i2}} \quad (5)$$

여기에서,  $\alpha = 0.20$ 일 경우,  $x = 80\%$ tile 값  
 $= 0.15$ 일 경우,  $x = 85\%$ tile 값  
 $= 0.10$ 일 경우,  $x = 90\%$ tile 값

표 11은 식 (5)를 이용하여 산출한 전체 트럭 중량/마력비의 백분위수를 나타낸다. 85%tile 결과를 보면 경기지역이 170 lb/hp로 제일 낮고, 경북지역이 230 lb/hp로 제일 높게 나타났다. 지역별로 트럭의 특성이 다르기 때문에 최대 60 lb/hp의 편차가 발생하였다.

표 11. 전체 트럭 중량/마력비 백분위수

지역	80%tile	85%tile	90%tile
강원	197	209	223
경기	124	170	198
경남	213	225	238
경북	216	230	246
전남	202	217	233
전북	202	216	231
충남	179	201	216
충북	201	215	230
전국	192	208	225

표 11의 값은 백분위수 중량/마력비가 8톤 미만 분포에 포함되지 않는다는 가정 하에 8톤 이상 분포



만을 이용하여 산출한 결과 값이다. 식 (6)을 이용하여 이 값이 실제로 8톤 미만 분포에 포함되지 않는지를 검증하였다.

$$\int f_{ii}(x_{i\alpha}) = P_{i\alpha} \quad (6)$$

여기에서,  $x_{i\alpha} = i$  지역의  $\alpha$  %tile 중량/마력비  
 $P_{i\alpha} = x_{i\alpha}$ 가  $i$  지역의 8톤 미만 분포에 포함되지 않을 확률

표 12는  $P_{i\alpha}$  값을 계산한 결과이다. 80%tile 중량/마력비 값은 95% 신뢰수준에서 유의하며, 85%tile과 90%tile의 값은 99% 신뢰수준에서 유의한 것으로 나타났다. 따라서 표 11의 전체 트럭 중량/마력비 백분위수 결과 값은 타당한 것으로 분석되었다.

그림 2는 구성비를 반영한 지역별 8톤 미만, 8톤 이상 분포와 전체 백분위수 분석 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 각 지역마다 산출하는 과정에서의 변수들, 즉 8톤미만 트럭분포, 8톤이상 트럭분포 합쳐진 분포에서의 정규분포상 백분위수 위치를 표시하였

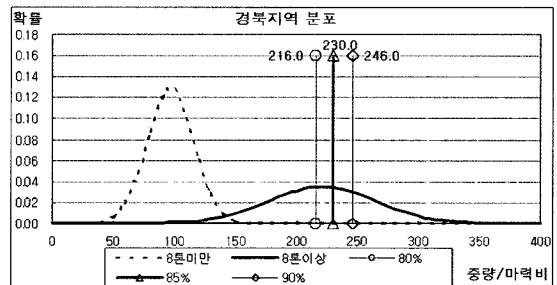
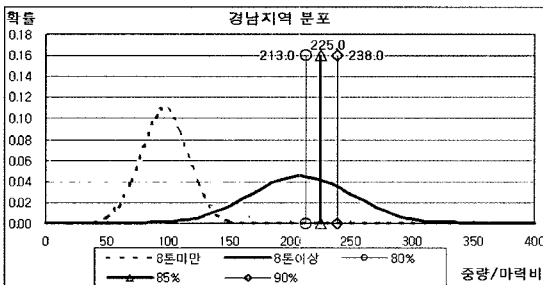
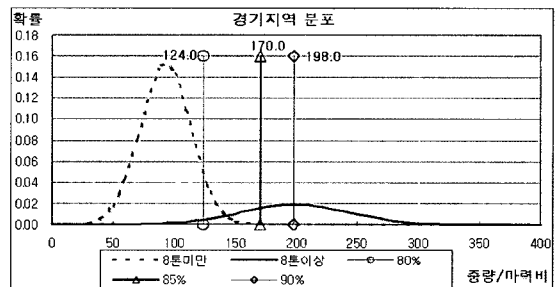
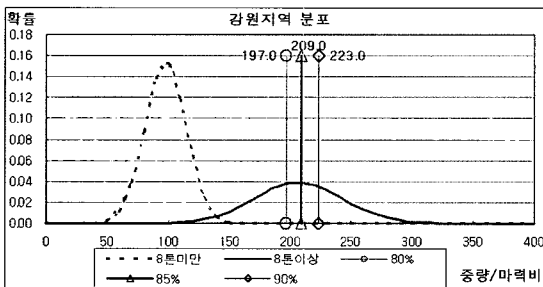
표 12. 8톤 미만 분포에 포함되지 않을 확률

지역	80%tile	85%tile	90%tile
강원	99.99999999%	100.00000000%	100.00000000%
경기	96.18579259%	99.99722767%	99.99999678%
경남	99.99999999%	100.00000000%	100.00000000%
경북	100.00000000%	100.00000000%	100.00000000%
전남	99.99999533%	99.99999994%	100.00000000%
전북	99.99999964%	100.00000000%	100.00000000%
충남	99.99971439%	99.99999939%	100.00000000%
충북	99.9997398%	99.99999929%	99.9999999%
전국	99.99989991%	99.99999991%	100.00000000%

다. 그림 3은 이를 통합하여 전국단위로 표시하였다.

### 3.5 성능곡선의 적용성

지역별 중량/마력비는 트럭 차종별 구성비, 8톤 미만 및 8톤 이상 중량/마력비 분포를 이용하여 산출하면 성능곡선별 구분이 있게 된다. 즉 180 lb/hp,





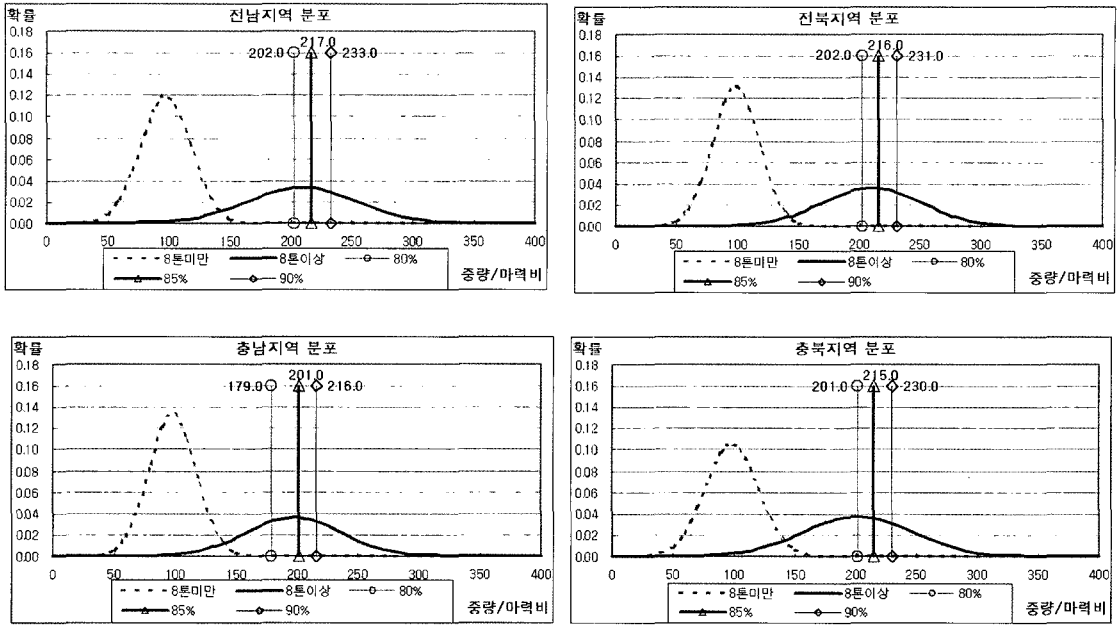


그림 2. 지역별 백분위수 분석결과

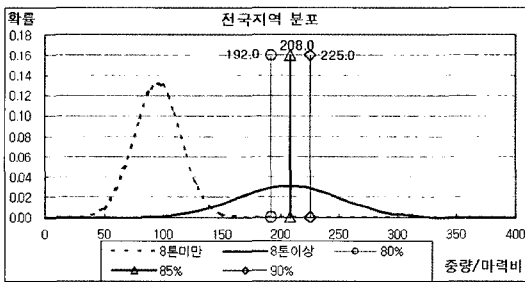


그림 3. 전국 백분위수 분석결과

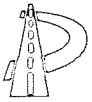
200lb/hp, 220lb/hp의 세가지 성능곡선이 필요하게 된다. 또한 이 성능 곡선은 충분히 적용가능 해야 하고 결과의 차이도 있어야 한다. 관련된 연구로 볼 때 이러한 성능곡선은 충분히 길이 증가의 특성이 있다고 얘기할 수 있다.

한국도로공사(2005) 연구는 이러한 180 lb/hp, 200lb/hp, 220lb/hp의 성능곡선과 그 차이를 제시하고 있다. 성능곡선의 차별로 인하여 5% 오르막에서 500m 주행시 속도감소는 180 lb/hp적용시 60km/h에서 50.0km/h로, 200lb/hp 적용시 60km/h에서 45km/h로, 220lb/hp적용시

60km/h에서 42km/h 로 속도감소가 생기게 된다. 또한 중량/마력비 차이는 80km/h에서 60km/h로 감소하는 길이의 차이를 가져온다. 이는 곧 오르막차로를 연장 혹은 감소시키는 효과가 있게 된다. 이 길이 편차는 5%오르막 기준으로 15~65m의 오르막차로 연장/감소효과를 가져온다. 따라서 또한 중량/마력비 차이를 적용할 경우 짧은 구간에서도 고려할 만한 크기의 트럭의 속도 증감과 설계에 반영될만한 크기의 오르막차로 길이의 차이를 가져온다고 얘기할 수 있다.

#### 4. 결론

오르막차로 설계에 쓰이는 표준트럭의 중량/마력비는 200 lb/hp로 알려져 있다. 그 값은 일반적으로 다양하기 마련인 지역간 트럭의 분포를 일정하다고 간주하여 트럭의 성능을 한 가지로 표준화시킨 값이다. 또한 그동안 전국범위의 트럭 등록대수 기준으로 표준트럭화시킨 값이다. 따라서 표준트럭의 중량/마력비는 지역적 산업적 트럭의 다양성이나 실제 트럭



분포와 거리가 있어 왔다. 그 결과 각 지역의 트럭 특성이 다름에도 불구하고 단일기준을 적용할 경우 비용과 안전측면에서 속도의 일관성을 비롯한 설계일관성을 확보할 수 없게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 실제 트럭 구성비에 지역특성을 반영한 다양한 표준트럭의 중량/마력비에 대해 검토하였다. 본 논문을 위해 전국에 걸쳐 고속도로 요금소에서 측정한 개별트럭의 중량/마력비를 사용하였다. 지역적 분석을 위해 전국 8개 지역으로 나누고, 지역별 중량/마력비를 특성화하여 현재 단일기준의 지역별 적용성을 검토하였다. 분석결과 전국의 표준트럭은 208 lb/hp로 분석되었다. 이는 현재의 200 lb/hp와 8 lb/hp 차이가 난다. 지역별로 분석한 결과 170 lb/hp ~ 230 lb/hp로 현재 기준과 30 lb/hp 내외의 차이가 나는 것으로 나타났다. 그 결과로 지역별 트럭분포의 격차가 있음을 확인할 수 있었고 전국적인 지역특성을 반영한 세 가지 중량/마력비가 제시될 수 있었다. 따라서 각 지역의 트럭 특성에 따라 표준트럭의 중량/마력비를 180lb/hp, 200lb/hp, 220lb/hp로 다양화하여 설계자가 선택하여 사용할 수 있게 하는 것을 제안하고자한다. 다양한 표준트럭이 설계에 반영이 되면 두 가지 효과가 기대된다. 즉 트럭과 승용차의 오르막차로에서의 속도차 때문에 발생하는 추돌사고를 줄이고 또한 특정지역에서 오르막차로 건설비를 줄이는 것이 가능할 것으로 생각된다.

본 논문을 통해서 세 가지의 표준트럭을 제시하였으나 이는 지나치게 단순화한 결과로 간주될 수 있다. 이는 이미 다른 연구를 통해 제시되어 있는 3개의 성능곡선을 이용하면 적용성을 높일 것으로 판단된다. 본 연구에서와 같이 단순성은 설계시 편의성을 증진시켜 설계자의 판단을 도와주는 역할을 수행할 수 있을 것이다. 그러나 1개의 표준트럭에서 3개의 표준트럭으로 표준트럭을 상대적으로 다양화하더라도 특정한 장소중심의 설계시 그 고유특성을 다 반영하지 못하는 단점이 있다. 따라서 궁극적으로는 특정 장소 중심적인 설계가 가능하도록 특정장소의 트럭 비율이 고려되는 설계가 바람직할 것이다. 이를 위해 추후 연구에서 성능곡선의 다양한 제시나 함수관계가 필요할 것이다.

본 논문에서는 고속도로의 차종 구성비와 중량/마력비를 반영하였기 때문에 국도의 상황과는 다소 차이가 있을 것으로 판단된다. 따라서 국도나 지방도 도로에 대하여는 표준트럭의 다양성이나 설계법에 대한 연구가 추가로 진행되어야 할 것이다. 다만 과거 연구에 의한 지역과 도로교통 특성과의 상관관계는 고려되어야 할 것으로 생각된다. Harwood (2003)가 제시한 데이터에 의하면 도로 교통특성을 고려한 특정노선에 대한 차별적 표준트럭의 적용은 각 주별로 유효한 것으로 나타나 있다. 2차로 도로와 고속도로와의 관계도 상관계수가 0.95에 이를 만큼 그 상관관계가 뚜렷하였다. 다만 특정 노선에 대하여는 호주에서 쓰고 있는 방법론과 같이 설계의 한 요소로서 반영함은 추후의 연구로 진행함이 바람직할 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

1. 한국건설기술연구원 (1999), 도로용량편람 개선 연구
2. 한국교통연구원 (2002), 전국교통DB구축사업 6권 제6장 화물자동차 통행실태조사
3. 한국도로공사 (1996), 화물차 성능 조사 분석 연구
4. 한국도로공사 (2005), 고속도로 구간별 용량검토를 통한 오르막 설치기준 검토
5. 건설교통부 (2004), 전국 자동차 등록 현황
6. 건설교통부(2003), 도로 교통량 통계 연보
7. A. D. St. John, , and D. W. Harwood, (1991), "Safety Considerations for Truck Climbing Lanes on Rural Highways," Transportation Research Record 1303, pp. 74-82
8. D. W. Harwood, D. J. Torbic, K. R. Richard, W. R. Richard and L. Elefteriadou, (2003), "NCHRP Report 505: Review of Truck Characteristics as Factors in Roadway Design". pp 22~99
9. R. Lamm, B. Psarianos, T. Mailaender (1999), "Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook" McGRAW-HILL pp13.32~13.52

〈집수:2005. 12. 6〉