

우리나라 대표 트럭의 총중량/엔진성능 재정립

Revision of Representative Truck's Weight to Power Ratio in S. Korea

김영록	Kim, Young Rok	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원 · 교신저자 (E-mail : busbay@kict.re.kr)
정준화	Jeong, Jun Hwa	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 선임연구위원 (E-mail : jhjeong@kict.re.kr)
이석기	Lee, Suk Ki	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원 (E-mail : oksk@kict.re.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : The purpose of this study is to revise the weight to power ratio of the representative truck in S. Korea. So far, S. Korea has been using the unit lb/hp, and the construction machines were not considered in the evaluation of the performance of trucks.

METHODS : This study was performed to recommend the use of ISO system of units, and to analyze the weight to power ratios of the representative trucks in S. Korea, including the dump trucks, concrete mixer trucks, and asphalt and concrete diffusers.

RESULTS : From this study, the 85 percentile value of the weight to power ratio of the trucks in S. Korea's was found to be 103.6 kg/kw.

CONCLUSIONS : The performance standard for the representative truck has to be increased upward, considering the travel pattern of the dump trucks, concrete mixers, and asphalt and concrete diffuser trucks, travel distances, narrow area (work zone) of operation, and the saving in construction budget for climbing lane. Based on this study, the weight to power ratio of the representative truck in S. Korea could possibly be revised to 100~110 kg/kW.

Keywords

Representative truck, weight to power ratio, climbing lane, construction vehicle registration list, vehicle registration list

Corresponding Author : Kim, Young Rok, Senior Researcher
Highway & Transportation Research Institute, Korea Institute of
Civil Engineering and Building Technology, 283, Goyangdae-ro,
Ilsanseo-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, 10223, Korea
Tel : +82.31.910.0181 Fax : +82.31.910.0161
E-mail : busbay@kict.re.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Jul. 01, 2014 Revised Jul. 23, 2014 Accepted Jul. 21, 2015

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

일반적으로, 저속의 트럭은 승용차로만 구성된 교통류에 진입하여 운행할 경우 지체를 유발한다. 특히, 해당 도로 구간이 상향의 종단 경사가 있다면 지체는 더욱 심화되며, 도로관리자는 지체문제를 해결하기 위해 오르막차로를 설계하게 된다. 오르막차로 설계에 앞서 설치여부를 검토해야 하는데 저속 트럭에 의해 전체 교통류의 서비스수준이 저하될 경우 또는 트럭의 속도가 평

지 대비 상향 종단 경사 구간에서 감소하는 경우 중 한 가지 방법을 선택하여 검토할 수 있다.

도로관리자가 오르막차로 설치 여부 검토를 통해 오르막차로를 설치하기로 결정하면 상향 종단 경사 구간의 트럭 주행속도를 예측할 수 있는 트럭의 주행 성능 곡선을 이용하게 된다. 이때 트럭의 주행 성능 곡선은 전체 트럭을 대표할 수 있는 성능을 가진 이른 바, 대표 트럭을 이용하여 도출한다.

국외에서는 1950년대부터 상향 종단 경사구간의 트

럭 주행속도를 산출하기 위한 연구를 수행했었는데, 미국에서는 도로설계기준인 AASHTO(2000)의 “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets”가 대표적이며, Highway Capacity Manual 정립 단계 시에도 트럭의 승용차 환산계수를 산정하기 위해 트럭의 상향 중단경사 구간 속도에 대한 연구를 진행한 바 있다. 그 결과는 상향 중단경사 구간에서 트럭 성능 곡선으로 요약되어 사용중인데, 현재 미국의 AASHTO나 USHCM에서는 대표 트럭의 ‘총중량/엔진 성능(gross Weight/engine Power, W/P)’¹⁾으로 200lb/hp (120kg/kw)의 성능곡선을 사용하고 있다.

일반적으로 오르막차로를 설계하기 위한 대표 트럭은 국가별로 자동차 등록현황 자료를 기반으로 분석 대상 트럭의 종류와 범위를 설정한 후, 개별 트럭의 총중량 및 엔진성능 자료로 총중량/엔진성능을 도출하고, 총중량/엔진성능 비를 오름차순으로 누적 정리하여 적정한 누적 백분위수에 해당하는 총중량/엔진성능 값을 대표 트럭의 성능으로 결정하게 된다. 이때 일반적인 누적 백분위 수는 85%-ile을 이용한다.

대표 트럭 선정 과정을 살펴보면, 대표 트럭을 선정함에 있어 중요한 것이 분석 대상 트럭 등록현황과 개별 트럭의 총중량 및 엔진성능 값이다. 대표 트럭 분석을 위해서는 일반도로를 주행할 수 있는 트럭이 모두 포함되어야 하며, 총중량과 엔진성능의 최근 변화 경향을 반영해야 한다. 물론 도로의 과적 단속기준(총중량 40톤, 축중량 10톤)과 개별 차량이 초과해서는 안 되는 자동차 형식 승인상의 총중량(법정 적재량과 공차중량)은 거의 변하지 않기 때문에 엔진성능의 변화 경향을 반영하는 것이 중요하다. 실제로 트럭 엔진의 성능은 동일한 모델의 차량을 비교했을 때 과거에 비해 크게 향상되었다.

그간 우리나라에서는 미국의 연구결과를 준용하여 사용해 왔다는 점과 트럭의 엔진성능이 향상되었다는 측면에서 이를 반영하기 위한 연구가 수행된 바 있다(유경수 등, 1995; 최재성 등, 2001; 김상엽 등, 2005). 또한 최근에는 지역별 통행특성을 고려한 지역별 대표 트럭을 도출 및 적용해야 한다는 연구결과도 있었다(오홍운,

2006).

그러나 이 연구들을 살펴보면 트럭의 엔진성능을 반영하기 위한 노력과 지역별 대표 트럭의 별도 적용 등 의미있는 연구결과가 있었지만, 정작 건설기계로 분류되는 트럭을 분석 대상으로 포함한 연구는 없었다.

따라서, 본 연구에서는 자동차 등록현황 상의 트럭과 일반도로를 트럭과 동일하게 운행할 수 있는 건설기계를 포함하여 총중량 및 엔진성능을 분석하여 우리나라 대표 트럭의 총중량/엔진성능 값을 도출하고자 하였다.

아울러, 본 연구에서는 대표 트럭의 성능을 나타내는 다양한 단위를 검토하여 국내에서 일관된 표현으로 활용할 수 있도록 정리하였다는데 의미가 있다.

1.2. 연구의 범위 및 접근방법

1.2.1. 연구의 범위

본 연구에서 분석 대상 트럭은 자동차로 등록된 차량 중, 트럭에 해당되는 모든 차량을 우선 대상으로 하였는데 트럭으로 분류되지만 성능에 있어 승용차와 유사한 픽업이라고 불리는 소형 트럭은 소형 승용차로 분류할 수 있고, 피견인차는 동력이 없기 때문에 대표 트럭 분석 대상 자료에서 제외하였다.

우리나라의 도로를 주행하는 트럭은 대부분 자동차관리법에 의해 관리되고 있는데, 덤프트럭이나 콘크리트 믹서트럭(일반적으로 레미콘으로 불림) 등은 자동차와는 달리 건설기계로 분류하여 건설기계 관리법으로 관리되고 있다. 언급한 건설기계는 일반도로의 제한속도로 주행 가능하기 때문에 대표 트럭 산출 시에 분석 대상에 포함하였다.

1.2.2. 연구의 접근방법

본 연구에서는 크게 4차에 걸쳐 분석을 시도하였다.

1차 분석은 자동차 관리법에 의한 자동차 등록현황 자료 중 트럭으로 분류되는 차량을 대상으로 하였고, 2차 분석은 이 중에서 소형트럭을 제외한 차량을 대상으로, 3차 분석은 건설기계 관리법에 의해 관리되고 있는 건설기계 중, 일반도로를 트럭과 같이 주행할 수 있는 덤프트럭을 대상으로, 4차 분석은 콘크리트 믹서트럭, 아스팔트 살포기, 콘크리트 살포기를 추가하여 분석하였다.

1차 및 2차 분석은 자동차 등록현황 자료만을 대상으로 수행하였기 때문에 기존 연구결과와의 비교가 가능하며, 3차 및 4차 분석 결과는 건설기계 자료를 포함한

1) 국내 연구문헌 등에는 ‘중량/마력비’라는 표현을 사용해 왔는데, 이는 중량을 파운드(lb)로, 엔진성능을 마력(hp)으로 사용했던 국외 연구를 인용하면서 사용했던 용어이다. 최근에는 국제표준화기구(ISO)에서 정하는 바에 따라 중량 단위는 파운드가 아닌 kg을, 엔진성능은 마력이 아닌 kw를 사용하고 있기 때문에 ‘중량/마력비’라는 표현은 어울리지 않는다. 따라서 weight to power ratio를 ‘총중량/엔진성능’으로 표현하고, 영문 약어로는 동일하게 W/P, 단위는 kg/kw를 사용하는 것이 타당하다. 물론 기존 연구 등의 인용 시에는 예전의 단위인 파운드 (lb)/마력(hp)을 사용하였다.

것으로 우리나라 트럭의 현황을 좀 더 정확하게 반영할 수 있는 장점이 있다.

대표 트럭을 산정함에 있어 기본적으로, 각 분석대상 자료의 개별 차량별로 총중량, 엔진성능을 정리한 후 총중량/엔진성능을 계산하고, 이를 오름차순으로 정리한 후, 누적 백분위 분포표를 작성해야 한다. 어떤 누적 백분위 수를 대표 트럭으로 선정할 것인가에 대해서는 경제적, 정책적 측면의 의사결정이 필요하다.

2. 기존 문헌 고찰

2.1. 대표 트럭의 성능

2.1.1. 대표트럭의 성능 단위

트럭의 성능을 논하기에 앞서, 단위에 대한 검토가 필요하다. 기존 연구문헌을 보면 총중량/엔진성능은 lb(파운드)/hp(horse power) 단위로 사용한 사례가 많은데, 파운드(lb)는 무게의 단위이며, 마력(hp)은 동력의 단위로, 국제표준화기구(ISO)의 표준 단위로 변환하면 다음과 같다.

$$1 \text{ lb(파운드)} = 0.453592\text{kg}$$

$$1 \text{ hp(마력)} = 0.748\text{kW}$$

lb/hp는 단위 힘 당 지탱가능한 무게를, ps/ton²⁾은 단위 무게당 지탱가능한 힘의 양을 나타내는 단위이다. 통상 lb/hp는 영국에서부터 pound와 feet단위를 기반으로 사용하였고, ps/ton은 미터법을 기반으로 하여 프랑스에서부터 사용하였다.

따라서, 최근에는 국제표준화기구(ISO) 사용 추세에 따라 총중량/엔진성능은 영국 및 프랑스의 단위보다는 kg/kw를 사용하는 것이 일반적이다.

1ps는 다음과 같다.

$1\text{ps} = 75\text{kg}\cdot\text{f}\cdot\text{m}/\text{s} = 735.5\text{w}$, $1\text{kW} \approx 1.36\text{ps}$, 따라서, $1\text{kW} = 102\text{kg}\cdot\text{f}\cdot\text{m}/\text{s}$ 가 된다.

$$1\text{kg}\cdot\text{f} = 9.81\text{N} \text{ (w(watt))} = \text{Joule}/\text{S}, J = \text{N}\cdot\text{m} \text{이므로,}$$

$$w = \frac{N \times m}{S} \text{가 된다.}$$

$$1\text{ps} = 75\text{kg}\cdot\text{f}\cdot\text{m}/\text{s} (\text{kg}\cdot\text{f} = 9.81\text{N}) = 75 \cdot 9.81 \cdot \text{N}\cdot\text{m}/\text{s}$$

2) 여기서, PS는 독일어로 1마력이며, Pferdestärke(마력: Pferde+Stärke)의 약어이다.

$$(9.81\text{N} = 9.806) = 735.5 \cdot \text{N}\cdot\text{m}/\text{s} \text{ (여기서, } \text{N}\cdot\text{m}/\text{s} = \text{w})$$

따라서, $1\text{ps} = 75\text{kg}\cdot\text{f}\cdot\text{m}/\text{s}$ 이고, 이는 735.5w 이다. 1kW 를 ps로 환산하면 다음과 같다.

$$1\text{ps} : 735.5\text{w} = x \text{ ps} : 1\text{kW}, x \text{ ps} = \frac{1\text{ps}\cdot\text{kW}}{735.5\text{w}} = \frac{1000\text{w}}{735.5\text{w}}$$

따라서, $x = 1.36 \text{ ps}$

동일한 방법으로 $1\text{ps} : 75\text{kg}\cdot\text{f}\cdot\text{m}/\text{s} = 1.36 \text{ ps} : x \text{ kg}\cdot\text{f}\cdot\text{m}/\text{s}$, $x = 75 \times 1.36 \approx 102$

따라서, $1\text{kW} = 1.36\text{ps} = 102\text{kg}\cdot\text{f}\cdot\text{m}/\text{s}$ 이 된다.

결과적으로, $1\text{hp} : 0.746 \text{ kW} = x \text{ hp} : 1 \text{ kW}$ 이므로, $1\text{kW} = 1.34 \text{ hp}$ 가 된다.

이를 토대로, 1992년판 도로용량편람에서 제시되었던 $7.46\text{ps}/\text{ton}$ 을 ISO단위로 환산하면 다음과 같다.

$$1\text{ps} = 0.735294 \text{ kW}, 7.46 \text{ ps}/\text{ton} \times 0.735294 \text{ kW} = 5.485294 \text{ kW}/\text{ton}, \text{ 이 값을 } \text{kg}/\text{kW} \text{ 단위로 환산하면, } 5.485294 \text{ kW} / 1 \text{ ton} \Rightarrow 1000 \text{ kg} / 5.485294 \text{ kW} = 182.3056 \text{ kg}/\text{kW}$$

따라서, $7.46 \text{ ps}/\text{ton} \rightarrow 182.3 \text{ kg}/\text{kW}$ 가 된다.

결국, 단위 환산 과정 상, 소수점 이하 값의 손실 등으로 인해 $300 \text{ lb}/\text{hp} \approx 7.46 \text{ ps}/\text{ton} \approx 180 \text{ kg}/\text{kW}$ 이라고 정의할 수 있다. 현재 우리나라는 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 해설(2009)에서 대표 트럭의 총중량/엔진성능으로 '120 kg/kw \approx 200 lb/hp'의 값을 사용하고 있다.

2.1.2. 총중량/엔진성능 성능의 이해

본 연구에서는 가급적이면 국제표준화기구(ISO) 단위인 kg과 kW를 사용하여 총중량/엔진성능을 표현하였다. 트럭의 성능 검토를 위해 우리나라에서 트럭의 종류를 지칭하는 방법을 알아야 한다.

우리나라에서는 트럭의 적재량을 기준으로 그 종류를 구분한다. 즉, 8톤 트럭이라고 하면 차량의 차체 무게는 제외하고 순수 적재량이 8톤인 경우를 말한다. 이러한 이해를 바탕으로 본 연구에서는 트럭의 종류와 총중량의 의미를 정확히 구분해서 기술하였다. 트럭은 차량에 장착된 엔진과 총중량에 따라서 트럭의 성능을 가능하게 된다.

트럭의 엔진은 동일한 종류의 차량이라 해도 제조회사 별로 성능이 모두 다르며, 그에 따라 가능한 적재량이 달라서 하나의 통일된 기준으로 트럭을 분류할 필요

가 있다. 이를 위한 기준이 총중량/엔진성능이다. 총중량/엔진성능 산출에 의한 트럭의 분류는 본 연구에서 대표 차량을 선정하는데 필요하다. 예를 들면, 동일한 엔진 성능을 가지는 두 대의 트럭이 있을 경우, 총 중량(즉, 차체중량+적재량)에 따라 차량의 성능이 달라진다.

Fig. 1은 이 개념을 설명하기 위한 것으로, 두 대의 엔진 성능은 254kw로 같다고 할 때, (a)의 경우 총중량이 25,400kg이고, (b)의 총중량이 30,000kg이라면 성능의 차이가 발생한다. 엔진 성능은 동일한 반면 오르막 구간을 주행하기 위하여 (a) 트럭의 엔진은 25,400kg의 무게만 감당하면 되지만 (b)는 30,000kg을 감당해야 하기 때문이다. 즉, (a)와 (b)가 동일한 속도로 오르막구간을 진입하면 (a)트럭의 성능은 100kg/kw로, (b)트럭의 총중량/엔진성능인 118kg/kw보다 좋기 때문에 오르막 구간 종점에서 속도 차이가 발생하게 된다.

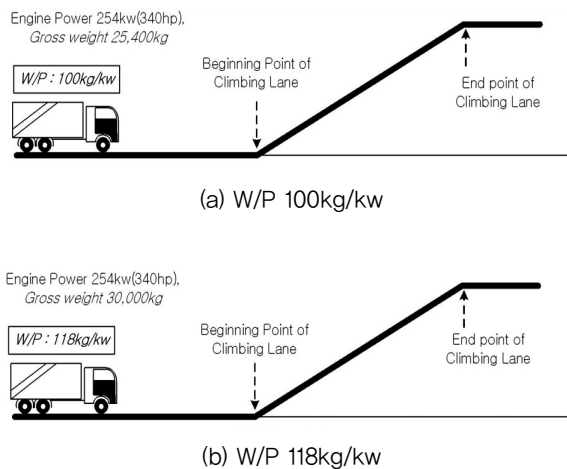


Fig. 1 Illustration for Understanding Weight to Power of Truck

2.2. 총중량/엔진성능 관련 연구

대표 트럭의 총중량/엔진성능은 국내외에서 많은 연구가 있어 왔다(Table 1 참조). 이 연구들은 대표 트럭의 총중량/엔진성능을 정의하고, 이를 토대로 트럭 성능곡선을 제시하거나(김영록, 2001; Archilla et al, 1995; AASHTO, 2004; USHCM, 2000; 도로용량편람 2001; 김상운 등, 2006) 산지부 오르막 종단경사 기준을 검토하는데 활용되었다(김상엽 등, 2007).

Archilla 등(1995)은 아르헨티나의 대표 트럭의 총중량/엔진성능을 분석함에 있어 실제 도로를 주행하는 트럭을 대상으로 총중량과 엔진성능을 조사하였다. 이는 충분한 현장조사를 실시하지 않으면 대표 트럭의 총중

량/엔진성능 값이 왜곡될 우려가 있다. 우리나라에서는 유경수 등(1997)이 처음으로 대표 트럭에 대한 연구를 수행하였는데, 김영록(2001), 오홍운(2006), 김상엽 등(2007)과 마찬가지로 자동차 등록현황 자료만을 대상으로 하여 분석하였다. 특히, 오홍운(2006)은 대표 트럭의 총중량/엔진성능 값을 지역별로 산정하여 오르막차로 설계 등에 적용해야 한다고 주장한 바 있다.

기존 연구 검토를 통해 살펴본 결과, 현재까지 우리나라에서는 자동차 관리법으로 관리되는 자동차 등록현황 자료만을 대상으로 분석이 수행되었다. 따라서, 일반도로를 주행할 수 있는 건설기계도 함께 포함하여 분석함으로써 전체 트럭과 최근 향상된 엔진성능의 경향까지 반영할 필요가 있다.

Table 1. Research Results for Weight to Power

Research results	Gross weight to power (kg/kw)
Archilla & Fernandez (1995)	190
AASHTO (2004)	120
USHCM (2000)	120
Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2009)	120
Korea Highway Capacity Manual (2001)	120
Yoo, K. S. et al. (1997)	90
Kim, Y. R. (2001)	91(85%-ile), 110(90%-ile), 127(95%-ile)
Oh, H. U. (2006)	100~138(Applied by region)
Kim, S. Y. et al. (2007)	66(85%-ile), 75(90%-ile), 91(95%-ile)
Japan Road Association (1983)	135

3. 자료 수집 및 분석

3.1. 대표트럭의 총중량/엔진성능 분석절차 정립

본 연구에서는 우리나라 트럭 자료를 수집하기 위해 자동차 등록현황 및 건설기계 등록현황 자료를 수집하였고, 미입력 및 누락 등의 자료를 제외하여 총중량 및 엔진성능 자료를 정리하였다. 정리된 자료를 이용하여 총 4회에 걸쳐 분석을 수행하였으며, 각 분석 회차별로 총중량/엔진성능 누적백분위 수를 도출하였다. 마지막으로 우리나라 대표 트럭의 총중량/엔진성능 값을 제시하였다. Fig. 2는 본 연구의 분석 절차를 나타낸다.

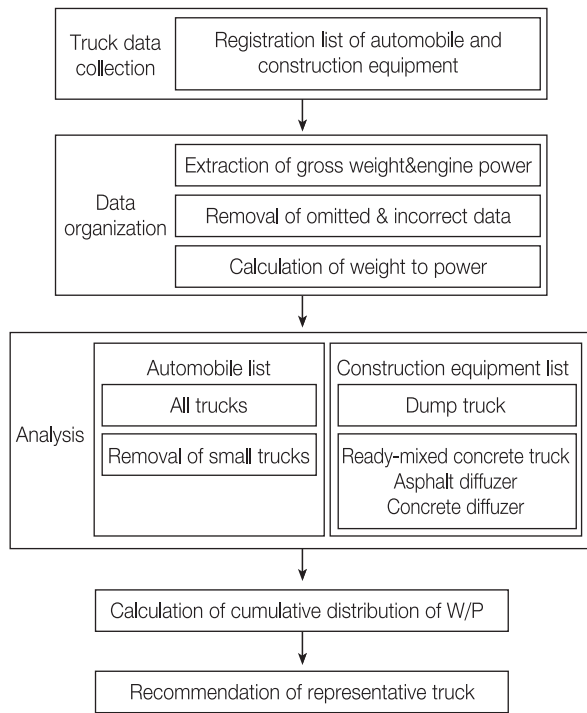


Fig. 2 Research Process

3.2. 자동차 등록현황 자료 분석

2010년 9월 현재, 우리나라 자동차는 크게 승용, 승합, 화물, 특수 4가지로 구분하고 있으며 등록대수 및 구성비는 Fig. 3과 같다. 총 등록 차량 17,812,169대가 등록되어 있고, 이 중 승용차가 전체의 75.8%로 13,501,624대, 화물차는 17.95%인 3,197,305대, 특수용도형 차량은 0.3%인 55,379대가 등록되어 있다. 본 연구에서 트럭으로 분류할 수 있는 차량은 화물차와 특수용도형 차량을 합하여 3,252,684대이다. Table 2는 2010년 9월 현재 국내 트럭의 등록현황자료를 나타낸다.

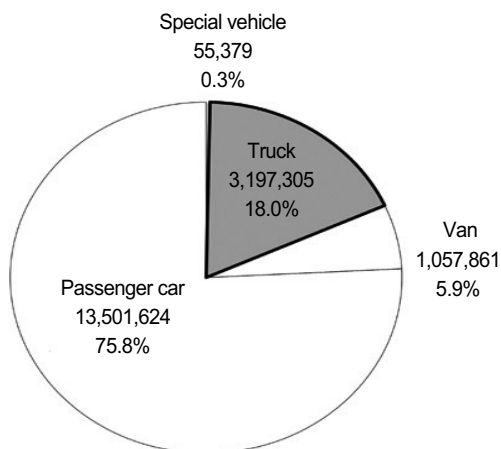


Fig. 3 Number & Percentage of Registration Vehicle by Type in S. Korea (2010.9)

Table 2. S. Korea Registration Vehicle List by Specific Type (2010.9)

Contents	Type	Use	No. of reg.	Percentage(%)
Truck	General Truck	pick-up	118,708	3.65
		cargo 1ton below	1,623,908	49.93
		cargo 3ton below	183,971	5.66
		cargo 5ton under	104,337	3.21
		cargo 8ton under	71,098	2.19
		cargo 10ton under	9,629	0.30
		cargo 12ton under	13,502	0.42
		cargo 12ton over	43,263	1.33
	Dump	1ton below	21,989	0.68
		5ton under	17,131	0.53
		12ton under	6,495	0.20
		12ton over	385	0.01
	Van Truck	1ton below	651,163	20.02
		5ton under	7,273	0.22
		5ton over	317	0.01
	Special cargo truck	garbage	16,977	0.52
		pavement cleaner	996	0.03
		water dispenser	1,008	0.03
		fire truck	3,734	0.11
		refrigerator	90,435	2.78
		feed barrow	1,452	0.04
	Oil tanker	air fuel	331	0.01
		gasoline	121	0.00
		lamp, diesel	12,063	0.37
		bunker-C oil	51	0.00
		etc.	3,407	0.10
	Tank lorry	beverage	98	0.00
		compressed gas	194	0.01
		chemical	102	0.00
	Trailer	etc.	9,641	0.30
box type		3,197	0.10	
depressed		2,764	0.08	
platform		11,543	0.35	
container		19,170	0.59	
etc.	16,744	0.51		
etc.	130,108	4.00		
Special truck	Rescue	5ton below	10,587	0.33
		10ton under	156	0.00
		10ton over	55	0.00
	Trailer	5ton below	710	0.02
		10ton under	626	0.02
	Special work type	10ton over	31,189	0.96
		tower wagon	4,932	0.15
		aerial ladder fire engine	441	0.01
		crane	1	0.00
		trailer type	247	0.01
etc.	6,435	0.20		
Total			3,252,684	100.00
Target of this research (without pick-up, van & trailer)			2,421,805	

source : Ministry of Land, Transport maritime

승용차 및 승합차의 경우, 최근 국내에 출시된 한 승용차는 엔진성능이 200hp(149.6kw)이고, 차체 총 중량은 1,465kg(1인 70kg, 5인 탑승시 350kg으로 가정하면, 1,815kg)으로 총중량/엔진성능이 1,815kg/149.6kw =12kg/kw가 된다. 2013년 1월 현재 적용 중인 우리나라 설계기준의 트럭 성능 기준이 120kg/kw 임을 감안하면 승용차의 성능은 크게 문제되지 않는다(국토해양부, 2009; 건설교통부, 2001).

3.3. 건설기계 등록현황 자료 분석

우리나라 도로를 주행하는 차량 중, 건설기계관리법에 의해 관리되고 있는 건설기계도 포함된다. 건설기계 중에서는 도로교통법에 의한 제한속도까지 주행할 수 있는 종류가 있는데 덤프트럭과 콘크리트 믹서트럭, 아스팔트 및 콘크리트 살포기가 여기에 해당된다.

우리나라의 건설기계는 Table 3과 같이 총 28종으로 구분하여 관리하고 있다. 총 27종으로 구분되면 이외의 건설기계는 기타로 구분된다.

건설기계명 앞의 숫자는 건설기계 번호판에 구분기호로 사용된다. 본 연구에서는 우리나라 대표 트럭의 총중량/엔진성능 분석을 위해 06번 덤프트럭, 14번 콘크리트 믹서트럭, 13번 콘크리트 살포기, 18번 아스팔트 살

포기를 분석대상에 추가하였다.

트럭의 총중량/엔진성능 분석에 건설기계 모두를 포함하지 않고 덤프트럭과 콘크리트 믹서트럭, 콘크리트 펌프, 아스팔트 살포기를 포함시킨 이유는 다음과 같다.

첫째, 차종분류나 승용차 환산계수 산정 시 건설장비(지게차, 크레인, 백호 등)는 포함되지 않으며,

둘째, 덤프트럭과 콘크리트 믹서트럭 등은 비록 건설기계로 분류되어 관리되고 있으나, 일반적으로 법정 제한속도까지 낼 수 있다. 따라서, 일반 트럭과 동일하게 분석 대상으로 포함하였다.

건설기계 중, 우리나라 대표 트럭의 총중량/엔진성능 도출을 위해 분석대상에 추가한 자료는 일반도로에서 주행 가능한 트럭으로 분류되는 덤프트럭 54,302대(분석대상 건설기계 78,621대 중, 약 69%)와 콘크리트믹서트럭, 아스팔트 살포기, 콘크리트 살포기 등 24,319대(분석대상 건설기계 78,621대 중, 약 31%)를 포함하였다.

4. 총중량/엔진성능 도출

본 연구에서 국내 화물차의 총중량/엔진성능 도출을 위해 전체 트럭에 대한 분석과 큰 영향을 미치지 않는다고 판단된 몇 가지 종류의 화물차 등을 제외한 자료와 건설기계 중 일반도로를 주행하는데 있어 제한속도까지 주행이 가능한 건설기계를 대상으로 하여 분석을 수행하였다.

총중량/엔진성능의 분석은 국토교통부에서 관리하고 있는 자동차 및 건설기계 DB를 이용하여 MS-office ACCESS 2007을 활용하여 수행하였다(Fig. 4 참조).

Table 4는 본 연구에서 수행한 대표 트럭의 총중량/엔진성능 도출결과를 나타낸다. 크게 자동차 등록현황 자료만을 대상으로 분석한 것과 건설기계 등록자료까지 포함한 분석으로 구분하여 4차에 걸쳐 분석한 것이다. 우리나라 대표 트럭의 총중량/엔진성능 분석을 위한 자료는 자동차 등록현황 자료 중, 유효한 트럭자료 565,006대(약 87.7%)와 건설기계 78,621대(약 12.3%)를 포함한 643,627대이다.

Table 3. Construction Equipment List in S. Korea

Registration No.	Construction equipment	Registration No.	Construction equipment	Registration No.	Construction equipment
1	Bulldozer	10	Stabilizer	19	Aggregate spreaders
2	Excavator	11	Concrete batching plant	20	Stone crusher
3	Loader	12	Concrete finisher	21	Air compressor
4	Forklift	13	Concrete diffuser	22	Boring machine
5	Scraper	14	Ready-mixed concrete	23	Pile driver and extractor
6	Dump	15	Concrete pump	24	Gravel digging equipment
7	Crane	16	Asphalt mixing plant	25	Dredging vessel
8	Motor grader	17	Asphalt finisher	26	Special construction machine
9	Roller	18	Asphalt diffuser	27	Truck crane

source : Ministry of Land, Transport maritime

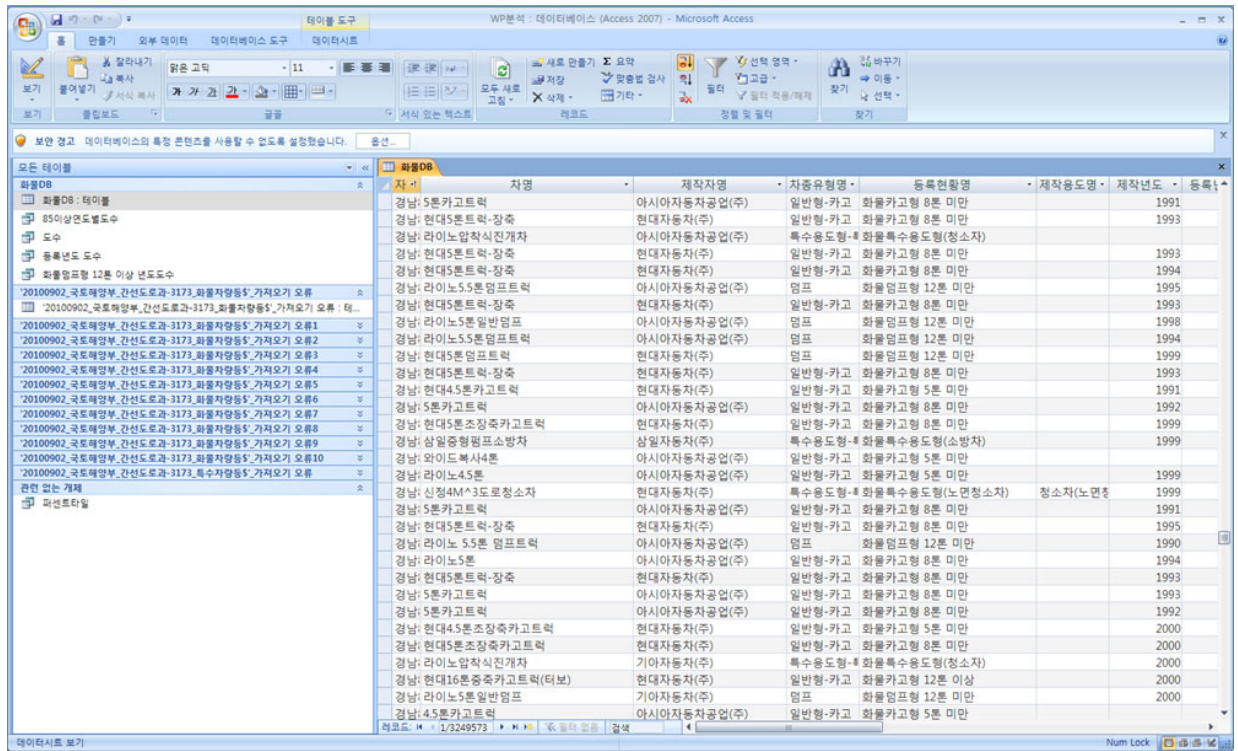


Fig. 4 Data Analysis Using MS-Office ACCESS 2007

Table 4. Analysis Results of the Representative Truck in This Study (unit: kg/kw)

Cumulative percentage (%-ile)	85	90	95	99	Number of vehicles*
1st Analysis · All trucks and special trucks	59	69	79	115	3,193,841
2nd Analysis · Exception of small trucks and trailers	91	102	116	128	565,006
3rd Analysis · Exception of small trucks and trailers · Inclusion of dump trucks	102.6	111.4	119.7	130.8	619,308
4th Analysis · Exception of small trucks and trailers · Inclusion of dump, ready-mixed concrete, Asphalt diffuser and concrete diffuser trucks	103.6	111.9	119.4	130.8	643,627

* Removal of an omitted and incorrect data

1차 분석은 자동차 등록현황 자료만을 대상으로 수행한 것인데, 국내 화물차 및 특수 용도형으로 분류된 총 3,252,684대 중 입력 오류자료를 제외한 유효자료 수는 3,193,841대를 분석대상으로 하였고, 분석결과, 85,

90, 95%-ile은 각각 59, 69, 79kg/kw로 나타났다. 그러나, 이 분석결과는 국내 대표 트럭 산정시에 총중량/엔진성능에 영향을 적게 미치는 소형 트럭(3톤 이하)과 밴형 트럭(승용차의 뒷좌석 부분이 화물 적재함으로 구성)의 구성비가 많아서 도출된 것이다. 국내 전체 자동차 등록현황 중에서 오르막 성능에 영향이 미미한 승용차도 분석에서 제외하였기 때문에 소형트럭 및 밴형 트럭도 본 분석에서 제외되어야 하며, 이를 반영하여 2차 분석한 결과가 Fig. 5이다. 소형트럭(3톤 이하), 밴형 트럭, 피 견인차 등을 제외한 613,926대 중 입력 오류 자료를 제외한 565,006대를 분석한 결과, 85, 90, 95%-ile, 각각 91, 102, 116kg/kw로 도출되었다.

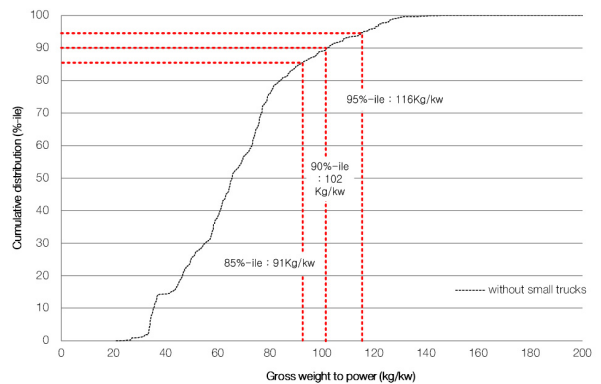


Fig. 5 W/P Analysis Result without Small Trucks

Fig. 6은 자동차 등록현황 자료와 건설기계 중, 덤프 트럭 자료를 추가하여 3차로 분석한 결과이며, Fig. 7은 건설기계 중, 콘크리트 믹서트럭과 아스팔트 살포기, 콘크리트 살포기를 추가하여 4차로 분석한 결과이다. 자동차 등록현황 자료에 덤프트럭만을 추가하여 분석한 결과는 85백분위 수가 102.6kg/kw로 도출되었고, 여기에 콘크리트 믹서트럭과 아스팔트 살포기, 콘크리트 살포기를 포함하여 분석한 결과는 85백분위 수가 103.6kg/kw로 도출되었다.

현재 우리나라 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙의 대표 트럭의 총중량/엔진성능 120kg/kw값과 비교할 때 성능이 많이 향상된 것을 알 수 있다.

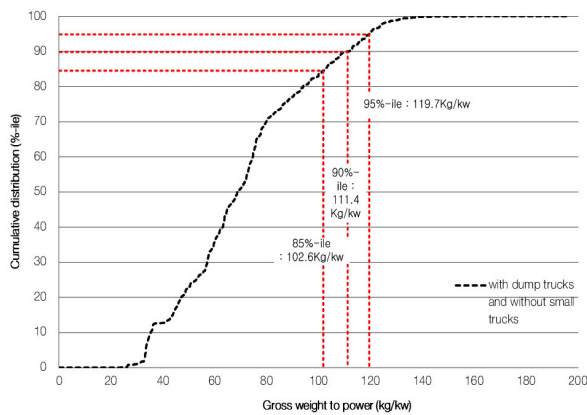


Fig. 6 W/P Analysis Result with Dump Trucks and without Small Trucks

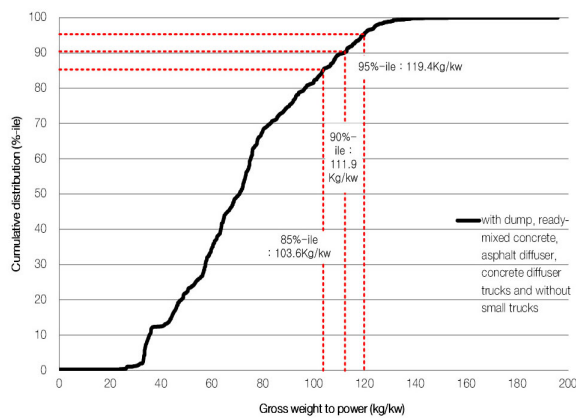


Fig. 7 W/P Analysis Result with Dump, Ready-mixed Concrete, Asphalt Diffuser, Concrete Diffuser Trucks and without Small Trucks

Fig. 8은 분석 대상 차량군별 총중량/엔진성능의 누적분포도를 파악할 수 있도록 나타낸 것으로, 건설기계를 모두 포함할수록 총중량/엔진성능 값이 높아짐(성능이 저하됨)을 알 수 있다.

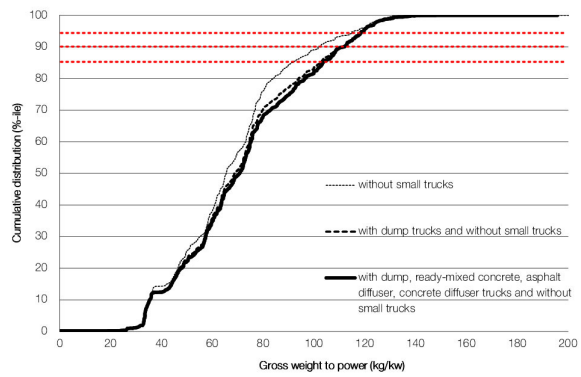


Fig. 8 Synthesised W/P Analysis Results by Vehicle Sets Object

5. 결론 및 논의사항

본 연구는 국내 오르막차로 설계를 위한 대표 트럭의 총중량/엔진성능을 재정립하기 위하여 진행되었으며, 연구결과는 다음과 같다.

1. 국내 대표 트럭의 성능은 '총중량/엔진성능'으로 표현하며, 단위는 ISO 규격에 따라 'kg/kw'로 사용하는 것이 타당하다.
2. 국내 대표 트럭의 총중량/엔진성능 도출을 위해 일반 차량과 동일하게 도로를 주행할 수 있는 일부 건설기계를 포함하여 분석해야 한다. 본 연구에서는 덤프트럭, 콘크리트 믹서트럭, 아스팔트 및 콘크리트 살포기를 포함하여 분석하였다.
3. 국내 대표 트럭의 총중량/엔진성능은 건설기계까지 포함하여 분석한 결과 누적 85백분위 수에 해당하는 103.6kg/kw로 도출되었다.

상기한 연구결과 중, 국내 대표 트럭의 총중량/엔진성능 값은 오르막차로 등을 설계함에 있어 그 값을 결정하는 과정이 필요하다. 본 연구에서 도출한 우리나라 대표 트럭의 총중량/엔진성능은 85백분위 수에 해당하는 103.6kg/kw인데, 일반적으로는 105 또는 110kg/kw값으로 결정할 수 있다. 그런데, 110kg/kw로 설정하기에는 여유가 너무 많아 보이고, 105kg/kw로 설정하기에는 실무에서 사용할 때 계산 과정에서 불편함이 예상된다.

대표 트럭을 선정함에 있어 건설기계를 총중량/엔진성능 분석대상에 포함하는 것은 분명히 타당하다. 그러나 건설기계가 단거리 및 특정 지역(공사장 인근)을 통

행한다는 특성을 감안한다면, 본 연구에서 도출된 총중량/엔진성능 값에 여유를 더하기 보다는 대표 트럭의 성능을 다소 상향하여 적용하는 것도 바람직하다고 판단된다. 이는 오르막차로 건설비용 절감에도 도움이 된다.

따라서 본 연구에서는 100kg/kw~110kg/kw 범위에서 우리나라 대표 트럭의 총중량/엔진성능 값을 결정할 것을 제안한다. 아울러 대표 트럭은 등록대수나 엔진성능 등의 변화 등이 예상되므로 최소한 10년 주기로 대표 트럭의 성능을 분석할 필요가 있다.

REFERENCE

- American Association of State Highway and Transportation Officials(AASHTO), 2000, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
- Archilla, A. R. and Fernandez, A. O., 1995, Truck Performance on Argentinean Highways, TRR 1555, Transportation Research Board, pp.114-123.
- Choi, J. S., Kim, Y. R., 2001, Development of Truck Performance Curves for Upgrade on Highways, Journal of Korea Society of Transportation, Vol. 19, No. 6, pp.119-129.
- Japan Road Association, 1983, Explanation and Operation of Highway Structure's Law.
- Kim, S. Y., Choi, J. S., L, S. Y., Han, H. G., 2007, Theoretical Review of Highway Grades Considering Vehicle Performances, Journal of Korea Society of Transportation, Vol. 25, No. 5, pp.79-90.
- Kim, S. Y., Oh, H. U., 2006, A Study of Adjustment for Beginning & Ending Points of Climbing Lanes, Journal of Korea Society of Transportation, Vol. 24, No. 5, pp.35-44.
- Kim, Y. R., 2001, A Study on the Development of Truck Performance Curves for Upgrade Road Sections, Graduate School, University of Seoul, Master of Thesis.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2001, Highway Capacity Manual, Korea Transport Institute · Korea Institute of Construction Technology · Korea Society of Transportation.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009, Regulation Explanation for the Structure and Facilities Standard of Highway, Korea Society of Civil Engineers.
- Oh, H. U., 2006, A Study on Applicability of Diversified Truck Weight-to-Power Ratios, International Journal of Highway Engineering, Vol. 8, No. 1, pp.89-98.
- Transportation Research Board, 2000, Highway Capacity Manual. Special Report 209 3rd Edition, National Research Council: Washington, D.C.
- Yoo, K. S., Chang, M. S., Seo, Y. C., Park, J. B., 1997, Development of Korean Truck Climbing Performance Curves, Journal of Korea Society of Transportation, Vol. 15, No. 4, pp.21-34.