

## 일상적 도로관리를 위한 장비의 적정 보유대수 산정에 관한 연구

### Estimating Proper Number of Equipment for Ordinary Road Management Operations

김인수 Kim, In Su

양충헌 Yang, Choong Heon

정회원 · 한국건설기술연구원 도로교통연구실 연구원 · 교신저자 (E-mail: mriskim@kict.re.kr)

정회원 · 한국건설기술연구원 도로교통연구실 수석연구원 (E-mail: chyang@kict.re.kr)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** This study provides a methodology for estimating proper number of equipment for ordinary road management works.

**METHODS :** Utilizing a computerized data of record systems (KAMIS) in 18 regional offices, two evaluation indicators were calculated and then normalized for objective comparison. Applied magnifying factor to the outputs, the proper number of equipment can be estimated.

**RESULTS :** As a result, proper number of equipment by regional offices were required 28% more than current conditions.

**CONCLUSIONS :** Using the proposed a methodology, fundamental data for scientific and reasonable strategies can be stored as well as be used for the future plan for budget allocation.

#### Keywords

ordinary road management work, road management equipment, KAMIS, normalization, Z-score

Corresponding Author : In Su Kim, Researcher  
Korea Institute of Construction Technology, 283, Goyangdae-Ro,  
Ilsanseo-Gu, Goyang-si, Gyeonggi-Do, 411-712, Korea  
Tel : +82.31.910.0064 Fax : +82.31.910.0746  
E-mail : mriskim@kict.re.kr

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ksre.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received May, 7, 2014 Revised May, 8, 2014 Accepted Jul, 14, 2014

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 도로연장은 2012년 기준 105,703km로서 지난 2008년 이후 약 1.4% 증가했고, 국토계수 당 도로보급률<sup>1)</sup>은 1.49로서 OECD 34개국 중 30위 수준에 머무는 등 아직까지 선진국의 1/3~1/4 수준에 불과

하다(국토교통부, 2013). 최근 국민소득이 26,000달러대로 진입하여 삶의 질이 향상되고 있어(한국은행, 2014), 도로 이용자들은 그 수준에 맞는 도로 서비스를 요구하고 있다. 이러한 도로의 현실과 이용자의 요구를 감안하여 도로관리기관은 '국민생활·복지와 함께하는 안전한 도로 구현'의 목표 아래 도로관리를 위한 예산을 책정하고 있다(국토교통부, 2014). 도로관리기관에서는 포장도 보수, 제설작업, 안전시설점검, 수해대비, 노면청소 등 일상적인 도로관리를 다양하게 수행하며, 이는 도로이용자에게 일정한 도로 서비스를 제공하는데 매우 중요한 일이다. 따라서 주어진 예산 하에 도로의

1) 도로보급률은 도로연장(도로의 총길이)은 물론 인구, 국토면적, 자동차 수 등을 종합적으로 고려하여 산정하고 있으며, 도로정책수립의 기초 자료에 이용하기 위해 제시되고 있음(국토교통부, 2013)

• 국토계수당 도로밀도(도로보급률)  
= 도로연장(km) /  $\sqrt{[\text{국토면적}(\text{km}^2) \times \text{인구}(\text{천명})]}$

효과적이고 체계적인 유지·보수·관리를 위해서는 현재 보유하고 있는 도로관리장비의 효율적인 운용이 요구된다. 일반국도를 관리하는 국토관리사무소에서는 장비운용을 위해 KAMIS라는 전산 시스템을 사용하고 있다. 이 시스템은 보유장비별 사용일수, 실제 작업시간, 장비운행시간(거리), 경비 등의 장비운영이력을 관리한다. 그러나 본 시스템을 장비의 이력자료 관리에 한정하여 사용하고 있어 실제 활용도는 낮다. 국토관리사무소에서는 장비의 잠재적인 보유대수를 산정할 때 이 시스템을 활용하지 않고 수요조사를 통해 산정하고 있다. 특히 도로관리에 사용되는 장비들은 업무종류 및 이용빈도, 관리구간 등에 따라 활용도가 상이하기 때문에 수요조사 또한 객관적이고 합리적으로 수행될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 실제 도로관리기관에서 수집 가능한 자료를 이용하여 객관성을 높이고, 장비운영특성이 반영된 합리적인 지표를 제시하며, 이를 기반으로 적정 보유대수 방법론을 정립하여 효과적인 장비운영 전략 수립에 활용하고자 한다.

## 1.2. 연구의 범위 및 내용

본 연구에서는 우리나라 일반국도의 유지관리를 책임지는 국토교통부 산하 국토관리사무소의 도로관리장비(차량 및 건설기계 일부)를 대상으로 1개의 국토관리사무소를 선정하였으며, 본 연구 방법을 적용하여 가능성을 검토하였다. Fig. 1과 같이 KAMIS 자료와 도로업무편람을 근거로 도로관리장비 및 일반국도에 관한 정보를 수집하고 이를 기반으로 지표를 산정하였으며 산정된 지표에 대한 객관적인 비교를 위해 정규화를 수행하였다. 정규화된 지표들의 적정 배율 계산을 통해 장비별

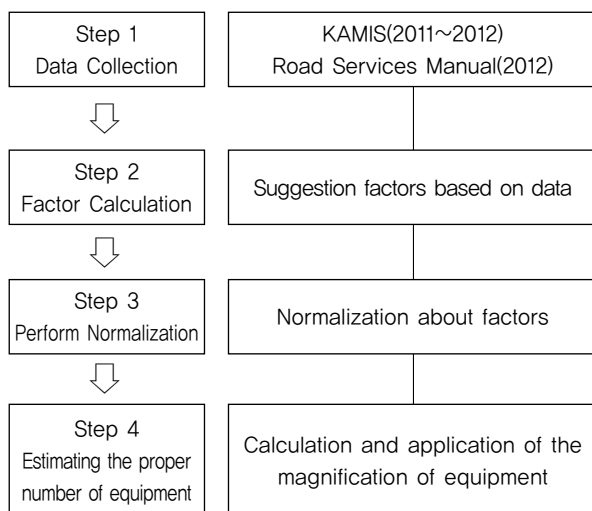


Fig. 1 Methodology

기존 보유 대비 적정보유대수를 도출하는 방법론을 정립하였다.

## 2. 문헌 고찰

본 연구와 관련하여 국내외에서 동일한 목적으로 수행된 연구는 없으나, 여러 분야에서 특정 대상에 대하여 적정대수를 산출하는 연구가 수행되어 왔다. 박성식(2000)은 교통정보수집을 위한 적정 프로브 차량 대수를 링크 기반의 확률적 가정을 통해 산출하였고, 권순정(2011)은 수도권 병원의 적정주차대수 산정을 위해 해외 기준 및 설문조사를 병행하여 추가적인 주차 유발인자를 제시하였다. 또한 강성철(2013)은 산불감시카메라의 적정대수 산정을 위해 표면적의 평균값을 이용하여 산정하였으며, 김선국(2008)은 리프트의 일일운행시간을 분석하고 효율성 분석을 통한 적정대수 산정 프로세스를 제안하였다. 위 문헌들의 각 분야별 적정대수 산정 연구는 산정방법론을 정립하였다는 공통점을 가지고 있으나 분야별 특성과 수집자료 등 환경에 따라 분석방법이 각각 차이가 있음을 알 수 있다. 한편 다른 국가 중 미국은 FHWA 제정을 통해 보유장비에 대한 자산관리능력을 측정해 이를 장비교체에 활용하고자 하였다(Caltrans, 2012). 매년 시행해 오고 있는 자산관리능력의 주요 검토사항은 주마다 차이가 있지만 일반적으로 다음과 같다.

- 장비운행정도(사용시간, 운행거리)
- 예방정비
- 장비내구연한
- 장비가용성/정지시간 등

문헌 검토 결과, 국내외에서 동일한 연구를 수행한 사례가 없어 본 연구에서는 FHWA의 주요 검토사항을 고려하여 KAMIS에서 수집된 자료들 중 장비운영특성을 반영하는 자료를 선정하여 지표를 제시하고자 한다. 이를 통해 수집가능한 자료의 활용성 및 객관성을 높이고 도출된 지표를 활용한 보유대수 산정방법론을 정립하고자 한다.

## 3. 본론

### 3.1. 자료수집

각 국토관리사무소는 KAMIS를 이용하여 Fig. 2와

1	2	3	4 Number of Operating Days													5	6 Operating Expenses(thousand won)					7					
			Total	Regular Management			Regular Maintenance Work			Emergency Restoration			Actual Work Hours	Maintenance Costs(thousand won)													
				Road patrol	Structure inspection	Overweight/vehicle enforcement	Investigation and slurry	Miscellaneous	Repayment repair	Safety facility monitoring	Drainage-way check	Miscellaneous		Flood recovery	Roadside barrier/repair		Snow removal	Material management	Total	Driver wages	Fuel costs		Supplies expenses	Redemption cost			
Passenger Car	Six-seater	111 - 107	126	104	0	1	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	424	16,036	12,669	3,310	55	4,262,332	
Multi-purpose Car	Seven-seater	112 - 073	74	49	1	1	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119,400	249	0	0	249	0	3,860,668
Multi-purpose Car	Six-seater	112 - 094	71	48	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	253,240	165	0	0	165	0	3,793,332
Multi-purpose Car	Six-seater	112 - 106	95	85	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	299	9,380	7,875	1,602	3	4,728,336	
																					27,820	10	0	0	10	0	
																					310	12,203	10,740	1,434	28		
																					12,210	844	0	0	844	0	

Fig. 2 Equipment Operating Performance (Example)

같이 사용일수, 실작업시간, 장비운행시간(거리), 운전 경비 등의 장비운용실적을 기록하고 있으며, 이를 통해 국토관리사무소의 연간 장비운용실적을 파악할 수 있다. 각 항목에 대한 설명은 다음과 같다.

- 장비명 : 국토관리사무소 별 보유장비명칭
- 규격 : 국토관리사무소 별 보유장비 특성(승차인원, 차량 중량 등의 차량제원 표기)
- 장비고유번호 : 국토관리사무소 및 장비 별 고유번호로서, 앞의 세자리는 장비 구분 번호, 뒤의 세자리는 개별 번호를 나타냄
- 사용일수 : 장비들의 업무종류 별 사용일수
- 실작업시간 : 장비들의 장비가동시간
- 장비운행시간(거리) : 장비 출고 후 해당 기관에서 장비들이 가동한 누적 운행거리 또는 누적 운행시간을 나타냄
- 운전경비 : 국토관리사무소의 조종원 노임, 정비사 노임, 인건비 등을 나타냄
- 장비상각비 : 장비의 감가상각비로 장비이용으로 인한 경제적 가치 하락을 비용으로 표시

본 연구에서는 'A' 국토관리사무소의 KAMIS(2010~2011년) 자료를 수집하였으며, 일반국도관리연장(2011년)은 도로업무편람(국토교통부, 2012)을 기준으로 수집하였다.

### 3.2. 지표산정

국토관리사무소의 보유장비에 대한 지표를 산정하기 위해 FHWA 자산관리 능력의 주요 검토사항을 참고하여 KAMIS 장비운용실적 자료를 검토하였다. Table 1 과 같이 KAMIS 자료 중 장비운행시간(거리), 운전경비,

비, 사용일수가 고려되었으며, 운전경비의 경우 입력 값의 부재, 장비내구연한의 경우 별도 자료는 존재하지만 KAMIS 상 장비내역과 일치하지 않아 분석에서 제외하였다. 따라서 국토관리사무소의 장비운행시간 및 업무에 따른 사용일수를 활용하여 연간 운행거리 기반지표(지표 I)와 업무활용도 기반지표(지표 II)를 제시하고 이를 통해 적정보유대수의 산정 방법론을 정립하고자 한다.

Table 1. Examination Result of Equipmet Operating Performance

Fleet performance measures(FHWA)	KAMIS	
	Data	State
Utilization	5 Operating Hours by Equipment	Good
Preventive maintenance	6 Operating Expenses	Bad (omission of materials)
Retention(equipment replacement life cycle)	none	-
Availability/downtime	4 Number of Operating Days	Good

#### 3.2.1. 연간 운행거리 기반지표 (지표 I)

연간 운행거리 기반지표는 KAMIS의 장비운용실적에서 나타나는 장비운행시간을 활용하였다. 여기서 장비운행시간은 장비출고 후 운영된 누적운행거리(km)를 나타낸다. 이를 이용한 분석절차는 다음 Fig. 3과 같이 당해 가동장비운행거리 계산을 수행하고 해당 기관의 도로관리연장을 반영한 장비 지표를 산출하였다. 이 지표는 각 기관의 도로관리연장 당 당해 가동장비운행거리를 의미한다.

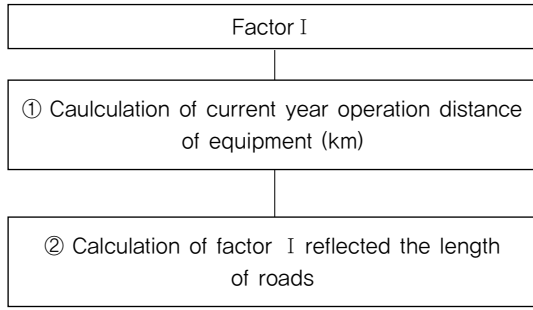


Fig. 3 Procedures (Factor I)

KAMIS에는 총 누적장비운행거리만이 기록되어 있으므로 다음 식과 같이 당해 연도의 장비운행거리에서 전년도 장비운행거리를 빼서 당해에만 가동된 장비운행거리를 산출하였다.

$$OD(km)_{current\ year} = D(km)_{current\ year} - D(km)_{previous\ year} \quad (1)$$

여기서,

OD<sub>current year</sub> : 당해 가동장비운행거리(km)

D<sub>current year</sub> : 당해 연도 장비운행거리(km)

D<sub>previous year</sub> : 전년도 장비운행거리(km)

한편, 국토관리사무소의 일반국도 관리연장은 도로업무편람(국토교통부, 2012)을 기준으로 수집하였다. 도출된 당해 가동장비운행거리(km)와 국토관리사무소에서 보유하고 있는 각 장비대수(대), 관리연장(km)을 이용하여 다음 식과 같은 연간 운행거리 기반지표(지표 I)를 도출하였다.

$$Factor\ I = \frac{TD(vel \cdot km)}{E(vel) \times L(km)} \quad (2)$$

여기서,

Factor I : 연간 운행거리 기반지표(지표 I)

TD : 해당 장비들의 당해 가동장비운행거리(대·m)

E : 해당 장비보유대수(대)

L : 해당 국토관리사무소의 도로관리 연장(km)

본 지표의 적용 가능성을 검토해 보고자 'A' 국토관리사무소의 도로관리장비를 대상으로 분석하였다. 'A'

국토관리사무소는 2011년 기준 도로관리연장이 345.7km였으며, 당해 가동장비운행거리, 도로관리연장, 보유대수를 이용하여 계산한 지표 I의 결과는 Table 2와 같다. 이 지표는 관리연장 대비 장비 1대 당 당해 연도의 운행거리를 알 수 있다. 따라서 이 지표 값이 높을수록 관리연장 대비 장비를 많이 사용한 것이 되고, 낮을수록 관리연장 대비 장비를 상대적으로 적게 사용한 것이라고 할 수 있다.

'A' 국토관리사무소의 경우 다목적 승용차의 지표 값이 '101.831'로 가장 높고, 도로관리차의 지표 값이 '0.396'으로 가장 낮게 산출된 것을 알 수 있다. 지표 값이 높게 나타난 다목적 승용차, 카고 트럭, 버스 등은 일상관리업무에 많이 활용된다. 반면에 지표 값이 낮게 나타나는 도로관리차, 노면청소차 등은 시설작업이나 수해복구 등 재해응급복구업무에 많이 활용된다. 따라서 일상관리에 많이 활용되는 장비의 지표 값이 높고, 재해응급복구에 쓰이는 장비의 지표 값은 낮은 것으로 판단할 수 있다.

Table 2. Calculation of Factor I ('A' Management Office)

Equipment	Factor I
Passenger Car	66.430
Multi-purpose Car	101.831
Bus	78.441
Overweight Enforcement Vehicle	84.455
Cargo Truck	91.665
Multi-Purpose Snow Removal Vehicle	22.496
Dump (5ton)	62.456
Sweeper	21.507
Multi-Use Maintenance Vehicle	0.396
Tractor	28.308
Dump (15ton)	70.039

### 3.2.2. 업무활용도 기반지표 (지표 II)

업무활용도 기반지표는 KAMIS의 장비이용실적에서 나타나는 장비사용일수를 활용하였으며, 이는 도로관리업무 종류에 따른 장비의 사용일수(日)를 나타낸다.

한편, 도로관리장비운영의 효율성을 평가하는데 있어 양충현(2012)은 계층화분석법(Alytic Hierarchy Process, 이하 AHP 분석)을 통해 업무특성을 반영한 지표를 제시한바 있다. 특히 기본자료가 KAMIS의 장비사용일수로 이루어져 있기 때문에 본 연구에서는 이 지표의 방법론 및 가중치를 인용하였다. 장비이용실적

에 표기된 장비사용일수를 이용한 방법론은 다음 Fig. 4와 같이 AHP 분석을 통해 업무별 가중치를 도출하고, 해당 장비의 업무별 사용비율을 추정하여 지표를 도출하였다. 즉, 장비의 업무별 사용비율에 AHP에 따른 업무가중치를 적용함으로써, 본 지표를 통해 장비가용성을 나타내고자 하였다.

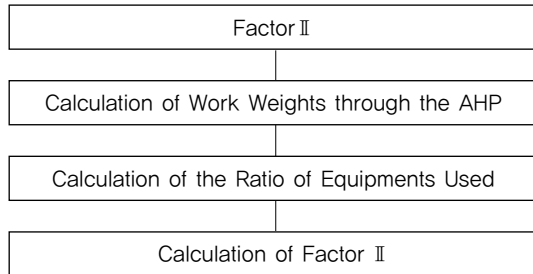


Fig. 4 Procedures (Factor II)

각 장비들의 업무별 사용일수는 다음 식을 통해 비율을 산출하였다. 이는 각 장비가 업무를 수행하는데 투입된 기간이 다르므로, 비율을 통해 업무별 사용 정도를 판단하여 반영하기 위함이다.

$$Ratio_{work} = \frac{d_{work}(day)}{d_{total}(day)} \quad (3)$$

여기서,

Ratio<sub>work</sub> : 해당장비의 업무별 사용비율

d<sub>work</sub> : 해당장비의 업무별 사용일수(일)

d<sub>total</sub> : 해당장비의 연간 전체 사용일수(일)

본 지표의 적용 가능성을 검토하고자 'A' 국토관리사무소 보유장비의 업무별 사용비율은 다음 Table 3과 같

이 산출하였으며, AHP에 따른 업무별 중요도는 색칠된 부분에 표기하였다. 장비별·업무별 비율의 합과 업무별 중요도의 합은 각각 1,000이 되는 것을 알 수 있다.

앞서 계산된 각 국토관리사무소의 업무별 장비 사용비율에 다음 식과 같이 AHP 분석을 통해 도출된 업무별 중요도를 반영하였다. 본 지표는 AHP 분석결과에 따른 가중치를 반영한 것이므로 이 지표가 클수록 업무의 중요도가 높고, 낮을수록 업무의 중요도가 낮은 장비라는 것을 판단할 수 있다.

$$Factor II = \frac{Ratio_{work} \times W}{E} \quad (4)$$

여기서,

Factor II : 업무 활용도 기반지표 (지표 II)

Ratio<sub>work</sub> : 해당장비의 업무별 사용비율

W : AHP 업무별 가중치

E : 해당장비 보유대수(대)

Table 4. Calculation of Factor II ('A' Management Office)

Equipment	Factor II
Passenger Car	0.034
Multi-purpose Car	0.042
Bus	0.074
Overweight Enforcement Vehicle	0.118
Cargo Truck	0.131
Multi-Purpose Snow Removal Vehicle	0.075
Dump (5ton)	0.093
Sweeper	0.149
Multi-Use Maintenance Vehicle	0.101
Tractor	0.035
Dump (15ton)	0.063

Table 3. Equipment use Ratio ('A' Management Office)

Contents	Regular Management					Regular Maintenance Work				Emergency Restoration				Total	
	Road patrol	Structure inspection	Overweight vehicle enforcement	Investigation and survey	Mis-cellaneous	Pavement repair	Safety facility monitoring	Drainage way check	Mis-cellaneous	Flood recovery	Rockslide, landslide repair	Snow removal	Material management		
AHP Weights	0.037	0.044	0.020	0.006	0.004	0.163	0.304	0.087	0.026	0.052	0.074	0.160	0.024	1.000	
Equip-ment	Passenger Car	0.911	0.000	0.000	0.000	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	1.000	
	Multi-purpose Car	0.752	0.015	0.030	0.010	0.104	0.005	0.010	0.000	0.005	0.000	0.064	0.005	1.000	
	Bus	0.062	0.005	0.010	0.021	0.227	0.067	0.289	0.052	0.026	0.000	0.010	0.072	0.160	1.000
	Overweight Enforcement Vehicle	0.026	0.031	0.077	0.005	0.174	0.031	0.262	0.041	0.026	0.000	0.005	0.159	0.164	1.000

Table 4는 장비들의 '업무활용도 기반지표(지표 II)'를 나타낸 것으로서, 'A' 국토관리사무소의 경우 노면 청소차가 '0.149'로 가장 높게 나타나고, 승용차가 '0.034'로 가장 낮게 나온 것을 알 수 있다. 이는 AHP 결과에 따른 가중치에서 포장도 보수업무가 상대적으로 높은 편에 속하고, 도로순찰업무의 가중치가 낮은 편에 속하기 때문에 이들의 비중이 각 장비에 가장 많이 반영된 것으로 판단된다.

### 3.3. 정규화 수행

앞에서 산정한 '연간 운행거리 기반지표(지표 I)'와 '업무활용도 기반지표(지표 II)'의 결과치는 도출과정과 단위가 각각 다르다. 따라서 객관적이고 합리적인 비교를 위해 각 분석결과 별로 다음 식과 같이 정규화(표준 정규분포화, 이하 Z-점수)를 활용하였으며, 결과 값은 Table 5와 같다. 이는 평균값과 표준편차를 활용하여 정규화를 수행한 것으로서 관찰 값들이 평균값보다 높은 경우는 '+'의 값이 나타나고, 평균값보다 낮은 경우에는 '-'의 값이 나타나게 된다.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (5)$$

여기서,

- Z : Z-점수,                      X : 관찰값
- μ : 평균,                              σ : 표준편차

Table 5. Z-score ('A' Management Office)

Equipment	Factor I	Factor II
Passenger Car	0.279	-1.257
Multi-purpose Car	1.337	-1.067
Bus	0.638	-0.239
Overweight Enforcement Vehicle	0.818	0.892
Cargo Truck	1.033	1.216
Multi-Purpose Snow Removal Vehicle	-1.034	-0.211
Dump (5ton)	0.160	0.257
Sweeper	-1.064	1.689
Multi-Use Maintenance Vehicle	-1.695	0.459
Tractor	-0.860	-1.234
Dump (15ton)	0.387	-0.506

정규화 수행을 통해 도출된 값은 +, - 값으로 나타나 있어 실제 도로관리자나 일반사용자들의 입장에서는 이

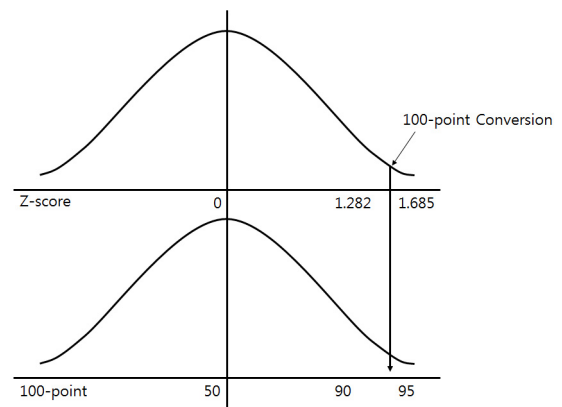


Fig. 5 Conversion Concept of Z-score

Table 6. Conversion Formula of Z-score

Condition	Conversion Formula	Condition	Conversion Formula
$1.645 \leq Z < MAX(Z)$	$50 + \left\{ \left[ 95 + 5 \times \left( \frac{Z - 1.645}{MAX(Z) - 1.645} \right) \right] \times 0.5 \right\}$	$-0.387 \leq Z < -0.255$	$50 + \left\{ \left[ 35 + 5 \times \left( \frac{Z + 0.387}{-0.255 + 0.387} \right) \right] \times 0.5 \right\}$
$1.282 \leq Z < 1.645$	$50 + \left\{ \left[ 90 + 5 \times \left( \frac{Z - 1.282}{1.645 - 1.282} \right) \right] \times 0.5 \right\}$	$-0.526 \leq Z < -0.387$	$50 + \left\{ \left[ 30 + 5 \times \left( \frac{Z + 0.526}{-0.387 + 0.526} \right) \right] \times 0.5 \right\}$
$1.038 \leq Z < 1.282$	$50 + \left\{ \left[ 85 + 5 \times \left( \frac{Z - 1.038}{1.282 - 1.038} \right) \right] \times 0.5 \right\}$	$-0.676 \leq Z < -0.526$	$50 + \left\{ \left[ 25 + 5 \times \left( \frac{Z + 0.676}{-0.526 + 0.676} \right) \right] \times 0.5 \right\}$
$0.842 \leq Z < 1.038$	$50 + \left\{ \left[ 80 + 5 \times \left( \frac{Z - 0.842}{1.038 - 0.842} \right) \right] \times 0.5 \right\}$	$-0.842 \leq Z < -0.676$	$50 + \left\{ \left[ 20 + 5 \times \left( \frac{Z + 0.842}{-0.676 + 0.842} \right) \right] \times 0.5 \right\}$
$0.676 \leq Z < 0.842$	$50 + \left\{ \left[ 75 + 5 \times \left( \frac{Z - 0.676}{0.842 - 0.676} \right) \right] \times 0.5 \right\}$	$-1.038 \leq Z < -0.842$	$50 + \left\{ \left[ 15 + 5 \times \left( \frac{Z + 1.038}{-0.842 + 1.038} \right) \right] \times 0.5 \right\}$
$0.526 \leq Z < 0.676$	$50 + \left\{ \left[ 70 + 5 \times \left( \frac{Z - 0.526}{0.676 - 0.526} \right) \right] \times 0.5 \right\}$	$-1.282 \leq Z < -1.038$	$50 + \left\{ \left[ 10 + 5 \times \left( \frac{Z + 1.282}{-1.038 + 1.282} \right) \right] \times 0.5 \right\}$
$0.387 \leq Z < 0.526$	$50 + \left\{ \left[ 65 + 5 \times \left( \frac{Z - 0.387}{0.526 - 0.387} \right) \right] \times 0.5 \right\}$	$-1.645 \leq Z < -1.282$	$50 + \left\{ \left[ 5 + 5 \times \left( \frac{Z + 1.645}{-1.282 + 1.645} \right) \right] \times 0.5 \right\}$
$0.255 \leq Z < 0.387$	$50 + \left\{ \left[ 60 + 5 \times \left( \frac{Z - 0.255}{0.387 - 0.255} \right) \right] \times 0.5 \right\}$	$Min(Z) \leq Z < -1.645$	$50 + \left\{ \left[ 0 + 5 \times \left( \frac{Z + Min(Z)}{-1.645 + Min(Z)} \right) \right] \times 0.5 \right\}$
$-0.255 \leq Z < 0.255$	$50 + \left\{ \left[ 40 + 20 \times \left( \frac{Z + 0.255}{0.255 + 0.255} \right) \right] \times 0.5 \right\}$		

Table 7. 100-Point Conversion

Contents	Normalization		Conversion	100-point Conversion		
	Factor I	Factor II		Factor I	Factor II	Average(100-point)
Passenger Car	0.279	-1.257	Conversion ⇒	80	55	68
Multi-purpose Car	1.337	-1.067		95	57	76
Bus	0.638	-0.239		87	70	79
Overweight Enforcement Vehicle	0.818	0.892		90	91	90
Cargo Truck	1.033	1.216		92	94	93
Multi-Purpose Snow Removal Vehicle	-1.034	-0.211		58	71	64
Dump (5ton)	0.160	0.257		78	80	79
Sweeper	-1.064	1.689		57	100	79
Multi-Use Maintenance Vehicle	-1.695	0.459		53	84	68
Tractor	-0.860	-1.234		60	55	58
Dump (15ton)	0.387	-0.506		82	65	74
Total Average (Factor I, II)	-	-		-	-	75

해하기 어려울 수 있다. 따라서 사용자 편의성을 위해 알기 쉽도록 Z-점수를 100점으로 환산하였다. Fig. 5는 개념도를 나타낸 것이며, Table 6은 Z-점수를 100점으로 환산하는 수식을 나타낸다.

이를 이용하여 Table 7과 같이 각 장비들의 Z-점수에 해당하는 100점 점수를 환산할 수 있다.

과대추정될 수 있는 것을 방지하기 위함이다. Table 8과 같이 'A' 국토관리사무소의 경우 카고트럭의 적정배율이 '1.24'로 가장 높았으며 이는 연간 운행거리와 업무활용도의 지표평균값이 가장 높았기 때문이다. 반면에 트랙터의 적정배율이 '0.76'으로 가장 낮았으며 이는 연간 운행거리와 업무활용도의 지표 평균값이 가장 낮았기 때문이다.

### 3.4. 적정 보유대수 산정

앞서 도출된 두 개 지표의 100점 환산점수를 가지고 적정보유대수를 산정하기 위해 두 지표의 평균을 이용하여 다음 식과 같이 각 장비별 적정배율을 산출한다. 다시 말해 두 지표의 총 평균 대비 배율을 산정하도록 하며, 이는 장비별로 배율에 따라 산출되는 보유대수가

$$Magnification_{equipment} = \frac{Average_{(100-point)}}{Total Average_{(Factor(I,II))}} \quad (6)$$

여기서,

Magnification<sub>equipment</sub> : 장비별 적정배율

Table 8. Estimating the Proper Equipment ('A' Management Office)

Contents	100-point Conversion			Magnification	Application of the Magnification	Current Equipment	Proper Equipment
	Factor I	Factor II	Average				
Passenger Car	80	55	68	0.90	Application of the Magnification ⇒	1	1
Multi-purpose Car	95	57	76	1.01		1	2
Bus	87	70	79	1.04		2	3
Overweight Enforcement Vehicle	90	91	90	1.20		2	3
Cargo Truck	92	94	93	1.24		4	5
Multi-Purpose Snow Removal Vehicle	58	71	64	0.86		3	3
Dump (5ton)	78	80	79	1.05		1	2
Sweeper	57	100	79	1.04		1	2
Multi-Use Maintenance Vehicle	53	84	68	0.91		1	1
Tractor	60	55	58	0.76		1	1
Dump (15ton)	82	65	74	0.98		4	4
Total	-	-	-	-		21	27

Average<sub>100-point</sub> : 100점 환산지표의 평균점수

Total Average<sub>Factor(I,II)</sub> : Factor I, II의 총 평균 점수

적정보유율을 산정한 결과를 가지고 다음 식을 이용하여 Table 8과 같이 장비별 적정보유대수를 추정할 수 있다.

$$Proper\ Equipment(vel) = E \times Magnification_{equipment} \quad (7)$$

여기서,

Proper Equipment(vel) : 장비별 적정보유대수(대)

E : 해당 국토관리사무소의 장비별 보유대수

Magnification<sub>equipment</sub> : 장비별 적정보유율

보유대수 결과 값을 산정하기 위해 배율치가 1.00 미만이고 보유장비가 1대인 경우에는 특정업무에 쓰이는 장비가 적어도 1대 이상은 있어야 하므로, 적정보유대수 산출 값을 소수 첫째자리에서 올림하여 산정하였다. 마찬가지로 배율치가 1.00 이상인 경우에는 기존보다 수요가 있다고 가정하여 소수 첫째자리에서 올림하여 산정하였다.

분석결과, 적정보유율이 가장 높았던 카고트럭의 경우 기존 4대보다 1대 더 증가한 5대가 적정한 것으로 나타났으며, 적정보유율이 가장 낮았던 트랙터의 경우 기존 1대를 보유했지만, 기본적으로 특수업무에 필요하기 때문에 1대로 도출되었다. 결국 'A' 국토관리사무소의 경우 적정보유대수가 27대로서 기존 대비 28%의 장비가 더 필요함을 알 수 있었다.

#### 4. 결론 및 시사점

본 연구에서는 국토관리사무소의 장비 이력자료(KAMIS 자료)를 근거로 지표를 산정하고, 정규화를 통한 지표들의 적정보유율을 산출하며, 최종적으로 이를 반영한 적정보유대수를 산정하는 방법론을 정립하였다. 'A' 국토관리사무소를 대상으로 분석방법론의 절차에 따라 수행한 결과, 기존 대비 28%가 증가된 적정보유대수를 산출할 수 있었다. 이러한 연구를 통해 도출할 수 있는 결과는 다음과 같다.

- 합리적이고 과학적인 방법론을 통해 국토관리사무소 별 적정보유대수를 산정할 수 있음

- 장비별 구매단가를 취합하여 사무소 별 장비예산을 추정할 수 있음

결과적으로 본 연구의 결과물은 장비의 운영전략을 수립하기 위해 필요한 기초자료로서 큰 도움을 줄 것으로 판단된다. 또한 제시한 방법론을 보다 정교하게 발전시키고 현실적인 장비수급·배치계획을 수립하기 위해서는 향후 국토관리사무소 별 업무중요도의 변화를 고려해야 한다. 그 이유는 업무중요도가 최근 이상기후로 인해 많은 영향을 받으며, 일반국도 주변의 도시 특성에 따라 변화하기 때문이다. 그리고 본 연구에서는 장비운용실적만을 활용하였고 이 중에도 누락자료가 많아 대표성의 한계가 있다. 따라서 기초자료의 신뢰성이 우선적으로 확립되어야 하며, 돌발상황, 유고와 같은 사고자료 등의 시간 및 공간적 특성이 반영된 지표뿐만 아니라 장비의 연식, 불용처리계획, 장비임대, 인력계획 등의 장비운영에 관한 특성을 반영할 수 있는 추가 지표의 개발이 필요하다.

본 연구는 도로운영관리기관의 장비운영특성을 파악하기 위한 첫 단계로서 향후 추가연구의 기초연구가 될 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 논문은 제15회 한국도로학회 학술대회(2013.09.27)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

#### References

- Caltrans, 2012. Fleet Equipment Asset Management Performance Measures.
- Kang, S.C., Lee, S.Y. and Lee, B.D., 2013. The Study on the Viewshed Analysis and the Estimation of Proper Number of Forest Fire Surveillance Cameras (Focusing on Samcheok-Si), Journal of KOSHAM, vol. 13, No. 3, pp. 131-137.
- Kim, S.K. and Han, K.K., 2008. A Study on the Estimation of Proper Numbers of Construction Lifts, Journal of The Korea Institute of Building Construction, vol. 8, No. 3, pp. 119-125.
- Kwon, S.J., Seo, J.H. and Choi, B.D., 2011. A Basic Study for Calculating Appropriate Number of Parking Lots at University Hospital in Metropolitan Area, Journal of Korea Institute of Healthcare Architecture, vol. 17, No. 3, pp. 27-33.
- Park, S.S., 2000. A Study on Number of Probe Cars for Collecting Traffic Information, Master thesis, Myong Ji University.
- The Bank of Korea, 2014. National Accounts 2013 (provisional).
- The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013. Road Services Manual(2012).
- The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013. Yearbook of Road Statistics(2013).



The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2014. Fiscal year 2014 budget summary.  
Yang, C.H. and Kim, I.S., 2012. Evaluation for Operational

Efficiency of Road Management Equipment using Analytical Hierarchy Process, International Journal of Highway Engineering, vol. 14, No. 5, pp. 157-164.