

# 차종구분 영상조사 자료를 활용한 TCS기반 고속도로 O/D 구축: 화물자동차 중심으로

## Estimation of Expressway O/D Matrices from TCS data by Using Video Survey Data for Vehicle Classification: Focused on Truck

신승진\*      박동주\*\*      최윤혁\*\*\*      정소영\*\*\*\*      허은진\*\*\*\*      하동익\*\*\*\*\*  
 (Seungjin Shin)      (Dongjoo Park)      (Yoonhyeok Choi)      (Soyeong Jeong)      (Eunjin Heo)      (Dongik Ha)

### 요약

TCS자료를 통한 고속도로 화물자동차 수요추정은 많은 한계가 있다. 본 연구는 TCS자료의 차종을 재분류하기 위한 영상조사를 수행하여 고속도로 도시유형별/권역별 차종비율을 분석하였다. 또한, 도시유형별/권역별 차종비율과 TCS자료를 활용하여 2011년 기준 TCS기반 고속도로 화물자동차 O/D를 구축하였다. 본 연구에서 구축한 고속도로 화물자동차 O/D분석결과, 화물자동차 톤급별 평균통행거리는 소형화물차 52km/대, 중형화물차 56km/대, 대형화물차 97km/대로 나타났다. 또한 전국 고속도로를 대상으로 관측교통량과 배경교통량의 오차율이 30% 이하인 관측지점은 전체 관측지점의 87.3%로 나타났다. 본 연구는 고속도로 화물자동차 수요추정을 위한 차종별 고속도로 O/D 구축이라는 점에서 의미가 있으며, 고속도로 장래화물수요예측에 크게 기여할 것으로 판단된다.

핵심어 : 고속도로, 화물자동차, 차종분류, TCS, 화물자동차 O/D, 신뢰성

### Abstract

Truck demand analysis based on TCS data has limitation in that TCS data can not provide truck O/D data for each type of truck vehicle. This study conducted video survey for classifying truck vehicle types. By using TCS data and vehicle ratio by region/cities type, truck O/D data on expressway were estimated. It was found that average travel distances of small truck, medium truck and large truck were 52km/veh, 56km/veh and 97km/veh, respectively by analysing truck O/D data estimated in this study. The reliability analysis showed that check points where error rate is lower than 30% comprise of 87.3%. It is considered that estimated O/D data by truck vehicle types would be useful for the analysis of truck demand of expressway.

**Key words** : Expressway, Truck Vehicle Classification, TCS, Truck O/D, Reliability of Travel Demand

† 본 논문은 한국ITS학회 춘계학술대회(2012. 4. 27)에서 발표한 논문에 기반합니다.

† 본 연구는 한국도로공사 도로교통연구원의 연구비 지원으로 수행된 "고속도로 물류수송 경쟁력 강화를 위한 조사분석 연구용역"에 의해 작성되었습니다.

\* 주저자 : 서울시립대학교 교통공학과 박사수료

\*\* 교신저자 : 서울시립대학교 교통공학과 교수

\*\*\* 공저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원

\*\*\*\* 공저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 연구원

\*\*\*\*\* 공저자 : 서울대학교 건설환경종합연구소 연구교수

† 논문접수일 : 2012년 7월 19일

† 논문심사일 : 2013년 1월 25일

† 게재확정일 : 2013년 2월 13일

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

2009년 국내 수단별 화물수송실적<sup>1)</sup>은 도로 74.1%, 해운 18.9%, 철도 6.9%, 항공 0.1%이다[9]. 2001년도에 비해 도로분담율은 8.2% 증가했으나 해운과 철도는 각각 7.5%, 0.7% 감소하였다. 이는 철도와 해운의 역할이 축소되고 도로 역할이 확대했음을 의미한다. 2009년 도로등급별 화물자동차 통행실적<sup>2)</sup> 분석결과, 고속도로가 40.6%로 가장 높으며, 일반국도 40.1%, 국지도·지방도 12.1%, 광역시도·시군도가 7.3%로 나타났다. 더욱이 고속도로 연장이 국도 연장의 21.5% 수준임을 감안하면 고속도로는 물류수송의 중추적인 역할을 담당한다. 또한 2009년 기준 국내 국가물류비는 115.5조원으로 4년 연속 100조원을 돌파해 2005년 불변가격 기준으로 약 4.25% 증가하였다[1]. 이는 GDP 대비 미국, 일본에 비해 높은 수준이다. 따라서 물류수송의 중요한 역할을 담당하는 고속도로의 기초자료는 고속도로의 화물수요예측 및 국가물류비 절감을 위해 반드시 필요하다.

고속도로의 대표적인 기초자료는 TCS(Toll Collection System)에서 수집한다. TCS자료는 고속도로를 이용하는 모든 차량에 대한 정보를 수집하기 때문에 신뢰도 및 활용도가 매우 높다. 그러나 TCS 자료는 요금징수를 위한 목적으로만 차종을 구분한다. 요금징수를 위한 TCS자료의 차종은 화물자동차, 승용차, 버스 등이 혼재되어 TCS자료를 활용한 고속도로 화물자동차 수요추정에 한계가 있다.

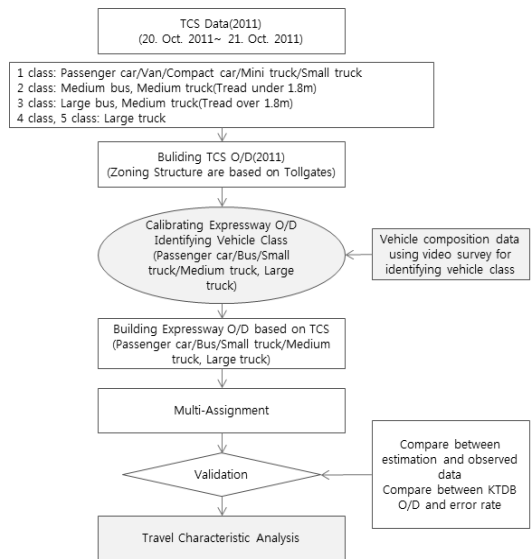
본 연구는 TCS자료의 차종을 재분류하기 위한 영상조사를 수행하여 고속도로 도시유형별/권역별 차종비율을 분석하고자 한다. 또한 도시유형별/권역별 차종비율과 TCS자료를 활용하여 2011년 기준 TCS기반 고속도로 O/D를 구축하여 화물자동차의 통행특성을 분석하고자 한다.

1) 화물수송실적: 톤-km 기준

2) 통행실적: 대-km 기준

### 2. 연구의 수행과정

본 연구의 수행과정은 <그림 1>과 같다. 우선 2011년 TCS 자료를 통해 요금소 기반 TCS O/D를 구축하였다. 다음으로 차종구분을 위한 영상조사 자료를 이용하여 고속도로 수요추정을 위한 차종별 고속도로 O/D를 구축하였다. 마지막으로 본 연구에서 구축한 고속도로 O/D와 KTDB O/D 자료를 이용하여 오차율을 검증하였다.



<그림 1> 연구의 수행과정  
<Fig 1> Flowchart of the Study

## II. 기존연구 고찰

### 1. TCS 차종구분

TCS자료는 전국 고속도로 영업소간 자료로써, 선별, 영업소별, 차종별 1일 구간교통량을 파악할 수 있다. 이는 전국 약 320여 개 영업소를 통과하는 모든 차량을 대상으로 수집한다. 한국도로공사 TCS 자료의 차종구분은 <표 1>과 같이 요금징수를 위한 목적으로 차종을 구분하기 때문에 고속도로 수요추정에 한계가 있다. 한국도로공사(2000)는 TCS자료를 근간으로 하여 다양한 실무적 용도를 만족시킬

수 있는 새로운 차종분류의 필요성만을 제시하고 있다.

<표 1> TCS자료 차종구분  
<Table 1> Vehicle Type on TCS Data

Classification Criteria	
1 class	2-axle vehicle, Track width under 279.4mm Passenger car, Small van, Small truck
	2축 운거, 1315mm, Track width under 175mm Compact car under a capacity of 800 ccs
2 class	2-axle vehicle, Track width over 279.4mm, Truck tread under 1800mm, Medium van, Medium truck
3 class	2-axle vehicle, Track width over 279.4mm, Truck tread under 1800mm, Large van, 2-axle Large truck
4 class	3-axle Large truck
5 class	Specialized truck more than 4-axle

Source: Korea Expressway Corporation (www.ex.co.kr)

## 2. TCS기반 O/D 구축 연구

고속도로 TCS기반 O/D는 교통계획 및 정책수립, 도로설계 등을 위한 기초자료로써 다양한 연구 분야에 활용하고 있다. 신연교 외(1999)는 영업소간 O/D를 이용하여 교통존간 O/D를 추정하는 모형을 구축하였다. 이 연구는 고속도로의 배정교통량과 실제교통량과 비교해 고속도로 이용차량에 대한 교통존 간 O/D 정확도를 향상시킬 수 있는 방법을 제시하였다. 이승재 외(2001)는 TCS자료와 관측된 구간교통량 자료를 이용하여 Gradient 기법[12]으로 고속도로 O/D를 보정하였다. 서울대학교(2007)에서는 화물자동차 O/D의 신뢰성 검증 방법론을 개발하기 위해 TCS 자료를 활용하여 화물자동차 차종별 O/D를 보정하였다. 또한 정상미·김익기(2008)는 TCS 자료를 이용하여 시간대별 동적 O/D를 구축하였다. 유정훈·이무영(2011)은 도심지역 분석에 활용도를 높이기 위해 구축된 시간대별 O/D를 sub-corridor 시간대별 O/D로 전환하기 위한 방법론을 개발하였다. 최기주 외(2011)은 TCS 자료를 이용한 재차인원별 O/D를 구축하였다. 이는 재차인원 정보를 추가로

조사하여 수단별 O/D를 산출하는 과정 및 방법론을 제시하였다. <표 2>는 기존연구를 요약한 것이다.

<표 2> 기존연구 요약  
<Table 2> Summary of the Literature Review

	Vehicle Classification			O/D
	Class	Contents	Methodology	
Shin et al. (1999)	-	Whole class	-	TCS O/D, Regional O/D
Korea Expressway Corporation (2000)	11	Vehicle classification of Statistic Yearbook of Transportation	-	-
Seoul national university (2007)	3	Classifying only Truck	Statistic Yearbook of Transportation	Small truck O/D Medium truck O/D Large Truck O/D
Jung&Kim (2008)	6	TCS classification (5 classes) including compact car	-	TCS O/D (1~5 class), 6 class(compact car)
Choi et al (2010)	5	Passenger car(3 classes), Bus, Truck	Survey data	Passenger car O/D by occupancy
Yu&Lee (2011)	1	Whole class	-	TOD Total O/D (Real-time O/D <sup>3)</sup> )
This study	5	Passenger car, Bus, Truck (3 classes),	Survey data	Unimodal O/D for estimating freight demand

## 3. 시사점

TCS자료는 그 정확성에도 불구하고 고속도로 화물자동차 수요추정에 한계가 있다. 고속도로의 화물자동차 수요추정을 위해서는 요금징수를 위한 차종4)이 아닌 수요추정을 위한 차종5) 구분이 필요하다. 기존 선행연구에서 살펴봐왔듯이 TCS를 이용한 O/D는 서울대학교(2007) 연구를 제외한 모든 연구에서 화물자동차가 아닌 승용차를 대상으로 O/D를

3) 임용택 외(2000), Zhou & Mahmassani(2006), Zijpp(1997)

4) 1종(승용차, 소형승합차, 소형화물차, 경차), 2종(중형승합차, 중형화물차), 3종(대형승합차, 2축 대형화물차), 4종(3축 대형화물차), 5종(4축이상 특수화물차)

5) 승용차, 버스, 소형화물자동차, 중형화물자동차, 대형화물자동차

구축하였다. 서울대학교(2007)는 KTDB O/D에 도로 교통통계연보 차종비율을 적용하여 화물자동차 O/D를 구축하였다. 그러나 본 연구에서는 KTDB O/D가 아닌 TCS O/D와 차종구분을 위한 영상조사 자료를 통해 차종별 고속도로 O/D를 구축하였다.

### III. 조사설계 및 연구자료 수집

차종구분을 위한 영상조사는 연구의 취지에 따라 도시유형별/권역별 차종비율을 분석하여 고속도로 화물자동차 O/D를 구축하는 방향으로 진행하였

다. 조사시기는 2011년 10월 20일(목) AM 07:00~ 2011년 10월 21일(금) AM 07:00까지이다.

차종은 화물수요분석을 위해 7종으로 선정하였다. 조사대상은 해당 조사지점의 진입요금소를 통과하는 모든 차량이다. 영상조사는 개방식이 아닌 폐쇄식 구간 톨게이트에서 수행하였다.

차종구분을 위한 영상조사의 차종비율 결과를 적용하기 위해 전국 329개 고속도로 영업소를 권역별, 도시유형별로 분류하였다. <표 3>은 전국 고속도로 영업소의 유형을 분류한 결과이다. 또한 영상조사는 예산상의 한계로 6대 권역<sup>6)</sup> 및 4개 도시유

<표 3> 전국 고속도로 도시유형별/권역별 영업소 분류 결과  
<Table 3> Categorization of TG on Expressway by Classification of City and Region

	Representative TG				Total
	Metropolitan city	Metropolitan + Industrial city	Industrial city	Etc	
Metropolitan Area	Incheon, Gimpo, Pangyo, Seoul, Dongseoul, Seongnam, Guri, Cheonggye, Siheung, SeoSeoul	Gunja	Seoansan, Yangji, Bibong, Seopyongtaek	42 besides Suwon	58
Gangwon Area	Chuncheon, Dongsan	-	-	26 besides Namwonju	29
Chungcheong Area	Daejeon, Bukdaejeon, Yuseong, Seodaeyeon, Seocheongju	Cheongwon, Sintanjin, Songak, Pungsesangha, Namnonsan sang, Namnonsanha	-	60 besides Cheonan	73
Jeolla Area	Gwangju, Dongwangju, Dongwangsan, Mokpo	Suncheon	-	51 besides Jeonju 외	57
Gyeongbuk Area	Bukdaegu, Seodaegu, Namdaegu	-	Gyeongsan, Gyeongju, Daegu	40 besides Waegwan	47
Gyeongnam Area	Jangyu, Busan, Donggimhae, Bukbusan	Seobusan Daedong, Gimhaebusan, Ulsan	Garak, Yzngsan, Namyangsan	53 besides Jinju	65
Total					329

<표 4> 최종 지점선정 결과  
<Table 4> Result of the Site Selection

	Metropolitan city	Metropolitan +Industrial city	Industrial city	Etc	Total Survey Points
Metropolitan Area	Seoseoul TG, Seoul TG, Dongseoul TG	Gunja TG	Seoansan TG	Suwon TG	6
Gangwon Area	Chuncheon TG	-	-	Namwonju G	2
Chungcheong Area	Daejeon TG	Sintanjin TG	-	Cheonan TG	3
Jeolla Area	Mokpo TG	Suncheon TG	-	Jeonju TG	3
Gyeongbuk Area	Bukdaegu TG	-	Gyeongsan TG, Gyeongju TG	Waegwan TG	4
Gyeongnam Area	Bukbusan TG, Busan TG	Ulsan TG, Seobusan TG	Namyangsan TG	Jinju TG	6
Total					24

6) 수도권, 강원권, 충청권, 전라권, 경북권, 경남권

형7)을 대표하는 총 24개 지점을 선정하였다. 고속도로 차종구분을 위한 영상조사 지점선정 결과는 <표 4>와 같다.

#### IV. 방법론

##### 1. TCS자료의 차종 재분류

기존 TCS자료의 차종은 화물자동차의 차종구분이 명확하지 않기 때문에 교통수요추정에 한계가 있다. 영상조사는 화물자동차 수요추정을 위한 차종을 재분류하였다. <표 5>는 TCS 자료의 차종을 재분류한 결과이다.

본 연구는 영상조사의 세부차종을 승용차·승합차, 미니트럭, 소형화물자동차, 중형버스, 중형화물자동차, 대형버스, 대형화물자동차로 구분한 후, TCS 자료를 이용하여 차종비율을 보정하였다. 또한 TCS 3종은 High-Pass 자료를 통해 중형화물자동차를 재보정하였다. 따라서 본 연구는 화물자동차 수요추정을 위한 차종을 승용차, 버스, 소형화물자동차, 중형화물자동차, 대형화물자동차로 재분류하여 도시유형별/권역별 차종비율을 산정하였다. <그림 2>는 영상조사 자료를 이용하여 차종비율 보정방법을 나타낸 것이다.

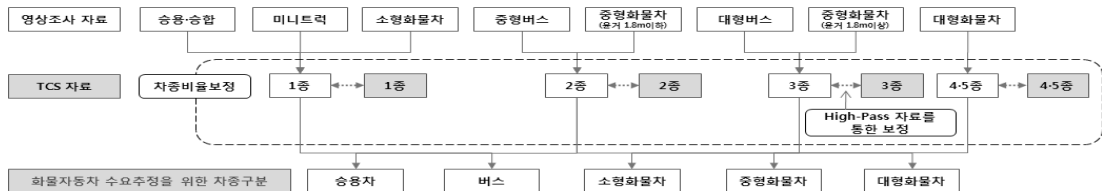
##### 2. 화물자동차 O/D 구축

본 연구는 한국도로공사의 TCS자료와 차종구분을 위한 영상조사 자료를 활용하여 고속도로 수요추정을 위한 승용차, 버스, 화물자동차 O/D를 구축

하였다. 화물자동차 O/D는 출발지 특성만을 반영한 방법론과 출발지+도착지 특성을 반영한 방법론에 의해 구축된다. 우선, 출발지 특성만을 반영한 화물자동차 O/D 구축 방법론은 수식 (1)과 같다. 이 방법은 화물자동차 O/D 구축이 쉽고 간편하다.

<표 5> 차종구분을 위한 영상조사의 차종 재분류  
<Table 5> Reclassification of vehicle type on video survey data

TCS	Vehicle Classification		Reclassification Result
	Statistic Yearbook of Transportation	Guideline for Transportation Survey(KTDB)	
1	1	Passenger car, van Mini truck	Passenger car, van(under 8~15 seats), taxi
2	2	Bus (over 17 seats under 32 seats)	Under 16~35 seats
3		Bus (over 33 seats)	Over 36 seats
1	3	Small truck A	Max payload less than 2.5 ton
2	4	Small truck B	Max payload more than 2.5 ton~ less than 8.5 ton
3		Small truck B	
4	5	Medium truck A	Max payload more than 8.5 ton
	6	Medium truck B	
	7	Medium truck C	
	5	8	Container / Trailer
		9	
		10	
		11	
		12	



<그림 2> 영상조사 자료를 이용한 차종비율 보정 방법  
<Fig 2> Calibration Method of Vehicle Type Ratio Using Video Survey Data

7) 광역도시, 산업도시, 광역+산업도시, 기타도시

$$T^{mij} = O_i^m \times \alpha^{m_i} \times P^{m_j} \quad (1)$$

여기서,  $T^{mij}$ : m 차종의 요금소 i에서 요금소 j까지 통행량

$O_i^m$ : 요금소 i에서 출발하는 m 차종의 통행량

$\alpha^{m_i}$ : 요금소 i에서 출발하는 통행량 중 m 차종비율

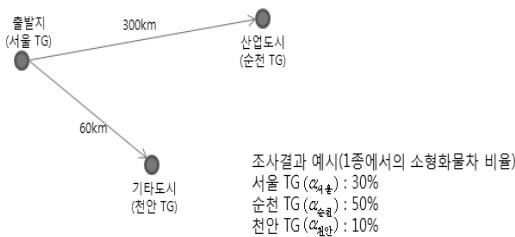
$P^{m_j}$ : 요금소 i에서 출발하는 통행량 중 요금소 j까지의 m 차종 통행량 비율

둘째, 출발지+도착지특성을 반영한 방법론은 수식 (2)와 같다. 이 방법은 출발지 특성과 도착지특성을 동시에 반영하였다.

$$T^{mij} = O_i^m \times \left[ \frac{\alpha^{m_i} + \alpha^{m_j}}{2} \right] \times P^{m_j} \quad (2)$$

여기서,  $\alpha_j$ : 요금소 j로 도착하는 통행량 중 m 차종 통행량 비율

<그림 3>은 소형화물자동차 O/D 구축 예시를 나타낸 것이다. 우선, TCS자료 중 서울TG에서의 1종 총발생량은 1일 100,000대이며, 서울TG에서 천안TG까지 50,000대/일(50%), 서울TG에서 순천TG까지 10,000대/일(10%)로 가정하였다.



<그림 3> 소형화물자동차 O/D 구축 예시  
<Fig 3> Example of Estimating Small Truck O/D

출발지 특성만을 고려한 소형화물자동차 O/D 산정 결과는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \cdot T_{서울-천안} &= O_{서울} \times \alpha_{서울} \times P_{서울-천안} \\ &= 100,000 \text{대/일} \times 0.3 \times 0.5 = 15,000 \text{대/일} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot T_{서울-순천} &= O_{서울} \times \alpha_{서울} \times P_{서울-순천} \\ &= 100,000 \text{대/일} \times 0.3 \times 0.1 = 3,000 \text{대/일} \end{aligned}$$

출발지+도착지특성을 반영한 소형화물자동차 O/D 산정 결과는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \cdot T_{서울-천안} &= O_{서울} \times \left[ \frac{\alpha_{서울} + \alpha_{천안}}{2} \right] \times P_{서울-천안} \\ &= 100,000 \text{대/일} \times 0.2 \times 0.5 = 10,000 \text{대/일} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot T_{서울-순천} &= O_{서울} \times \left[ \frac{\alpha_{서울} + \alpha_{순천}}{2} \right] \times P_{서울-순천} \\ &= 100,000 \text{대/일} \times 0.4 \times 0.1 = 4,000 \text{대/일} \end{aligned}$$

출발지 특성만 반영한 방법론은 도착지 및 거리특성을 반영하지 못하여 과대 추정되는 경향이 있다. 출발지+도착지 특성을 반영한 방법론은 출발지 특성만을 고려한 방법론에 비해 신뢰성이 있으나, 거리특성을 반영하지 못하는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 출발지+도착지 특성을 반영한 방법론을 이용하여 TCS 기반 고속도로 O/D를 구축하였다. 또한 거리특성을 반영하기 위해 중력모형을 이용하여 보정하였다.

### 3. TCS 기반 고속도로 O/D 신뢰도 검증

본 연구는 TCS기반 고속도로 O/D의 신뢰성을 측정하기 위하여 추정된 고속도로 O/D를 이용하여 배정교통량과 도로교통량 통계연보의 관측교통량을 비교하였다. 오차율(%)은 수식 (3)과 같이 정의하고 이를 신뢰도 지표라 가정하였다.

$$e(\%) = 100 \times \frac{f_l^{est} - f_l^{obs}}{f_l^{obs}} \quad (3)$$

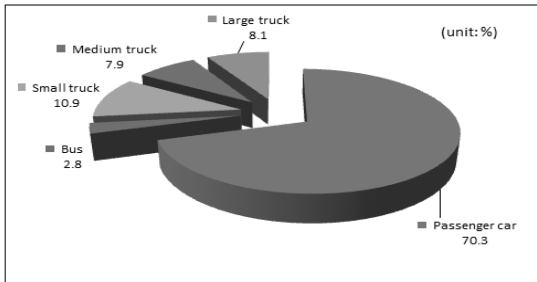
여기서,  $f_l^{obs}$ : 링크의 관측교통량

$f_l^{est}$ : 링크의 배정교통량

## V. 분석결과

### 1. 차종구분을 위한 영상조사 결과

영상조사 자료 분석결과, 조사 영업소별 평균차종비율은 승용차 70.3%, 버스 2.8%, 소형화물자동차 10.9%, 중형화물자동차 7.9%, 대형화물자동차 8.1%로 분석되었다. <그림 4>는 고속도로의 평균차종비율을 나타낸 것이다.



<그림 4> 고속도로 차종구성 비율  
<Fig 4> Vehicle Type Ratio on Expressway

도시유형별 평균차종비율은 승용차의 경우 광역도시가 74.6%로 가장 높은 것으로 분석되었으며, 버스의 경우 광역도시가 3.1%로 가장 높은 것으로 나타났다. 소형, 중형 및 대형화물자동차는 산업도시가 각각 11.4%, 9.0%, 11.1%로 가장 높게 나타났다. <표 6>은 도시유형별 평균 차종비율을 나타낸 것이다.

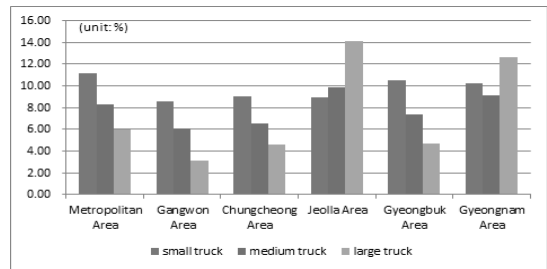
<표 6> 도시유형별 영업소 평균차종비율  
<Table 6> Average of Vehicle Type Ratio by City Classification

구분	Passenger car	Bus	Small truck	Medium truck	Large truck
Metropolitan	74.61	3.12	10.47	6.60	5.20
Metropolitan+Industrial	69.96	2.71	10.80	7.90	8.63
Industrial	66.22	2.24	11.37	9.04	11.12
Etc.	70.29	3.10	11.01	8.15	7.45
Average	70.27	2.79	10.91	7.92	8.10

권역별 영업소 평균차종비율은 <표 7>과 같다. 차종별로 살펴보면, 승용차 비중이 가장 높으며, 버스 비중이 가장 낮게 분석되었다. 화물자동차의 평균차종비율 결과, 소형화물자동차 비율은 수도권이 가장 높았으며, 중·대형화물자동차는 전라권이 가장 높게 나타났다. 전라권과 경남권은 대형화물자동차 비율이 소·중형화물자동차 비율보다 높게 분석되었다. 이 결과는 전라권의 광양항과 경남권의 부산항의 영향인 것으로 판단된다. <그림 5>는 권역별 화물자동차 평균차종비율을 나타낸 것이다.

<표 7> 권역별 영업소 평균차종비율  
<Table 7> Average of Vehicle Type Ratio by regional Classification

	Passenger car	Bus	Small truck	Medium truck	Large truck
Metropolitan Area	71.65	2.91	11.16	8.32	5.96
Gangwon Area	78.43	3.78	8.59	6.07	3.12
Chungcheong Area	76.28	3.51	9.05	6.52	4.64
Jeolla Area	61.69	5.27	8.97	9.91	14.16
Gyeongbuk Area	74.23	3.17	10.48	7.38	4.74
Gyeongnam Area	63.45	4.59	10.23	9.13	12.61
Average	70.95	3.87	9.74	7.89	7.54



<그림 5> 권역별 화물자동차 평균차종비율  
<Fig. 5> Average Ratio of Truck Type by Regional Classification

〈표 8〉 고속도로 O/D와 전국 지역간 O/D의 신뢰도 비교결과

〈Table 8〉 Result of Comparison on Reliability between Expressway O/D and Regional O/D

구분		Expressway O/D based on TCS (%)			Regional O/D (%)		
		Overestimate	Fair	Underestimate	Overestimate	Fair	Underestimate
Multi-Assignment	Passenger car	9.1	83.1	7.8	8.8	59.9	31.3
	Bus	13.1	45.5	41.4	5.6	19.9	74.5
	Small truck	23.0	52.8	24.2	15.9	35.4	48.7
	Medium truck	15.1	57.1	27.8	17.2	55.0	27.8
	Large truck	11.6	80.6	7.8	15.2	46.2	38.6
Single-Assignment	Total	5.1	87.3	7.6	3.0	67.2	29.8

주: 2011년 기준 전국지역간 O/D는 2009년 기준 O/D와 2016년 O/D를 이용하여 보간법으로 구축함

## 2. TCS기반 고속도로 O/D 신뢰도 검증

본 연구는 2011년 도로교통량 통계연보의 고속도로 관측지점<sup>8)</sup>을 대상으로 신뢰도를 검증하였다. 신뢰도 분석<sup>9)</sup>결과는 <표 8>과 같이 본 연구에서 구축한 TCS 기반 승용차, 버스, 소형화물차, 중형화물차, 대형화물차 O/D를 이용하여 분석하였다. 고속도로 O/D의 신뢰도는 87.3%로 매우 높게 나타났다. TCS기반 고속도로 O/D의 신뢰도가 높은 이유는 TCS자료가 전수화된 자료이며, 별도의 고속도로 네트워크를 구축하여 통행배정 했기 때문이다. 다시 말해 KTDB O/D는 고속도로, 일반국도, 국지도, 지방도등 모든 도로등급이 포함된 전국 네트워크를 사용했기 때문에 본 연구에 비해 신뢰도가 다소 낮게 나타났다.

고속도로 O/D 신뢰도 분석결과, 승용차가 83.1%로 가장 높게 분석되었으며, 그 다음으로 대형화물자동차(80.6%), 중형화물자동차(57.1%), 소형화물자동차(52.8%), 버스(45.5%) 순으로 분석되었다. 버스의 신뢰도가 가장 낮게 나타난 이유는 정해진 노선에 따라 통행하기 때문이다. 버스의 경우, 철도와 같이 Transit Line에 따라 Transit Assingment 기법을 통해 별도로 추정해야 할 것으로 판단된다. 또한 전국 지역간 O/D와 고속도로 O/D 비교 결과, 고속

도로 O/D의 신뢰도가 전체적으로 높게 나타났다. 신뢰도 차이는 차종별로 대형화물자동차(34.4%), 버스(25.6%), 승용차(23.2%) 순으로 나타났다.

주요 고속도로 노선별 신뢰도는 관측지점수가 15개 이상인 노선에 대해 분석하였다. <표 9>는 관측지점수가 15개 이상인 구간을 나타낸 것으로, 고속도로 전체 관측지점수의 약 60%를 차지한다. 주요 노선별 분석결과, 고속도로 O/D 신뢰도는 노선에 따라 다소 차이가 있으나, 69%~100%로 매우 높게 나타났다.

〈표 9〉 주요 노선별 신뢰도

〈Table 9〉 Reliability of Expressway O/D by Major Expressway

(단위: %)

Line	Over estimate	Fair	Under estimate
Gyeongbu line	0.0	100.0	0.0
Namhae line	6.7	93.3	0.0
88 line	0.0	87.5	12.5
Honam line	10.3	69.0	20.7
Seohaean line	9.1	84.8	6.1
Jungbu line	0.0	86.7	13.3
Jungbu	0.0	100.0	0.0
Yeongdong line	0.0	79.3	20.7
Jungang line	0.0	95.8	4.2
Tongyeongdageon line	0.0	100.0	0.0

8) 고속도로 관측지점 총 446개 지점 중 396개 지점(개방식 IC 및 TCS O/D 부재 지점 제외)

9) 오차율 30% 이상(과대), -30%~30%(적정), -30% 이하(과소)



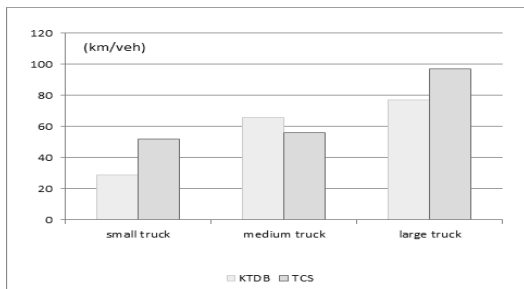
### 3. 고속도로에서의 화물자동차 통행특성 분석

본 연구는 통행특성을 분석하기 위해 전국 지역간 화물자동차 O/D와 TCS기반 고속도로 화물자동차 O/D의 화물자동차 통행특성을 비교분석하였다. 화물자동차 통행특성 분석결과는 <표 10>과 같이 고속도로에서 중형화물자동차가 소·대형화물자동차에 비해 통행량이 매우 적은 것으로 나타났다.

<표 10> 화물자동차의 통행특성 분석  
<Table 10> Analysis of truck travel characteristics

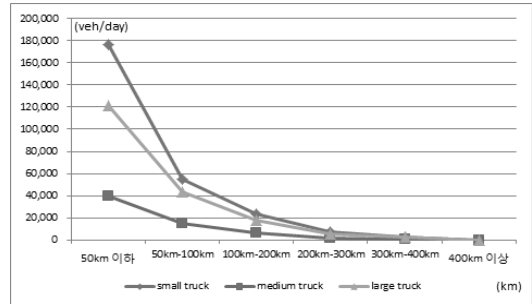
구분	Regional Truck O/D		Expressway Truck O/D based on TCS	
	Traffic volume (veh/day)	Travel record (veh-km)	Traffic volume (veh/day)	Travel record (veh-km)
Small truck	2,342,284	68,175,706	264,708	13,796,229
Medium truck	428,881	28,221,221	63,709	3,559,502
Large truck	425,810	32,990,577	223,233	18,405,004

화물자동차 톤급별 평균통행거리 분석결과, 소형 화물자동차 52km/대, 중형화물자동차 56km/대, 대형화물자동차 97km/대로 분석되었다. <그림 6>과 같이 소형, 대형화물자동차는 전국 지역간 화물자동차 O/D 자료의 평균통행거리에 비해 약 20km/대 이상 긴 것으로 나타났다.



<그림 6> 전국 지역간 O/D자료와 고속도로 O/D의 평균 통행거리 비교  
<Fig. 6> Comparison of average trip length between regional O/D and expressway O/D

<그림 7>은 화물자동차의 거리대별 분포를 나타낸 것이다. 소형화물자동차는 통행거리가 50-100km 이상 구간에서 중·대형화물자동차에 비해 통행량이 급격히 감소하는 것으로 분석되었다.



<그림 7> 화물자동차 통행거리분포  
<Fig 7> Distribution of the truck trip length

## VI. 결론

본 연구는 TCS자료의 차종을 재분류하기 위한 영상조사를 수행하여 고속도로 도시유형별/권역별 차종비율을 분석하였다. 또한, 도시유형별/권역별 차종비율과 TCS자료를 활용하여 2011년 기준 TCS기반 고속도로 화물자동차 O/D를 구축하였다. 추정된 고속도로 O/D 신뢰도는 87.3%로 매우 높게 나타났다. 이러한 결과는 향후 고속도로 화물자동차 수요분석에 크게 기여할 것으로 판단된다.

본 연구는 고속도로에서의 화물자동차 O/D를 구축했다는 점에서 의미가 있으나, 많은 개선사항이 필요하다. 먼저, 영상조사를 통해 도시유형별/권역별 차종비율을 산정하였으나, 조사 표본수가 작으므로 대표성에 한계가 있다. 둘째, TCS기반 고속도로 화물자동차 O/D 자료의 신뢰도 검증은 관측교통량과의 비교를 통해 파악한다는 관점은 논란의 소지가 있을 수 있다. 셋째, 본 연구의 범위가 고속도로에 한정되어 있으나, 고속도로만이 아닌 기타 도로(일반국도, 지방도 등)를 포함하는 연구도 진행되어야 할 것으로 판단된다. 마지막으로 본 연구는 고속도로 O/D를 구축하여 신뢰도 검증하고 결과를 제시하였으나, 과대/과소 추정이 일어나는 원인과

오차를 보정하기 위한 세밀한 연구가 필요하다. 또한 KTDB O/D와 단순 비교한 결과만을 제시하였으나, 향후 연구에는 KTDB O/D와 TCS O/D 자료를 통합하여 현재보다 신뢰도를 높이기 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- [1] Choi, G., Lee, J., Lee, Y., Baek, S., “An Occupancy based O/D Data Construction Methodology for Expressway Network”, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, vol. 30, no. 6D, pp. 569-575, 2010
- [2] Jung, S., Kim, I., “Network Calibration and Validation of Dynamic Traffic Assignment with nationwide Freeway Network Data of South Korea”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 26, no. 4, pp. 205-215, 2008
- [3] Korea Expressway Corporation homepage, *Vehicle Type on TCS Data*, <http://www.ex.co.kr/>
- [4] Korea Expressway Corporation, “An Analysis for Construction of vehicle classification estimation model from the TCS data(TCS데이터로부터 차종별 교통량 추정모형구축을 위한 조사 분석)”, 2000
- [5] Korea Institute of Construction Technology, “Statistical Yearbook of Traffic Volume”, 2011
- [6] Kwon, H., Seo, S., Kim, N., “Improvement of Methods Estimating Korean Macroeconomic Logistics Costs”, The Korea Transport Institute, 2011
- [7] Lee, S., Kim, J., Lee, H., Chang, H., Byun, S., and Choi, D., “Origin and Destination Matrix Estimation Using Toll Collecting System and AADT data”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 19, no. 5, pp. 49-59, 2001
- [8] Lim, Y., Kim, H., Baek, S., Development and Application of 1인 OD Matrix Estimation With Genetic Algorithm for Seoul Inner-ringroad, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 18, no. 4, pp.117-126, 2000
- [9] Seoul National University, “A Study on Reliability Validation of freight O/D(화물 O/D 신뢰도 검증에 관한 연구)”, Graduate School of Environmental Studies Seoul National University, 2007
- [10] Shin, E., Hwang, B., Shin, S., “An Approach for Estimating Traffic-Zonal Origin-Destination Matrices (O-D) from Toll Collection System’s Ones”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 17, no. 1, pp. 7-17, 1999
- [11] Spiess H, “Gradient Approach for OD Matrices Adjustment Problem”, *Center for Reseach on Transportation*, 1990
- [12] The Korea Transport Institute, “National Transportation Demand Survey and Database Establishment in 2010: Actualizing of Nation Area Freight O/D(2010년 국가교통수요조사 및 DB 구축 사업: 전국 지역간 화물 O/D 보완갱신)”, 2011
- [13] Yu, J., Lee, M., “Construction Method of Time-dependent Origin-Destination Traffic Flow for Expressway Corridor Using Individual Real Trip Data”, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, vol. 31, no. 2D, pp. 185-192, 2011
- [14] Zhou X., S. Erdogan and H. S. Mahmassani, Dynamic Origin-Destination trip demand estimation for subarea analysis, *Transportation Research Record 1964*, Transportation Research Board, pp. 176-184, 2006
- [15] Zijpp V. D., Dynamic OD-Matrix Estimation from traffic counts and automated vehicle identification data, *Transportation Research Record 1607*, Transportation Research Board, 1997

저자소개



**신 승 진 (Shin, Seungjin)**

2012년 2월 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 수료(교통물류전공)  
2008년 1월 ~ 2010년 3월 : 한국교통연구원 국가교통DB센터 연구원  
2006년 3월 ~ 2008년 2월 : 서울시립대학교 교통공학과 석사 (교통물류전공)  
2005년 9월 ~ 2006년 2월 : 서울시립대학교 도시과학연구원 교통연구센터 연구원  
e-mail : sjshin10@uos.ac.kr  
연락처 : 02) 2210-2187



**박 동 주 (Park, Dongjoo)**

2005년 8월 ~ 현재: 서울시립대학교 교통공학과 정교수  
2002년 9월 ~ 2005년 7월 : 공주대학교 건설환경공학부 조/부교수  
2000년 4월 ~ 2002년 7월 : Asian Institute of Technology 토목공학과 조교수  
1994년 8월 ~ 1998년 12월 : 미국 Texas A&M University 토목공학박사(교통공학전공)  
1991년 8월 ~ 1993년 8월 : 서울대학교 도시계획학석사(환경계획학과 교통전공)  
e-mail : djpark@uos.ac.kr  
연락처 : 02) 6490-2825



**최 윤 혁 (Choi, Yoonheok)**

2006년 10월 ~ 현재 : 한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원  
2010년 2월 : 아주대학교 건설교통공학과 박사(교통공학전공)  
2003년 8월 : 아주대학교 건설교통공학과 석사(교통공학전공)  
e-mail : yhchoi76@ex.co.kr  
연락처 : 031) 371-3429



**정 소 영 (Jeong, Soyeong)**

2012년 7월 ~ 현재 : 한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원  
2007년 1월 ~ 2012년 6월 : 한국도로공사 도로교통연구원 연구원  
2005년 4월 ~ 2006년 12월 : 한국건설기술연구원 연구원  
2003년 2월 ~ 2005년 2월 : 서울시립대학교 교통공학과 석사(교통공학전공)  
e-mail : youstech@ex.co.kr  
연락처 : 031) 371-3428



**허 은 진 (Heo, Eunjin)**

2010년 3월 ~ 현재 : 한국도로공사 도로교통연구원 연구원  
2007년 9월 ~ 2010년 2월 : 서울대학교 환경대학원 교통공학과 석사(교통계획전공)  
e-mail : dew611@ex.co.kr  
연락처 : 031) 371-3304



**하 동 익 (Ha, Dongik)**

2001년 5월 ~ 현재 : 서울대학교 공과대학 연구교수  
1992년 5월 ~ 1995년 8월 : 한국교통연구원  
1987년 8월 ~ 1992년 2월 : 미국 뉴욕 폴리테크닉대학교 교통공학과 박사  
1981년 3월 ~ 1983년 2월 : 홍익대학교 도시공학과 석사(교통공학전공)  
e-mail : dihha@naver.com