

노선버스 운송업종별 운전자의 근로여건 및 사고 분석 : DTG 데이터를 활용하여

Analysis of Bus Drivers' Working Environment and Accidents by Route-Bus Categories : Using Digital TachoGraph Data

권영민* · 여지호** · 변지혜***

* 주저자 : 한국과학기술원 조천식녹색교통대학원 박사과정
** 공저자 : 한국과학기술원 조천식녹색교통대학원 박사과정
*** 교신저자 : 한국과학기술원 친환경 스마트 자동차 연구센터 연구조교수

Yeongmin Kwon* · Jiho Yeo** · Jihye Byun***

* The Cho Chun Shik Graduate School of Green Transportation., KAIST, Daejeon, Korea
** The Cho Chun Shik Graduate School of Green Transportation., KAIST, Daejeon, Korea
*** Center for Eco-friendly and Smart Vehicles, KAIST, Daejeon, Korea
† Corresponding author : Jihye Byun, snowflower@kaist.ac.kr

Vol.18 No.2(2019)

April, 2019
pp.1~11

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2019.18.2.1>

요약

대량수송이 가능한 대중교통 수단의 경우 사고 발생 시 대형인명피해가 우려되며, 이로 인해 다량의 사회적·경제적 손실이 발생할 가능성이 크다. 특히, 최근 들어 버스 운전자의 피로 및 부주의 등으로 인한 중·대형 버스사고가 잇따라 발생하며 버스사고 및 운전자의 근무환경에 대한 사회적 관심이 나날이 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 버스운전자의 근로 환경(업종별·근로 형태별)에 따른 근로여건 및 사고 특성을 비교·분석하고자 한다. 이를 위하여 국내 271개 버스회사에 대한 2017년 1월~12월까지의 운행기록계 자료 및 업체 정보(업종구분, 근로 형태)를 수집하였으며, 이를 통계적 방법론을 활용하여 분석하였다. 그 결과 버스운전자의 근로조건에 따른 사고빈도 및 운행환경의 차이가 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 특히, 격일제 근무 형태를 따르는 시내버스(특광역시 제외)에서 교통사고가 비교적 빈번히 발생함을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과가 향후 노선버스 사고 감소를 위한 근무여건 개선의 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

핵심어 : 교통안전, 노선버스, 디지털운행기록계, 버스사고

ABSTRACT

The accident of mass transit such as a bus could draw the large casualties and this induces social and economic losses. Recently, severe bus accidents caused by tiredness and inattention of bus drivers occurred and those lead to growing interest in bus accidents and the drivers' work environment. Therefore, this study analyzes the accident based on the work environment of bus drivers and route-bus categories. For the research, this study collected digital tachograph data and the bus company information for 271 domestic bus companies in 2017 and used ANOVA test and chi-square test as statistical methodologies. As a result, we figured out there are statistically significant differences in the accident according to the working environments. Especially, the present study confirmed the intracity bus with working every other day has the most frequent accidents. We expect that the results of this study be used as foundations for the improvement of working conditions to reduce route-bus accidents in the future.

Key words : Accident analysis, Bus, Bus accident, Digital tachograph

Received 8 March 2019
Revised 26 March 2019
Accepted 28 March 2019

© 2019. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

I. 서론

2017년 7월 양재IC인근에서 발생한 버스사고가 18명의 사상자를 기록한 후 같은 해 9월 천안논산 고속도로에서 사상자 11명 이상의 버스사고가 잇따라 발생하며 버스사고와 관련한 경각심을 높였다. 특히 양재 IC 인근 사고의 경우 버스운전자의 피로 누적 및 졸음운전이 그 원인으로 지목되었으며, 천안논산 고속도로 사고 역시 운전자의 졸음이 사고를 유발한 것으로 분석되어 버스운전자들의 피로를 가중하는 근로여건 개선에 관한 필요성이 크게 대두되었다. 이에 정부는 근로시간을 주 52시간으로 제한하여 단축¹⁾하고, 첨단안전장치 설치 지원²⁾ 등 관련 정책을 증가시키고 있다. 그러나 근로시간 제한은 유예기간이 주어졌으며, 각종 첨단안전장치를 단시간에 모든 버스에 설치하기에는 시간과 예산의 한계가 있다. 따라서 효율적인 근로여건 개선 방안의 도출이 시급한 실정이다.

<Table 1> Summary of literatures review

Author & Year	Research Objectives	Analyzed Data	Methodology
Hakkanen and Summala, 2000	Driver sleepiness-related problems, health status, and prolonged driving among professional heavy-vehicle drivers	Survey	Logistic regression model
Park, 2010	Correlation between the accident severity and daily driving hours	Fedex, ABF freight, Schneider National Inc. driving records (2004)	Binomial logistic regression model
Lee, 2014	Effects of continuous driving hours to the driving patterns	DTG from taxi	Group comparative analysis between 'who has dangerous driving patterns' or not
Lee, 2016	Correlation between the accident and salary, attitude of driver, etc.	55 bus companies' data (Gyeonggi-do)	Regression Analysis
Lee et al., 2016	Development of accident index based on the driving behavior included the continuous driving hours	Trajectory from Navigation (1 year)	Pearson's correlation analysis
Kim et al., 2017	Correlation between continuous driving time and drowsy accidents	Trajectory from Navigation (weekdays 51days)	Estimation of safety performance function using the negative binomial regression model
Sung et al., 2017	Correlation between continuous driving time and driving patterns	DTG from express bus	Survival analysis
Kim et al., 2018	Driving pattern analysis of bus drivers based on the DTG	DTG from express bus	Descriptive statistics of each dangerous driving patterns, Correlation analysis, etc.
Kwon, 2018	The effects of tiredness and sleep for accidents of commercial vehicle drivers	Survey	t-test, Multiple regression analysis, Logistic regression analysis, etc.

이러한 문제의식으로부터 시작된 버스의 안전과 근로여건에 관한 연구는 근로환경에 관한 정량적 데이터 수집의 어려움으로 인해 활발히 이루어지지 못하고 있었으나 최근에는 디지털운행기록계(Digital TachoGraph, 이하 DTG)등 데이터 수집기술의 발달로 몇몇 연구들이 시도되고 있다. 버스운전자의 위험 운전 행동(Kim et

1) 2018년 3월 개정 근로기준법의 특례 사업(제 59조 근로시간 및 휴게시간의 특례)에서 여객자동차 운수사업 제외

2) 한국교통안전공단: M버스에 전방충돌경고장치 장착 지원 (2017년)

국토교통부: 각 시도 버스들의 비상자동제동장치 설치를 지원(2019) 예정

al., 2018), 버스운전자(Sung et al., 2017) 및 택시·일반 운전자(Kim et al., 2017; Lee et al., 2016; Lee, 2014)의 연속주행시간, 사업용 운전자의 1일 운행시간(Park, 2010; Hakkanene and Summala, 2000) 및 피로와 수면(Kwon, 2018)등을 비롯하여 임금을 포함하는 고용안정도(Lee, 2016)와 안전에 관한 연구들이 수행되었다.

그러나 위 선행연구들에서도 살펴볼 수 있듯이, 대부분 사업용 차량 전반에 관한 연구가 수행되었으며, 노선버스 운행 환경에 집중하여 분석된 연구는 드물었다. 특히 버스업종에 따라 다양하게 존재하는 근로환경을 반영할 수 있는 연구는 찾아보기 힘들었다. 최근, Yoon et al.(2018)의 연구에서 운송사업별 사고 심각도에 미치는 요인들에 관한 연구를 수행하였으나, 주로 도로환경 및 사고 직전 및 환경(속도, 안전벨트유무, 신호)등에 집중한 업종별 사고심각도 모형을 도출하여 근로환경을 구체적으로 고려하지 못하는 한계를 가진다. 또한, 업체별 사고요인 분석 시, 1일 근무시간, 해당 운전자 수, 임금, 휴게시간 등의 운전자의 근무환경 인자를 포함한 연구(Kwon and Kim, 2018)도 수행되었으나, 마을버스만을 그 대상으로 한정하였다는 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 업종별 및 근로 형태별 근로여건과 사고 등에 관한 통계분석을 수행하고 이를 바탕으로 더욱 안전한 근로여건 조성에 기여하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 업종 및 근로형태의 기준이 되는 여객자동차운수시장 동향을 살펴보고, 3장에서는 연구에 사용한 DTG데이터 등 기타 수집 데이터와 통계적 분석 방법인 분산분석 및 카이제곱 검증을 소개한 후, 4장에서 근로 형태에 따른 분석 결과를 서술한다. 마지막으로 5장에서 본 연구의 결론 및 향후 연구과제 등을 도출한다.

II. 여객자동차운수시장 동향 파악

여객자동차운수시장은 지역별·운송사업별 서로 다른 체계로 운영되고 있다. 따라서 버스 운송업종 및 근로 형태에 따른 근로여건과 사고를 분석하기에 앞서 여객자동차운수시장에 대한 노선버스 운송사업의 구분, 운전자의 근로 형태에 대한 정의는 필수적이다. 본 연구에서 분석한 여객자동차운수시장과 관련된 운송사업 및 버스운전자의 근로 형태에 대한 종류 및 정의는 다음과 같다.

1. 노선버스 운송사업의 구분

여객자동차운송사업법에 따라 노선버스 운송사업은 시내버스, 농어촌버스, 마을버스, 시외버스 등의 4가지 형태로 분류된다. 본 연구에서는 시내버스, 농어촌버스, 시외버스 등 3가지 버스형태에 대한 사고 분석을 수행하였으며, 마을버스의 경우 「여객자동차운수사업법 시행규칙」에 따라 행정당국의 사업면허를 인가 받아야 하는 운송사업과 달리 단순히 등록신청만으로 운송사업이 가능하기에 본 연구에서는 제외하였다. 본 연구에서 분석한 각 버스 운송사업의 종류 및 정의는 다음과 같다.

(시내버스) 도시 내 노선을 운행하며 지역주민의 편의 또는 지역여건 상 필요한 경우 행정구역 경계로부터 30km를 초과하지 않는 범위 내 연장가능

(농어촌버스) 군 또는 인구 30만 이하의 시구역내의 시내버스로 운행하며 지역주민의 편의 또는 지역여건 상 필요한 경우 행정구역 경계로부터 30km를 초과하지 않는 범위 내 연장가능

(시외버스) 시·군, 시·도 지역 간 노선을 운행하며 시외버스의 운행형태는 크게 고속형, 직행형, 일반형으로 구분

2. 노선버스 운전자의 근로형태 구분

버스운송업의 근로 형태는 1일2교대제와 전일제로 구분되며 전일제는 보편적으로 격일제와 복격일제로 운영된다. 4일 근로 후 2일 동안 휴식을 취하는 복복격일제 및 매월 정해진 기간 동안 근무하는 형태 또한 존재하나 그 비율이 매우 낮아 본 연구에서는 제외하였다. 본 연구에서 고려된 운전자의 3가지 근로형태 종류(그 외 제외) 및 정의는 다음과 같다.

(1일2교대제) 주·야로 나누어서 하루 8시간씩 근로하는 형태 (2 shifts per day, 1/2W)

(격일제) 주·야간을 모두 합친 시간동안 근로하는 것으로 18~20시간 동안 근로한 후 휴식시간을 취함. 즉, 하루 24시간 동안 일을 하고 하루를 쉬는 형태 (1 days work and then 1 day off, 1W1O)

(복격일제) 2일 일하고 1일 쉬는 근로형태로 1일 16시간~18시간 동안 2일을 근로한 후 1일 휴식을 취함. 대부분의 농어촌버스가 이러한 근로형태로 운영 (2 days work and then 1 day off, 2W1O)

(그외) 복복격일제(4일 근로 후 2일 동안 휴식을 취하는 근로형태) 및 전일근로로 월 21일 이상 근로하는 형태 또한 존재

Ⅲ. 분석용 자료구축 및 연구방법론

1. 분석용 자료구축 및 데이터 서술

본 연구는 각 버스회사 별 근로 형태 및 업종구분에 따른 버스운전자의 근로 환경 분석을 목표로 한다. 이를 위하여 전국 총 521개 버스회사에 대한 2017년 1월부터 12월까지의 일반적인 현황과 DTG를 교통안전공단으로부터 수집하였다.

DTG는 차량에 부착하여 이동거리, 속도, RPM, 중·횡방향 가속도, 브레이크 작동 여부, 위·경도 및 GPS 방위각 등의 정보를 수집하는 장치로, 현재 사업용 차량에 의무적으로 부착되어 초 단위의 운행정보를 전자식 기억장치에 자동으로 기록하고 있다. DTG는 차량 내부에서 발생하는 정보 및 위치정보 취득할 수 있어 차량 제어 및 교통 정보 생성에 활발히 사용 되고 있는 추세이다. 특히, 본 연구에서는 기존에 개별적인 취득이 어려웠던 차량의 주행거리 산출에 DTG 데이터를 활용하였으며, 업체별 차량의 총 주행거리 및 주행거리 대비 사고 수를 추정하였다. 이때, 수집된 DTG 데이터의 회사별 소속 차량 DTG 제출률이 상이하기 때문에 단순하게 제출된 DTG를 기반으로 회사별 총 주행거리를 산출한다면, 제출률이 높은 회사는 높은 주행거리를 가지고, 제출률이 낮은 회사는 낮은 주행거리를 가지는 문제가 발생한다. 따라서 이를 보정하기 위하여, 차량별로 표출되는 DTG 데이터를 각 차량이 소속된 버스회사를 기준으로 합산하여 회사별 차량 1대당 연평균 주행거리를 추정하였다. 이렇게 도출된 연평균 주행거리에 각 회사에 소속된 차량의 대수를 곱하여 각 회사의 총 주행거리를 최종적으로 도출하였다.

또한, 해당 업체들의 업종별·근로형태 데이터를 각 시·도 도로교통(혹은 물류)과 및 전국버스운송사업조합연합회의 보고서를 통해 수집하였다. 각 시·도 도로교통(혹은 물류)과로부터 수집된 데이터는 시외버스, 시내버스, 농어촌버스 등의 업종별 데이터와 1일2교대, 격일제, 복격일제 등의 근로 형태 데이터를 포함한다. 최종적으로 분석에 사용한 데이터의 형식은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Example data

	Company	Sectors	Working style	Area	Drivers	Number of buses	Total travel distance (km)	Accidents	EPDO
Data	A	Rural town	1W1O	Daejeon	46	38	2,941,985	4	12
	B	City	1/2W	Incheon	755	338	13,961,667	15	37
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	C	Intercity	2W1O	Seoul	416	185	5,772,2167	4	6
Source	Urban and Transportation Bureau (Information disclosure request)			Digital Tachograph data, Korea Transportation Safety Authority					

수집된 521개 버스 업체에 대한 데이터의 전처리작업을 통해 주행거리가 미 기입된 업체, 업종이 복수로 등록된 업체 및 근로 형태가 기타(20일 만근제, 월 18일 근무 6근2휴 등)인 업체 등 250개 업체를 제외하였다. 그 결과 총 271개(전체 모집단 대비 52.02%)의 유효업체 정보를 획득하였으며, 이를 최종 분석에 사용하였다. 수집된 버스 업체 및 우리나라 버스 전체 업종에 따른 운전자의 근무 형태에 대한 정보는 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Status of route-bus industry and driver

Division		Population			Sample	
		Number of drivers		Number of companies	Number of companies	Sample / Population
		Number	%			
City bus _Metropolitan	1/2W	35,431	94.19%	187	168	89.84%
	1W1O	1,998	5.31%	8	5	62.50%
	2W1O	187	0.50%	2	-	0.00%
	Total	37,616	100.00%	197	173	87.82%
City bus _Others	1/2W	3,790	12.30%	24	6	25.00%
	1W1O	20,820	67.59%	86	16	18.60%
	2W1O	6,194	20.11%	57	28	49.12%
	Total	30,804	100.00%	167	50	29.94%
Rural twon bus	1/2W	-	-	-	-	-
	1W1O	89	3.58%	2	-	0.00%
	2W1O	2,397	96.42%	84	32	38.10%
	Total	2,486	100.00%	86	32	37.21%
Intercity bus	1/2W	3	0.03%	1	-	0.00%
	1W1O	413	4.15%	3	-	0.00%
	2W1O	9,536	95.82%	67	16	23.88%
	Total	9,952	100.00%	71	16	22.54%
Total	1/2W	39,224	48.51%	212	174	82.08%
	1W1O	23,320	28.84%	99	21	21.21%
	2W1O	18,314	22.65%	210	76	36.19%
	Total	80,858	100.00%	521	271	52.02%

*NOTE: 1/2W_1일2교대제, 1W1O_적일제(1 days work and then 1 day off), 2W1O_복격일제(2 days work and then 1 day off)

2. 통계적 방법론

버스운전자의 근로환경에 따른 사고 차이를 통계적으로 검증하기 위하여 사고 특성이 범주형 자료인 경우 카이제곱 검증(chi-square test)을 수행하였으며, 연속형 자료에 대하여 분산분석(analysis of variance; ANOVA)을 실시하였다. 각 통계적 방법론에 대한 정의 및 특성은 다음과 같다.

1) Chi-square test

카이제곱 검증(Chi-square test)은 검정하고자 하는 변수들간의 독립성과 관련성에 대한 여부를 분석하기 위한 방법으로 변수들이 명목척도 혹은 서열척도일 경우 사용되는 방법론이다. 카이제곱 검정은 식(1)과 (2)로 표현될 수 있다.

$$Q_p = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^r \frac{(n_{ij} - m_{ij})^2}{m_{ij}} \quad (1)$$

$$m_{ij} = \frac{n_i n_{.j}}{n} \quad (2)$$

Q_p 는 피어슨 카이제곱 통계량(pearson chi-square statistic)으로 m_{ij} 는 i 번째 행 및 j 번째 열의 해당 자료에 대한 기대빈도를 나타내며, n_{ij} 는 부분 합을 의미한다. 본 연구에서는 카이제곱 검정을 통해 업종구분(시내버스, 시외버스, 농어촌버스)에 따른 근로 형태(1일2교대, 격일제, 복격일제)의 그룹 간 차이를 분석하였다.

2) ANOVA test

분산분석(analysis of variance, ANOVA)은 두 개 이상 다수의 집단을 비교할 때 이용하는 가설검정 방법으로 분산의 비교를 통해 얻어진 분포의 비율인 F분포를 이용한다. 1920년대 R.A. Fisher에 의해 만들어졌으며, 사회과학, 마케팅, 경영학, 심리학 등 다양한 학문 분야에서 활용되고 있다. 분산분석의 귀무가설 H_0 는 “근로 형태에 따라 운전자의 통행 및 사고 특성차이가 없다” 등 $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ 과 같은 것으로 설정할 수 있으며, 대립가설 H_1 은 “귀무가설 H_0 는 아니다”와 같은 형식으로 정의된다. 통계적으로 유의미한지 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05(혹은 5%)로 설정하였으며, 유의확률(p-value)가 0.05보다 작을 경우 귀무가설 H_0 는 기각되며 대립가설인 H_1 이 채택된다.

집단 간의 유의한 차이를 확인하기 위하여 사후분석을 수행하였으며 독립변수 집단 간 분산이 동질한 경우(등분산을 가정함) Scheffe 검정 결과를, 등분산이 가정되지 않았을 경우 Dunnett T3 검정결과를 활용하였다(Wilcox, 1987). 등분산 가정의 경우 분산의 동일성을 검정하는 Levene의 검정을 활용하였다(Brown et al., 1974).

IV. 연구결과

1. 업종구분에 따른 버스운전자의 근로 형태 분석

업종구분(시내버스, 농어촌버스, 시외버스 등)에 따라 버스운전자들의 근로 형태가 다른지 분석하기 위해 카이제곱 검증을 실시하였다. “버스 업체들의 업종구분과 운전자들의 근로 형태 간에는 차이가 존재하지 않

는다”를 귀무가설 H_0 로 설정한 후 카이제곱 분석으로 검증한 결과, 유의확률 0.00으로 귀무가설은 기각되었으며 대립가설이 채택되었다. 그 결과 업종구분과 근로 형태 간에는 통계적 유의수준 하에서 분포의 차이가 존재하는 것으로 조사되었다(p-value:.000).

특·광역시 지역에서 근무하는 대다수의 시내버스 운전자는 1일2교대제로 근무하고 있는 것으로 조사되었다(90.3%). 반면, 기타 지역에서 운행 중인 시내버스 운전자의 경우 격일제로 근무하는 비율이 67.6%로 가장 높았으며, 농어촌 및 시외버스 운전자들의 경우 복격일제 근무가 각 96.4% 및 95.8%로 가장 높게 조사되었다. 이처럼 버스운전자의 근로 형태는 근무 지역 및 업종에 따라 다른 것이 통계적으로 유의한 것으로 확인되었다 <Table 4 참조>.

<Table 4> Analysis of drivers' working style ratio by bus company business type

Division		Working style			χ^2/p		
		1/2W	1W1O	2W1O			
Category	City bus _Metropolitan	Frequency(%)	35,431(43.8%)	1,998(2.5%)	187(0.2%)	94179.6/ .000***	
		Expected frequency	18247.4	10848.7	8519.9		
	City bus _Others	Frequency(%)	3,790(4.7%)	20,820(25.7%)	6,194(7.7%)		
		Expected frequency	14942.9	8884.1	6977.0		
	Rural twon bus	Frequency(%)	0(0.0%)	89(0.1%)	2,397(3.0%)		
		Expected frequency	1206.0	717.0	563.1		
	Intercity bus	Frequency(%)	3(0.0%)	413(0.5%)	9,536(11.8%)		
		Expected frequency	4827.7	2870.2	2254.1		
	Total			48.5%	28.8%		22.6%

2. 버스운전자의 근로 형태에 따른 DTG 데이터 분석

버스운전자의 근로 형태(1일2교대, 격일제, 복격일제)에 따른 1) 운전자 1명당 주행거리, 2) 버스 주행거리 당 사고 수, 3) 버스 1대당 운전자 수, 4) 교통사고 1건 당 평균 EPDO에 대한 ANOVA 분석을 실시하였다. 그 결과 근로 형태에 따른 집단 간 차이는 대부분 통계적으로 유의한 것으로 조사되었다. DTG 데이터 기반 근로 형태에 따른 근로 여건 ANOVA 분석 결과는 <Table 5>와 같다.

버스 주행거리 당 사고 수를 분석한 결과 격일제로 근무하는 운전자들의 100만km 당 사고 수는 4.23회로 1일2교대 1.96건 및 복격일제 1.43건에 비해 압도적으로 높으며, 이 차이는 통계적으로 유의하게 조사되었다. 근무환경이 상대적으로 열악한 복격일제 운전자들의 평균 사고수가 낮게 나타난 것은 이들 운전자들의 대부분이 농어촌지역 혹은 교통격오지 등 상대적으로 교통사고 빈도가 낮은 지역에서 운행하기 때문으로 추정된다.

사고발생빈도나 사고율의 경우 사고의 심각도를 반영하지 못한다는 단점이 존재하기에 사고심각도를 정량화한 EPDO(Equivalent Property Damage Only)법을 적용하여 사건 당 평균 EPDO를 산출하였다. EDPO 사고 건수는 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$EPDO\text{사고건수} = \text{사망사고건수} \times 12 + \text{중·경상사고건수} \times 3 + \text{물피사고건수(부상건수)} \quad (3)$$

<Table 5> Analysis of DTG data by drivers' working style

Division	Working style	Average	Std.	p-value	Post-verification
$\frac{\text{Average mileage per month (km)}}{\text{Driver (1person)}}$	1/2W (a)	2553.99	818.60	0.000***	c>b>a
	1W1O (b)	3364.52	1280.83		
	2W1O (c)	5426.05	2517.05		
$\frac{\text{Nmber of accidents}}{\text{Mileage (million km)}}$	1/2W (a)	1.96	1.67	0.003***	b>a,c
	1W1O (b)	4.23	10.10		
	2W1O (c)	1.43	2.43		
$\frac{\text{Nmber of drivers}}{\text{Bus}}$	1/2W (a)	2.25	0.17	0.000***	a,b>c
	1W1O (b)	2.10	0.28		
	2W1O (c)	1.56	0.53		
$\frac{\text{EPDO}}{\text{Accident}}$	1/2W (a)	2.82	0.58	0.814	-
	1W1O (b)	2.75	0.70		
	2W1O (c)	2.88	1.55		

발생한 각 교통사고에 대해 사망사고의 경우 12점, 경상사고의 경우 3점, 물피사고 혹은 부상사고의 경우 1점으로 계산된다. 그 결과, 복격일제 근무형태 운전자의 사고 당 평균 EPDO가 2.88로 1일2교대 2.82 및 격일제 2.75에 비해 상대적으로 높게 나타났지만, 이 차이는 유의수준($\alpha=0.05$) 하에서 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 조사되었다(p-value: .814).

버스 1대당 운전자 수를 근로 형태별로 분석한 결과 1일2교대 근로 형태가 2.25명으로 격일제 2.10명, 복격일제 1.56명에 비해 높게 조사되었으며, 이 차이는 통계적으로 유의미하였다. 즉, 1일2교대의 경우 상대적으로 많은 운전자들로 인해 안정적인 버스 운행이 가능한 것으로 해석할 수 있다. 또한, 본 연구의 결과는 Kang(2018)에 의해 수행된 ‘버스운행 및 근로실태 현황’의 근무 형태별 대당 운전자 수 결과와 유사한 부분을 보였다(1일2교대 2.28명, 격일제 1.71명, 복격일제 1.47명). 이때, 격일제에서 나타나는 오차는 데이터 수집 기간 및 고속버스 운전자 포함 여부에 따라 달라진 것으로 추측된다.

근무 형태에 따른 운전자 1명당 한달 평균주행거리를 분석한 결과 1일2교대 근로 형태에서 2553.99km로 가장 짧게 나타났으며, 복격일제 근로 형태의 경우 5426.05km로 1일2교대 근로 형태에 비해 운전자들의 하루 평균 주행거리가 2배 이상 높게 조사되었다. 이는 운전자 1명당 주행거리는 버스 1대당 운전자 수와 높은 상관관계를 가지기 때문으로 판단되며, 또한 주로 시내버스가 1일 2교대제로 운영되고, 시외버스는 복격일제로 운영되는 부분도 원인 중 하나로 추정된다.

3. 버스 업종 구분에 따른 DTG 데이터 분석

다음으로 버스 업종 구분(시내버스_특광역시, 시내버스_기타, 농어촌버스, 시외버스)에 따른 DTG 분석을 4.2절과 동일한 변수 및 방법으로 실시하였다. 그 결과 사고건 당 EPDO를 제외한 나머지 변수에 대해서 업종구분에 따른 집단 간 차이가 통계적으로 유의한 것으로 조사되었다. DTG 데이터 기반 버스 업종에 따른 근로 여건 ANOVA 분석 결과는 <Table 6>과 같다.

<Table 6> Analysis of DTG data by bus company business type

Division	Category	Average	Std.	p-value	Post-verification
$\frac{\text{Average mileage per month (km)}}{\text{Driver (1person)}}$	City bus_Metropolitan (a)	2586.02	872.86	.000***	c>d>b>a
	City bus_Others (b)	3313.88	1278.17		
	Rural twon bus (c)	8894.05	2408.26		
	Intercity bus (d)	5376.50	1127.23		
$\frac{\text{Nmb of accidents}}{\text{Mileage (million km)}}$	City bus_Metropolitan (a)	1.95	1.66	.003***	b>a>c,d
	City bus_Others (b)	3.30	7.04		
	Rural twon bus (c)	0.47	0.61		
	Intercity bus (d)	0.95	1.01		
$\frac{\text{Nmb of drivers}}{\text{Bus}}$	City bus_Metropolitan (a)	2.24	0.17	.000***	a>b>c,d
	City bus_Others (b)	2.03	0.59		
	Rural twon bus (c)	1.29	0.09		
	Intercity bus (d)	1.38	0.16		
$\frac{\text{EPDO}}{\text{Accident}}$	City bus_Metropolitan (a)	2.79	0.55	.179	-
	City bus_Others (b)	2.86	0.71		
	Rural twon bus (c)	3.36	2.81		
	Intercity bus (d)	2.73	1.32		

버스 주행거리 당 사고 수를 업종 구분에 따라 분석한 결과 시내버스_기타 지역의 100만km 당 사고 수는 3.30회로 시내버스_특광역시 1.95회, 시외버스 0.95회, 농어촌버스 0.47에 비해 높게 나타났으며, 이 차이는 통계적으로 유의하게 나타났다. 시외버스 및 농어촌버스에 비해 시내버스의 사고 발생 빈도가 2배 이상 높게 조사되었다. 반면 업종구분에 따른 사고건 당 EPDO 차이는 농어촌 버스가 3.36으로 가장 높게 나타났으나, 근로형태에 따른 DTG분석 결과와 마찬가지로 통계적으로는 유의미하지 않게 분석되었다.

버스 1대당 운전자 수를 분석한 결과 시내버스_특광역시 지역이 2.24명으로 가장 높게 조사되었다. 다음으로 시내버스_기타 2.03명, 시외버스 1.38명, 농어촌버스 1.29명 순으로 높게 분석되었으며, 이 차이는 통계적으로 유의하다. 이는 1일2교대제를 주로 실시하는 시내버스의 경우 격일제 혹은 복격일제 근무를 수행하는 시외버스와 농어촌버스에 비해 상대적으로 많은 운전자가 필요하기 때문인 것으로 분석된다.

업종 구분에 따른 운전자 1명당 한달 평균주행거리 분석한 결과 시내버스_특광역시의 주행거리가 2586.02km로 가장 짧게 나타났으며, 시내버스_기타 3313.88km, 시외버스 8894.05km, 농어촌버스 5376.50km 순으로 높아졌다. 이는 운전자 1명당 하루 평균 주행거리가 버스 1대당 운전자 수 및 근로형태에 영향을 받았기 때문이다.

V. 결론

1. 연구 결론

본 연구는 버스운전자의 근로 형태·업종 구분에 따른 근로 환경 및 사고 특성 분석을 목표로 한다. 이를 위해 2017년 기준 277개 버스 업체에 대한 근무 유형 및 DTG 정보(주행거리, 사고 수, EPDO 등)를 획득하였

으며, 수집된 데이터를 카이제곱 검증과 ANOVA 분석 등의 통계적 방법론을 활용하여 분석하였다.

현재 버스운수업에 종사하는 근로자들의 경우 1일2교대 형식의 근무 비율이 48.5%로 가장 높았으며, 격일제 28.8%, 복격일제 22.6%순으로 높게 나타났다. 카이제곱 검증을 통해 버스 업종구분에 따라 근무 형태가 달라지는 것이 확인되었으며(p-value:.000), 특광역시 지역의 시내버스는 1일2교대제, 기타 지역의 시내버스는 격일제 근무, 그리고 농어촌버스 및 시외버스에 종사하는 근로자들의 경우 복격일제 형태로 근무하는 것으로 조사되었다.

운수종사자의 근로형태 및 업종구분에 따른 DTG 데이터 분석 결과, 사고발생 건당 EPDO를 제외한 나머지 변수들에 대한 그룹 간 차이가 통계적으로 유의미한 것으로 분석되었다. 근로형태 별 DTG 데이터 분석 결과 1일2교대제 버스 운전자들의 한달평균 주행거리가 2553.99km로 가장 낮게 분석되었으며, 이는 1일2교대제를 시행하는 버스 업체의 버스 1대당 운전자수(2.25명/대)가 격일제(2.10명/대) 및 복격일제(1.56명/대)와 비교하였을 시 상대적으로 높기 때문인 것으로 추측된다. 반면, 격일제 근무자들의 100만km 당 사고 건수는 4.23회로 1일2교대 1.96건 및 복격일제 1.43건에 비해 약 2배 이상 높게 분석되었는데 이는 근로형태에 따라 교통사고 위험성이 크게 달라질 수 있음을 의미한다.

업종구분에 따른 DTG데이터를 분석한 결과 기타지역에서 근무 중인 시내버스 운전자들의 100만km 당 사고 건수가 3.30회로 다른 지역에 비해 월등히 높게 분석되었다. 반면, 특광역시 지역의 버스 1대당 운전자수는 2.24명으로 분석되었으며, 이들의 한달 평균 주행거리는 2586.02km로 농어촌버스(운전자 1명 당 한달 평균 주행거리 8894.05km/명, 버스 1대당 운전자 수 1.29명/대) 및 시외버스(운전자 1명 당 한달 평균 주행거리 5376.50km/명, 버스 1대당 운전자 수 1.38명/대) 등 다른 지역 운전자들에 비해 근무환경이 상대적으로 좋은 것을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통하여 특광역시 지역의 운수종사자의 근로환경이 가장 우수한 것으로 확인되었으며, 1일2교대제를 시행하는 근로조건 하에서 사고가 상대적으로 적게 발생함을 확인할 수 있었다. 노선버스 사고 안전에 대한 경각심이 높아진 시기에 DTG 정보를 활용해 근로형태별·업종별 버스운전자의 근로 환경 및 사고 분석을 수행했다는데 연구의 의의가 있다. 본 연구의 결과가 노선버스 사고 감소를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 향후연구과제

노선버스의 사고원인 파악 및 안전관리를 위해 한국교통안전공단에서 DTG 자료 제출을 요구할 시 버스 사업자는 운행기록 자료를 제출하여야 한다. 매년 DTG 제출률이 높아지고는 있으나, 현행 제출률 산정 방법에 따르면 운행기록 전체가 아닌 부분 제출의 경우에도 제출한 것으로 인정하고 있어 운행환경에 대한 전반적인 분석은 불가능하다. 이에 본 연구는 전체 521곳의 노선버스 운수업체 중 52.02%(271곳)에 해당하는 유효표본만 획득할 수 있었다. 그러나 수집되는 표본 수에 따라 연구결과가 달라질 수 있는바 향후 더 많은 유효표본을 통한 분석 고도화를 진행할 필요가 있다. 또한, 운수업체가 배차정보를 운행기록분석시스템(eTAS)에 입력하면 이를 DTG 정보와 매칭하여 운전자 별 분석을 수행할 수 있지만, 대다수의 운수업체가 작성과 데이터 업로드의 번거로움을 이유로 배차정보를 입력하지 않고 있는 실정이다. 이러한 부분이 보완된다면 향후 DTG 기본 정보에 운전자 정보 및 차량 운행시간 데이터를 포함시켜 운전자 별 분석이 가능하게 된다. 이는 운전자별 맞춤 안전운행 교육 및 운전자와 운수업체의 보험료 산정 등에 있어 자료로 활용할 수 있어 버스 안전도 향상에 기여 하는 연구가 될 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 손해보험협회의 사업용 차량 교통사고 감소를 위한 제도개선 방안 연구 보고서에 작성된 내용을 수정·보완하여 작성하였습니다.

REFERENCES

- Brown M. B. and Forsythe A. B.(1974), "Robust tests for the equality of variances," *Journal of the American Statistical Association*, vol. 69, no. 346, pp.364-367.
- Fisher R. A.(1935), *Statistical Methods for Research Workers*, London: Oliver and Boyd.
- Hakkanen H. and Summala H.(2000), "Driver sleepiness-related problems, health status, and prolonged driving among professional heavy-vehicle drivers," *Transportation Human Factors*, vol. 2, no. 2, pp.151-171.
- Kim D., Kim S., Choi J. and Cho J.(2017), "The Statistical Correlation Between Continuous Driving Time and Drowsy Accidents," *Journal Korean Society of Transportation*, vol. 35, no. 5, pp.423-433.
- Kim S., Joo J., Choo S. and Lee H.(2018), "Analysis of Dangerous Bus Driving Behavior Using Express Bus Digital Tacho Graph Data," *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, vol. 17, no. 2, pp.87-97.
- Kwon J. and Kim D.(2018), "Through Statistical Model Estimation Analysis of Influential Factors of Bus Traffic Accidents in Seoul City," *Proceeding for Smart Mobility: New Horizon*, pp.367-375.
- Kwon S.(2018), *Risk factors associated with traffic accidents among occupational drivers based on fatigue and sleep assessment*, Yonsei University.
- Lee D.(2016), "Identifying factors that affecting bus accident in Gyeonggi-do using linear regression analysis," *Proceeding for 2016 Autumn Conference of Korea Institute of ITS*, pp.242-246.
- Lee J.(2014), *A Study on Deceleration and Acceleration Behavior According to the Driving Duration of the Corporation Taxi*, Seoul National University.
- Lee S., Chang H., Cheon S., Baek S. and Lee Y.(2016), "Development of Traffic Accident Index Considering Driving Behavior of a Data Based," *Journal Korean Society of Transportation*, vol. 34, no. 4, pp.341-353.
- Park S.(2010), "Analysis of Motor Carrier Crash Risk with Driver Hours of Service," *International Journal Roadway Engineering*, vol. 12, no. 1, pp.21-27.
- Sung N., Lim J., Jang H. and Park T.(2017), *Improvement of Driving and Rest Hours for Commercial Vehicle Drivers: Focusing on Passenger Car Transport*, The Korea Transport Institute.
- Wilcox R. R.(1987), "New designs in analysis of variance," *Annual Review of Psychology*, vol. 38, no. 1, pp.29-60.
- Yoon S., Kho S. and Kim D.(2018), "Factors Influencing Crash Severity by the Types of Bus Transportation Services Using Ordered Probit Models," *Journal Korean Society of Transportation*, vol. 36, no. 1, pp.13-22.