

좌석안전띠 미착용 경고장치의 의무 장착에 따른 효과분석

The Effectiveness for Consolidating Fitment of Safety Belt Reminder

장 정 아*
(Jeong Ah Jang)
(Ajou University)

심 소 정**
(Sojung Shim)
(Korea Automobile Testing &
Research Institute)

김 영 선***
(Young Sun, Kim)
(Korea Transportation Safety
Authority)

요 약

좌석 안전띠는 자동차 안전장치 중 차량의 안전상 가장 중요하고 효과적인 장치로 알려져 왔다. 우리나라의 경우 운해중 안전띠의 착용률, 특히 뒷좌석의 착용률이 낮다. 최근 조사 자료에 의하면 뒷좌석의 안전띠 착용률은 20%의 수준이다. 최근 좌석 안전띠 미착용 알람장치(Seat Belt Reminder, SBR)를 의무화하는 것을 고려중에 있다. 본 연구는 SBR의 의무화할 경우의 도입효과에 대한 분석이다. 본 연구에서 안전띠 착용효과는 해외의 연구사례(Evans(1991) 모형)를 준용하였다. 주요 변수로 안전띠 초기착용률은 국내 조사자료, SBR로 인한 목표 착용률은 운전자 순응도에 따른 시나리오에 따라 추정하였다. 연구 결과, 좌석안전띠 미착용 경고장치의 운전자 순응비율이 90%이상일 경우 매해 119명의 사망자의 감소효과를 가져올 것이고, 편익비용비가 1.84에 달할 것으로 분석되었다.

핵심어 : 좌석안전띠 미착용 경고장치, 효과분석, 편익·비용 분석, 좌석안전띠 착용률, 손익분기점

ABSTRACT

It is widely recognised that the safety-belt is one of the most important and effective vehicle safety features. Nevertheless, actual safety-belt wearing rates are low in Korea, especially rear seats. In Korea, rear seat safety-belt use can be as low as 20%. Consolidating fitment of Safety Belt Reminder(SBR) is one of means to improve belt wearing rates. In this paper, we use the effect of wearing seat belt model as Evans(1991) model. As a key parameter, initial wearing seat belt rates is studied and final wearing seat belt rates is used as scenario related a human compliance variables. In this study, benefit analysis is performed when the effective SBR is made mandatory for all passenger car seat. According to study results, when the fitment of SBR is made mandatory for all passenger car seats in Korea, 119 lives are expected to be saved annually with a 90% observance rate of the SBR. In the same condition, benefit-cost ratio will be 1.84.

Key words : Safety-belt reminder, Benefit assessment, Cost-benefit analysis, Safety-belt wearing rate, Break-even values

† 본 연구는 2016년도 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받은 “15TLRP-C108635-01” 일환으로 수행하였음

* 주저자 : 아주대학교 TOD 기반 도시교통연구센터 연구교수

** 교신저자 : 교통안전공단 자동차안전연구원 연구기획실 책임연구원

*** 공저자 : 교통안전공단 철도항공교통안전본부 철도기술처 과장

† Corresponding author : Sojung Shim(Korea Automobile Testing & Research Institute), E-mail sjshim@ts2020.kr

† Received 20 September 2016; reviewed 18 October 2016; Accepted 22 November 2016

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

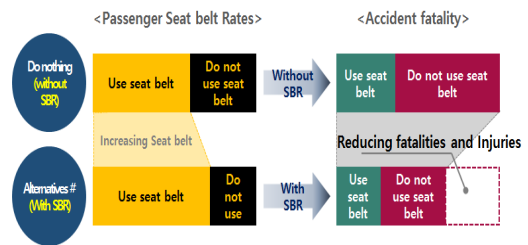
120년의 자동차의 역사에서 좌석안전띠(Safety Seat Belt) 역사는 불과 절반에도 못 미친다고 한다. 좌석 안전띠는 교통사고 시 탑승객 거동을 구속하여 탑승객을 보호하는 일차적인 안전장치이다. 유럽에서는 안전벨트 착용으로 교통사고 사망률이 40% 감소하였다[1]. 미국 고속도로 교통안전기관의 통계에 따르면 10년 동안 미국에서 안전띠가 구한 생명은 5만 명이 넘고 130만 명이 부상을 피했다고 한다. 우리나라의 경우 1978년에 안전띠 장착 의무화를 하였고, 1986년 자동차전용도로에서 안전띠 착용을 의무화하였다. 그러나 우리나라의 좌석안전띠 착용률은 선진국에 비해, 특히 뒷좌석의 경우 매우 저조한 편이다. Road Safety Annual Report[1]에 따르면, 독일은 앞좌석, 뒷좌석 모두 약 97%, 프랑스는 앞좌석 98%, 뒷좌석 84%의 안전띠 착용률을 보이는 반면 우리나라의 경우 운전자석 89%, 전방탑승자석 75%, 그리고 뒷좌석 22%로 매우 낮은 수치를 보이고 있다[2].

일반적으로 안전띠 착용률을 높이는 방법은 강제적인 법적 근거와 단속체제를 이용하는 방법, 좌석 안전띠 미착용 경고장치의 의무장착 추진 및 차량 안전도 평가에 가점을 주는 방안[3], 안전띠 착용 캠페인 등의 문화 계도 방법 등 다양할 수 있다. 이중 최근 국토교통부를 중심으로 좌석 안전띠 미착용 경고장치(Seat Belt Reminder, 이하 SBR)를 승용차의 모든 좌석에 의무적으로 설치하는 방안을 추진하고 있다. 국제적인 추세로 2016년 11월 유엔 유럽경제위원회(UNECE) 자동차 기준 관련 국제회의를 통해 안전띠를 착용하지 않은 경우 경고음이 울리는 장치를 승용차 모든 좌석에 설치하도록 국제기준을 개정하는 방안이 확대하려는 움직임이다. 이러한 법규는 승용차와 5인승 이하 소형 화물트럭 등은 모든 좌석에 SBR를 설치하도록 하는 것이다. 각국의 자동차안전기준을 규제하는 데 있어 각 나라별로 교통, 도로 및 자동차 환경이 다르기 때문에 안전기준의 효과를 각국에 맞추어 확인하는 것은

중요한 방법이다. 국내에서는 이와 관련된 연구가 미비한 실정이다. 본 연구는 국내 실정에 적합한 데이터를 근간으로 SBR 의무 장착 방안에 대한 비용 및 효과를 정량화하기 위한 연구이다. 이러한 정량화된 결과는 정부 정책의 실효성을 판단할 수 있는 중요 지표로 활용이 가능하다.

2. 연구의 분석 개념도

본 연구의 분석 개념도는 <Fig 1>과 같다. 기존에 안전띠를 사용하지 않던 운전자 및 탑승객이 SBR의 경고알림(소리, LED 등)을 통하여 추가로 안전띠를 사용함으로써 사망, 부상 등의 사고 감소 효과를 정량화하여 비용편익에 대한 효과분석을 수행한다. 연구범위로 우리나라 사고예측, SBR 효과 분석모형 및 시나리오에 따른 경제성 분석을 실시하였다.



<Fig. 1> The analysis framework

본 연구에서 사용한 주요 용어와 참조 자료를 간략히 정리하면 다음과 같다.

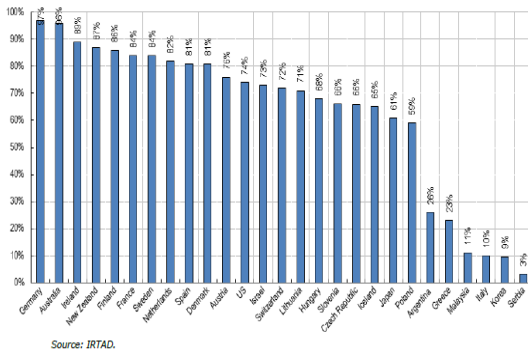
- 승용자동차: 자동차 관리법상 승용차 국내에서 생산 중 내수 승용차와 수입승용차 (한국자동차산업협회의 2008-2013년 데이터 사용[4])
- 안전띠 착용 효과: 안전띠를 착용함 유무에 따라 탑승위치별 사망/중상/경상에 영향을 준 효과로 미국, 유럽, 호주 지역의 29개 조사자료에 대한 분석 결과 활용[5, 6]
- 좌석안전띠 미착용 경고장치(SBR)의 운전자 순응비율: SBR를 설치할 경우 안전띠를 매지 않던 운전자가 알림에 따라 안전띠를 매는 비율
- 국내 안전띠 착용률: 탑승위치별 안전띠 착용률[2]

- 장래 SBR 설치에 따른 안전띠 착용률 및 차량 점유율: 장래 SBR설치 시 운전자의 예상 안전띠 착용률/ 장래 SBR설치 후 전체 차량 중 SBR 설치 차량의 비율(시장점유율)
- 승용차 탑승 위치: 운전자석, 동승자석, 뒷좌석
- 승용차 교통사고 (사망, 중상, 경상, 부상신고): 연도별 사고 데이터에서 보행자사고를 제외한 사고(차대차, 차대사람) 중 승용차 사고만 활용[7]
- 사상을 변화 모형: 안전띠 착용률의 변화에 따른 사고유형별 사상자수의 감소에 대한 모형 [6, 8]
- 연간 교통사고 비용: 사망자/중상자/경상자/부상신고자 사고비용(건당 연간)[9]
- 인구수: 통계청 홈페이지 자료 참고[10]
- 자동차등록대수: 국토교통부 홈페이지 참고[11]

II. 관련 연구동향

1. 국가별 좌석 안전띠 착용률

OECD(2014) 자료[1]에 의하면 세계 각국의 안전띠 사용현황은 앞좌석은 80-100% 정도이며, 뒷좌석은 <Fig. 2>와 같이 Serbia가 3%부터 독일, 호주는 90%이상을 달한다.



<Fig. 2> Seat-belt use on rear seats in IRTAD member countries (OECD, 2014)

2. 좌석안전띠 착용 효과

1960년대 스웨덴의 연구에 의하면 좌석안전띠의

착용은 운전자석의 경우 약 57%의 상해감소효과, 높은 속도에서는 48%의 감소효과를 보이고, 모든 탑승자의 경우 낮은 속도에서 63%, 높은 속도에서 55%의 상해감소효과를 보인다고 알려져 있다[12]. 1960년-1970년대의 미국의 조사에 의하면, lap belt 형태를 착용한 탑승자의 경우 치사율 73%, 부상을 53%가 그렇지 않은 그룹보다 더 낮게 나타났다. 3 point belt 형태를 착용한 탑승자의 경우 중상율은 60%, 경상자수는 41%가 그렇지 않은 그룹보다 더 낮게 나타났다. EU iMobility 효과 분석 데이터베이스 웹페이지[13]에서는 좌석 안전띠의 착용은 50%의 부상의 감소를 가져오며, SBR(소리, 디스플레이 형태)를 가진 시스템은 23%에서 11%의 좌석 안전띠의 미사용을 감소시킬 수 있다고 한다. Elvik (2009)에서는 29개의 안전띠 착용효과 분석 논문들에 대한 메타분석 결과로 아래와 같이 정리하여 제시하였다[5].

- 차량과 벤의 운전자의 안전띠 착용효과: 사망은 50%의 감소효과, 중상은 45%, 경상은 25%의 감소효과를 보임

- 조수석의 안전띠 착용효과: 사망은 45%의 감소효과, 중상은 45%, 경상은 20%의 감소효과를 보임

- 뒷좌석의 안전띠 착용효과: 사망은 25%의 감소효과, 중상은 25%, 경상은 20%의 감소효과를 보임

우리나라의 안전띠 착용과 미착용에 따른 사망자수, 부상자(경상, 중상 등)의 효과는 교통사고 통계나 의료교통사고 통계 등의 자료에 근간하여 유의한 수준으로 도출된 사례가 없는 실정이다.

3. 좌석안전띠 미착용 경고장치의 효과분석 사례

통상적인 ESBR의 효과분석은 사고데이터를 근간으로 추정하는 방법이 일반적이다. 즉 사고가 발생된 차량에 대하여 심층데이터(Accident in-depth data)에서 좌석별 승객의 사망/부상정도와 차량의 장착 안전장치등을 고려하여 판단한다. 미국 Federal Motor Vehicle Safety Standard (FMVSS) 데이터를 이용하여 Enhanced seat belt reminder systems (이하, ESBRs)의 운전자석, 앞좌석의 효과를 분석하였다 [14]. ESBR의 효과로 ESBR 장착차량이 없는 차량

에 비해 앞좌석의 경우 3.3% 정도 안전띠 착용률이 높았다.(범위: 2.6-4.1%) Lie et al.(2008)의 연구[15]에서는 유럽의 7개 도시의 몇 종의 차종에 대한 SBR 설치유무에 따른 착용률을 조사하였는데, EuroNCAP 표준을 충족시키는 SBR를 장착한 차량의 97.5%가 안전띠를 착용하였고, mild SBR을 설치한 차량은 93.2%, SBR이 없는 차량은 85.5%의 안전띠 착용률을 보였다. Charles et al.(2010)의 연구에서는 미국의 2000년-2007년의 자동차등록대수, 사망자수의 데이터를 분석하여 ESBRs가 있을 경우와 그렇지 않을 경우를 비교 분석하였다[16]. ESBR 설치 차량과 그렇지 않은 차량 간의 운전자석 치사율은 약 6%의 차이가 존재하였고, GM, Honda 등의 자동차 제조업체별로 데이터를 분석 제시하였다. TRL(2014)의 CPR1818 보고서에서는 SBR설치 효과에 대한 손익 분기점을 정량화시켰다[6]. 상기 연구에서는 Eurostat 데이터를 이용하여 차량유형별 전체 차량(예, 승용 22,542만대)과 SBR 장착차량 108만대에 대하여 2015년-2025년 동일 비율일 경우로 가정하여 수행하여, 사상률모델[8]을 기반으로 현재 안전띠 착용률(앞좌석: 69-99%)사고심각도별 감소효과를 예측하였다. Elvik and Vaa(2009)는 각기 다른 나라의 연구 29개의 메타 분석을 실시하여 안전띠의 효과를 정립하였고 이를 기반으로 유럽의 차량 안전성 평가를 위한 NCAP 기준을 만드는데 지속적으로 활용하고 있다[5].

우리나라의 경우 앞에서 설명한 주요 방법론에 근거한 심층데이터가 구축되어 있지 않아 상기 방법으로 효과 분석을 수행할 수 없다. 이 경우 다른 나라의 값을 그대로 우리나라에 적용하여 판단하기에는 현재 좌석위치별 좌석안전띠 초기 착용률 현황, 사고발생상황(치사율 등)이 다르기 때문에 SBR 도입 비용 대비 사고감소편익화하는데 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 참조할 수 있는 해외지표와 국내지표를 연관하여 SBR의 효과를 추정하였고, 특히 SBR의 설치시 승객이 이를 따를 지에 대한 순응도 효과는 시나리오화 하여 가장 좋은 경우, 보통의 경우, 좋지 않은 경우로 나누어 추정하는 방법론을 채택하였다.

III. 효과분석 방법 및 기반자료예측

1. 안전띠 착용에 따른 인체 상해율 감소 모형

좌석 안전띠 착용률의 증가됨에 따라 운전자 및 탑승객의 안전도가 높아질 것으로 예상되며 이와 관련된 연구로 Evans(1991) 모형이 대표적이다[8]. 식 (1)의 Evans(1991) 모형에서는 사상률감소 비율(F)은 초기 안전띠 착용률(u_i)과 목표 안전띠 착용률(u_f)과의 관계와 안전띠 착용효과(E)의 관계이다.

$$F = \frac{E(u_f - u_i)}{1 - Eu_i} \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

- F = 사상자수의 감소 부분
- E = 좌석 안전띠 착용 효과
- u_f = 최종(목표) 좌석 안전띠 착용률
- u_i = 초기 좌석 안전띠 착용률

외국의 사례와 같이 국내 의료현황 데이터(예, 안전띠 착용유무와 사고심각도 관계)의 부족으로 국내 안전띠 착용효과를 분석하기 어렵고, 안전띠 착용에 따른 사고 감소효과 모델도 데이터 부족으로 모형화하기는 어려운 실정으로 본 연구에서도 상기 모형을 적용하였다.

우리나라 초기 안전띠 착용률(u_i)은 <Table 1>과 같은 Transportation Safety Authority(2015)[2]에서 조사된 자료를 사용하였다. 조사된 자료에는 차량의 앞좌석 및 뒷좌석의 좌석 안전띠 착용률을 포함한다.

<Table 1> Seat belt wearing rate in Korea

| Seat belt wearing rate (%) | front seat (driver, rearside) | rear seat passengers |
|----------------------------|-------------------------------|----------------------|
| freeway | 89.30% | 16.20% |
| roadway | 82.10% | 22.50% |

일반도로를 기준으로 국내 운전자들의 좌석별 탑승여부는 <Table 2>와 같고, 현재 평균재차인원 1.36명을 앞좌석, 조수석, 뒷좌석의 탑승위치 비율을 근간으로 좌석별 착용률을 기준을 적용하였다.

<Table 2> Distribution of seating position in Korea(2)

| driver | front seat passengers | rear seat passengers | average occupancy |
|--------|-----------------------|----------------------|-------------------|
| 100% | 25.10% | 10.60% | 1.36 |

2. 데이터 조사 및 분석

1) 데이터 분석 항목

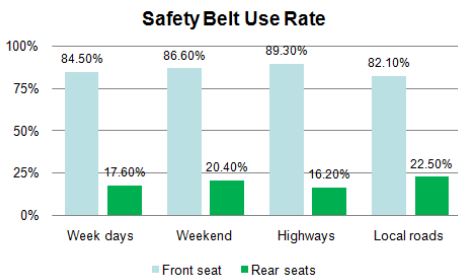
SBR 도입 효과분석에 필요한 비용 및 편익과 관련된 데이터 항목은 다음과 같다.

- 비용: (기존)SBR 설치차량 현황(2012년~2015년) [4], SBR 설치비용
- 편익: 교통사고 현황(1999년~2013년)[7], 안전띠 착용률(2015년)[17], 교통사고 비용(2013년) [9]
- 공통항목: 인구수(1983년~2013년)[10], 자동차등록대수(1983년~2013년)[11], 승용자동차 신차 생산대수(2008년~2013년)[4]

위 항목 중 비용에 해당하는 SBR 설치차량 현황 및 설치비용 국내 제작사(대당 35,000원 추가설치비용 예상)를 통하여 제공받았다. 인구수 및 자동차등록대수는 시계열모형이 ARIMA 모형을 이용하여 2015년~2024년까지 10년간의 데이터를 예측하였다.

2) 우리나라 안전띠 착용률

편익에 해당하는 안전띠 착용률은 2015년 2월 교통안전공단 자동차안전연구원에서 조사한 데이터 [2]인 <Table 1>과 <Table 2>를 활용하였으며, 편익에 해당하는 교통사고 사상자 감소분을 비용으로 환산하기 위해 필요한 교통사고 비용은 Road Traffic Authority(2014)의 사고비용[9]을 활용하였다.



<Fig. 3> The results of seat belt wearing rate in Korea (2)

3) 교통사고 예측

우리나라의 교통사고 사망자, 중상자, 경상수 데이터를 기초로 2015년~2024년까지의 교통사고 예측 모형을 도출하기 위해 인구수, 자동차등록대수, 사망자(중상자 수 혹은 경상자 수)를 변수로 지수모형 [15, 16]으로 모형화를 수행하였고, 연도별 예측값은 <Table 3>과 같다. 사망자수 모델은 <Fig. 4>, 중상자수 모형은 <Fig. 5>와 같다.

- 사망자수: $D/P = 45.29 \times e^{-5.068N/P}$ 식 (2)

$R^2 = 0.9508$

- 중상자수: $K/P = 1163.3 \times e^{-5.859(N/P)}$ 식 (3)

$R^2 = 0.9641$

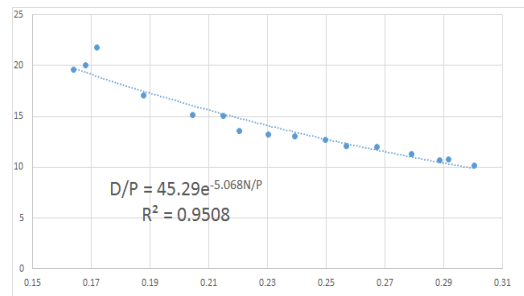
여기서, D: 연간 사망자수[7]

N: 자동차등록대수(승용차)[11]

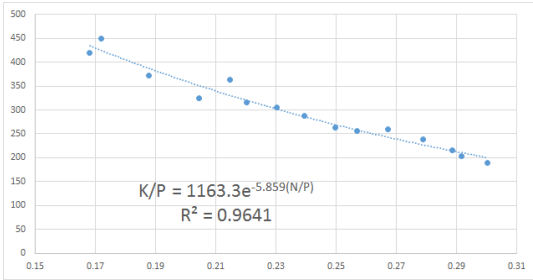
P: 인구수[10]

K: 연간 중상자수

이러한 모형은 Csaba(2013)[17]의 연구에서 나라별 인구수, 자동차등록대수와 사망자수는 지수모형으로 적합도 있게 추정이 가능함을 확인된 바 있다. 상기 사례에서 확인된 지수모형화를 우리나라의 교통사고 데이터 이용하여 연차별 사망자수, 중상자수를 기반으로 지수모형으로 추정된 결과 R^2 가 0.9508과 R^2 가 0.9641로 나타나 본 연구에서도 이를 사용하였다. 부상자수는 중상자와 경상자수로 나눌수 있는데 중상자의 경우 모형의 적합도가 높았지만 경상자수만으로는 지수모형의 적합하지는 않아, 경상자수의 예측은 중상자수와 동일한 수준으로 예측하였다.



<Fig. 4> Fatality prediction model



〈Fig. 5〉 Injury prediction model

이러한 교통사고 예측의 초기값은 본 연구에서 중요한 지표로 판단되어 예측모형을 수행하였으나, 실제 SBR의 효과분석에 있어서는 초기 교통사고예측값 대비하여 SBR의 장착효과비를 이용하여 B/C를 산출하기 때문에 실제적으로 초기값은 B/C에 영향을 주지 않아 교통사고의 예측력의 신뢰성은 본 연구에서 중요한 지표가 되지 않았다.

〈Table 3〉 Accident prediction data (unit: persons)

| Year | Fatalities | Serious injuries | Minor Injuries |
|------|------------|------------------|----------------|
| 2014 | 4,920 | 99,252 | 99,252 |
| 2015 | 4,768 | 95,629 | 95,629 |
| 2016 | 4,702 | 93,904 | 93,904 |
| 2017 | 4,582 | 91,015 | 91,015 |
| 2018 | 4,510 | 89,182 | 89,182 |
| 2019 | 4,410 | 86,771 | 86,771 |
| 2020 | 4,337 | 84,963 | 84,963 |
| 2021 | 4,250 | 82,888 | 82,888 |
| 2022 | 4,180 | 81,165 | 81,165 |
| 2023 | 4,103 | 79,331 | 79,331 |
| 2024 | 4,037 | 77,718 | 77,718 |

4) 좌석안전띠 미착용 경고장치의 장착비를 예측

2015년 8월 현재 좌석안전띠 미착용 경고장치는 승용자동차의 운전자석을 제외하고는 제작사가 선택적으로 설치할 수 있다. 국내 현대-기아 자동차에서 생산된 SBR 장착 현황을 바탕으로 향후 2024년까지 신차 승용자동차에 대해 100% SBR 의무장착할 경우 장착한 자동차의 비율을 예측한 결과는 <Table 4>와 같다.

〈Table 4〉 Prediction of SBR equipment car

| Year | Number of passenger vehicle | Number of new registration on car | SBR 100% | | |
|------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|
| | | | New SBR equipment car | Total SBR equipment car | Occupancy rate of SBR car |
| 2010 | 13,631,769 | 1,465,426 | 17,012 | 17,012 | 0% |
| 2011 | 14,136,478 | 1,474,637 | 123,720 | 140,732 | 1% |
| 2012 | 14,577,193 | 1,410,857 | 115,777 | 256,509 | 2% |
| 2013 | 15,078,354 | 1,383,358 | 115,572 | 372,081 | 2% |
| 2014 | 15,579,508 | 1,463,893 | 272,709 | 644,790 | 4% |
| 2015 | 16,080,662 | 1,479,410 | 1,479,410 | 2,124,200 | 13% |
| 2016 | 16,581,815 | 1,495,091 | 1,495,091 | 3,619,291 | 22% |
| 2017 | 17,082,969 | 1,510,939 | 1,510,939 | 5,130,229 | 30% |
| 2018 | 17,584,123 | 1,526,954 | 1,526,954 | 6,657,184 | 38% |
| 2019 | 18,085,277 | 1,543,139 | 1,543,139 | 8,200,323 | 45% |
| 2020 | 18,586,430 | 1,559,496 | 1,559,496 | 9,759,819 | 53% |
| 2021 | 19,087,584 | 1,576,026 | 1,576,026 | 11,335,845 | 59% |
| 2022 | 19,588,738 | 1,592,732 | 1,592,732 | 12,928,577 | 66% |
| 2023 | 20,089,892 | 1,609,614 | 1,609,614 | 14,538,191 | 72% |
| 2024 | 20,591,045 | 1,626,675 | 1,626,675 | 16,164,866 | 79% |

5) 좌석안전띠의 장착에 따른 사고감소 비율

좌석안전띠에 의한 국내 사고감소효과 모형은 식 (1)을 이용하여 추정하였다. 그중에 좌석 안전띠 착용 효과인 E는 <Table 5>를 사용하였다. 국내 좌석안전띠만을 이용한 사고감소효과 지표가 없기 때문에 Elvik(2009) 연구를 준용하였는데 29개의 안전띠 착용효과 분석데이터에 대한 메타데이터 분석 결과에 대한 것이다. 해당 추정치는 승용자동차의 모든 사고형태의 사망자, 중상자 그리고 경상자를 대상으로 좌석안전띠 착용에 따른 효과분석이다.

〈Table 5〉 Seat belt effectiveness (Elvik and Vaa, 2009)

| | Driver | | Front seat passenger | | Rear seat passenger | |
|------------------|---------------|--------|----------------------|--------|---------------------|--------|
| | Best estimate | 95% CI | Best estimate | 95% CI | Best estimate | 95% CI |
| Fatal injuries | 50% | ± 5% | 45% | ±10% | 25% | ±10% |
| Serious injuries | 45% | ± 5% | 45% | ±15% | 25% | ±15% |
| Minor injuries | 25% | ± 5% | 20% | ±5% | 20% | ±15% |
| All injuries | 28% | ± 5% | 23% | ±6% | 21% | ±15% |

IV. 경제성 분석 결과

1. 시나리오 설정

평가지표들의 예측은 2015년부터 10년간 예측 분석하며 2024년을 목표연도 설정하여 B/C분석을 실시하였다. 본 연구에서는 사고효과 분석을 위한 시나리오로 다음과 같은 세 가지 대안을 설정하였다.

- 대안 0은 현재 향후 SBR의 설치 비율이 현재 국산 신차에 설치된 비율대로 유지

- 대안 1~3의 경우, 향후(2015년 이후) 출시되는 모든 국산 신차에는 SBR이 설치되는 것으로 가정하고, SBR이 설치됨에 따라 운전자 및 탑승자가 경고장치에 의해 좌석안전띠를 착용할 순응비율을 각각 50%, 70%, 90%라고 가정

SBR 설치에 따른 좌석 안전띠의 목표 착용률은 [(각 좌석(운전자석, 동승자석, 뒷좌석)의 초기 좌석 안전띠 착용률)+(좌석 안전띠 미착용률)×(SBR의 순응비율)]이라 계산하였으며, <Table 6>과 같다.

<Table 6> Alternative scenarios

| | Compliance rate of SBR | Target Seat belt wearing rate with SBR [%] | | |
|---------------|------------------------|--|----------------------|---------------------|
| | | Driver | Front seat passenger | Rear seat passenger |
| Do-nothing | 0 | 82.1 | 82.1 | 22.5 |
| Alternative 1 | 50% | 91.1 | 91.1 | 61.3 |
| Alternative 2 | 70% | 94.6 | 94.6 | 76.8 |
| Alternative 3 | 90% | 98.2 | 98.2 | 92.3 |

2. 시나리오별 사상자수 변화 예측

위에서 언급한 사고감소효과 모형, 설정된 분석 시나리오를 기반으로 사망자, 중상자, 그리고 경상자의 변화 예측치는 <Table 7>~<Table 9>와 같다.

- 시나리오 1: 좌석안전띠 미착용 경고장치(SBR)의 운전자 순응비율 50%, 매해 평균 66명을 사망자 감소 효과를 가져올 것으로 예상됨

<Table 7> Estimated number of casualties at alternative 1

| Year | Driver | | | Front seat passenger | | | Rear seat passenger | | |
|------|----------------|------------------|----------------|----------------------|------------------|----------------|---------------------|------------------|----------------|
| | Fatal injuries | Serious injuries | Minor injuries | Fatal injuries | Serious injuries | Minor injuries | Fatal injuries | Serious injuries | Minor injuries |
| 2014 | 74 | 1,251 | 1,248 | 16 | 314 | 238 | 11 | 213 | 381 |
| 2015 | 71 | 1,206 | 1,203 | 15 | 303 | 230 | 10 | 205 | 367 |
| 2016 | 70 | 1,184 | 1,181 | 15 | 297 | 225 | 10 | 201 | 360 |
| 2017 | 69 | 1,148 | 1,145 | 15 | 288 | 219 | 10 | 195 | 349 |
| 2018 | 68 | 1,124 | 1,122 | 14 | 282 | 214 | 10 | 191 | 342 |
| 2019 | 66 | 1,094 | 1,091 | 14 | 275 | 208 | 9 | 186 | 333 |
| 2020 | 65 | 1,071 | 1,068 | 14 | 269 | 204 | 9 | 182 | 326 |
| 2021 | 64 | 1,045 | 1,042 | 13 | 262 | 199 | 9 | 178 | 318 |
| 2022 | 63 | 1,023 | 1,021 | 13 | 257 | 195 | 9 | 174 | 311 |
| 2023 | 61 | 1,000 | 998 | 13 | 251 | 191 | 9 | 170 | 304 |
| 2024 | 60 | 980 | 977 | 13 | 246 | 187 | 9 | 167 | 298 |

- 시나리오 2: 좌석안전띠 미착용 경고장치(SBR)의 운전자 순응비율 70%, 매해 평균 93명을 사망자 감소 효과를 가져올 것으로 예상됨

<Table 8> Estimated number of casualties at alternative 2

| Year | Driver | | | Front seat passenger | | | Rear seat passenger | | |
|------|----------------|------------------|----------------|----------------------|------------------|----------------|---------------------|------------------|----------------|
| | Fatal injuries | Serious injuries | Minor injuries | Fatal injuries | Serious injuries | Minor injuries | Fatal injuries | Serious injuries | Minor injuries |
| 2014 | 103 | 1,752 | 1,747 | 22 | 440 | 334 | 15 | 298 | 533 |
| 2015 | 100 | 1,688 | 1,684 | 21 | 424 | 321 | 14 | 287 | 514 |
| 2016 | 99 | 1,658 | 1,653 | 21 | 416 | 316 | 14 | 282 | 504 |
| 2017 | 96 | 1,607 | 1,602 | 20 | 403 | 306 | 14 | 273 | 489 |
| 2018 | 95 | 1,574 | 1,570 | 20 | 395 | 300 | 14 | 268 | 479 |
| 2019 | 93 | 1,532 | 1,528 | 20 | 384 | 292 | 13 | 261 | 466 |
| 2020 | 91 | 1,500 | 1,496 | 19 | 376 | 286 | 13 | 255 | 456 |
| 2021 | 89 | 1,463 | 1,459 | 19 | 367 | 279 | 13 | 249 | 445 |
| 2022 | 88 | 1,433 | 1,429 | 19 | 360 | 273 | 13 | 244 | 436 |
| 2023 | 86 | 1,400 | 1,397 | 18 | 352 | 267 | 12 | 238 | 426 |
| 2024 | 85 | 1,372 | 1,368 | 18 | 344 | 261 | 12 | 233 | 417 |

- 시나리오 3: 좌석안전띠 미착용 경고장치(SBR)의 운전자 순응비율 90%, 매해 평균 119명을 사망자 감소 효과를 가져올 것으로 예상됨

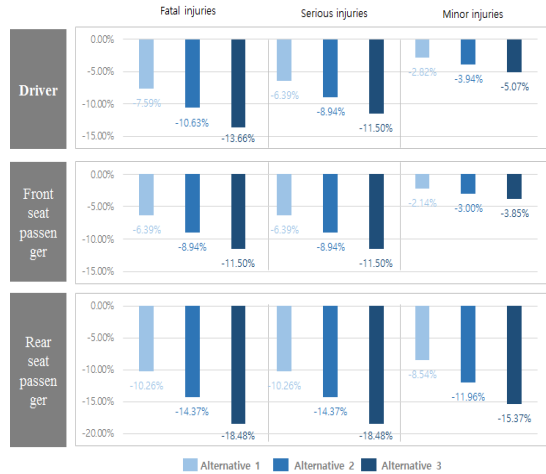
<Table 9> Estimated number of casualties at alternative 3

| Year | Driver | | | Front seat passenger | | | Rear seat passenger | | |
|------|----------------|------------------|----------------|----------------------|------------------|----------------|---------------------|------------------|----------------|
| | Fatal injuries | Serious injuries | Minor injuries | Fatal injuries | Serious injuries | Minor injuries | Fatal injuries | Serious injuries | Minor injuries |
| 2014 | 133 | 2,253 | 2,247 | 28 | 565 | 429 | 19 | 383 | 685 |
| 2015 | 129 | 2,170 | 2,165 | 27 | 545 | 413 | 18 | 369 | 660 |
| 2016 | 127 | 2,131 | 2,126 | 27 | 535 | 406 | 18 | 362 | 648 |
| 2017 | 124 | 2,066 | 2,060 | 26 | 519 | 393 | 18 | 351 | 629 |
| 2018 | 122 | 2,024 | 2,019 | 26 | 508 | 385 | 17 | 344 | 616 |
| 2019 | 119 | 1,969 | 1,964 | 25 | 494 | 375 | 17 | 335 | 599 |
| 2020 | 117 | 1,928 | 1,923 | 25 | 484 | 367 | 17 | 328 | 587 |
| 2021 | 115 | 1,881 | 1,876 | 24 | 472 | 358 | 16 | 320 | 572 |
| 2022 | 113 | 1,842 | 1,837 | 24 | 462 | 351 | 16 | 313 | 560 |
| 2023 | 111 | 1,800 | 1,796 | 23 | 452 | 343 | 16 | 306 | 548 |
| 2024 | 109 | 1,764 | 1,759 | 23 | 443 | 336 | 16 | 300 | 537 |

시나리오별 사상자 감소효과를 종합적으로 비교 분석하여 보면, <Table 8>과 <Fig. 6>과 같다. 안전띠 경고장치 순응비용을 90%인 경우 사망자 감소효과 평균 18.48%에 달하는 것으로 분석되었다.

<Table 10> Estimated accident decreasing rate

| | | Driver | Front seat passenger | Rear seat passenger |
|---------------|------------------|---------|----------------------|---------------------|
| Alternative 1 | Fatal injuries | -7.59% | -6.39% | -10.26% |
| | Serious injuries | -6.39% | -6.39% | -10.26% |
| | Minor injuries | -2.82% | -2.14% | -8.54% |
| Alternative 2 | Fatal injuries | -10.63% | -8.94% | -14.37% |
| | Serious injuries | -8.94% | -8.94% | -14.37% |
| | Minor injuries | -3.94% | -3.00% | -11.96% |
| Alternative 3 | Fatal injuries | -13.66% | -11.50% | -18.48% |
| | Serious injuries | -11.50% | -11.50% | -18.48% |
| | Minor injuries | -5.07% | -3.85% | -15.37% |



<Fig. 6> Estimated accident decreasing rate

3. 경제성 분석

경제적 타당성을 평가하기 위해 다양한 방법들이 적용되고 있으나, 본 연구에서는 장래에 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익·비용비(B/C Ratio)를 적용 산출하였다. 일반적으로 ‘편익/비용 비율 ≥ 1’이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{편익·비용비율}(B/C\text{비}) = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

여기서, B_t = 매년도 편익,
 C_t = 매년도 비용,
 r = 사회적할인율(5.5%),
 n = 분석기간

각각의 대안별 경제성 분석 결과는 <Table 11>과 같으며, 안전띠 착용률이 높을수록 편익·비용비가 높게 산출되었다.

국산 내수차량 및 수입차에 SBR를 100%설치하고 안전띠 미착용 운전자 및 동승자의 50%이상이 SBR을 통하여 안전띠를 장착하게 되면 정책의 실효성이 충분하다고 할 수 있다. 또한 순익분기점 측면에서 살펴보면 다음과 같다.

국산 내수차량 및 수입차에 SBR를 100%설치하고 안전띠 미착용 운전자 및 동승자의 50%이상이 SBR을 통하여 안전띠를 장착하게 될 경우는 SBR 대당 단가가 42,385원 이하일 때 정책의 실효성이 있다.

국산 내수차량 및 수입차에 SBR를 100%설치하고 안전띠 미착용 운전자 및 동승자의 70%이상이 SBR을 통하여 안전띠를 장착하게 될 경우는 SBR 대당 단가가 59,339원 이하일 때 정책의 실효성이 있다.

국산 내수차량 및 수입차에 SBR를 100%설치하고 안전띠 미착용 운전자 및 동승자의 90%이상이 SBR을 통하여 안전띠를 장착하게 될 경우는 SBR 대당 단가가 76,293원 이하일 때 정책의 실효성이 있다.

〈Table 11〉 Cost-effectiveness results

| | Alternative 1 | Alternative 2 | Alternative 3 |
|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Total cost (1000 won) | 508,219,070 | 508,219,070 | 508,219,070 |
| Total Benefit (1000 won) | 520,688,264 | 728,963,570 | 937,238,876 |
| Benefit Cost Ratio | 1.025 | 1.434 | 1.844 |
| Break-even values (won/veh) | 42,385 | 59,339 | 76,293 |

V. 결론

현재 우리나라 자동차안전기준 제27조(좌석안전띠 장치 등)에는 일정 성능 이상을 가지는 좌석안전띠 미착용 경고장치의 경우 승용자동차 운전자석에 대해서만 의무장착할 것을 규정하고 있다. 본 연구에서는 향후 국제적인 흐름에 맞추어 승용자동차에 SBR장착을 의무화할 경우에 대한 경제성 분석을 수행하였다. 그 결과는 다음과 같다.

SBR의 운전자 승용비율이 50%인 경우 2024년 B/C Ratio=1.025이며, 매해 평균 사망자 66명 감소 효과를 가져올 수 있었다.

SBR의 운전자 승용비율이 70%인 경우 2024년 B/C Ratio=1.434이며, 매해 평균 사망자 93명 감소 효과를 가져올 수 있었다.

SBR의 운전자 승용비율이 90%인 경우 2024년 B/C Ratio=1.84이며, 매해 평균 사망자 119명 감소 효과를 가져올 수 있었다.

이외에 손익분기점 등에 대한 분석을 실시하였다. 이러한 결과는 실제 SBR을 설치하여 안전띠를 장착하지 않는 사람의 50%이상만 이 장치로 인하여 안전띠를 추가로 맬 경우 경제적 편익 효과가 있다는 것이다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, SBR 설치 시 이를 운전자석, 보조석 및 뒷좌석의 탑승자가 SBR로 인하여 안전띠를 착용하는 행동(behaviour)에 대한 연구가 부족하여 이를 가정으로 대안을 설정하였는데, 실제 그러한 행동이 수반될 수 있을지는 미지수이다. 둘째, 평가기간을 10년으로 설정하였기에 2015년부터 출시되는 모든 신차는 폐차되지 않고 등록된 상태로 평가기간동안 운행한다는 가정에 경제성 분석을 실시하였기에 이에 대하여 계상하기 위해서는 차량의 생애주기모델의 정립이 요구된다.

결론적으로 좌석 안전띠 미착용 경고장치의 의무 장착 방안의 경우, 자동차업계 및 소비자 측면에서는 뒷좌석까지 SBR를 장착할 때 추가 비용이 발생하기 때문에 SBR 의무 장착 방안에 대하여 수동적일 수 있다. 그러나, 이러한 SBR 의무 장착 방안은 자동차 업계 및 소비자가 비용을 지불하더라도, 그 편익이 높다면 충분히 실효성 있는 정책으로 판단할 수 있는 정책으로 판단된다.

또한 국내에서는 본 연구와 유사한 연구사례가 없는 실정이고, 실제 정책입안자가 공공기회화 할 수 있는 사례가 부족한 시점에 본 연구는 국내 자동차안전기준 연구로서 가치가 있다고 사료된다.

REFERENCES

- [1] OECD(2014), *International Transport Forum, International Traffic Safety Data and Analysis Group, Road safety annual report 2014*, p.18.
- [2] Transportation Safety Authority(2015), "Survey of back seat load factor and seat belt wearing rate," *Transportation Safety Authority*, p.7, 24.
- [3] Press website, <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=shm&sid1=103&oid=001&aid=0007074425>, 2016.06.30.
- [4] Korea Automobile Manufacturers Association

- homepage, www.kama.or.kr, 2016.06.30.
- [5] Elvik R., Høy A., Vaa T. and Sørensen M.(2009), “The handbook of road safety measures second edition,” *Emerald Group Publishing*, p.189.
- [6] Transport Research Laboratory(2014), “Benefit assessment for fitment of Seat Belt Reminder (SBR) systems to M1 passenger seat positions and to other vehicle types,” *Client Project Report CPR1818*, p.14.
- [7] Police agency(2014), Traffic accident statistics.
- [8] Evans L.(1991), Traffic Safety and the Driver, New York: *Van Nostrand Reinhold*, p.20.
- [9] Road Traffic Authority(2014), Estimated cost of road traffic accidents by region, p.41.
- [10] <http://kosis.kr/>, 2016.09.30.
- [11] <http://www.molit.go.kr/portal.do>, 2016.09.30.
- [12] Road Safety Observatory(2013), “Seat Belts Review for the Road Safety Observatory,” p.4.
- [13] iMobility website, http://www.esafety-effects-database.org/applications_14.html, 2016.06.30.
- [14] NHTSA(2007), The effectiveness of enhanced seat belt reminder systems, Observational Field Data Collection Methodology and Findings, *NHTSA*, p.20.
- [15] Lie A., Krafft M., Kullgren A. and Tingvall C.(2008), “Intelligent seat belt reminders-do they change driver seat belt use in Europe?,” *Traffic Injury Prevention*. vol. 9m no. 5, pp.446-449.
- [16] Farmer C. M. and Wells J. K.(2010), “Effect of enhanced seat belt reminders on driver fatality risk,” *Journal of Safety Research*, vol. 41, no. 1, pp.53 - 57.
- [17] Koren C. and Borsos A.(2013), “From Increasing to decreasing fatality figures: Where is the turning point?,” *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 9. pp.1-10.

저자소개



장 정 아(Jang, Jeong Ah)

2014년 4월~현재 : 아주대학교 (지속가능 TOD 도시교통 연구센터 연구교수)
2004년 5월~2014년 3월 : 한국전자통신연구원 자동차/조선 IT융합 연구부 선임연구원
2002년 3월~2009년 2월 : 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 졸업(공학박사)
2000년 3월~2002년 2월 : 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 졸업(공학석사)
~2000년 2월 : 아주대학교 환경도시공학부 졸업(공학사)

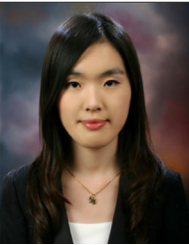
e-mail : azang@ajou.ac.kr



심 소 정(Shim, Sojung)

2003년 5월~현재 : 교통안전공단(자동차안전연구원 책임연구원)
2000년 7월~2002년 11월 : 서울시정개발연구원 도시교통연구부 위촉연구원
1998년 3월~2002년 2월 : 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 졸업(공학석사)
1994년 3월~1998년 2월 : 아주대학교 공과대학 교통공학과 졸업(공학사)

e-mail : sjshim@ts2020.kr



김 영 선(Kim, Young Sun)

2015년 8월~현재 : 교통안전공단 (철도항공교통안전본부 철도기술처 과장)
2009년 3월~2015년 8월 : 아주대학교 교통연구센터 수석연구원
2009년 3월~2013년 8월 : 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 졸업(공학박사)
2007년 3월~2009년 2월 : 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 졸업(공학석사)
~2007년 2월 : 아주대학교 환경도시공학부 졸업(공학사)

e-mail : phd_kys@ts2020.kr