



# C-G Method를 이용한 고속도로 노면요철 포장의 교통사고감소 효과분석

## A Safety Evaluation of Shoulder Rumble Strips on Freeway Using C-G Method

이 동 민\*      강 재 흥\*\*      성 낙 문\*\*\*      정 봉 조\*\*\*\*  
Lee, Dongmin      Kang, Jae-Hong      Sung, Nak-Moon      Chung, Bongjo

### Abstract

Traffic accidents on freeway are occurred by various factors, and driver inattention is one of the most important factors causing traffic accidents. To warn drivers about unexpected dangerous events and diminish driver inattention problems, traffic safety facilities including warning and regulatory traffic signs; delineators; rumble strips are installed. In this study, the traffic safety effect of shoulder rumble strips were investigated using "Comparison Group (C-G)" method developed by Hauer. Through the analyses, it was found that numbers of run-off-the road crashes were reduced as 2.43 crashes per year after the installation of shoulder rumble strips on the freeway. Based on the analysis results in this study, it was concluded that shoulder rumble strips on the freeway contribute to reduce traffic accidents, especially run-off-the road crashes.

**Keywords :** rumble strips, accident analysis, before-after study, C-G Method

### 요 지

고속도로의 교통사고는 다양한 원인들에 의해 발생되고, 그중 운전자의 부주의는 가장 중요한 교통사고 원인으로 알려져 있다. 주의 및 규제표지와 노면요철포장 등의 도로안전시설은 이러한 운전자 부주의를 막기 위해 설치 운영되고 있다. 본 연구에서는 서해안고속도로 일부구간에 설치된 길어깨-노면요철포장의 교통사고감소 효과를 분석하기 위해 C-G 방법(Hauer에 의해 개발된 비교그룹을 이용하는 사전·사후 분석방법)을 수행하였다. 분석결과, 길어깨에 도로요철포장을 설치한 도로는 설치하지 않은 도로에 비해 차도이탈사고가 연간 2.43건 정도 감소한 것으로 나타났으며 감소율은 0.38(표준편차: 0.21)인 것으로 나타났다. 차도이탈사고는 교통사고 중 길어깨-노면요철포장 설치에 가장 민감하게 영향을 받는 사고형태이다. 본 연구를 통해 서해안고속도로에 설치된 길어깨-노면요철포장은 교통사고 감소에 기여한 것으로 분석되었으며, 특히 차도이탈사고가 현저하게 감소된 것으로 분석되었다.

**핵심용어 :** 노면요철 포장, 교통사고분석, 사전-사후분석, C-G Method

\* 정회원 · 한국교통연구원 도로교통연구실 책임연구원

\*\* 한국교통연구원 원장

\*\*\* 한국교통연구원 도로교통연구실 실장

\*\*\*\* 한국도로공사 신사업단 차장



# 1. 서론

교통사고는 운전자, 자동차, 도로 등 다양한 요인들의 독립적 혹은 복합된 결합으로 인하여 발생하는 것으로 알려져 있다. 도로선형이 비교적 우수한 고속도로에서는 운전자 과실과 관련된 교통사고가 전체 사고의 84%를 상회하고 있는 것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>. 운전자 과실은 주의산만, 공상, 피로, 졸음, 그리고 음주 및 약물 등 다양한 요인 때문에 발생한다. 교통안전표지, 도로표지, 갈매기표지, 노면요철포장 등의 도로안전시설은 여러 가지 형태의 운전자 부주의를 예방하고 이로 인한 교통사고를 줄이기 위해 설치 운영되고 있다. 노면요철포장<sup>2)</sup>은 도로의 중분대 혹은 길어깨에 설치되어, 차량의 차도이탈로 인한 사고를 방지하기 위해 설치되는 도로안전시설로, 최근 노면요철포장의 설치 및 관리지침이 건설교통부에서 제정·발간되어 설치가 확대될 전망이다.

노면요철포장이 일반화되어 있는 미국의 경우, 노면요철포장의 교통사고 감소효과에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 그 효과가 입증되어 많은 도로에 노면요철포장이 설치되었다. 우리나라의 경우, 고속도로의 일부구간에 노면요철포장을 설치하고 있고 노면요철포장의 설치는 점차 확대될 전망이다. 하지만 이 노면요철포장 설치의 효과에 대한 연구가 일부 있었으나(정봉조 외, 2003) 전반적인 기능평가에 관한 연구는 현재 미흡한 실정이다.

본 연구는 C-G 방법(비교그룹을 이용하는 사전·사후 분석방법)을 적용하여 고속도로의 길어깨 상에 설치된 노면요철포장이 교통사고감소에 미치

는 영향을 분석하는 것이다. 본 연구에서는 전체 사고 중 차도이탈사고와 졸음사고들을 선별하여 분석하였다.

# 2. 노면요철포장의 정의와 효과

노면요철포장은 도로의 중분대 혹은 길어깨 부의 노면을 높이거나 홈을 내어 차량이 차도를 이탈할 시에 소음과 진동을 발생시켜 도로여건의 변화를 운전자에게 환기시키는 것을 목적으로 설치하고 있는 도로안전시설이다. 이 노면요철포장을 도로안전시설 설치 및 관리지침(노면요철포장 편)에서는 아래와 같이 설명하고 있다.

노면요철포장의 기능은 졸음운전 또는 운전자 부주의 등으로 인해 차량이 차도를 이탈할 경우 소음 및 진동을 통해 운전자의 주의를 환기시킴으로써 차량이 원래의 차도로 복귀하도록 유도하는 시설이다.

노면요철포장은 졸음운전이 예상되거나 악천후 등으로 인해 차량이 차도를 이탈할 우려가 있는 구간에 주로 설치되며, 이를 통해 도로이용자들에게 보다 안전한 도로환경을 제공하여 교통사고를 줄일 수 있도록 함을 권고하고 있다. 노면요철포장은 형태에 따라 절삭형, 다짐형, 틀형, 부착형으로 구분될 수 있으며, 본 연구의 대상도로인 서해안고속도로에 설치되어 있는 노면요철포장은 절삭형 노면요철포장이고, 설치규격은 아래와 같다.

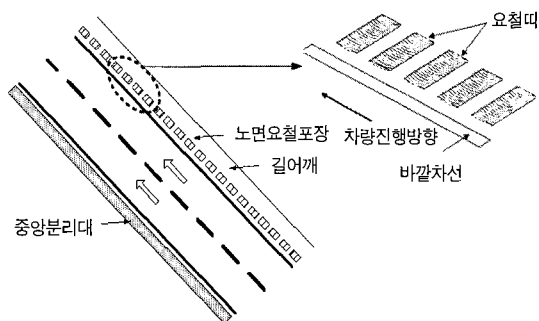
- 길이(차도에 직각인 방향) : 40cm
- 폭(차도에 평행한 방향) : 15cm
- 깊이(절삭하는 원호의 깊이) : 1.5cm

차도이탈 교통사고방지를 위해 설치되는 노면요철포장은 아직까지 우리나라에서는 일반화되지 못하였으나, 미국의 경우에는 노면요철포장의 설치가 일반화되어 다양한 형태로, 그리고 다양한 도로상의 위치(고속도로, 국도, 공사장 구간, 요금소, 교차로, 그리고 교량구간)에 설치·운영되어 오고 있다. 노면요

1) 한국도로공사, 고속도로교통사고통계, 2005  
 2) 도로 노면요철포장은 도로의 감속유도시설 등과 혼용되어 사용됨에 따라 다양한 형태와 다양한 목적을 위한 도로포장형태를 지칭하고 있으나, 본 연구에서 사용된 도로 노면요철포장은 「도로 안전시설 설치 및 관리 지침」에서 정의내린 주행차도나 길어깨 부에 설치된 노면요철포장만을 지칭한다. 또한 본 연구에서는 길어깨부에 설치된 노면요철포장을 “길어깨-노면요철포장”으로 명명하여 사용하였다.



철포장에 의한 소음과 차량진동은 운전자 부주의에 의한 차도이탈을 효과적으로 줄일 수 있고, 폭우나 폭설 등의 날씨에 의한 사고도 줄일 수 있다고 알려져 있어 그 설치 및 운영이 확대되고 있다. 미국에서는 노면요철포장 설치가 교통운영 및 교통안전 측면에 미치는 영향에 대한 많은 연구가 수행되어, 노면요철포장이 교통사고 감소에 매우 큰 효과가 있는 것을 밝혀내었다.



출처: 도로안전시설 설치 및 관리지침(노면요철 포장 편)

그림 1. 도로 노면요철포장

미국 NHTSA의 1996년 교통사고 관련 통계에 따르면, 37,280건의 사망사고 중 11,126건의 사고가 차도이탈사고에 의해 발생했다고 보고될 정도로 차도이탈사고는 중요한 사고형태이다. 또한 미국 FHWA는 40에서 60%의 차도이탈사고가 음주운전, 피로 및 주의산만에 의해 발생한 것으로 분석하였다. 이러한 교통사고 유형은 노면요철포장 설치를 통해 효과적으로 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있으며, 미국 와이오밍주 연구에 의하면, 길어깨 노면요철포장은 15~70%의 차도이탈 사고를 감소시킨 것으로 나타났다.

Harwood(1993)연구에 의하면, 길어깨 노면요철포장의 설치로 인해 약 20% 이상의 차도이탈사고의 감소가 이루어졌고, 사막위의 고속도로와 같이 단조로운 주행조건하에서는 50%까지의 차도이탈사고가 감소되었다고 발표하고 있다. 미국 펜실베이니아주에서는 1984년 이후 기능이 향상된 노면요철포장(the Sonic Nap Alert Pattern: SNAP)을

설치하여, 교통사고를 줄여왔다. 특히, 이 노면요철포장이 설치된 후 펜실베이니아 고속도로에서는 총 약 60%의 차도이탈사고가 감소되었고, 이를 환산해 보면 백만km 차량 당 2.37 사고가 감소된 것으로 발표하고 있다 (Hickey, 1997). 미국 캘리포니아주와 일리노이주의 교통사고를 분석한 결과 18.3%의 차도이탈사고 감소가 이루어졌다 (Griffith, 1999). 이와 같이 미국의 다양한 도로유형에 설치되어 있는 노면요철포장은 교통사고 특히, 차도이탈사고의 발생률을 현저하게 줄여왔다고 입증되었다.

표 1. 미국의 노면요철포장에 의한 교통사고 감소현황

주	도로 유형	차도이탈 사고 감소율(%)
Pennsylvania(1994)	지방부 도로	70
New Jersey(1995)	고속도로	34
New York(1994)	지방부 도로	72
Massachusetts(1997)	고속도로	42
Washington(1991)	지방부 도로	18
California(1985)	고속도로	49
Kansas(1991)	고속도로	34
FHWA(1985)	고속도로(5개주)	20

출처: Wyoming Effectiveness Report: Shoulder Rumble Strips (Effectiveness and Current Practice)

### 3. 교통사고감소 효과분석 방법

#### 3.1 사전·사후비교를 통한 교통사고감소 효과분석 방법

일반적으로 주어진 조건들의 변화에 따른 효과를 분석하기 위해서는 특정 조건의 변화 이전·이후의 값을 비교하는 ANOVA 혹은 MANOVA와 같은 통계학 방법이 주로 이용된다. 이러한 분석에 있어서



이용되는 자료들은 일반적으로 사전 계획되어 통제된 실험(designed experiments)을 통해 다른 조건들의 영향을 제거한 후 수집된다. 하지만, 도로현장 조사를 통해 수집되는 교통자료들은 다양한 가변조건들로 인해 특정 주행조건의 변화에 따른 교통특성 혹은 교통사고의 변화만을 측정하기 위해 수집되기는 매우 어렵다. 일반적으로 교통시설물 설치 등의 특정주행조건의 변화에 의한 교통특성 및 교통사고의 변화를 분석하기 위해서는 사전·사후비교분석방법이 이용된다. Shen과 Gan(2003)은 사전·사후비교를 통한 교통사고감소의 효과분석방법을 4가지 방법으로 분류하여 설명하였다. 4가지 효과분석방법은 단순사고건수 비교방법, 일대일비교방법(one to one matching with yoked comparison), 비교그룹방법(before-and-after study with comparison group: C.G. Method) 과 경험적베이스 방법이다. Shen과 Gan에 의하면, 단순 사전·사후비교는 계산절차와 이해가 용이하여 일반적으로 많이 이용되고 있으나, 분석하고자 하는 요인 이외 다른 요인의 변화에 따른 영향을 고려하지 못해 부정확한 결과를 도출하거나, 잠재적으로 잘못된 결론을 도출할 수 있다. 일반적으로 단순 사전·사후비교는 아래와 같은 계산식을 통해 분석되어진다.

$$CRF = \frac{(N_b - N_a)}{N_b} = 1 - \frac{N_a}{N_b}$$

여기서  $N_b$ : 사전 교통사고건수  
 $N_a$ : 사후 교통사고건수

이러한 단순 사전·사후비교의 문제점을 Shen과 Gan은 아래와 같이 정리하였다.

- 평균으로의 회귀(regression to the mean or selection bias)
- 교통사고의 전이(crash migration)
- 교통사고변화의 일반적 추세(maturation)
- 외부변화요인(external causal factors)

‘평균으로의 회귀’는 수집된 자료선택의 오류로 인

해 일시적인 교통사고의 변화를 전체교통사고의 변화로 잘못 해석할 수 있는 문제이고, ‘교통사고의 전이’는 분석대상도로의 교통사고변화가 인접도로의 영향 혹은 다른 교통안전사업의 시행으로 일어난 부가적인 효과에 의한 것일 경우에 발생하게 되는 문제이다. 교통사고 발생은 일반적인 추세에 따라 변할 수도 있고, 또한 다른 외부변화요인들에 의해 교통사고 발생빈도가 변할 수도 있게 된다. 이 외부변화요인은 교통량 변화 등과 같이 측정 가능한 요인과 경제-사회조건의 변화, 강우량 등과 같이 측정하기 어려운 요인으로 나눌 수 있다. 이러한 단순 사전·사후비교분석 방법의 문제점을 해결하기 위해 일대일비교방법, 비교그룹방법과 경험적베이스 방법 등이 이용되고 있다. 박민호 등(2006)은 이 4가지 효과분석방법에 대한 장단점을 표 2에서 보는 바와 같이 정리하였다(표 2 참조).

표 2. 사전·사후 비교를 통한 사고감소의 효과분석방법

구분	장점	단점
단순 사고건수 비교방법	· 계산과 이해가 용이	· 우연히 발생한 사고건수 비교(⇒대표성 확보 어려움) · regression to the mean bias 존재
한쌍 비교방법	· 개념이 단순하여 적용이 쉬움 · 필요 데이터가 잘 알려져 있음	· 사고건수가 "0" 인 지점을 다룰 수 없음 · 비교대상이 한지점에 의존(=)오류 가능성 높음 · regression to the mean bias 존재
비교 그룹 방법	· 한지점을 선택함으로써 발생할 수 있는 오류보완가능	· 유사한 특성을 가진 비교지점을 찾는 것이 현실적으로 어려움 · regression to the mean bias 존재
경험적 베이지안 방법	· reference group에 의한 SPF 활용으로 비교대상사고건수의 대표성 높임 · 유사한 특성을 가진 비교지점을 찾을 필요 없음 · regression to the mean bias 문제없음	· 모형구축이 복잡 · 많은 자료가 필요

출처 : 박민호 등(2006)



일반적으로 교통사고변화의 일반적 추세 (maturation)와 외부변화요인(external causal factors)에 의한 교통사고분석의 오류를 방지하기 위한 목적으로 '비교그룹을 이용한 사전·사후비교분석' 방법을 이용하고 있다. 이 방법에서는 비교그룹에서 발생한 교통사고건수를 이용하여, 분석대상 도로에 효과분석을 수행하고자 하는 교통안전사업이 시행되지 않았을 경우의 교통사고건수를 예측하여 교통사고 감소효과를 분석하는 방법이다. 교통사고 감소건수 및 감소율 계산식은 아래 표 3에서 보는 바와 같이 여러 연구에서 다양한 형태로 제안되고 있다.

표 3. 비교그룹을 이용한 교통사고감소 효과분석방법

연구	계산식
Griffith (1999)	$\text{교통사고감소율} = \text{odds ratio} - 1$ $\text{odds ratio} = \frac{N_{bt} \cdot N_{ac}}{(N_{at} \cdot N_{bc}) \left( 1 + \frac{1}{N_{at}} + \frac{1}{N_{bc}} \right)}$
Al-Masaeid (1997)	$\text{교통사고감소건수}(N) = (N_{bt} - N_{at})(N_{bc} - N_{ac}) \left( \frac{n_1}{n_c} \right)$ $\text{교통사고감소율} = \left( \frac{N}{N_{bt}} \right) \times 100$
Benekohal와 Hashmi (1992)	$\text{교통사고감소건수} = \frac{(N_{bt} - N_{at}) - (N_{bc} - N_{ac})}{2}$

- $N_{bt}$  : 분석대상도로의 시행 전 교통사고건수
- $N_{at}$  : 분석대상도로의 시행 후 교통사고건수
- $N_{bc}$  : 비교대상도로의 시행 전 교통사고건수
- $N_{ac}$  : 비교대상도로의 시행 후 교통사고건수
- $n_1$  : 분석대상도로의 수
- $n_c$  : 비교대상도로의 수

한편, Hauer(1997)은 현장조사를 통하여 교통안전증대정책 및 교통안전시설 설치 등의 사전·사후 비교분석을 위한 다양한 방법들을 개발하였다. 특히

비교그룹을 이용한 사전·사후비교분석과 경험적 베이저 방법을 구체화하였다. 본 연구에서는 교통사고의 단순 사전·사후비교의 문제점을 극복하기 위해 Hauer의 비교그룹을 이용한 사전·사후비교분석(C. G. Method)을 이용하여 길어깨 노면요철포장이 교통안전에 미치는 효과를 분석하였다. 다음 절에서는 본 연구에서 이용한 Hauer의 비교그룹방법을 자세히 설명하고 있다.

### 3.2 Hauer의 비교그룹을 이용한 사전·사후비교 분석 (C. G. Method)

Hauer가 제안한 비교그룹을 이용한 교통사고의 사전·사후비교분석의 기본개념은 조사된 특정교통사업의 사후 실제 교통사고건수와 동일 사후 시점에 동일도로조건에서 사업이 시행되지 않았다는 가정 아래의 예측된 교통사고를 비교함에 있다. 이 후자의 경우에는 실제 수집할 수 없는 가상의 교통사고건수이며, 이는 비교그룹에서의 교통사고변화추이와 다른 외적요인들에 대한 영향 보정절차를 통해 예측되는 값이다. 그러므로 Hauer의 방법과 앞 절에서 소개한 다른 사전·사후비교분석방법의 가장 큰 차이는 비교기준이 되는 교통사고가 다르다는 것이다. 다시 말하면 Griffith, Al-Masaeid, Benekohal와 Hashmi의 방법들은 비교그룹을 이용하여 다른 영향요소를 배제한 채로 교통사업의 사전시점에 분석대상도로에서 발생한 교통사고건수에 비해 교통사업이 시행된 후에 얼마나 교통사고가 감소했는지를 분석하는 방법이고, Hauer의 방법은 사후시점에 사업이 시행되지 않았을 경우 발생되리라 예측되는 교통사고건수와 실제 사후에 일어난 교통사고의 건수를 비교하는 방법이다. 이러한 Hauer의 분석방법에는 일반적으로 사고변화 건수( $\delta$ ) 혹은 사고변화율( $\theta$ )이 효과척도로 사용된다(다음 식 참조). 일반적으로  $\theta < 1$ 이면 시행된 교통안전사업은 교통사고 감소에 효과가 있는 것으로 결론내릴 수 있다.



$$\delta = \pi - \lambda$$

$$\theta = (\lambda / \pi) / [1 + \text{VAR}\{\hat{\pi}\} / \pi^2]$$

$$\text{VAR}\{\hat{\delta}\} = \text{VAR}\{\hat{\pi}\} + \text{VAR}\{\hat{\lambda}\}$$

$$\text{VAR}\{\hat{\theta}\} = \theta^2 [(\text{VAR}\{\hat{\lambda}\} / \lambda^2) + (\text{VAR}\{\hat{\pi}\} / \pi^2)] / [1 + \text{VAR}\{\hat{\pi}\} / \pi^2]^2$$

여기서,

$\pi$  : 사후시점에서 해당도로에서 사업이 시행되지 않았을 가정아래의 예측된 사고건수

$\lambda$  : 사후시점에서 해당도로에서 조사된 실제사고건수

교통안전관련 사전·사후비교분석 시 쉽게 간과할 수 있는 요인들 중 대표적인 것이 사전·사후의 교통량 변화와 사고자료 수집기간의 차이이다. 이는 교통사고자료 수집기간과 총 교통량의 비율을 이용하여 보정할 수 있다. 하지만 교통량과 사고수집 기간과는 다르게, 현장조사 시 측정할 수 없거나, 측정하기 매우 어려운 요인들도 있다. 예를 들면, 날씨의 변화, 사회·경제적인 요인의 변화, 그리고 운전자관련 요인들의 변화들은 교통사고에 크고 작은 영향을 미치지만, 현장에서 측정하기가 매우 어려운 요인들이다. Hauer는 이러한 요인들의 영향을 고려하기 위해서는 비교그룹을 이용한 사전·사후비교분석(Comparison-Group(C-G) Method)을 제안하였다. 이 C-G 방법의 기본개념은 교통안전시설물이 설치되지 않는 도로 중 분석대상도로와 유사한 도로를 비교대상도로로 선정하여, 분석기간 동안의 교통 및 도로조건 변화 등의 외적요인들의 변화를 고려하여 분석대상도로의 사고현황을 분석함에 있다. Hauer는 이 C-G 방법의 계산식을 아래와 같이 제안하고 있다.

$$\hat{\lambda} = N_{at}$$

$$r_c = (N_{ac} / N_{bc}) / (1 + 1 / N_{bc}) \approx N_{ac} / N_{bc}$$

$$\hat{\pi} = \hat{r}_c \cdot N_{br}$$

$$\omega = \frac{N_{br} \cdot N_{ac}}{(N_{at} \cdot N_{bc}) \left( 1 + \frac{1}{N_{at}} + \frac{1}{N_{bc}} \right)}$$

$$\text{VAR}\{\hat{\pi}\} \approx \hat{\pi} [1 / N_{br} + 1 / N_{bc} + 1 / N_{ac} + \text{VAR}\{\omega\}]$$

$$\hat{\sigma}\{\hat{\delta}\} = \sqrt{(\text{VAR}\{\hat{\pi}\} + \text{VAR}\{\hat{\lambda}\})}$$

$$\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\} = \frac{\hat{\theta} \sqrt{(\text{VAR}\{\hat{\lambda}\} / \lambda^2) + (\text{VAR}\{\hat{\pi}\} / \pi^2)}}{[1 + \text{VAR}\{\hat{\pi}\} / \pi^2]}$$

$\omega$  : odds ratio

$N_{br}$  : 분석대상도로의 사전 교통사고건수

$N_{at}$  : 분석대상도로의 사후 교통사고건수

$N_{bc}$  : 비교대상도로의 사전 교통사고건수

$N_{ac}$  : 비교대상도로의 사후 교통사고건수

$r_c$  : 비교대상도로의 시행 전/후의 교통사고비율

이 odds ratio는 교통사업의 시행 이전과 이후의 사고율을 “사고분석 대상도로(treatment site)”에서의 사고와 “비교분석 대상도로(comparison site)”에서의 사고를 비교하여 계산한 값으로, 이 교차비가 1.0이면, 노면요철 포장의 교통안전에 대한 효과가 없고 1.0 보다 클 경우 그 값이 클수록 교통사고감소 효과가 큰 것으로 결론내릴 수 있다.

본 연구에서는 위와 같은 계산식을 이용하여 이 C-G 방법의 결과를 도출하고, 앞 절에서 소개한 단 순 사전·사후분석방법 및 다른 여러 형태의 비교그룹을 이용한 교통안전 효과분석결과와 비교하였다.



## 4. 연구결과

### 4.1 교통사고 자료의 수집 및 분석

본 연구에서는 서해안고속도로 목포IC에서 고창IC까지의 77km구간의 교통사고자료를 분석하여, 길어깨 노면요철포장의 설치가 교통안전에 미치는 영향을 분석하였다. 해당 도로구간에서는 2004년에 교통안전이 취약한 37개의 짧은 구간에 대해 길어깨 노면요철포장을 설치하였다. 또한 교통사고자료는 2001년부터 2006년까지의 6년간의 인명피해 사고들을 조사 - 수집하였으나, 분석기간 길이의 차이에 따른 오류를 최소화하기 위해 그림 2에서 보는 바와 같이 2002과 2003년을 노면요철포장 설치이전, 2005년과 2006년을 설치이후의 기간으로 선정하여 분석하였다. 또한 그림에서 보는 바와 같이 2004년에는 노면요철포장이 설치되는 공사가 진행되었으므로, 교통특성 및 교통사고특성이 비정상적일 수 있음을 고려하여 본 연구의 시간적 범위에서 제외하였다.

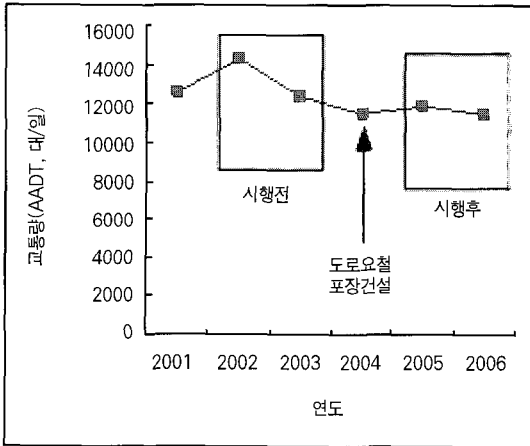


그림 2. 대상도로의 연도별 교통량 및 시간적 범위 정의

비교그룹을 이용한 사전·사후 분석을 수행하기 위해 전 77km구간 중 도로노면요철포장이 설치된 구간들(목포방향: 총 27.1km길이, 서울방향: 총 28.9km 길이)을 분석대상도로(treatment sites)로 선정하고, 그 외의 구간을 비교대상도로(comparison sites)로

선정하여 노면요철포장이 교통안전에 미치는 효과를 분석하였다. 이처럼 동일도로구간을 세부구간별로 분석대상도로 및 비교대상도로로 나누어 할당하는 것은 교통량 등 다른 요인들의 변화에 따른 교통사고의 영향을 배제하기 위함이다. 한편 길어깨 노면요철포장이 교통안전에 미치는 효과를 분석하기 위해 모든 유형의 교통사고를 이용하여 분석함은 바람직하지 않다. 이는 본연구의 대상도로가 고속도로로 주행하는 차량들을 위한 다차로 고속도로로 다양한 원인과 형태로 교통사고가 발생하기 때문이다. 기존 문헌검토를 통해, 노면요철포장에 가장 민감하게 영향을 받는 사고유형이 차도이탈사고와 운전자 졸음에 의한 사고임을 알 수 있었다. 그러므로 본 연구에서는 수집된 모든 형태의 인명피해 이상의 사고들을 분석하기 보다는 차도이탈사고와 운전자 졸음에 의한 교통사고만을 이용하여 길어깨 노면요철포장이 교통사고감소에 미치는 영향을 분석하였다.

### 4.2 교통사고의 현황분석결과

앞에서 설명하였듯이, 본 연구에서 사용된 교통사고 자료는 전체 사고자료 중 인명피해 이상의 교통사고만으로 구성되어있다. 이 교통사고는 그림 3에서 보는 바와 같이 2003년에 가장 많은 인명피해사고가 발생하였고, 점차 감소되고 있는 경향을 보이고 있다. 그 감소비율은 2004년 이후 급격히 증가함을 알 수 있다. 그림 4는 대상도로의 6년 간 사고원인별, 사고운전자 연령별, 그리고 사고유형별 각 교통사고의 통계를 보여주고 있다. 다양한 사고 원인<sup>3)</sup> 중 졸음, 주시태만, 운전미숙 및 과속 등과 같이 운전자 부주의에 의한 사고(총 72%)가 많이 발생했으며, 엔진과열과 타이어파손 등과 같은 차량고장에 의한 사고도 21.2%나 되었다. 사고운전자의 연령은 30대에서 50대가 가장 많았으며, 사고유형의 경우에는 중분대 혹은 길어깨 방향으로의 차도이탈 사고가 가장

3) 사고자료 기록에 기술된 사고원인을 토대로 확인된 사고원인을 이용하였다.



많았다(54%). 또한 사고유형을 분류하기 어려운 다양한 형태의 사고들(예: 요금징수소 관련사고, 차량고장으로 인한 단독차량사고 등)도 많은 것으로 나타났다. 그림 5는 노면요철포장의 효과를 분석하기 위한 사고유형의 연도별 현황을 설명하고 있다. 전체사고(그림 3)와 같이 차도이탈사고와 졸음관련 사고도 2003년 이후 감소되고 있는 추세이다.

표 4. 연도별 교통사고현황

년 도	사고건수 (사고/연)	
	전체사고	인명피해 사고건수(비율, %)
계	1,026	264(25.7)
2001	54	17(26.4)
2002	432	56(13.0)
2003	167	56(33.5)
2004	129	52(40.3)
2005	129	44(34.1)
2006	115	39(33.9)

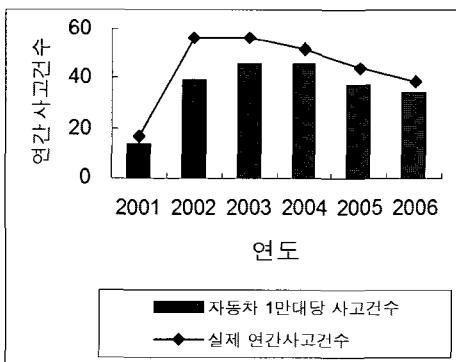
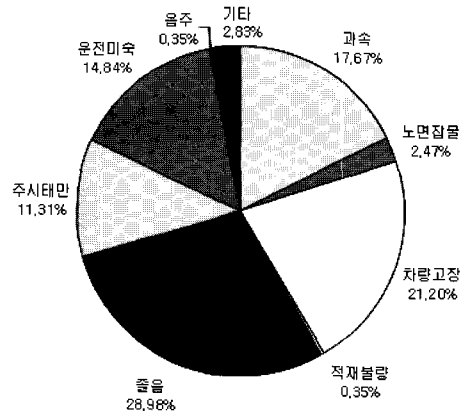


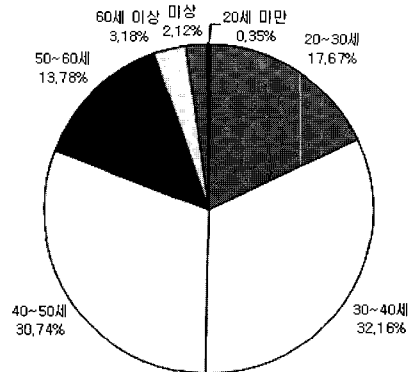
그림 3. 연도별 인명피해사고(유급사고)건수

### 4.3 노면요철 포장이 교통사고감소에 미치는 영향 분석 결과

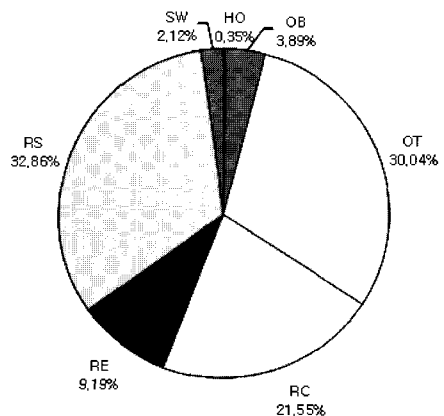
차도이탈사고와 운전자 졸음관련 사고를 C-G Method를 통해 분석하기 위해 2×2 표로 정리하면 표 5와 같다. 먼저 길어깨 노면요철포장이 차도이탈 사고에 미치는 영향을 분석하였다. 앞 절에서 소개한



1) 사고원인별 비율



2) 사고 운전자별 비율



3) 사고유형별 비율

HO: 충돌사고, OB: 노면 잡물과의 충돌, RC: 중분대방향 차도이탈  
RE: 추돌사고, RS: 갓길방향차도이탈, SW: 접촉사고, OT: 기타사고

그림 4. 사고원인별, 사고운전자 연령별, 사고유형별 비율



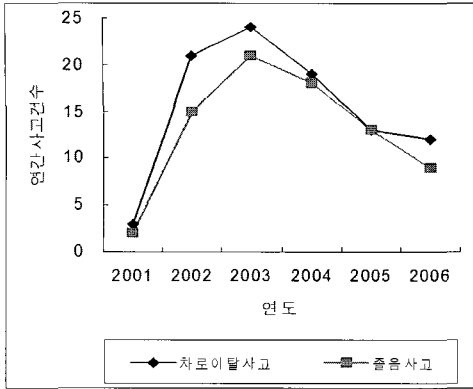


그림 5. 연도별 차도이탈 및 졸음관련 인명피해사고

표 5. C-G Method 분석을 위한 노면요철 포장의 시행 전/후의 사고(2년간)

구분	차도이탈사고		운전자 졸음관련사고	
	분석도로	비교도로	분석도로	비교도로
사전	19	26	15	21
사후	5	14	9	13

표 6. C-G 방법에 의한 사전·사후분석결과(차도이탈사고)

$N_{br}$	$N_{at}$	$N_{bc}$	$N_{ac}$	$\hat{\lambda}$	$\hat{\pi}$	교통사고감소건수 ( $\delta$ )	교통사고감소율 ( $\theta$ )
19	5	26	14	5	9.85	4.85	0.38
Odds ratio ( $\omega$ )		비교도로의 사고변화율( $r_c$ )		교통사고감소 건수의 분산( $\hat{\sigma}(\hat{\delta})$ )		교통사고감소율의 분산( $\hat{\sigma}(\hat{\theta})$ )	
1.65		0.52		6.12		0.21	

계산절차를 통해 계산된 각 파라메타 값들은 표 6에서 보는 바와 같다.

분석결과에 따르면, odds ratio가 1.0보다 큰 값임으로 노면요철포장 설치가 길어깨측 차도이탈사고 감소에 효과가 있는 것으로 판단된다. 위의 표 6의 값은 사전과 사후가 분석기간이 2년 동안임으로 이를 1년 단위로 환산하면, 길어깨에 노면요철포장을 설치한 도로는 설치하지 않는 도로에 비해 차도이탈 사고가 연 2.43건 정도가 감소한 것으로 분석되었다

(표준편차:  $\pm 3.1$ ). 이 결과는 차도이탈사고의 단일 사고유형만을 이용하여 분석한 결과이므로 연 2.43건의 사고감소는 노면요철포장의 설치 전 발생한 총 교통사고 발생건수에 비해 비교적 큰 효과이다. 또한 C-G 방법을 통해 산출된 차도이탈사고의 감소율은 0.38(표준편차: 0.21)로 분석되었다.

같은 방법으로 운전자 졸음관련 사고를 분석한 결과, odds ratio가 1.0에 가까운 값으로 노면요철포장에 의한 전 차로에 걸친 졸음관련 사고에의 영향을 그리 크지 않는 것으로 분석되었다. 이는 Hauer의 C-G Method을 이용한 분석결과 노면요철에 의한 차로전반에 걸친 사고감소 없는 것으로 분석되어, 구체적인 계산결과 제시는 생략하였다. 이는 노면요철포장이 졸음에 미치는 영향은 실제로 클 수 있으나, 이 영향은 다차로 도로의 모든 차로보다는 길어깨 쪽 차로에서 주로 집중되고, 반면 졸음 관련된 사고는 전 차로에 걸쳐 발생하기 때문인 것으로 판단된다. 이는 본 연구에서 전체사고자료를 이용하지 않고, 길어깨 노면요철포장의 영향을 가장 민감하게 받을 수 있는 차도이탈사고 중심으로 분석하는 이유이기도 하다.

앞 장에서 소개한 바와 같이 각 비교그룹을 이용한 사전·사후비교방법은 각기 다른 개념의 계산과정을 적용하고 있다. 이에 본 연구에서는 단순 사전·사후 비교방법과 각 비교그룹을 이용한 효과분석방법을 이용한 결과들을 비교하였다. Griffith는 계산된 odds ratio와 1.0의 차이를 이용하여 교통사고감소율을 단순 계산하는 방법을 제안하였고, Al-Masaeid는 교통사고 감소율을 교통사업시행 이전 교통사고를 기준하여 계산하는 방법을 제안하였다(표 3). 이에 비해, Hauer의 방법은 조사된 사후 실제 교통사고 건수와 동일시간과 동일도로조건에서 사업이 시행되지 않았을 가정아래의 예측된 교통사고를 비교하는 방법으로 보다 정확한 교통사고감소율 계산이 가능하다. 표 7은 각 방법에 의해 계산된 결과를 설명하고 있다. Hauer 방법의 결과와 Al-Masaeid 방법의 결과는 Griffith 방법에 의한 결과



에 비해 비슷한 결과를 나타내고 있다. 이 결과 값들이 다른 이유는 위에서 설명한 바와 같이 각기 다른 개념의 계산식을 적용하고 있기 때문이다.

표 7. 비교그룹을 이용한 효과분석 결과비교

연구	교통사고감소건수(건/년)	교통사고감소율(%)
단순 사전 사후비교	7	74
Hauer	2.43	38
Griffith	-	65
Al-Masaeid	3.58	38

본 연구의 분석결과를 정리하면 서해안고속도로에 설치된 길어깨 노면요철포장은 교통사고 감소에 기여한 것으로 분석되며, 특히 지난 5년간 발생한 교통사고 중 가장 빈도수가 높았고 길어깨 노면요철포장 설치에 가장 민감하게 영향을 받는 차도이탈사고의 감소가 현저하게 감소된 것으로 분석되었다.

## 5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 고속도로의 길어깨에 설치된 노면요철포장이 교통사고감소에 미치는 효과를 분석하였다. 이를 위해, 전체사고 중 노면요철포장과 밀접한 관련이 있는 차도이탈사고와 졸음사고들을 선별하여 분석하였다. 또한 분석방법은 분석대상도로와 유사한 도로 및 교통조건을 지닌 비교대상도로를 이용하여 분석하는 C-G방법을 이용하였으며, 여러 형태의 비교그룹을 이용하는 방법 중 통계학적인 논리성을 갖추었다고 평가받고 있는 Hauer의 방법을 이용하였다.

분석결과, 서해안고속도로에 설치된 길어깨 노면요철포장은 교통사고 감소에 기여한 것으로 분석되며, 특히 지난 5년간 발생한 교통사고 중 가장 빈도수가 높았고 길어깨 노면요철포장 설치에 가장 민감하게 영향을 받는 차도이탈사고가 현저하게 감소된

것으로 분석되었다. 길어깨에 도로요철포장을 설치한 도로는 설치하지 않은 도로에 비해 차도이탈사고가 연 2.43건 정도가 감소한 것으로 분석되었다. 또한 C-G 방법을 통해 산출된 차도이탈사고의 감소율은 0.38(표준편차: 0.21)이었다. 한편 길어깨에 설치된 노면요철포장이 졸음사고 감소에 효과적인 것으로 알려져 있지만, 본 연구의 분석결과 길어깨 쪽 차로에서의 졸음사고 감소에 보다 효과적이고, 중분대 쪽 차로 혹은 다차로 도로의 모든 차로에 걸친 졸음관련 사고가 포함된 총 졸음사고 건수의 감소에는 효과적인 영향을 미치지 못하는 것으로 분석되었다.

Hauer의 사전·사후 분석결과와 다른 비교그룹을 이용한 효과분석방법을 이용한 결과들을 비교한 결과, Hauer 방법의 결과와 Al-Masaeid 방법의 결과는 Griffith 방법에 의한 결과에 비해 비슷한 결과를 나타내고 있었다. 본 연구의 결과 Hauer 방법은 조사된 사후 실제 교통사고 건수와 동일시간과 동일도로조건에서 사업이 시행되지 않았을 가정하의 예측 교통사고를 비교함으로써 보다 정확한 교통사고감소율 계산이 가능함을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 건설교통부 건설기술혁신사업의 연구비지원(과제번호 05기반구축D02-01)에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

- 건설교통부(2005), 도로안전시설 설치 및 관리지침(노면요철 포장 편)
- 박민호, 박규영, 장일준, 이수범(2006), 중앙분리대 설치에 따른 사고전환효과 분석, 대한교통학회지, 제24권 제2호, 대한교통학회, pp113-124
- Bong-Jo Chung, Jae-Beom Park, Ju-Young Kim, Jung-Young, Jeong-Gyu Kang, Physiological Effect of Rumble Strips Installed on the Highway Shoulder, *Journal of EAST 2003*, Fukuoka Japan, October 2003
- Al-Masaeid, H.(1997) Performance of Safety



- Evaluation Methods. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 123 No. 5, pp.364-369
- Benekohal, R. F.(1992), and A. M. Hashmi. Procedures for Estimating Accident Reductions on Two-Lane Highways. *Journal of Transportation Engineering*. Vol. 118 No. 1, pp.111-129
- Griffith, M. S.(1999), Safety Evaluation of Continuous Shoulder Rumble Strips Installed on Freeways, Transportation Research Record 1665, *National Research Council*, Washington D.C., pp. 28-34.
- Harwood D. W.(1993), Use of Rumble Strips to Enhance Safety: A Synthesis of Highway Practice, National Cooperative Highway Research Program Synthesis 191, Transportation Research Board, *National Research Council*
- Hauer, E.(1997), *Observation Before-After Studies in Road Safety*, Pergamon/Elsevier Science Inc., Tarrytown, New York
- Hickey, J. J.(1997), Shoulder Rumble Strip Effectiveness: Drift-off-Road Accident Reductions on the Pennsylvania Turnpike, *Transportation Research Record 1573*, National Research Council, Washington D.C., 1997, pp. 105-109.  
[http://safety.fhwa.dot.gov/roadway\\_dept/rumble/index.htm](http://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/rumble/index.htm)
- National Highway Traffic Safety Administration. *Traffic Safety Facts 1996: A Compilation of Motor Vehicle Crash Data From the Fatal Accident Reporting System and the General Estimates System*.
- Shen, J. and A. Gan (2003), Development of Crash Reduction Factors: Methods, Problems, and Research Needs, *Transportation Research Record 1840*, National Research Council, Washington D.C., 2003, pp. 50-56.
- Wyoming Effectiveness Report: *Shoulder Rumble Strips*(Effectiveness and Current Practice)  
[http://safety.fhwa.dot.gov/roadway\\_dept/rumble/states/state\\_wyom.htm](http://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/rumble/states/state_wyom.htm)

접 수 일 : 2007. 4. 18  
심 사 일 : 2007. 4. 18  
심사완료일 : 2007. 6. 8