



노면요철포장으로 인한 사고감소 효과

Probable Effect of Rumble Strips on Reduction of Traffic Accidents

오 흥 운* 장 정 화**
 Oh, Heung-Un Chang, Jung-Hwa

Abstract

There have been research and studies on rumble strip effectiveness in terms of accident reduction since rumble strips were first installed in 1950's. Research has shown that rumble strips reduce accidents from drowsy and inattentive driving. The present research statistically analyze the accident reduction effect of rumble strips based on accident reports obtained from rumble strip installed 377 places of nation wide freeway lines. Based on the results, rumble strips are effective in reducing accident frequencies 32.3%. The probable various factors inducing accidents are identified. These include drowsiness, speeding, inattentiveness, vehicle defectiveness, and short headways. It was found that rumble strips are effective in reducing A, B, C leveled accidents. and in reducing clear, cloudy, and rainy weather accidents. The results may make clear and expand probable types of accidents that rumble strips would reduce, then reduce the total accidents on freeway lines.

Keywords : *rumble strip, before-after study, traffic accidents*

요 지

노면요철포장은 1950년대 처음 설치된 후 사고감소효과에 대하여 여러 가지 연구가 있어왔다. 대부분의 연구에서 주로 졸음과 부주의 사고를 예방하는 것으로 알려져 있다. 본 논문에서는 고속도로 377개소에서 4년 동안 수집한 교통사고를 바탕으로 노면요철포장 설치 전·후에 사고감소원인과 환경을 분석하였다. 분석결과 노면요철포장 설치 전·후 교통사고를 비교할 때 -200건/2년(-32.3%) 감소하여, 노면요철포장 설치시 사고감소 효과가 있는 것으로 나타났다. 세부교통사고 원인분석결과 노면요철포장 설치효과가 유의하다고 할 수 있는 교통사고원인 항목을 제시할 수 있었다. 졸음, 과속, 주시태만, 부주의, 차량결합, 안전거리 미확보 교통사고감소가 유의하였다. A, B, C 등급 사고의 경우 교통사고감소가 유의하였다. 기상상태 원인분석결과 맑음, 비, 흐림 기상상태에서 노면요철포장으로 인한 교통사고감소가 유의하였다. 본 논문 결과는 그동안 졸음 혹은 부주의 교통사고우려에 대응하도록 한 기존 노면요철포장 설치기준보다 원인인자를 명확히 하고 확장하여 고속도로 교통사고감소에 기여할 것으로 생각된다.

핵심용어 : 노면요철포장, 사전-사후분석, 교통사고

* 정희원 · 도로교통기술원 교통연구팀 책임연구원
 ** 도로교통기술원 교통연구팀 연구원



1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

노면요철포장은 럼블스트립(rumble strip)이라고도 불리고 있으며 1950년대에 미국 고속도로에서 처음 설치되어 여러 가지 공법을 거쳐 현재까지 설치되어 오고 있다. 국내에서는 2000년부터 고속도로를 중심으로 설치를 시작하였다. 노면요철포장의 정의와 특성에 대해서는 다양하게 논의되고 있다. 건설교통부(2005)는 노면요철포장은 잠재적인 위험을 지니고 있는 구간의 노면에 인위적인 요철을 만들어 차량이 이를 통과할 때 타이어에서 발생하는 마찰음과 차체의 진동을 통해 운전자의 경각심을 높임으로써 차량이 안전하게 주행할 수 있도록 유도하는 시설이라고 정의하고 있다.

설치위치에 대해서도 제시되어 있다. 건설교통부(2005)와 한국도로공사(2000)는 노면요철포장은 현재 고속도로와 간선도로에서 사고가 잦은 곳에 그리고 졸음, 부주의 운전 등으로 인한 사고우려가 매우 많은 곳에 설치될 수 있다고 제시하고 있다.

이러한 노면요철포장은 현재 고속도로와 간선도로에서 사고가 잦은 곳에 그리고 졸음, 부주의 운전 등으로 인한 사고우려가 있는 곳에 교통사고의 형태와 관계없이 매우 광범위하게 많은 곳에 설치되고 있다. 그러나 노면요철포장은 진동과 소음을 일으키고 아스팔트와 포장면에 잠재적인 손상을 줄 수가 있다고 한다. 또한 노면요철로 인해 놀란 운전자의 급정거로 인해 또 다른 위험을 줄 수 있다고도 한다. 이와 함께 무분별한 설치에 의해 도로유지관리, 예산낭비의 원인으로도 간주되기도 한다.

이러한 상황에서 교통사고 형태의 다양함과 부정적인 영향에 대한 우려들을 고려할 때 노면요철포장으로 인한 교통사고감소 인자에 대한 명확한 검토가 필요하다. 이러한 명확한 구분을 통해 노면요철포장의 사고감소효과가 명확히 구분되고 이를 통해 설치

기준이 엄밀해지면 설치를 통한 각종 부작용을 최소화할 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 노면요철포장의 사고감소효과를 알아보기 위하여 전국 고속도로 설치사례를 전후 비교하고, 사고감소 인자가 무엇인지 검토해보고자 한다. 본 연구를 위해 전국 고속도로 노면요철포장 설치시기에 대하여 조사를 하였고 특정지역에 노면요철포장 설치전후 2년간 총 4년간의 사고비교를 통해 사고감소 효과에 대하여, 그리고 사고감소 인자에 대하여 제시하였다.

2. 연구의 내용방법

2.1 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 전국의 고속도로 교통사고 지점중 노면요철포장이 설치된 구간 377개소를 대상으로 한다. 시간적으로는 2000년부터 2005년까지 설치된 노면요철포장 설치지점을 대상으로 각 지점에서 설치전 2년간 교통사고 이력과 설치후 2년간 교통사고 이력을 대상으로 한다. 따라서 교통사고 이력에 관련된 시간적 범위는 1998년부터 2007년까지로 정의될 수 있다. 본 연구를 통해 노면요철포장 사소감소효과와 원인 및 환경인자 검토를 수행하였다.

2.2 사고자료 수집

대상구간은 2007년 1월 기준 전국 고속도로 15개 노선중 노면요철포장이 설치되어 있는 노면요철포장중 설치시기가 2년 이상 된 곳을 선택하였다. 노면요철포장이 설치된 총 길이는 282.27km이고 개소 수는 377개소에 달한다. 표 1은 대상구간을 노선별로 나열한 것이다.



표 1. 노면요철포장 설치구간

노면요철포장 시공년도	노 선 명/총개소	설치연장 (km)
계	15개 노선/ 377개소	282.27
2000년도	제 2 중부선	5.00
2003년도	서해안선, 영동선	37.32
2004년도	남해선, 서울외곽순환선, 서해안선, 영동선, 제2경인선, 제2중부선, 중부선, 중부내륙선, 중앙선, 평택충주선	152.77
2005년도	경부선, 남해선, 서해안선, 영동선, 중부선, 중앙선, 호남선, 서울외곽순환선, 88선, 구마선, 제2경인선, 익산포항선, 제2중부선	87.18

2.3 문헌연구

노면요철포장으로 인한 사고감소 원인인자에 대하여는 노면요철포장 설치기준에 잘 나타나 있다. 건설교통부 도로안전시설 설치 및 관리지침(2005)에 의하면 노면요철포장은 도로의 종류와 차로수 등에 관계없이 연속적인 주행으로 운전자의 주의저하가 예상되는 구간에 설치한다고 기술하고 있다. 이를 통해 노면요철포장으로 인하여 사고를 감소시킬 수 있는 경우는 주의저하구간이라 추론할 수 있다. 그러나 주의저하구간과 일반적으로 통계지표로 사용되는 교통사고 인자와는 직접적인 관련이 모호한 실정이다.

한편 고속도로에서 사용하고 있는 노면요철포장의 설치기준은 조금 더 구체적이다. 한국도로공사 설계기준은 선형이 단조로워서 주행중 졸음운전이 우려되는 구간에 설치하는 것으로 명시하고 있다. 따라서 그 기준에 근거한다면 고속도로에서 노면요철포장은 구체적으로 졸음운전을 감소시킬 수 있는 것으로 판단할 수 있다.

위의 두 경우에서 우리나라의 노면요철포장의 설치 기준은 주의저하구간이나 졸음운전으로 인한 사고감소에 효과적인 것으로 간주되어 질 수 있다.

한편 외국의 사례를 볼 때 노면요철포장으로 인한

사고감소 원인인자는 더 다양하다. FHWA(2007)은 노면요철포장에 대하여 여러 가지 종류의 사고감소 효과가 있다고 기술하였다. 뉴욕주에서는 1993년부터 1997년까지 노면요철포장으로 인하여 ROR(Run off the Road) 사고건수가 88%가 감소하였다고 한다. 버지니아주에서는 노면요철포장으로 인하여 1997년부터 2000년까지 ROR 사고건수가 51.5% 감소하였다고 한다. 이들 사고에 대해 FHWA는 운전자 요인중 그 원인을 부주의(inattentive), 주시태만(distraction), 졸음(drowsiness)로 정의하고 있다.

Hickey (1997)은 화물차 관련 사고와 피로로 인한 교통사고가 노면요철포장으로 인하여 감소될 수 있다고 주장하였다. 또한 일기관련 사고와 차량결합 사고는 노면요철포장 설치효과와 무관한 것으로 판단하였다.

Harwood (1993)는 노면요철포장이 부주의한 운전으로 인한 사고를 감소시킬 수 있을 것이라 주장하였다. 그러나 과속과 핸들과대조작에 의한 사고에 대한 영향은 없다고 주장하였다. Morena(2003)는 전압식(rolled-in) 노면요철포장은 20% 교통사고를 감소시키고 절삭형(milled) 노면요철포장은 39% 교통사고를 감소시킨다고 주장하였다. 또한 대부분의 사고에 대한 원인을 졸음과 부주의로 간주하였다. Hickey(1997)와 Perrillo(1998)는 60에서 65% 교통사고를 감소시킨다고 주장하였다. 여기서도 대부분의 교통사고원인을 부주의와 졸음으로 간주하였다.

그러나 노면요철포장은 부정적인 효과도 있는 것으로 평가되고 있다. 부정적인 효과의 종류는 3가지로 진동과 소음유지관리 어려움 및 유지관리비용 증가를 포함한다. 노면요철포장에서 소음으로 인하여 도로주변지역 주민들에게 불편을 주는 것으로 알려져 있다. Higgins와 Barbel(1984)은 노면요철포장이 소음도를 7db 정도 증가시키는 것으로 관찰하였다. 노면요철포장의 주요 특징은 운전자에 대한 각성효과이다. 각성효과의 특성에 대하여 종류별로 차이가 있음이 알려져 있다. Chen(1994)은 전압식



(rolled type) 노면요철포장은 트럭운전자에 각성효과가 매우 미미하다고 주장하였다. Moeur(2000)와 Elefteriadoiu(2000)은 진동으로 인한 안전상의 문제에 대하여 연구하였다. 한국도로공사(2007)는 아스팔트와 포장표면에 잠재적인 손상을 줄 수가 있다고 주장하였고, 이와 함께 드물게는 무분별한 설치에 의해 도로유지관리예산의 낭비원인이 될 수도 있다고도 주장한다. 표 2는 관련문헌에서 노면요철포장으로 인한 사고감소원인에 대하여 기술한 것을 요약한 것이다.

표 2. 문헌상 노면요철포장으로 인한 사고감소원인

구 분	사고원인	사고무관한 원인
도로안전시설 설치 및 관리지침 (건설교통부)	주의저하, 줄음	-
도로설계지침 (한국도로공사)	줄음	-
FHWA	부주의, 주시태만, 줄음	-
John J. Hickey, Jr	트럭관련 사고, 피로사고	날씨관련 사고
Harwood,	부주의	과속, 핸들과대 조작
Hicky, Perillo	주의저하, 줄음	

3. 분석방법론 검토

3.1 효과척도(MOE) 선정위한 가정

노면요철포장 설치로 인한 교통사고감소를 표현하기 위한 방법, 즉 효과척도(MOE)는 여러 가지가 가능하다. 교통사고 단순건수, 백만대-km당 사고율, 대물피해사고 환산(EPDO : Equivalent Property Damage Only) 및 백만대-km당 EPDO사고율이 가능하다. 표 3은 각 효과척도(MOE)간 장단점을 정리하였다. 본 연구에서는 분석방법이 비교적 간단명료

한 장점을 가진 교통사고건수를 효과척도(MOE)로 선정하였다. 교통사고건수를 이용한 효과척도는 2가지 통계적 가정이 가능하고, 이것은 포아송 분포의 합의정리와 중심극한정리로 구분할 수 있다.

첫째로 동일지점에서 4년간 자료를 가지고 있는 점을 감안한 교통사고분포를 포아송 분포로 가정한다면 효과척도(MOE)는 교통사고건수로 정의되고, 이를 통해 각 효과척도, 즉 교통사고건수를 합하여 통계처리할 수 있는 중요한 방법론을 얻게 된다.

구체적인 원리는 다음과 같다. 교통사고건수를 포아송 분포로 가정하면 여러 건의 교통사고합을 표준편차의 고려 없이 쉽게 얻을 수가 있다. 반대로 다른 여러 가지 변수가 고려될 경우 분포합은 각 변수의 표준편차합의 고려 등 여러 가지 복잡한 통계적 기교를 필요로 하는데, 그 과정을 거쳐 다음과 같은 확률밀도함수로 정의할 수 있다.(Leeds대학교, 2007) 즉, 각 개소마다 발생한 교통사고건수가 λ, \dots, μ 일 경우 그 교통사고 건수의 평균합은 $\lambda + \dots + \mu$ 이고 그 분포에 대한 확률밀도함수는

$$P(f; \lambda + \dots + \mu) = e^{-\lambda} \times \lambda^k / k! \times \dots \times e^{-\mu} \times \mu^{n-k} / (n-k)! \\ = e^{-(\mu + \dots + \lambda)} \times (\lambda + \dots + \mu)^n / n!$$

로 정의된다. 따라서 2개 이상 혹은 무한한 장소에서 얻은 여러개의 교통사고 평균발생건수는 하나의 포아송 합의 정리에 의하여 합하여 질 수 있게 되는 것이다. 본 가정을 통하여 2개년 동안 각기 다른 여러 지점에 대한 통계분포를 합하여 단일 분포화하는 일이 가능해진다. 즉 개개의 장소에서 발생한 교통사고를 통합하여 사전·사후 비교하는 일이 가능해지는 것이다.

둘째로 중심극한정리를 적용하여 전체적인 통계분포가 정규분포화를 따르는 것으로 가정하고자 하였다. 중심극한정리는 서로가 독립인 일정하게 분포하는 많은 변수들의 합은 거의 정규분포화 한다고 가정한다(Wikipedia, 2007). 따라서 교통사고건수의 합은 포아송 분포로 가정하여 합하여 질 수 있고 합해



진 포아손 분포는 그 수가 증가함에 따라 정규분포로 가정할 수 있게 되는 것이다. 결론적으로 여러 군데에서 발생한 서로 다른 특징을 가진 교통사고건수에 대하여 두 가지 가정에 의해 편리하게 확률밀도함수로 환산할 수 있도록 비교가 가능하게 된다.

표 3. 각 교통사고 효과척도(MOE)간 장단점-교통사고 통계 분포간 합을 사용할 경우

교통사고 MOE	함수형태	장 점	단 점
교통사고 건수	f (교통사고건수)	- 간단명료 - 교통특성이 유사한 동일지점에 대한 사전과 사후 분석 비교에 적합 - 서로 다른 두 분포를 쉽게 합할 수 있음	- 교통특성(교통량 등)이 다른 두 지점에 대한 비교평가가 어려움 - 동일조건가정이 필요(교통량, 동일연도)
백만대 km당 사고율	f (교통사고건수, 차량대수, km)	- 교통특성(교통량 등)이 다른 두 지점에 대한 비교평가에 유리	- 통계분포합성 교통사고 건수의 각 변수들의 표준편차에 대하여 민감도 분석 필요
EPDO	f (교통사고건수, 건당 사고비용)	- 교통특성(교통량 등)이 다른 두 지점에 대한 비교평가에 유리 - 재산상의 비용까지 파악가능	- 통계분포합성 교통사고 건수의 각 변수들의 표준편차에 대하여 민감도 분석 필요 - 변수가 많아져서 통계합에 불리
백만대 km당 EPDO	f (교통사고건수, 차량대수, km, 건당 사고비용)	- 교통특성(교통량 등)이 다른 두 지점에 대한 비교평가에 유리 - 재산상의 비용까지 파악가능	- 통계분포합성 교통사고 건수의 각 변수들의 표준편차에 대하여 민감도 분석 필요 - 변수가 많아져서 통계합에 불리

3.2 설치전후 교통사고감소 비교방법론의 정립

FHWA(1981)는 여러 가지 교통사고 비교방법론을 제시하였는데 교통사고건수에 대하여 그림 1과 같이 동일지점에 대한 단순비교방안을 제시하였다.

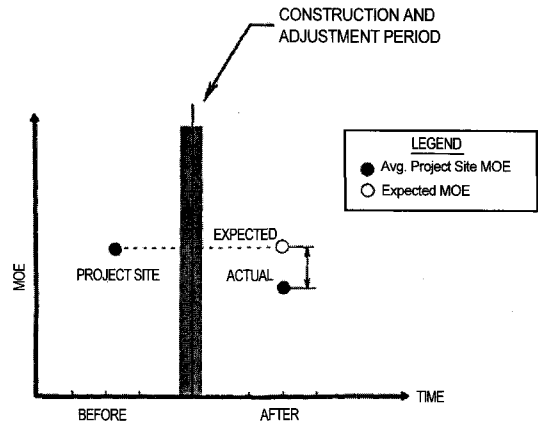


그림 1. FHWA 에 의한 교통사고 사전사후 비교방법

본 방법론은 대상 사이트의 관련인자 변화가 기타 다른 인자에 의한 영향이 크지 않은 경우에 해당한다. 위 논문에서는 관련 비교 인자 영향이 미미한 것으로 가정했을 시 위의 비교를 사용할 수 있다고 하고 있다. 즉 일정위치에서 고속도로 교통량 등의 증가가 심각하지 않을 것으로 가정할시 그리고 개선이 설치되지 않았을 경우 거의 동일한 결과가 예상될 시 사용할 수 있다. 본 가정에 의하여 특정위치에 대하여 사전사후 비교사례를 할 때 사용할 수 있다. 위의 비교를 교통사고건수법으로 했을 때 한 지점에 대해 교통사고의 경향을 파악하는데 매우 유용할 수 있다. (Maryland DOT, 2007)

3.3 교통사고 분석항목 및 통계적 유의성의 설정

운영중인 고속도로 전체 15개 노선에서 노면요철포장이 설치된 구간에 대한 교통사고분석을 하였다. 총연장 대상은 282.27km이었다. 2002년부터 2006년 10월까지 교통사고중에서 노면요철포장이 설치된 지점별로 각기 2년전후 교통사고를 분석하였다. 예를 들면 경부고속도로 383.05k~380.25km 지점 오산 IC 부근 노면요철포장은 2003년 11월에 설치되었으므로 2001년 11월부터 2003년 11월까지 교통사고를 노면요철포장 설치전 교통사고로 분류하고 2003년 11월부터 2005년 11월까지 교통사



고를 노면요철포장 설치후 교통사고로 분류하였다. 사용되어진 교통사고 분류항목은 표 4와 같다.

표 4. 교통사고 분류항목

구 분	세 부분류 항목
고속도로 교통사고대분류	지사,노선,이정,방향,사고일자,도로구분,요일구분,기상,교통사고급수,사망자수,부상자수,원인구분,세부원인,피해금액,피해내용,관련차량대수 및 특징
"사고원인" 항목	음주, 기타, 적재불량, 통행위반, 잡물, 부주의, 추월불량, 타이어파손, 졸음, 과속, 주시태만, 차량결함, 안전거리 미확보, 부주의 교통사고
"사고등급" 항목	A급, B급, C급, D급, 무급
"기상상태" 항목	맑음, 비, 흐림, 비
"사고지역" 항목	행정구역별로 도단위로 구분하였음
"도로포장종류" 항목	아스팔트, 콘크리트

통계적 유의성은 가설검정단계에서 2종오류 (Type II error)의 정도를 파악하는 기준으로 사용되어진다. 따라서 가설검정에서 가설의 채택과 기각보다 통계적 유의성의 정도가 더 중요한 수치가 될 수 있다. 보통의 경우 90~99% 신뢰수준이 사용되어진다. 본 논문에서는 임의로 95%의 신뢰수준을 설정하고 이에 따라 유의성을 파악하였다. 표 5에서 보듯 검정통계량의 정도는 P값(P-value)으로 표시하였다.

표 5. 노면요철포장 설치 전/후 교통사고 증감

구분	교통사고 발생(건/2년, %)				통계검증결과	
	설치 전	설치 후	증감건수	증감비율 (%)	P	T
전체	619 1.096건 /km/년	419 0.742건 /km/년	-200 0.354건 /km/년	-32.3	0.0000	유의함

4. 전체 교통사고 대상 분석

4.1 총건수 비교

노면요철포장 설치 전·후 교통사고를 비교 분석하였다. 노면요철포장 설치후 전국 고속도로에서 2년 간에 걸쳐 총 -200건/2년 감소한 것으로 나타났다. 유의성 분석결과, P-value는 0.0000로 감소가 매우 유의한 것으로 나타났다. 따라서 설치후 감소효과가 매우 유의하다고 판단할 수 있다. 감소비율면에서 32.3%의 감소를 나타냈다. 본 건수는 Morena (2003)가 전압식 (rolled-in) 노면요철포장은 20% 교통사고를 감소시키고 절삭형(milled) 노면요철포장은 39% 교통사고를 감소시킨다고 주장한 것에 비하면 매우 유사한 결과라 할 수 있다. 표 5, 표 6은 노면요철포장 설치 전·후 교통사고 증감을 나타낸다. 증감에 대한 통계적 차이 비교를 수행한 결과 95% 신뢰수준에서 교통사고 감소수준이 유의한 것으로 나타났다.

표 6. 교통사고 원인별 사고감소 유의성 분석

구 분	교통사고 발생(건/2년, %)				통계검증결과	
	설치 전	설치 후	증감건수	증감비율 (%)	P	T
전 체	619	419	-200	-32.3	0.0000	유의함
졸 음	173	115	-58	-33.5	0.0008	"
과 속	127	91	-36	-28.3	0.0026	"
주시태만	74	42	-32	-43.2	0.0117	"
차량결함	33	16	-17	-51.5	0.0042	"
안전거리미확보	31	12	-19	-61.3	0.0011	"
부 주의	10	6	-4	-40.0	0.0293	"
핸들과대	78	64	-14	-17.9	0.4688	유의하지 않음
타이어파손	56	46	-10	-17.9	0.3194	"
추월불량	11	4	-7	-63.6	0.0542	"
음 주	7	3	-4	-57.1	0.1832	"
기 타	7	8	+1	+14.3	0.0659	"
적 재 불 량	5	2	-3	-60.0	0.2822	"
통 행 위 반	3	6	+3	+100.0	0.0478	"
잡 물	4	4	+0	+0.0	0.3697	"



4.2 교통사고원인 항목비교

교통사고 원인검토를 위해 대상항목은 총 14가지로 구분하였다. 교통사고 원인별 분석결과 교통사고 원인중 영향력이 있는 것으로 나타나는 몇 가지 항목이 도출되었다. 표 6과 같이 졸음, 과속, 주시태만, 차량결함, 안전거리 미확보, 부주의 등 이상 6가지가 그에 해당하였다. 해당항목에 대하여 95% 신뢰수준으로 교통사고감소가 유의하다고 할 수 있었다. 특이한 것은 '졸음'으로 인한 교통사고 감소 건수 -58건/2년으로 가장 크게 감소한 것을 알 수 있었다. 사고 건수 감소 순서는 졸음 다음으로 과속 -36건/2년, 주시태만 -32건/2년 감소한 것으로 나타났다. 비울측면에서는 졸음이 -33.5%로 제일 많이 감소하였다. 과속과 주시태만은 각각 -28.3%, -43.2% 감소하였다. 표 6은 교통사고 원인별 사고감소 유의성을 나타낸다.

Harwood가 무관하다고 정의한 핸들과대조작사고 변수는 이번 연구에서도 유의성없는 변수로 정의될 수 있었다. P-value 값도 0.4688로 매우 유의성이 낮은 변수임을 알 수 있었다. Harwood가 무관하다고 정의한 과속사고는 이번 연구에서 매우 다른 결과를 보여줬다. P-value가 0.0026으로 유의성이 높은 변수임이 나타났다. 건교부 자료 등 기타 다른 자료에서 감소원인사고로 정의한 부주의, 졸음, 주시태만 사고는 본 연구에서도 유의한 원인항목으로 간주할 수 있었다.

본 연구를 통하여 노면요철포장으로 인한 교통사고감소항목이 추가되었다. 차량결함에 의한 사고, 안전거리 미확보라는 항목이 이에 해당한다. 위의 교통사고 원인분류가 운전자와의 인터뷰로 이루어지는 점을 감안하면 차량결함사고나 안전거리 미확보 사고는 운전자의 진술에 의거한 것으로 보여진다. 고속도로 도로관리안전순찰대와의 인터뷰에 의하면 차량결함사고의 대부분은 타이어파손에 해당하고 실제로 운전자는 교통사고 상황에서 타이어파손이 먼저인지 시설물 충돌이 먼저인지 구분을 못하는 경향이

많으므로 실제로는 부주의나 졸음 등으로 인한 사고일 가능성이 높다고 추론할 수 있다.

4.3 사고등급 비교

교통사고등급별로 총 5가지로 구분하여 표 7과 같이 기술하였다. 고속도로 등급사고는 한국도로공사(2005)에서 사고의 심각도에 따라 정한 등급으로 A급은 사망 3명 이상, 사상 10명 이상, 부상 20명 이상, 도로시설물 피해액 1,000만원, 관련차량이 10대 이상이거나, 5대 이상 사망사고중 하나에 해당하는 경우로 정하고 있다. B급은 사망 1명 이상, 부상 5명 이상, 도로시설물 피해액 250만원 이상, 관련차량 5대 이상 혹은 3대 이상 부상사고중 하나에 해당하는 경우로 정하고 있다. C급은 부상 1명 이상, 도로시설물 피해액 30만원 이상, 관련차량 3대 이상 사고 중 하나에 해당하는 경우로 정하고 있다. D급 사고는 그 외의 사고가 해당한다.

교통사고 건수면에서는 C급이 -176건/2년 감소하여 최다감소를 보였으나 감소율면에서는 A급이 -75.0% 감소하여 최고감소율을 보였다. 또한 위험도가 높은 A, B, C급 교통사고감소가 유의한 반면 D급 교통사고는 같은 신뢰수준에서 유의성을 보이지 않았다. 교통사고 등급별 분석결과 교통사고 발생건수가 95% 신뢰수준에서 전체적으로 감소하였다고 할 수 있었다. 또한 사고등급이 높은 사고에 대하여 감소가 유의하다고 할 수 있었다.

표 7. 교통사고 등급별 분석

구분	교통사고 발생(건/2년, %)				통계검증결과	
	설치 전	설치 후	증감건수	증감비율 (%)	P	T
전체	619	419	-200	-32.3	0.0000	유의함
A급	8	2	-6	-75.0	0.0173	"
B급	68	44	-24	-35.3	0.0352	"
C급	446	270	-176	-39.5	0.0000	"
D급	31	38	+7	+22.6	0.0611	유의하지 않음



4.4 사고발생시간 비교

노면요철포장 설치 전·후 교통사고 증감건수 비교를 위해 교통사고 발생시간은 야간과 주간 2가지로 구분하였다. 교통사고 발생시간별 분석결과 주간에는 -115건/2년 감소하여 감소비율이 주간 33.0%에 달하였다. 야간에는 -85건/2년 감소하였다. 감소비율면에서 야간은 31.4% 감소하였다. 따라서 노면요철포장으로 인해 주간사고나 야간사고나 모두 사고감소가 유의한 것으로 판단할 수 있다. 또한 그 감소비율도 33%와 31%로 유사하여 사고발생시간(주·야)는 특이성이 없는 것으로 판단할 수 있다.

표 8. 노면요철포장 설치 전·후 교통사고 증감 교통사고 시간별 분석

구분	교통사고 발생(건/2년, %)				통계검증결과	
	설치 전	설치 후	증감건수	증감비율 (%)	P	T
전체	619	419	-200	-32.3	0.0000	유의함
주간	348	233	-115	-33.0	0.0002	"
야간	271	186	-85	-31.4	0.0057	"

4.5 교통사고시 기상상태별 비교

교통사고시 기상상태는 맑음, 흐림, 눈, 비, 안개 총 5가지로 구분하여 노면요철포장 설치 전·후 교통사고 증감건수를 비교하였다. 상세내용은 표 9와 같다. 교통사고시 기상상태별 분석 결과 노면요철포장 설치 전후 교통사고감소가 유의한 기상상태는 맑음, 흐림, 비의 기상 상태였다. 즉 노면요철포장 설치하는 맑은날, 흐린날, 비가 오는날 교통사고에 대하여 모두 효과가 95% 신뢰수준으로 유의함을 알 수 있다. 눈이 오는 날 교통사고 감소의 경우 노면요철포장 설치로 오히려 증가한 것으로 나타났다.

고속도로 도로관리안전순찰대의 인터뷰에 의하면 노면요철포장 설치로 눈을 도로포장위에서 밀어갓길로 제설하는 장비인 그레이더는 노면요철포장

존재시 그레이더 날이 요철에 걸리는 등 사용이 용이하지 않을 수 있다고 하고 있다. 그러므로 노면요철포장이 있는 구간에서 사이로 인한 영향으로 추론할 수 있는 바 개연성 있는 결과로 생각된다. 눈이 오는 날, 안개시 사고감소효과는 샘플수나 유의성으로 볼 때 95% 신뢰수준에서 확인 가능하지 않았다.

표 9. 교통사고시 기상상태별 분석

구분	교통사고 발생(건/2년, %)				통계검증결과	
	설치 전	설치 후	증감건수	증감비율 (%)	P	T
전체	619	419	-200	-32.3	0.0000	유의함
맑음	364	255	-109	-29.9	0.0015	"
흐림	141	63	-78	-55.3	0.0000	"
눈	18	25	+7	+38.9	0.0316	"
비	89	72	-17	-19.1	0.0375	"
안개	7	4	-3	-42.9	0.0788	유의하지 않음

4.6 교통사고 발생지역별 비교

표 10과 같이 행정구역별 6가지로 구분하여 교통사고 감소효과를 판단하였다. 95% 신뢰수준에서 노면요철포장 설치로 교통사고가 감소하는 효과를 볼 수 있었다. 그러나 지역별로 증감비율이 8.5~73.4%까지 차별화되는 것을 볼 수 있다. 이에 관하여는 노면요철포장 시공대상 지점에서부터 줄음사고나 부주의

표 10. 교통사고 발생 지역별 분석

구분	교통사고 발생(건/2년, %)				통계검증결과	
	설치 전	설치 후	증감건수	증감비율 (%)	P	T
전체	619	419	-200	-32.3	0.0000	유의함
강원지역	95	61	-34	-35.8	0.0130	"
경기지역	167	150	-17	-10.2	0.0432	"
경남지역	95	40	-55	-57.9	0.0009	"
경북지역	62	46	-16	-25.8	0.0440	"
충청지역	94	25	-69	-73.4	0.0009	"
호남지역	106	97	-9	-8.5	0.0377	"



사고 등 관련사고 가능성 등과도 관련 있을 것으로 추측할 수 있으나 자세한 사항은 추가 연구를 통해 밝혀져야 할 사항으로 보인다.

4.7 포장종류별 비교

표 11과 같이 도로포장 종류별 분석결과 포장종류에 관계없이 유사한 감소경향이 나타난 것을 볼 수 있다. 포장종류에 관계없이 교통사고 감소가 유의한 것으로 판단할 수 있다. 유지보수관리자와의 전화 인터뷰에 의하면 그 원인에 대하여 추정이 가능하다. 일반적으로 아스팔트포장 횡단면의 경우 갓길과 본선과 단차가 없이 시공되어, 즉 평탄성이 좋아 노면요철포장의 단차효과가 운전자에 잘 전달될 수 있다고 한다. 따라서 노면요철포장의 요철효과가 매우 크다고 추정할 수 있다. 한편 콘크리트포장 횡단면의 경우 갓길과 본선과의 단차가 발생하고 갓길과 본선포장간의 평탄성의 불균일이 발생하여 노면요철포장이 없는 상태에서도 이미 요철효과나 각성효과가 어느 정도 있다고 하고 있다. 이러한 사실은 추후 연구로 상세히 밝혀져야 할 부분으로 생각된다.

표 11. 교통사고시 도로포장별 분석

구분	교통사고 발생(건/2년, %)				통계검증결과	
	설치 전	설치 후	증감건수	증감비율(%)	P	T
전체	619	419	-200	-32.3	0.0000	유의함
아스팔트	287	179	-108	-37.6	0.0005	"
콘크리트	332	240	-92	-27.7	0.0050	"

5. 결론

노면요철포장은 1950년대 처음 설치된 후 사고감소효과에 대하여 여러 가지 연구가 있어왔다. 여러 연구를 통해서 주로 줄음과 부주의 사고예방에 효과가 있는 것으로 알려져 왔다.

본 논문에서는 고속도로 377개소에서 4년 동안 수집한 교통사고를 바탕으로 노면요철포장 설치 전후에 사고감소원인과 환경을 분석하였다. 구체적으로 노면요철포장의 설치효과에 대하여 교통사고 원인별, 교통사고 환경별로 구분하여 통계적 유의성을 검토하였다. 통계적 유의성은 95% 신뢰수준으로 이루어졌다. 주요 결론은 다음과 같다.

- 전체교통사고 건수면에서 노면요철포장 설치 전·후 교통사고를 비교분석할 때 -200건/2년(-32.3%) 감소하여, 교통사고 발생건수면에서 또한 증감비율면에서 노면요철포장 설치시 통계적으로 유의한 교통사고 감소효과가 있는 것으로 나타났다.
- 세부교통사고 원인분석결과 노면요철포장 설치 효과가 유의하다고 할 수 있는 교통사고 원인항목을 제시할 수 있었다. 줄음, 부주의, 과속, 주시태만, 차량결함, 안전거리 미확보 교통사고감소가 유의하였다. 이는 기존에 줄음사고를 기준으로 한 기준보다 교통사고에 대하여 포괄적인 접근을 가능하게 해준다. 또한 노면요철포장 설치효과가 유의하다고 할 수 있는 교통사고등급을 제시할 수 있었다. 사고심각도가 높은 등급사고의 경우 교통사고 감소가 유의하였다. 기상상태 원인분석결과 맑음, 비, 흐림 기상상태에서 노면요철포장으로 인한 교통사고 감소가 유의하였다. 안개사고와 관련되어 노면요철포장의 사고감소효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 주야간 분석결과 주야 모두 노면요철포장으로 인한 교통사고 감소가 유의하였다. 전국을 행정구역별로 분석결과 전국에서 공통적으로 노면요철포장으로 인한 교통사고감소가 유의하였다. 포장종류별로 분석한 결과 아스팔트와 콘크리트 포장이 모두 노면요철포장으로 인한 교통사고감소가 유의하였다.

본 연구에서 노면요철포장의 설치로 인한 교통사고감소가 포괄적으로 제시되었다. 본 결과는 향후 노면요철포장의 설치시 교통사고원인과 환경검토를 통해 할 수 있도록 표준기준을 만드는 근거를 제시해주