



# 기존 노면요철 포장 개선 연구

## A study to improve the existing rumble-strip

류 성 우\*                  임    관\*\*                  박 권 제\*\*\*                  조 윤 호\*\*\*\*  
 Ryu, Sung Woo              Lim, Kwan                  Park, Kwon-Je              Cho, Yoon Ho

### Abstract

Rumble strip was introduced in highway pavement for driver's safety in Korea on 2000. With proving its effectiveness, total length of highway with rumble strip has increased. This research team suggested a modified form of the existing rumble strip, which was placed on new concrete pavement during construction. The modified construction equipment was applied on test section at PyungTeak ~ EumSung highway with some performance experiments. Through the equation of stopping sight distance proposed AASHTO, the modified form is safer than the existing one due to 0.65m of extra width. The indoor noise test showed that the modified form 3.5 ~ 9 dB(A) noisier than the main pavement, which wasn't applied by rumble method. Therefore, it was one of alternatives to prevent sleeping. The modified form made the frequency effected on man's eye. There were no differences of the noise and vibration between modified form and existing one. However, that driver who participated on operating test on that section felt that the former was safer than the latter. It can be concluded that modified form can be applied to the new concrete pavement, that will decrease traffic accident.

**Keywords :** rumble strip, traffic accident, safe, stopping sight distance, noise, frequency analysis, vibration

### 요 지

국내 도로의 주행안전성을 확보하기 위하여 2000년에 처음으로 노면요철 포장을 도입하였다. 본 공법의 효과가 증명되면서부터 시공물량은 매년 증가하였다. 본 연구진은 기존형태를 개선하여 본선 콘크리트 포장부 시공 시 동시에 노면요철 포장을 설치하는 형식을 제안하였다. 노면요철 포장 시공장비를 제작하여 평택~음성 고속국도에 시험시공을 하였으며 그 효과를 분석하였다. AASHTO에서 제안한 식을 이용하여 횡방향 정지거리를 산출한 결과, 개선된 노면요철 포장의 횡방향 여유폭이 0.5m 더 확보되어 기존형태보다 더 안전한 것으로 나타났다. 소음도 평가결과, 노면요철 포장이 없는 구간을 주행할 때보다 약 3.5~9dB(A)까지 더 크게 소음이 발생하여 졸음을 예방하거나 운전자의 환경을 개선시키는 것으로 나타났다. 진동평가에서는 주로 사람의 안구에 영향을 주는 주파수 영역대의 진동이 지배적인 것으로 나타났다. 주행 후 운전자들의 설문조사 결과에서는 개선된 형태가 기존형태보다 소음이나 진동에서 큰 차이는 없지만 주행상의 안정감이 더 큰 것으로 나타났다. 따라서 개선된 공법을 도로에 확대 적용할 경우, 기존보다 교통사고 및 사망자수를 줄일 수 있을 것으로 평가된다.

**핵심용어 :** 노면요철 포장, 교통사고, 안전, 정시시거, 소음, 주파수 분석, 진동

\* 정회원 · 중앙대학교 건설환경공학과 박사과정  
 \*\* 준회원 · 한국도로공사 수도권건설사업단 차장  
 \*\*\* 정회원 · 한국도로공사 기술심사실장  
 \*\*\*\* 정회원 · 중앙대학교 건설환경공학과 정교수



# 1. 서론

그림 1과 같이 도로의 개념이 변화하고 환경속에서, 기존 도로 설계는 획일적이고 구조적 안전에 중점을 두었기 때문에 도로 이용자의 안전과 편의를 고려한 설계, 시공, 관리 등이 미흡한 상태이다. 이에 따라 이용자 중심의 도로 설계가 이뤄지지 않고 삶의 수준 변화에 따른 요구를 반영하지 못함으로써 기존 도로의 문제점들이 부각되고 있다. 특히, 도로 안전과 관련된 문제는 이용자의 생명과 직결되기 때문에 관련 사항들을 시급히 해결해야 할 사항이 되었다. 국토해양부에 따르면 2003년도 전체 교통사고 240,832건 중 운전자의 졸음운전이나 부주의 등으로 인하여 발생한 차량단독사고는 9,531건으로 사망자수는 1,416명으로 치사율이 14.9%나 되었다<sup>1)</sup>.

도로 환경변화에 따라 최근 들어 도로안전시설에 대한 연구와 시공을 실시하였다. 삼성교통안전문화연구소에 따르면 지난 '98년~'03년까지 도로안전시설 개선사업이 시행된 일반국도 5개노선(466개 사고지점)에서 도로안전시설물을 설치하였으며, 교통사고개선에 큰 효과가 있는 것으로 나타났다<sup>2)</sup>. 특히 도로안전시설 중에서 졸음운전 및 부주의로 인해 발생하는 사고를 예방하기 위해 노면요철 포장(Rumble Strip)은 그 효과가 큰 것으로 나타났다. 본 연구에서는 노면요철 포장의 설치형태, 위치, 장비 등에 대한 연구를 통해, 기존형태보다 사고발생확률을 낮출 수 있는 형태의 노면요철 포장을 제안하였다.

“노면요철 포장의 기능은 졸음운전 또는 운전자 부주의 등으로 인해 차량이 차로를 이탈할 경우 소음 및 진동을 통해 운전자의 주의를 환기시킴으로써 차량이 원래의 차로로 복귀하도록 유도하는 시설”로 정의하고 있다. 그 종류는 절삭형(Milled-in Type), 다짐형(Rolled-in Type), 틀형(Formed Type), 부착형(Raised Type)으로 노면요철 포장의 종류를 분류하여 제시하고 있다<sup>3)</sup>.

국내에 노면요철 포장은 2000년 제 2 중부고속도로에 약 5Km 구간을 시험 적용하면서 처음 도입되

었다. 2002년에 도로교통기술원에서는 현장 주행시험을 통해 미설치구간보다 약 80~100% 각성 효과가 있는 것으로 보고되었다. 이 연구결과를 바탕으로 2003년도 한국도로공사에서는 “노면요철 포장 적용 기준”을 수립하고 서해안고속도로(약 37.2km 구간)에, 2004년도에는 남해고속도로 외 6개 노선(약 152.7km 구간)에 시공하였다. 그림 2와 같이 2004년 말에 서해안 구간에 설치한 노면요철 포장의 설치 전후 차로이탈사고를 비교한 것이다. 설치 전인 2002~2004년도까지의 사고는 평균 약 36건, 사상자수는 평균 약 30여명이었다. 하지만 노면요철 포장을 설치한 후인 2005년~2006년에는 사고건수가 평균 23건으로 약 36% 감소하였으며, 사상자수는 평균 6명으로 약 80% 저감되었다<sup>4)</sup>. 장명순은 운전 중인 운전자 뇌파를 측정하여 노면요철 포장(rumble strip)의 효과를 분석할 수 있는 방법 및 생체 신호 파라미터를 제시하였다. 분석결과 뇌의 중심엽 부위에서 추출된 세타파 값은 본선 2차로 주행구간에서 0.462가 감소하여 본선 2차로 구간대비 약 74% 수치감소를 보였다. 이러한 수치의 감소는 운전자의 각성이 그 만큼 증가하였음을 의미하는 것으로 보고하였다<sup>5)</sup>.



그림 1. 국내 도로환경의 변화

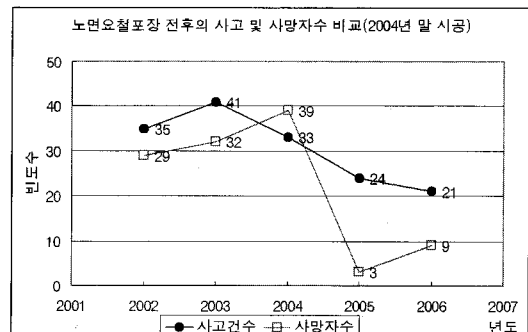


그림 2. 서해안선('04년 말 시공) 구간의 설치 전·후 차로이탈사고 비교



이동민 외 4명은 서해안고속도로 일부구간에 설치된 길어깨-노면요철포장의 교통사고 감소효과를 분석하기 위해 C-G방법(Hauer에 의해 개발된 비교그룹을 이용하는 사전·사후 분석방법)을 수행하였다. 분석결과 길어깨에 도로요철 포장을 설치한 도로는 설치하지 않은 도로에 비해 차로이탈사고가 연간 2.43건 정도 감소한 것으로 나타났으며, 감소율은 0.38(표준편차 0.21)인 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 서해안고속도로에 설치된 길어깨-노면요철 포장은 교통사고 효과가 있으며 특히 차로이탈사고가 현저하게 감소된 것으로 주장하고 있다<sup>6)</sup>.

미국에서는 1955년 New Jersey's Garden State Parkway에 최초로 L=40km 시공하였으며 1960년대부터 각 주에서 다양한 형태의 노면요철 포장이 시공되었다. 1980년대 중반부터 설치효과에 대해 다양하게 연구가 되었으며 현재 축적된 데이터를 통해 각 주에서는 관련 시방기준을 가지고 있다.

Pennsylvania주의 경우, 표 1과 같이 도입 첫째 도로이탈(Run off the road) 발생비율이 약 70% 감소되는 것으로 보고되었다<sup>7)</sup>. Wisconsin DOT의 연구에 따르면 도로이탈사고 중의 약 60~65% 정도가 주행 오른쪽 방향에서 발생하여 노면요철 포장을 오른쪽에 설치하는 것이 효과적인 것으로 나타났다<sup>8)</sup>.

Michigan DOT에서는 도로이탈사고는 왼쪽 방향으로 많이 일어나지만 치명적이거나 심한 부상을 입은 경우는 오른쪽 방향인 것으로 조사되어 다소 차이가 있었다<sup>9)</sup>. 1996년 Connecticut에서는 고속도로

에 노면요철 포장을 설치하여 48.5% 사고율을 저감시켰으며 연속적인 노면요철 포장이 차로이탈사고를 예방할 수 있는 최선책으로 평가하고 있다<sup>10)</sup>. Caltrans에서는 1988년에서 1992년 동안 TSIP(Traffic Safety Index Program)의 교통사고 감소인자에 대한 연구를 진행하여, 길어깨 확장, 노면요철 포장, 편경사 보완 및 커브구간 보완 등을 검토하였다. 가장 효과가 큰 것은 길어깨 확장이었으며, 노면요철 포장은 약 19% 정도의 교통사고 저감 효과가 있는 것으로 나타났다<sup>11)</sup>. 1987년 Michigan 주에서는 3가지 형태의 노면요철 포장과 대조구간을 설정하여 시공한 구간의 교통 사고를 조사 및 분석하였다. 전압 노면요철 포장 구간과 간헐적 노면요철 포장 구간의 교통사고 감소율은 약 20%까지 감소한 반면 절삭 노면요철포장 구간에서는 약 39%까지 감소한 것을 알 수 있었다<sup>12)</sup>. Washington DOT에서는 1993~2005년까지 I-5 구간(194Km)의 85,260건의 교통사고를 분석한 결과, 전반적으로 노면요철 포장 설치구간이 비설치구간보다 교통사고 발생률을 저하시키는 것을 확인하였다. 특히, 지방부, 준도시부에서는 그 효과가 통계적으로 입증되었으나 도심부에서는 큰 효과는 없는 것으로 나타났다<sup>13)</sup>. New York에서는 노면요철 포장의 전후의 교통사고건수, 부상자 및 사망자수를 비교 분석하였다. 91년을 기준으로 사고건수는 70% 이상, 부상자는 68% 이상, 사망자는 76% 이상 감소하는 것으로 나타나 그 효과가 매우 큰 것을 알 수 있다<sup>14)</sup>.

표 1. Pennsylvania주의 노면요철 포장 효과 사례

구 간 (길이, 마일)	설치전		설치후		교통량(AADT)		도로 이탈사고 비율 (사고/100MVM*)	
	사고수	개월수	사고수	개월수	설치전	설치후	설치전	설치후
1(3)	21	30	8	42	29,500	30,056	26.0	6.9
2(4)	16	37	1	22	27,360	24,913	13.0	1.5
3(10)	20	37	2	15	18,376	17,164	9.7	2.6
4(5)	22	37	5	15	28,913	26,597	13.5	8.2
5(6)	12	37	1	14	15,279	16,103	11.6	2.4
평균	5.18	1개월	0.155 (70% 감소)	1개월	-	-	14.76 (71% 감소)	4.32

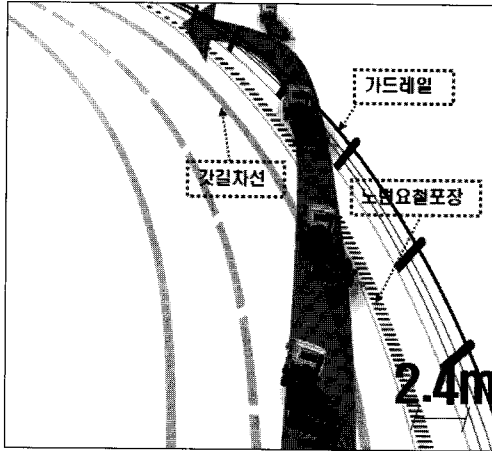


그림 3. 기존 노면요철 포장의 문제점

## 2. 국내 노면요철 포장의 개선사항

도로안전성 측면에서 국내에 적용된 노면요철 포장은 졸음운전으로 인한 사고를 예방하는 장점이 있지만 다음과 같은 문제점들의 개선이 필요하다.

첫째는, 졸음운전자가 노면요철 포장에 진입하여 정지하기까지 필요한 횡방향 여유거리가 다소 부족하다는 것이다. 도로주행시 노면요철 포장을 인식하고 브레이크를 제동하여 정지할 때까지 걸리는 안전거리를 산정하는 공식에 입사각에 대해 Sin을 취하면 횡방향으로 정지시 필요한 거리가 산출된다<sup>15)</sup>.

$$\begin{aligned} \text{수식 : } D_{SS} (\text{정지거리}) &= D_{PIEV} (\text{인지반응거리}) + D_B (\text{제동거리}) \\ &= V_i \times T_{PIEV} \times 1000 / 3600 + V_i^2 [254 \times (f - g)] \end{aligned}$$

여기서,  $D_{SS}$  : 총 정지시 필요한 거리(m)

$D_{PIEV}$  : 인지반응거리(m)

$D_B$  : 제동거리(m)

$V_i$  : 차량 초기속도(Km/h)

$T_{PIEV}$  : 인지반응시간(sec)

$f$  : 미끄럼 저항

$g$  : 종단구배

인지반응 시간을 1.5초, 차량의 주행 입사각을  $1.5^\circ$ , 고속도로 주행 속도를 100km/h로 가정하면 횡방향 인지반응거리는 약 1.45m이고 횡방향 제동거리는 1.37m이다. 따라서 전체 필요 횡방향 여유폭은 약 2.70m이지만, 국내 도로의 길어깨 여유폭은 약 2.2m이기 때문에 그만큼 사고의 가능성이 크다고 할 수 있다.

둘째, 길어깨 포장을 통해 비상차량이 이동할 경우 노면의 요철부가 차바퀴와 일치하여 주행하는데 많은 불편을 겪는다. 특히 응급환자를 후송하는 차량의 경우 노면요철 포장이 없는 경우가 주행하기에 더 나은 환경이 될 수 있다.

셋째, 차량이 운행중인 도로에 노면요철 포장을 시공할 경우, 시공안전상의 문제 및 관련비용이 발생한다. 또한 길어깨 포장을 절삭하여 시공하기 때문에 유지관리 시 폐기물의 별도 처리가 필요할 뿐만 아니라 길어깨 재포장 시 주기적으로 반복 설치해야하는 번거로움이 있다.

이 같은 기존 노면요철 포장의 문제점을 개선하기 위해 본 연구진은 다음 표 2와 같은 방안을 제안하였다. 횡방향 정지거리 및 긴급차량 이용의 불편이란 문제를 해결하기 위해 노면요철 포장의 설치위치를 조정하였으며, 환경 및 유지관리 측면의 문제를 개선



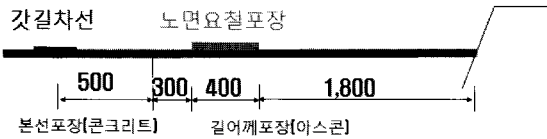
하기 위해서 신설 콘크리트 포장을 시공할 때 동시에 설치하는 것으로 하였다. 그림 4는 기존 노면 포장의 문제를 개선한 단면의 예를 보여준 것이다. 기존 노면요철 포장은 약 2.2m의 여유폭인 반면 개선된 형식은 약 2.85m의 여유폭이 있어 더 안전할 것으로 예상된다.

표 2. 기존 노면요철 포장의 문제점 개선

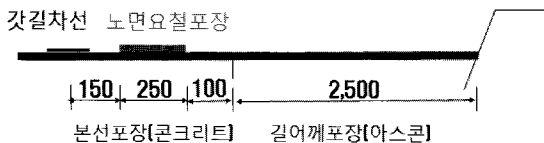
	문제점	개선방향	최종 개선방안
교통적 측면	- 정지를 위한 거리 부족 - 긴급차량 이용 불편	노면요철포장 위치 조정	고속도로건설 중 콘크리트 포장작업 시 측대부에 전압형으로 설치
환경적 측면	- 폐기물로 환경 악영향	고속도로 건설 중	
유지관리 측면	- 공용 중 별도 추가 철삭 - 재포장 시 주기적 반복설치	콘크리트 포장 작업 시 설치	

표 3. 시험시공 개요

구 분	현 기준	시험 적용
설치방안	아스팔트 포장후 철삭형	콘크리트 굳기전 전압형
설치위치	길어깨 차선에서 60~80cm이격	길어깨 차선에서 10cm 이격
설치길이	400mm	250mm
설 치 폭	180mm	100mm
최대 홈 깊이	15mm	10mm
중심 간격	300mm	200mm



(a) 기존 노면요철 포장



(b) 개선된 노면요철 포장

그림 4. 기존 노면요철 포장의 개선

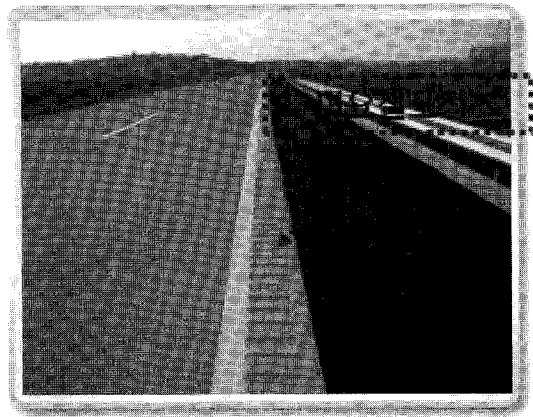


그림 5. 개선된 노면요철 포장의 시공 후 모습

### 3. 현장 시험시공 및 효과분석

본 연구진이 제안하는 노면요철 포장의 시공을 위하여 기존장비를 개량하여 현장 시험시공을 진행하였다. 시험시공 위치는 평택~음성 고속국도 5공구 내에서 평택방향으로 약 673m(STA 5+939~6+612)이다.

표 3은 기존의 대표적인 형태를 개선하여 본 시험시공에 적용된 개선된 노면요철 포장의 제원을 나타낸 것이고 그림 5는 시험시공한 후의 모습을 보여준다. 개선된 노면요철 포장의 효과를 평가하기 위하여 횡방향 정지거리 평가, 진동 및 소음도 측정, 실제주행 후 이용자의 설문평가 등을 실시하였다.

#### 3.1 횡방향 정지거리 검토

AASHTO에서 제안하는 차량의 정지거리( $D_{PIEV} + D_B$ ) 산출식을 이용하여 개선된 노면요철 포장에 대하여 주행하면서 정지할 때까지 필요한 횡방향 이동거리를 평가하였다. 실제 운전자는 길어깨 포장에 진입시 핸들을 조작하여 본선으로 재진입할 것으로 판단되지만 이는 배제하였다. 본 평가의 기본가정은



다음과 같다.

- 노면요철 포장구간에 진입한 운전자가 핸들을 조작하지 않고 일직선으로 진행후 정지.
- 중단구배는 없음.
- 인지반응 시간( $T_{PIEV}$ )는 약 1.5 초 소요.
- 마찰계수는 AASHTO에서 제시하는 Type 1(Tire B-Good tread Dry)의 값 적용.

앞서 살펴본 바와 같이 기존 노면요철 포장에 비하여 개선된 형태가 횡방향 여유폭이 약 65cm가 더 있다. 이 효과에 대하여 속도 및 입사각에 대한 분석을 실시하였다. 표 4는 주행속도 및 입사각에 따른 횡방향 인지반응 거리, 횡방향 정지거리, 횡방향 제동거리를 계산한 결과이다. 입사각이  $1^\circ$  이고, 주행속도가 120Km/h일 경우 혹은 입사각이  $1.5^\circ$  이고 주행속도가 100Km/h일 경우에 있어 기존 노면요철 포장시점부터 길어깨의 여유폭이 약 2.2~2.4m 이기 때문에 위험한 반면 개선된 형태는 약 0.65m 가 더 확보되므로 안전하다. 12가지의 경우에 있어 기존방식은 50%(6 건)가 위험한 반면 개선된 형태는 25%(3 건)으로 나타나 이론적으로 2배 이상 안

전한 것으로 나타났다. 또한 입사각이 더 커지고 주행속도가 빠르더라도 기존형태보다는 속도를 감속할 수 있는 거리가 있기 때문에 심각한 사고는 피할 수 있을 것이다.

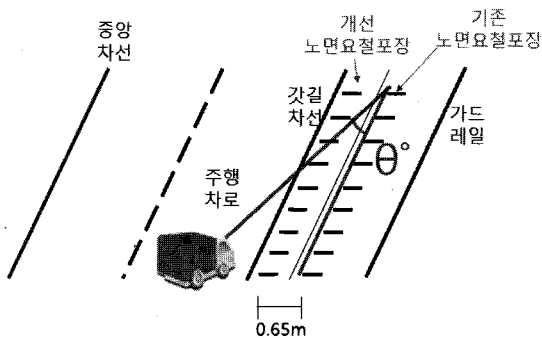


그림 6. 입사각의 정의

### 3.2 노면요철 포장의 소음평가

노면요철 포장에 진입한 줄음운전자를 깨울 수 있는 소음을 발생할 수 있는지를 평가하기 위하여 차량의 실내소음을 측정하였다. 소음측정은 B&K 장비를 이용하였고, 실험차량은 신형 아반테를 이용하

표 4. 주행속도 및 입사각에 따른 소요 거리

입사각 ( $\theta$ )	주행속도 (Km/h)	횡방향 인지반응거리 (m)	횡방향 제동거리 (m)	횡방향 정지거리 (m)	기존 (2.2m)	개선 (2.85m)
0.5	80	0.29	0.32	0.61	○*	○
	100	0.36	0.54	0.90	○	○
	120	0.44	0.82	1.26	○	○
1.0	80	0.58	0.65	1.23	○	○
	100	0.73	1.07	1.80	○	○
	120	0.87	1.65	2.52	×*	○
1.5	80	0.87	0.97	1.84	○	○
	100	1.09	1.61	2.70	×	○
	120	1.31	2.47	3.78	×	×
2.0	80	1.16	1.29	2.46	×	○
	100	1.45	2.15	3.60	×	×
	120	1.74	3.30	5.04	×	×

× : 사고발생, ○ : 사고발생하지 않음



였다. 그림 7과 같이 운전자 혹은 조수의 머리 위치인 앞좌석 양쪽 머리받침대의 고정편에 마이크를 설치하고 60, 80, 100, km/h의 속도로 각각 3회씩 노면요철 포장을 주행할 경우에 대하여 측정하였다.

실내소음측정 결과, 노면요철 포장의 위치에 있는 오른쪽 마이크(조수석)의 소음도가 왼쪽 마이크(운전석)보다 더 높았으며 속도가 증가할수록 발생 소음은 증가하였다. 운전석 및 조수석의 실내소음은 일반 콘크리트 포장을 주행할 경우보다 속도에 따라 각각 약 3.5~6.0dB(A), 7.5~9.0dB(A)정도로 크게 측정되었다. 실제 4dB 이상이면 차로이탈 운전자가 노면요철 포장을 인지할 수 있는 충분한 소음으로 평가된다<sup>16)</sup>. 따라서, 전체적으로 노면요철 포장 주행에 따른 운전자가 느끼는 소음변화는 줄음을 깨우는데 충분한 것으로 나타났다.

주파수 분석결과, 사람의 귀에 거슬려 운전에 방해를 주는 1KHz 영역의 소음은 크지 않은 것을 알 수 있다. 이는 노면요철 포장의 간격, 폭 등의 설치 제한이 해당영역의 주파수를 발생시키지 않은 형태로 된 것임을 알 수 있다. 가장 높은 크기의 주파수는 100Hz의 저주파영역이었다.



그림 7. 실내소음 평가를 위한 장비 세팅

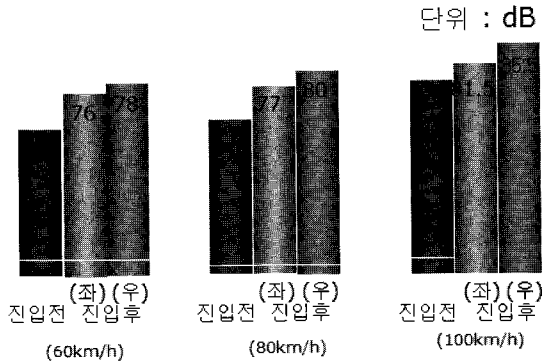
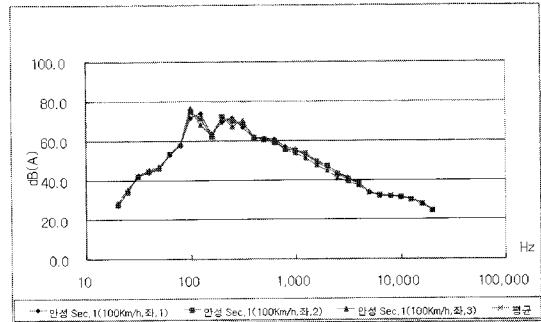
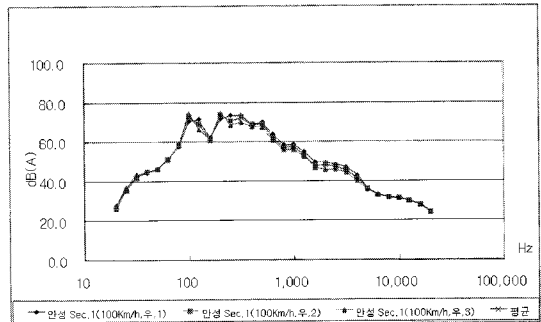


그림 8. 속도 및 위치에 따른 소음도



(a) 주파수별 소음도(100km/h-좌)



(b) 주파수별 소음도(100km/h-우)

그림 9. 실내소음의 주파수 분석

### 3.3 노면요철 포장의 진동평가

노면요철 포장에 진입한 줄임운전자가 깨어날 수



있는 진동발생여부를 평가하기 위하여 차량의 진동을 측정하였다. 소음측정은 동일차량에 진동측정용 B&K 장비를 이용하였다. 가속도계는 운전자 혹은 조수의 좌석을 지지하는 프레임에 설치하였으며 기타 조건은 소음측정시와 같다.

주행속도에 따른 진동을 평가한 결과, 표 5와 같이 80, 100km/h에서의 다양한 진동 주파수를 발생하였다. 표 6과 같이 운전자의 신체에 영향을 주는 주파수 측면에서 검토한 결과, 이론상 60Km/h 주행속

도에서는 기존형식과 개선된 형식 모두 인체에 큰 영향을 주지 않은 것으로 나타났다. 하지만 80, 100km/h에서는 두 형식 모두 운전자의 눈에 공명을 줄 수 있는 영역의 주파수를 발생하는 것을 확인하였다. 즉, 개선된 노면요철 포장은 기존 형식과 유사하게 고속도로 주행시 졸음운전자의 눈을 자극하여 위험상황을 각인시키고 안전성을 확보할 수 있는 것으로 평가 되었다<sup>17)</sup>.

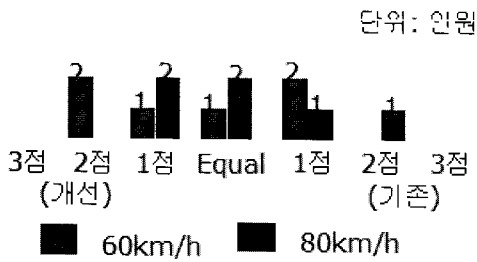
표 5. 주행속도에 따른 주파수 분석 결과

구분	개선된 형태(안성)			기존형태(여주 시험도로)		
	조수석	운전석 우측	운전석 좌측	조수석	운전석 우측	운전석 좌측
60 Km/h	10	48.125	6.875	1.25	45.6	48.7
	47.5	95.625	47.5	45.6		97.5
	95.625	142.5	102.5	90		135
			152.5			241.2
80 Km/h	조수석	운전석 우측	운전석 좌측	조수석	운전석 우측	운전석 좌측
	13.125	12.5	8.125	1.25	1.25	1.875
	61.25	61.25	65.625	6.9	1.875	11.9
	131.25	121.875	122.5	13.8	60.6	60.6
		171.25	242.5	60.6	121.9	120.6
			241.9	180	240	
100 Km/h	1번센서	2번센서	3번센서	1번센서	2번센서	3번센서
	11.25	83.125	11.25	1.25	1.25	1.25
	81.25	166.25	83.125	9.3	76.8	76.3
	163.75	238.125	163.75	75.6	153.1	152.5
	246.25		250	153.7	230	230.6
	475		328.75	228.1	306.9	290.6
		408				

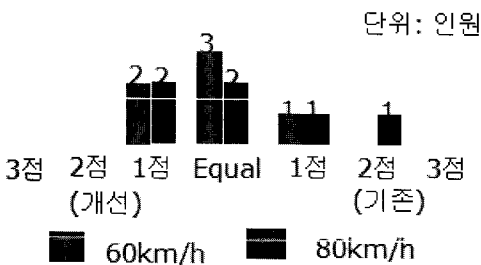
표 6. 주파수에 따른 인체영향 부위

실험조건	실험값(Hz)
3~4Hz	경부골(목)의 공명
4Hz	요추골(상체)의 공명
5Hz	전대의 공명
20~30Hz	머리와 어깨 사이의 공명
60~90Hz	안구의 공명

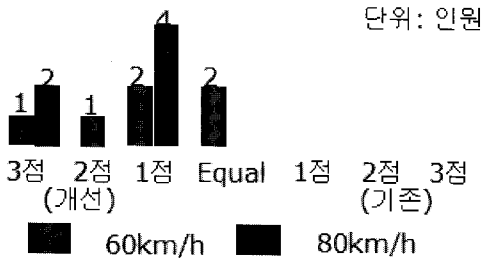




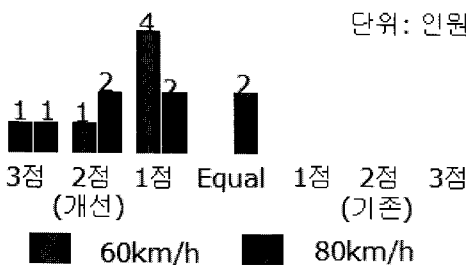
(a) 소음의 적정성



(b) 진동의 적정성



(c) 졸음운전시 효과



(d) 졸음운전시 안전성

그림 10. 설문조사결과

### 3.4 노면요철 포장의 주행후 설문조사

운전을 직업으로 하는 운전자 6명을 대상으로 졸음운전 상황을 재현하여 개선된 노면요철 포장구간과 기존형태구간(중부내륙고속도로의 시험도로 구간)을 각각 60, 80km/h로 주행한 후 설문조사를 실시하였다. 설문내용 중 중요한 사항의 조사결과는 그림 10과 같다.

운전자가 실제 느끼기에 소음과 진동은 기존방식과 개선된 것의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 하지만 졸음운전 시 노면요철 포장구간을 지날 경우 운전조작방법을 묻는 질문에 운전대를 돌리면서 브레이크를 밟는다는 설문내용의 결과에 비추어 전반적으로 새로운 노면요철 포장이 안전한 것으로 나타났다. 전체적으로 개선된 노면요철 포장은 졸음운전에 대한 안전성을 확보하는 것으로 평가되었다.

## 4. 결론 및 기대효과

### 4.1 결론

국내의 문헌고찰을 통해 노면요철 포장이 도로를 주행하는 운전자의 안전을 보다 개선시키는 것으로 나타났으며 지속적으로 확대시공되는 경향이다. 본 연구진은 기존의 노면요철 포장의 문제점을 분석하여 본선 콘크리트 포장에 요철을 설치하는 개선된 포장형태를 제안하였고 다양한 연구 및 평가를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, AASHTO에서 고려하는 정지거리 산출공식을 이용하여 횡방향의 소요정지거리를 비교·분석한 결과, 개선된 노면요철 포장형태가 기존형태보다 안전한 것으로 나타났다.

둘째, 시험시공을 통해 소음도를 평가한 결과, 진입부인 오른쪽에서 더 큰 소음이 발생하였다. 전체적으로 일반 콘크리트 포장을 주행할 때보다 노면요철 포장 주행시의 소음도변화는 평균 7dB 이상 차이가 있는 것으로 나타나 차로이탈 운전자가 위험을 충분히 인지할 수 있을 것이다.



셋째, 노면요철 포장을 80, 100km/h 주행속도에  
서 진입하여 측정된 진동은 사람의 눈에 공명을 줄  
수 있는 영역의 주파수를 발생하는 것으로 나타났다.

넷째, 기존형태와 개선된 형태의 노면요철 포장을 주  
행한 운전자들의 평가결과, 소음이나 진동의 차이는 크  
지 않았으나 주행안정감 및 안전성을 확보하였다.

#### 4.2 기대효과

이 같은 장점을 갖는 개선된 노면요철 포장을 시공  
하여 졸음운전자들이 차로이탈을 조속히 인지하고  
본래 차선으로 복귀가 가능해져서 안전성을 확보할  
수 있다. 또한, 고속도로건설 중 포장작업과 동시에  
시공하면 절삭하지 않음으로 인해 폐기물이 발생하  
지 않아 비용절감효과가 예상된다. 설치위치 조정에  
로 응급차량의 운행이 원활해 질 것이다.

#### 참고 문헌

1. <http://blog.naver.com/wscorpio> · Redirect=Log&logNo  
= 110000209805
2. <http://blog.naver.com/watis> · Redirect=Log&logNo  
=20012756128(졸음운전 부분)
3. 도로안전시설 설치 및 관리지침 - 노면요철 포장(건설  
교통부 2005년 5월)  
(An Assessment of various rumble strip designs,  
Texas Transportation Institute('05. 10))
4. 도로공사 발표 자료, "노면요철포장의 발전적 모델 제  
시", 2007
5. 장명순 외 2명, "운전자 생리신호로 본 노면요철포장의  
설치효과분석" 2006, 대한교통학회지 24권 7~14pp.
6. 이동민, 강재홍, 성낙문, 정봉조 "C-G Method를 이  
용한 고속도로 노면요철 포장의 교통사고감소 효과분  
석", 2007, 한국도로학회 논문집 9권 77~87pp.
7. HICKEY J. J. "Shoulder rumble strip  
effectiveness : Drift-off-road accident reductions  
on the Pennsylvania Turnpike", 1997, *TRB*

8. Nina McLawhorn, "Concrete Shoulder Rumble  
Strips Transportation" 2006, *Synthesis Report*
9. William C. Taylor, Ghassan Abu-Lebdeh,  
Sachin Rai, "Effect of Continuous Shoulder  
Rumble Strips and Pavement Marking on  
Lateral Placement of Vehicles", 2005, *TRB*
10. Erika B. Smith, John N. Ivan, " Evaluation of  
Safety Benefits and Potential Crash Migration  
Due to Shoulder Rumble Strip Installation on  
Freeways in Connecticut", 2005, *TRB*
11. Kevin E. Hanley, Caltrans, A. Reed Gibby and  
Thomas C. Ferrara, "Analysis of Accident  
Reduction Factors on California Statehighways",  
2000, *TRB*
12. David A. Morena, "The Nature and Severity of  
Drift-Off Road Crashes on Michigan  
Freeways, and the Effectiveness of Various  
Shoulder Rumble Strip Designs", 2003, *TRB*
13. Derek Lam MD, Edward M. Weaver MD  
MPH, Dick Doane, "Effect of Rumble Strips on  
I-5 Crash Rates", *Washington Traffic Safety  
Commission and Washington State  
Department of Transportation*
14. Kerry Perrillo, "The Effectiveness and Use of  
Continuous Shoulder Rumble Strips", 1998  
*Federal Highway Administration Albany, New  
York*
15. AASHTO, *A Policy on Geometric Design of  
Highways and Streets*, 1994
16. "An Assessment of various rumble strip designs",  
2005, *Texas Transportation Institute*
17. Karl Kroemer, "*Ergonomics*" 2nd edition

접 수 일: 2009. 1. 20  
심 사 일: 2009. 1. 29  
심사완료일: 2009. 3. 3