



# 콘크리트 거친면 마무리처리에 따른 공용성 평가

## Performance Evaluation of Surface Textures on Concrete Pavement

박 권 제\* · 문 준 범\*\* · 조 윤 호\*\*\*

Mun, Jun-Beom · Park, Kwon-Je · Cho, Yoon-Ho

### Abstract

This study tries to propose the most effective pavement texture method through the performance evaluation of variable texture methods. Noise 2~3dB is reduced in the section of uniform space 18mm longitudinal tinning. This result is proved by comparing the magnitude of noise in two sections. The noise of 26mm longitudinal tinning section is greater than that of 18mm section by 2~3dB(A). The skid resistances measured in all test section show the reasonable results. The roughness of all the test sections satisfies AASHTO roughness standard (PrI 16cm/km). The result of questionnaire survey about driving quality shows that the longitudinal tinning is the most effective method. As the result of a visual measurement, it is proved that the section applied uniform space 26mm longitudinal tinning and the general section applied uniform space 26mm transverse tinning could drain water effectively. As the result of analysis with the ranking method, the 18mm longitudinal tinning is selected as one of the most effective tinning methods. In addition, 26mm longitudinal tinning, random space transverse tinning, and transverse drag are selected in order.

*Keywords : longitudinal tinning, noise, skid resistance, roughness, drainage*

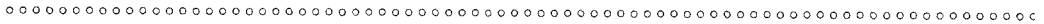
### 요 지

본 연구는 포장 거친면 마무리 방법에 따른 공용성 평가를 실시하여 국내에 최적의 거친면 마무리 공법을 제안하는데 목적이 있다. 소음 측정 결과 일정간격 18mm종방향 타이닝이 다른 비교구간보다 약 2~3dB(A) 소음 감소효과가 있다. 일정간격 18mm종방향 타이닝과 26mm종방향 타이닝을 비교한 결과 26mm종방향 타이닝에서 약 2~3dB(A) 증가하였다. 미끄럼 저항성 측정결과는 SN40을 기준으로 했을 경우 전 구간에 대해 양호한 결과를 얻을 수 있었고, 평탄성 측정결과 AASHTO 기준인 PrI 16cm/km 범위 내에 전 구간이 포함되는 것을 알 수 있었다. 그리고, 실제 운전자를 대상으로한 설문조사에서는 종방향타이닝의 주행감이 가장 좋은 것으로 분석되었다. 육안관측으로 배수성 측정결

\* 정회원 · 한국도로공사 설계2부장

\*\* 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 석사

\*\*\* 정회원 · 중앙대학교 건설환경공학과 부교수 공학박사



과 일정간격 26mm종방향 타이닝과 일반구간(일정간격 25mm횡방향 타이닝)에서 가장 우수한 배수성을 보였다. 반면에 18mm종방향 타이닝과 임의간격 횡방향에서는 배수능력이 저하되었다. Ranking method를 적용하여 분석한 결과 18mm종방향 타이닝이 가장 좋은 공법으로 선정되었고, 다음으로 26mm종방향 타이닝, 임의간격 횡방향, 횡방향 쓸기순으로 선정되었다.

**핵심용어 : 종방향 타이닝, 소음, 주파수분석, 표면처리**

## 1. 서론

콘크리트 포장은 주로 고속국도 위주의 상위도로에 시공되어 있으며 고속국도의 약 60%를 차지하고 있다. 일반국도에 시공된 콘크리트 포장 비율이 2% 정도인 것에 비하면 상당히 높은 비율이라 하겠다. 고속국도는 2011년까지 약 2400km를 추가로 건설토록 계획되어 있어 콘크리트 포장의 비율은 더욱 높아질 것으로 예측되며, 향후 콘크리트 재포장 등도 지속적으로 추진될 것으로 보인다.<sup>1)</sup>

콘크리트 포장은 공급자 측면의 편의성에 중점을 두고 시공되어 왔다. 이는 기존 아스팔트 포장보다 유지비용 측면에서의 장점을 분명히 갖고 있다. 그러나 수요자의 승차감, 저소음 등에 대한 서비스 요구 수준이 높아짐에 따라 콘크리트 포장은 개선이 요구된다.

콘크리트 포장에서 서비스 수준은 면처리 방법에 많은 영향을 받는다. 과거 콘크리트 포장의 거친면 마무리는 미끄럼 저항성을 높이는데 목적을 두고 일반적인 횡방향 타이닝을 사용해 왔다. 하지만 수요자의 서비스에 대한 요구 수준이 높아짐에 따라 소음문제가 중요한 요인으로 대두되고 있다. 최근 연구에서 타이어가 만들어 내는 불쾌한 소음의 원인을 밝혀내었고 이러한 소음을 줄이거나 제거하기 위한 거친면 마무리 방법이 다양하게 제시되고 있다. 미국의 많은 연구기관에서는 소음과 마찰저항에 대해 표층의 거친면 마무리를 최적화하기 위해 고속도로에서 타이닝 간격이나 깊이를 조정하는 등의 연구를 진행해왔다. 일반적으로 도심부나 지방도로의 경우, 표층의 노면을 긁어 처리하는 전통적인 방법을 사용하는 반

면에 미연방항공국(FAA)에서는 포장의 용도에 따라 다양한 표면처리 공법을 제시하고 있다.<sup>3)</sup>

국내에서 사용되고 있는 포장의 거친면 마무리는 주변여건을 고려하지 않고 종합적 검토없이 횡방향 타이닝을 일괄적으로 사용하고 있다. 최근 ACPA(American Concrete Pavement Association)와 FHWA(Federal Highway Administration) 등 관련기관에서는 거친면 마무리 시공법에 대한 공용성 평가 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서, 우리나라에서도 앞으로 시공될 콘크리트 포장에서는 수요자들의 높아진 서비스 요구를 충족시키기 위한 저소음 포장에 대한 연구가 필요한 시점이다. 콘크리트 포장의 구조적 기능도 중요하지만, 소음, 미끄럼저항, 배수, 평탄성 등이 도로 이용자들의 높은 요구 수준이기 때문이다.

## 2. 거친면 마무리 공용성 평가 사례

콘크리트 포장 거친면 마무리 공법은 이미 많은 연구사례를 가지고 있다. 미국 연방도로청에서는 소음 및 미끄럼 저항성 측정에 대한 잠정적 공용성 평가 기준을 제시하였고, 영국, 벨기에 등 유럽에서도 활발한 연구사례가 발표되고 있다.

### 2.1 소음

주행하는 차량에서 발생하는 소음은 차량 속도가 80km/h이하일 경우 자동차 엔진 소음과 배기소음

이 전체 소음의 대부분을 차지한다. 그러나 80km/h를 넘는 경우 타이어와 포장의 마찰소음이 소음의 주요 원인이 된다. 또한 차량 운행으로 인해 발생하는 소음은 표층 거친면 마무리 방법에 따라 다르게 나타난다.<sup>5)</sup>

1994년 콜로라도 DOT에서 덴버 동부지역 부근 I-70 시험구간에 9가지 종류의 표면형태를 시험시공하였다. 실험결과 임의간격 횡방향 saw cut과 임의간격 횡방향 타이닝(16m, 22mm, 19mm)단면에 적용한 결과 saw cut에서 차량 내외부 소음 차이가 약 15dB(A)정도 발생하였는데 타이닝 깊이와 폭이 너무 넓기 때문인 것으로 밝혀졌다.<sup>9)</sup>

위스콘신주에서는 1994년~1997년까지 2단계로 나누어 주간선도로 29개구간, 약 24km를 선정하여 종방향, 횡방향, 사각타이닝, 골재노출, 아스팔트포장 등에서 실험을 진행하였다. 소음측정 방법은 유럽에서 많이 사용하는 길어깨 측정방법을 사용하였고, 시험 차량은 승용차와 트럭으로 분류하여 96km/hr, 104km/hr, 112km/hr의 속도에서 진행하였다. 소음 발생을 줄이기 위해 종방향 타이닝을 적용한 연구 결과에서 일정한 20mm 종방향 타이닝이 우수한 소음감소효과를 나타내고 있다.<sup>9)</sup>

1987년 미네소타에서는 Alber Lea 부근 I-90과 Willmar 부근 TH 12에서 각각 실험 구간을 완성하였고, 1994년 소음 측정을 실시하였다. 실험 요소는 26mm~78mm의 다양한 횡방향 타이닝, 아스트로터프 마대끌기, 아스팔트 포장이다. 실험 결과 가장 소음도가 낮은 거친면 마무리는 아스팔트 구간이고, 그 다음으로 종방향 아스트로터프 마대끌기, 26mm횡방향 타이닝순으로 밝혀졌다. 또한 차량 속도가 80km/hr에 도달하기 전까지는 타이어/포장의 관계가 소음에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.<sup>12)</sup>

## 2.2 미끄럼 저항성

포장의 표층 마찰력은 세 가지 요소(포장의 표층, 타이어, 차량운행 상태)간의 복합적인 상호작용에 의하여 결정되며 각 요소의 특징은 다음과 같다. 첫째, 노면상의 물이나 윤활 물질, 차량의 속도는 포장의 마찰력을 감소시키는 주요한 요인이다. 만약 운전자가 거친면 마무리된 포장 표면의 마찰저항을 알고 차량속도를 조절할 수 있다면 포장표면의 윤활 역할을 하는 물질의 영향을 줄일 수 있다. 또한, 노면의 물고임에 의해 생기는 수막 현상은 물이 타이어와 포장표면을 분리시켜 차량운행이나 제동을 어렵게 하는데, 이러한 현상은 표층의 측구나 홈(macrotexture)을 만들어 타이어 바로 밑으로 물이 흐를 수 있게 함으로써 줄일 수 있다. 둘째, 젖은 포장표면에서 타이어 홈의 형태는 마찰저항을 고려할 때 중요한 요소가 된다. 타이어 홈에 의해 발생하는 타이어와 포장 표면의 접촉 작용(squeeze action)은 타이어와 포장 표층간의 물의 양을 감소시킴으로써 표층의 microtexture 기능을 생성시켜 마찰력을 증가시킨다. 셋째, 차량들은 타이어의 성능이 향상되었고 ABS(Anti-lock Braking System)을 부착하여 미끄럼과 수막 현상을 감소시킴으로서 차량 운행의 안전성을 향상시켰다. 국외의 경우 마찰 저항 지수(Skid Number)는 주요 고속국도(주간 고속국도나

표 1. 표면조직과 타이어 표면 상태에 따른 마찰저항지수(SN)<sup>13)</sup>

1994년 캘리포니아 실험결과(ASTM E 274 트레일러 사용)						
타이어 종류	주름 타이어(E 501)			매끈한 타이어(E 524)		
표면조직	96km/hr	80km/hr	64km/hr	96km/hr	80km/hr	64km/hr
종방향 비결	30	33	38	14	15	19
13mm 횡방향	29	35	39	16	23	28
19mm 횡방향	35	37	39	26	30	31
종방향 아스트로터프	27	32	37	11	14	17
19mm 종방향	50	54	57	40	48	53
13mm 종방향	47	52	57	25	29	36



65km/hr이상의 도로)의 경우 30~40 사이이다. 저속 혹은 교통량이 적은 포장도로의 경우 더 낮은 마찰저항 지수를 허용하기도 한다.<sup>12)</sup>

버지니아에서는 일정간격 19mm 종방향 타이닝 포장에 거친천 마대끌기를 먼저 수행한 후 ASTM 견인마찰 트레일러 방법으로 실시하였는데 마찰저항지수가 34~42로 나왔다. 인접구간 아스팔트 포장구간은 35~41의 값을 기록하였는데 이는 19mm 종방향 타이닝이 아스팔트 구간보다 미끄럼 저항성이 높다는 것을 의미한다.<sup>13)</sup>

캘리포니아에서는 매끄러운(smooth) 타이어와 주름(ribbed) 타이어로 비교하여 견인 마찰 트레일러 장비를 이용하여 64km/hr, 80km/hr, 96km/hr의 속도로 측정하였다. 측정속도 96km/hr에서 19mm 종방향 타이닝은 40이상으로 나타났고, 폭이 넓은 타이닝 간격은 일반적으로 마찰계수를 증가시킨다고 볼 수 있다.<sup>13)</sup>

### 2.3 평탄성

종단 평탄성은 차량 진행 방향의 노면 요철을 의미하며, 종단 방향의 요철 정도를 측정하여 차량 주행시 승차감에 크게 영향을 주는 도로의 평탄성을 정량화 하고자 하는 것이다. 표준 평탄성지수로 IRI(International Roughness Index)는 평균정류경사(Average Rectified Slope)라고 하여 기준간격으로 읽어들이는 각각의 data point(또는 level

point)에서의 정류경사를 합산하여 평균한 값으로, 그 단위는 m/km(mm/m) 또는 in/mi로 표시된다. 이것은 자동차 차대의 수직운동 누적값(in 또는 m 단위)을 주행한 거리(mi 또는 km)로 나눈 값을 의미한다. 표 2는 평탄성과 관련하여 워싱턴에서 적용하고 있는 지수를 나타내고 있다. 표면 마무리 공법은 미세조직에 관한 것으로 평탄성에 영향을 주지 않는 것으로 보고되고 있다.

### 2.4 배수성

1971년 영국 Weaver 등은 종방향 타이닝과 비교하여 횡방향 타이닝의 안전에 대한 중요성을 강조하였다. Weaver는 도로 양쪽에 측구 수로를 설치하여 횡방향 타이닝에서 흐르는 물을 배출시키는 것을 제안하였다. 이후 1970년대 중반 미국에서는 배수성 문제 때문에 횡방향 타이닝에 관심을 보이기 시작했다. NTSB(National Transportation Safety Board)와 FHWA에서는 노면이 젖은 상태에서 13.5%의 치명적인 사고가 발생하고, 전체 도로 교통사고의 25%를 차지한다고 보고되고 있다.<sup>9)</sup>

Christopher, Zhao와 Hyden 등은 포장 표면 배수성을 유출 시간 개념으로 정의하였다. 포장 단면이 흐르는 물로 인하여 포화상태가 될 때까지의 시간으로 정의하였는데 교통량이 많은 도로에서는 1시간 내에 배수가 되는 것을 권고하고 있으며, 그 밖에 다른 도로에서는 2시간 내를 제안하였다.<sup>10)</sup>

표 2. IRI(International Roughness Index) 등급과 포장상태(WSDOT) <sup>8)</sup>

IRI 범위 (inches/mile)	등 급	포 장 상 태
95 이하	아주 좋음	매우 부드러운 포장
95~220	좋음	적당한 평탄성 지님 승용차 운전자들에게 영향을 미침
220~320	나쁨	노화된 포장. 트럭 운전자들이 불편함을 느낌
320 이상	아주 나쁨	매우 거친 포장. 모든 운전자들이 불편함을 느낌



### 3. 거친면 마무리 시험시공 및 실험 계획

본 연구에서는 2002년 9월 10일 ~ 10월 8일 사이 중부 내륙고속도로 신설공사 시험구간에서 시험 시공을 수행하였다. 일반적인 거친면 마무리 시공 방법으로는 타이닝 간격에 따라 종방향, 횡방향, 사각, 임의간격, 아스트로터프 마대깔기, saw cut, 그루빙, 골재노출 등이 있다. 타이닝 방향과 간격이 소음 발생원인에 직접적인 영향을 미치므로 본 연구에서는 현재 국내에서 일률적으로 행해지고 있는 일정간격(25mm~30mm) 횡방향을 일반구간으로 선정하고 이와 비교할 수 있는 거친면마무리 방법 즉, 일정간격 18mm 종방향 타이닝, 일정간격 26mm 종방향 타이닝, 임의간격 횡방향 타이닝, 횡방향 쓸기를 비교구간으로 선정하였다. 공용성 평가를 위한 실험항목은 소음, 미끄럼 저항성, 평탄성, 배수성을 선정하였다. 소음 측정변수는 차량, 속도 등이며, 측정속도는 60km/hr, 80km/hr, 100km/hr로 나누었다. 미끄럼 저항 측정은 ASTM E274에 규정되어 있는 실물

크기의 타이어를 이용한 포장표면의 미끄럼저항을 측정하는 표준방법을 준수하여 측정 속도를 40km/hr, 65km/hr, 80km/hr로 평균 3회 측정하는 방법을 적용하였다. 평탄성 측정 요인설계는 Profilemeter를 이용하여 일반구간 및 시험구간에 주행방향으로 측정하는 방법을 적용하였다. 그리고 배수성 측정은 시험구간에 살수차로 일정량의 물을 살포하여 시간대별로 측정하였다.

### 4. 공용성 평가 결과 분석

본 연구에서는 시험 시공 구간에 포장 거친면 마무리 공법을 적용하여 공용성 평가를 수행하였다. 소음 측정 실측값을 토대로 하여 표면처리 요인별 소음 순위를 결정하였고, 미끄럼 저항성을 측정하여 구간별 SN값을 산정하여 비교하였다. 또한, 평탄성과 배수성을 측정하여 구간별 특성을 분석하였다.

표 3. 공법별 평균 소음 측정값

표 면 처 리 방 법	소 음 측 정 값 (평균)(dB(A))											
	승 용 차						트 렵					
	차 량 내 부			차 량 외 부			차 량 내 부			차 량 외 부		
	60 km/hr	80 km/hr	100 km/hr	60 km/hr	80 km/hr	100 km/hr	60 km/hr	80 km/hr	100 km/hr	60 km/hr	80 km/hr	100 km/hr
일정간격 18mm 종방향	64.3	66.6	68.7	73.8	76.1	79.6	72.4	74.2	79.3	85.5	90.3	92.4
일정간격 26mm 종방향	65.1	67.7	69.0	75.7	78.7	81.9	72.1	73.6	78.8	84.9	90.2	93.3
인조잔디 떼 깔기	65.0	67.6	68.9	75.3	77.8	81.0	71.4	74.0	78.8	87.6	90.9	94.2
임의간격 횡방향	65.4	68.1	69.1	77.2	78.7	82.0	71.7	73.5	79.0	84.4	89.5	92.7
비교구간 (일정간격 25mm 횡방향)	64.1	68.2	68.8	77.3	79.3	83.7	72.8	73.8	79.6	85.1	89.1	91.8



#### 4. 1 소음 평가

콘크리트 표면처리 공법 중 소음만을 기준으로 할 때 일정간격 18mm 중방향 타이닝이 가장 좋은 결과를 나타냈다. 특히 시험차량 외부측정값에서 2~3dB(A)의 소음 감소 효과를 나타냈다. 차량 내부에서 측정된 결과는 기계적인 소음의 영향 때문에 정확한 결과값을 예측하기에는 어려웠으며, 타이어/포장면에서 발생하는 소음보다 기계적인 소음의 영향이 큰 것으로 판단되었다. 표 3은 다양한 조건에서 실측한 소음값을 나타낸다.

속도변화에 따른 소음 발생정도를 비교한 결과 타이닝 간격과 속도 증가에 비례하여 증가한다는 것을 알 수 있는데 중방향 타이닝을 분석한 결과 18mm에서 26mm로 증가하였을 때 약 2~3dB(A)의 소음 증가를 볼 수 있다. 승용차와 트럭의 내부소음 측정결

과 속도가 증가함에 따라 소음이 증가하는 경향은 뚜렷하지만 승용차의 내부소음에서 18mm 중방향 타이닝이 다소 낮은 소음도를 기록했을 뿐 표면 처리별로 차이점을 발견하기는 힘들었다.

#### 4.2 미끄럼 저항성 평가

미끄럼 저항성 측정은 측정속도를 3가지 수준으로 하고 3회 평균하여 산정하였다. 한국도로공사에서 보유하고 있는 미끄럼 저항 측정 장비로 제 2 중부고속도로 일부 구간(2001년 개통된 신설노선)을 대상으로 미끄럼 저항값을 조사하여 분석한 결과 SN값이 40~60 사이 분포를 보였다.<sup>18)</sup> 본 연구에서 실험한 결과값과 비교했을 때 동일한 신설포장이라는 점을 감안했을 경우 비슷한 양상을 보인 SN 측정값이 전 구간에서 40을 상회하는 결과값을 보였으므로 일

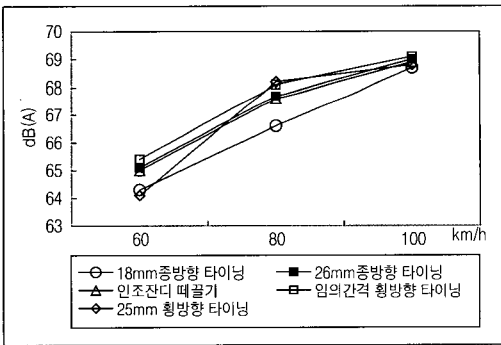


그림 1. 속도변화에 따른 내부소음 비교(승용차)

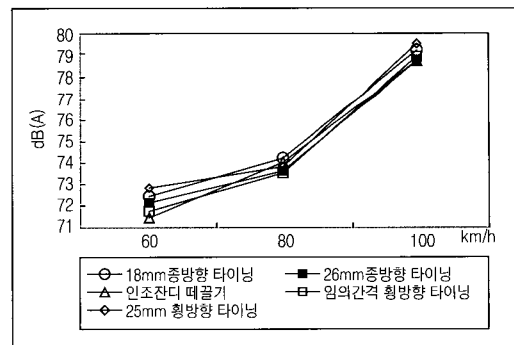


그림 2. 속도변화에 따른 내부소음 비교(트럭)

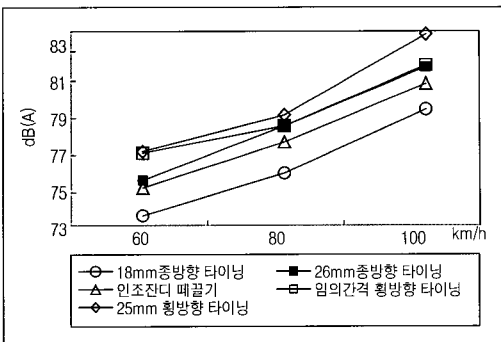


그림 3. 속도변화에 따른 외부소음 비교(승용차)

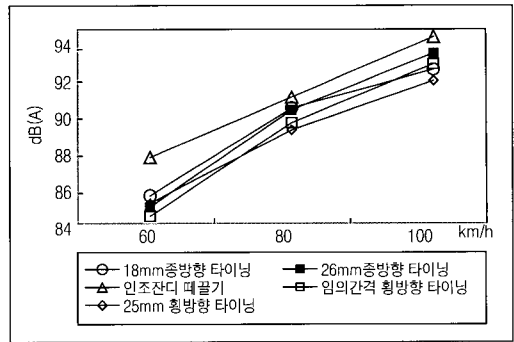


그림 4. 속도변화에 따른 외부소음 비교(트럭)

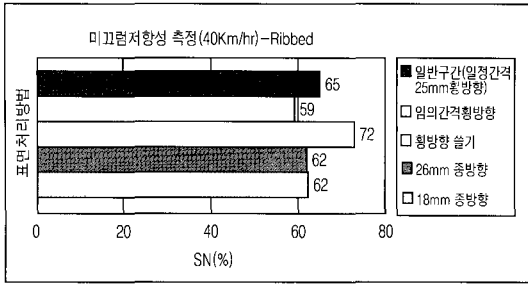


그림 5. 미끄럼 저항성(40km/hr)

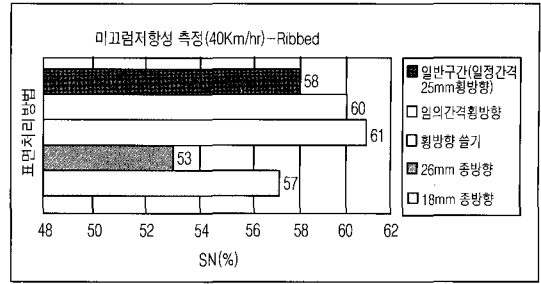


그림 6. 미끄럼 저항성(80km/hr)

반적인 방법과 동일하게 다른 거친면 마무리 공법을 적용해도 무방하다고 판단된다. 측정속도 40km/hr와 65km/hr로 측정된 결과를 보면 거친면 마무리 공법에 따라 뚜렷한 차이점이 발생하지 않았다. 일반구간과 비교했을 경우 종방향 타이닝에서 SN값이 약 1~5정도 낮은 수치를 보이지만 안전성에는 문제가 없다고 판단된다. 또한 속도가 증가함에 따라 SN값이 낮아야 함에도 불구하고 80km/hr 속도로 측정했을 때 SN값이 높게 나타났는데 이는 장비가 평균 측정주행 속도가 40~65km/hr이내 범위에서 주로 사용되는 것이므로, 80km/hr속도에서 사용되어 나

타나는 결과로 판단된다. 그림 5와 그림 6은 각각 40km/h와 80km/h의 속도로 측정된 미끄럼저항치 값을 나타낸 그래프이다.

#### 4.3 평탄성 평가

일반구간 및 시험구간을 대상으로 평탄성을 주행선과 추월선으로 구분하여 측정한 결과 전 구간에서 AASHTO기준에 만족하는 결과값을 보였다. 인조잔디 때 끝기 주행선 부분에서 다른 구간보다 높은 수치를 기록하였다. 또한, 18mm 종방향 타이닝 구간에

표 4. 평탄성 측정 결과

구 간	구 분	PrI(cm/km)	연장(m)
		측 정 값	
일정간격 18mm종방향	주 행 선	7.4	216
	추 월 선	4.2	
일정간격 26mm종방향	주 행 선	0.5	204
	추 월 선	1.4	
횡방향 쓸기	주 행 선	9.6	392
	추 월 선	1.9	
임의간격 횡방향	주 행 선	1.8	342
	추 월 선	1.2	
일반구간 (일정간격 25mm횡방향)	주 행 선	3.3	155
	추 월 선	4.0	

(기준 : 16cm/km)



서 다소 높게 측정된 것은 콘크리트 혼합물의 슬럼프 치가 다소 높은 경우 빗살 간격이 다소 표면의 변형에 영향을 미칠 수 있다고 볼 수 있다.

#### 4.4 배수성 평가

일정량의 물을 살포하여 시간간격을 두고 육안판

측을 실시한 결과 일정간격 26mm 종방향 타이닝과 일반구간(일정간격 25mm 횡방향 타이닝)에서 가장 우수한 배수성을 보였다. ACPA에서 발표된 학술지의 내용에 의하면 배수성은 타이닝 방향이나 표면 처리 방법보다 도로 선형 경사에 더 큰 영향을 받는 것으로 보고되고 있다.<sup>12)</sup> 본 연구에서는 시험포장구간의 기하구조가 종방향경사도 0.5%~1.0%, 횡방향

표 5. 표면의 습윤상태(표면건조면적, 육안관측결과)

표면처리	시간	30분	60분	71분
18mm종방향		60%	70%	75%
26mm종방향		70%	90%	100%
횡방향 쓸기		55%	65%	80%
임의간격 횡방향		50%	60%	75%
일반구간		50%	90%	100%

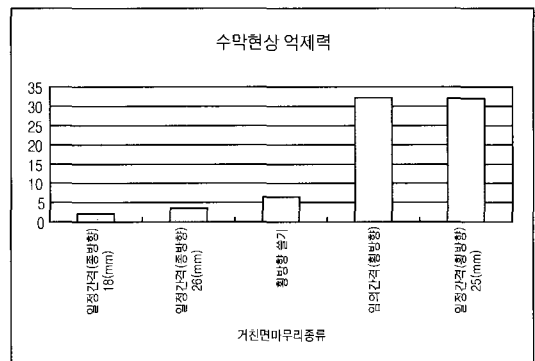
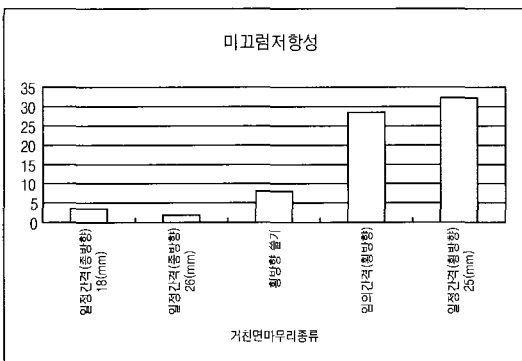
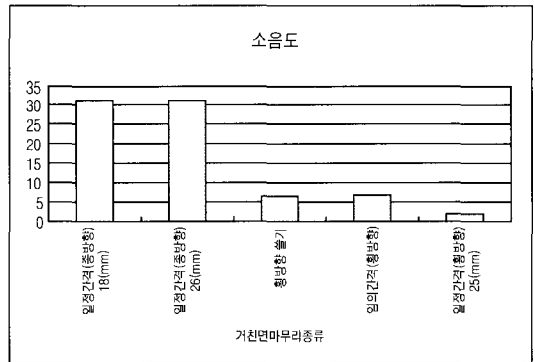
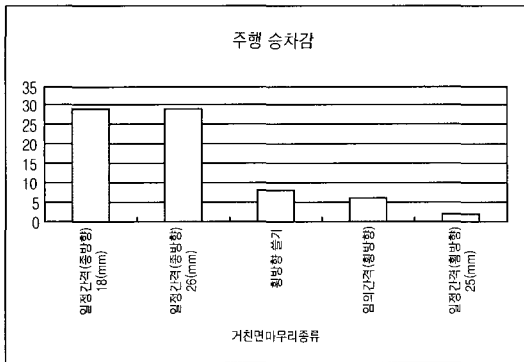


그림 7. 설문조사 분석결과



경사도 2~5%이다.

#### 4.5 설문조사 및 결과 분석

거친면 마무리에 대한 방법별 시험시공을 실시한 후 현장에 근무하는 직원들을 대상으로 시험시공구간에 대하여 주행 후의 느낌을 주행감, 미끄럼 저항성, 수막현상 등 4개 항목으로 구분하여 설문조사를 시행하였다. 조사대상은 39인이었으며 차종별로는 승용차 34대, 트럭 등 화물차 5대였다. 조사 결과는 승용차와 트럭에서 비슷한 양상을 보였으며 주행감 및 소음측면에서는 종방향 타이닝이, 미끄럼저항성과 수막현상에 대해서는 횡방향이 우수한 것으로 느끼고 있었다. 비록 설문조사가 대상 및 조사시기, 기간 등에서 조사내용을 충분히 대표할 만한 표본을 제시하지는 못하였지만 종방향 타이닝이 주행성과 소음면에서 우수하다는 사실은 확인되었다. 일정기간 공용 후 보다 정밀한 재조사가 필요할 것으로 판단된다.

#### 4.6 최적 공법 선정

거친면 마무리 공법을 적용한 결과를 바탕으로 Ranking method를 적용하여 종합적인 평가를 실시하였다. Ranking method는 판단 기준의 중요도를 순위에 의해서 산출하는 합리적인 방법이다.<sup>15)</sup> 문

헌조사 결과를 바탕으로 거친면 마무리 공법은 소음도 발생여부를 가장 큰 Criteria로 선정하였으며, 미끄럼 저항성, 평탄성, 배수성 등으로 분류하여 측정하였다. 본 연구에서는 최적의 공법을 선정하기 위하여 측정 수준별로 가중치를 적용하여 합산하는 방식으로 산정하였다. 가중치는 공학적 판단에 따라 소음을 50%로 하였고, 미끄럼 저항성을 30%, 주행성 15%, 배수성 5%로 각각 설정하였다. 소음 측정결과 일정간격 18mm 종방향 타이닝 공법에서 가장 우수하였으며 최종 평가 결과에서도 18mm 종방향 타이닝이 가장 좋은 공법으로 선정되었다. 또한 일반적으로 적용하고 있는 횡방향 타이닝이 가장 낮은 평가를 받았다.

### 5. 결론

본 연구는 포장 거친면 마무리 방법에 따른 공용성 평가를 실시하여 국내에 최적의 거친면 마무리 공법을 제안하는데 있다. 기존 문헌조사 결과 종방향 타이닝은 소음감소 효과에 우수한 결과를 보인다는 것을 바탕으로 국내 시험도로 일부구간에 표면처리 방법을 적용하였다. 거친면 마무리 공법을 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 전체 소음도를 비교한 결과 일정간격 18mm 종방향 타이닝이 다른 비교구간보다 약 2~3dB(A)

표 6. Ranking Method

번 수	항 목	주행성	가중치 (×0.15)	소음	가중치 (×0.5)	미끄럼 저항성	가중치 (×0.3)	배수성	가중치 (×0.05)	합계	순위
	18mm종방향	1	0.15	1	0.5	5	1.5	4	0.20	2.35	1
	26mm종방향	1	0.15	2	1.0	4	1.2	5	0.25	2.60	2
	횡방향 쓸기	3	0.45	4	2.0	3	0.9	3	0.15	3.50	4
	임의간격 횡방향	4	0.60	3	1.5	2	0.6	2	0.10	2.80	3
	일반구간	5	0.75	5	2.5	1	0.3	1	0.05	3.60	5



소음감소 효과가 있는 것으로 나타났다. 26mm 종방향 타이닝의 경우 18mm 종방향 타이닝에 비하여 소음도가 높게 측정된 것으로 보아 적절한 간격 설정이 중요하다고 판단된다. 또한 임의간격 횡방향 타이닝은 트럭 소음 측정에서 소음 저감 효과를 보였으며 앞으로 합리적인 임의간격 선정에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

2. 미끄럼 저항성 측정결과는 SN40을 기준으로 했을 경우 전 구간에 대해 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 구간별로 SN값이 수치적으로 차이가 나지만 신설포장인 점과 교통개방을 실시하기 전에 측정된 결과 값으로 감안할 경우 안전성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.
3. 평탄성 측정결과 AASHTO 기준인 PrI 16cm/km 범위 내에 전 구간이 포함되는 것을 알 수 있었다. 인조잔디 떼끼기 주행선 구간에서 가장 높은 값을 나타냈지만, 이는 콘크리트 포장 시 공오차에 기인한 것으로 판단되며, 실제 운전자를 대상으로한 설문조사에서는 종방향 타이닝의 주행감이 가장 좋은 것으로 분석되었다.
4. 육안관측으로 배수성 측정결과 일정간격 26mm 종방향 타이닝과 일반구간(일정간격 25mm 횡방향 타이닝)에서 가장 우수한 배수성을 보였다. 반면에 18mm 종방향 타이닝과 임의간격 횡방향에서는 배수능력이 저하되었다. 그러나 비가 내린 후 운전자 설문조사에서는 종방향 타이닝의 배수 속도가 상대적으로 늦은 것으로 나타나 이에 대한 추가 연구가 필요한 것으로 판단된다.
5. Ranking method를 적용하여 분석한 결과 18mm 종방향 타이닝이 가장 좋은 공법으로 선정되었고, 다음으로 26mm 종방향 타이닝, 임의간격 횡방향, 횡방향 쓸기순으로 선정되었다. 일반 구간과 비교했을 경우 종방향 타이닝이 종합적인 측면에서 좋은 결과를 보였다. 그러므로, 향후 국내 콘크리트 포장에 거친면 마무리 공법에 대한 새로운 기법을 적용하는 것을 적극 검토해야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 현재 국내 콘크리트 포장에 일관적으로 시행되고 있는 거친면 마무리 공법을 적용하였다. 그러나, 소음 발생원인이 타이닝 간격뿐만 아니라 타이닝 폭과 깊이, 타이어 형상에 따라서도 큰 영향을 받고 있음을 고려해야 할 것이고, 향후 교통개방이후 공용성 평가를 재수행해야 할 필요가 있다.

## 6. 참고문헌

1. 건설기술연구원 외, “한국형 포장 설계법 개발 및 포장성능 개선방안 수립을 위한 기본계획”, 2001. 4
2. 문준범, “콘크리트포장 표면처리 방법에 따른 소음감소방안 연구”, 중앙대학교 논문집, 2002. 12
3. Kuemmel, D.A., and others, “Impacts Related to Pavement Texture Seletion”, *Final Report, WI/SPR-06-96*, Wisconsin Department of Transportation, Madisan, WI, January 1997
4. Wisconsin Department of Transportation, “Noise and Texture on PCC Pavements-Result of Multi-State Study”, *Final Report*, Madison, WI, June 2000
5. Federal Highway Administration, “*Highway Traffic Noise in the United State*”, Washington D.C., 1997
6. U.S Department of Transportation Federal Highway Administration Office of Environment and Planning Noise and Air Quality Branch Washington, D.C “*Highway Traffic Noise Analysis and Abatement Policy and Guidance*” June, 1995
7. Utah Department of Transportation “*Road Pavement Grinding Noise Study*” November, 2000
8. FHWA R&D Concrete Pavement Research & Technology “*The International Roughness*

- Index*" August, 2002
9. Wisconsin Department of Transportation  
*"Noise and Texture on PCC Pavements"*  
 June, 2000
  10. Transportation Research Board *"Geocomposite  
 For Pavement Subsurface Drainage"*  
 August 3, 2001
  11. ACPA Special Report *"Concrete Pavement  
 Surface Texture"*
  12. NCHRP Synthesis 268, *"Relationship  
 Between Pavement Surface Texture and  
 Highway Traffic Noise"*
  13. Transportation Research Board *"Stop the  
 Whine! Narrow Band Level Measurements  
 of Three Highway Pavements"* January,  
 1997
  14. 건설교통부 제정 "도로의 구조·시설 기준에 관  
 한 규칙-해설 및 지침" 2000. 3
  15. 한국도로공사, "소음 예측기법 및 방음시설 설계  
 기준 연구보고서", 2001
  16. 김장호, 장부규, "소음 진동 제어 공학", 지구 문  
 화사, 1996. 1
  17. 김성희, 정병호, 김재경, "의사결정분석 및 응  
 용", 영지문화사, 1999
  18. 한국도로공사, "도로 선형별 미끄럼 저항 특성  
 연구보고서", 2001

〈접수 : 2003. 11. 25〉