

콘크리트 포장의 표층 거친면마무리

Concrete Pavement Surface Texture

박권재¹⁾ · 안지환²⁾ · 민 욱³⁾ · 조운호⁴⁾

1. 들어가며

콘크리트 포장의 표층 거친면마무리는 차량속도 및 교통량의 증가로 인해 오랜 시간에 걸쳐 발전되어왔다. 현재 미끄럼 저항성을 높이고, 운전자에게 안전성과 쾌적성을 향상시키기 위해 다양한 거친면마무리 방법들이 이용되고 있다. 콘크리트 포장의 거친면마무리 방법을 선택하는데 있어 특수한 목적과 시공성에 대한 고려가 우선되어야 하고, 미끄럼 저항과 소음의 영향을 부가적으로 고려하여 선택하여야 한다.

현재 국내에서 사용되고 있는 포장의 거친면마무리는 다양한 검토사항을 고려하지 않고 횡방향 타이닝을 일괄적으로 사용하고 있다. 최근 ACPA (American Concrete Pavement Association)에서 발표된 내용을 검토함으로써 앞으로 국내에 적용할 표층 거친면마무리에 대한 향후 발전방향을 살펴보고자 한다.

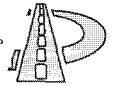
2. 본 론

과거 40년동안 콘크리트 포장에서 적용된 거친면마무리방법은 다양하게 변화되었다. 1970년대

후반 이후로 고속도로 콘크리트 거친면마무리의 목적은 우천시 차량의 미끄럼이나 수막현상으로 야기되는 차량사고를 줄이는 데 있었다. 하지만, 이후 많은 지역에서 소음발생이 중요한 변수로 등장하였다. 최근 연구에서 타이어 하중이 만들어내는 불쾌한 소음의 원인을 밝혀내었고, 이러한 소음을 줄이거나 제거하기 위한 거친면 마무리방법이 개선되고 있다. 북미에서 가장 일반적으로 사용하는 거친면마무리 방법은 횡방향 타이닝인 반면에 미국의 많은 기관에서는 소음과 마찰저항에 대해 표층의 거친면마무리를 최적화하기 위해 고속도로에서 타이닝 간격이나 규격을 조정하거나 그 밖에 다양한 거친면마무리 방법을 시도해왔다. 일반적으로 도심부나 지방의 도로 경우, 표층의 노면을 긁어 처리하는 전통적인 방법을 사용하는 반면에 미연방항공국(FAA)에서는 포장의 용도에 따라 특별한 시방을 가지고 있다.

거친면마무리의 특성은 크게 macrotexture와 microtexture로 나눌 수 있다. microtexture는 콘크리트 몰타르 속의 세립골재에 의해 만들어지는 미세한 노면 거칠기를 일컫는 말인데, 미끄럼 저항이 우수한 도로는 기본적으로 microtexture의 질이 좋아야 한다. macrotexture는 굳지 않은 콘

1) 정회원 · 한국도로공사 설계2부장
 2) 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 석사
 3) 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 석사과정
 4) 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 교수



크리트에 깊은 줄무늬나 홈을 만들어 물리적 측정이 가능하게 만든 것이고, 또한 굳은 콘크리트를 자르거나 그루빙하는 것도 macrotexture의 종류라 할 수 있다.

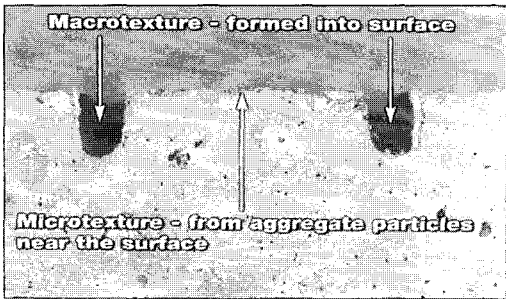


그림 1. 포장표면의 macrotexture 와 microtexture

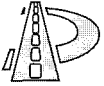
2.1 거친면마무리 방법의 선택 (Selecting Texture)

포장의 적절한 표층의 거친면마무리 방법을 선택할 때 크게 세 가지 기준을 고려해 보아야 한다. 첫째, 포장의 용도나 포장이 위치한 지역을 고려해야 한다. 예를들면, 수막현상의 발생빈도가 낮거나 속도를 크게 내지 않는 주차지역에서 포장 거친면마무리 수준을 좋게 할 필요는 없다. 또한, 공항의 경우도 활주로나 비교적 높은 속도가 요구되는 유도도와 보다 천천히 이동하는 계류장의 거친면마무리는 서로 다르게 설치하여야 할 것이다. 둘째, 도로의 설계속도에 따라 포장 거친면마무리 방법을 달리해야 한다. 만약 설계속도가 72km/h(45mph)이하라면, 일반적인 거친면마무리 방법인 타이닝으로 처리한 것보다 노면을 긁음으로써 생기는 노면상태로 충분히 도로의 안전성을 확보할 수 있고, 경제적으로 비용이 적게 들며, 소음에서도 유리할 것이다. 타이닝으로 처리한 노면은 원래 고속도로에서 차량이 고속으로 주행할 때 나타나는 수막현상과 소음발생, 마찰력에 대한

문제를 보완하기 위해 개발된 방법이기 때문에 일반도로나 지방도로에는 불필요한 거친면마무리 방법이다. 셋째, 소음에 대한 고려도 필요하다. 고속도로에서 타이어와 노면의 접촉에 의해 발생하는 소음의 크기가 중요변수로 작용하는데, 특히 인구밀집지역에서는 더욱 중요하다. 하지만, 공항의 경우 하중과 노면의 접촉에 의한 소음은 중요시 되지 않으며, FAA에서는 활주로, 계류장, 유도도에 대하여 시방화된 거친면마무리 방법을 요구하고 있다. 표 1은 거친면마무리 방법에 대한 구체적 설명을 제시하고 있다.

표 1. 일반적인 콘크리트 포장 표층 처리

굳지 않은 콘크리트의 거친면마무리	설 명
거친 천 끌기 burlap drag	시간과 거친면마무리 비율을 조절할 수 있는 장치로 젖은 거친 천을 끌면서 성형. 1. 5~3mm의 깊이의 줄무늬로 성형.
인공 잔디 패 모양 끌기 artificial turf drag	시간과 거친면마무리 비율을 조절할 수 있는 장치에서 인공적인 잔디 패 모양 도구를 반대공간에서 끌어서 제작. 일반적으로 교면 포장 시공에 사용. 77,500 blades/m ² turf를 사용할 때 1.5~3mm의 깊이의 줄무늬 생성
횡방향 쓸기 transverse broom	포장 표면을 횡방향으로 딱딱한 브러쉬를 이용하여 손으로 쓸거나 기계로 쓸어서 만들. 1.5~3mm의 깊이의 줄무늬로 제작.
종방향 쓸기 longitudinal broom	가로방향 쓸기와 비슷. 포장의 중앙선과 평행하게 쓸어 내림.
임의간격의 횡방향 타이닝 random traverse tine (적각이나 비스듬히)	금속 갈퀴를 장착한 기계적 장치를 가지고 만들.(작은 면적일때는 손으로 사용). 최적의 치수는 임의의 타이닝 간격이 10~75mm, 3~6mm의 깊이, 3mm의 폭.
종방향 타이닝 longitudinal tine	세로방향 끌기와 비슷. 포장의 중앙선과 평행하게 긁음. 최적의 치수는 20mm의 동일 간격, 3~6mm의 깊이, 3mm의 끌기 폭
골재 노출 exposed aggregate	유럽에서 주로 사용. 새로운 콘크리트 포장 표면을 천천히 양생시키며 그 후 표층 모르타르를 제거하여 내구성 있는 조그만 골재 조각을 노출. 모르타르가 젖었을 때 기계적으로 표면을 노출시키는 작업이 필요.



굳은 콘크리트의 거친면마무리	설 명
다이아몬드 그라인딩 Diamond Ground	세로방향으로 다이아몬드 톱을 사용해 통나무처럼 표면을 만들. 잘려진 표면은 164~197 grooves/meter 로 만들 수 있고, 포장표층으로부터 3~20mm를 제거.
다이아몬드 그루빙 Diamond Groove	흙은 도로의 경우 세로방향으로 공형에 서는 가로방향으로 표면에 틈을 만드는 것. 다이아몬드 그라인딩 작업과 같은 장비를 사용한다. 일반적으로 흙은 6mm의 깊이, 3mm폭과 20mm간격이고 공형에 서는 6mm의 깊이, 6mm의 폭과 40mm의 간격을 사용.
연마작업 Abraded (Shot-blasted)	표층은 연마 장비를 이용하여 만들. 연마장치가 표층을 타격하고 모르타르와 골재의 얇은 층을 제거. 제거된 깊이는 조절가능하고 먼지는 먼지 주머니 안으로 흡입.

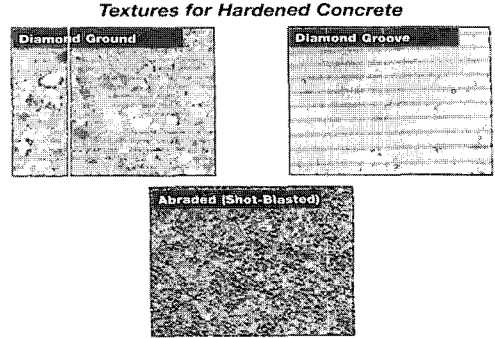


그림 3. 굳은 콘크리트에서 표면처리

그림 2와 그림 3은 실제 굳은 콘크리트와 굳지 않은 콘크리트에서 작업된 거친면마무리 후의 모습을 보여주고 있다.

표 2는 다양한 시설물에 적용되는 거친면마무리 방법을 나타내고 있다. 표 2에서 제시한 각각의 시설물에 사용되고 있는 거친면마무리 방법은 포장 표면의 마찰저항이나 도로의 안전성을 감소시키지 않고, 청각적으로도 큰 소음을 발생시키지 않는 방법을 보여주고 있다. 즉, 다양한 거친면마무리 방법은 각각의 상황에 따라 알맞게 적용할 수 있어야 한다.

Textures for Fresh Concrete

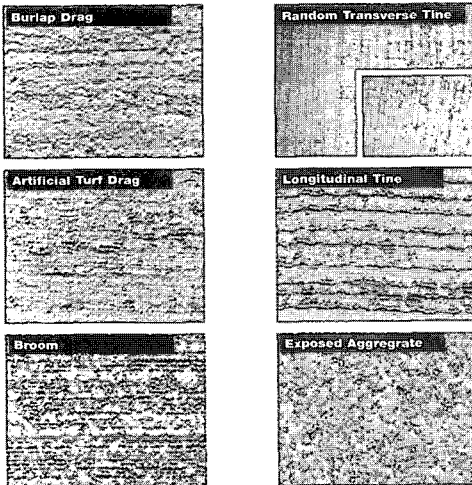


그림 2. 굳지 않은 콘크리트에서 표면처리

2.2 노면의 내구성 (Texture Durability)

표층의 저항성이나 내구성이 약하다면 마찰 저항 포장의 설치를 중요하게 고려해 보아야 한다. Microtexture 와 Macrotexture가 모두 교통량에 대해 약하기 때문에 시간이 지남에 따라 표층의 마찰 저항력이 감소하기 때문이다. 이렇게 표층의 저항성이 감소되는 비율은 교통량이나 타이어 표면 모양, 재료의 특성에 따라 달라진다. 특히, 골재 특성이 노면 내구성에 미치는 영향을 살펴보면, 골재 자체의 거칠기(roughness)는 포장 표층의 microtexture와 같은 효과를 나타내고, 가는 골재는 표층의 마모정도를 결정하는 중요인자가 된다.



표 2. 시설물에 따른 표층 거친면마무리 방법

위치	노면
공항 계류장, 활주로, 유도로	거친 천 끌기, 쓸기, 잔디 떼 모양 끌기 (Turf drag)
공항 활주로 (high-speed)	횡방향 그루빙
공항 유도로 (high-speed)	횡방향 그루빙
일반 도로 (높은 사고발생지역)	종방향 그루빙, 연마 표층
일반도로 (소음에 민감한 지역)	다이아몬드 그라인딩, 연마 표층
고속도로	임의의 종방향 및 횡방향 타이닝에 거친 천 끌기와 잔디 떼 모양 끌기 (turf drag)
부두	거친 천 끌기, 쓸기, 잔디 떼 모양 끌기 (Turf drag)
주차지역, 격납고	거친 천 끌기, 쓸기, 잔디 떼 모양 끌기 (Turf drag)
램프	종방향 및 횡방향 타이닝에 거친 천 끌기와 잔디 떼 모양 끌기 (turf drag)
도심부 도로 (75km/h 이상)	거친 천 끌기, 잔디 떼 모양 끌기 (turf drag), (임의적 종방향 및 횡방향 타이닝)
도심부 도로 (75km/h 이하)	거친 천 끌기, 쓸기, 잔디 떼 모양 끌기 (Turf drag)

반면에 굵은 골재는 포장 표면에 노출되지 않아서 포장의 마찰정도에 큰 영향은 미치지 않지만, 포장에 노출된 골재가 닳거나 다이아몬드로 그라인딩 된 노면에서는 중요한 영향을 미친다. 오랜기간 동안 표층 마찰력을 유지해야 하는 포장에는 마모에 강한 골재를 사용하는 것이 좋다. 최소한 25%이상의 규사를 함유한 잔골재는 마찰 공용성이 매우 탁월한 것으로 알려져 있다. 하지만 노면의 내구성을 향상시키기 위해 골재를 선택할 경우, 반드시 지역과 비용 특성을 고려해야 한다.

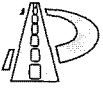
2.3 표층마찰 (Surface Friction)

포장의 표층 마찰력은 세 가지 요소(포장의 표층, 타이어, 차량운행상태)간의 복합적인 상호작용에 의하여 결정된다. 첫째, 노면상의 물이나 윤활제 물질, 차량의 속도는 포장의 마찰력을 감소시키는 주요한 요인이다. 만약 운전자가 거친면 마무리된 포장 표면의 마찰저항을 알고 차량속도를 조절할 수 있다면 포장표면의 윤활제 역할을 하는 물질의 영향을 줄일 수 있다. 또한, 노면의 물고임에 의해 생기는 수막 현상은 물이 타이어와 포장표면을 분리시켜 차량운행이나 제동조절을 어렵게 하는 것인데, 이는 표층의 측구나 홈 (macrotexture)을 만들어 타이어 바로 밑으로 물이 흐를 수 있게 함으로써 수막 현상을 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, 요즘 차량들은 타이어의 성능이 향상되었고, ABS(Anti-lock Braking System)을 부착하여 미끄럼과 수막 현상의 영향을 감소 시키므로서 차량 운행의 안전성을 향상시켰다..

2.4 소 음 (Noise)

소음은 도로를 신설하거나 확장할 때에 문제가 된다. 소음공해는 도로사업의 경우 환경영향평가지 평가대상 항목중의 하나이다. 환경영향평가를 위한 소음공해 분석은 도로주변의 빌딩이나 주택 등의 수음점 근처의 지표면에서 발생하는 소음을 제시하여야 한다. 소음분석결과 65db(A)를 초과하는 경우 관련법규(환경정책기본법 등)에 의거 소음저감 대책을 수립하여야 한다.

소음은 크게 외부소음과 내부소음으로 나눌 수



있다. 외부소음은 차량운행으로 인해 발생하는 소음이 외부에서 측정되거나 느끼는 소음으로 표층 거친면마무리 방법에 따라 전체적인 소음에 약간의 영향을 미칠 수도 있다. 그러나, 표층의 거친면마무리 보다 오히려 도로의 기하학적 구조나 직선거리가 전체 소음에 영향이 크다. 외부소음의 크기는 일반적으로 발음점으로부터 두배 떨어질 때 6db(A)만큼 소음강도가 감소된다. 왜냐하면, 음파가 멀어짐에 따라 소음이 분산되기 때문이다. 포장의 종류에 따른 외부소음의 차이는 수음점(건물)의 위치(거리)에 의한 감소와 비교할 때 미미하다. 차량이 도로 위를 달릴 때 발생하는 외부소음은 속도에 따라 지배요소가 달라진다. 차량 속도가 55km/hr(35mph)이하일 경우 자동차 엔진소음과 배기소음이 전체 소음량의 대부분을 차지한다. 그러나 55km/hr(35mph)를 넘는 경우 타이어와 포장의 마찰소음이 소음의 주요 원인이 된다.

연구결과에 의하면, 차량자체의 소음이 전체 소음정도를 지배하지는 않는다. 따라서 내부소음은 차량 타이어에서 발생하는 소음에 의해 결정된다 할 수 있다. 표 4는 다양한 표층 거친면마무리상태에서 소음을 녹음하여 일반 이용자에게 들려주었을 때 시끄러움의 정도에 따라 순위를 결정하고, 내부소음과 외부소음의 크기를 나타낸 것이다.

타이어소음은 차량의 내부 혹은 외부에서 들을 수 있다. 느낄 수 있는 타이어 소음의 크기는 타이어와 포장의 상호작용에 의해 생긴 특정한 음색에 의해 많이 좌우된다. 시끄러움의 정도는 장비를 이용해 직접 측정할 수 있는 것은 아니라 사람의 의식 속에서 판단하는 감각이다. 비슷한 강도(dBA)의 선명한 음색이지만 주파(음색)가 틀릴 경우, 서로 다른 감각을 자극하여 남성과 여성사이에서도 느끼는 소음강도의 차이를 보일 수 있다. 그렇지만 고주파의 음색은 대체적으로 대부분의 사람들에게 저주파의 음색보다 크게 들린다. 사람은 6dBA 정도의 크기 차이가 생길 때 정확하게 소리의 차이를 인식할 수 있다.

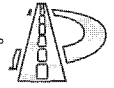
표 4. 거친면마무리 방법에 따라 이용자가 인식한 소음순위

거친면마무리 방법	주관적 순위	내부소음 dBA	외부소음 dBA
임의간격의 횡방향 타이닝-skew 1:6	1	67.6	82.4
임의간격의 횡방향 타이닝-skew 1:4	2	67.2	83.1
아스팔트-SHRP	3	65.9	81.1
다양한 횡방향 타이닝	4	67.7	81.0
균등한 종방향 타이닝 (깊이:25mm)	5	68.0	83.9
골개 노출	6	67.4	-
임의간격의 횡방향 타이닝 (깊이:38mm)	7	66.9	82.6
횡방향 그루빙(간격:13mm)	8	68.2	83.3
균등한 횡방향 타이닝 (깊이:19mm)	9	70.0	83.8
다이아몬드 그라인딩 (콘크리트)	12	69.3	81.2
임의간격의 횡방향 타이닝(깊이:25mm)	15	68.6	83.4
균등한 횡방향 타이닝 (깊이:25mm)	20	69.6	86.3

표 5. 음의 강도 변화에 따른 청력의 민감도

음의 강도(dB)	느낌의 변화
1	거의 느끼지 못함
3	간신히 인식함
6	확실히 인식함
10	고함의 두 배정도
20	고함의 네 배정도

1997년, 위스콘신 주에서는 처음으로 균등하게 간격을 둔 횡방향 타이닝은(대부분의 미국 각주에서 표준으로 사용) 두드러진 음색의 소음을 만들어내는 반면, 임의로 간격을 둔 타이닝은 그렇지 않다는 것을 밝혀냈다. 종방향 타이닝, 끌기타입의 노면처리(drag-texture), 다이아몬드 그라인딩(diamond ground)



을 한 노면, 그리고 마모된 노면 등도 역시 두드러진
음색의 소음을 발생시키지 않았다.

그림 4는 위스콘신 주의 연구 결과를 보여주고
있다. 두 가지의 서로 다른 표면처리 포장에서 불
쾌한 소음을 발생시키는 정점(Peak)을 표시해 주고
있다. 이러한 정점들을 감소시키기 위해서는 포장
의 타이어 소음이나 시끄러움(사람이 인식하는
소음)을 줄이는 것이 중요하다. 이 연구에서는
Drag타입의 거친면마무리, 종방향 타이닝, 임의적
인 간격의 횡방향 타이닝, 그리고 마모된 노면 등
은 모두 소음의 피크를 줄여준다는 사실을 밝혀
냈다. 미국의 6개 주에서 광범위하게 실시한 연구
에서 종방향 타이닝과 임의적으로 비스듬히 준
타이닝이 이러한 피크를 감소시키는데 보다 효율
적이라는 결론을 도출하였다. 위스콘신 주의 연구
결과와 유사한 결과들이 최근 콜로라도 주에서도
밝혀냈다. 이러한 결과를 바탕으로 콜로라도 주는
고속도로 거친면마무리 기준을 25mm 깊이의 균
등한 횡방향 타이닝에서 18mm깊이의 종방향 타
이닝으로 바꾸었다. 미네소타 주 역시 최근에 표
층 거친면마무리에 대한 평가를 실시하여, 미네소
타 주 DOT(Department of Transportation)는
1999년에 모든 신설 콘크리트 포장의 거친면마무
리를 인공의 잔디 떼 끌기(Turf drag)를 실시하
였다. 미네소타 주에서 시방화한 인공 잔디 떼 끌
기(Turf drag) 거친면마무리는 그 지역의 아스팔
트 포장과 동일한 미끄럼 방지기능 및 소음완화
기능을 가지고 있는 것으로 나타났다.

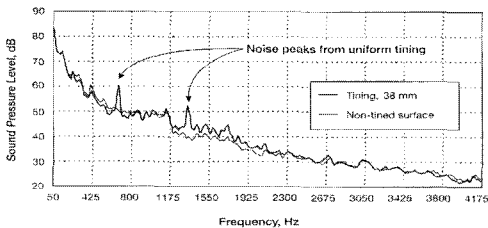
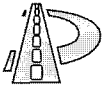


그림 4. 표면처리방법에 따른 소음발생(위스콘신 연구)

2.5 표면조직(Texture) 측정

포장 거친면마무리 측정은 마무리 깊이와 표면
마찰저항을 측정하는 것으로 나눈어진다. 평균적
인 거친면마무리의 깊이는 포장 표면의 높이 차
측정이나 sand patch test에 의해 측정된 것으로
계산한다. sand patch test는 깨끗하고 건조한 포
장 표층위에 부피를 알고있는 재료(균등하게 규
격화된 둥근 유리알들)를 일정 반지름을 가진 원
형으로 뿌린다. 표층 위에 뿌린 재료는 표층 골재
사이에 존재하는 공극을 완전히 메워야 한다. 이
렇게 채워진 재료로 macrotexture나 표층의 미세
한 수직 높이 차의 평균을 구할 수 있다. 즉,
macrotexture의 평균깊이는 이미 알고 있는 재료
의 부피와 표층의 공극을 채운 면적을 통하여 얻
을 수 있다. 이 실험과정은 ASTM E965는 이 실
험에 대해 설명하고 있는데 모래알 대신 유리알
을 사용하고 있다. 거친면마무리깊이를 측정하는
보다 정교한 방법은 노면분석(ROSAN, road
surface analyzer)차량을 이용하는 것이다.
ROSAN은 앞 범퍼에 레이저 센서가 장착되어 있
는 차량으로 최고 112km/h의 속도에서도 정확히
포장 표면의 높이 차를 측정할 수 있다. 레이저
센서에 의해 측정된 값은 컴퓨터에 저장되고 소
프트웨어를 이용하여 데이터를 분석하고 그 결과
값을 sand-patch test와 비교할 수 있게 해 준다.

노면마찰은 standard trailer test(견인차량을 이
용한 정지 마찰계수 측정)를 사용하여 측정한다.
미국의 경우 보통 휠 트레일러를 이용한 ASTM
E274를 사용한다. 이 테스트는 잠금장치가 된 바
퀴의 차량을 끄는데 필요한 견인력을 측정한다.
알고있는 축하중을 토대로, 마찰 저항 지수(skid
number) 혹은 마찰계수(coefficient of friction)를
구할수 있다. 마찰 저항 지수는 견인력을 축하중
으로 나눈 후 100을 곱한 값이다. 이 테스트는 타
이어 표면 형상에 따라 다른 결과를 가져오기 때
문에 타이어 표면 형상이 중요변수로 고려되어야



한다.

2.6 마찰력

미국의 어느 주 정부기관에서도 최소 마찰력 기준을 규정한 곳은 없다. 보통 알려진 마찰 저항 지수 기준은 주요 고속도로(주간 고속도로나 65km/h이상의 도로)의 경우 30-40 사이이다. 저속, 혹은 교통량이 적은 포장도로의 경우 더 낮은 마찰 저항 지수를 허용하기도 한다.

그림 5의 막대 그래프는 캘리포니아 주의 장기 연구결과로써 서로 다른 종류의 거친면마무리 상태에 따라 홈이 파인 타이어와 매끄러운 타이어의 마찰 저항력 차이를 보여주고 있다. 표준화된 것은 없지만, 대부분의 연구에서 두 가지의 테스트를 모두 사용하는 것이 (홈이 파인 타이어와 매끄러운 타이어) 둘 중 한 가지만 사용하는 것보다 바람직하다.

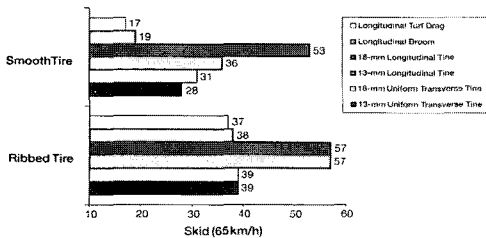


그림 5. 타이어와 노면상태에 따른 마찰 저항 지수

2.7 시 공

시공자들은 굳지 않은 콘크리트의 표층 거친면 마무리를 위하여 다양한 종류의 재료나 장비를 이용하여 표층 거친면마무리를 한다. 거친면마무리 깊이는 노면 작업 장비에 가해진 압력과 시공 시점과 시공시간에 따라 달라진다. 그러므로, 시공자들이 원하는 거친면마무리 깊이를 얻기 위해

작업 시작의 최적 시간을 결정하고, 작업 시작 후에는 일관성 있는 거친면마무리를 실시해야 한다. 미국 6개 주의 연구에서 실제도로의 노면 마무리 작업과 시방기준 사이에 상당한 차이를 나타내고 있음을 확인했다. 보다 깊고 넓은 거친면마무리는 소음이 증가되는 반면에 마찰력도 증가한다. 따라서, 시공중 거친면마무리의 깊이 및 넓이를 조절하는 것이 중요할 뿐만 아니라, 거친면마무리의 간격, 깊이, 넓이에 대한 검사(특히 타이닝의 경우)는 일관성을 유지하는데 매우 중요하다. 그림 6은 표층을 긁어 거친면마무리하는 모습을 나타내고 있다.

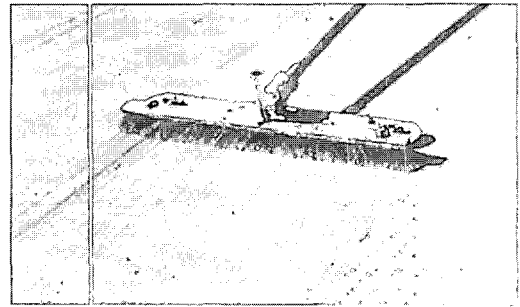
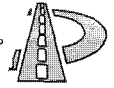


그림 6. 긁기 작업 모습

다음의 사항들은 거친면마무리 작업에 영향을 주는 변수로 알려진 것이다.

- 콘크리트의 반죽질기 (시공성)
- 거친면마무리 작업시기
- 블리딩
- 거친면마무리 작업 장비에 가해진 전체압력
- 타이닝의 각도
- 거친 천(burlap), 인공 잔디 모양(turf), 혹은 타이닝 장비의 청결도
- 거친면마무리 작업 장비의 균형성(evenness)

2.8 기타고려사항



최근의 수막 현상(hydroplaning)에 대한 연구에서 수막현상이 도로에 중요한 영향을 미치는 변수로 등장하였으며, 이러한 수막 현상을 줄이기 위한 방법이 추천되고 있다. 이 연구는 설계속도가 100km/h를 초과하거나 근접한 도로에서는 현재의 횡방향 표준 경사를 조정할 것을 권고하고 있다.

표층의 거친면마무리방법을 제외하고 본 연구에서는 수막 현상이나, 우천 시 교통사고에 영향을 미칠 수 있는 3가지 다른 변수를 강조하고 있다. 첫째, 포장 표면에 물이 남아있지 않도록 빠른 배수를 실시해야 한다. 그러기 위해서는 배수 길이를 줄일수 있는 포장의 기하학적 구조가 중요하며 배수 시스템을 설치하는 것도 좋은 방법 중의 하나라고 할 수 있다. 이외에도 지역조건인 강우강도나 온도와 같은 환경적인 조건도 중요한 변수로 작용한다. 둘째, 우천 시에 노면위에 수막을 형성하게 되는데, 수막의 두께(Flow thickness)는 포장 위의 전체 수막 두께에서 평균 거친면 마무리 깊이(mean texture depth)를 뺀 값이다. 거친면마무리 홈 사이로 흐르는 물은 수막현상 형성에 영향을 미치지 않지만, 포장 표면 위에 흐르는 물은 타이어와 포장표면 접촉에 의해 제거되지 않을 경우 수막현상이 발생한다. 따라서, 수막두께를 최소화 하는 것이 수막현상으로 인한 문제를 줄일 수 있는 방법이다.

셋째, 포장의 기하학적 구조는(노면 경사와 포장 가장자리까지의 거리) 포장 면 밖으로 물이 흐르는 시간에 영향을 준다. 동일한 강수량과 표층 재질의 경우, 노면경사가 더 가파르고, 물 흐르는 거리가 짧을수록 수막의 두께가 얇아지고 결과적으로 수막 현상의 가능성을 감소시킨다. 그러므로 횡방향 경사는 운전자의 쾌적성과 안전을 고려한 범위 내에서 가능한 한 최대화하여 설계하여야 한다. 도로의 기하학적 구조는 직선, 편경사 곡선, 변화구간, 종단선형의 변화 등으로 연

속해서 변화한다.

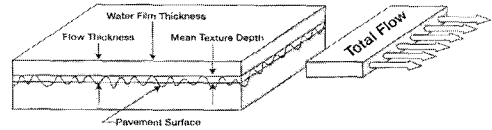


그림 7. 수막현상에 의해 나타난 표층 위의 수막 두께

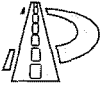
표 5는 “권장하는 최소 횡단경사”로 설계속도에 따라 제시하고 있다. 쓸기 거친면마무리(평균 노면 깊이는 0.05mm)를 한 2차로를 기준으로 한 값이다.

2.9 표층개량

기존 콘크리트 포장면은 다이아몬드 그라인딩, 다이아몬드 그루빙, 다이아몬드 어브레이딩을 통하여 거친면마무리(texture)와 소음을 개량할 수 있다.

2.9.1 다이아몬드 그라인딩

비록 다이아몬드 그라인딩의 주요 목적이 기존 포장의 거칠기(roughness)를 감소시키는 것이지만 부수적으로 포장의 microtexture을 복구시키고 macrotexture 형성함으로써 마찰 저항을 향상시키는 역할을 한다. 향상된 거친면마무리(texture)는 타이어와 포장간의 상호작용에서 배수효과를 증진시키며 특히, 얇은 타이어의 경우 우천 시 사고 가능성을 감소시킨다. 그라인딩을 한 노면은 ASTM E274의 방법으로 종방향 미끄럼 지수를 측정한 결과 놀랄만큼 증가했다. 미국의 한 연구 결과에 의하면 그라인딩 전의 미끄럼 지수가 평균 42인데 반해 그라인딩 후에 80으로 증가한 것으로 발표되었다. 그러나 조지아 주를 비롯한 일부 지역의 결과를 보면 초기 몇 년 동안 미끄럼 지수가 오히려 떨어지는 것으로 보고하고 있다. 하지만, 일반적으로 적절한 표면처리는 수년동안



포장 표면상태를 좋게 유지한다.

종방향으로 그라인딩한 경우도 주행의 안전성에 도움을 주며 수막현상을 감소시켜 준다. 특히, 그라인딩 후 2년 이상 기간이 지난 다음의 사고 비율을 비교해 보면 매우 중요한 의미를 가진다. 예를 들면, 1998년에 연구된 결과에 따르면 다이아몬드 그라인딩이 수행된 노면의 전체 사고율은 그라인딩을 수행하지 않은 노면의 60% 밖에 안 되는 것으로 밝혀졌다. 또한, 다이아몬드 그라인딩을 한 포장은 6년 정도 지난 후부터 사고율이 매우 감소한다는 것을 알아냈다. 이러한 결과는 macrotexture의 깊이와 거친면마무리 방향이 다이아몬드 그라인딩이 시행된 포장에 있어서, 사고율에 중요한 영향을 미친다는 것을 입증하고 있다.

2.9.2 어브레이딩

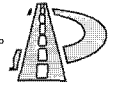
어브레이딩(숫블라스팅)을 통해 콘크리트 포장 노면을 0~6mm(0~0.25in) 두께로 얇게 제거할 수 있다. 이 방법은 접착식 콘크리트 덧씌우기(Bonded Concrete Overlay)를 수행하기 전에 접착면 처리 등의 사전작업으로 주로 사용된다. 그러나 이러한 방법은 느슨해진 재료를 제거하고, 스케일링이나 마모된(polish) 콘크리트 표층을 균일한 거친면마무리로 재형성 하는데 매우 효과적인 방법이고, 모래 입자가 노출됨으로서 높은 정도의 microtexture 또는 마찰력을 제공할 수 있다.

2.9.3 다이아몬드 그루빙

다이아몬드 그루빙은 1960년대부터 공방이나 교량, 그리고 사고율이 높은 지역등에 사용되어왔다. 그루빙은 물이 흐를 수 있는 깊은 통로(channel)를 만들어 주어 뛰어나 측면 배수 효과를 가져온다.

표 6. 설계속도와 종단 구배에 따른 횡단 경사면의 최소 기울기

종단구배	교통량이 적은 구간 70km/h (45mph)	교통량이 중간인 구간 85km/h (52mph)	교통량이 많은 구간 100km/h (62mph)
	횡단 경사(Cross Slope)		
적선 구간			
0.00	0.015	0.020	0.085
0.01	0.015	0.020	0.085
0.02	0.015	0.020	0.085
0.03	0.015	0.020	0.085
0.04	0.015	0.020	0.085
0.06	0.015	0.020	0.080
0.08	0.015	0.025	0.080
0.10	0.015	0.025	0.080
평면곡선 - 곡선반경 300m (1,000 ft.)			
0.00	0.015	0.020	0.080
0.01	0.015	0.020	0.080
0.02	0.015	0.020	0.080
0.03	0.015	0.020	0.080
0.04	0.015	0.030	0.080
0.06	0.015	0.030	0.090
0.08	0.015	0.030	0.090
0.10	0.015	0.030	0.090
블록종단 경사구간 - 곡선반경 300m (1,000 ft.)			
0.00		0.015	
0.01		0.020	
0.02		0.020	
0.03		0.020	
0.04		0.020	
0.06		0.025	
0.08		0.025	
0.10		0.025	
오목종단 경사구간 - 곡선반경 300m (1,000 ft.)			
0.00		0.030	
0.01		0.030	
0.02		0.030	
0.03		0.030	
0.04		0.030	
0.06		0.030	
0.08		0.035	
0.10		0.035	



이것은 커브길의 경사면이나 변화구간 (transition)에 매우 효과적이다. 캘리포니아 도로 국에 의해 수행된 연구결과에 따르면 로스앤젤레스 부근의 사고다발지점 14개 지역에 대하여 그루빙 시행후 사고율이 85% 감소하는 것으로 나타났다. 또한 이들 지역에서는 우천시 사고율이 그루빙 전 515건 이었던 것이 그루빙 시행 후 76건으로 줄어들었다.

3. 결론

콘크리트 포장의 거친면마무리 방법의 선택은 포장의 용도, 위치 또한 주위 시설물을 우선적으로 고려하여야 하며, 또한 도로의 안전성, 쾌적성, 소음, 경제성등을 고려하여 최적의 거친면마무리 방법을 선택하여야 한다.

최근 미국의 연구결과에 의하면 횡방향 타이닝 보다 종방향 타이닝이 마찰저항이 향상되고 소음 감소효과도 있는 것으로 나타났다. 또한 그루빙 (grooving)이나 샷브라스팅(shot blasting)과 같은 방법은 교통사고 감소에 기여를 한 것으로 나타나고 있다.

현재 우리나라에서 확일적으로 적용하고 있는 균등간격의 횡방향 타이닝은 본문에서 밝힌 바와 같이 소음과 안전성 측면에서 비슷한 수준의 다른 거친면마무리 방법에 비하여 성능이 떨어지는 것으로 보고되고 있다.

따라서 현재의 확일적인 방법에 벗어나 도로의 주변 상황과 위치에 따라 적합한 거친면마무리를 적용할 수 있도록 기술개발 및 연구가 필요하며 시험포장을 통하여 우리 실정에 맞고 포장용도에 따라 적용성이 우수한 최적의 기법을 찾아야 할 것이다.

참고문헌

1. Tire Pavement Noise and Safety Performance, PCC

Surface Texturing Technical Working Group, FHWA-SA-96-068, Federal Highway Administration, Washington, DC, May 1996

2. Kuemmel, D.A., and others, Impacts Related to Pavement Texture Selection, Final Report, WI/SPR-06-96, Wisconsin Department of Transportation, Madison, WI, January 1997

3. "Noise and Texture on PCC Pavements-Result of Multi-State Study", Final Report, Wisconsin Department of Transportation, Madison, WI, June 2000

4. Voigt, G.F., Wu, Chung-Lung, "A New Look at Surface Textures for Concrete Pavement", 1995 Conference of the Transportation Association of Canada, Victoria, British Columbia, 1995

5. Wu, Chung-Lung, Nagi, Mohammad, Optimizing Surface Texture of Concrete Pavement, Bulletin RD111T, Portland Cement Association, Skokie, IL, 1995

6. "Highway Traffic Noise in the United State", Federal Highway Administration, Washington D.C., 1997

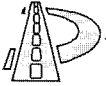
7. Ray, G.K., Norling, L.T., More Macrotecture in Concrete Pavement for Greater, Long-Lasting Skid Resistance, PCA TA034-01P, Portland Cement Association, Skokie, IL, 1974

8. Ardani, A., PCCP Texturing Methods, Report NO. CDOT-DTD-R-95-2, Colorado Department of Transportation, Denver, CO, 1995

9. Halstead, W.J., "Criteria for Use of Asphalt Friction Courses", National Cooperative Highway Research Program Synthesis, No. 104, Transportation Research Board, Washington D.C, 1983

10. Loutzenheiser, D.W., "Skid Resistance Values Used in Geometric Design", Proceedings, First International Skid Prevention Conference, Part II, Virginia, 1959, pp. 573-578

11. Kummer, H.W., Meyer, W.E., "Tentative Skid-Resistance Requirements for Main Rural Highways", National Cooperative Highway Research Program Report, No37, Highway Research Board, Washington, DC, 1967



12. Neal, B.F., et. al., "Surface Texture for PCC Pavements", FHWA-CA-TL-78-14, California Department of Transportation, Sacramento, CA, 1978
13. Proposed Design Guidelines for Reducing Hydroplaning on New and Rehabilitated Pavements, Research Results Digest, Number 243, National Cooperative Highway Research Board, Washington, DC, September 1999.
14. Rao, S., Tu, T. and Darter, M., "The Longevity and Performance of Diamond-Ground Pavements", Portland Cement Association, Skokie, IL, 1999
15. Drakopoulos, A. and others, "Comparison of Accident Experiences Between Tined and Continuously Ground Portland Cement Concrete Pavements", Presented at the 77th Annual TRB Meeting Committee on Surface Properties-Vehicle Interaction(A2B07), Transportation Research Board, Washington, DC, 1998
16. Beaton, J., and others, "Reduction of Accidents by Pavement Grooving", M&R 633126, California Division of Highway, August 1968.

사무실 이전 안내

우리 학회 사무실이 2001년 9월 20일자(목)로 한국과학기술회관 본관 801호로 이전하였습니다. 주소와 전화번호는 아래와 같습니다.

아 래

주소 : ☎135-703 서울시 강남구 역삼동 635-4
한국과학기술회관 본관 801호
전화 : (02) 558-7147~8
전송 : (02) 558-7149

※ 국번만 525국에서 558국으로 바뀌었습니다

