제 4 편 기타 안전시설 편

1. 미끄럼방지 포장

1.1 총 칙

1.1.1 목 적

본 지침은 도로안전시설 중 미끄럼방지포장의 설치 및 관리에 관한 기본적이고 세부적인 시행 지침을 정함으로써, 도로 교통 안전과 원활한 교통 소통을 도모하는데 목적이 있다.

【설 명】

미끄럼방지포장은 도로법 제3조, 도로법 시행령 제1조 3의 도로 부속물로서 포장의 미끄럼저항을 높여 자동차의 안전한 주행을 도모하기 위한 시설이다.

본 지침은 미끄럼방지포장의 형식, 설치장소, 규격, 재료, 설치, 시공 및 유지 관리에 관한 기본적이고 세부적인 사항을 정하여 시행하게 함으로써, 도로 관리자는 미끄럼방지포장을 설치 · 관리하는 데 적합한 업무를 수행할 수 있도록 하고, 도로 이용자는 보다 안전하게 도로를 이용할 수 있도록 한 것이다.

1.1.2 적용 범위

본 지침은 도로법에 의해 설치되는 미끄럼방지포장의 설치 및 관리에 대하여 적용한다. **본 지침은 도로법 제11조에서 정하고 있는 도로에 적용함을 원칙으로 하되, 기타 도로에도 준용할 수 있다.**

【설 명】

본 지침은 미끄럼방지포장의 설치 및 관리에 관한 기술적인 사항의 일반 적 기준을 제시한 것이다. 일반적이고 표준적인 사항은 사각형 내에 기술하고 구체적인 사항은 “【설명】”에 제시하였다. 따라서, 본 지침의 표준적 사항과 구체적 사항은 동일한 효력을 갖는 것으로, 각 도로관리청에서는 이를 토대로 하고 도로 및 교통조건 등을 감안하여 현장에 적합한 시설이 설치될 수 있도록 한다.

본 지침은 1989년에 건설교통부(당시 건설부)에서 발행한 ‘도로안전시설 설치 편람’의 미끄럼 방지시설의 내용을 토대로 하고, 미끄럼방지포장의 적합한 설계 기준을 마련하기 위해 선진국에서 적용하는 기준 분석과 현장 실증 실험을 통해 적용 가능한 사항을 본 지침에 반

영하여 작성된 것이다.

미끄럼방지포장의 여러 가지 형식들은 미끄럼방지 재료의 물성과 표면 처리의 방법 등에 따라 구분될 수 있다. 미끄럼방지포장의 설치는 본 지침의 내용을 기본으로 하고, 지역 특성과 현장 여건을 반영하여 적합하게 적용하며, 본 지침을 확대 해석하여 불필요한 시설을 설치하는 것은 피한다.

본 지침에는 교통 여건의 변화에 부응하기 위하여 새로 연구 개발된 사항에 대해 실무자들이 참고할 수 있도록 기술하였다. 본 지침에서 규정한 것 이외의 유사한 미끄럼방지포장 또는 신제품에 대해서는 별도의 규정이 있기까지 본 지침의 근본 취지 범위 안에서 검증 과정을 포함한 검토와 의견 수렴을 거쳐 적용할 수 있다.

본 지침에서 제시하고 있는 조건과는 다른 특수한 경우에서의 적용은 본 지침의 기본 개념을 토대로 하여 특수 조건에 적합한 미끄럼방지포장을 개발 · 적용할 수 있다.

1.1.3 용어의 정의

미끄럼방지포장이란 노면의 미끄럼 저항이 낮아진 곳, 도로의 평면 및 종단 선형이 불량한 곳 등에서 포장면의 미끄럼 저항력을 높여 주어 자동차의 제동 거리를 짧게 하기 위한 목적으로 설치되는 시설을 말한다.

【설 명】

미끄럼방지포장은 자동차 타이어와 도로면 사이의 마찰력(또는 마찰 저항)을 증가시켜 자동차의 제동 거리를 줄여주는 역할을 하는 시설이다.

마찰력은 노면의 상태나 타이어의 종류에 따라 큰 차이가 있으며, 이러한 노면의 마찰 특성은 일반적으로 미끄럼 마찰계수(friction factor)로 정량화하고 있다.

마찰계수는 평면을 따라 운동하는 물체의 마찰저항력 F를 마찰력에 작용하는 수직력 L로 나누어 구할 수 있다.

도로의 곡선구간에서는 마찰계수가 다음과 같은 관계식을 갖는다.

$$e + f = \frac{v^2}{R \cdot g} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(식\ 1)$$

여기서, e : 경사

f : 미끄럼 마찰계수

v : 속도(m/s)

R : 곡선 반경(m)

g : 중력가속도(9.8 m/s2)

본 지침에 제시된 용어 가운데 전문적인 용어의 정의는 다음과 같다.

◆ BPN(British Pendulum Number) : 미끄럼 마찰저항을 BPT(British Pendulum Tester)를 이용하여 정량화한 값으로 이 값이 클수록 마찰력이 큼.

◆ SN(Skid Number) : ASTM E 274 시험법(Standard Test Method for Skid Resistance of Paved Surface Using a Full-Scale Tire)에 따라 미국 K. J. Law사에서 제작한 모델 M1290의 자동식 미끄럼저항 측정기를 통해 얻어지는 미끄럼 저항값으로 이 값이 클수록 마찰력이 큼.

◆ BPT(British Pendulum Tester) : ASTM E 303에 규정된 표면 마찰 특성 측정법에 사용되는 장비로서, 1960년대 중반에 영국 국립도로연구소(Road Research Laboratory)에서 개발됨.

◆ PFT(Pavement Friction Tester) : 실물 타이어를 이용한 노면 미끄럼저항 측정장비.

◆ 미세 표면 조직(micro texture) : 0.5mm 이하의 요철을 갖는 표면 조직으로 접촉 전단저항을 통해 주행시 마찰저항에 기여함.

◆ 조면 조직(macro texture) : 0.5mm 이상의 요철을 갖는 표면 조직으로 배수의 기능도 가져 고속주행시 마찰저항에 영향을 미침.

<그림 1.1> 포장의 표면 형상

1.1.2 기능 및 종류

가. 기 능

미끄럼방지포장의 기능은 미끄럼 저항을 충분히 확보하지 못한 곳이나 도로선형이 불량한 구간에서 표면에 신재료를 추가하거나 도로 표면의 일부를 제거하는 방법으로 포장의 미끄럼 저항을 높여 자동차의 안전 주행을 확보하는 것이다.
또한, 운전자의 주의를 환기시켜 안전 운행을 도모하는 부수적인 기능도 가지고 있다.

【설 명】

도로 노면의 미끄럼 저항은 도로교통의 안전에 가장 중요한 요소 가운데 하나이며, 특히 노면이 젖어있을 때의 미끄럼 문제는 매우 심각하다. 미끄럼 저항은 우천 등으로 인하여 노면이 젖어있거나 자동차의 주행속도 증가에 따라 급격히 저하된다.

도로의 선형과 시거는 장소에 따라 변하므로 자동차의 안전 운행에 필요한 노면과 타이어 사이의 최소 마찰력도 변하게 된다. 예를 들어, 시거가 매우 짧은 지역에서는 제동 정지 거리를 단축시켜야 하므로 마찰력이 커져야 하는데, 이런 곳에 미끄럼방지포장을 설치할 수 있다.

미끄럼방지포장은 도로의 기하구조 및 교통 특성에 따라 요구되는 수준의 미끄럼 저항이 확보되지 못한 구간에 설치하여 마찰력을 증진시키는 데 목적이 있다. 도로의 사용 기간이 증가함에 따라 포장의 미끄럼 저항이 전 구간에 걸쳐서 일정 수준 이하로 떨어지는 경우에는 포장의 유지관리 측면에서 근본적으로 미끄럼저항을 높이는 대규모의 보수 대책이 필요하다.

본 지침에서 다루는 미끄럼방지포장은 특정한 구간에서 도로 및 교통의 특성상 마찰력이 기준치 이하로 저하되거나, 도로의 설치 조건에는 부합하나 교통의 특성상 기존의 마찰력을 증가시킬 필요가 있는 구간에서 도로 교통 안전의 측면에서 설치하는 시설이다.

마찰력이 충분히 확보된 구간으로서 운전자의 주의 환기 또는 감속 유도가 주 목적인 구간에는 미끄럼방지포장보다는 감속유도시설(rumble strip)을 설치하는 것이 비용 효과적인 측면에서 더 바람직하다.

종종 미끄럼방지포장을 적용하는 데 있어서, 노면의 미끄럼 마찰력 증진보다는 운전자의 주의를 환기시킬 목적으로 사용하는 경우가 있다. 이러한 적용은 오히려 안전 주행에 문제를 야기시키는 것으로 지적되고 있으므로, 시설의 기능에 부합하게 설치를 해야 한다.

나. 종 류

미끄럼방지포장은 도로 표면에 신재료를 추가하는 형식과 표면의 재료를 제거하는 형식으로 크게 구분할 수 있으며 각각에 대한 종류는 다음과 같다.

가. 표면에 신재료를 추가하는 형식

1) 개립도 마찰층

2) 슬러리실

3) 수지계 표면처리

나. 표면의 재료를 제거하는 형식

1) 그루빙

2) 숏 블라스팅

3) 노면 평삭

【설 명】

미끄럼 저항 증진을 위한 표면 처리의 공법은 표면에 신재료를 추가하는 형식과 표면의 재료를 제거하는 형식으로 구분되며 형식별 특징은 다음과 같다.

1) 표면에 신재료를 추가하는 형식

(1) 개립도 마찰층

개립도(OGFC : Open-Graded Friction Course) 마찰층은 미국에서 플랜트 믹스의 실코우트(seal coat)로부터 발전하였다. 실코우트는 미끄럼 저항을 개선하는 효과는 있으나 교통량이 많을 경우 비교적 수명이 짧다는 결점이 있었다. 그러나 실코우트는 미끄럼 저항을 향상시키는 데 매우 효과적임이 입증되어 플랜트 믹스로 실코우팅하는 것이 시험되었다. 이러한 처리 방법이 개량되어 훗날 미국 연방도로청(FHWA)에 의해 OGFC라 불리는 공법으로 발전하여 미국, 유럽 등지에서는 가장 일반적인 미끄럼방지 포장으로 정착되었다.

개립도 마찰층은 투수성 포장과 달리 원래의 적용 목적이 미끄럼 저항을 개선하는 데 있기 때문에 층 두께가 얇으며, 또 포장체 내부의 배수나 저소음화는 중요하게 생각하지 않는다.

유럽에서는 5cm 두께와 20%의 공극률을 사용하고 있고, 미국에서는 2.5cm 이하의 두께와 15%의 공극률을 추천하고 있다. FHWA가 권장하는 골재 입도는 표 1.1에서 보는 바와 같다.

미국 각 주의 설치 및 시공 경험을 토대로 작성된 문헌, 보고서에 따르면 개립도 마찰층은 다음과 같은 장단점을 가지고 있다.

(a) 장 점

- ◆ 표면 배수가 신속하므로 수막 현상의 위험을 최소화할 수 있다.
- ◆ 물튀김이나 물보라로 인한 시각 장애 문제를 최소화할 수 있다.
- ◆ 우천, 고속 주행시의 미끄럼 저항성을 개선할 수 있다.
- ◆ 야간, 우천시 자동차 전조등의 노면 반사가 줄어들고, 노면 표시의 시인성도 개선할 수 있다.
- ◆ 개립도 마찰층 자체에는 소성 변형(rutting)이 잘 일어나지 않는다.
- ◆ 포장 두께가 비교적 얇기 때문에 양질 골재의 사용량을 줄일 수 있다.
- ◆ 타이어와 노면 사이에서 발생하는 소음을 줄일 수 있다.

<표 1.1> FHWA에서 권장하는 개립도 마찰층 골재 입도

체 눈의 크기(mm)	통과 백분율(%)
12.50	100
9.50	95 ~ 100
4.75	30 ~ 50
2.36	5 ~ 15
0.075	2 ~ 5

<그림 1.2> 개립도 마찰층의 표면 상태

(b) 단 점

- ◆ 인력 시공인 경우 두께가 얇으므로 평탄성 확보에 어려움이 있다.
- ◆ 석유류 등이 노면에 떨어지게 되면 혼합물이 박리되어 흩어질 수 있다.
- ◆ 패칭(patching) 등의 보수가 까다롭다.
- ◆ 적설, 동결시에 동결 방지제 살포량이 많아진다.
- ◆ 상황에 따라서는 반사 균열이 빨리 나타날 수 있다.
- ◆ 개립도 마찰층을 통과한 물이 흘러 제거될 수 있도록 길어깨에 적절한 배수시설을 해주어야 한다.

이와 같은 장점과 단점을 가지고 있으면서도 안전성 면에서 좋은 대안임을 받아들여 미국과 유럽 등지에서는 이의 적용을 확대하고 연구 발전시키고 있으며, 일본에서도 관련 연구를 수행하고 있다. 한편 우리나라의 경우는 흙먼지가 많고, 동절기에 빙설대책으로 사용하는 모래 살포로 인하여 개립도 마찰층의 공극을 메울 우려가 크므로 이를 반영한 연구개발이 필요하다.

(2) 슬러리실

슬러리실(slurry seal)은 상온에서 유화 아스팔트, 잔골재, 석분, 물 등을 혼합한 유동체인 슬러리 혼합물을 6~10mm 정도 포장면에 포설하는 공법이다. 적용시에는 용도에 적합한 배합이 되도록 골재와 아스팔트 양을 적절히 선택하여야 하며 폴리머 등의 개질재를 첨가하기도 한다.

이 공법은 상온 혼합 방식의 표면 처리이므로 상온에서 시공할 수 있으며, 다짐 작업이 필요하지 않은 이점이 있고, 비교적 균일하면서 치밀한 혼합물을 만들 수 있어 헤어 크랙(hair crack) 등을 보수하는 효과도 있다.

(3) 수지계 표면처리

현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 미끄럼방지포장 형식으로, 일반적으로 미끄럼 방

지시설 또는 미끄럼방지포장이라 하면 이 형식을 말하고 있다. 수지계 표면처리는 포장면에 에폭시 수지를 도포한 후 마찰계수가 큰 경질 골재를 살포하여 고착시키는 방법이다.

적용 형식은 주로 1m 또는 3m를 시공하고, 각각 3m 또는 6m를 띄우는 1-3방식, 3-6방식 등을 사용하고 있다. 따라서, 이를 엄밀하게 구분하여 말하면 미끄럼방지 포장 띠라고 할 수 있다. 이 형식은 본 지침에서 다루고 있는 주 대상이므로 세부적인 내용은 해당 항목에서 기술한다.

<그림 1.3> 수지계 표면처리 형식의 예

(2) 표면의 재료를 제거하는 형식

(1) 그루빙

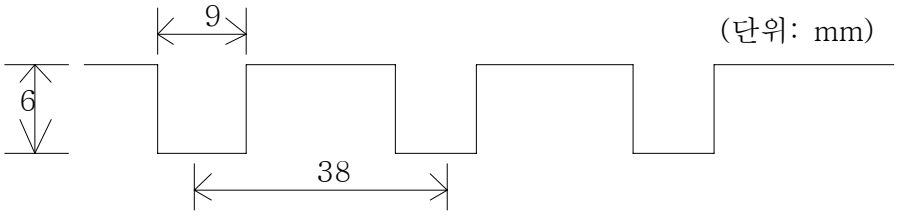
그루빙(grooving)은 다이아몬드 날 또는 텅스텐 카바이드 드럼 등을 여러개 부착시킨 그루빙 기계로 포장층에 홈을 내어 우천시 수막 현상(hydroplaning)을 억제하거나 노면과 타이어의 마찰 저항을 개선하기 위해 실시하는 미끄럼 개량 공법이다.

그루빙의 방향으로는 주로 종방향(자동차 진행 방향)과 횡방향(자동차 진행 방향에 대해 직각 방향)으로 나눌 수 있다. 종방향 그루빙의 경우는 횡미끄럼에 대해 효과가 있으므로 곡선 구간에 적합하다. 그러나 도로면의 횡단 배수를 방해하고 이륜차의 핸들 조작을 불편하게 하는 등의 단점이 있으므로 설치할 때 충분한 주의가 필요하다.

횡방향 그루빙의 경우 제동 정지 거리의 단축, 수막 현상 억제, 배수 경로 제공, 조면 조직 회복 등에 효과가 있으며, 급경사, 교차로 등에도 적합하다.

그루빙 장비는 용도에 따라 그루빙 전용 장비, 그루빙과 그라인딩 겸용 장비, 그라인딩 전용 장비의 3가지로 구분할 수 있는데, 국내에 도입되어 있는 장비는 그루빙 전용 장비이다. 이 장비는 도로의 종방향 및 횡방향으로 작업이 가능하며, 특히 횡방향 작업의 경우 작업 효율이 높은 것으로 알려져 있다. 국내에 도입되어 사용되고 있는 그루빙 장비는 대부분 소형 장비이기 때문에 작업 능력에 한계가 있으므로 작업 연장이 긴 구간에 적용할 때에는 여러 장비를 동시에 투입하여 교통 차단 시간을 단축할 필요가 있다.

그림 1.4는 그루빙 적용 규격의 예를 보여주고 있다.



<그림 1.4> 그루빙 적용 규격의 사례

(2) 숏 블라스팅

숏 블라스팅(shot blasting) 공법은 블라스터(blaster)라 불리는 다량의 쇠구슬을 고압으로 노면에 연속 타격하여 조면 조직을 회복시키는 것으로 원래 강구조 표면의 녹 제거나 콘크리트면의 기름때 제거용으로 적용되었는데, 장비가 대형화 하면서 도로 포장면의 미끄럼 증진용이나 콘크리트포장 덧씌우기 층의 접착력 증진을 위해 사용되고 있다.

숏 블라스팅을 위한 장비는 소형에서 도로 전용의 대형까지 다양한 규격이 있다. 현재 국내에는 블라스팅 폭이 25cm인 중소형 장비가 도입되어 있다. 국내에 도입되어 있는 장비는 조작원 1인이 탑승하여 조작하고 자체 집진 설비가 장착되어 있어 사용된 블라스터를 회수 및 재사용할 수 있고, 또한 시공시 발생하는 먼지를 집진할 수 있도록 설계되어 있다. 그러나 이 공법을 도로에 사용할 때 블라스터의 회수율이 40% 이하로 비교적 적기 때문에 블라스터의 회수를 위해 별도의 작업이 필요하다.

중소형 장비의 작업 능력은 시간당 60~100m^2로 1일 8시간 작업시 최대 1차로 200m 구간의 작업이 가능하다. 대형 장비를 도입할 경우 5배 이상의 작업 능력 향상을 기대할 수 있다.

이 공법은 시공 후 표면에 일정한 방향성이 없이 전체적으로 동일한 형태를 유지하므로 시공 방향에 따른 구분은 하지 않아도 된다.

<그림 1.5> 그루빙 시공 후의 표면 상태

<그림 1.6> 숏 블라스팅 시공 후의 표면 상태

(3) 노면 평삭

노면 평삭(planning) 공법은 포장 노면을 전체적으로 약간 깍아내는 방법으로 조면 조직을 회복시키는 공법이다.

이 공법에 사용되고 있는 장비는 평삭기(planner)로서, 소형에서 도로 전용의 대형까지 다양한 규격이 있다. 현재 국내에는 폭 25cm의 소형 장비를 도입하여 사용하고 있고 대형 장비는 아직 도입되어 있지 않다. 국내에 도입되어 사용중인 평삭기는 자체 집진 시설을 갖추지 못하여 시공시 발생하는 분진 처리에 별도의 작업이 필요하다. 바람에 날리는 분진이 많아질 경우에는 인접 차로의 자동차 진행에 장애가 될 수 있으며, 환경 문제를 유발할 수도 있으므로 자체 집진 장치가 필요하다.

평삭기의 톱날은 단부에 다이어몬드 처리가 되어 있으며 톱날의 배열을 임의의 간격으로 조절이 가능하므로 원하는 형태로 절삭 간격을 조절할 수 있다.

<그림 1.7> 노면 평삭 후의 표면 상태

다. 형식 선정

미끄럼방지포장의 형식 선정은 다음의 항목을 고려하여 결정한다.

- ◆ 시공성
- ◆ 마찰력 증진 효과의 지속성
- ◆ 시공 시 소음 및 분진 발생 여부
- ◆ 시공 후 주행 자동차의 승차감 및 소음
- ◆ 경제성, 시선 유도, 전망, 쾌적성

미끄럼방지포장의 형식 선정 시 포장체의 종류에 따라 추천하는 형식은 다음과 같다.

구 분	아스팔트 콘크리트 포장	시멘트 콘크리트 포장
추천하는 형식	•개립도 마찰층 •슬러리실 •노면 평삭 •수지계 표면처리	•그루빙 •숏 블라스팅 •노면 평삭

【설 명】

미끄럼방지포장의 형식 선정에서는 시공성, 마찰력 증진 효과의 지속성, 시공시의 소음 및 분진 발생 여부, 시공 후 주행 자동차의 승차감 및 소음, 경제성, 시선 유도, 전망, 쾌적성, 주위 도로 환경과의 조화, 유지 보수 등을 충분히 고려하여야 한다.

미끄럼방지포장의 형식 선정은 본 지침의 다양한 형식의 특징을 충분히 숙지하여 설치 장소의 조건에 적합한 형식을 선정해야 한다. 또한, 일반적으로 짧은 구간에 각기 다른 형식의 미끄럼방지포장을 사용하는 것보다는 같은 형식의 미끄럼방지포장을 연속하여 사용하는 것이 좋다.

일반적으로 아스팔트포장에는 개립도 마찰층, 슬러리실, 수지계 표면처리 등 표면에 새 재료를 추가하는 형식이 바람직하다. 아스팔트포장에 그루빙 등 표면 재료를 제거하는 형식을 시공할 경우, 여름철에 반복 하중이 가해지면 아스팔트의 연성으로 인해 조면 조직이 파손될 수 있으며, 결과적으로 심한 평탄성 저하를 초래할 수도 있다. 숏 블라스팅을 아스팔트포장에 적용할 경우 쇠구슬이 고온이기 때문에 시공이 어려울 수 있다. 노면 평삭의 경우 수명은 길게 예상할 수 없으나 시공성이 양호하고 비용이 적게 들기 때문에 마찰력 증진을 위한 임시 대안으로 사용할 수 있다.

콘크리트포장의 경우 그루빙, 숏 블라스팅, 노면 평삭 등의 방법으로 표면 재료를 제거하는 형식이 바람직하다. 수지계 표면처리 등 표면에 신재료를 추가하는 형식은 비교적 시공비가 비싸고 기존 포장과의 접착이 불완전하므로 피하는 것이 좋다. 콘크리트포장은 강성이 있으므로 아스팔트포장과 달리 그루빙, 숏 블라스팅, 노면 평삭을 시공하더라도 비교적 오래 그 기능을 유지할 수 있다.

이상과 같이 노면의 미끄럼 저항을 높이기 위한 공법은 포장체의 종류에 따라서 다양한

형식이 고려될 수 있다. 아스팔트 콘크리트 포장에 대해서는 슬러리실이나 교통 선진국에서 주로 사용하고 있는 개립도 마찰층 공법이, 시멘트 콘크리트 포장에 대해서는 그루빙 공법이 바람직하다. 개립도 마찰층이나 그루빙에 대해서는 추가 연구를 통한 구체적 적용 지침이 마련되어야 하겠다.

1.1.3 설치 장소

미끄럼방지포장은 도로의 구간별로 다음과 같은 도로 조건 및 교통 조건에서 미끄럼 마찰 증진이 요구되거나, 사고 발생 위험으로 필요하다고 인정되는 구간에 설치한다.

가. 기존의 노면 마찰계수가 도로교통 조건에 부합하지 않고 낮아서 위험한 구간
나. 도로의 선형에 있어서 전·후 선형의 연속성이 이루어지지 않아 주행속도의 차이가 20km/시 이상인 구간의 변화구간
다. 기타 사고 발생의 위험이 높아 미끄럼방지포장을 설치하는 것이 효과가 있다고 인정되는 구간

미끄럼방지포장의 설치는 본 기준에 따라 효과가 있다고 판단되는 장소에만 설치하며, 비효과적인 무분별한 설치는 피한다.

【설 명】

미끄럼방지포장의 설치 목적은 선형 불량 구간, 교차로 진입부, 긴 내리막구간 등 노면 미끄럼 사고 또는 그 가능성이 많은 구간에 마찰력을 증진시켜 교통사고를 예방하거나 감소하는데 있다. 기본적인 설치장소로는 설계속도 60km/시 이상의 교차로 또는 횡단보도 접근부, 설계기준 이하의 곡선반경 설치 장소, 내리막 경사가 급한 구간 등에서 최소 요구 마찰계수가 낮은 곳으로 한다. 도로관리청이 본 기준과 미끄럼에 의하여 발생한 교통사고 실적을 토대로 판단하여 꼭 필요한 장소에만 미끄럼방지포장을 설치하여야 한다. 신설도로(덧씌우기 포함)로서 도로의 구조 조건이 설계 기준치 이상이고 노면상태에 특별한 하자가 없는 한 별도의 미끄럼방지포장은 설치하지 않는다. 구체적인 설치장소로 다음과 같은 위험구간에 미끄럼방지포장을 설치한다.

1) 기존의 노면 마찰계수가 낮은 구간

도로의 노면은 적정 미끄럼 마찰력을 확보하여야 안전성이 유지되나, 사용기간의 경과에 따라 노면의 마찰계수는 떨어지게 되며, 어느 한계 이하에서는 노면 미끄럼에 의한 사고의 위험성이 있게 된다. 따라서, 이러한 구간에 대해서는 마찰계수를 조사하여 적정 조치를 취하여야 한다.

노면이 제공해야 할 최소한의 마찰력은 도로의 기하구조 및 교통조건에 따라 다르므로 표 1.2의 최소 마찰계수 기준표에서 도로 및 교통조건에 따라 도로를 S1~S4의 4개 등급(S 등급)으로 분류하였다.

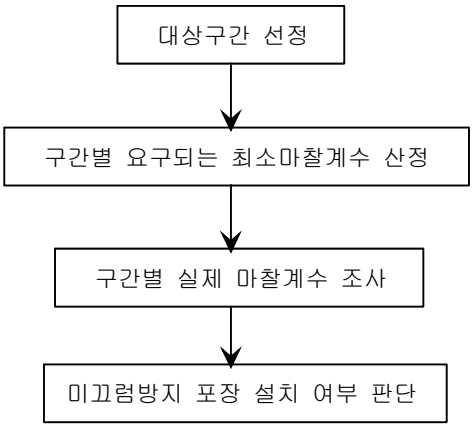
아울러 같은 등급이라 하더라도 그 지역에 미끄럼이 동반된 사고(또는 노면 마찰력이 더 높았더라면 방지할 수 있는 사고)건 수가 많다면 더 높은 마찰계수가 필요한 구간이다.

이 기준표에서 위험도를 3등급으로 분류한 것은 이것을 고려하기 위함이며, 등급이 높을수록 미끄럼에 의한 사고가 빈번한 경우이다.

<표 1.2> 최소 마찰계수 기준표

구 분	정 의	최소 요구 마찰계수			마찰계수의 종류
		위험도 1	위험도 2	위험도 3	
S1 (마찰력 확보가 매우 중요한 구간)	1) 설계 속도 60km/시 이상인 도로의 교통신호 또는 횡단보도 접근부 2) 도시 지역도로의 교통신호, 횡단보도 또는 비슷한 위험 개소의 접근부 3) 5% 이상의 내리막 경사에서 곡선 반경이 "도로의 구조·시설 기준에 관한 규정"에서 정한 값보다 작게 설계된 곳 4) 고속도로로서 S2의 1), 2)항에 해당하는 구간	57 37	67 44	77 50	BPN SN
S2 (마찰력 확보가 중요한 구간)	1) 설계 속도 60km/시 이상이 되는 도로로서 곡선 반경이 "도로의 구조·시설 기준에 관한 규정"에서 정한 값보다 작게 설계된 곳 2) 5% 이상의 내리막 경사가 100m 이상인 곳 3) 고속도로 일반구간 4) 상업용 자동차 교통량이 250대/차로/일 이상인 도로의 주요 교차로 접근부	47 31	57 37	67 44	BPN SN
S3 (평균 조건)	직선 또는 곡선 반경이 큰 구간으로서 다음에 해당되는 도로 1) 주요 간선도로 또는 자동차 전용도로 2) 상업용 자동차 교통량이 250대/차로/일 이상인 일반도로	32 21	47 31	57 37	BPN SN
S4 (마찰력이 중요하지 않은 구간)	교통량이 적은 도로의 일반 직선 구간	32 21	42 27	47 31	BPN SN

미끄럼방지포장의 설치 여부 결정은 다음과 같은 절차를 따른다.



<그림 1.8> 미끄럼방지포장의 설치 결정 흐름도

단계 1 : 대상 구간 선정

사고 기록, 기술자의 판단 또는 민원을 토대로 관할 도로망에서 미끄럼방지포장의 설치 검토가 요구되는 구간을 선정한다.

단계 2 : 구간별 요구되는 최소 마찰계수 선정

선정된 구간 각각에 대하여 도로의 기하구조, 속도, 미끄럼 사고의 빈도 등을 고려하여 최소 마찰 기준표에서 각 구간에 요구되는 최소 마찰계수를 구한다.

위험도의 결정은 기본적으로 각 기관의 주관적인 판단에 의하되 다음 기준을 참고로 한다.

위험도 1 : 노면 미끄럼에 의한 사고가 거의 없는 경우 또는 사고기록이 아직 정리되지 않은 경우

위험도 2 : 노면 미끄럼에 의한 사고가 가끔씩 발생하는 경우

위험도 3 : 노면 미끄럼에 의한 사고가 빈번한 경우

최소 마찰계수 기준표를 이용하는 방법은 먼저 도로의 기하구조, 설계 속도, 도로 등급, 교통량 등을 고려하여 S 등급을 구하고, 미끄럼 사고 기록을 참고로 각 구간의 위험도를 구한 뒤 해당되는 최소 마찰계수를 읽으면 된다.

위험도 결정시 객관적인 기준이 필요한 경우에는 교통 사고 중 노면이 습윤한 상태에서 발생된 사고 건수에 따라 결정할 수도 있다. 참고로 표 1.3은 노면 습윤시 사고 건수에 따른 잠정적인 위험도 결정 기준표를 제시한 것이다.

<표 1.3> 노면 습윤시 사고 건수를 고려한 위험도 결정 기준

위험도	연간 교통 사고 중 노면 습윤시 발생된 사고 건수주)
1	1 건 이 하
2	2 ~ 3 건
3	4 건 이 상

주) 사고 건수는 동일 구간(100m 이내)에서 발생한 노면 습윤시 중상 및 사망 사고 건수를 말한다.

단계 3 : 구간별 실제 마찰계수 조사

각 대상 구간에 무작위로 선정한 10개소 이상에서 마찰계수 실험을 실시한다. 실험은 BPT(British Pendulum Tester) 또는 PFT(Pavement Friction Tester)를 사용하는 것을 기본으로 하되, 대체할 만한 다른 조사를 실시할 경우 적절한 상관 관계를 통해 BPT나 PFT 조사 결과를 추정해도 된다.

최소 마찰계수 기준표의 BPN은 BPT 장비의 실험 결과값을 나타내며, SN은 PFT 장비의 실험 결과값을 나타낸다. BPT는 여러 마찰력 측정 장비 중 가장 사용이 간단하고 비용이 적게 드는 장비로서, 장비의 구조 및 사용 방법은 부록 1에 제시되어 있다.

단계 4 : 미끄럼방지포장 설치 여부 판단

구간별 조사된 실제 마찰계수의 30% 이상이 최소 마찰계수 기준표에 제시된 값보다 작을 경우 해당 구간은 미끄럼방지포장을 필요로 하는 구간이 된다.

이상 언급한 바 외에 다음의 사항을 미끄럼방지포장 설치의 결정에 참고 한다.

① 도로에 따라 대부분의 자동차가 설계 속도보다 높은 속도로 주행하는 도로가 있는데, 이 경우 실제 주행 속도를 설계 속도 대신 적용한다. 실제 주행 속도라 함은 주행 속도 분포의 85백분위수(percentile)에 해당하는 속도를 말한다.

② 종단경사의 기준은 일률적 적용보다는 도로 설계기준, 도로 조건 및 주변 여건, 타 도로의 사례 등을 고려하여 미끄럼방지포장이 필요한 곳에 적용한다.

③ 기본적으로 오르막 경사에서는 미끄럼 사고의 위험성이 크지 않을 경우 마찰계수에 관계없이 미끄럼방지포장을 생략할 수 있다.

④ 마찰계수는 기준값 이상이지만, 도로 구조상 운전자의 주의를 환기시켜 감속을 유도할 필요가 있는 경우에는 미끄럼방지포장보다 감속유도시설을 설치하는 것이 경제적이다.

이 항에서 제시된 내용과 최소 마찰계수 기준, 위험도 결정 기준 등은 외국의 기준을 차용하고 적용의 간편성을 위해 일부 수정한 것이다. 이 기준들은 잠정적으로 사용할 수 있으며, 향후 관련 연구를 통해 검증 및 보완이 이루어져야 할 것이다.

2) 도로선형의 연속성이 좋지 않은 구간

도로의 안전성이 확보되기 위해서 가장 필요한 것은 도로의 입체적인 형상을 이루는 기하구조가 차량이 연속적으로 주행할 수 있도록 조화가 이루어져야 하는 것이다. 즉, 평면선형의 조화, 종단경사의 적정성, 인도시설의 조형 등은 도로이용자에게 직접, 간접적으로 영향을 미친다.

이중 평면선형 요소는 자동차의 주행궤적을 결정하고 운전자에게 주행속도의 선택 정도를 판단하게 하는 것으로, 선형의 연속성이 매우 중요하다.

연속되는 전·후 평면선형의 크기가 일정 범위로 조화되지 않을 경우에는 주행속도의 차이가 크게 되고, 이로 인하여 교통사고가 일어나기 쉽다. 그러므로 아래 식과 같이 연속되는 도로의 전·후 구간에서 주행속도가 20km/시 이상인 구간의 변화구간에 미끄럼방지포장을 설치한다.

$$| V_{85(i)} - V_{85(i+1)} | \geq 20 \text{ km/시} \cdots\cdots\cdots\cdots (식\ 2)$$

여기서, $V_{85(i)}$: i 구간에서의 85 백분위수 주행속도(km/시)

$V_{85(i+1)}$: i+1 구간에서의 85 백분위수 주행속도(km/시)

3) 기타 사고 발생 위험이 높을 것으로 예상되는 구간

다음과 같은 구간은 도로 조건 및 주변 환경조건이 불량하여 사고 발생의 위험이 높으므로 노면의 마찰계수와는 관계없이 노면 습윤시 미끄럼에 의한 사고를 반영하여 설치한다. 또한 교통사고의 예방적 차원에서 교통사고 잦은 곳 개선 등 도로안전 개선사업 실적을 고려하여 미끄럼방지포장을 설치하는 것이 효과가 있다고 인정되는 구간에 대하여 설치한다. 그러나 효과가 없는 지역에 무분별하게 설치하는 것은 피한다.

1) 선형이 양호한 직선구간 사이에 위치한 급곡선 구간
2) 종단경사가 급한 내리막길에 위치한 곡선 등의 굴곡도로
3) 곡선부와 낭떠러지가 복합된 선형 불량 구간
4) 배수시설 불량으로 강우시 마찰력이 크게 감소하는 지점
5) 철도 건널목 진입부의 선형 불량으로 사고 위험이 많은 지점

1.1.4 구 조

가. 형상 및 제원

가. 미끄럼방지포장의 설치 형상은 해당 구간의 노면 전체를 처리하는 전면처리와 일정 간격을 띄워 부분처리하는 이격식으로 구분되며, 이격식은 1-3 방식, 3-6 방식으로 나누어진다. 나. 미끄럼방지포장의 적용 형상은 전면처리를 원칙으로 한다. 이격식은 경각심을 주기 위한 목적으로 사용하되, 적용 구간을 최소로 한다.

【설 명】

미끄럼방지포장의 설치 형상은 미끄럼 저항 증진이 필요한 설치 대상 전체 구간에 미끄럼방지포장을 설치하는 전면처리와 미끄럼방지포장을 띠 모양으로 일정 간격씩 띄워 설치하는 이격식 처리가 있다.

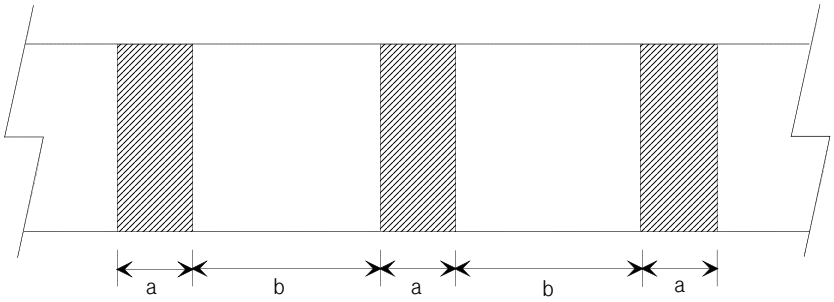
설치 대상 구간이 과속의 우려나 특별한 주의 환기가 필요없고, 도로 기하구조상의 노면 마찰력 회복을 기본 목적으로 하는 경우에 대상 구간 전체에 전면처리하는 것을 원칙으로 한다. 이 경우의 공법은 개립도 마찰층, 슬러리실, 그루빙, 숏 블라스팅, 노면 평삭 등 가능한 모든 대안 중에서 선정될 수 있다. 주의 환기가 필요한 경우에는 이격식을 적용하며, 이때의 공법은 일반적으로 수지계 표면처리를 사용한다. 특히 대상 구간이 길 경우에는 본 지침의 적용에 의한 처리가 아닌 근본적인 포장 유지관리 측면에서의 대책을 세워야 한다.

표 1.4는 전면처리와 이격식의 특징 및 주요 공법을 보여주고 있다.

<표 1.4> 전면처리와 이격식의 특징 및 주요 공법

구 분	전면처리	이격식
특 징	·마찰력 회복 ·승차감 양호 ·노면 재질 변화로 인한 약간의 감속 유도 효과	·시인성에 의한 감속 유도 효과
주요 공법	개립도 마찰층, 슬러리실, 그루빙, 숏 블라스팅, 노면 평삭	일반적으로 수지계 표면처리

이격식 처리에는 1-3 방식과 3-6 방식이 있다. 1-3 방식이란 1m 시공, 3m 띄우기가 반복되는 것을 말하고 3-6 방식이란 3m 시공, 6m 띄우기가 반복되는 것을 말한다(그림 1.9 참조).



형 식	a(설치 폭)	b(띄움 폭)
1-3 방식	1 m	3 m
3-6 방식	3 m	6 m

<그림 1.9> 이격식 미끄럼방지포장의 설치 형상(1-3, 3-6 방식)

미끄럼방지포장의 설치 형상은 전면처리의 적용을 원칙으로 한다. 본 지침 마련을 위한 미끄럼방지포장 형식별 제동거리에 관한 현장 실험 평가를 수행한 결과, 동일 조건에서 전면처리 형상이 이격식 처리에 비해 우수한 것으로 나타났다. 전면처리에 있어서는 경제성을 고려할 때 수지계 표면처리 보다 타 형식의 전면처리가 바람직하다.

이격식 포장의 경우 띠 모양으로 시공된 부분은 마찰력 증진이 보장되지만, 시공이 안된 부분은 미끄러운 노면이 그대로 남아있어 바퀴의 위치에 따라 사고 위험성이 크다.

특히, 곡선 구간에서는 원심력에 의해 곡선부의 바깥쪽 바퀴에 더 큰 윤하중이 가해진 상태가 되며, 또 운전자가 이격식 미끄럼방지포장을 만나 무의식적으로 브레이크를 밟을 경우에는 앞바퀴 쪽으로 큰 윤하중이 가해진다. 이 때 자동차의 네 바퀴에 걸리는 힘이 모두 다른 상태가 될 수 있는데, 이격식의 경우 바퀴의 위치에 따라 노면 마찰력도 다른 상태이므로 차가 불안정한 상태가 되어 사고 위험성을 오히려 높일 수 있다.

그러므로 미끄럼 마찰력의 증진이 필요한 구간에는 전면처리를 적용하고, 이격식은 운전자에게 경각심을 주기 위한 목적으로 전면처리 구간 앞에 적용할 수 있다. 이러한 구간으로는 갑작스런 선형의 변화 지점, 철도 건널목 전방 등을 들 수 있으며, 도로 관리자가 실제 도로 현장조건을 분석하여 이격식의 적용여부를 결정한다.

이격식의 처리를 기존 노면에 덧붙이는 형식(예 : 수지계 표면처리)으로 할 경우, 적용 구간이 너무 길면 운전자에게 심한 불쾌감을 줄 수 있으므로 주의 환기에 필요한 최소한의 구간만 설치한다.

이격식의 적용 형상은 지방부 일반도로와 도시부 도로 등에 1-3 방식, 주행속도가 높은 자동차 전용도로 등에는 3-6 방식으로 한다.

나. 재료 및 색상

1) 재 료

미끄럼방지포장의 재료는 적용 형식에 따라 다르다. 그 중 수지계 표면처리의 재료 기준은 다음과 같다.

가. 골재

미끄럼방지포장용 골재는 내마모성 경질 골재로서 다음과 같은 기준을 만족해야 한다.

구 분	기 준	시험 방법
흡수량	2.0% 이하	KS F 2503
입도	No. 4(4.76mm) 통과 90-100% No. 7(2.83mm) 잔류 90-100%	KS F 2502
마모율	20% 이하	KS F 2508
유해물 함유량 점토, 점토괴, 연한 석편	0.25% 이하 5.0% 이하	KS F 2515

나. 결합재

수지계 결합재 재료의 품질 규격은 다음과 같은 기준을 만족해야 한다.

구 분	기 준			시험 방법
비중	1.30 이하			KS M 5000
건조 시간(시간)	6 이내			KS M 5000
인장 강도(㎏/㎠)	재령 1일	20℃	20 이상	KS M 3006
	재령 7일	-10℃	200 이상	
		20℃	50 이상	
		60℃	5 이상	

구 분	기 준		시험 방법
신율(%)	-10℃	5 이상	KS M 3006
	20℃	15 이상	
	60℃	50 이상	
촉진 내후성(%) (200시간 후 질량 변화)	63℃±3℃	-2.0 이하	KS M 3027
아스콘과의 접착 강도(㎏/㎠)	20℃	12 이상	【설 명】 참조

【설 명】

본 항에서는 미끄럼방지포장의 여러 가지 형식(공법) 중 현재 일반적으로 많이 사용되는 수지계 표면처리에 대한 재료 기준을 제시하였다. 이 외의 형식에 대한 기준은 보다 구체적인 연구를 통해 마련되어야 하겠다.

(1) 골재

골재는 마찰계수가 크고 능각이 많으며 유해 물질을 함유하지 않은 내마모성의 경질 골재로서, 이 조건을 만족하는 경우 어떤 골재도 사용할 수 있다.

흡수량이 클 경우 수지를 내부로 흡수하여 동결 융해에 대한 저항성이 약해질 수 있다.

입도는 대부분의 골재가 No. 4 체를 통과하고 No. 7 체에 잔류하는 단입도를 사용한다. 이것은 시공 후 노면에 조면 조직을 형성하도록 하여 마찰력 증진과 함께 수막 두께를 최소화하기 위함이다. 골재 크기가 너무 클 경우에는 미끄럼방지포장의 두께가 증가된다. 이렇게 되면 이격식(1-3 또는 3-6 방식) 미끄럼방지포장의 경우 승차감을 크게 저하시킬 수 있으므로 유의해야 한다.

미끄럼방지포장용 골재는 경질 골재로서 하중 및 충격에 잘 견뎌야 한다. 이러한 조건을 만족시키기 위한 재료 기준은 경도 시험 등 여러 가지가 있을 수 있으나 본 기준에서는 현실적으로 시험이 용이한 마모율의 상한값을 규정하였다.

건설부 발행 도로안전시설 설치편람(1989년) 규정에서는 PSV(Polished Stone Value) 기준을 제시하였으나, 다음과 같은 이유로 PSV 기준은 더 이상 적용하지 않는다.

- ◆ PSV는 골재가 반복 자동차 통과에 의해 반들반들 해지는 정도를 나타내는 수치로서, 골재 미세 표면 조직의 마모 정도를 표현한다. 미끄럼방지포장의 수명이 골재의 반들거림에 의한 것보다 골재나 수지의 탈리로 인한 것이 대부분임을 감안할 때 PSV 기준의 중요성은 크지 않다.
- ◆ 국내에 PSV 시험 장비가 도입되지 않은 관계로 실험이 현실적으로 어렵다.

(2) 결합재

수지계 표면처리 방식의 가장 큰 문제로 지적되고 있는 것이 시공 후 조기에 골재가 이탈하거나 수지 자체가 노면에서 떨어져 나오는 것이다. 이러한 문제점들을 최소화 하기 위해서는 시공시 노면 청소 철저와 함께 수지 결합재의 철저한 품질 관리가 필요하다.

본 지침의 결합재 기준은 1979년 일본건설성 토목연구소에서 제안한 미끄럼방지용 에폭시 수지 기준(포장시험법편람, 일본도로협회, 1988)을 참고로 작성되었으며, 항목별 의미는 다음과 같다.

(a) 비중

비중은 수지 도포량을 관리하는 데 필요한 항목이다. 주제와 경화제의 혼합물에 대하여 시험하는 것을 원칙으로 한다. 주제와 경화제를 따로 시험할 수도 있는데, 이때의 비중은 주제 1.10~1.30, 경화제 1.00~1.30 기준을 만 족하여야 한다.

시험 방법은 KS M 5000(도료 및 관련 원료 시험 방법) 제 2131번 「도료의 비중 시험 방법」에 따라 실시한다.

(b) 건조 시간

건조 시간은 수지가 어느 상태까지 굳는 데 소요되는 시간을 나타내는데, 시공시 교통 개방까지의 필요 시간 추정 등 시공 관리상 필요한 요소이다. 참고로 수지는 온도 변화에 따라 굳는 시간이 크게 변화하므로 건조 시간 기준을 만족하더라도 시공시의 온도 조건을 고려하여 작업 진행 속도나 교통 개방 시기 등을 결정하여야 한다.

시험 방법은 KS M 5000(도료 및 관련 원료 시험 방법) 제 2511번 「도료의 건조 시간 시험 방법」에 따라 실시한다.

(c) 인장 강도 및 신율

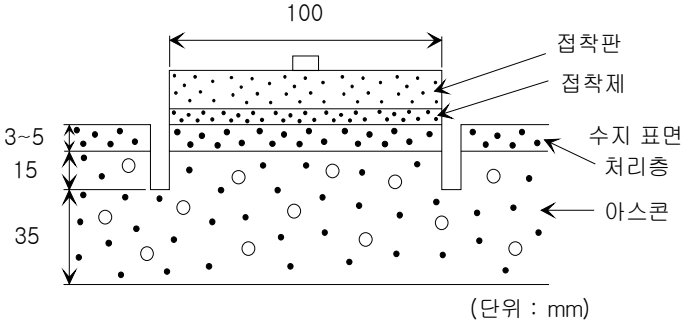
수지계 표면처리는 일반적으로 얇게 시공되므로 균열로 인해 파손되어 결국 노면으로부터 벗겨질 수 있다. 수지의 균열을 최소화하기 위해서는 인장 강도와 신율이 균형을 이루어야 한다. 즉, 온도가 낮을 경우 일반적으로 신율이 낮아지는데, 이때 강도가 어느 이상 확보되지 않으면 균열이 발생하기 쉽다. 반대로 온도가 높을 경우 신율이 높아지므로 강도가 작더라도 균열이 발생되지 않을 수 있다. 따라서, 본 지침에서는 포장이 겪는 일반적인 온도 범

위(-10, 20, 60℃)에서 각각의 인장 강도 및 신율 기준을 정하고 있다.

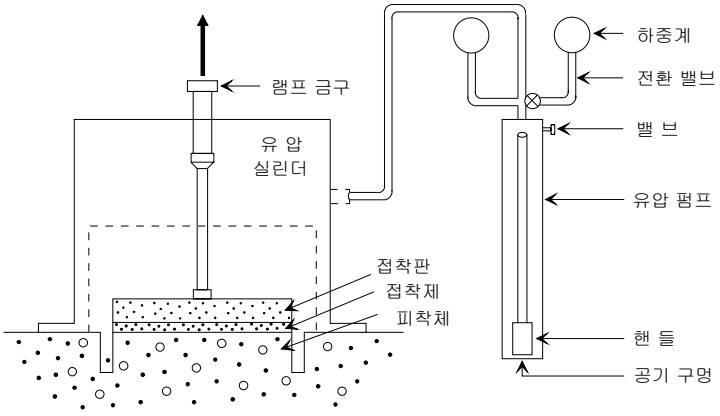
시험 방법은 KS M 3006(플라스틱의 인장성 측정 방법)에 따라 실시한다.

(d) 아스콘과의 접착 강도

미끄럼방지포장의 수명은 수지와 아스팔트 표면간의 접착력에 크게 좌우된다고 볼 수 있다. 시험은 아스팔트 표면에 수지를 도포하고 20℃에서 7일 동안 양생한 후, 10cm 직경의 코어 채취기로 홈을 파고 수지층 윗면에 접착판을 붙인 후 유압식 인장 시험기로 접착 강도를 측정한다(그림 1.10 참조). 접착 강도는 결합재의 다른 시험 항목들과 달리 필요하다고 인정되는 경우에 한하여 실시하되 실내 또는 현장에서 실험한다.



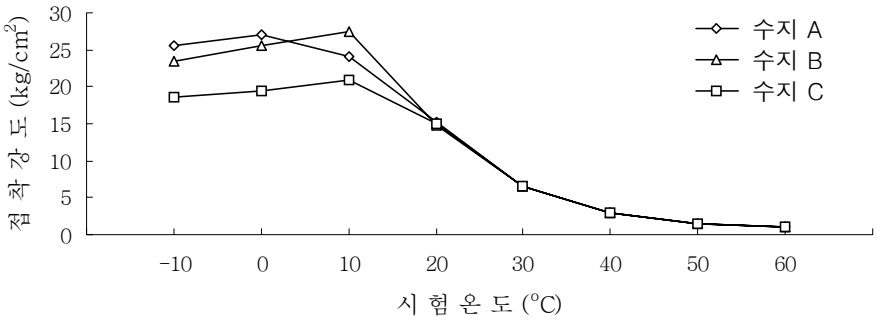
(a) 접착 강도 시험 공시체



(b) 접착 강도 시험기 개략도

<그림 1.10> 접착 강도 시험

그러나, 실외에서 접착 강도를 실험할 경우 온도를 20℃로 유지하기가 어렵다. 그림 1.11은 온도와 접착 강도간의 관계를 나타낸 실험식으로서 온도 보정에 참고할 수 있다.



<그림 1.11> 온도와 접착 강도간의 관계

2) 색 상

미끄럼방지포장의 색상은 도로의 포장색상을 사용하는 것을 원칙으로 한다. 단, 시선유도효과를 고려하여 별도의 색상을 선택할 경우에는 색상의 의미가 적합하고 도로 환경을 해치지 않는 것이어야 한다.

【설 명】

미끄럼방지포장의 색상으로는 별도의 색상을 고려하지 않고, 도로의 포장색상을 사용하는 것이 재료의 내구성이나 경제성, 전반적인 도로 환경 유지면에서 좋다. 그러나 미끄럼방지포장에 색채를 사용하여 시선 유도의 효과를 얻고자 할 경우에는 이격식에 한하여 설치지역의 특성을 나타내고 시설의 기능적 의미를 적합하게 표현할 수 있는 색상을 사용할 수 있다. 주변의 도로 환경을 해치는 색상이나, 무분별하게 다양한 색상의 적용은 피해야 한다.

1.1.5 설 치

미끄럼방지포장은 도로 기하구조 및 위험도를 고려했을 때, 마찰력 확보가 필요한 전 구간을 대상으로 설치하며, 일정 구간 내의 마찰계수가 일정한 값을 갖도록 구간의 유형별 설치 길이를 고려한다. 위험구간에 대해서도 안전성과 경제성을 고려하여 적정 길이에 대해 미끄럼방지포장이 설치되도록 한다.

【설 명】

본 항은 설치 장소가 결정된 후에 구체적인 설치 구간을 잡거나, 설치 위치를 결정하는 기준에 관한 것이다.

마찰력 개선을 목적으로 한 전면처리 방식의 미끄럼방지포장은 가급적 해당 구간 전후에 충분한 여유를 두고 길게 설치하는 것이 좋다. 그러나 시공의 경제성을 고려할 경우 설치

길이를 최소로 해야 하므로, 안전성을 저해하지 않는 범위에서 설치 구간은 최소가 되도록 한다.

또, 이격식을 사용할 경우 설치 길이가 너무 길면 경제성 외에 승차감 저해나 소음의 문제를 야기시킬 수 있다. 그러므로 전면처리 또는 이격식의 설치 유형 및 설치 구간의 결정은 본 지침의 내용을 토대로 하여 도로 및 교통 조건, 교통사고 실적, 경제성 등을 고려하여 이루어져야 한다.

설치 구간의 유형별 설치 위치와 길이는 다음과 같으며, 전면처리 또는 이격식에 대한 적용 공법은 '2.3 형식 선정'과 '4.1 형상 및 제원'에 따른다.

1) 직선 구간

(1) 일반적인 직선 구간(최소 마찰계수 기준표의 S3, S4에 해당)

마찰력이 최소 마찰계수 이하인 구간 전체의 마찰력을 개선한다. 미끄럼 마찰의 개선이 주 목적인 경우 전면처리 방식을 추천한다.

미끄럼 마찰력은 기준에 부합하나, 다른 이유로 인하여 사고가 발생하는 경우에는 직선구간 중 문제 구간을 세부적으로 분석 검토하여 해당 구간에만 최소한의 길이로 미끄럼방지포장을 설치한다.

(2) 교차로 또는 횡단보도 접근부

설계 속도(또는 도로 구조상 실제 주행 속도가 더 큰 경우는 주행 속도)로부터 여유있게 정지할 수 있는 거리(표 1.5 참조)를 최소 길이로 하되 시거 또는 대기 차량의 길이를 고려하여 연장할 수 있다.

표 1.5의 최소 길이는 제동 장치를 작동시킨 후 정지하는 데 필요한 거리로 아래 식에 의하여 산정된 길이이다.

$$d_c = \frac{V^2}{254(f - i/100)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(식 2)}$$

여기서, d_c : 교차로 또는 횡단보도 접근부의 미끄럼방지포장 최소길이(m)

V : 속도(km/시)

f : 속도별 미끄럼 마찰계수

i : 내리막 종단경사(%)

지방부 도로에서 버스 정차장이 위치하거나 철도 건널목 전방 등에서의 설치 방법도 이에 준한다.

<표 1.5> 교차로 또는 횡단보도 접근부의 미끄럼방지포장 최소 길이(d_c)

(단위 : m)

내리막 경사(%) / 속도(km/시)	0	2	4	6	8
40	20	20	20	20	25
60	45	50	55	55	60
80	85	90	100	105	115
100	140	150	160	175	190
120	205	220	240	260	285

문제 구간에는 전면처리 미끄럼방지포장을 적용하고, 이 구간 전방에 운전자의 주의를 환기시키기 위한 필요성에 따라 이격식을 적용할 수 있다. 이격식 시점은 전면처리 구간 앞에 인지·반응시간 2.5초를 고려한 거리로부터 하며, 설치 구간은 시점부터 1초간 주행하는 거리를 같은 식으로 산정하여 설치한다.

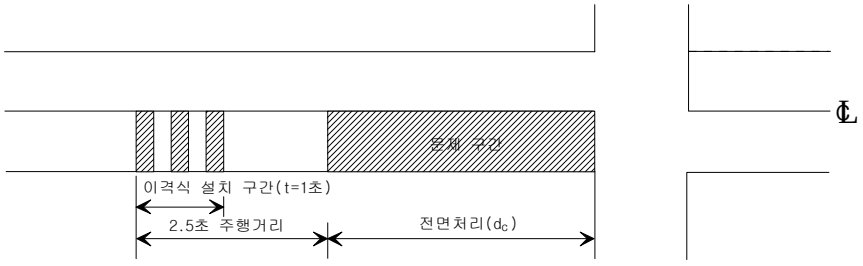
$$d_{app} = \frac{V \cdot t}{3.6} \quad \text{.....(식 3)}$$

여기서, d_{app} : 이격식 구간 산정 거리(m)

V : 속도(km/시)

t : 인지·반응시간(2.5초)

이와 같은 설치 방법은 그림 1.12에 나타낸 바와 같다.



주) 문제 구간 : 교차로, 횡단보도, 버스정차장, 철도 건널목 등의 접근부

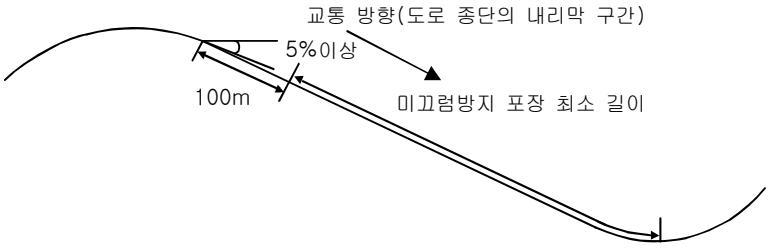
<그림 1.12> 교차로 또는 횡단보도 접근부의 미끄럼방지포장 설치

(3) 5% 이상의 내리막 경사가 100m 이상인 곳

내리막 경사 전체에 전면처리 미끄럼방지포장을 설치하는 것이 좋으나, 부득이한 경우 내리막 종단경사의 시점 5% 이상의 경사가 되는 지점으로부터 100m 내려간 지점에서 내리

막 경사가 끝나는 지점까지 도로관리청이 도로환경 조건을 고려하여 필요하다고 판단되는 길이를 최소 길이로 하여 미끄럼방지포장을 설치한다.(그림 1.13 참조)

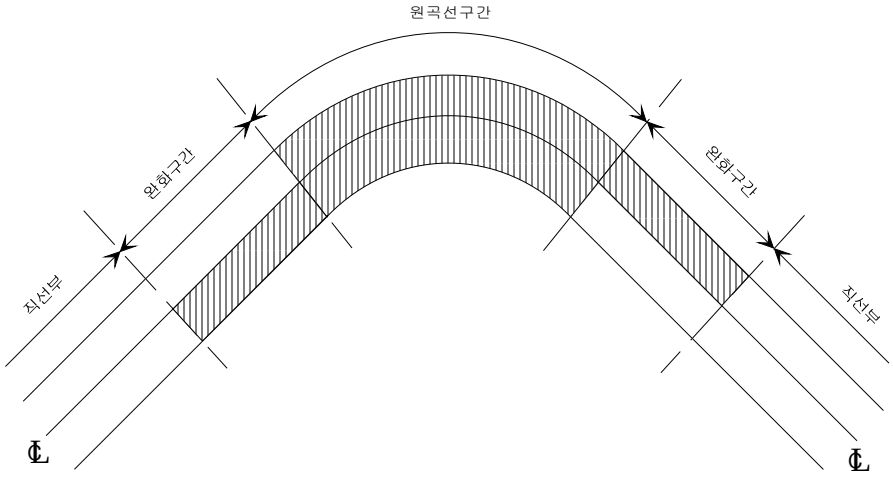
노면 미끄럼과 관계없이 과속만이 문제가 될 경우는 미끄럼방지포장보다 감속유도시설의 설치를 고려하는 것이 경제적이다.



<그림 1.13> 미끄럼방지포장의 최소 설치 길이

2) 곡선 구간

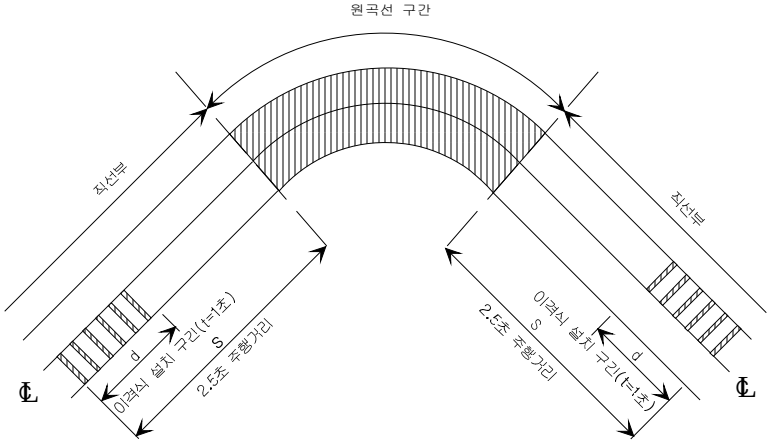
설치 대상이 되는 전 구간에 걸쳐 전면처리 미끄럼방지포장을 설치한다. 완화구간이 있는 경우 진입부 완화구간에도 전면처리한다. 완화구간이 없거나 불분명한 경우에는 원곡선 구간에만, 완화구간만으로 된 곡선구간에는 완화구간에 전면처리한다. 완화구간이 있는 곡선부에서의 미끄럼방지포장 설치 위치는 그림 1.14와 같다. 이 구간에서는 사전에 경각심을 주기 위한 이격식 처리는 하지 않는다.



<그림 1.14> 완화구간이 있는 곡선구간에서의 미끄럼방지포장 설치

원곡선만으로된 곡선구간에는 곡선부 전체에 전면처리 미끄럼방지포장을 설치한다. 곡선구간의 진입부인 직선구간에는 운전자의 주의를 환기시킬 목적으로 필요에 따라 이격식을 적용할 수 있다. 이격식의 설치 방법은 본 장 '가'의 2)항 내용과 같다. 그림 1.15는 원곡선 구간에서의 설치 위치를 나타낸 것이다.

이격식 적용시 주행속도가 낮은 2차로 지방부 일반도로나 도시부 도로 등에는 1-3 방식을 사용하고, 주행속도가 높은 4차로 지방부 도로, 고속의 도로에는 3-6 방식을 적용한다.



주행속도(km/시)	이격식처리방식	s	d
60	1:3 방식	40	15
70		50	20
80	3:6 방식	55	22
90		60	25
100		70	30

<그림 1.15> 원곡선 구간에서의 미끄럼방지포장 설치

1.1.6 시 공

미끄럼방지포장은 완전한 설치가 되어야 하며, 교통 안전에 유의하여 시공한다.

【설 명】

미끄럼방지포장의 기능을 유지하고 시설 기준 조건에 부합한 시공을 할 수 있는 공법은 어떠한 방법이라도 사용이 가능하며, 시설물의 완전한 설치가 가능하도록 시공에 특별히 유의한다.

이격식 처리의 마무리 면은 기존 노면과 비슷한 높이가 되도록 하여 진동으로 인한 불쾌감 유발이나 주행 안전성에 문제가 없어야 한다.

본 지침에서는 가장 일반적으로 사용되는 수지계 표면처리에 대한 구체적 시공 방법을 제시한다.

가. 교통 차단 및 노면 청소

시공 구간의 교통을 차단하고 노면의 먼지, 뜬돌 등을 비, 청소용 솔, 삽 등으로 청소하고

필요한 경우 컴프레서를 사용하여 미세한 먼지를 제거한다.

특히, 수지의 부착에 해가 되는 유분, 아스팔트 등의 이물질이 있는 경우는 버너, 삽, 철솔 등을 사용하여 제거하고 깨끗이 청소한다. 또한, 노면의 건조 상태를 확인한다. 미끄럼방지포장의 수명이 포장면과 수지 간의 접착 강도에 크게 좌우됨을 고려할 때 노면의 청소에 특별한 관심을 기울일 필요가 있다.

나. 도포면 외측 테이프의 부착

시공 구간의 도로선형에 맞추어 시공 부위를 석필 등으로 표시한 후, 도포면 외측 노면 및 차로부에 마스킹 테이프를 부착한다.

다. 수지의 혼합 및 도포

도포 면적에 따라 주제, 경화제 및 분말의 혼합량을 미리 배합률에 따라 계산한다.

20~30ℓ의 용기를 준비하고 수지의 혼합량에 따라 적정 용기를 선정하여 주제와 분말을 전동식 핸드 믹서를 사용하여 충분히 혼합하고, 경화제를 첨가한 후 다시 혼합한다. 이 때 주제와 분말은 미리 혼합하여 두어도 무방하나 경화제는 혼합 후 사용할 수 있는 시간이 5~10분 정도로 제한되어 있으므로 작업 상황에 맞추어 사용하기 전에 첨가, 혼합하여 즉시 사용해야 한다.

혼합이 완료된 수지는 시공 부위에 붓고 철제 또는 고무 레끼 등으로 균일하게 도포한다. 도포 두께가 균일하지 않으면 시공 후 얇게 도포된 부위의 골재가 쉽게 떨어지기 때문에, 균일한 도포가 될 수 있도록 세심한 주의를 하여야 한다. 이때, 도포 전담 작업원 2명을 고정 배치할 필요가 있다.

혼합 시간은 수지의 종류나 양에 따라 다소 차이가 있으나 20~30ℓ 용기 사용시 주제와 분말 혼합에 5~10분, 경화제 첨가에 2~4분이 소요된다. 분말 사용시 현장에서 혼합하지 않고 제품 제조 과정에서 미리 혼합하여 반입된 경우나 주제와 경화제만으로 구성된 제품의 경우도 혼합 시간은 일반적으로 2~4분이면 충분하다. 그러나 이때에, 혼합 상태가 만족한가에 대해서는 주의 깊게 확인해야 한다.

배합은 제품의 표준 배합 비율에 따라 중량으로 정확하게 계량하여 혼합해야 하나 노면 상태, 경사, 대기 및 노면 온도 등을 감안하여 경화제의 양을 다소 가감할 수 있으며, 보통 수지 중량의 2%를 표준으로 한다. 그러나 1일 작업중 마무리 단계 작업 구간은 교통 개방 시간 등을 고려하여 경화제의 양을 2.5~3%까지 증가시켜도 무방하다.

라. 골재의 살포 및 다짐

골재는 세척, 건조된 것을 사용하여야 하며, 20~30kg들이 마대에 종류, 입경별로 포장하여 보관하는 것이 좋다.

골재는 수지의 도포가 끝난 직후 삽을 사용하여 인력으로 살포하고 다짐은 30kg의 수동식 다짐 롤러를 사용하여 실시한다.

골재 살포량은 7kg/m^2가 표준이나 살포시 소요 골재는 부착 골재의 2~3배가 필요하다. 경화 후 잔류 골재를 회수하여 재사용할 수도 있으나 손실량이 많으며, 공사 최종일 작업

종료 수시간 전의 살포 골재는 회수하여도 사용할 수 없으므로 부족하지 않도록 충분히 준비하여야 하는데, 통상 필요량의 1.5배 정도를 확보하는 것이 좋다.

마. 테이프의 제거

수지가 경화되면 테이프 제거가 어려우므로 경화 전에 테이프를 제거하여야 하며, 이 시간은 골재 살포 후 다짐 작업이 완료된 직후가 좋다.

바. 양생 및 잔류 골재의 회수

수지의 경화 후 잔류 골재는 다시 사용할 수 있도록 삽이나 비를 사용하여 1차 회수한다. 1차 회수 후에도 잔류하고 있는 상당량의 골재는 콤프렛샤의 공기압을 이용하여 2차 회수 겸 청소를 실시한다.

양생 시간은 기온, 수지의 도포량, 경화제 사용량 등에 따라 차이가 있으나 수지의 도포 두께가 약 2mm인 경우 1시간 후면 골재 회수 작업이 가능하다.

사. 교통 개방

수지의 부착 상태를 확인한 후 골재의 회수 및 청소가 끝난 시공 면은 교통을 개방한다. 교통 개방 후 1~2일 내에 불완전하게 부착되어 있는 골재는 이탈되는데, 이탈된 골재는 차량이 제동시 미끄럼을 증대시키는 요인이 되기 때문에 교통 개방 후에도 추가적인 골재의 이탈이 없을 때까지 1일 2~3회 노면 청소를 하여야 한다.

교통 개방 후의 추가적인 골재 이탈을 최소화하고 주행 안전을 도모하기 위해서는 주의 표지판 등을 이용하여 차량의 주행 속도를 낮추도록 유도하는 것이 좋다.

아. 기타 유의 사항

1) 시공시의 일기와 시공 시간

강우의 우려가 있을 경우 시공을 미루는 것이 좋고, 일기 상태를 보아서 교통 규제 시간을 정한다. 결합재의 양생 시간(약 1시간)과 작업 후의 청소시간 등을 고려하여 교통 개방 시간에 맞도록 하루 작업량을 조절한다.

결합재의 양생시간을 지키지 않을 경우 골재의 이탈로 인해 미끄럼 저항의 확보가 어려우므로 특별한 주의가 필요하다.

참고로 봄, 가을의 경우 시공 시간은 오후 4시 30분경, 여름의 경우 오후 6시 이전에 시공을 마무리하면 어두워지기 전에 공사를 끝내고 교통을 개방할 수 있다.

작업중에 비가 오면 즉시 작업을 중단하고 시공된 면에 비닐, 천막 등을 덮어서 비를 맞추지 않도록 한다. 물에 젖으면 결합재에 악영향을 줄 뿐 아니라 골재나 노면과의 접착에도 문제가 생긴다. 또한 시공시의 온도가 결합재에 영향을 줄 수 있으므로 보통 오전 10시~오후 5시에 시공하는 것이 바람직하다.

2) 결합재의 사용 가능 시간

결합재의 사용에 있어서는 시공시의 온도 조건에 따른 사용 가능 시간을 충분히 인식하여

이 시간 내에 작업이 완료되도록 하여야 한다.

기계 시공일 경우 작업이 신속하게 마무리 되므로 별 문제가 없으나 수작업에 의한 혼합과 도포는 기온이나 혼합량에 따라 작업 시간이 크게 제약을 받으므로 결합재의 사용 가능 시간 내에 혼합, 도포, 골재 살포, 다짐 등 일련의 작업이 완료되도록 배려하여야 한다. 참고로 시험 시공시 결합재 혼합부터 골재 다짐까지 걸리는 시간은 작업 분량에 따라 다르나 4인 1개조로 작업할 경우 약 1~2분/m^2 정도 소요된다.

3) 결합재의 보관 방법과 보존 기간

결합재는 온도가 높은 곳이나, 직사 일광의 영향을 받으면, 주제, 경화제 성분이 변질을 일으키기 쉬우므로 30℃ 이하의 통풍이 좋은 장소에 밀폐 보관하여야 한다. 제조 후 일정 기간(제조 회사별 제품에 따라 다르나 일반적으로 6개월)이 경과한 제품에 대해서는 품질을 재확인한 후 사용토록 한다.

4) 결합재 취급상 주의

작업 장소는 통풍에 유의하고, 특히 화기에 충분한 주의를 요한다.

결합재가 피부에 직접 닿지 않도록 하고 미경화의 결합재(특히 경화제)가 피부에 닿았을 경우에는 즉시 비눗물로 세척한다. 만약 눈에 들어갔을 때는 물로 충분히 씻은 후 의사의 지시를 따르도록 한다.

5) 결합재의 사용 전 처리

주제, 경화제의 성분은 비중 차이 등에 따라서 제조 후 장기간 보관시 일반적으로 내용물이 분리되어 침전이 생길 수 있는데, 이때에는 주제, 경화제를 혼합하기 전에 재료별로 교반기 등을 사용하여 충분히 혼합한 후 사용토록 한다.

1.1.7 유지 관리

미끄럼방지포장이 제 기능을 발휘할 수 있도록 주기적인 점검·유지보수를 하고, 관련 기록을 유지한다.

점검 결과에 따라 보수나 대체가 필요한 경우 신속히 처리하도록 한다.

【설 명】

미끄럼방지포장이 기능을 충분히 발휘하도록 일상 점검과 보수를 하여야 한다. 도로에 설치된 미끄럼방지포장이 손상을 입거나 미비한 상태로 방치될 때는 그 역할을 충실히 수행하지 못하여 교통 사고의 원인이 될 수 있다. 도로 시설을 양호하게 유지하는 것이 사회적인 책임이 되고 있으므로, 도로 관리자는 항상 미끄럼방지포장이 충분한 기능을 발휘할 수 있도록 상시 유지 관리 및 보수에 유의하여야 한다.

가. 점검

도로의 일상 순회 점검을 할 때는 미끄럼방지포장의 외관도 함께 관찰하여 이상 유무를 확인하며, 호우, 강설 등 재해의 직후에도 도로의 일상 점검과 함께 미끄럼방지포장을 점검하여야 한다.

점검시는 미끄럼방지포장 각 형식의 특징을 충분히 이해하고 유의할 점을 미리 습득해두어야 한다. 과도한 골재의 이탈이나 결합재의 벗겨짐 등에 유의하여 관찰하며, 특히 적설지대에서 제설시 제설 작업으로 인하여 미끄럼방지포장의 훼손이 발생하지 않도록 주의 깊게 관찰하여야 한다.

나. 보수

일상 순회 점검이나 정기 점검 등으로 미끄럼방지포장이 손상된 곳을 발견했을 때는 즉각 보수하여, 항상 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 해야 한다.

미끄럼방지포장이 재해나 노후로 변형 또는 파손 등이 생겨 그 기능을 충분히 발휘할 수 없게 되었을 때는 반드시 복구해야 한다.

결함이 부분적으로 발생한 경우 결함 부위만 부분적으로 보수하면 되나, 결함이 전체적으로 발생한 경우 미끄럼방지포장 전체를 제거하고 재시공하는 것이 좋다.

기존의 미끄럼방지포장을 교체할 필요가 있을 때는 가능한 한 본 지침에 준한 형식을 사용하도록 한다.

덧씌우기 등으로 인해 미끄럼방지포장이 없어지는 경우 일반적으로 필요한 마찰력이 회복되므로 별도의 미끄럼방지 시설은 필요없다. 단, 덧씌우기 전에 있었던 미끄럼방지포장의 목적이 감속 유도였을 경우 덧씌우기 후에도 그 기능을 대신할 적절한 시설을 해주는 것이 좋다.

타이어 등과의 마찰로 인해 미끄럼방지포장재가 이탈된 곳은 신속히 원상 회복할 수 있는 조치를 취해야 한다.

다. 기록

미끄럼방지포장의 시공 및 보수에 관한 기록을 유지한다. 미끄럼방지포장이 파손된 경우에는 파손 위치, 길이, 정도, 원인 등을 조사·기록하여 다음 시공시 반영되도록 한다.

시공시의 기록 사항은 다음과 같다.

- ◆ 시공 위치 및 간단한 주변 도로 현황 설명
- ◆ 시공 일시, 시공 개시 및 종료 시각
- ◆ 시공시의 날씨 및 기온
- ◆ 미끄럼방지포장의 형식, 길이, 폭
- ◆ 결합재의 종류, 상표, 배합비
- ◆ 골재의 종류, 입도, 먼지 여부, 습도 상태
- ◆ 결합재 및 골재의 시험 성적서
- ◆ 교통량, 교통 개방 시간

◆ 수급자
◆ 기타 시공상 특이 사항

점검 및 보수시의 기록 사항은 다음과 같다.

◆ 위치, 시공 일시, 점검 일시
◆ 골재 이탈 상태(결함의 위치, 심각도)
◆ 결합재의 부착 상태(결함의 위치, 심각도)
◆ 결함의 추정 원인
◆ 보수의 종류, 보수 위치, 보수량, 보수 일자

부 록

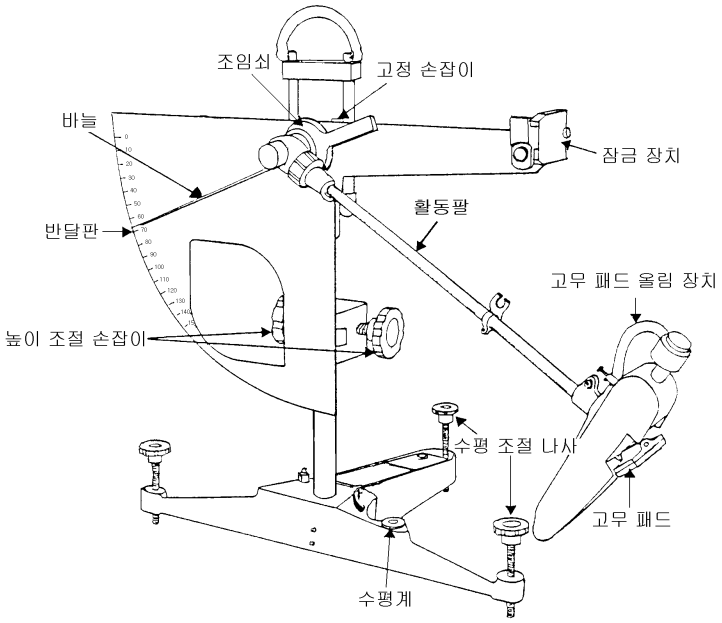
부록 1. BPT를 이용한 노면 마찰 특성 측정 방법[1)]

1.1 적용 범위

이 시험방법은 실험실이나 야외에서 휴대용 마찰력 측정기로 간단하게 미세 표면 조직의 마찰 특성을 측정하는 방법이다.

1.2 측정 기구

(1) British Pendulum Tester(BPT : 부록-그림 1.1 참조)
(2) 물뿌리개(노면 습윤 상태 모사)
(3) 자(노면과 고무패드의 접촉길이 측정)



부록-그림 1.1 British Pendulum Tester(BPT)의 외관 및 각 부 명칭

1.3 시험기 설치

(1) 몸체에 부착되어 있는 수평 조절 나사를 이용하여 수평계의 물방울이 중앙원 안에 들어 오도록 한다.
(2) 강봉 뒤에 연결되어 있는 고정 손잡이를 돌려서 느슨하게 푼 후 높이 조절 손잡이를 돌려서 반달판을 맨위까지 올리고 활동팔이 노면에 닿지 않도록 한다. 그리고 반달판

1) 참고문헌 : Standard Test Method for Measuring Surface Friction Properties Using the British Pendulum Tester, ASTM E 303, 1983.

이 다시 내려오지 않도록 고정손잡이를 다시 돌려서 조인다.

(3) 위의 과정이 끝나면 영점조정을 한다. 활동팔을 시험기 오른쪽 보의 잠금장치에 고정시키고 바늘을 노면과 수직으로 이동시킨다. 그리고 잠금장치를 풀어 활동팔을 낙하시켜 바늘과 함께 이동하도록 한다. 활동팔이 정점에 이르렀다가 다시 되돌아올 때 손으로 잡는다. 이때 움직인 바늘이 영점(BPN=0)을 가리키는지 확인한다. 만일 바늘이 영점 위로 올라가 있거나 영점에 미치지 않았다면 활동팔의 윗쪽 끝에 있는 조절나사를 조절하여 영점이 맞을 때까지 위의 방법을 반복한다. 조절나사로도 영점을 맞출 수 없으면 고정링을 느슨하게 하고 그 뒤의 조임쇠를 조이거나 느슨하게 한 뒤 고정링을 다시 조이고 영점을 조정한다.

(4) 영점조정이 끝나면 고정 손잡이를 조금 느슨하게 풀고 높이 조절 손잡이를 이용하여 활동팔의 고무패드가 노면에 닿을 때까지 내린다. 활동팔에 부착되어 있는 고무패드 올림장치를 이용하여 고무패드와 노면이 마찰되는 길이가 125±1.6mm 정도가 되도록 조정한다. 만일 접촉길이가 이 범위보다 크거나 작다면 높이 조절 손잡이로 반달판에 부착되어 있는 활동팔을 약간 올리거나 내려서 접촉길이가 적정범위가 되도록 조정한다. 이 과정이 끝나면 고정손잡이를 조여서 반달판이 움직이지 않도록 한다.

(5) 활동팔을 시험기 오른쪽 보의 잠금장치에 고정시키고 바늘을 노면과 수직이 되도록 이동시킨다.

1.4 측정

(1) 시험지점에 수막이 형성될 정도로 충분한 물을 뿌린 후 한 번 측정을 하고 그 결과는 기록하지 않는다.

(2) 연속적으로 4번 시험을 반복하고 그 결과를 기록한다. 이때 매번 시험마다 물을 뿌린다.

(3) 접촉길이가 변함없는지 확인한다.

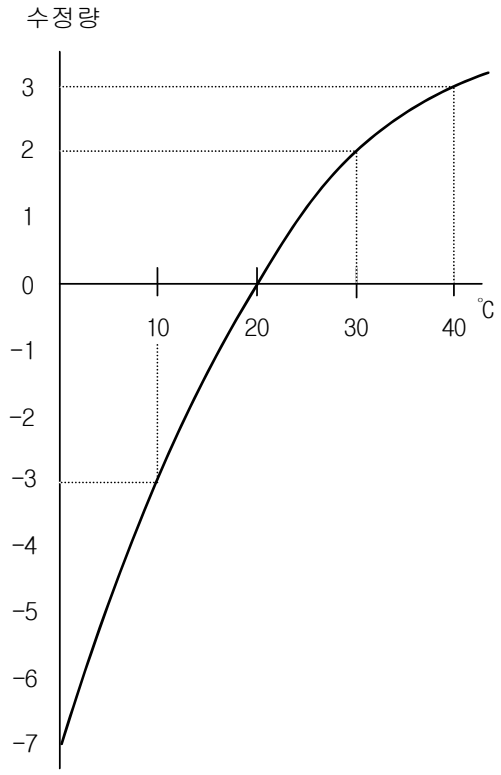
(4) BPN값은 표준온도 20℃의 마찰지수로 보정한다. 보정방법은 부록-그림 1.2를 이용한다. 예를 들어 표면온도 10℃에서 BPN=80이 측정된 경우 표준온도 20℃에서의 BPN은 77(=80-3)이 된다.

1.5 보고 내용

(1) 각 지점의 4회 BPN 측정치 및 그 평균치

(2) 시험노면 온도 및 온도보정 후의 평균 BPN

(3) 시험장소, 포장의 종류, 재령, 노면상태, 노면거칠기, 기타 특이사항



부록-그림 1.2 노면 온도에 따른 BPN값의 보정곡선

참고자료

1. 건설부, 도로의 구조·시설기준에 관한 규정 해설 및 지침, 1990. 12.
2. 한국건설기술연구원, 도로안전시설 설치 및 관리기준 연구, 건설교통부, 1995. 11.
3. 도로교통안전협회, 아스팔트포장과 콘크리트포장의 교통사고율 비교, 1995.
4. 한국도로공사, 도로 표면의 제특성, 1990.
5. 한국도로공사, 아스팔트 혼합물 개량 연구-미끄럼 저항 특성 연구, 1991.
6. 한국도로공사, 노면 미끄럼 저항 증진방안에 대한 연구(Ⅱ), 1996.
7. 市原薫, 小野田光之, 路面の すべり, 技術書院, 1986.
8. 建設省 土木研究所, 各種 鋪裝の すべり摩擦係數と 溫度, 1976.
9. "Quality Standard for Epoxy Resin for Surface Dressing", 鋪裝試驗法便覽, 日本道路協會, 1988.
10. "Skid Resistance", TRB, 1972.
11. "Surface Texture Versus Skidding", ASTM, 1975.
12. "The Skidding Resistance of Concrete", TRRL, 1978.
13. "Walkway Surface ; Measurement of Slip Resistance", ASTM, 1978.
14. "Surface Properties", TRB, 1984.
15. "The Performance of Rolled Asphalt Road Surfacings", ICE, 1984.
16. "Pavement Evaluation and Rehabilitation", TRB, 1988.
17. "Pavement Roughness and Skid Properties", NTIS, 1991.
18. Harwood, D. W., "Use of Rumble Strips to Enhance Safety", TRB, 1993.
19. "Standard Test Method for Measuring Surface Macro Texture Depth Using a Volumetric Technique", ASTM E 965, 1987.
20. "Standard Test Method for Measuring Surface Friction Properties Using the British Pendulum Tester", ASTM E 303, 1983.
21. "Performance Characteristics of Open-Graded Friction Courses", NCHRP Synthesis of Highway Practice 180, TRB, 1992.
22. Ruediger Lamm, Bob L. Smith, "Curvilinear Alinement : An Important Issue for more Consistent and Safer Road Characteristic", TRR No. 1445, 1994.