

# 노면 미끄럼저항 증진방안 연구

## Improvement of Pavement Skid Resistance

임승욱\*                      유태석\*                      엄주용\*\*  
Lim Seung Wook      Yoo Tae Seok      Eum Joo Yong

### ABSTRACT

Recently, Korea Highway Corporation has attempted to improve the highway safety in accordance with minimizing user's inconveniences. Currently, the Anti Skidding Pavement (ASP) has been introduced as a safety countermeasure on the safety frailty sections.

In this study, a series of field evaluations on pavement skid resistance have been conducted on the skid frailty sections to analyze the effects and problems of the Anti Skidding Pavement (ASP), and to understand the behavior of pavement skid resistance due to pavement type, section characteristics, vehicles' speed and traffic volume.

Test results show the Anti Skidding Pavement (ASP) has the effects to induce vehicles' speed reduction. However, there are no effects to increase skid resistance.

According to these results, it is demanded to improve the applying method of current Anti Skidding Pavement (ASP) to devise an effective safety countermeasure for pavement skid, and to increase pavement skid resistance.

## 1. 서 론

노면의 미끄럼특성은 교통사고의 발생과 밀접한 관계가 있으므로 도로의 안전성 평가에 매우 중요한 요소가 된다. 현재 노면 미끄럼 취약구간에 대한 안전대책으로 미끄럼방지포장을 설치하고 있다. 그러나 현행 미끄럼방지포장은 차량의 충격에 의한 진동과 소음으로 이용자들의 불편을 초래하고 있는 실정이다. 따라서 이용자의 불편을 최소화할 수 있는 보다 효과적인 노면안전대책이 요구된다.

따라서 본 과제를 통하여 우리나라 고속도로의 미끄럼취약구간에 대한 적절한 보수, 보강 대책을 강구하여 효과적인 노면 미끄럼저항의 관리 및 증진방안을 제시하고자 한다.

이를 위하여 포장종류, 구간특성, 주행속도, 교통량 등에 따른 미끄럼저항 특성의 변화를 파악하고, 특히 미끄럼방지포장의 효과와 문제점을

분석하고자 한다. 또한, 노면 그루빙(Grooving) 등 기타의 노면 미끄럼저항 증진공법에 대한 적용성 검토 및 적정대안의 설치기준을 수립하고자 한다.

본 연구는 본 과제의 1차년도 연구로서 자동식 미끄럼저항측정기(Pavement Friction Tester; PFT)를 이용한 고속도로 전 구간의 미끄럼취약구간에 대한 추적조사를 통하여 노면 미끄럼저항의 일반적인 특성과 현행 미끄럼방지포장의 효과 및 문제점을 검토하였다.

## 2. 노면의 특성과 미끄럼저항

### 2.1 노면 미끄럼의 영향인자

노면의 미끄럼저항특성에 대한 영향인자는 포장 자체의 내부적인 요인과 환경영향 등 외부적인 요인으로 구분할 수 있다. 내부요인으로는

\* 한국도로공사 도로연구소 연구원

\*\* 한국도로공사 도로연구소 책임연구원

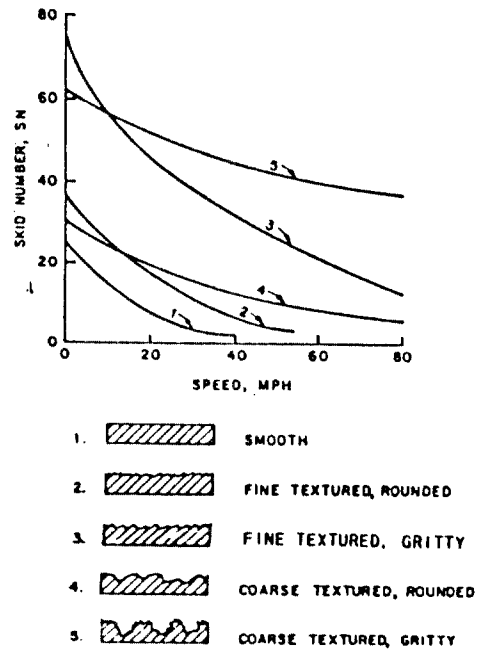
포장체의 표면조직(Surface Texture) 특성과 사용골재의 형상 및 마모특성 등이 있으며, 외부적으로는 기후, 교통량, 차량특성, 운전자의 특성 등 다양한 요인이 존재한다.

포장체의 표면조직은 <그림 1>에 나타낸 바와 같이 모르타르나 골재입자 자체의 거칠기로 이루어지는 미세조직(Micro-Texture)과 골재입자 간의 간격에 의해 결정되는 조면조직(Macro-Texture)으로 구분되며, 서로의 특성 조합에 의해 조직자체의 거칠기에 의한 마찰저항 효과와 조직 사이로의 배수효과로 노면의 미끄럼 특성을 결정하는 중요한 기능을 갖는다. 표면의 미세조직과 조면조직의 조합 경우는 일반적으로 5가지형태로 구분되며, <그림 2>에 각 경우에 따른 주행속도별 미끄럼저항 변화를 나타내었다.

## 2.2 시공시 고려사항

도로의 설계, 시공시 도로의 안전성과 관련하여 일반적으로 도로의 기하구조를 먼저 생각하지만, 사용재료의 선정과 적절한 표면마감처리 등에 대해서도 노면의 미끄럼특성과 관련하여 중요한 부분으로 다루어져야 한다.

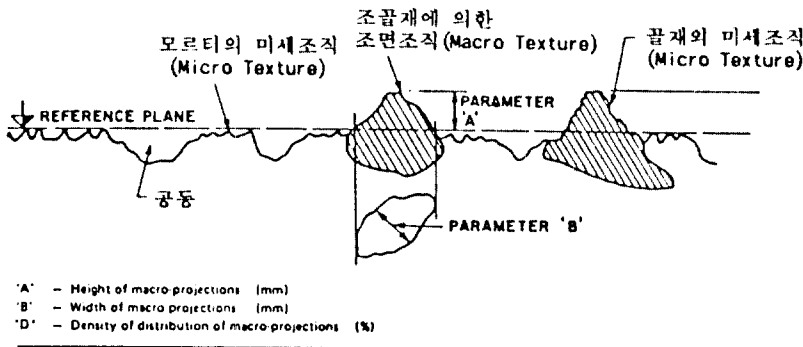
아스팔트 포장의 미세조직(Micro Texture)은 골재입자의 표면거칠기에 의존하며, 조면조직(Macro Texture)은 골재의 형상과 혼합골재의 입도분포에 의존한다. 또한 공용개시후의 표면조직의 내구성은 교통량과 조골재의 마모특성에 따라 결정된다. 일반적인 밀입도 아스팔트 혼합물을 표층에 적용하는 경우 소요의 미끄럼저항



<그림 2> 표면조직의 특성과 주행속도에 따른 미끄럼저항의 변화

과 조면조직의 확보를 위해서는 표면의 상당부분이 조골재로 이루어져야 할 것이다. 즉, 조골재의 혼합비를 높이거나 최대 골재치수를 크게 하여 표면에 최대한 조골재를 노출시키는 것이다. 그러나 조골재의 치수를 지나치게 크게 할 경우에는 포장 평탄성과 소음이 문제시되므로 일반적으로 조골재의 혼합비를 높이는 것이 효과적이다.

시멘트 콘크리트 포장 표면의 미세조직(Micro Texture)은 주로 세골재의 특성에 따라 결정되



<그림 1> 포장체 표면조직(Surface Texture)의 형상

며, 조면조직(Macro Texture)은 타이닝 등의 표면처리를 통하여 형성된다. 시멘트콘크리트의 마모특성에 대한 연구자료를 보면 일반적으로 결합재의 양이 많을수록, 물-시멘트비가 낮을수록 마모저항성이 증가하는 것으로 보고되고 있다. 또한 콘크리트 경화후의 우수한 마모저항성을 확보하기 위해서는 세골재의 혼합비를 상한선에 가깝게 하고 공기량을 적절히 조절해야 한다. 이에 대해 미국의 AASHTO에서는 골재최대치수에 따른 목표 공기량으로 <표 1>의 값을 제안하고 있다.

<표 1> 골재치수에 따른 공기량 (AASHTO)

최대골재치수 (mm)	목표 공기량 (체적비, %)	비 고
38 - 64	5±1	
19 - 25	6±1	
10 - 13	7.5±1	

### 3. 미끄럼저항의 관리

#### 3.1 공법의 적용

공용중인 포장체의 미끄럼저항 증진은 단순표면처리, 새로운 마모층의 포설, 구조적 덧씌우기 또는 재포장 등의 여러 가지 방법을 통하여 꾀할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 덧씌우기 두께 2cm 이하의 단순표면처리만을 검토 대상으로 하였다.

노면 미끄럼저항 증진을 위한 표면처리공법은 크게 기존노면에 특정재료를 추가하는 방법과 기존노면의 일부를 제거하는 방법으로 구분할 수 있다. 이와 같이 구분된 각 공법의 종류는 다음과 같다.

#### 표면 일부를 제거하는 방법

- 표면타격(Bush Hammering) : 진동햄머 등으로 표면을 쪼아내어 표면의 조면조직을 재형성한다.
- 표면절삭(Cold Milling) : 주로 아스팔트 포장

에 사용되는 표면처리방법으로 절삭날을 부착한 밀링머신에 의해 표면을 까내는 방법이다. 시멘트 콘크리트 포장에 적용할 경우 균열부의 스폐링을 유발할 수 있다.

- 그루빙(Grooving) : 다이아몬드 톱날을 장착한 장비를 이용하여 포장층에 홈을 내는 방법으로 표면의 조면조직과 배수기능을 향상시키게 된다.
- 염산산포 : 표면의 시멘트 몰탈의 화학반응을 유도하여 조면조직을 재형성하게 된다. 그러나 이 방법은 사용된 염산에 의한 2차적인 손상을 고려하여 농도를 조절하는 등 사용에 주의하여야 한다.
- 모래연마(Sanding) : 고압 연마사를 이용한 표면 연마를 통하여 표면의 조면조직과 미세조직을 회복시킨다.
- 화염분사(Fire Scouring) : 시멘트 콘크리트 포장 표면의 고온처리로 조면조직을 형성한다.
- 표면정지(Planning) : Milling Machine을 이용하여 포장표면의 한 겹(film)을 제거하는 방법을 말한다.

#### 표면에 새로운 재료를 추가하는 방법

- 칩핑(Chipping) : 아스팔트 콘크리트 포장면을 가열한 후 골재를 살포하여 로울러로 다져넣는 방법으로 주로 교통량이 많지 않은 도로에 적용된다.
- 수지계표면처리 : 포장면에 에폭시수지 등을 살포 또는 도포한 후 그 위에 규사질의 거친 골재를 살포하여 고착시키는 것으로 현행 미끄럼방지 포장 공법과 유사한 것이다.
- 역청계표면처리(Seal Coat) : 포장표면에 살포한 역청재료 위에 모래나 부순돌을 살포한 후 로울러로 다지는 방법이다.
- 슬러리실(Slurry Sealing) : 상온에서 유화아스팔트, 잔골재, 석분, 물 등을 혼합한 유동체인 슬러리 혼합물을 6-10mm 정도를 포설하는 공법이다.
- 박층 포설(Carpet Coat) : 기존의 포장면 위에 개립도 아스팔트 혼합물을 두께 1.5-2.5cm의 박층으로 포설하고 다지는 공법이다.

이와 같은 표면처리공법의 선택은 기존포장의 상태, 소요목적 및 경제성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

### 3.2 미끄럼방지포장

현재 고속도로의 선형불량구간이나 사고다발구간 등 미끄럼사고의 발생가능성이 높은 미끄럼취약구간에 대한 노면안전대책으로 미끄럼방지포장을 시행하고 있다. 이에 대한 설치기준은 <표 2>에 나타내었으며, 사용재료로서 골재와 접착재의 품질기준은 <표 3> 및 <표 4>에 나타내었다.

미끄럼방지포장의 설치에 의한 사고율 감소에 대해 정량적인 통계자료는 현재까지 없지만 도로관리 실무자들의 경험을 참고하면 거의 모든 설치구간에서 사고율이 감소하는 것으로 보고되고 있다. 그러나 현행 미끄럼방지포장은 차량의 충격에 의한 진동과 소음으로 도로이용자들과 주변 주민들의 불만을 초래하는 것이 큰 문제점으로 지적되고 있다. 또한 미끄럼방지포장의 설치에 의한 사고율의 감소가 미끄럼저항의 증진에 의한 것이라기 보다는 주로 이용자의 긴장에 의한 감속에 기인하는 것이다. 따라서 이용자의 불편을 최소화하면서 실질적인 노면 미끄럼저항의 증진효과를 기대할 수 있는 노면 안전대책의 수립이 요구되는 것이다.

<표 2> 미끄럼방지포장의 설치기준('94)

구 분	설 치 기 준	비 고
설치 시점	커브구간 커브시점 100m전방	커브시점 : 완화곡선시점, 원곡선시점
	직선구간 사고다발구간시점 100m전방	
설치 방식	설치연장 ≤300m 시점부 100m: 1-3방식 잔여구간: 3-6방식	
	설치연장 >300m 시점부 100m: 1-3방식 잔여구간: 2-4, 3-6방식 균등적용	

<표 3> 미끄럼방지포장의 골재 품질규격('94)

구 분	표 준 치	비 고
흡 수 량	2.0 이하	
입 도	No. 4 (4.75mm) 통과 : 90-100%	
	No. 7 (2.83mm) 잔류 : 90-100%	

<표 4> 미끄럼방지포장의 접착재 품질규격('94)

구 분		품 질 기 준	비 고
시험항목	주 제	1.1 - 1.3	
	경화제	1.0 - 1.3	
가사시간(분)		5 - 50	
접촉건조시간		6 시간 이내	
인장강도(kg/cm <sup>2</sup> )		40 이내	
신 율(%)		20 이상	
흡 수 율(%)		중량증가 0.5 이내	
내 유 성		변형, 연화가 없을것	
촉진내후성		주름, 균열이 없을것	
접촉강도(kg/cm <sup>2</sup> )		120 이상	

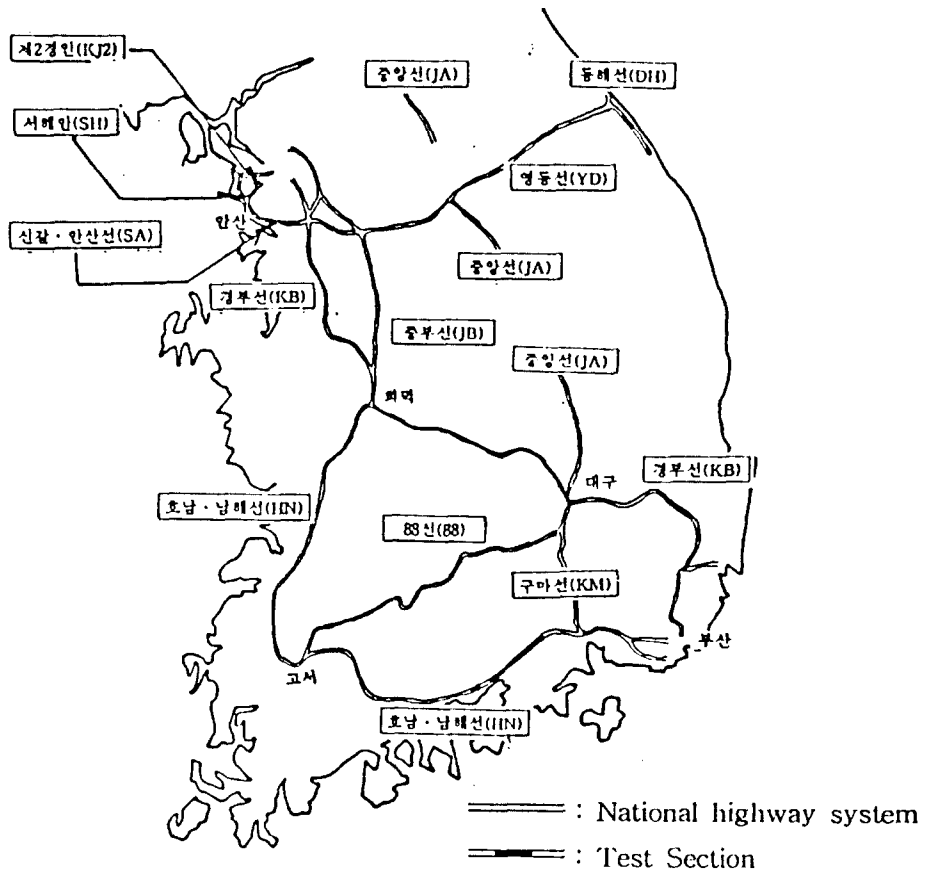
## 4. 현장 추적조사

### 4.1 조사개요

본 연구에서는 고속도로 전 구간의 노선별 미끄럼방지포장구간, 선형불량구간, 노면마모가 심한구간, 사고다발구간 등 미끄럼취약구간에 대한 추적조사를 실시하여 미끄럼위험요인이 실질적인 노면 미끄럼저항에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

조사구간은 한국도로공사 각 지사의 실무자들을 대상으로 실시한 설문조사를 통하여 선정하였으며, 선정된 조사대상구간의 전, 후 500m 썩을 해당구간에 대한 비교구간으로 선정하였다. 이와 같이 선정된 조사구간의 현황을 <그림 3>에 나타내었다.

측정은 <그림 4>에 나타낸 자동식 미끄럼저항측정기(Pavement Friction Tester; PFT)를 이용하였다. 이 장비는 ASTM E274에 따른 제동



<그림 3> 조사구간 현황

륜방식(Locked Wheel Type)의 장비로서 젖은 노면을 40-120km/hr의 속도로 주행하면서 측정륜에 제동을 가하여 얻어지는 마찰력과 연직하중으로부터 측정구간의 평균 미끄럼지수(Skid Number; SN)를 측정하는 것이다.

측정속도는 기준속도인 65km/hr로 하였으며, 측정차선은 다차선도로의 경우 제 2차선으로 결정하였다. 한편, 현행 한국도로공사의 노면 미끄럼관리기준은 시속 65km로 측정하여 SN 40 이상을 기준으로 하고 있다.

#### 4.2 조사결과

##### 4.2.1 미끄럼방지포장



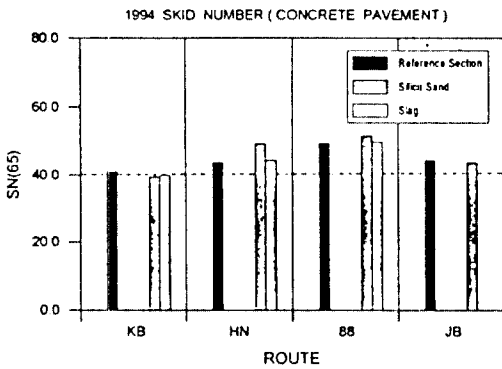
<그림 4> 미끄럼저항 측정기

1994년도와 1995년도에 시행된 시멘트콘크리트포장구간에 대한 미끄럼방지포장의 SN 측정결과를 사용재료별로 구분하여 각 노선의 비교구간과 함께 <그림 5>와 <그림 6>에 각각 나타내었으며, 아스팔트포장구간에 대해서는 <그림 7>과 <그림 8>에 나타내었다.

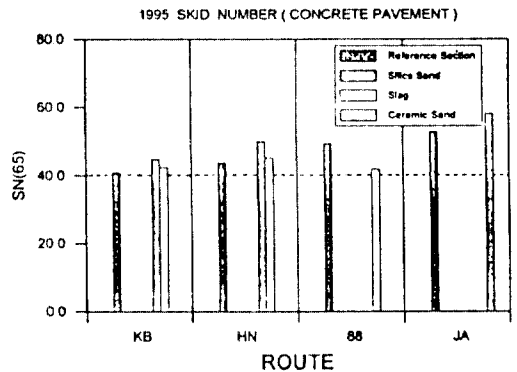
<그림 5>에서 시멘트콘크리트포장 위에 '94년도에 시행된 미끄럼방지포장은 공용기간이 1년여가 경과하였으나 아직 양호한 상태를 유지하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 비교구간과 비교할 때 SN의 증가효과는 거의 없는 것으로 판단된다. <그림 6>에서 '95년도에 시행된 미끄럼방지포장은 '94년도에 시행된 것에 비해 SN치의 증진효과가 비교적 우수한 것으로 나타나고 있으나 미끄럼방지포장에 의한 SN 증진율은 기대만큼 크지 않으며 골재로 규사를 사용한 경우 최대 15%정도인 것으로 나타났다.

<그림 7>에서 아스팔트포장위에 '94년도에 시행된 미끄럼방지포장은 영동선을 제외한 전노선에서 제기능을 발휘하지 못하는 것으로 나타나고 있다. 특히 경부선의 경우는 미끄럼방지포장구간의 SN치가 비교구간에 크게 미치지 못하는 것으로 나타났다. <그림 8>에서 '95년도에 시공된 미끄럼방지포장은 '94년도에 시공된 것보다 양호한 SN치를 보이지만 호남선과 영동선의 규사사용 경우를 제외하고는 미끄럼방지포장에 의한 SN의 증진효과는 거의 없는 것으로 판단된다.

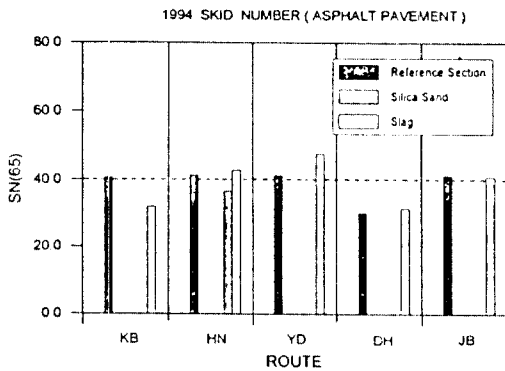
한편, 미끄럼방지포장의 골재종류에 따라 SN치를 비교하여 보면 '95년도에 시행된 공용초기의 미끄럼방지포장은 규사를 사용한 경우가 제강슬래그를 사용한 경우보다 높은 SN치를 나타내지만 '94년도에 시행된 공용 1년 경과 미끄럼방지포장은 두가지 경우의 차이가 별로 없



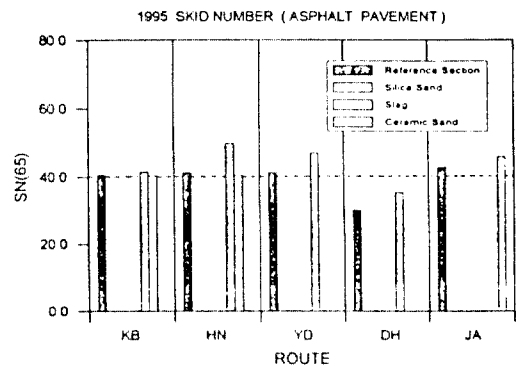
<그림 5> 미끄럼방지포장의 SN 비교 ('94년 설치, 시멘트콘크리트포장)



<그림 6> 미끄럼방지포장의 SN 비교 ('95년 설치, 시멘트콘크리트포장)



<그림 7> 미끄럼방지포장의 SN 비교 ('94년 설치, 아스팔트포장)



<그림 8> 미끄럼방지포장의 SN 비교 ('95년 설치, 아스팔트포장)

며 그림 4.5의 호남선의 경우에는 오히려 규사를 사용한 경우가 낮은 SN치를 갖는 것을 알 수 있다. 이로부터 규사를 사용한 미끄럼방지 포장의 공용초기에는 우수한 미끄럼저항 증진효과를 갖지만 공용기간 경과에 따라 골재의 마모 또는 탈리 등이 제강슬래그를 사용한 경우보다 빨리 진행되는 것을 예상할 수 있다. 그러나 이는 동일한 조건하에서 공용기간에 따른 미끄럼 저항의 변화를 측정된 자료가 축적되어야만 정확한 판단을 내릴 수 있을 것이다.

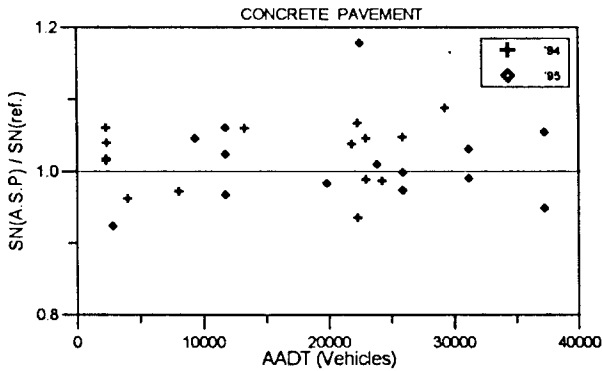
<그림 9>와 <그림 10>은 미끄럼방지포장과 비교구간의 SN 비를 각 구간의 교통량에 따라 표시한 것이다. 그림과 같이 미끄럼방지포장의 SN 증진효과가 뚜렷한 경향을 찾을 수 없을 정도로 분산되어 있으며, 오히려 비교구간의 SN 보다 낮은 값을 나타내는 경우도 상당수인 것으로 나타났다. 미끄럼방지포장의 순효과만을 고

려한다해도 최대 20% 정도의 SN 증진효과를 보이지만 일반적으로 10% 이하의 미끄럼저항 증진을 나타내고 있다.

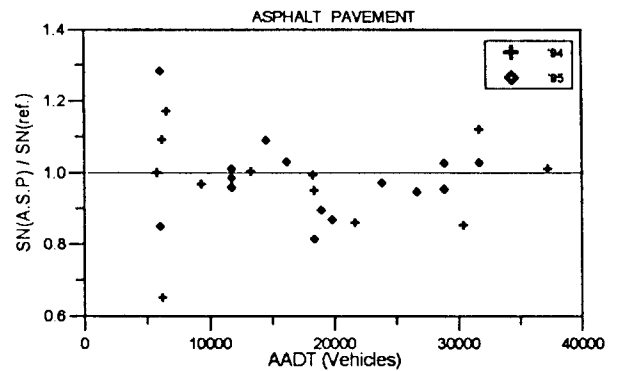
이상의 미끄럼방지포장에 대한 종합적인 분석 결과 미끄럼방지포장의 설치가 노면 미끄럼저항의 증진에 절대적인 것이 아니며, 설치상태가 양호한 미끄럼방지포장의 경우도 1년여의 공용기간이 경과하면 SN 증진효과를 기대할 수 없는 것으로 판단된다. 또한 공용초기의 미끄럼방지포장에 있어서 사용골재로 규사를 적용한 경우가 SN 증진효과가 우수하지만 공용기간의 경과에 따른 내구성의 변화는 추후의 연구를 통하여 밝혀야 할 과제인 것으로 사료된다.

#### 4.2.2 교통량

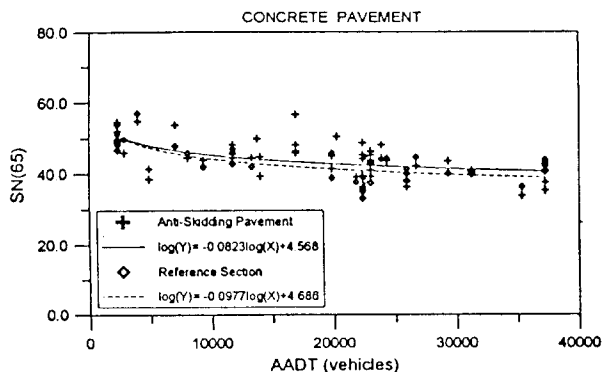
<그림 11>과 <그림 12>는 연평균일교통량(A



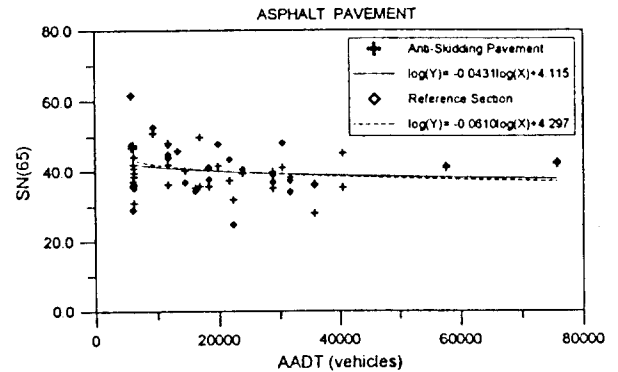
<그림 9> 미끄럼방지포장과 비교구간의 SN비 (시멘트콘크리트포장)



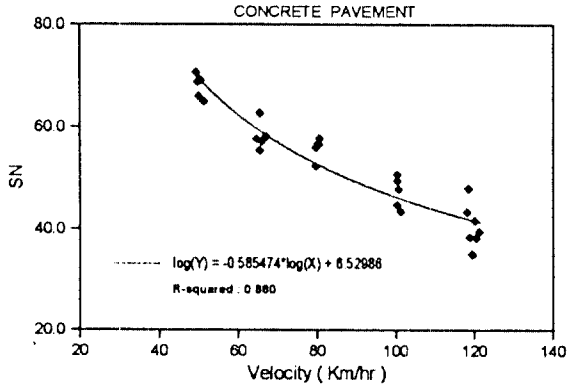
<그림 10> 미끄럼방지포장과 비교구간의 SN비 (아스팔트포장)



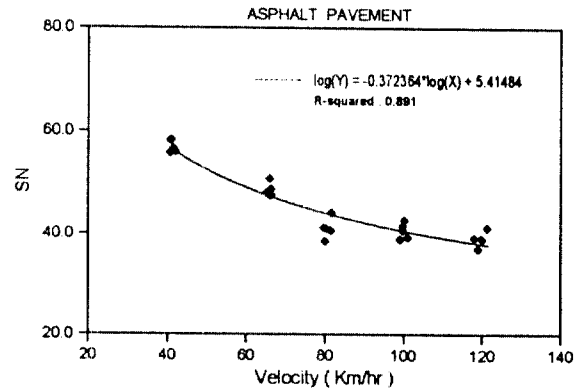
<그림 11> AADT에 따른 SN 변화 (시멘트콘크리트포장)



<그림 12> AADT에 따른 SN 변화 (아스팔트포장)



<그림 13> 주행속도에 따른 SN 변화  
(시멘트콘크리트포장)



<그림 14> 주행속도에 따른 SN 변화  
(아스팔트포장)

ADT)의 변화에 따른 미끄럼방지포장구간과 비교구간의 SN 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 AADT는 해당 측정구간의 1994년도 교통량조사 자료를 기준으로 한 것이다.

시멘트콘크리트포장과 아스팔트포장 모두 교통량의 증가에 따라 SN의 완만한 감소를 보이고 있으며, 미끄럼방지 포장구간도 마찬가지로의 경향을 보이고 있다. 결국 미끄럼방지포장의 설치에 관계없이 포장 시공시의 문제가 없다면 교통량의 누적에 따른 미끄럼저항의 저하는 크지않을 것으로 판단된다.

#### 4.2.3 주행속도의 영향

주행속도의 변화에 따른 미끄럼지수(SN)의 변화를 <그림 13>과 <그림 14>에 나타내었다. 이 결과는 콘크리트포장의 경우 신설노선에서 측정된 것이며 아스팔트포장은 '94년도에 덧씌우기를 시행한 구간에서 측정된 것이다.

그림에서 주행속도의 증가에 따른 SN의 변화는 지수함수의 형태로 현저히 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 특히 시멘트콘크리트포장의 경우가 주행속도의 증가에 더욱 민감한 것으로 나타났다.

본 측정결과에서는 주행속도 120km/hr에서도 SN치가 관리기준인 40 이상을 나타내고는 있지만, 여기에 강우 등의 미끄럼 위해요소가 중복된다면 미끄럼사고의 발생가능성은 더욱 크게 증

가할 것이다. 일반적으로 강우시의 노면 미끄럼 저항은 정상조건에 비해 50% 이상 감소하는 것으로 보고되고 있다.

#### 5. 결론 및 향후과제

본 연구는 미끄럼취약구간의 노면 안전대책을 수립하고, 노면마모가 심한구간에 대한 적절한 보수대책 등을 강구하여, 노면 미끄럼저항 증진 방안을 제시함에 그 목적이 있다. 이를 위하여 본 1차년도의 연구에서는 문헌조사를 통하여 노면 미끄럼저항의 일반적인 특성과 미끄럼저항의 관리 및 증진대책을 검토하였으며, 자동식 미끄럼저항측정기(Pavement Friction Tester; PFT)를 이용한 고속도로 추적조사를 통하여 현행 미끄럼방지포장의 효과 및 문제점을 분석하였다. 이로부터 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 노면 미끄럼특성은 포장의 표면조직(Surface Texture)인 조면조직(Macro Texture)와 미세조직(Micro Texture)에 의해 지배되며 이와같은 표면조직은 포장층을 구성하는 골재의 형상과 마모특성, 표면처리의 형태 등에 의해 결정된다. 따라서 신설포장의 미끄럼저항특성을 근본적으로 개선하기 위해서는 포장의 시공단계부터 사용재료의 특성과 표면처리의 방법에 따른 미끄럼특성의 변화를 고려해야 할 것이다.



(2) 현행 미끄럼방지포장은 시공상의 문제가 없을 경우 약 10% 내외의 미끄럼증진효과를 갖는 것으로 나타났다. 그러나 공용 1년여가 지난 미끄럼방지포장은 대부분의 구간에서 전혀 미끄럼증진효과가 없는 것으로 나타났으며, '95년도에 시공된 구간에서도 상당수의 구간에서 미끄럼증진효과를 기대하지 못하는 것으로 나타났다.

(3) 현행 미끄럼방지포장이 운전자의 감속유도와 함께 실질적인 미끄럼 증진효과를 갖도록 하기 위해서는 사용재료, 설치방식 및 시공관리에 대한 면밀한 검토와 개선이 필요한 것으로 사료된다.

이상의 연구결과를 토대로 본 연구과제의 2차년도 연구에서는 1차년도 조사구간에 대한 계속적인 추적조사를 실시하여 미끄럼특성의 경시변화와 미끄럼인자의 영향정도를 정확히 파악하고자 한다. 특히 다양한 미끄럼저항 증진공법에 대한 실내실험과 시험시공을 통하여 미끄럼방지포장의 효과를 증진시킬 수 있는 방안과 기타 대체 공법의 적용성 및 적용기준과 규격에 대한 검토를 계속 수행할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

1. 한국도로공사, "포장의 미끄럼저항 특성연구 (III)", 도로연구소 연구보고서, 1992. 12
2. 한국도로공사, "포장유지보수지침서", 도로연구소, 1994. 7
3. P. M. Elsenaar, R. Sauterey, "Pavement Characteristics and Skid Resistance", TRR 622, TRB, 1977. 5
4. John. L. Beaton, "Providing Skid Resistance Pavement", TRR 622, TRB, 1977. 5
5. AASHTO, "Guidelines for Skid Resistance Pavement Design", AASHTO, 1976
6. John. E. Grady, "Groove Depth Requirements for Tine Textured Pavement", TRR 836, TRB, 1981
7. Don. L. Ivey, W. F. McFarland, "Economic Factors Related to Raising Levels of Skid Resistance and Texture", TRR 836, TRB, 1981

8. Ralph Haas, W. R. Hudson, John Zaniewski, "Modern Pavement Management", Krieger Publishing Company, 1994
9. T. C. Conty, James C. McMinimee, "Maitenance Skid Correction Program in Utah", TRR 1410, TRB, 1993
10. Kenneth D. Hankins, "A Program for Reducing Skidding Accidents During Wet Weather", TRR 622, TRB, 1977. 5
11. Stephen N. Runkle, David C. Mahone, "Virginia's Wet Pavement Accident Reduction Program", TRR 622, TRB, 1977.5
12. D. A. Anderson, J. J. Henry, "Synthetic Aggregates for Skid Resistance Surface Course", TRR 712, TRB, 1979
13. Barry J. Hill, "Short-Term, Weather Related Skid Resistance Variations", TRR 836, TRB, 1981