

# 자전거 도로 표면의 미끄럼저항 KS기준 개발에 관한 기초 연구

## The Fundamental Study on Developing the Skid Resistance Korean Standard of the Bicycle Roadway Surface

최준성\* · 김성민\*\* · 김재철\*\*\* · 조영교\*\*\*\*

Choi, Jun Seong · Kim, Seong Min · Kim, Jae Cheol · Cho, Young Kyo

### 1. 서 론

현재 우리나라는 시민들이 자전거를 편리하게 이용할 수 있도록 전국 주요 도시를 자전거 길로 연결하는 국가 자전거도로 사업을 추진하고 있다. 그러나 자전거도로용 바닥마감 재료의 물성, 안전성 및 내구성을 평가할 수 있는 방법의 미비로 제품의 성능을 정확하게 파악하지 못하여 기술력의 향상을 꾀할 수 없고 생산업체에서 품질관리에 많은 어려움을 겪고 있으며, 수요자와 공급자간의 다툼이 발생할 여지가 상존하므로 시급히 이에 대한 평가 방법의 제정이 필요하다. 특히 오늘날 자전거의 제조기술의 향상으로 자전거 주행속도가 증가되어 과거보다 미끄럼저항에 대한 중요성이 부각되고 있다. 따라서 본 연구에서는 자전거도로 포장에 있어서 중요한 사항인 미끄럼저항 지수에 관한 KS 기준화 기초단계로서 자료조사 분석결과 및 연구방법론을 제시하고자 한다.

### 2. 자전거도로의 미끄럼저항 성능평가 필요성 검토

#### 2.1 자전거도로 현황 및 피해사례 조사분석

일반적으로 자전거도로는 자전거만이 통행할 수 있도록 설치된 자전거전용도로와 자전거 외에 보행자도 통행할 수 있도록 되어 있는 자전거보행자 겸용도로와 자전거 외에 자동차도 일시 통행할 수 있도록 차도에 노면표시로 구분하여 설치된 자전거자동차 겸용도로가 있다. 이륜차 도로 환경적 요인을 살펴보면 다음 표 1과 같이 도로공학적 측면의 사고유발인자가 노면 미끄러움 0.9%, 선형불량이 0.6%, 노상장애물이 0.2% 등의 순으로 미끄럼저항이 가장 큰 인자로 나타난다. 또한 미국 프리몬트주 도로국에서 실시한 자전거 운전자에 대한 설문조사 결과를 보면 무엇이 필요한가 하는 항목에서 자전거도로가 부족하다는 이유가 30%, 안정성이 불안하다는 지적이 40%로, 자전거 이용자가 안정성측면에 불안함을 느끼고 있는 것으로 보고되고 있다. 이와 같이 자전거도로에 대한 인식 및 사고원인을 살펴보면 자전거도로 또한 일반 자동차 도로 포장과 마찬가지로 공학적 성능이 구체적 기준으로 제시되어야 할 필요가 있다.

\* 정회원 · 인덕대학 토목환경설계과 교수 · 공학박사(Email:soilpave@induk.ac.kr)

\*\* 정회원 · 경희대학교 토목공학과 교수 · 공학박사(Email:seongmin@khu.ac.kr)

\*\*\* 학생회원 · 인덕대학 토목환경설계과 전문학사과정(Email:kjc3978@naver.com)

\*\*\*\* 학생회원 · 경희대학교 토목공학과 석사과정(Email:brain@khu.ac.kr)

표 1. 도로환경적 요인별 교통사고 조사결과(도로교통공단, 2009)

도로환경적요인	구분	발생건수			사망지수		부상자수
		구성비	전체사고	점유율	구성비	치사율	
계		100	100	6.9	100	5.8	100
선형불량		0.6	0.4	11.0	3.1	28.2	0.6
노상장애물		0.2	0.1	13.9	0.6	14.4	0.2
<b>노상미끄러움</b>		<b>0.9</b>	<b>1.5</b>	<b>4.2</b>	<b>1.3</b>	<b>8.3</b>	<b>0.9</b>
기타 도로환경적 요인		1.5	1.3	7.9	1.9	7.6	1.4
도로환경적 요인 없음		93.5	93.1	7.0	88.2	5.4	93.9
기타/불명		1.9	2.6	5.2	2.4	7.1	1.7

## 2.2 미끄럼 저항 측정방법 조사분석

### 2.2.1 도로측정용 PFT (Pavement Friction Tester) M1290

PFT (Pavement Friction Tester) 중의 하나인 M1290은 K. J. Law사에서 제작한 장비로 현재 우리나라에서 사용하고 있는 미끄럼저항 측정장비로 1989년부터 수입하여 사용해 왔다. 이 장비는 그림 1에 나타난 바와 같이 모든 계기장치를 싣고 있는 견인용 자동차와 시험용 트레일러로 구성되어 있다. 시험용 트레일러는 ASTM E274에 제시된 “Standard Test Method for Skid Resistance of Paved Surfaces Using a Full-Scale Tire”를 따라 제작되었다. 견인용 자동차에는 시험 중에 물을 분사할 수 있도록 물저장 탱크를 싣고 있다. 따라서 자전거 도로에서 이용할 경우 자전거바퀴를 시험대상으로 장치의 크기를 줄여 자전거에 매달 수 있게 해야 하며, 무게도 줄여야 할 필요가 있다.



그림 1. Pavement Friction Tester

### 2.2.2 휴대용 PFT (Portable Friction Tester)

PFT (Portable Friction Tester)는 스웨덴에서 제작한 미끄럼저항 측정기로 좁은 공간에서도 효과적으로 마찰력을 측정할 수 있는 휴대용 측정기이다. 이 장비는 그림 2와 같이 세 개의 바퀴로 이루어진 작은 손수레 형태로 되어 두 개의 앞에 설치된 하나의 측정바퀴를 통하여 비면의 마찰력을 측정하게 되어 있다.



그림 2. Portable Friction Tester

### 2.2.3 BPT (British Pendulum Tester)

이 측정기는 수동식으로 측정대상위치에 거치시키고 노면에 물을 뿌린 다음 1.5kg의 추를 낙하시켜 젖은 노면을 미끄러지도록 함으로써 노면의 저항을 측정하는 방법이다. 이 시험법은 미국의 ASTM E-303과 AASHTO T-278에 규정되어 있으며 측정결과는 BPN (British Pendulum Number)으로 표시한다.



그림 3. British Pendulum Tester

### 2.2.4 기타 미끄럼저항 측정 장비

기타 미끄럼저항 측정 장비를 살펴보면 일본에서는 DFTester, Japanese Skid Tester, Komatsu Skid Tester, Polish SRT-3등을 사용하며, 노르웨이에서는 Norsometer Oscar, Norsometer ROAR, Norsometer SALTAR를 사

용하고 있다. 또한 프랑스에서는 LCPC Adhera, IMAG를 사용하고, 스코틀랜드에서는 Griptester를 사용하며, 덴마크에서는 Stradograph를 사용하며, 독일에서는 Stuttgarter Reibungsmesser(SRM)을 사용하고 있다.

### 2.3 국내의 기준 및 관련 법령 조사분석

국내에서의 자전거도로의 미끄럼 저항성은 국토해양부 “자전거도로 지침서”에 의하면 자전거 이용자 안전을 위해 강변 등의 자전거도로의 미끄럼에 대한 기준은 마찰계수 40 이상이 되도록 해야 한다고 제시되어 있다. 표 3은 국외 자전거도로 지침서에 제시된 내용을 간단히 정리한 것이다.

표 3. 국외 자전거도로 관련 법령

국가	관련주체	내용
일본	일본도로협회	일본의 한 연구에서는 노면 마찰력에 대한 보행자의 의식조사를 실시하였는데 습윤 상태의 미끄럼저항 지수(BPN British Pendulum Number)가 30 이상이면 통상적인 안전성이 있다고 보고하고 있다. 또 다른 연구에서는 습윤 상태의 마찰계수가 40이하인 경우에 미끄러지기 쉽다고 보고하였다. 그러나 일본도로협회 “자전거도로의 설계기준”을 보면 자전거도로 건설을 위한 노선계획, 교통용량, 설계속도, 기하구조 설계에 대하여만 제시되어 있고 미끄럼에 대한 언급은 되어있지 않다.
독일	독일도로연구협회	독일의 도로연구협회에서 작성한 “독일 자전거도로의 설계기준”에서는 자전거도로 규모, 설비크기, 용량, 설계속도, 포장방법 정도만 제시되어 있고 따로 미끄럼에 대한 언급이 되어있지 않다.
미국	AASHTO Bike Book	미국의 AASHTO Bike Book에서는 정지시거 마찰계수 계산 시 바닥 물젖음 상태로 0.25를 쓰고 있다. 곡선반경을 구할 때에는 고속도로에서 사용되는 마찰계수의 값을 추론하여 설계 마찰계수를 20km/h에서는 0.31, km/h에선 3.28, 40km/h에선 0.25, 50km/h에선 0.21값까지를 사용한다고 마찰계수에 대한 내용이 언급되어 있다.

## 3. 미끄럼저항 기준 표준화 연구방법론 제안

### 3.1 미끄럼저항 기준 KS표준화를 위한 연구흐름도 도출

본 연구에서는 자전거도로 표면의 미끄럼저항 지수 KS기준을 정립 할 수 있도록 그림 4와 같이 연구흐름도를 도출 하였다. 먼저 자전거도로에서 미끄럼으로 인한 사고가 발생한 구간을 조사하고, 그 구간과 일반적인 자전거도로 구간에 BPT시험을 해서 측정된 BPN값을 비교분석하여 기준 값을 제시하려 한다. 그러나 미끄럼저항 사고구간의 시·지자체 관할 지역의 정확한 사고자료가 축적되지 않기 때문에 시공년도가 같고 재료가 다른 조사구간을 선정한 후 KS R 8004 자전거 제동 시험에 따라 각 재료마다의 제동거리를 측정을 한 다음 KS R ISO 4210 규정에 맞는(안전한) 부분과 맞지 않는(안전하지 않은) 부분에 각각 BPT시험을 실시하고자 한다. BPT 시험을 할 때 KS기준인 BPT시험법을 적용하되 시험을 실시하여 기존 KS시험법의 개선해야 할 점을 찾아 제시하고자 한다. 또한 BPT 시험을 한 구간을 자전거 이용자들에게 안정성 체감 설문조사를 수행한 후 안정성 체감 지수가 낮으면 BPN값을 늘리고 안정성 체감 지수가 양호하면 그대로 BPN값을 적용하여 미끄럼저항 기준 값을 제시하고자 한다.

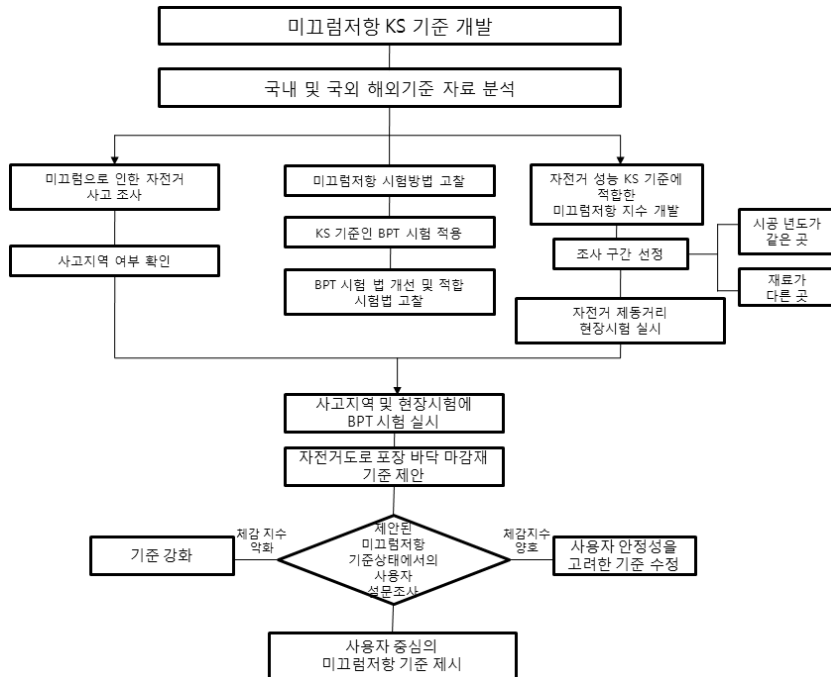


그림 4. 미끄럼저항 기준정립을 위한 흐름도

### 3.2 현장시험 방법론

#### 3.2.1 BPT (British Pendulum Tester) 시험의 KS기준 개선안 도출

미끄럼저항 시험 장치는 KS F 2357 (노면의 미끄럼 저항성 시험방법 BPT) 규격에 따른다. 시험 방법은 먼저 수막이 형성될 정도로 충분히 물을 뿌린 후 측정을 한다. 측정은 한 번 하고 결과를 바로 기록하지 않고 연속적으로 4 번 시험을 반복하고 그 결과를 기록한다. 이때 매번 시험마다 물을 뿌려야 한다. 현재 KS F 2357 (노면의 미끄럼 저항성 시험방법)에는 온도 보정방법도 없을 뿐만 아니라 측정 횟수가 명확히 제시 되어 있지 않아 좀 더 개선이 필요함을 알 수 있다. 기존연구에서 제시된 바와 같이 BPN값은 온도에 따라 마찰특성이 달라지므로 그림 5와 같이 표준온도 20℃의 마찰계수로 보정을 해야 할 것이다. 예를 들어 표면온도 10℃에서 BPN값이 80이 측정된 경우 표준온도 20℃에서의 BPN은 77(=80-3)이 된다.

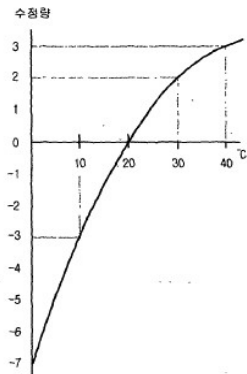


그림 5. 노면온도에 따른 BPN값의 보정곡선

#### 3.2.2 자전거 제동 시험 KS기준에 적합한 미끄럼저항지수 도출

자전거 제동 시험 장치는 KS R 8004(자전거 제동 시험 방법) 규격 제 4항에 따른다. 시험 조건은 KS R 8004 규격 제 3항에 따라 시험 주행로에 먼지나 자갈이 없는 건조한 콘크리트 또는 아스팔트의 평탄한 포장 노면으로, 시험용 자전거의 타이어와의 마찰계수는 0.5 이상, 물에 젖었을 때 제동 시험에서는 노면상의 물을 적절히 닦아내는 등 일정한 노면 상태의 유지에 노력하여야 하며 경사도는 0.5% 이하로 유지하도록 되어 있다. 그리고 시험 횟수는 KS R 8004 규격 7항에 제시되어있는 것과 같이 횟수를 정하여 실시한다. 본 연구에서는 KS R ISO 4210에 규정 되어있는 표 5와 같은 안전성을 파악한 후 규격에 맞는(안전한) 부분과 맞지 않는(안전하지 않은) 부분에 각각 BPT시험을 실시하고자 한다.

표 5. 자전거 제동 시험 기준

노면상태	주행속도	제동방법	제동 거리
건조	25km/h	좌우 양 브레이크	7m 이내
		뒤 브레이크만	15m 이내
습윤	16km/h	좌우 양 브레이크	9m 이내
		뒤 브레이크만	19m 이내

또한 현장 조사한 제동 시험 값을 비교하기 위하여 <식 1>의 국토해양부의 '자전거 도로 지침'에 제시된 식을 이용하여 자전거의 제동거리를 이론과 현장사이의 전이함수를 도출하고자 한다.

$$s' = \frac{v^2}{254(f+g)} \dots\dots\dots <식 1.>$$

s'= 제동거리(m), f = 종방향 미끄럼 마찰계수, g = 종단경사(%), v = 속도(km/h)

'f'는 종방향 미끄럼 마찰계수 Skid Number(SN)를 뜻하며, 기존연구에서 제시된 <식 2>를 이용하여 종방향 미끄럼 마찰계수(SN) 값을 구할 수 있다.

$$SN = 0.862(BPN) - 9.69 \dots\dots\dots <식 2.>$$

#### 4. 결 론

본 연구의 최종목표는 자전거도로의 미끄럼저항 지수를 KS 기준을 제시 하는 것이다. 이를 위하여 본 기존 연구에서는 먼저 국내·외 해외 미끄럼 지수 기준을 조사를 하였으며, 미끄럼저항 측정 장비에 대한 자료를 수집하였다. 그리고 측정 장비 중 BPT(British Pendulum Tester)에 대한 시험방법을 조사 및 분석하였다. 또한 KS기준화 되어 있는 자전거 제동 시험 방법을 통해 BPT(British Pendulum Tester) 기준값을 제시하고자 시험 계획을 구축하여 미끄럼 저항 KS 기준 정립을 위한 연구 흐름도를 제시하였다. 본 연구의 추후연구를 통하여 현재 국내에 제시되어 있지 않은 자전거도로 미끄럼저항 기준을 제시함으로써 더욱 자전거 이용자들에게 안정감을 줄 수 있으며 추후 연구를 통해 자전거도로 품질기준을 제시하는데 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대 된다.

#### 감사의 글

본 논문은 지식경제부에서 지원한 “기술혁신사업의 표준기술력향상사업중 표준화연구개발 연구”의 일부 연구 결과로 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

1. Bergstrom, A., Astrom, H. and Magnusson, R. “Friction Measurement on Cycleways Using a Portable Friction Tester.” J. Cold Regions Engineering. Volume 17, 2003
2. Subhi M. Bazlamit and Farhad Reza, Changes in Asphalt Pavement Friction Components and Adjustment of Skid Number for Temperature, 2005
3. 한국건설기술연구원 노관섭, 도로안전시설 설치 및 관리기준 연구 최종 보고서, 1997.7
4. 국토해양부, 자전거도로 시설기준 및 관리 지침, 2009



5. 한국산업표준(KS : Korean Industrial Standards) 중 KS R 8004<자전거 제동 시험 방법>, KS F 2375<노면의 미끄럼 저항성 시험 방법>
6. 국제표준화기구(ISO : International Organization for Standardization) 중 KS R ISO 4210 자전거 - 2륜 자전거의 안전기준