자전거 도로 미끄럼저항 기준정립을 위한 BPT장비의 표준화 기초 연구

The Fundamental Study on BPT Standardization for Establishing the Criteria Skid Resistance of Bicycle road

김재철* · 최준성 · 김민성*** · 김성민****

Kim, Jae Cheol · Choi, Jun Seong · Kim Min Seong · Kim, Seong Min

1. 서 론

일반적으로 자동차 전용 도로와 기타 건설 재료에는 미끄럼 저항에 관련된 규격이 제정된 상태이다. 그러나 자전거도로는 그 특성이 자동차와 다르기 때문에 자전거의 특성을 고려한 시험방법이 필요하다. 자전거는 차량과 달리 2륜으로 주행하기 때문에 차량보다 미끄럼에 대하여 민감하게 반응한다. 자전거도로는 자동차와 달리 건조시에도 미끄럼사고와 앞바퀴 브레이크 급작동으로 전도의 위험이 있고, 우천 시 미끄러지기 쉬운 노면은 이용자의 안전을 저해하므로 습윤 시 어느 이상의 노면 마찰력을 확보할 필요가 있다. 따라서 전문적인 연구 활동을 통해 자전거도로 표면의 미끄럼저항 성능의 평가 방법을 제정하는 것이 필요하다. 그러나 현재 국내의 BPT(British Pendulum Tester) 시험법 KS F 2375의 내용이 국외 BPT 시험법 ASTM-E303의 내용에 비해 특성값 규정이 미비하며, 제작회사 및 실험자에 따라 BPT장비를 동일한 장소에서 BPN(British Pendulum Number)값을 측정할 경우 다른 결과가 나타난다고 보고된 바 있다. 따라서 자전거도로의 기준 BPN값을 제시하여도 BPT장비에 따라 다른 결과를 나타낼 수 있으므로 이것을 보정할 만한 BPT의 표준 시편이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 BPT장비의 표준화에 관한 기초단계로서 자료조사 및 표준화 방법을 제시하고자 한다.

2. 미끄럼 저항 국내·외 기준조사

2.1 국내 기준조사

국내 관련 기준의 경우 자전거도로의 미끄럼저항에 대한 연구는 아직 활발하게 이루어지지 않고 있는 실정이며 행정안전부와 국토해양부에서 제시한 '자전거 이용시설 설치 및 관리 지침'에서의 BPN값 40이상을 사용한다는 지침이 있다(국토해양부, 2010). 또한 서울시청 도시안전본부 도로관리과에서 제시한 보도 자료를 살펴보면 경사도가 0~2% 이하인 평지는 '40BPN 이상'을 적용하고, 경사 2%~10% 이하인 완경사는 '45BPN 이상'을 적용하며, 경사가 10%를 초과하는 급경사 구역은 '50BPN 이상'의 보도 포장재를 사용해야 한다는 기준이 있다(서울시청,2010). 하지만 기준제시에 대한 공학적, 안정성측면의 근거를 제시하고 있지 않다.

2.2 국외 기준조사

국외 관련 기준 역시 미끄럼저항에 대한 연구가 활발하게 이루어지지 않고 있는 실정이다. 일본의 한 연구

* 학생회원 · 인덕대학 토목환경설계과 전문학사(Email : kjc3978@naver.com)
** 정 회 원 · 인덕대학 토목환경설계과 교수 · 공학박사(Email : soilpave@induk.ac.kr)
*** 학생회원 · 인덕대학 토목환경설계과 학사과정(Email : robin0403@naver.com)
**** 정 회 원 · 경희대학교 토목공학과 교수 · 공학박사(Email : seongmin@khu.ac.kr)

에서는 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 미끄럼저항 지수가 40 이하인 경우에 미끄러지기 쉽다고 보고하였다. 그러나 일본도로협회 “자전거도로의 설계기준”을 보면 자전거 도로 건설을 위한 노선계획, 교통용량, 설계속도, 기하구조 설계에 대하여만 제시되어 있고 미끄럼에 대한 언급은 되어있지 않다. 그리고 독일의 도로연구협회에서 작성한 “독일 자전거도로의 설계기준” 에서는 자전거도로 규모, 설비크기, 용량, 설계속도, 포장방법 정도만 제시되어 있고 따로 미끄럼에 대한 언급이 되어 있지 않다. 미국의 AASHTO Bike Book에서는 정지시거 마찰계수 계산 시 바닥 물젖음 상태로 0.25를 쓰고 있으며 다음 표 1은 고속도로에서 곡선반경을 구할 때에 사용되는 마찰계수 값을 추론하여 속도별 설계 마찰계수를 제시한 것이다.

표 1. 미국 마찰계수 기준

속도(km/h)	마찰계수
20	0.31
30	0.28
40	0.25
50	0.21

3. 포장종류별 BPT 현장 시험

BPT장비를 이용하여 국내 자전거 도로 미끄럼저항성 시험을 실시한 결과 그림 1에서와 같이 BPN이 평균 75정도 나왔으며, 시험은 포장 재료 별로 아스팔트, 칼라아스팔트, 콘크리트, 투수콘크리트, 보도블럭 총 5곳의 장소를 선정하여 그 구간에서 시험을 5회 실시한 후 평균을 내었다. 수유시장에 경우 매우 미끄러운 구간이라고 판단하여 건조 상태와 습윤 상태 모두 시험을 하였으며, 이 구간에 자전거를 이용하여 제동을 걸어본 결과 급제동 시 매우 위험한 구간으로 확인되었다.

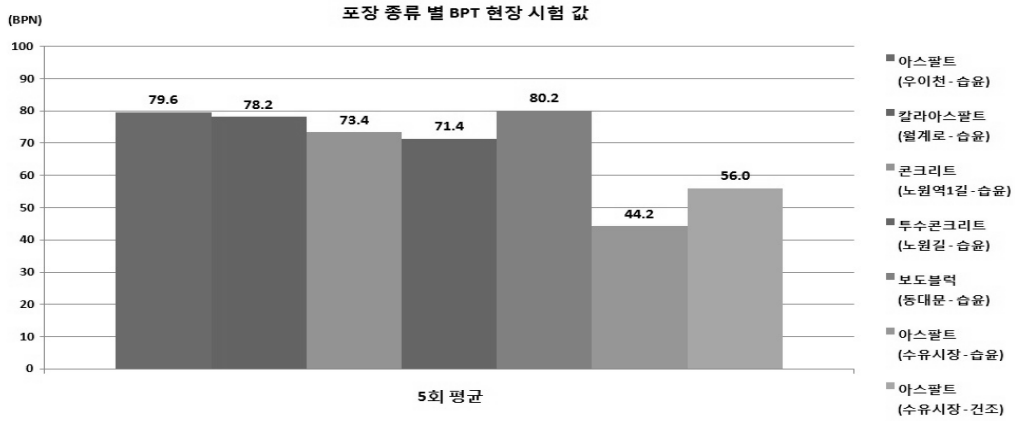


그림 1. BPT 현장시험 결과 그래프

4. BPT 장비의 표준화 필요성 및 국내외 시험법 표준화 비교

4.1 BPT 장비별 측정결과 비교

자동차인 경우 Traction Tester 미끄럼저항시험기로 자동차바퀴의 미끄럼저항을 측정하고 있으며, 스웨덴의 경우 자전거도로용 미끄럼저항시험기 Portable Friction Tester를 개발하여 사용하고 있다. 국내의 경우

자전거도로용 미끄럼저항시험기가 없으므로 자전거도로의 미끄럼저항특성을 평가하고자 도로 및 보도블록의 미끄럼저항 측정에 사용되고 있는 BPT를 선정하고, 그 활용성을 분석하였다.

다음 표 2와 같이 국내에서 제작한 BPT와 국내 도로연구기관 및 대학에서 수입·보유하고 있는 BPT를 각각 동일한 장소에서 BPN값을 측정하여 그 값을 나타내었다. 동일한 구간에서 BPN값을 측정했음에도 불구하고 그 값의 차이가 작게는 5BPN에서 크게는 30BPN 이상의 차이가 발생하는 것을 알 수 있다. 또한 국내 제작된 대학기관의 정성적으로 같은 경향을 보이나 수입품보다 작은값이 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 표준시험법 KS F 2375의 제시된 형태로 제작하였으나 미비한 세부장비의 모듈 특성값을 고려하지 못한 것으로 판단된다.

표 2. BPT 장비에 따른 결과 비교

비교대상 / 포장종류	①		②	
	대학기관 A (BPN)	대학기관 B (BPN)	대학기관 A (BPN)	연구 기관 A (BPN)
아스팔트	41	35	-	-
복도	34	29	35	65
보도블럭	-	-	40	75
비교대상 / 포장종류	③		④	
	대학기관 A (BPN)	대학기관 C (BPN)	대학기관 A (BPN)	연구기관 B (BPN)
아스팔트	43	76	40	72
복도	25	38	27	17
보도블럭	45	77	45	76

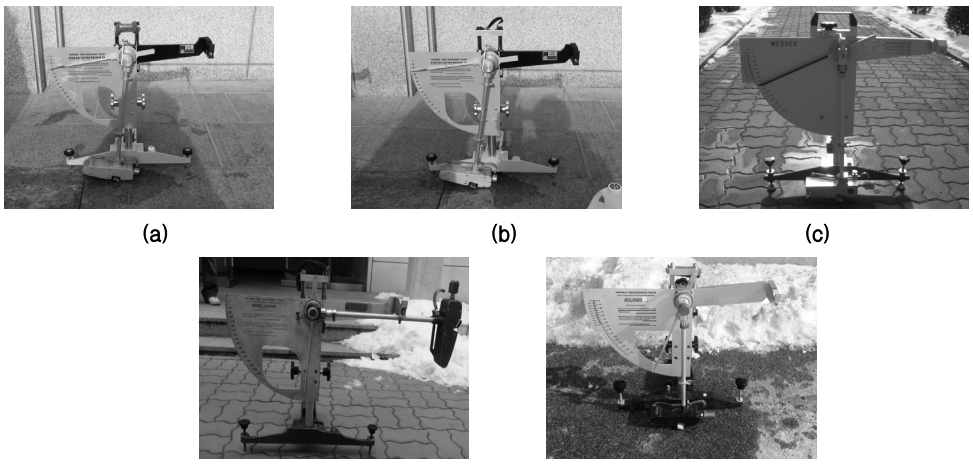


그림 2. 국내 보유 BPT
(a) 대학기관 A, (b) 대학기관 B, (c) 대학기관 C, (d) 연구기관 A, (e) 연구기관 B

4.2 국내·외 시험법 표준화 비교

본 연구에서는 이러한 BPT 장비의 모듈 특성 값을 고려하여 미국 및 영국의 BPT 장비의 표준 내용을 표 3과 같이 비교 분석하였다. 분석결과 국내에 BPT 시험법 KS F 2375에는 활동팔의 무게, 활동판의 길이, 고

무 슬라이더의 크기, 접지 길이 측정 게이지만이 표준으로 제시되어 있으나 외국의 BPT 장비의 표준에는 스프링의 장력, 고무패드의 탄성계수, 온도보정 방법 등이 추가로 제시되어 있음을 알 수 있었다.

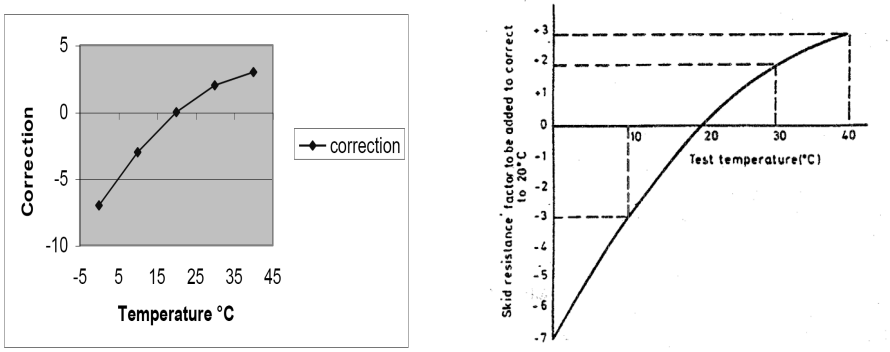
표 3. 국내·외 시험법 비교

국내 시험법	국내시험법외 국외 시험법 추가항목
활동팔 무게 = 1 500±30g	스프링의 장력 = 22.2N ± 0.5N (장력 교정시 LIFTING HANDLE 크기 = 6.5mm)
활동팔의 길이 = 410± 5mm	슬라이더 고무패드의 탄성계수 (폭이 76mm인 슬라이더 경도 55±5, 온도에 따른 탄성계수)
슬라이더 크기 = 6×25×76mm	온도보정 방법
접지길이 측정 게이지 = 124~127mm	

5. 표준시편을 통한 BPT 장비의 측정값 표준화 방법 제안

5.1 온도보정 분석

BPT 온도보정에 대해 국외 논문을 조사한 결과 그림 3에서 나타낸 바와 같이 온도보정에 대한 기준이 서로 다르다는 것을 확인할 수 있다. 이는 노면 위의 온도와 마찰 저항과의 관계를 고려하여 온도보정을 실시하는 경우 모든 경우에 대해 동일한 것이 아니고, BPT 장비 특성에 따라 다르다는 것으로 의미된다. 따라서 BPT 장비를 활용할 경우 시험에 사용되는 BPT장비의 특성에 한하여 상대비교를 실시하여야 함을 알 수 있다.



(a) PSRT-Manua,l (b) PAVEMENT MATERIALS SKIDRESISTANCE TEST

그림 3. BPT 온도보정 제시예

5.2 BPT 표준화를 위한 표준시편 연구흐름도 도출

본 연구에서는 BPT 장비를 표준시편을 이용하여 사용장비의 특성을 표준화 할 수 있도록 그림 4와 같이 연구 흐름도를 도출 하였다. 먼저 표준시편에 대해 기초적인 조사를 하고, 기존 문헌을 통해 표준시편에 대한 자료를 수집하고자 한다. 표준시편을 제작하는 것은 시간과 예산투입이 큰 관계로 본 연구에서는 기존 타 분야에서 사용하고 있는 KS표준의 표준물질을 선정하고자 하면, 선정시 마찰계수가 제시되어 있는 표준물질을 사용하고자 한다. 여기서 마찰계수가 제시 되어 있지 않을 시에는, 물리적으로 제동거리 산정식에 의한 표준물질의 마찰계수를 파악한 후 최종적으로 BPT 표준시편으로 활용하고자 한다.

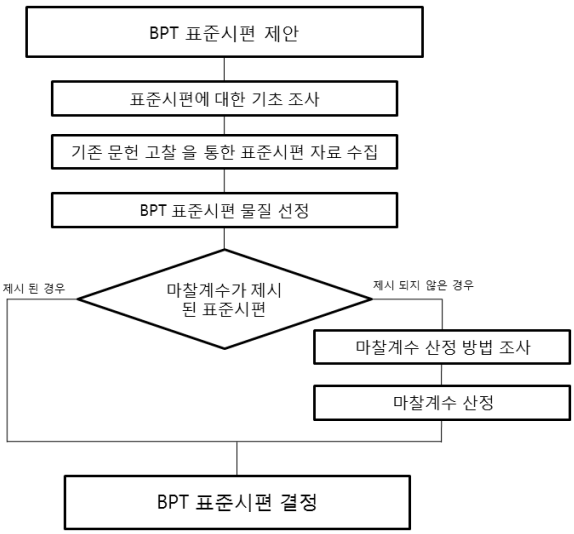


그림 4. BPT 표준시편 연구 흐름도

6. 결 론

본 연구의 최종목표는 자전거도로의 미끄럼저항 기준정립을 위해 BPT장비의 표준화를 추진 하고자 하는 것이다. 이를 위하여 먼저 국내·외 미끄럼 지수 BPN 기준을 조사하였으며, 국내의 미끄럼저항 측정 시험법인 KS F 2375와 국외 미끄럼저항 시험법 ASTM-E303 및 기타논문과 비교 분석하였다. 연구결과, 대학 기관과 도로연구기관에서 보유 중인 BPT시험을 통해 측정값이 서로 상이하다는 것을 알 수 있었으며, 측정 방법인 KS F 2375에서도 BPN의 값을 장비 특성에 따라 보정 방법이 제시되어 있지 않은 실정임을 알 수 있었다. 따라서 자전거 도로의 BPN값을 제시하여도 BPT 장비에 따라 다른 결과를 나타낼 수 있기 때문에 자전거 이용자 안정성 확보 측면이 부족하므로 BPT 장비를 표준시편을 이용하여 표준화 할 수 있도록 연구흐름도를 도출 하였다. 본 연구를 통해 추후 연구를 통해 표준시편을 선정하여 기존 사용 중인 BPT의 측정 값을 검증함으로써 미끄럼저항에 대한 평가 방법 및 성능 기준이 표준화 된다면 평가방법에서는 선진국 기술수준에 근접할 것으로 기대한다.

감사의 글

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

참고 문헌

[1] 국토해양부, 자전거도로 시설기준 및 관리 지침, 2010. 7.
[2] 서울특별시 도시안전본부 도로관리과, 서울형 보도포장 미끄럼 저항기준, 2010. 12.
[3] 한국산업표준(KS : Korean Industrial Standards), KS F 2375 <노면의 미끄럼 저항성 시험 방법>
[4] ASTM E 303-93, Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester, 2008
[5] 최준성, 김성민, 김재철, 조영교, “자전거 도로 표면의 미끄럼저항 KS기준 개발에 관한 기초 연구”, 한국도로학회 추계학술대회 논문집, p. 483-p. 488, 2010
[6] Instructions for Using the Portable Skid Resistance Tester. Road Note 27, Transport and Road Research Laboratory(TRRL) HMSO, 1969