

자전거도로 포장의 미끄럼저항 평가 및 기준설정에 관한 연구

Skid Resistance Evaluation and Standard Establishment for Bikeway Pavement

조영교* · 오한진** · 김성민*** · 최준성****

Cho, Young Kyo · Oh, Han Jin · Kim, Seong-Min · Choi, Jun Sung

1. 서 론

자전거도로의 사용자 안전성 위하여 자전거도로 노면의 미끄럼저항성이 중요하며, 특히 우천 시에 미끄럼저항성이 저하되는 특성도 일반도로와 유사하다. 따라서 자전거도로 노면의 미끄럼 저항성을 정량적으로 평가할 수 있는 품질기준이 마련되어야 한다. 국내의 관련 기준의 경우 자전거도로의 미끄럼저항에 대한 연구는 아직 활발하게 이루어지지 않고 있는 실정이며 일본의 경우 40 BPN(British Pendulum Number) 이상을 갖도록 하고 있으며 국내의 경우 행정안전부와 국토해양부에서 제시한 '자전거 이용시설 설치 및 관리 지침'에서의 BPN값 40이상을 사용한다는 지침이 있다(행정안전부, 국토해양부, 2010). 하지만 이러한 기준에 대한 합리적인 근거가 제시가 되어 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 그림 1과 같은 연구 진행을 통해 사용자가 안전하고 쾌적하게 이용할 수 있는 자전거도로 표면의 미끄럼저항 평가방법 및 기준 개발을 목표로 한다. 흐름도에서는 현재까지 진행된 사항을 음영으로 표시하였으며 진행 예정 사항은 흰색으로 표시하였으며 최종적으로는 미끄럼저항 KS기준 개발을 목표로 한다.

2. 미끄럼저항 평가 방법 검토

국내에서 사용중인 대표적인 미끄럼 저항 측정 장비로는 자동차 도로용 ASTM E274 기준 장비가 있다. 하지만 ASTM E274 장비로 자전거 도로의 미끄럼저항 값을 측정하기에는 장비의 크기 및 무게 등이 과다하여 자전거 도로의 미끄럼저항 측정에는 적합하지 않다. 따라서 자전거 도로의 경우 장비의 크기가 작고 시험 시 자전거도로의 파손 우려가 없는 BPT(British Pendulum Tester) 장비를 이용하여 BPN(British Pendulum Number)을 측정하는 것이 타당한 것으로 분석되었다.

BPT는 1960년대 중반에 영국 국립도로연구소(Road Research Laboratory)에서 개발되었다. 이러한 BPT를 이용하여 미끄럼 마찰저항을 정량화한 값으로 제시되는 값을 BPN 이라고 하며 이 값이 클수록 마찰력이 크다는 것을 의미한다. 실험방법은 KS F 2357 "노면의 미끄럼 저항성 시험방법(BPT)에 제시되어 있다(미끄럼방지시설, 2009; 한국산업표준, 2001). 하지만 어느 정도의 BPN값이 자전거도로 이용자가 미끄럼에 대해 안전하게 이용할 수 있는지 이론적, 실험적 근거가 요구되며 이러한 근거를 마련하기 위해 자전거 제동거리와의 관계분석을 통해 자전거도로의 미끄럼저항기준을 제시하고자 한다.

* 학생회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail : brain@khu.ac.kr) - 발표자

** 학생회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail : fantum2040@khu.ac.kr)

*** 정 회 원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사 · 교신저자(E-mail : seongmin@khu.ac.kr)

**** 정 회 원 · 인덕대학 토목환경설계과 교수 · 공학박사(E-mail : soilpave@induk.ac.kr)

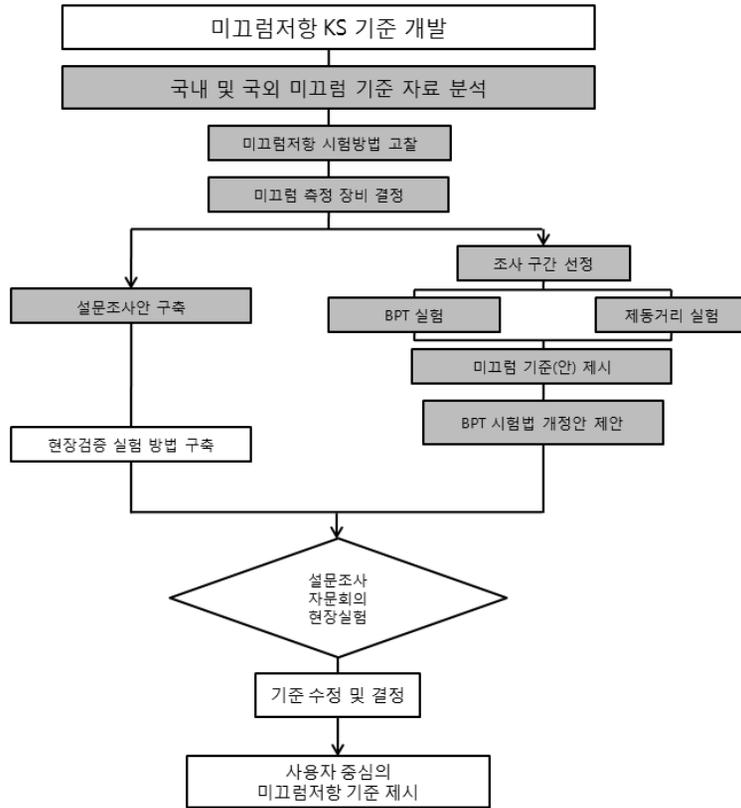


그림 1. 미끄럼저항 성능 결정을 위한 흐름도

3. 자전거 제동거리 성능 분석

자전거도로 미끄럼저항성능을 평가하기 위한 BPN 값을 제시하기 위하여 어느 정도의 BPN 값이 사용자가 이용하기에 안전한 미끄럼 저항값인지 파악할 필요가 있다. 이러한 BPN 값을 제시하기 위해서는 이론적 근거, 현장실험, 이용자의 체감 등의 연구가 필요하다.

본 연구에서는 KS R 8004에 제시되어 있는 자전거 제동 시험 방법과 표 1에 나타난 KS R ISO 4210의 자전거 제동거리성능에 대한 기준을 이용하였다(한국산업표준, 1999, 2003). 이러한 제동거리 성능은 자전거 정지거리와 밀접한 관계를 갖고 있으며 2010년 국토해양부의 '자전거 이용시설 설치 및 관리지침'에서는 식 (1)과 같은 자전거의 정지시거 산출 식을 제시하고 있다(국토해양부, 2010). 정지거리 공식을 이용하여 표 1의 제동거리를 통해 각 경우에 대한 마찰계수를 구하였다.

$$s = \frac{v^2}{254(f+g)} + \frac{v}{1.4} \quad (1)$$

여기서, s = 정지시거(m), v = 속도(km/h), f = 종방향 미끄럼 마찰계수, g = 종단경사(%)이다.

표 1. 제동거리 성능과 마찰계수

노면상태	주행속도	제동방법	제동 거리	마찰계수
건조	25km/h	좌우 양 브레이크	7m 이내	0.352
		뒤 브레이크만	15m 이내	0.328
물 젖음	16km/h	좌우 양 브레이크	9m 이내	0.112
		뒤 브레이크만	19m 이내	0.106

4. 현장실험 및 결과 분석

BPT와 자전거 제동거리와의 관계를 분석하기 위해 현장실험을 수행하였다. 장소는 투수콘크리트, 콘크리트, 아스팔트, 칼라아스팔트, 사각블럭에서 실험을 수행하였으며 각 구간에서 그림 2(a)와 같이 BPT를 이용하여 BPN 값을 측정 한 후 동일한 구간에서 KS R 8004에 제시되어 있는 ‘자전거 제동거리 시험방법’을 통해 그림 2(b)와 같이 제동거리 실험을 실시하였다.

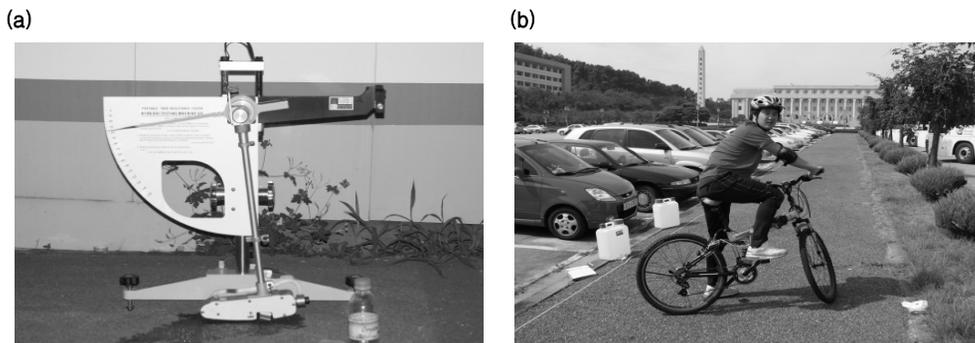


그림 2. 현장실험; (a) BPT 실험, (b) 자전거 제동거리 실험

그림 3은 BPN 값과 자전거제동거리 실험을 통해 얻어진 제동거리를 식 (1)을 통해 마찰계수로 환산된 결과를 비교한 그림이다. 동일한 구간에서 BPN과 제동거리실험을 통한 마찰계수와와의 관계는 작게는 248배 크게는 355배로 나타났으며 평균은 313배인 것을 알 수 있었다.

BPT를 이용해 측정된 BPN과 제동거리 시험을 통해 계산된 마찰계수의 차이인 313배를 표 1의 제동거리를 이용한 마찰계수에 적용해 보면 이를 통해 자전거 제동거리성능은 약 33~35 BPN 값을 갖는 것을 알 수 있다.

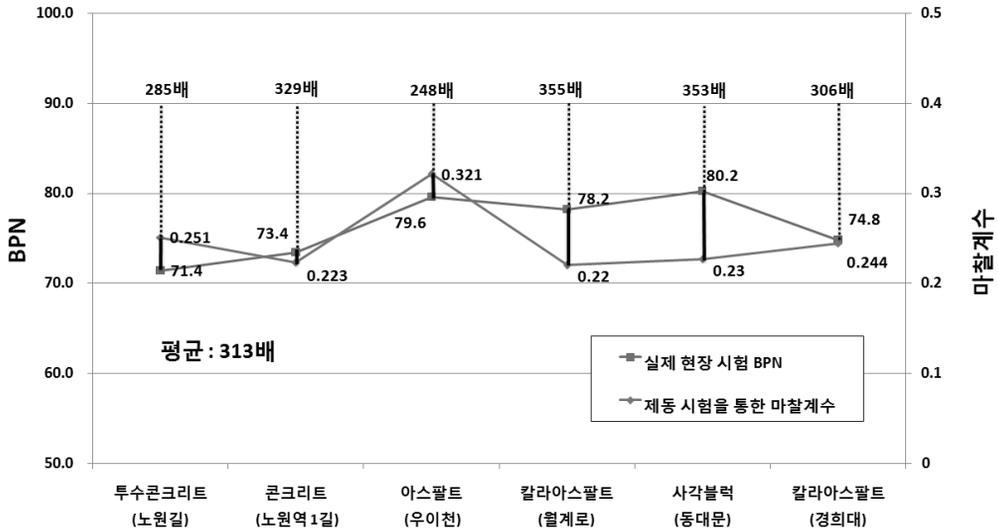


그림 3. BPN과 마찰계수와의 관계

5. 결 론

본 연구는 자전거도로의 미끄럼저항성능 결정을 위한 미끄럼저항 평가 및 기준설정에 관한 기본 연구로써 각종 자전거도로와 관련된 지침 및 기준을 토대로 이론적 연구와 현장 실험을 수행하였다.

자전거도로의 미끄럼 관련 기준은 ‘자전거 이용시설 설치 및 관리지침’에서 제시하고 있는 BPN값 40 이상을 사용해야 한다는 지침이 있다. 또한 KS R ISO 4210에 규정되어 있는 제동거리 성능에서는 노면상태, 주행속도 및 제동방법에 따라 제동거리 기준을 제시하고 있으며 이를 BPN 값으로 환산하면 약 33~35 BPN을 갖는 것을 알 수 있었다. 주행자의 안전에 필요한 제동성능을 만족하기 위해서는 관련 지침의 기준 BPN 값과 실제 실험을 통해 구한 실측 BPN 값 중 최대값을 사용하는 것이 타당하다. 현재까지 이루어진 연구결과를 토대로 향후 자전거 이용자에 대한 설문조사, 자문회의, 현장실험 등의 추가적인 연구를 수행하여 합리적이며 안전한 미끄럼저항 기준을 수립할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 표준기술력향상사업 중 “자전거도로용 바닥마감재료의 평가방법 및 품질표준 개발(B0011597)” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 국토해양부 (2009), “도로안전시설 설치 및 관리지침(미끄럼방지시설편)”
- [2] 한국산업표준 (2001), “KS F 2375: 노면의 미끄럼 저항성 시험 방법”
- [3] 한국산업표준 (1999), “KS R 8004: 자전거의 제동 시험 방법”
- [4] 한국산업표준 (2003), “KS R ISO 4210 자전거 - 2륜 자전거의 안전기준”
- [5] 행정안전부, 국토해양부 (2010), “자전거 이용시설 설치 및 관리지침”, 행정안전부, 국토해양부