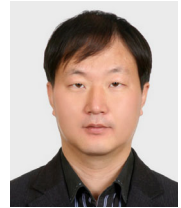


자전거도로의 미끄럼 저항 관리



정 규 동 | 한국건설기술연구원 도로연구소

1. 자전거 이용촉진의 필요성

국내 도로정책은 국민소득의 증가에 따른 교통수요를 충족시키기 위해 최근까지 자동차 중심의 도로 및 시설 확충을 중심으로 이루어져 왔다. 최근, 파리 기후협약으로 인한 온실가스 감축 필요성 증가와 함께 미세먼지와 같은 대기오염 심화로 인한 사회적 비용의 증가 등으로 인하여 친환경 교통정책의 필요성이 높아지고 있다. 이에 따라 현재 경유차가 대기오염의 한 원인으로 지목된 이후 '경유차 아웃' 제도가 논의되고 있고, 하이브리드나 전기자동차의 수요가 늘고 있다. 그러나 이와 같은 자동차 위주의 정책 운영은 표 1의 환경부하를 고려 시 한계에 도달할 수밖에 없다. 표 1에서 교통수단별 환경 부하가 버스와 열차는 자가용과 대비하여 30% 수준이며, 무공해 교통수단인 자전거는 사고가능성도 낮은 것으로 나타났다. 따라서 환경문제는 물론 에너지 과소비 문제를 해결하기 위해 향후 교통정책은 버스와 열차와 같은 대중교통수단과 함께 자전거와 같은 친환경 개인 교통수단이 활성화될 수 있도록 변화하는 것이 필요하다.

표 1. 건설공사비 항목별 적용방안

구 분	자가용	버스	자전거	비행기	열차
필요 공간	100	10	8	1	6
연료소비	100	30	0	405	34
CO ₂	100	29	0	420	30
NO ₂	100	9	0	290	4
탄화수소	100	8	0	140	2
CO	100	2	0	250	3
부하량합계	100	9	0	250	3
사고가능성	100	9	2	12	3

정부는 자전거 이용의 장려를 위한 정책으로 '10대 자전거 거점 도시' 조성, 국가 자전거도로 구축 사업 추진, '자전거 이용 활성화에 관한 법률 시행령' 등의 관련 법령을 개정 중에 있으며, '전국 일주 자전거도로망 구축' 및 '4대강 살리기'의 경우 긴 연장의 자전거도로를 건설하였다. 이에 따라 2002년과 2008년 사이 국내 자전거도로의 총 연장은 매년 7%씩 증가하고 있다(통계청, 2015). 정부의 노력에도 불구하고 독일, 일본 등 해외 선진국의 자전거도로 교통수단 분담률은 10% 이상임에 비해 한국

은 2.2%로 저조한 편이다. 또한 한국의 자전거보급률은 12.9%로, 선진국의 자전거 보급률 70%와 비교할 때 매우 낮은 수치이다(통계청, 2012). 따라서 자전거도로 교통수단 분담률의 확대를 위해 자전거도로의 확충과 함께 주말 레저용보다 평일에 교통수단으로 활용할 수 있도록 세심한 관련 정책이 필요하다. 이를 위해 자전거 도로에서 이용자의 안전을 위협하는 요소 중 미끄럼 저항성에 대하여 살펴보았다.

2. 국내·외 자전거도로 미끄럼 저항 관리기준

국내외 자전거도로 미끄럼 저항 관리기준을 정리하면 표 2와 같다. 국내를 제외하고 외국의 경우는 미끄럼 저항 관리기준을 제시하지 않고 있다.

표 2. 국내외 자전거도로 미끄럼 저항 관리기준

구분	출 처	관리기준
한국	국토교통부	국토교통부 발행 「자전거 이용시설 설치 및 관리 지침」에 자전거도로 미끄럼 저항관리 기준으로 BPN 40 이상을 제시
일본	일본도로협회	국가적인 자전거도로 미끄럼 저항기준은 없으며, 일본에서 조사된 한 연구는 노면 마찰력에 대한 보행자의 인식조사를 실시하였는데 습윤 상태의 미끄럼저항 지수(BPN)가 30 이상이면 통상적인 안전성이 있다고 보고하고 있다. 또 다른 연구는 습윤 상태에서 마찰계수가 40 이하인 경우에 미끄러지기가 쉽다고 보고하였다.
독일	독일도로연구협회	독일의 도로연구협회에서 작성한 '독일 자전거도로 설계기준'에서는 자전거도로 규모, 설비크기, 용량, 설계속도, 포장방법 정도만 제시되어 있고 미끄럼 저항관리 기준은 제시되지 않음
미국	AASHTO	미국의 AASHTO 발행 「Guide for the Development of Bicycle Facilities」에는 자전거도로의 유형, 횡단면 구성, 교차처리, 안전시설 등에 대한 규정은 제시되어 있으나 미끄럼 저항관리 기준은 제시되지 않음

3. 자전거도로 미끄럼 조사 동향

자전거는 상대적으로 무게중심이 높기 때문에 미끄러운 표면에서 사고 시 충돌과 부상의 위험성이 더욱 높아지므로 자전거도로의 미끄럼 저항성 확보는 매우 중요하다. 일반적으로 미끄럼 저항성은 KS F 2375 「노면의 미끄럼 저항성 시험방법」에 따라 미끄럼 저항지수(BPN; British Pendulum Number)를 그림 1과 같이 측정한다. 이 시험은 바닥에 물을 뿌리고 시험하므로 빗길 미끄럼 저항성을 비교적 정확히 측정할 수 있는 장점이 있다. 행정안전부 및 국토교통부의 「자전거 이용시설 설치 및 관리 지침」에서 국내 자전거도로의 기준은 BPN 40 이상이다.



그림 1. 미끄럼저항성 시험(BPT)

기준에 자전거도로의 미끄럼 저항성을 측정한 결과는 김재철 등(2011)에 따르면 표 3과 같이 대부분 BPN 70 이상인 것으로 나타났다.

표 3. 포장종류별 BPN 조사결과

콘크리트	투수콘크리트	아스팔트	칼라아스팔트	보도블록
73.4	71.4	79.6	78.2	80.2

아스팔트 포장 종류별 특성을 평가하기 위하여 동탄 신도시의 자전거도로에 시험포장하고 BPN을 측정하였다. 아스팔트 혼합물 종류는 10mm 가열(10 HMA), 13mm 가열(13 HMA), 13mm 중온(13 WMA), 13mm 가열 재활용(13 RHMA), 13mm 배

수성(13 PA), 13mm 칼라 투수성(13 CPA) 등이었다. 이 결과 그림 2와 같이 BPN이 70 이상이었고 균열저항성이 높은 최대골재 크기 10mm인 아스팔트 혼합물도 BPN 80 이상이였다.

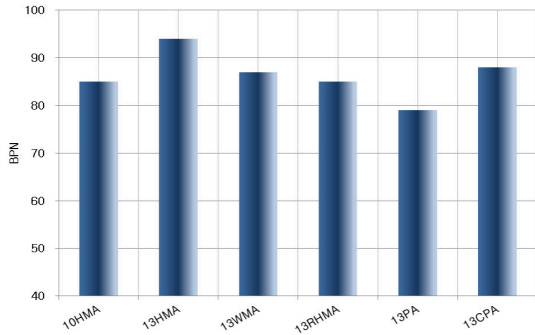


그림 2. 자전거도로 아스팔트 포장종류별 BPN 시험결과

BPN이 특정 위치에서의 미끄럼 저항성을 측정하지만, 일정 구간에서 연속적으로 측정할 수 없다. ASTM E274의 「Standard Test Method for Skid Resistance of Paved Surfaces Using a Full-Scale Tire」에 따른 미끄럼 저항 측정기(PFT: Pavement Friction Tester)는 차량에 트레일러 타입의 측정기를 사용하여 연속적으로 미끄럼 저항성을 측정할 수 있다. 그러나 자전거도로는 도로 폭과 주행속도 등의 한계로 인하여 일반적인 도로에서 사용하는 미끄럼 저항성 측정 장비를 적용하기 어렵다.

스웨덴의 Bergström 등(2003)은 자전거도로의 미끄럼을 측정하기 위해 그림 3과 같은 PFT(Portable



그림 3. PFT(Bergström et al., 2003)

Friction Tester)를 개발하였다.

Bergström 등(2003)은 잔디면, 차선(RM, Road Marking), 횡단보도 등에서 개발한 PFT로 미끄럼 저항을 측정한 결과, 그림 4와 같이 BPN과 95% 이상의 상관성을 나타냈다고 제시하였다.

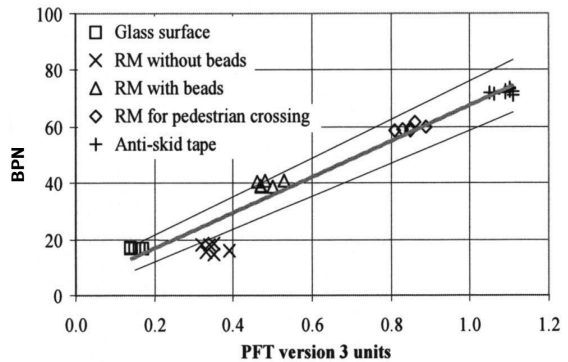


그림 4. PFT와 BPN의 비교

도로의 미끄럼저항성을 자전거를 이용하여 직접적으로 측정하는 시험방법으로 「KS R 8004 자전거의 제동 시험방법」이 있다. 이 방법은 도로 건조 및 습윤 시 시험하도록 하고 있으며, 제동 시작지점부터 정지지점까지의 제동거리를 측정한다. 실제 자전거의 제동거리와 미끄럼간의 상관연구로 스웨덴에서는 자전거로 측정된 결과와 미끄럼 저항성 측정기의 결과를 비교연구하여 수행하였다. 겨울철의 눈이 쌓인 도로에서 별도의 장비 없이 자전거의 감속과 제동거리를 이용하여 미끄럼 저항성을 측정한 결과 가속도계를 이용한 감속 자료를 이용할 경우 일반적인 미

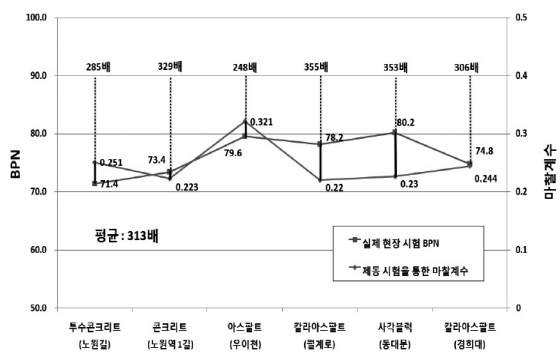


그림 5. BPN과 마찰계수의 관계

끄럼 저항성 측정기와 비슷한 정확성을 얻을 수 있다고 제시하였다(Katja-Paullinä, Rekilä, 2016). 유사하게, 조영교 등(2011)은 「KS R 8004」에 따라 자전거 제동거리를 측정하여 마찰계수를 구하고 이를 BPN과 비교하였다. 비교결과, 앞의 그림 5와 같이 BPN과 마찰계수는 상관성은 높지 않지만 유사 경향을 나타남을 제시하였다.

4. 자전거도로 미끄럼 저항 관리방향 제안

자전거 도로의 미끄럼 저항성은 BPT, 연속식 미끄럼 저항성 측정, 자전거를 이용한 미끄럼 저항성 측정 등이 있다. 국내에서는 일반적으로 BPT를 적용하며, 신설 자전거 도로는 대부분 BPN 40 기준을 만족할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 자전거만 통행할 경우 미끄럼 저항성의 감소가 크지 않을 것이므로 공용 중에도 문제가 없을 것으로 판단된다. 다만 자동차 진입로이거나 미끄럼 방지가 고려되지 않은 갈라도막 또는 차선이 시공되었을 경우에는 미끄럼 저항성이 낮아질 수 있으므로 주의해야 할 것으로 사료된다.

또한 연속식 미끄럼 저항 측정 방법은 편리하게

전 구간을 측정할 수 있는 장점이 있으므로 국내 도입을 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 그리고 향후 자전거 이용 시 안전에 크게 영향을 미치는 단차, 지장물, 배수구 등에 대한 시설 정비 및 세부적인 기준 마련이 필요하다.

참고문헌

1. 통계청 (2012), 국내 자전거 포장 현황.
2. 통계청 (2015), 국내 자전거 포장 현황.
3. 김재철, 최준성, 김민성, 김성민 (2011), 자전거 도로 미끄럼저항 기준정립을 위한 BPT장비의 표준화 기초 연구, 2011년도 봄학술대회, 한국도로학회.
4. 조영교, 오한진, 김성민, 최준성 (2011), 자전거도로 포장의 미끄럼저항 평가 및 기준설정에 관한 연구, 2011년도 봄학술대회, 한국도로학회.
5. Bergström, A. H. Åström, R. Magnusson (2003), "Friction Measurement on Cycleways Using a Portable Friction Tester," Journal of Cold Regions Engineering.
6. Katja-Paullinä, Rekilä, Alex Klein-Paste (2016), "Measuring bicycle braking friction in winter conditions," Cold Regions Science and Technology.

학회지 광고접수 안내

본 학회지에 게재할 광고를 모집합니다. 우리 학회지는 계간으로 매회 2,100부를 발간하여 회원과 건설관련 기관에 배포하고 있습니다. 회사 영업신장과 이미지 제고를 원하시는 업체는 우리 학회지에 광고를 실어주시기 바랍니다.

광고료 : 표2 · 표3 · 표4(300만원) · 간지(200만원)

※ 상기금액은 연간(4회)광고료임.

사단법인 **한국도로학회**

전화 (02) 3272-1992 전송 (02) 3272-1994