

중앙버스전용차로의 도로포장 미끄럼저항 특성 연구

A Study for the Pavement Skid Resistance of the Median Bus Lane

박태순· 문정규**· 이홍재***· 김 명****

Park, Tae Soon· Moon, Jung Kyu· Lee, Hong Jae· Kim, Myung

1. 서 론

1991년 100만대 이상이었던 서울시 승용차수가 2005년 약220만대로 급증하였으며 교통량은 갈수록 증가되고 있다. 교통체증 해결방안으로 서울시에서는 시민들의 대중교통 이용증대를 목표로 하여 중앙버스전용차로를 시행하여 현재에 이르고 있다. 주행차로구간에는 코팅공법을 도입하여 조기에 표면을 경화시켜 오염을 방지하고 색상을 유지할 수 있게 하였고 교차로와 정차대와 같이 큰 하중이 요구되는 구간에서는 반강성공법을 시행하여 소성변형에 대한 저항성을 증대시켰다. 그러나 버스전용차로의 주행속도가 증가되어 코팅된 노면이 습할 때 미끄럼저항성에 대한 시정이 요구되었고 버스의 급제동이 많은 교차로나 정차대구간에 대해서도 동일한 문제점이 지적되고 있다.

본 연구에서는 서울시에서 수행한 중앙버스전용차로 가운데 대표구간을 선정하여 각기 다른 2종류의 코팅공법과 반강성포장 공법에 대한 특징을 비교, 검토한 후 미끄럼저항값에 영향을 주는 요인에 대해 현장 미끄럼시험을 실시하여 미끄럼저항에 대한 특성을 밝혀보고자 한다.

2. 적용공법의 종류와 특징

2.1 직선차로구간 - 코팅공법

코팅공법 I 은 일반 아스팔트 혼합물에 점도 증가를 목적으로 하여 고무계의 아스팔트를 사용한 13mm 개립도의 아스팔트 혼합물이다. 코팅은 반침투형을 사용하였는데 포설 및 다짐 후의 고온상태에서 칼라 시멘트 폴리머를 1차 살포하여 아스팔트 바인더와 시멘트 폴리머를 일체화 시킨 후 2차 살포하여 표면공극을 채우고 롤러로 다짐하는 공법이다.

코팅공법 II 는 미국과 일본을 비롯한 30여개 선진국에서 사용 중인 칼라아스팔트 포장기술로서 포장면은 StreetBond™으로 코팅하였는데 이 제품은 시멘트와 아크릴수지에 에폭시폴리머와 미세한 실리카골재를 혼합한 제품이다. 아스팔트 모체로는 개질아스팔트가 사용되었는데 새로 개발된 아미드계 폴리머 개념의 안전제(Road Bitumen Stabilizer)를 사용하였으며 소성변형 저항성과 균열 저항성의 증진을 위해 Cellulous Fiber를 첨가한 제품이다.

2.2 정류장구간 - 반강성공법

반강성공법은 1954년 프랑스에서 개발되었으며 1980년 이후에 연구개발이 활성화 되어 현재에 이르고 있다. 그 성질과 상태는 아스팔트포장의 연성과 콘크리트포장의 강성 및 내구성을 복합적으로 갖는 특징이 있다. 정차대나 교차로에서는 내유동성과 내하중성을 고려하여 전체층을 고화시키는 전침투형을 사용하였으며 그림 1은 전침투형 포장상태의 코어를 채취한 장면이다.

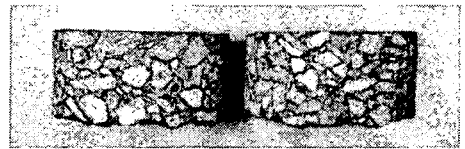


그림 1. 전침투형 코어

* 정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 교수 · 02-970-6506(E-mail: tpark@snut.ac.kr)
** 정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 대학원 · 02-970-6946(E-mail: yeskool@empal.com)
*** 정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 대학원 · 02-970-6946(E-mail: hong6987@empal.com)
**** 정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 대학원 · 02-970-6946(E-mail: blucluck79@empal.com)



3. 현장 미끄럼저항 시험 및 결과

3.1 시험개요

2005년 시공된 서울시 중앙버스전용차로 가운데 주행차로 3지점과 버스정류장 3지점을 선정하여 12월, 1월에 걸쳐 현장시험을 실시하였다. 미끄럼 측정방법은 여러 종류가 있는데, 본 연구에서는 다양한 포장공법에 대해 단시간에 시험결과를 비교하기 위하여 BPT(British Pendulum Tester)를 가지고 시험하였고 그 결과는 미끄럼저항 지수인 BPN(British Pendulum Number)으로 나타내었다(KS F 2375). BPT는 1960년대 중반 영국에서 개발된 장비로 비교적 고전적이지만 간단한 시험기구를 이용하여 신뢰할만한 측정값을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이 방법은 차량의 주행속도가 낮거나 극단적으로는 속도 0(zero) 상태에서의 미끄럼 특성을 나타내어 임의의 재료에 대한 표면의 미세조직을 판단하는데 많이 사용된다. 겨울철 추위에서도 히터와 가열기를 사용하여 약 8℃이상 온도를 유지시켰으며 건설교통부 「도로안전시설 설치 및 관리지침」에 의하여 온도보정을 시행하였다.

3.2 노면 미끄럼의 영향인자

포장체의 표면조직은 그림 2와 같이 모르타나 골재입자의 거칠기로 이루어진 미세 표면조직(Micro Texture)과 골재입자간의 간격에 의한 조면조직(Macro Texture)으로 구분되는데 서로의 특성 조합은 노면의 미끄럼 특성을 결정하는데 중요한



그림 2. 포장의 표면 형상

요인으로 작용된다. 본 연구에서 공법별 굵은골재 최대치수를 살펴보면, 코팅공법 I 과 반강성공법 I 은 13mm를 사용하였고 코팅공법 II 과 반강성공법 II 는 19mm를 각각 사용하였다. 그리고 표면재료에 따라서 미끄럼저항값은 차이를 보이게 되는데 표 1은 각 공법에 적용된 사용재료를 비교해 보았다.

표 1. 각 공법별 사용재료

공법	주원료	그 외의 재료
코팅공법1	보통 포틀랜드 시멘트, 물, 유색안료	균열억제재(에멀전), 미끄럼방지재(규사), 석분, 플라이애시, 응결조정제(응결지연제, 응결촉진제, 보수재(保水材))
코팅공법2	SP150E Part A(에폭시, 아크릴 합성수지, 골재), SP150E Part B, 물, 안료	-
반강성공법1	초속경 시멘트, 물, 유색안료	균열억제재(에멀전), 미끄럼방지재(규사), 흡수성이 큰 폴리머와 광물질 미분말, 강도증진제(초미립의 광물질 및 화학제품)
반강성공법2	스카이러리(초속경 시멘트, 안료, 특수첨가제), 물	감수제

표 2. 시간경과에 따른 표면마모 비교

측정시기	코팅공법 I	코팅공법 II	반강성공법 I	반강성공법 II
양생 끝난 직후 (교통개방 전)				
버스전용차로적용 3주일 후				



시간이 경과함에 따라 차량통행이 증가하고 표면조직이 변화되면서 미끄럼저항값의 차이도 달라진다. 시간경과에 따른 표면마모를 표 2와 같이 나타내었는데 전반적으로 양생이 끝난 직후에는 선명한 색상을 띄며 미세 표면조직이 균일하지만 버스전용차로적용 3주일 후에는 들출부분이 먼저 마모되고 바퀴자국이 부분적으로 관찰되었다.

차로를 주의 깊게 살펴보면 차량바퀴가 통과하는 지점과 그렇지 않은 지점으로 구분할 수 있다. 그림 3은 위치에 따른 코팅공법Ⅱ의 마모상태를 예로 보여주고 있는데, 차량바퀴가 통과하는 지점(wheelpass)에는 주로 타이어로 인해 마모가 진행되었지만 그렇지 않은 지점(center)에는 마모가 적게 진행되었다. 주변 환경 즉, 곡선주요, 교통섬, 신호등, 중앙분리대, 차선폭, 교통량 등에 따라 차로의 마모상태가 다양하게 변화될 수 있다.



그림 3. 차로 마모상태

3.3 시험 및 결과분석

3.3.1 표면재료에 따른 결과

표면의 재료에 따른 미끄럼저항값을 측정하기 위하여 버스전용차로 적용 3주일 후 각 공법에 대해 3지점을 선정하여 현장시험을 실시하였고 BPN값을 표 3과 그림 4와 같이 비교하였다. 코팅공법Ⅱ는 70 이상의 값을 보여주고 있고 반강성포장Ⅰ,Ⅱ는 평균적으로 60정도의 수치를 나타내고 있다. 코팅공법Ⅰ은 타 공법에 비해 낮은 수치이지만 50 이상의 값을 나타냈다.

표 3. 표면재료에 따른 BPN값

횟수	코팅 공법Ⅰ	코팅 공법Ⅱ	반강성 공법Ⅰ	반강성 공법Ⅱ
1회	54	72	58	57
2회	52	73	60	60
3회	51	72	63	59

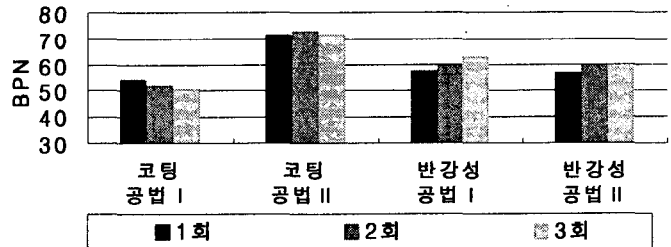


그림 4. 표면재료에 따른 BPN그래프

3.3.2 포장의 시간 경과에 따른 결과

측정시기의 변화에 따른 미끄럼저항값을 측정하기 위해 3차에 걸쳐 표면 양생 끝난 직후(1차), 버스전용차선 적용 전의 교통개방 후(2차), 버스전용차로 적용 3주일 후(3차)로 구분하여 그 결과를 표 4와 그림 5와 같이 나타내었다. 코팅공법Ⅱ와 반강성공법Ⅰ은 시간이 경과해도 수치가 크게 변하지 않았으나 코팅공법Ⅰ은 교통개방 후 미끄럼 값이 저하되다가 중앙버스전용차선 적용 후 상승하는 결과를 보였고, 반강성공법Ⅱ는 시간이 경과될수록 미끄럼저항값이 증가하는 양상을 나타내었다.

표 4. 시간경과에 따른 BPN값

측정 시기	코팅 공법Ⅰ	코팅 공법Ⅱ	반강성 공법Ⅰ	반강성 공법Ⅱ
1차	65	71	66	46
2차	41	72	62	53
3차	52	73	60	60

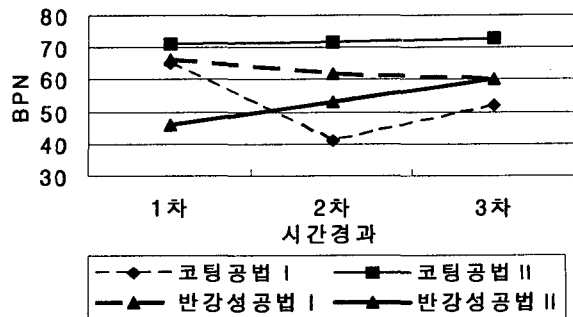


그림 5. 시간경과에 따른 BPN곡선



3.3.3 차로 위치의 위치에 따른 결과

버스전용차로 적용 3주일 후, 각 공법별로 차선의 바퀴가 통과하는 부분(Left, Right)과 통과하지 않는 부분(Center)으로 나누어 3회 미끄럼저항을 측정하였고 표 5와 그림 6과 같이 결과를 나타내었다. 코팅공법Ⅱ와 반강성공법Ⅰ은 차로의 위치에 의해 미끄럼 값의 영향을 거의 받지 않았다. 그러나 반강성공법Ⅱ는 바퀴자국이 있는 부분이 중앙보다 5이상 높은 값을 나타내었고 코팅공법Ⅰ은 그와 반대로 중앙값이 5이상 높은 값을 나타냈다.

표 5. 차로 위치에 따른 BPN값

위치	코팅 공법Ⅰ	코팅 공법Ⅱ	반강성 공법Ⅰ	반강성 공법Ⅱ
Left	48	73	58	60
Center	58	73	60	55
Right	53	70	62	61

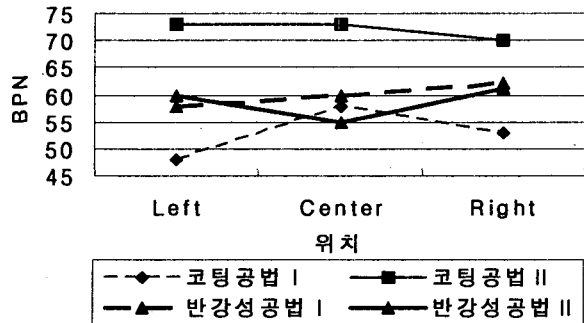


그림 6. 차로 위치에 따른 BPN곡선

4. 결론

본 연구를 통하여 중앙버스전용차로에 적용된 서로 다른 포장공법에 따라 미끄럼저항을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 주행차로구간에서 코팅공법Ⅰ은 시공 직후 우수한 미끄럼저항값을 보였으나 개통 후 표면 마모가 시작되면서 미끄럼저항치가 감소하다가 미끄럼저항값이 상승하는 기현상을 나타내었다. 이 공법은 시공 직후 미끄럼저항 대책이 필요하다. 코팅공법Ⅱ는 BPN지수 70 이상의 값을 나타냈다.
- (2) 반강성공법Ⅰ은 표면이 마모되는 과정에서 BPN지수가 60으로 일정하게 나타났다. 반강성공법Ⅱ는 시공 직후 BPN지수 46으로 나타났으나 마모가 진행되면서 미끄럼저항치가 상승하였다. 이는 시멘트 밀크가 마모되고 아스팔트 모체가 노출됨에 따라 점차적으로 미끄럼저항이 개선된 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 한국도로학회, “시흥-한강로 중앙버스전용차로 품질 및 성능평가”, 서울산업대학교, 2006. 1
2. 한국도로학회, “시흥-한강로 중앙버스전용차로 포장공법 선정시험”, 서울산업대학교, 2005. 11
3. 건설교통부, “도로안전시설 설치 및 관리지침”, 미끄럼방지시설 편, 1997. 8
4. 한국도로공사, “노면 미끄럼저항 증진방안에 대한 연구(Ⅱ)”, 1996. 12
5. 한국도로공사, “포장의 미끄럼저항 특성연구(Ⅲ)”, 1992. 12