

페이버 포장의 국내외 적용 사례 및 연구 동향

The Examples and the Trend of a Study of the Paver Pavement

안 남 식*, 조 윤 호**, 양 성 철***, 최 재 곤****

Ahn, Nam Shik, Cho, Yoon Ho, Yang, Sung Chul, Choi, Jae Gon

1. 서 론

전 세계가 산업화와 경제성장을 최우선으로 삼았던 시기가 1980년대라면, 1990년대는 이러한 국가 경제의 양적 팽창을 바탕으로 높아진 국민의 소득 수준에 맞는 삶의 질에 더 큰 관심을 기울이게 되었다. 그러한 관심은 사회·경제적 패러다임의 많은 변화를 가져왔고 도로포장 분야에서도 예외는 아니었다. 과거의 도로는 공간을 이동하기 위한 수단이라는 1차원적인 의미를 가졌지만, 현재의 도로는 인간이 삶을 영위하고 활동하기 위한 하나의 영역으로서 그 개념이 변화되고 있는 것이다.

일반적으로 도로의 기능은 이동성과 접근성으로 구분된다. 세계의 여러 선진국에서는 이동 기능이 중요한 고속도로에서는 접근 기능을 제한하여 교통류의 원활한 흐름을 우선시 하여 이동성을 확보하기 위해 아스팔트나 콘크리트 포장을 사용한다. 반대로 주거지역 내의 연결 및 국지도로에서는 이동 속도를 제한함으로써 접근성 및 안전성을 우선시하기 위해 마찰이 상대적으로 큰 페이버 포장(Paver 또는 Block Pavement)이나 둔덕을 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 국내에서는 도로의 기능성을 전혀 고려하지 않고 획일적인 포장 설계를 실시하고 있는 실정이다. 고속도로나 일반국도는 물론, 대도시의 학교 앞 도로까지도 고속을 주행할 수 있도록 하는 아스팔트 포장 일색인 것이 그 좋은 예이다. 페이버 포장의 경우 2003년 한국도로공사 발표 자료에 따르면 고속도로 노선상의 119개 휴게소 중 70%인 82개 휴게소에 블록포장을 포설하였으나 휴게소 이용차량의 대형화 및 인력식 시공의 한계 등에 의해 단차 및 부분침하 등의 파손이 발생하여 오히려 주변 경관을 저해하는 요인이 되었다. 따라서 도로 사용자에게 아름다움을 제공하기 위해서는 페이버 포장의 재료, 형상, 시공법 및 유지관리 공법 등에 대한 체계적인 연구가 절실한 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내의 주거지역 내 도로나 국지도로에서 사용할 수 있는 페이버 포장의 기초적 연구로서 페이버 포장의 국내외 적용 사례와 연구 동향에 대해 살펴보하고자 한다.

2. 페이버 포장

2.1 국내외의 적용 사례

페이버 포장은 주로 유럽의 여러 국가에서 손쉽게 찾아볼 수 있는데 도시의 역사가 오래되고 이전의 페이버 포장을 그대로 사용하는 것도 있기는 하지만 프랑스의 상들리제 거리 같은 데로에도 아름다운 페이버 포장을 설치 운영하고 있는 경우도 있다. 외국의 페이버 포장은 인도(sidewalk)는 물론이고 고궁이나 보존 건물 주변의 차도에도 많이 보급되어 있다. 재질은 콘크리트 또는 석재였으며 다양한 형태 및 색상으로 구성되어 있다. 그림 1에서 그림 7은 유럽 대도시의 다양한 페이버 포장의 적용 사례(철도 승강장, 공항, 일반 도로 및 인도, 등)들을 보여주고 있다. 일부 구간은 상대가 나빠 보수를 필요로 하는 곳도 많은 것으로 보아 유럽에서도 페이버 포장에 대해서는 정밀한 설계 및 유지 관리는 쉽지 않은 것으로 사료된다.

* 정희원, 홍익대학교 건축공학과 조교수, 공학박사, (041) 860-2681 (E-mail: nsahn@hongik.ac.kr)

** 정희원, 중앙대학교 건설환경공학과 부교수, 공학박사, (02) 820-5336 (E-mail: yncho@cau.ac.kr)

*** 정희원, 홍익대학교 건축공학과 조교수, 공학박사, (041) 860-2561 (E-mail: scyang@hongik.ac.kr)

**** 정희원, 홍익대학교 건축공학과 석사과정, (041) 860-2573 (E-mail: tsojae@hanmail.net)



그림 1. 철도 승강장의 페이버 포장

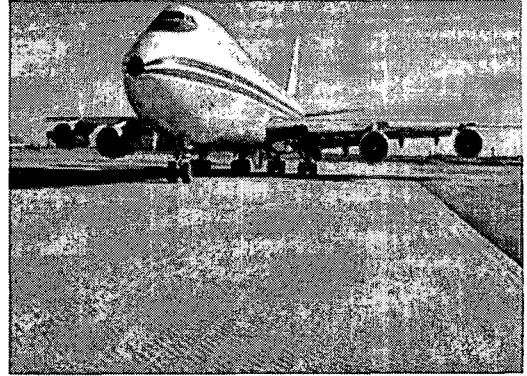


그림 2. 공항 활주로의 페이버 포장

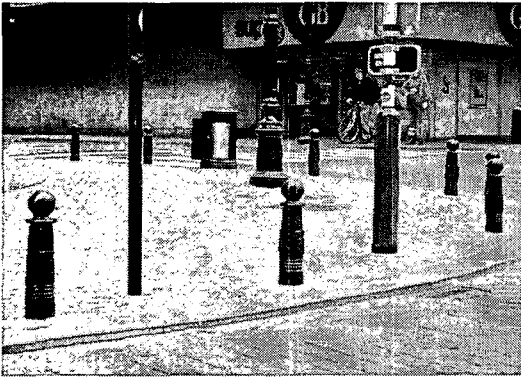


그림 3. 보도 및 차도의 페이버 포장



그림 4. 보도 및 차도의 페이버 포장

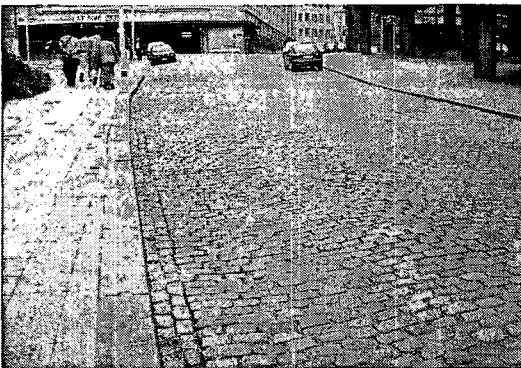


그림 5. 도심부의 페이버 포장



그림 6. 찍기 페이버 포장의 예



그림 7은 특수 형태의 투수 페이버 포장을 보여주고 있는데 이는 투수성 기층을 조성하여 강우 시 빗물이 땅속으로 스며들어 다른 곳으로 배수될 수 있도록 만든 실험적인 모델이다. 이러한 형태의 페이버 포장은 블록의 형태는 물론 페이버 포장을 지지하는 기층에 대한 연구가 병행되었을 것으로 사료된다. 그림 8은 2004년에 완공된 충남 천안의 한 아파트 단지 내에 조성된 페이버 포장의 예를 보여준다. 이 단지의 특징은 일반적인 아파트와는 차별화되어 단지 내에 아스팔트나 콘크리트 포장이 전혀 없고 자동차도로는 물론 인도 및 산책로에도 오직 페이버 포장으로만 설계되어 접근성과 안전성을 확보함과 동시에 부수적으로 미적인 효과까지 얻을 수 있는 훌륭한 사례라고 평가되고 있다.

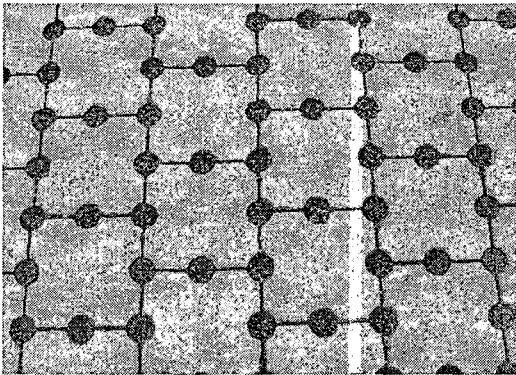


그림 7. 특수 형태의 투수 페이버 포장



그림 8. 천안의 아파트 단지(페이버 포장)

2.2 국내외의 기술동향

2.2.1 영국

영국에서는 블록의 강도, 줄눈부 채움모래(filler) 및 받침층 모래(bedding sand) 등의 기준을 영국표준시방 BS 6717에서 제시하고 있다. 포장 하부층의 설계 시 모든 층의 두께에 대한 결정은 CBR 실험을 통해 이루어지며 블록 받침층의 경우에만 모래 다짐 후 25mm 이상으로 규정되어 있다. 포장 시공은 대부분 기계식 시공으로 이루어지며 대표적인 시공 사례로서 루톤 국제공항의 활주로, 도시들의 주요 도로망, KENT의 A26과 A275구간 등을 들 수 있다.

2.2.2 일본

일본에서는 영국과 유사하게 블록의 휨강도, 미끄럼 저항 및 투수시험 기준을 제시하고 있다. 페이버 포장의 두께는 CBR을 근거로 설계되면 인력 및 기계식으로 페이버 포장의 시공이 이루어지고 있다. 유지관리 작업은 파손정도에 따라 체계적으로 수행하고 있다. 대표적인 적용 사례로서 삿포로시의 중앙로, 커뮤니티 도로 등을 들 수 있다.

2.2.3 미국

미국에서도 블록의 압축강도를 ASTM C 936에서 제시하고 있는데, 미 인터록킹 콘크리트 포장협회(ICPI)가 있어 페이버 포장의 기술개발 및 시장 형성에 밑바탕이 되고 있다. 또한 광촉매를 페이버 포장에 접목시켜 대기오염 물질인 NOx 등의 각종 배기가스를 제거하고 자기 정화 성능을 갖춘 환경친화적인 물질을 개발하고 있다. 미국의 페이버 포장은 그림 9에서 보는 바와 같이 매년 약 20%이상씩 그 포설 양이 증가하고 있으며 초기 공항 및 항만 그리고 도로 등의 공공사업 위주에서 이제는 주거 지역으로 그 영역을 확대해 나가고 있다. 대표적인 시공사례로서 달라스 포트워스 공항 활주로, 캘리포니아 항만, 워싱턴 워트포드 비치단지의 차도 등이 있다.

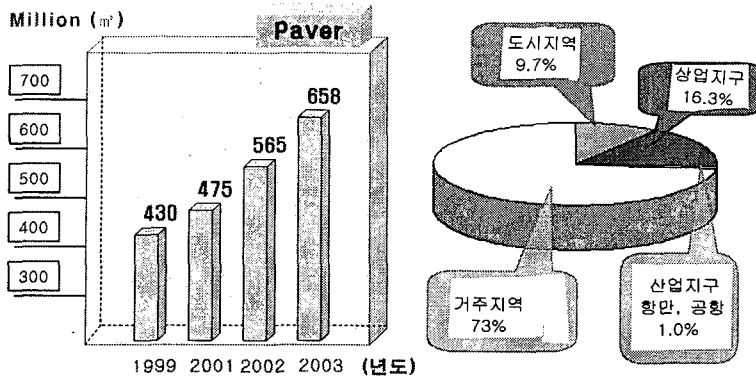


그림 9. 미국 페이버 포장 현황

2.2.4 유럽 및 기타 지역

유럽의 경우 저속의 과적 차량을 지지하는 능력, 포장의 유지보수 및 시공 후의 상태 점검의 용이함, 아름다운 외관, 횡단보도와 안내표시의 이용상 편리함 등의 페이버 포장의 장점을 이유로 여러 나라에서 도심부 도로의 건설에 활발하게 적용되고 있다. 페이버 포장의 사용빈도가 높아지고 자동차 전용도로의 이용 가능성에 대한 인식이 증가함에 따라, 콘크리트 페이버 포장은 고속의 시외 도로와 자동차 전용도로를 제외한 모든 형태의 도로에 적용되었다. 네덜란드의 경우 1950년 대 이후, 낮은 시공 비용과 치수의 정확도 증가로 인해 콘크리트 포장은 점토 벽돌로 대체되었다. 오스트레일리아와 뉴질랜드에서도 최근 콘크리트 페이버 포장이 주택가 도로 포장에 좀 더 효과적인 것으로 평가받고 있으며, 여러 가지 색과 형태를 적용함으로써 친환경적인 도로 건설이라는 페이버 포장의 장점을 살리고 있다.

2.2.5 국내

국내 페이버 포장의 기술은 전반적으로 낙후된 상태로 사용재료 및 블록의 품질 관리에 대한 엄격한 기준이 없이 시공되고 있는 실정이다. 공용성을 좌우하는 줄눈부 채움모래와 받침층 모래에 관한 논문이나 연구결과는 극히 드물었다. 안전성을 향상시키기 위한 다양한 표면 처리, 생산 및 유지기술, 대기오염 방지기술 등을 적용한 다양한 페이버 포장이 외국에서 개발되어 사용화 되고 있으나 국내에는 시도된 사례가 드물다. 또한 페이버 포장의 시공 기준이 명확히 제시되지 않은 상태에서 대부분 인력시공이 이뤄지고 있어, 단차나 부분침하 등의 구조적 파손 등이 조기에 발생하고 있다. 하지만 이와 같은 파손에 대한 유지, 보수 관리기준 마저도 마련되지 않은 것이 페이버 포장의 사용을 꺼리게 만드는 큰 요인으로 작용하고 있다. 따라서 기능과 내구성을 고려한 시공을 위하여 페이버 포장에 맞는 기준, 재료 및 시험장비의 개발이 시급한 실정이다.

2.3 국외의 연구 동향

전술한 바와 같이 국내의 페이버 포장에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 따라서 국외의 연구 동향을 살펴 보아 본 연구의 연구 방향을 설정하는데 그 목적을 두고자 한다. 국외의 페이버 포장에 대한 연구는 여러 선진국에서 진행 중인데 특히 일본, 독일 및 영국 등에서 활발히 이루어지고 있으며 최근의 연구 동향은 아래와 같다.

2.3.1 일본

Akihiko Karasawa[1]는 블록의 수직 변위와 줄눈의 폭과 블록의 갈라짐(chipping)과 어떤 관계가 있는지를 실험적으로 규명하였다. 사용된 블록의 형태는 현재 가장 많이 사용되는 N-N형과 S형의 블록을 사용하였고 줄눈의 폭, 그리고 교통하중을 모사한 반복하중을 각각 변화시켜 수직 변위와 줄눈의 폭과 블록의 갈라짐의 관계를 도출하였다. 실험 결과 블록의 돌출된 모서리와 끝부분이 반복하중이 가해질 때 갈라짐이 가장 많이 발생함을 알 수 있었고, 이에 대한 새로운 형태의 블록에 대해 제안하였다. Tatsuo Nishizawa[2]는 콘크리트 블록의 스폐링(spalling)



의 과정을 규명하기 위해 각 블록과 받침층 모래의 변위를 광탄성(photo-elastic) 시험과 유한요소해석을 이용해 분석하여 고찰하였다. 광탄성 시험을 통해 각 블록과 받침층 모래의 전단응력 분포가 도식화되었고 이를 컴퓨터를 이용한 유한요소해석을 통해 검증함으로써 콘크리트 블록의 스프링 과정을 설명할 수 있었다. 이 시험을 통해 교통하중의 수직하중은 압축력을, 수평하중은 전단력을 블록에 전달시켜 복잡한 과정을 거친 후 결국에는 스프링을 발생시키는 것으로 고찰되었다. Mamoru Kagata[3]는 블록의 치수(폭 또는 두께)가 페이퍼 포장의 구조 성능에 미치는 영향에 대해 실험과 유한요소해석을 통해 고찰하였다. 이 연구를 통해 페이퍼 포장의 구조 성능을 높이기 위해 블록의 치수를 증가시키는 것보다 받침층의 K 값을 증가시키는 것이 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

전반적으로 일본의 페이퍼 포장에 대한 연구는 블록의 형태나 치수를 변화시켜 실험과 컴퓨터 해석을 병행하여 고찰하는 방식으로 진행되었다.

2.3.2 독일

Adolph Veit[4]는 페이퍼 포장의 구조적 성능에 대한 고찰보다는 콘크리트 블록의 색상이나 재료적인 성능을 향상시키기 위한 콘크리트의 배합설계에 대해 연구하였다. 또한 페이퍼 포장의 받침층 두께, 줄눈채움 모래 및 다짐 방법 등에 대해서도 고찰하였고, 시험 결과 블록의 품질을 향상시키기 위한 방법을 제안하였다. Gerald Buechner[5]도 다른 독일 연구자와 마찬가지로 콘크리트 블록의 품질을 향상시키기 위해 색소의 개발 및 첨가방법 등을 연구하였고 또한 콘크리트 블록의 재료와 제조 과정을 개발하여 새로운 제안을 내놓았다. 전체적으로 독일에서는 블록의 형태나 구조적인 성능보다 재료나 색채 및 제조 과정에 초점을 맞춰 연구하고 있다.

2.3.3 영국

Allan J. Dowson[6]은 받침층 모래가 함유하고 있는 공기량과 자유수의 양이 페이퍼 포장의 구조적인 성능에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 5가지 종류의 조립물이 다른 모래를 사용하여 각각 공기량과 자유수의 양을 변화시켜 모래의 다짐 정도에 따라 페이퍼 포장의 구조적 성능을 측정하였고 상관관계를 도출하였다. Paul Lamparter[7]는 페이퍼 포장에서 블록 자체의 성능보다 블록이 파손되었을 때 보수용으로 쓰이는 충전제의 영향과 개발에 대해 연구하였다. 또한 환경친화적인 충전제를 사용함으로써 구조적은 물론 환경적으로도 여러 가지 장점이 있음을 입증하였다.

2.4 국내 페이퍼 포장의 파손

전술한 바와 같이 국내의 페이퍼 포장의 시공 기준이 명확히 제시되지 않은 상태에서 기계적이 장비를 사용하는 대신 대부분 인력시공이 이뤄지고 있어, 단차나 부분침하 등의 구조적 파손 등이 조기에 발생하고 있다. 그림 10에서 그림 15는 페이퍼 포장의 대표적인 파손 형태 및 종류를 보여주고 있다.



그림 10. 파손부 전경



그림 11. 파손부 근경



그림 12. 단차

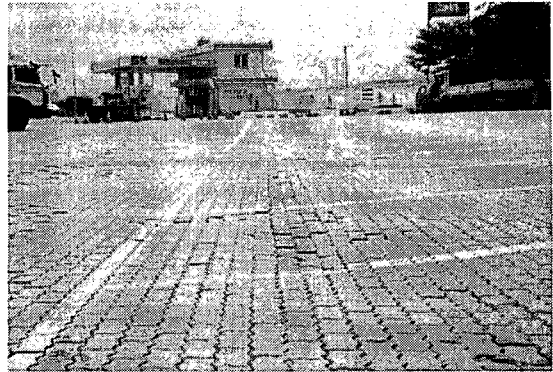


그림 13. 침하 및 파손



그림 14. 부분침하

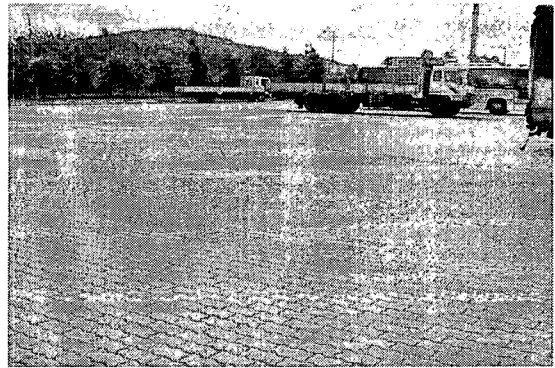


그림 15. 표면 탈색

참고문헌

1. Akihiko Karasawa, Yasuyuki Sano, "Study on Deflection and Joint Width of Interlocking Block Pavement Affecting Chipping of Block", p 71-80, JIPEA World Congress, 2000
2. Tatsuo Nishizawa, Sadanori Murai, Sigeo Suda, "Analysis of Spalling of Concrete Blocks by Photo-Elastic Experiment and FEM", p 90-97, JIPEA World Congress, 2000
3. Mamoru Kagata, Tatsuo Nishizawa, Minoru Hata, "Effects of Block Dimension on Structural Performance of Block Pavement for Roadways", p 98-107, JIPEA World Congress, 2000
4. Adolph Veit, "Suggestions for Improving Coloured Concrete Products", p 179-187, JIPEA World Congress, 2000
5. Gerald Buechner, Lutz Kohnert, "New Pigments for the Colouring of Construction Materials Processing Advantages at Zero Tariff", p 188-194, JIPEA World Congress, 2000
6. Allan J. Dowson, "The Influence and Effects of Water in Laying Course Material in Concrete Block Paving Construction", p 151-158, JIPEA World Congress, 2000
7. Paul Lamparter, "CBP Sealing Structural and Environmental Benefits", p 195-201, JIPEA World Congress, 2000
8. 조운호, "안전하며 아름다운 포장 시스템 개발", 연구개발 계획서, 2004