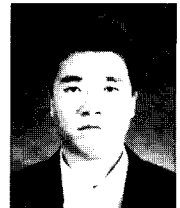


소음저감을 위한 투수 콘크리트 포장 공법



한 승 환 | 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원

1. 개요

친환경적인 배수를 목적으로 하는 투수 콘크리트 포장은 유럽 및 일부 도로 선진국에서 오래전부터 연구와 실용화가 진행되어져 왔다. 국내에서도 하재담¹⁾ 등이 스페인에서 실제 시공된 자료를 바탕으로 수행된 연구결과를 소개하였으며, 이외 에도 문한영²⁾ 등이 재료물성에 대한 실내실험 분석을 수행하였다. 특히 하재담의 기술기사에서 투수 콘크리트 포장의 구조, 실내실험, 배합, 시험시공 등에 대한 내용이 자세히 기술이 되어있다. 따라서 본 기사에서는 기본적인 내용은 배제하고 미국 등지에서 시공사례 및 투수 콘크리트 포장의 주요 논란이 되는 사항에 대해서만 간단히 기술하기로 한다.

시멘트량 등이 조정된다. 다음의 표 1은 참고자료를 검토하여 비교한 몇 가지의 투수 콘크리트 배합을 기술하는 것이다. 일반적으로 소요의 공극율을 확보하기 위해 잔골재를 조금 사용하거나 거의 사용하지 않기 때문에 배합이 되고 슬럼프가 작게 나와 작업성이 불량한 경우가 많다. 따라서 이에 대한 보완을 목적으로 한 화학적 혼화제의 사용이 매우 주요한 사항이 된다.³⁾

표 1. 투수 콘크리트의 배합 사례

구분	굵은골재 최대크기 (mm)	W/C (%)	S/a (%)	W	C (FA)	S	G	혼화제
스페인	20	28	20	106	380	386	1,522	고성능AE감수제
미국	10, 13	28	-	100	267 (89)	-	1,542	고성능AE감수제 유동화제
	10, 13	30	-	89	237 (59)	-	1,542	경화지연제

2. 투수 콘크리트의 특성

2.1 배합

투수 콘크리트의 배합은 보통 11~22% 정도의 공극율을 확보하는 콘크리트의 매트릭스 구조를 가지는 것이 일반적인데, 이러한 요구를 충족시키기 위하여 골재의 입도, 잔골재의 사용 유무 및 혼입량,

2.2 물리적 특성⁴⁾

투수 콘크리트의 물리적 특성으로 밀도 및 공극율, 투수성, 압축강도, 휨강도, 건조수축 특성 등이 주요한 사항이다. 밀도의 경우 투수 콘크리트는 일반적인

로 1,600~2,000kgf/m³ 정도의 값을 가지며, 설계에 따라 다르지만 20% 정도의 공극율을 유지시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다. 투수성은 공극율이 증가함에 따라 증가하는데, 보통 0.2~0.54cm/sec

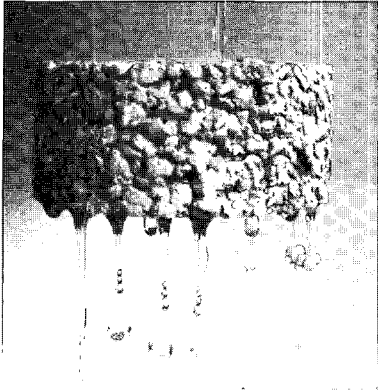


그림 1. 투수 콘크리트

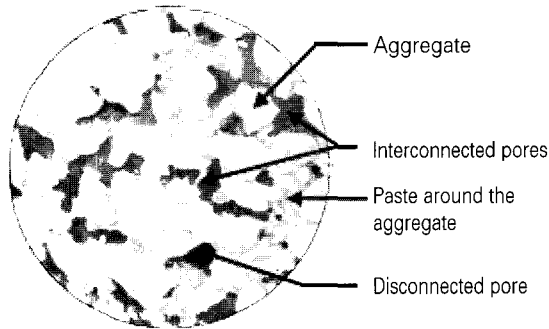


그림 2. 투수 콘크리트의 구조

의 범위를 가지나, 최대 1.2cm/sec의 투수계수를 나타내는 경우의 사례도 보고되고 있다.⁵⁾

압축강도 및 휨강도는 공극율이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보이는데 그림 3, 그림 4와 같이 20% 이내의 공극율에서는 20% 이내의 강도 저감 범위에서 압축 및 휨강도가 조절될 수 있다. 이후 기술하겠지만 투수 콘크리트 포장의 두께 설계를 일반 콘크리트 포장의 설계 기준에 맞추느냐, 아니면 다층 개념의 설계에 맞추느냐에 따라 압축 및 휨강도가 중요성을 달리할 수 있다.⁶⁾

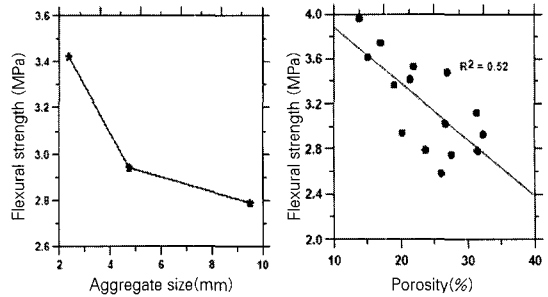


그림 3. 골재크기와 공극율에 따른 휨강도 변화 예시

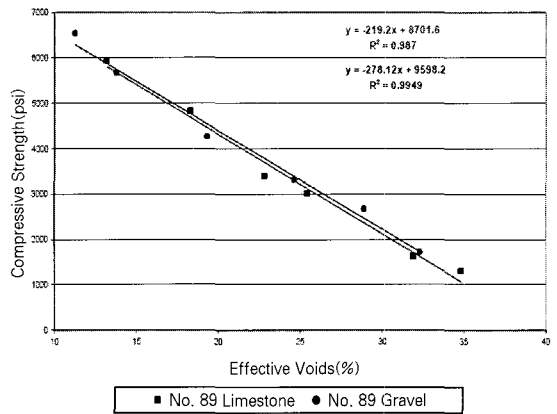


그림 4. 공극율과 압축강도 변화 예시

건조수축 특성은 일반 콘크리트에 비해 미분말의 양이 적기 때문에 작은 것으로 보고되고 있으나, 수축의 발생이 일반 콘크리트에 비해 조금 빨리 진행되는 것이 특징적이다. 슬럼프가 작은 배합으로서 통상 경화가 빨리 진행되는 것으로 알려져 있으며, 이와 같은 이유로 인해 작업성 확보를 위해 지연제를 혼화제로 첨가하기도 한다.

2.3 내구 특성

미국 내쉬빌에서 2006년도에 열린 투수 콘크리트 전문학회에서 가장 논의가 활발히 진행되었던 주제 중의 하나가 투수 콘크리트의 내구 특성에 관한 것이었다. 특히 동결융해 환경에서의 내구성이 집중적으로 논의가 되었는데, 일부 대학 연구소에서 수행된 실내 동결융해 실험결과에 의하면 투수 콘크리트

가 기전 상태에서의 동결융해 조건에는 저항성이 크지만, 포화된 습윤상태에서의 동결융해에 대한 저항성이 작다는 결과를 도출하였다.⁷⁾ 그러나 도로 기술자의 입장으로 미국 NRMCA(Ready Mixed Concrete Association)의 오하이오 지부 부사장인 Warren Baas가 미국 전역에 시공된 투수 콘크리트 포장의 추적조사와 각 주의 DOT 담당자와의 인터뷰 결과를 통해 대부분의 시공된 투수 콘크리트 포장에 동결융해에 의한 손상을 심각하게 받지 않았음을 제시하였다.⁸⁾ 즉 실험실 내에서의 결과들과 현장 조사 결과들이 서로 상충되는 면을 보였으며, 이는 실험실내의 동결융해 저항성 평가 실험(ASTM C 666)이 매우 가혹한 조건의 실험이어서, 실제 현장 조건을 정확히 반영하지는 않는 것으로 판단되었다.

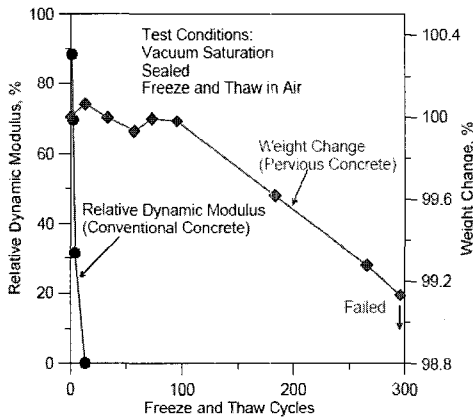


그림 5. 기전 동결융해에 의한 저항성

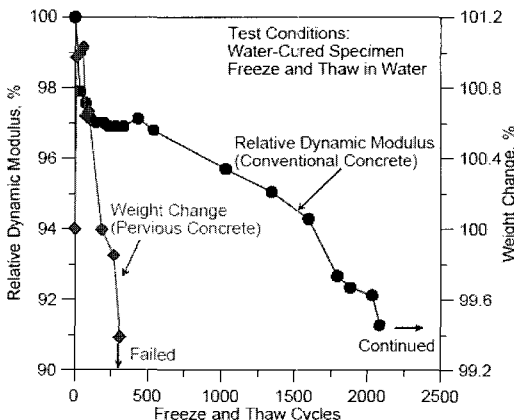
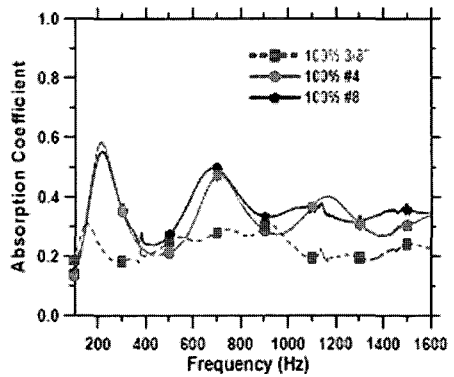


그림 6. 습윤 동결융해에 의한 저항성

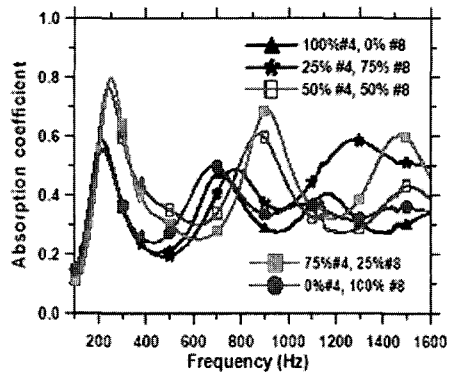
3. 투수 콘크리트 포장의 소음 저감 특성

기본적으로 투수 콘크리트 포장의 소음 저감 특성은 동일한 공극율을 가지는 아스팔트 포장의 배수성 또는 저소음 포장과 거의 유사한 저감 특성을 가지는 것으로 판단해도 될 것이다. 이에 대한 주요한 연구결과로는 미국 퍼듀대학에서 수행된 내용이 있는데, 이는 소음 저감 특성을 Impedence Tube 방법(ASTM E 1050-98)에 의한 투수 콘크리트 포장의 흡음 특성을 통해 정량적으로 평가하였다.⁹⁾

다음의 그림 7은 골재크기와 배합에 따른 투수 콘크리트 포장의 주파수 대역별 흡음 특성을 나타내는 것으로 그림 7(a)에서 알 수 있는 바와 같이 골재의 크기가 증가함에 따라 공극이 증가하여 흡음 특성이



(a) 단입도 골재



(b) 혼합 입도 골재

그림 7. 골재종류에 따른 투수 콘크리트 시편의 주파수별 흡음 계수

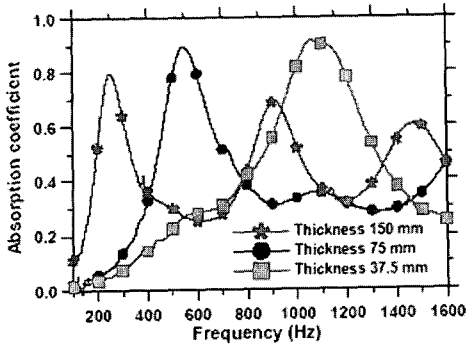


그림 8. 시편두께에 따른 흡음 계수

증가함을 알 수 있다. 그림 8은 75%의 #4 골재를 25%의 #8 골재를 혼입하여 만든 투수 콘크리트 시편의 두께를 37.5mm, 75mm, 150mm로 변화시켜 가면서 흡음 특성의 변화를 조사한 것으로 흡음 계수의 최대값들이 변동이 됨을 관측할 수 있다(#8 골재: 4.75mm 체를 통과하고 2.36mm 체에 남는 골재, #4 골재: 9.5mm 체를 통과하고 4.75mm 체에 남는 골재, 3/8" 골재: 12.5mm를 통과하고 9.5mm 체에 남는 골재).

4. 투수 콘크리트 포장의 두께 설계

투수 콘크리트 포장의 강도는 앞서 기술한 바와 같이 일반 콘크리트 포장에 비해 공극율의 원인으로 인해 낮은 값을 나타내는 것이 일반적이다. 따라서 기존의 콘크리트 포장 두께 설계에 의하면 동일 교통량에 대해 단면 두께를 키워야 하는 결과를 초래한다. 다음의 그림 9에서 보는 바와 같이 AASHTO 1993 콘크리트 포장 설계 방법에 의하면 약 30cm 두께의 콘크리트 포장에서 5cm 이상의 두께 증가가 필요한 것이다.

그러나 미국 NRMCA에 의하면 투수 콘크리트는 일반 콘크리트와 다른 물리적 특성으로 인해 설계자에 의해 아스팔트 포장 설계 개념을 따를 수 있다고 기술하고 있다. 이러한 점이 미국 내쉬빌에서 열린

투수 콘크리트 포장 전문학회의 또 다른 쟁점 중 하나였다. 즉 상대강도계수 개념의 설계를 통해 일반 콘크리트 포장의 두께 설계에서와 같은 과도한 단면 증가 없이 투수 콘크리트 포장을 설계 할 수 있다는 것이다.

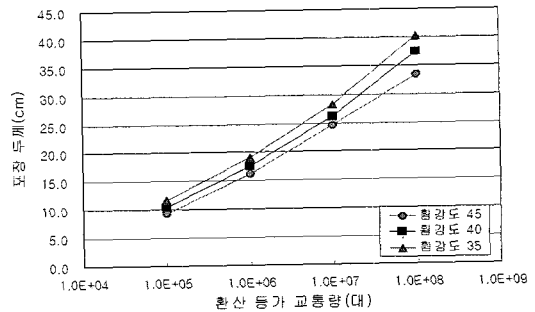


그림 9. 환산 등가 누적 교통량에 따른 휨강도의 포장 두께 영향



그림 10. 투수 콘크리트 포장 전경



그림 11. 투수 콘크리트 포장의 다양한 시공

5. 소결

이상에서 살펴 본 바와 같이 진보된 기능성 포장의 하나로 투수 콘크리트 포장이 활발히 검토 및 시공되고 있는 실정이다. 유럽의 경우에는 이미 상당한 수준으로 실용화되어 있으며, 미국의 경우에도 거의 미국 전역에 걸쳐 투수 콘크리트 포장에 대한 관심과 실용화가 진행되고 있다. 특히 오하이오주, 미네소타주, 아이오아주, 켄터키주 등지에서 활발한 적용이 이루어지고 있다. 국내에도 일부 회사들이 투수 콘크리트 포장을 시공하고 있으나, 보다 개방적이면서 적극적이고 활발한 연구를 통해 고품질의 투수 콘크리트 포장 개발과 건설이 필요한 것으로 판단된다. 국의 도로 선진국의 일반적인 공법을 독점화하여 기술 개발과 논의를 차단함으로써, 오히려 확대 보급될 수 있는 기회를 놓치지 않기를 바라는 바이다.

지속가능한 발전을 위한 친환경적인 소음저감 도로 건설이 주요한 가치 기준이 되어가는 시점에서 투수 콘크리트 포장의 활발한 연구 및 검토를 통한 설계 및 시공 기술의 발전과 보급은 큰 의미를 가지며 도로 포장의 다양성과 기술 발전을 이루는데 기여를 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 문한영, 김성수, 정호섭, "투수성 콘크리트 포장의 실용화를 위한 실험적 연구," 한국콘크리트 학회지, 제 10권, 3호, 1998.
2. 조운호, 여성훈, "갈라 투수 콘크리트의 잔골재 함유량 추정 연구," 한국도로포장공학회 학술발표회 논문집, 2001.
3. 하재담, 하상욱, "투수 콘크리트 포장의 배합설계 및 시공사례," 한국도로포장공학회지, 제2권, 제2호 기술기사, 2000.
4. L. K. Crouch, "Pervious PCC Compressive Strength in the Laboratory and the Field: The Effects of Aggregate Properties and Compactive Effort," Concrete Technology Forum -Focus on Pervious Concrete-, Nashville, USA, 2006.
5. Pervious Concrete, National Ready Mixed Concrete Association, USA, 2006.
6. Mark Bury, Christine Mawby, "Pervious Concrete Mixes -The Right Ingredients and Proportions are Critical to Success," Concrete Construction, The World of Concrete, USA, 2006.
7. N. Neithalath, R. Garcia, and Jan Olek, "Tire-Pavement Interaction Noise : Recent Research on Concrete Pavement Surface Type and Texture," 8th International Conference on Concrete Pavements, ISCP, 2005.
8. Warren P Baas, "Pervious Concrete Pavement Surface Durability in a Freeze-Thaw Environment -where rain, snow, and ice storms are common occurrences-", Concrete Technology Forum-Focus on Pervious Concrete-, Nashville, USA, 2006.
9. Zhifu Yang 외, "Influence of Moisture Conditions on Freeze and Thaw Durability of Portland Cement Pervious Concrete," Concrete Technology Forum -Focus on Pervious Concrete, Nashville, USA, 2006.