

폴리머 콘크리트의 최적 배합 비율 결정 및 저·고온 환경 실험을 통한 외부 환경 온도 변화에 따른 물리적 특성 평가

Determination of optimum mixing ratio of polymer concrete and evaluation of the physical properties according to the external temperature changes

*정경채¹, #장승환¹, 노인택¹, 한민구¹

*K. C. Jung¹, #S. H. Chang(phigs4@cau.ac.kr)¹, I. T. Roh¹, M. G. Han¹

¹중앙대학교 기계공학부

Key words : Polymer concrete, Compressive strength, FBG optic sensor, Environment test, Strain monitoring

1. 서론

포틀랜드 시멘트 콘크리트는 우수한 구조적 특성과 강도, 내구성, 경제성과 같은 다양한 이유로 대표적인 활주로 유지보수 재료로 사용된다. 하지만 포틀랜드 시멘트 콘크리트로 유지보수 하는 경우 충분한 강도를 내기 위해서는 오랜 시간(28일)이 소요된다. 또한 큰 건조수축, 낮은 인장 강도와 접착 강도로 인해 시멘트 콘크리트를 이용한 유지보수 시 포장 수명은 기대 이하이다[1]. 이러한 문제들을 해결하기 위해 새로운 포장 재료에 대한 연구가 많은 학자들에 의해서 진행되고 있다[2]. 대표적인 신 재료로 결합재를 폴리머로 대체한 폴리머 콘크리트(Polymer concrete)가 있다. 폴리머 콘크리트란 시멘트 콘크리트 제작 시 결합재로 사용되는 시멘트를 폴리머로 대체하여 제조한 콘크리트를 의미한다. 폴리머 콘크리트는 빠른 경화 시간과 우수한 물리적 특성으로 인해 토목 분야 및 건설 관련 분야에서 활발히 사용되어지고 있다. 특히 에폭시를 이용한 폴리머 콘크리트의 경우 낮은 수축률과 골재와의 강한 결합력으로 인해 기존 시멘트 콘크리트와의 접착력이 우수하다. 이와 같은 장점으로 인해 외부 환경에 대한 내구성이 우수하며, 효율적인 유지보수가 가능하다. 또한 토목 건축물의 파손과 내구성 저하를 효과적으로 모니터링 하기 위한 기술의 필요성이 과거부터 제시되어왔다. 다양한 모니터링 방법 중 광섬유 브래그 격자 센서(Fiber Bragg Grating optic sensor)를 이용한 모니터링 기법은 비파괴적인 방법일 뿐만 아니라 장기간의 모니터링이 가능하기 때문에 대형 구조물의 모니터링에 적합하다[3].

본 연구에서는 에폭시를 이용한 폴리머 콘크리트의 물성 실험을 진행하였으며, 환경 온도 조건의 변화에 따른 물성 변화 및 열팽창계수를 측정하여 해당 재료의 실제 환경에서의 적용 가능성을 평가하였다.

2. 시편 제작

본 연구에서 사용한 재료는 크게 폴리머와 골재로 나뉜다. 폴리머 계열의 재료는 에폭시(YD-128)와 경화제(KH-891)를 사용하였으며, 골재의 경우 4호사(0.85~1.2mm)와 6호사(0.25~0.6mm)를 사용하였다. 골재는 실제 현장에서 사용하는 재료를 사용하였으며, 2:1의 무게분율로 배합을 진행하였다. 폴리머의 경우 재료를 구매한 업체(KUKDO Chemical, 국도화학)로부터 전달받은 100:96의 질량비로 배합을 진행하였다. 배합비율에 따른 물리적 특성의 변화를 평가하기 위해 시편제작 시 다양한 질량비로 골재와 폴리머의 배합을 진행하였다.

3. 물리적 특성 평가

본 연구에서는 폴리머 콘크리트의 물리적 특성을 평가하기 위해 압축실험을 진행하였다. 압축시험은 만능시험기(MTS-810)와 압축 플레이트(Compressive platen)를 이용하여 진행하였다. 모든 시편은 상온(25°C)에서 6시간 동안 경화가 이루어졌으며, 1.25mm/min의 속도로 실험이 진행되었다. 시편은 20×20×60mm³의 크기로 제작되었으며, 배합비율은 90:10, 85:15, 80:20, 70:30 총 4가지 비율을 사용하였다. Fig. 1에 실험결과를 나타내었으며, 80:20의 배합비로 제작한 시편의 경우 가장 우수한 강도와 강성을 보이는 것을 확인하였다.

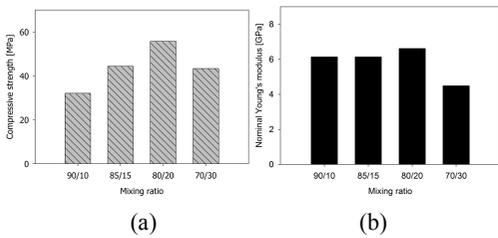


Fig. 1 Compressive test result; (a) Compressive strength, (b) Nominal Young's modulus

4. 저·고온 환경시험

주변 온도환경의 변화에 따른 폴리머 콘크리트의 물성 변화를 파악하여 실제 현장에서의 적용 가능성을 판단하기 위해 저온환경(-20°C)과 고온환경(50°C)에서 환경시험을 진행하였다. 시편은 상온 시험에서 가장 우수한 물성을 지니는 것으로 판단되어진 80:20의 질량비로 제작하였다. 시편을 충분히 환경에 노출시키기 위해 환경챔버 (Environment chamber)를 이용하여 최소 1시간 동안 해당 온도에 노출시켰다. 환경 조건에 따른 물리적 특성 변화는 압축 시험을 통해 평가하였으며, 시험 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 열팽창계수의 경우 광섬유 브래그 격자 센서를 이용하여 측정하였다. 열팽창계수 측정 시 -20°C부터 50°C까지 단계별로 10°C씩 증가시켰으며, 각 단계별로 최소 1시간 동안 충분히 환경에 노출시켜 시편의 온도를 환경 온도와 동일하게 하였다. 열팽창계수 측정 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

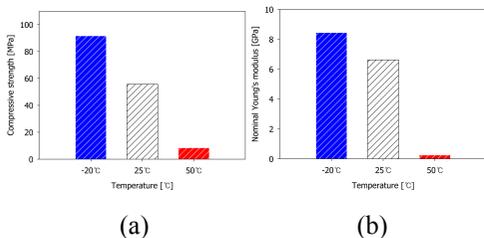


Fig. 2 Environmental test of polymer concrete; (a) Compressive strength, (b) Nominal Young's modulus

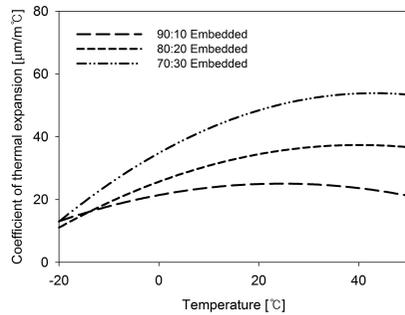


Fig. 3 Coefficient of thermal expansion of polymer concrete

5. 결론

본 연구에서 진행한 다양한 조건에서의 실험 결과 최적 배합비율을 80:20으로 결정하였다. 80:20의 배합비로 제작한 경우 가장 우수한 물리적 특성을 지니는 것을 확인할 수 있었으며, 환경시험 결과 고온 환경에서 크게 물성저하가 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 물성 저하로 인해 실제 유지보수에 사용하는 경우 문제가 발생할 수 있으며, 이를 고려하여 고온특성이 우수한 재료를 사용하여 문제를 해결할 필요가 있다.

후기

본 논문은 국토해양부와 한국건설교통기술연구원의 국토해양기술 연구개발사업인 “저탄소 녹색 공항 포장 시공 및 유지관리 기법개발”의 연구 지원으로 중앙대학교 녹색공항공항 연구단 산하에서 수행되었으며 이에 관계자분들께 감사드립니다.

참고문헌

- Mani, P., Gupta, A. K. and Krishnamoorthy, S., “Comparative study of epoxy and polyester resin-based polymer concretes,” *International Journal of Adhesion and Adhesives*, **7**, 157-163, 1987.
- Agavrioloaie, L., Oprea, S., Barbuta, M. and Luca, F., “Characterisation of polymer concrete with epoxy polyurethane acryl matrix,” *Construction and Building Materials*, **37**, 190-196, 2012.
- Moyo, P., Brownjohn, J. M. W., Suresh, R. and Tjin, S. C., “Development of fiber Bragg grating sensors for monitoring civil infrastructure,” *Engineering Structures*, **27**, 1828-1834, 2005.