

황토콘크리트의 역학적 특성에 대한 실험적 연구

An Experimental Study on the Mechanical Properties of Hwangtoh Concrete

탁 소 영* 홍 건 호** 김 장 호***

Tak, So Young Hong, Geon Ho Kim, Jang Ho

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze mechanical properties through an experiment of concrete that reinforced PET fiber, blast furnace slag and Hwangtoh. As admixture that is substitute material of cement for environmental concrete development

In order to measure compressive strength, the experiment has executed to concrete, Hwangtoh concrete and a mixture specimen of Hwangtoh and PET reinforcement fiber. Also, creep and drying shrinkage experiment have executed to analyze long-term quality of specimens.

Test results, compressive strength by age was not much of difference as a substitute, however, compressive strength of HTC specimen was the strongest of the three specimens. In the case of creep and drying shrinkage, long-term quality of HTC specimen was distinguished.

요 약

본 연구는 친환경 콘크리트의 개발을 위하여 시멘트 대체재료인 혼화재료로서 황토, 슬래그 및 PET보강섬유를 혼입한 콘크리트의 역학적 특성을 분석하는데 목적이 있다. 이를 위하여 콘크리트(SC), 황토콘크리트(HTC), 황토 및 PET보강섬유가 혼입된 시험체(HTPC)를 대상으로 재령별 압축강도 실험을 실시하였으며, 시험체의 장기특성을 분석하기 위한 크리프 및 건조수축 실험을 실시하였다.

실험결과, 재령별 압축강도는 시험체 별로 큰 차이를 나타내지 않았으나, HTC 시험체의 압축강도가 가장 큰 것으로 나타났으며, 크리프 및 건조수축의 실험결과 HTC 시험체의 장기특성이 가장 우수한 것으로 판명되었다.

* 정회원, 호서대학교, 건축학과 구조대학원, 석사과정
** 정회원, 호서대학교, 건축공학과, 교수
*** 정회원, 연세대학교, 토목환경공학과, 교수

1. 서 론

최근 환경적인 문제와 자원고갈 등으로 인해 친환경 콘크리트의 개발에 대한 많은 연구가 수행되어지고 있으며, 특히 환경친화적인 혼화재료를 사용한 친환경 콘크리트의 연구가 활발하게 진행되고 있다.

본 연구에서는 순환자원인 고로슬래그 시멘트를 사용하고, 국내 토양의 상당량을 차지하며 친환경적인 혼화재료로 사용할 수 있는 황토를 메타카올린계의 활성황토로 활성화시켜 사용하였다. 또한 PET병을 재활용하여 만든 PET 보강섬유를 콘크리트 부재의 균열제어용 섬유로 사용하여 황토 혼화재와 PET보강섬유가 콘크리트의 역학적 특성에 미치는 영향을 분석하도록 하였다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 사용재료

본 실험에서 사용된 시멘트는 KS L5210 고로슬래그 시멘트에 규정된 시멘트와 콘크리트용 고로슬래그 미분말을 7:3 비율로 섞어 비중 3.05, 분말도 0.34m³/g의 S사의 고로슬래그를 사용하였다. 잔골재는 비중 2.6의 강원도 주문진산 표준사를 사용하였고, 굵은 골재는 청주근교 K업체의 최대치수 25mm 쇄석골재를 사용하였다. 황토는 전남 고창군에서 생산된 천연황토를 850℃로 소성시켜 활성화 한 것으로 비중 2.72, 분말도 0.33m³/g인 활성황토를 사용하였다. 또한 PET보강섬유는 Embossed 종류를 사용하였고, 실험에 사용된 재료의 물성은 아래 표 1, 표 2와 같다.

표 1 황토의 물성치

화합성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	TiO ₂	Na ₂ O
비율(%)	42.5	36.6	4.05	0.69	0.57	0.41	0.23	0.18

표 2 PET보강섬유 물성치

보강섬유 종류	지름(mm)	길이(mm)	밀도(g/cm ³)	탄성계수(MPa)	인장강도(MPa)	극한인장률(%)	접착강도(MPa)
Embossed	0.2×1.3	50	1.38	10,175.4	420.7	11.2	2.54

2.2 실험 계획

본 연구에서는 예비실험을 통하여 얻어진 배합비를 사용하여 황토콘크리트와 PET보강섬유를 혼입한 황토콘크리트의 압축강도 실험, 건조수축 실험, 크리프 실험을 실시하였다. 표 3은 활성황토와 고로슬래그를 혼합한 3성분계 콘크리트의 배합표이며, 황토 치환율과 PET를 주요 변수로 하여 시험체를 제작하였다. 기준시험체는 슬래그시멘트 콘크리트로 하였고, 황토를 혼화재로 첨가한 경우와 황토배합에 PET보강섬유를 혼입한 경우에 대하여 실험을 실시하였다.

표 3 콘크리트 배합표

시편	W/B(%)	S/A(%)	황토 치환율(%)	중량배합(kg/m ³)					
				W	SC	HT	S	G	PET fiber
SC	43	50	0	389.9	914.7	-	853.5	853.5	-
HTC			25		689.9	224.7			-
HTPC			25		689.9	224.7			13.8

2.3 실험 방법

본 실험은 각 시험체 제작후 재령 7일동안 습윤양생 후 온도 22℃, 습도 60%의 항온·항습실에서 실험이 진행되었다. 압축강도 실험은 100mm×200mm의 원주형 공시체를 배합별로 3개씩 제작하여 KS F 2405 시험방법에 따라 재령 7일, 14일, 28일, 56일의 압축강도를 200ton 용량의 유압식 만능 재료시험기(UTM)를 이용하여 측정하였다. 건조수축 실험은 400mm×100mm×100mm의 장방형 공시체를 각 배합에

따라 3개씩 제작하여 재령 7일의 공시체 상부에 콘크리트용 변형률 게이지를 부착하여 콘크리트의 변형률을 측정하였다. 크리프 실험은 ASTM C 512 규정을 참조하였고, 배합별로 150mm×300mm의 표준공시체를 제작하여 재령 28일 압축강도의 40%를 재하하여 120일 동안 실시하였다. 크리프 변형률은 그림 3과 같이 시험기 좌·우로 다이얼 게이지를 장착하여 7일 간격으로 측정하였다.



그림 1 압축강도 실험 전경



그림 2 건조수축 실험 전경



그림 3 크리프 실험 전경

3. 실험 결과 및 분석

3.1 압축 강도

혼화제로 사용된 황토가 콘크리트의 강도발현에 미치는 영향을 알아보기 위해 각 시험체의 재령별 압축강도를 비교한 결과 그림 4와 같다. 황토콘크리트(HTC)의 압축강도는 재령 7일, 14일, 28일, 56일에서 각각 30.93MPa, 36.54MPa, 38.81MPa, 41.2MPa 으로 기준 시험체보다 평균적으로 11%정도 증가하였다. 이는 기존의 연구 결과와 비슷한 결과로서 황토의 포졸란 반응으로 시간이 지나면서 황토콘크리트의 압축강도가 증가된 것으로 판단된다. PET보강섬유를 혼입한 황토콘크리트의 경우에는 기준 시험체와 비교할 때 재령 7일, 14일의 강도차이는 크지 않았으나, 재령 28일 이후 9%의 강도 증가를 나타냈다. 반면 황토콘크리트의 압축강도와 비교한 결과 5%의 강도감소를 보였으며, 이는 PET보강섬유를 혼입함으로써 압축력에 저항하는 유효단면적의 감소로 인한 것으로 판단된다.

3.2 건조수축

건조수축 실험결과 그림 5와 같이 SC 시험체의 건조수축은 620×10^{-6} 으로 가장 크게 나타났다. 초기 수축변형률은 PET보강섬유를 넣은 황토콘크리트가 작게 나타났으나, 균열이 발생한 시점에서 황토콘크리트(HTC)와 PET보강섬유를 혼입한 황토콘크리트(HTPC)의 건조수축은 각각 411×10^{-6} , 412×10^{-6} 으로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 분석결과 SC시험체에 대하여 건조수축이 30%정도 감소한 것으로 나타났으며, 이는 혼화제로 사용된 황토로 인하여 시멘트 사용량이 감소하여 건조수축이 감소한 것으로 판단된다.

3.3 크리프

전체적인 크리프 변형 결과는 그림 6과 같이 초기 재령에서 변형량이 급격히 증가하였으나 재령 20일 이후부터 재하재령에 따라 일정한 증가를 보였고, 초기변형 속도보다 느리게 나타났다. 그림 7에 재령 120일의 크리프 변형률을 배합별로 비교하였다. 배합별 크리프 변형률은 HTPC 시험체의 변형률이 0.00087로 가장 크게 나타났으며, SC 시험체와 HTC 시험체 각각의 변형률은 0.00078, 0.00061로 황토를 혼화제로 사용한 시험체의 크리프 변형량이 가장 작게 나타났다. 이는 건조수축 실험결과와 같이 황토 사용으로 인해 시멘트 사용량이 감소하여 크리프 변형률이 감소한 것으로 판단된다. 또한 PET섬유를 보강한 황토콘크리트의 변형률이 가장 큰 것은 섬유보강으로 인해 콘크리트의 구성성분과의 표면/체적비에 의해 크리프 변형률이 시간이 경과함에 따라 증가한 것으로 판단된다.

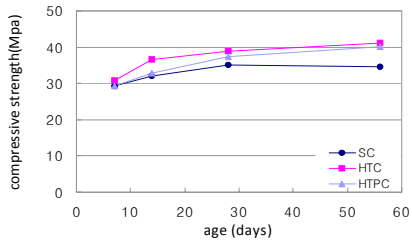


그림 4 각 시험체의 재령별 압축강도 비교

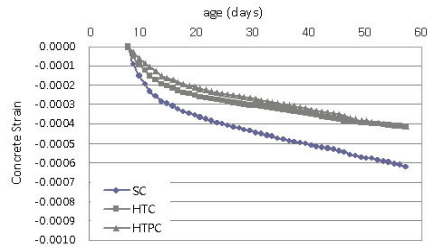


그림 5 재령에 따른 건조수축 변형률

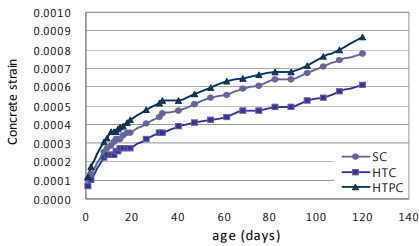


그림 6 재령에 따른 크리프 변형률

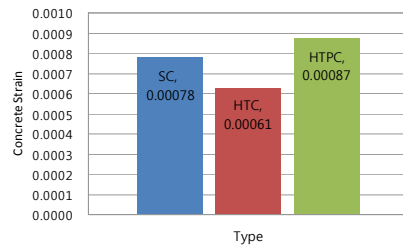


그림 7 배합별 재령 120일의 크리프 변형률

4. 결론

본 연구에서 압축강도, 건조수축, 크리프 실험을 통하여 황토콘크리트와 PET보강섬유를 혼입한 황토콘크리트의 역학적 특성을 분석한 결론은 다음과 같다.

- 1) 압축강도 실험결과를 비교분석해 본 결과 압축강도의 크기는 슬래그시멘트 콘크리트 < PET섬유보강한 황토콘크리트 < 황토콘크리트 순으로 나타났다.
- 2) PET보강섬유를 혼입한 황토콘크리트의 초기수축 변형률이 가장 작게 나타났으나, 균열이 발생되는 시점에서 황토콘크리트와 PET보강섬유를 혼입한 황토콘크리트의 자유수축 변형률은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.
- 3) 크리프 변형률은 혼화재로 황토를 사용함으로써 콘크리트의 변형률이 기준 시험체보다 20%정도 감소하였으나, PET보강섬유를 혼입한 황토콘크리트의 크리프 변형률은 13%정도 증가하였다.

감사의 글

이 논문은 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(지방연구중심대학육성사업/ 바이오하우징연구사업단)

참고문헌

1. 황혜주, 이종국, 양준혁, “황토결합체의 기초물성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회논문집 구조계 제 24권 제 1호, 2008.
2. 정연백, 양근혁, 황혜주, 정현수, “황토와 고로슬래그 미분말을 첨가한 콘크리트의 역학적 성능평가”, 대한건축학회논문집 구조계 22권 5호, 2006.
3. 조병완, 태기호, 김철환, “단기 크리프 실험을 이용한 PET 재활용 폴리머콘크리트의 장기 크리프거동 예측”, 한국콘크리트학회 논문집 제 16권 4호, 2004.