

PET보강섬유를 혼입한 황토콘크리트의 건조수축 및 균열저항성에 관한 실험적 연구

An experimental study on shrinkage and crack resistance of Hwang Toh concrete mixed with PET fiber

김현영* 김성배** 이나현*** 한병구**** 김장호****
Kim Hyun Young Kim Sung Bae Yi Na Hyun Han Byung Goo Kim Jang Ho

ABSTRACT

To decrease the usage of cement, the pozzolan reaction materials are used as a mineral admixture. Hwang Toh which is broadly deposited in Korea is well known as a environment friendly material and the activated Hwang Toh which has the property of pozzolan reaction is practically used as a mineral admixture of concrete. PET fiber which is made by recycled PET bottle controls micro crack in concrete. But the study about concrete mixed with reinforcing fiber is not enough and the property of Hwang Toh concrete mixed with PET fiber is more complicated case. So this study performed drying shrinkage experiment to analyse mechanical property of Hwang Toh concrete mixed with PET fiber.

요약

시멘트 사용량을 줄이기 위한 방법으로 포졸란 반응재료들이 혼화제로 사용되고 있다. 우리나라 전역에 널리 매장되어 있는 황토는 친환경 재료로서, 포졸란 반응을 하는 활성황토는 콘크리트의 혼화제로 활용성이 증가하고 있다. 또한 PET보강섬유는 폐 PET병을 재활용하여 만든 친환경재료로서 콘크리트에 혼입되어 미세균열을 제어하는 역할을 한다. 하지만 보강섬유를 혼입한 콘크리트에 대한 연구는 아직도 미비한 실정이고 황토를 혼화제로 사용한 콘크리트의 경우 황토 혼화제의 포졸란 반응과 보강섬유의 보강효과가 복합적으로 나타날 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 황토와 PET보강섬유를 혼입한 콘크리트 거동 특성을 분석하기 위하여 건조수축 시험을 통해 황토와 PET보강섬유를 혼입한 콘크리트의 재료특성을 평가하였다.

*정회원, 연세대학교 토목공학과 석사과정

**정회원, 연세대학교 토목공학과 박사과정

***정회원, 연세대학교 건설공학연구소 연구원

****정회원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 조교수

1. 서론

전 세계적으로 환경 문제를 의식하여 친환경 건설재료의 개발 및 적용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 콘크리트의 구성성분 중 하나인 시멘트는 제조, 생산 시 온실가스의 주범인 이산화탄소가 다량 방출되며 먼지와 분진 또한 많은 양이 발생하여 환경문제를 유발하고 있다. 이에 환경친화적 재료를 사용하여 시멘트 사용량을 줄이려는 노력들이 계속되고 있다. 이러한 노력의 일환으로 포졸란 반응 재료들을 혼화제로 사용하기 위한 연구가 다각적으로 수행되고 있다. 최근 국내에서는 매장량이 풍부하고 친환경재료인 황토를 고온에서 활성시킨 활성황토가 포졸란 반응의 활성도가 매우 높아 혼화재료로서의 활용 가능성이 뛰어나다는 연구가 보고되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 황토를 건설재료로 활용하기 위한 기초적인 연구로 건조수축과 균열저항성을 평가하고자 한다. 또한, 황토의 균열저항성을 향상시키기 위한 일환으로 친환경 보강섬유인 재생 PET fiber를 혼입한 황토 콘크리트도 비교·분석하였다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구에서는 2004년 제정된 KS F 2595 콘크리트의 건조수축균열 시험방법에 따라 슬래그 시멘트 콘크리트, 황토콘크리트, PET보강섬유가 혼입된 황토콘크리트의 건조수축 시험과 균열저항성 시험을 실시하였다. 각 시험에 사용된 콘크리트의 배합은 표 1과 같다.

표 1. 시험 배합표

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

2.1 자유수축변형 시험

콘크리트의 건조수축으로 인해 발생하는 구속되지 않은 콘크리트의 길이 변화율을 측정하기 위하여 자유수축변형 시험을 실시하였다. 시험장치는 한국산업규격에서 제정한 KS F 2424 모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험방법에 명시된 가로 400mm, 세로 100mm, 높이 100mm의 강재로 제작된 거푸집을 사용하였다. 자유수축변형 공시체는 배합에 따라 각각 3개의 시편을 제작하였으며 타설 후 습윤 양생을 실시하였다. 공시체의 거푸집 탈형은 재령 7일에 실시하였으며, 탈형 후 자유수축변형률 측정을 위하여 공시체의 상부에 콘크리트용 변형률 게이지를 부착하여 콘크리트의 변형률을 측정하였다.

2.2 외부구속균열 시험

황토와 PET보강섬유가 콘크리트의 건조수축균열에 미치는 영향을 분석하기 위하여 한국산업규격에서 제정한 콘크리트의 건조수축균열 시험방법에 따라 외부구속균열 시험기를 사용하여 실험을 수행하였다. 시험

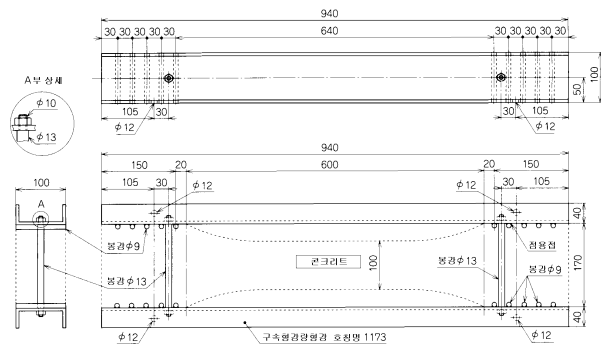


그림 1 외부 구속형 건조수축균열 시험장치

장치는 그림 1과 같으며, 강재로 제작된 거푸집을 사용하였다. 거푸집은 저판, 측판, 구속판으로 구성되어 있다.

외부구속균열 공시체는 배합에 따라 각각 3개의 시편을 제작하였으며 콘크리트 타설 후 습윤 양생을 실시하였다. 공시체의 거푸집 탈형은 재령 7일에 실시하였으며, 탈형 후 구속수축변형률 측정을 위하여 공시체의 상하면 중앙부에 콘크리트용 변형률 게이지를 부착하여 콘크리트의 변형률을 측정하였으며, 구속판 변형률 측정을 위하여 구속판의 중앙부에 변형률 게이지를 부착하였다. 균열발생 확인은 재령 60일까지 매일 1회 육안으로 실시하였으며 균열발생 위치와 균열 발생일수를 기록하였다.

3. 재료 특성

본 실험에서 사용한 황토는 전남 고창군에서 생산된 것으로, 천연황토를 850°C로 소성시킨 비중이 2.72이고 분말도가 0.33m²/g인 활성황토를 사용하였고 황토의 화학조성은 표 2와 같다. 또한 건조수축 균열 제어를 위하여 폐 PET 병을 재활용하여 만든 PET보강섬유를 사용하였고, PET보강섬유의 물성치는 표 3에 나타내었다.

표 2 황토의 화학조성

화학적분	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 3 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

4. 실험결과 및 분석

4.1 자유수축변형 시험결과 분석

그림 2에 나타난 자유수축변형 실험결과를 살펴보면 HC시험체와 PHC시험체의 자유수축변형률은 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, SC시험체의 자유수축변형률은 HC시험체와 비교하였을 때 약 40%정도의 변형률 증가를 나타냈다. 이는 혼화제로 사용된 황토로 인하여 시멘트 사용량이 감소하여 건조수축이 감소한 것으로 판단된다.

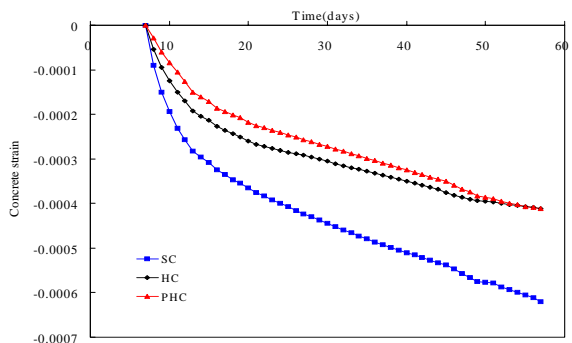


그림 2 배합별 자유수축변형

4.2 외부구속균열 시험결과 분석

외부구속균열 실험에서 각 배합별 균열발생일수를 정리하면 표 4와 같다. 균열발생일수는 SC시험체, HC시험체, PHC시험체 순으로 증가하는 데 일반적으로 균열발생일수가 늦어질수록 건조수축이 감소함을 나타낸다. 외부구속균열 실험결과에 따르면 HC시험체의 균열발생일수는 SC시험체의 균열발생일수에 비하여 약 20일 정도 늦게 발생하였다. 이는 HC시험체의 건조수축 변형률이 SC시험체의 건조수축 변형률보다 작게 나타났음을 의미하는데 일반적으로 건조수축 변형률은 시멘트량이 증가할수록 증

가하는데 HC시험체는 혼화제로 황토를 사용함으로써 시멘트의 사용량이 감소하여 건조수축이 작게 나타난 것으로 판단된다. HC시험체와 PHC시험체를 비교하여 보면 PET보강섬유를 혼입한 PHC시험체의 균열발생일수가 10일정도 늦게 발생하는데, 이는 혼입된 PET보강섬유가 콘크리트의 인장강도를 증가시켜 건조수축에 의한 외부구속균열을 제어한 것으로 판단된다. 외부구속균열 실험과 자유수축변형 실험의 결과를 종합하여 본 결과 PET보강섬유는 건조수축에 의한 외부구속균열을 제어하는 데는 효과가 있는 것으로 분석되었다. 배합별 외부구속균열 그래프는 그림 3과 같다.

표 4 배합별 균열발생일수

배합	균열발생일수(일)	
슬래그시멘트콘크리트 시험체	SC1	11
	SC2	27
	SC3	30
황토콘크리트 시험체	HC1	40
	HC2	45
	HC3	46
PET보강섬유를 혼입한 황토콘크리트 시험체	PHC1	56
	PHC2	53
	PHC3	46

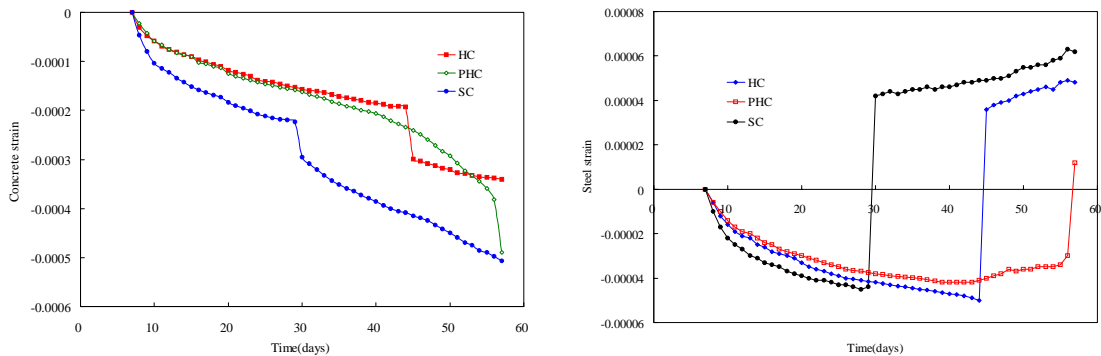


그림 3 배합별 일축구속균열

5. 결론

자유수축변형 실험을 통하여 혼화제로서 황토가 혼입된 황토 콘크리트의 자유수축변형률은 콘크리트의 자유수축변형률에 비하여 30%정도 감소함을 확인하였으며, 외부구속균열 실험 결과 황토 혼화제를 첨가한 황토 콘크리트의 건조수축에 의한 외부구속균열 발생일수는 콘크리트 시험체에 비하여 2배 증가되었으며, PET보강섬유를 혼입한 황토콘크리트의 건조수축에 의한 외부구속균열 발생일수는 콘크리트 시험체에 비하여 3배 증가됨을 확인하였다. 이를 통하여 황토 혼화제와 PET보강섬유가 콘크리트의 건조수축을 제어하는데 효과적인 것으로 분석되었다.

감사의 글

이 논문은 바이오 하우스 연구사업단 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 安田 正雪, 阿部 道彦, 笹原 厚, 挑谷 智樹, “各種高流動コンクリートの収縮性状とひび割れに関する一實驗”, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.18, No.1, 1996, pp. 147-152