

알칼리활성 천연황토 결합제 개발을 위한 기초연구

Preliminary Study for the Development of Alkali Activated Natural Hwangtoh Binder

김 백 중* 김 준 환** 이 종 구*** 강 경 인****
Kim, Baek-Joong Kim, Jun-hwan Yi, Chong-Ku Kang, Kyung-In

ABSTRACT

this study is preliminary experimental research for develop methods to utilize the natural Hwangtoh as replacement materials for the cement in concrete, via alkali activation at 60°C using NaOH solution and liquefied Na_2SiO_3 in a manufacture process of Hwangtoh concrete binder.

요 약

본 연구는 콘크리트 결합제로 사용되는 시멘트의 대체제 개발을 위해 천연황토에 수산화나트륨(NaOH) 수용액과 액상 규산나트륨(Na_2SiO_3)을 혼합한 후 60°C에서 알칼리 활성화하여 경화시켜 강도 발현 양상을 분석한 천연황토 콘크리트 결합제 개발을 위한 기초연구이다.

1. 서 론

본 연구는 친환경 건설재료 개발의 일환으로서 황토를 활용한 콘크리트 결합제 개발을 위해 진행되었다. 기존의 황토 콘크리트 결합제는 대부분 활성황토를 주원료로 사용하고 있다. 활성황토는 그 제작에 있어 시멘트 생산시 요구되는 소성온도 보다는 낮으나 약 600~1200°C의 소성 온도가 필요하여 환경적 측면에서 볼 때 에너지 소비량 및 CO_2 발생량 저감이 제한적 일 수밖에 없다. 이에 보다 친환경적인 황토 콘크리트 결합제 개발을 위하여 본 연구에서는 소성과정을 거치지 않은 천연황토에 알칼리 활성화법(alkali activation)을 적용한 천연황토 콘크리트 결합제 개발의 가능성을 실험적으로 확인하고자 한다.

2. 실험내용 및 결과

실험에 사용한 천연황토의 화학조성은 표 1과 같으며, 반응성 향상을 위해 천연황토를 직경 200 μm 이하로 분쇄하였다. 알칼리 활성화에 의한 황토의 잠재수경성 발현을 위해 수산화나트륨(NaOH)을 6M과 8M 수용액으로 제조하여 사용하였고, 액상 규산나트륨(Na_2SiO_3)은 결합제 중량 대비 나트륨산(Na_2O)의 중량을 0.0046, 0.0092로 첨가하였다.

* 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 박사과정

** 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정

*** 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 부교수, chongku@korea.ac.kr

**** 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 정교수

표 1 천연황토의 화학조성

주요성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MgO
비율(%)	46.20	42.91	8.39	1.15	0.60	0.41

표 2 액상 Na₂SiO₃의 화학조성

주요성분	SiO ₂	Na ₂ O	Water
비율(%)	28.1	9.2	62.7

표 3 시멘트의 화학조성

주요성분	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Al ₂ O ₃	Ig-loss
비율(%)	21.95	2.81	60.12	3.32	2.11	6.59	2.58

표 4 시험체 배합

No.	L/B (%)	결합제 (Binder)		용액(liquid)					
		천연황토	대체재	NaOH 수용액		액상 Na ₂ SiO ₃			
				몰농도	NaOH	Water	NaO	SiO ₂	Water
I	55	100	-	6M	10.20	39.80	0.46	1.405	3.135
II		100	-	8M	13.10	36.90	0.46	1.405	3.135
III		100	-	8M	11.79	33.21	0.92	2.81	6.27
IV		95	5 (소석회)	8M	11.79	33.21	0.92	2.81	6.27
V		95	5 (시멘트)	8M	11.79	33.21	0.92	2.81	6.27

시험체는 KS L 5105에 따라 5cm×5cm×5cm로 성형한 후 6시간 뒤 탈형한 후 7일간 24시간 간격으로 압축강도 및 중량변화율을 측정하였다. 시험체 성형 후 압축강도 측정시까지 60±1℃에서 항온양생을 실시하였다. 압축강도 및 중량변화율 측정 결과는 그림 1과 그림 2와 같다.

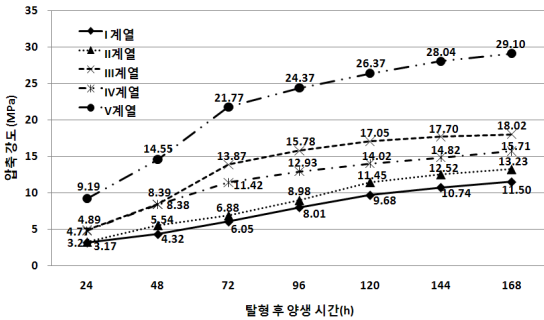


그림 1 탈형 후 양생 시간별 압축강도

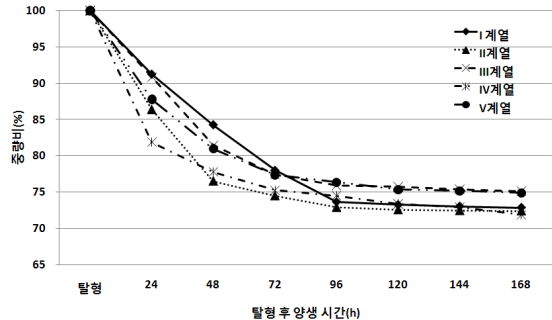


그림 2 탈형 후 양생 시간별 중량변화율

결합제로 천연황토만을 사용한 시험체 중 III계열에서 재령 168시간에 18.02MPa의 강도가 발현되었다. 초기강도 증진을 위해 천연황토의 5%를 소석회와 시멘트로 치환한 IV, V계열의 시험체 중 소석회를 사용한 IV계열의 시험체는 초기강도 증진효과가 미비하여 III계열의 시험체 대비 약 13%의 강도 저하가 발생되었으며, 시멘트를 사용한 V계열의 시험체는 III계열의 시험체 대비 약 61%의 강도 증진으로 29.10MPa의 강도가 발현되었다. 또한, 모든 시험체에서 초기 재령에 중량 감소 비율이 크게 나타났으며 모든 시험체에서 재령 168시간에 탈형 시점 대비 25~30%의 중량 감소가 발생되었다. 이는 천연황토 내에 공극이 많아 시공성 확보를 위한 결합수를 많이 필요로 하여 경화반응 후 여분의 수분이 증발한 원인으로 사료된다.

3. 결론

본 실험을 통해 소성과정을 거치지 않은 천연황토에 알칼리 활성법을 적용함으로써 압축강도 30MPa 이상의 강도를 가진 천연황토 콘크리트 결합제의 개발 가능성을 확인하였다. 실험을 통해 콘크리트 초기강도 증진을 위한 적정 대체재의 적용 및 시험체 제작시 시공성 향상과 동시에 여분의 수분의 증발에 의해 발생하는 중량 감소량을 줄일 수 있는 방안 마련의 필요성을 확인하였으며, 이러한 문제의 해결 뿐 아니라 강도발현 메카니즘 분석 등을 위한 연구를 차후 진행할 것이다.

참고 문헌

- Keun-hyeok Yang, Hey-Zoo Hwang, Sun-Young Kim, Jin-Kyu Song, "Development of a cementless using hwangtoh binder", Building and Environment 42(2007) : 3717-3725