

무기폴리머계 모르타르의 결합재 Si/Al 몰비 변화에 따른 물리적 특성

An Experimental Study on the Physical Properties with Changes to Si/Al Mol Ratio of Inorganic Polymer Mortar Binder

최해영* 박동철**

Choi, Hae Young Park, Dong Cheol

ABSTRACT

This experimental study compared polymer cement mortar with inorganic polymer binder mortar for physical properties by Si/Al mol ratio change of inorganic polymer binder. As the result of this experiment, We found that when Si/Al mol ratio goes up flexural strength and compressive strength increases but workability becomes worse. And according to the keeping them for 28 days we found that physical property becomes worse when Si/Al mol ratio is larger than 2.61. When Si/Al mol ratio of inorganic polymer binder is from 2.43 to 2.61 compressive strength increases than over 32% after keeping for 7 days and over 12 % for 28 days

요 약

본 연구에서는 시멘트 결합재를 사용하는 모르타르의 성능개선을 위한 방법으로 무기폴리머 결합재를 사용한 모르타르에 있어서 무기폴리머 결합재의 Si/Al 몰비에 따른 물리적 특성변화를 확인하고자 하였다. 무기폴리머 결합재는 주성분이 Si와 Al로 구성되어 있으며 이 성분들의 혼합비에 따라 물리적, 화학적 성능에 있어서 큰 차이가 나타나는 것으로 알려져 있다. 따라서 Si와 Al의 혼합 구성비에 따른 모르타르의 물리적 성능에 대한 영향연구에 관한 기초 근거자료를 제공하고자 평가를 실시하였다.

그 결과, 무기폴리머 결합재의 Si/Al 몰비가 증가할수록 초기강도는 증가하나 급격한 반응으로 작업성이 저하되며 28일 재령 확인결과 Si/Al 몰비가 2.61 이상인 경우에 수축현상이 심해지는 것으로 확인되었다. 그리고 무기폴리머 결합재의 Si/Al 몰비가 2.43~2.61 범위내인 경우 상용 폴리머 시멘트 모르타르와 비교시 압축강도가 재령7일차에는 32% 이상 증가하는 것을 확인하였으며 재령 28일차에는 12% 이상 증가하는 것을 확인하였다.

*정회원, (주)인트캡 기술연구소 대리

**정회원, (주)인트캡 기술연구소 소장

·1. 서론

콘크리트 구조물 건설에 주구조재로 사용되는 시멘트는 구조물의 다양화 및 고층화됨에 따라 내구성 향상을 위한 성능개선이 요구되고 있으며 생산시에 CO₂ 가스 및 분진 발생으로 인해서 환경오염도 문제시 되고 있는 상황이다. 이러한 시멘트의 문제점 해결과 함께 콘크리트 구조체의 내구성 및 고품질화를 위한 연구 중 하나가 시멘트를 대체할 수 있는 결합재를 적용하는 것이다. 결합재는 주성분이 SiO₂와 Al₂O₃로 되어 있으며 반응시 포졸란을 형성하여 물리적 성능향상과 함께 CaO의 함량이 낮아 산성물질로 인한 Ca(OH)₂ 생성 및 용출이 적어 화학적인 내구성도 우수하여 시멘트의 대체용도로 많은 연구가 진행되어 오고 있다. 이러한 결합재는 강알칼리의 경화제를 이용하는 조건하에서 강한 폴리머 결합을 형성하게 되어 물리성능이 나타나게 되는 것이다.

본 연구에서는 무기폴리머 결합재로 구성된 모르타르에 대해 무기폴리머를 구성하는 Si/Al mol ratio 변화에 따른 물리적 성능을 평가하였다.

2. 실험 개요

2.1 사용 재료

본 연구에 사용되는 잔골재는 최대크기 5mm이하로 입도를 조절한 강모래를 사용하였으며 잔골재에 대한 품질은 표 1과 같다. 그리고, 성능비교를 위해 폴리머 시멘트 모르타르를 동일하게 제조하여 비교하였으며 폴리머 시멘트 모르타르에 사용되는 포틀랜드 시멘트의 특성은 표 2와 같으며 골재는 동일한 것을 사용하였다.

표 1. 골재의 물리적 특성

골재	생산지	최대치수	specific gravity		단위용적중량(kg/m ³)
			Bulk	Bulk(SSD)	
잔골재	인천	5mm	2.59	2.61	1,590

표 2. 포틀랜드 시멘트 특성

구분	비중(g/cm ³)	분말도(cm ² /g)	성분(%)						
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MgO	SO ₃
포틀랜드 시멘트	3.14	3,320	20.6	6.1	3.1	62.4	0.88	2.3	2.0

2.2. 실험 계획

무기폴리머 결합재를 이용한 모르타르에 대해 Si/Al mol ratio 변화에 따른 모르타르의 부착강도, 휨강도, 재령일별 압축강도를 측정하였다. 실험에 사용된 무기폴리머 결합재를 이용한 모르타르 실험배합에 따른 결합재의 Si/Al mol ratio를 환산하여 표 3에 기재하였다. 그리고 비교측정을 위해 폴리머 시멘트 모르타르를 제조하여 비교 평가하였다. 무기폴리머 결합재를 이용한 모르타르 실험배합에 있어서 무기폴리머 결합재의 Si/Al mol ratio가 2.35~3.48 범위내에서 평가를 실시하였다.

표 3 무기폴리머계 모르타르 실험 배합

분류	결합재	분류	결합재	결합재:경화제 (wt ratio)
	Si/Al mol ratio		Si/Al mol ratio	
GB-1	3.48	GB-6	2.43	1:0.625
GB-2	3.22	GB-7	2.41	
GB-3	2.61	GB-8	2.40	
GB-4	2.59	GB-9	2.38	
GB-5	2.48	GB-10	2.35	

2.3. 시험체 제조

무기폴리머 결합재를 이용한 모르타르와 폴리머 시멘트 모르타르의 시험체는 KS F 4042에 의거하여 동일한 조건하에서 시편을 제조하였으며 재령을 실시하였다. 무기폴리머 결합재가 포함된 모르타르에 사용되는 경화제는 Potassium Silicate Solution, Sodium Silicate Solution, Potassium Hydroxide, Sodium hydroxide를 혼합하여 Si:K:Na=1:2.3:1.1이 되도록 하였으며 pH>12이상의 강알칼리성이다. 모르타르 혼합시 표 3.에 명시된 결합재와 경화제 혼합량에 따라 혼합하였다. 그리고 폴리머 시멘트 모르타르는 결합재와 모래의 중량비는 1:2.75가 되도록 제조하였다. 시편은 모르타르 분말 대비 혼합수를 18% 혼합하여 제조하였다. 이렇게 제조된 무기폴리머계 모르타르와 폴리머 시멘트 모르타르의 플로우는 모두180~210mm 범위에 들도록 하였다.

2.4. 실험 사항

무기폴리머계 모르타르의 결합재 중 Si/Al mol ratio 변화에 따른 모르타르의 성능에 대하여 측정하였으며 폴리머 시멘트 모르타르(PLAIN으로 명시)와 비교 평가한 사항은 다음과 같다. 상기 표 3.에서 명시한 무기폴리머계 모르타르의 배합에 따라 제조된 시험체에 대해 KS F 4042(콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르)와 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 의거하여 부착강도, 휨강도 및 압축강도를 측정하였으며 압축강도는 각각 재령일별로 측정하였다.

3. 실험 결과

3.1 부착강도

그림 1에서와 같이 무기폴리머계 모르타르는 결합재의 Si/Al mol ratio가 높을수록 부착강도가 높게 나왔다. 그리고 GB-1과 GB-2는 응결시간이 짧으나 부착강도가 높게 나온 것은 결합재의 반응이 빠르게 진행되어 물리적 성능이 단시간에 발휘되는 것으로 보여진 반면에 GB-8~GB-10은 Si/Al mol ratio가 낮음으로서 무기폴리머 결합이 완전하지 않음으로써 부착강도 또한 매우 낮은 것을 확인할 수 있었다.

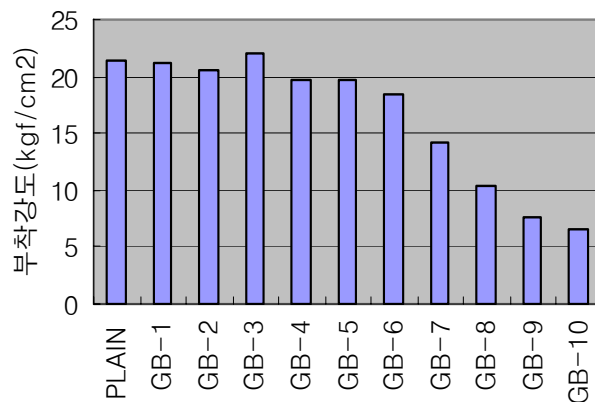


그림 1. 부착 강도

3.2 휨강도 및 압축강도

GB-1과 GB-2는 응결시간이 짧음에도 부착강도가 높게 나왔으나 실험결과 제조된 시편에 있어 반응이 빠르게 진행되어 경화시편에 부분적인 크랙이 발생하였으며 이로 인해 휨강도 성능이 낮게 확인되었다. 반면에 빠른 반응으로 완전경화가 이뤄질 수 있는 충분한 시간이 경과하여 압축강도 성능은 폴

리머 시멘트 모르타르 수준을 나타내었다. 그리고 Si/Al mol ratio가 낮은 시편은 휨강도와 압축강도 모두 낮은 것으로 충분한 반응이 이뤄지지 않은 것을 확인할 수 있었다. GB-3~GB-6은 휨강도에 있어서 폴리머 시멘트 모르타르 보다 우수한 성능을 나타내었으며 압축강도에서는 폴리머 시멘트 모르타르 대비 7일재령시에 32%, 28일재령시에 12% 정도 성능이 향상되는 것을 확인하였다.

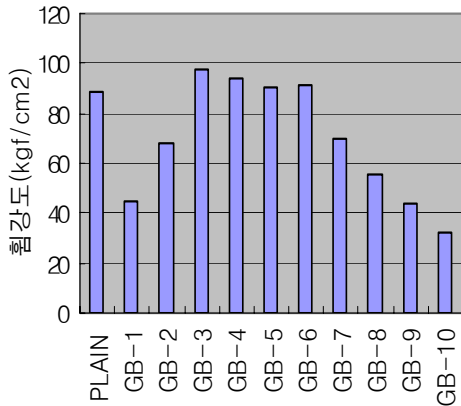


그림 2. 휨강도(재령 28일)

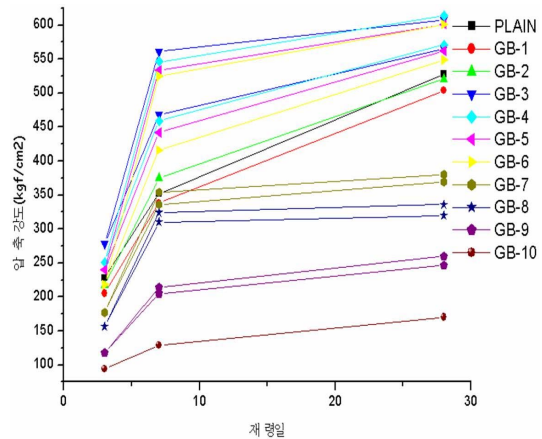


그림 3. 재령일별 압축강도

4. 결론

본 연구에서는 무기폴리머 결합재를 이용한 모르타르에 있어서 무기폴리머를 구성하는 Si/Al mol ratio 변화에 따른 물리성능 변화를 확인하였다. 그 결과 무기폴리머 결합재의 Si/Al mol ratio가 2.43~2.61범위에 있을 때 폴리머 시멘트 모르타르 대비 우수한 물리성능을 발휘하는 것을 확인할 수 있었다. 이로써 무기폴리머 결합재를 사용한 모르타르를 적용하여 구조물의 성능향상과 함께 시멘트의 문제점을 해결할 수 있는 방안으로 보여 진다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 2007~2008년도 중소기업기술혁신개발사업인 [보수용 이노가닉 폴리머 모르타르 상용화 기술]에 관한 일련의 연구로 수행 되고 있으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. "microscopic analysis of hardened alluminosilicate inorganic binder according to the mole ratio of aluminium and silicon", 2007년도 대한건축학회학회. 양완희, 이세현, 송태협
2. "Si결합구조에 따른 무기폴리머의 물리적 특성 변화", 2006년도 추계재료학회, 박동철, 이정우, 이영화, 최재익, 김동호
3. "목모세라믹 보드용 알루미늄-실리케이트계 무기바인더의 물리적 특성향상에 관한 실험적 연구". 2006년도 대한콘크리트학회논문집. 박동철, 양완희, 최해영, 이세현, 송태협, 심중우, 2006년 Sol18.No.1 P625~628
4. F.G.Collins, Workability and mechanical properties of alkali activated slag concrete, Cement and Concrete Research 29 (1999) 455-458