

혼화재에 따른 모르타르 건조수축-비교 연구

Effects of supplementary cementitious materials on drying shrinkage of cement mortar - a comparative study

최 훈 제*

최 성 규*

박 충 훈*

김 백 중**

이 중 구***

강 경 인****

Choi, Hoon Jae Cui, Chengkui Park, Chung-Hoon Kim, Baek-Joong Yi, Chongku Kang, Kyung-In

Abstract

In this study, effects of supplementary cementitious materials(fly ash, blast furnace slag and waste glass) on drying shrinkage of cement mortar were compared and evaluated. The results showed drying shrinkage of cement mortar using blast furnace slag and waste glass is larger than shrinkage due to capillary pressure, while using fly ash is smaller.

키 워 드 : 건조수축, 모르타르, 혼화재, 미세공극, 탄성계수, 수은압입시험, 모세관압력

Keywords : Drying shrinkage, Mortar, Substitute cementing materials, Micro pore, Elastic modulus, MIP, capillary pressure

1. 서 론

고성능 콘크리트용 혼화재로서 산업부산물인 플라이애시, 고로슬래그가 대량으로 사용되고 있다. 혼입된 혼화재에 따라 모르타르나 콘크리트의 수축은 다르게 발생한다. 일반적으로 수축은 대부분 경화된 시멘트의 내부수분손실에 의해 발생하며 건조수축이 주를 이루며 수축에 관여하는 인자는 다양하다. P. Kumar Mehta¹⁾는 모세관 공극(10nm ~ 5µm의 공극) 내 마이크로공극(50nm이하의 공극)은 건조수축에 큰 영향을 주며, 마크로공극(50nm이상의 공극)은 강도 저하와 투수성 증대를 유발한다고 하였다. 이에 본 연구에서는 마이크로공극 내 수분의 표면장력에 의해 발생하는 모세관압력(capillary pressure) 으로 인한 수축변화를 통하여 혼화재를 혼입한 모르타르의 건조수축을 분석하였다. 또한 마이크로공극, 탄성계수 및 상대습도의 영향을 비교·분석하는 기초연구를 수행하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

실험에는 국내 A사에서 생산한 1종 포틀랜드 시멘트와 잔골재로서 세척사를 사용하였다. 혼화재는 2종 플라이애시, 3종 고로슬래그, 폐유리를 사용하였다. 모르타르 시험체는 표 1.과 같은 배합을 적용하여 제작하였고, ASTM C 596의 실험방법에 따라 진행하였다. 재령 3, 7, 14, 28일에 수은압입시험(MIP: Mercury Intrusion Porosimetry)을 통하여 경화된 모르타르의 마이크로공극을 분석하였다. 압축 강도를 측정 후 $E \propto \sqrt{f_c}$ 을 통해 탄성계수²⁾를 얻었으며, 상대습도의 감소는 시험체의 중량 감소와 비례하는 것으로 단순화하여 상대습도를 산출하였다.

표 1. 모르타르 배합표

Mix Type	W/B (%)	Water (g)	Binder(g)				Sand (g)	Superplasticizer (%)
			Cement (OPC)	Fly Ash (FA)	Blast Furnace Slag (BFS)	Waste Glass (WG)		
OPC	34	170	500	-	-	-	1000	1.2
FA10			450	50	-	-		1.2
BFS10			450	-	50	-		1.2
WG10			450	-	-	50		1.5

* 고려대학교, 건축사회환경공학과 석사과정

** 고려대학교, 건축사회환경공학과 박사과정

*** 고려대학교, 건축사회환경공학과 부교수, 교신전자(chongku@korea.ac.kr)

**** 고려대학교, 건축사회환경공학과 교수, 공학박사

3. 결과 및 분석

재령 28일에서 W/B 0.34의 모르타르는 WG10(1438 $\mu\epsilon$) > BFS10(1087 $\mu\epsilon$) > OPC(912 $\mu\epsilon$) > FA10(883 $\mu\epsilon$)의 순서대로 건조수축변형이 크게 발생하였다. 그림 1은 재령에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이다. 그림 2는 압축강도 fitting값으로 얻은 탄성계수의 그래프이다. 재령에 따른 마이크로공극 내 상대습도변화를 보여주는 그래프는 그림 3과 같다. 그림 4는 재령 28일까지의 건조수축변형률과 모세관압력/탄성계수의 결과를 나타낸 그래프이다. OPC의 경우, 마이크로 공극 내에서 발생하는 모세관압력에 의한 수축변형률과 측정된 건조수축변형률은 비슷하다. 반면, 고로슬래그나 폐유리가 혼입된 모르타르는 실제 측정된 건조수축변형률이 더 크게 나타났다.

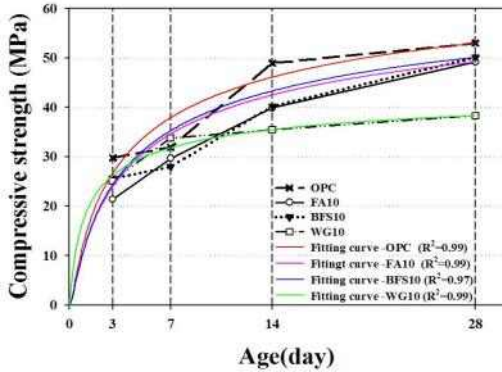


그림 1. 압축강도

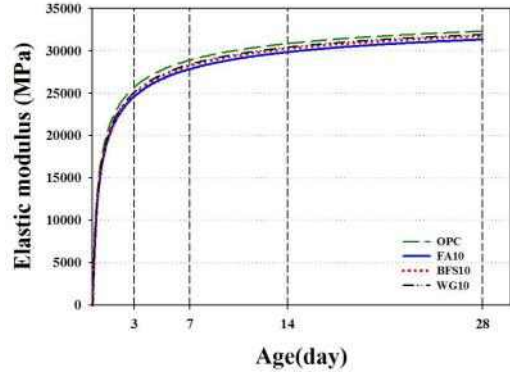


그림 2. 탄성계수

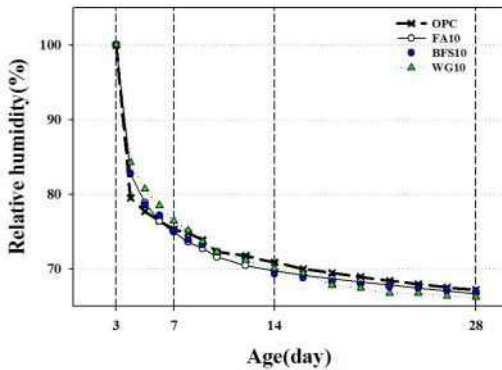


그림 3. 마이크로공극 내 상대습도

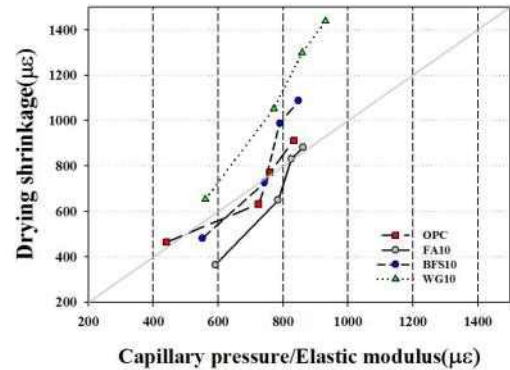


그림 4. 건조수축 VS 모세관압력/탄성계수

4. 결 론

플라이애시, 고로슬래그, 폐유리를 혼화제로 사용한 모르타르의 건조수축변형률, 마이크로 공극, 탄성계수, 상대습도를 비교하여 모세관압력이 건조수축에 미치는 영향을 확인하였다. 향후 혼화재의 종류에 따라 건조수축에 영향을 주는 다양한 인자에 대한 추가적인 실험·분석이 요구되며 모르타르의 건조수축에 대한 기초적인 자료를 마련할 수 있을 것이라 사료된다.

Acknowledgement

본 논문은 2013년 교육과학기술부의 지원으로 한국연구재단의 일반연구사업(과제번호: 2013R1A1A2012788)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. P. Kumar mehta, Paulo J. M. Monteiro, Concrete-Microstructure, Properties, and Materials, 2006
2. Oluokun, Francis A., Edwin G. Burdette, J. Harold Deatherage., Elastic modulus, Poisson's Ratio, and Compressive Strength Relationships at Early ages, ACI Materials Journal, Vol.88 No.1, pp.3~9, 1991