

실리카 폼이 보수용 폴리머 시멘트 모르타르의 성질에 미치는 영향

Effect of Silica Fume in Properties of Polymer Cement Mortar for Concrete Repair

송형수* 이진용** 민창식***
Song, Hyung Soo Lee, Chin Yong Min, Chang Shik

ABSTRACT

The EVA polymer is used as a modifier in the repair mortar, which contains various admixtures and mineral admixtures. It has been reported that the effect of polymer in cement mortar by the cement-polymer ratio only, but effect of admixtures over the polymer mortar was unknown. In this study, the fresh and mechanical properties of polymer cement mortar influenced by the range of silica fume ratio were investigated. It was found that with increasing the ratio of silica fume, mechanical properties (compressive strength, flexural strength, adhesive strength) of repair mortar is improved and drying shrinkage is increased.

1. 서론

최근 들어, 열화된 콘크리트 구조물을 보수하기 위해 사용되는 보수재료로서 폴리머 시멘트 모르타르가 널리 사용되고 있다. 이러한 폴리머 시멘트 모르타르가 현장에 주로 이용되고 있는 방식이 프리믹스 타입의 보수용 폴리머 시멘트 모르타르이다. 프리믹스 타입의 보수용 폴리머 시멘트 모르타르에는 보수성능 및 경제성을 향상시키기 위한 각종 혼화재료가 첨가되어 있다. 본 연구에서는 각종 혼화재료들이 첨가되어 있는 프리믹스 타입의 보수용 폴리머 시멘트 모르타르에 역학적 성능과 내구성을 증진시키고자 실리카 폼을 추가로 사용하였다. 실리카 폼의 배합비율에 따라 폴리머 시멘트 모르타르에 미치는 영향을 분석하고자 모르타르의 작업성, 응결시간, 건조수축, 압축강도, 휨 및 부작강도 등의 기초적 성질에 대하여 실험적으로 구명하였다.

2. 사용재료

2.1 시멘트, 잔골재 및 폴리머

본 연구에서 사용된 시멘트는 1종 보통 포틀랜드 시멘트이며, 잔골재로는 규사를 사용하였고, 물리적 성질은 표 1과 같다. 혼화제용 폴리머 중 분말로 된 EVA(Ethylene Vinyl Acetate)계 폴리머는 시멘트와 같이 포대 속에 프리믹스할 수 있어 품질관리와 경제성, 시공성 측면에서 기존의 다른 종류(이액형 폴리머)를 사용한 것보다 유리한 점이

*정회원, 동국대학교 토목환경공학과 박사과정

**정회원, (주)케어콘 대표이사-공학박사

***정회원, 동국대학교 토목환경공학과 교수-공학박사

있다.¹⁾ 이러한 이유로 프리믹스 타입의 모르타르 제품들에 EVA계 폴리머의 사용이 급속히 증가하고 있다. 따라서 본 연구에서는 EVA계 폴리머를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 표 1과 같다.

2. 실리카 폼 및 혼화재료

프리믹스 타입의 보수용 폴리머 시멘트 모르타르에는 각종성능을 향상시키기 위해 혼화재료인 팽창재, 속경재, 석고, 및 유동화제 등이 일반적으로 사용되고 있다. 본 연구에서 사용된 팽창재, 속경재와 유동화제의 물리적 성질은 표 2와 같고, 실리카 폼과 석고의 화학성분은 표 3, 4이다.

표 2 혼화재료의 물리적 성질

Material	Principal Properties
Expansive additive	Specific gravity : 2.93 Specific surface area : 2,280 cm ² /g
Accelerator	Specific gravity : 2.86 Specific surface area : 5,000±250 cm ² /g
Super Plasticizer	Specific gravity : 0.7 pH : 10±1.0

표 1 시멘트, 골재 및 폴리머의 물리적 성질

Material	Principal Properties
Cement	Type : Ordinary portland cement Specific gravity : 3.15 Fineness : 3,300 cm ² /g
Fine aggregate	Kind : silica sand Specific gravity : 2.54 Fineness modulus : 2.20
Polymer	Type : ethylene-vinyl acetate Appearance : white powder Ash content : 10.5±1.5% Apparent density : 510±50g/ℓ

표 3 실리카 폼의 화학성분(%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO+ MgO	K ₂ O+ Na ₂ O
91.2%	0.15%	2.08%	3.17%

표 4 석고의 화학성분(%)

C	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	SO ₃
6.00	0.11	0.001	0.0001	0.0001	38.50	55.10

3. 시험방법

본 연구에서는 보수용 폴리머 시멘트 모르타르에 실리카 폼이 미치는 영향을 분석하기 위하여 모르타르의 기초적 성질에 대한 시험을 수행하였다. 시료는 KS L 5109(수경성 시멘트 페이스트 및 모르타르의 기계적 혼합방법)의 규정에 따라 혼합하였다. 실리카 폼이 보수용 폴리머 시멘트 모르타르에 미치는 영향을 분석하고자 송형수 등²⁾의 연구결과에 따라 EVA 폴리머의 최소배합량인 0.4%를 적용하였으며, 실리카 폼을 중량비로 표 5와 같이 배합하여, 모르타르의 기초적 성질 실험을 위한 시험체들을 각각 제작하였다.

표 5 실리카 폼의 변화에 따른 보수용 폴리머 시멘트 모르타르의 배합비 (unit:%)

Cement	Sand	EVA polymer	Silica fume	Expansive additive	Accelerator	Gypsum	Super plasticizer
35.0			0				
34.0	58.5	0.4	1.0	3.0	1.5	1.5	0.1
33.0			2.0				
32.0			3.0				

보수용 모르타르의 작업성에 대한 평가는 KS L 5105(수경성 시멘트의 압축강도 시험방법)에서 8항 플로우의 결정에 따라 실시하였으며, 응결시간에 대한 평가는 KS F 2436(관입저항침에 의한 콘크리트 응결시간 시험방법)에 따라 시험을 수행하였다.

역학적 특성에 대한 평가에서 압축강도 시험은 KS L 5105(수경성 시멘트의 압축강도 시험방법)에 따라 50×50×50 mm 시험체를 수중(20±1℃)양생 후 재령 3, 7, 28, 91일에 실시하였다. 휨 강도 시험은 KS F 2408(콘크리트의 휨 강도 시험방법)의 중앙점 재하법에 따라 40×40×160 mm 시험체를 수중(20±1℃)양생 후 재령 28일에 실시하였다. 부차 강도 시험은 KS F 4716(시멘트계 바탕 바름재)에서 5.6항에 따라 380×330×80 mm 크기의 콘크리트 슬래브를 먼저

제작한 후 재령 91일에 상부를 보수재료의 부착이 양호하게 하기 위하여 거칠게 처리한 후 모르타르를 약 30 mm 두께로 타설하였다. 모르타르 타설 후 시험실에서 기건(19±5°C, 49±5% R.H.)양생을 실시한 후 도포된 모르타르에 강철제 지그를 부착하여, 수직방향의 인장하중을 측정하였다.

보수재료의 치수안정성(건조수축)에 대한 평가를 하기 위하여 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험 방법)의 다이얼 게이지 방법으로 측정하였다. 시험체를 24시간 양생시킨 후 탈형 시 1회째 측정을 실시하고, 그 후 수중(20±1°C)양생하여 재령 7일이 되었을 때 2회째 측정을 실시하였다. 그 후 시험체를 습윤(20±1°C, 60±5% R.H.)양생하여 재령 28, 56, 91일에서의 길이변화를 측정하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 작업성 및 응결시간

실리카 폼이 폴리머 시멘트 모르타르의 굳기 전 특성에 미치는 영향에 대한 시험결과는 그림 1과 같다. 시험결과 실리카 폼의 배합비율이 증가함에 따라 유동성이 저하되었다. 이러한 현상은 실리카 폼이 시멘트 비표면적의 50~80배에 이르는 초미립 분말³⁾이기 때문에 나타난 결과로 1.0% 이상 사용 시에는 반드시 유동화제를 사용하여 유동성 확보가 이뤄져야 할 것으로 판단된다. 그러나 Bayasi and Zhou⁴⁾가 보고한 바와 같이 유동화제의 사용량이 증가하게 되면 실리카 폼을 사용한 모르타르의 투수성이 증가할 우려가 있으므로, 사용 시 충분한 사전 성능검토가 이뤄져야 할 것으로 판단된다.

한편 실리카 폼의 배합비율이 증가할수록 응결시간이 짧아지는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 실리카 폼의 높은 분말도로 인하여, 초기 수화반응이 촉진되기 때문인 것으로 판단된다.

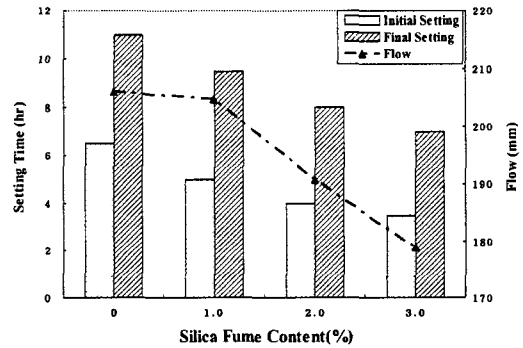


그림 1 실리카 폼이 보수용 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도에 미치는 영향

4.2 역학적 특성

실리카 폼이 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도에 미치는 영향을 시험한 결과는 그림 2와 같다. 압축강도는 실리카 폼을 1.0~3.0%로 배합한 경우에 28일 강도가 7.4~19.9%까지 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 실리카 폼이 높은 분말도로 인하여 초기에 포졸란 반응을 일으키기 때문이다.⁵⁾

폴리머 시멘트 모르타르에 실리카 폼이 휨 강도에 미치는 영향은 배합비율이 1.0~3.0%로 증가함에 따라 28일 강

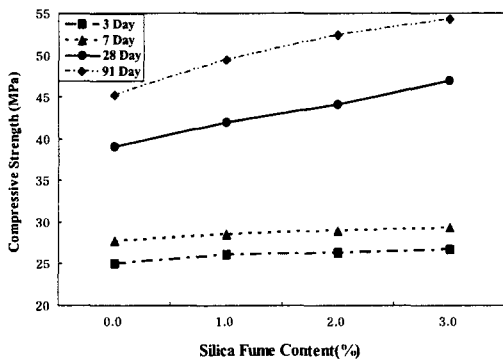


그림 2 실리카 폼이 보수용 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도에 미치는 영향

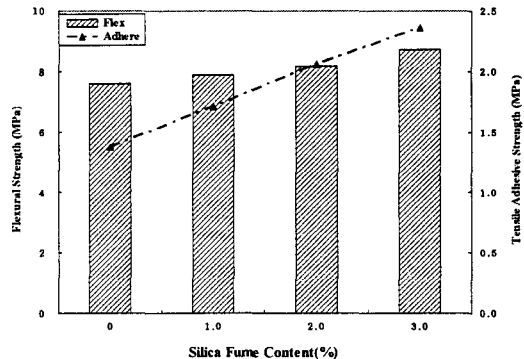


그림 3 실리카 폼이 보수용 폴리머 시멘트 모르타르의 휨 및 부착강도에 미치는 영향

도가 그림 3에서와 같이 3.8~14.9%까지 증가되었으며, 이러한 휨 강도의 특성은 Malhotra⁶⁾가 보고한 바와 같이 압축강도의 경향과 유사하다는 것을 확인할 수 있었다. 휨 강도 측정에 사용된 배합비들은 KS F 4042(콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르)의 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 또한 실리카 폼이 부착강도에 미치는 영향은 배합비율의 증가에 따라 28일 강도가 23.9~71.0%까지 현저하게 증가하였다. 이러한 결과들은 Bhanja and Sengupta⁷⁾가 보고한 바와 같이 실리카 폼은 포졸란 반응과 시멘트 입자의 공극을 채워주는 filler 효과로 인하여, 콘크리트의 강도를 크게 개선시키기 때문에 나타난 결과라고 판단된다.

4.3 건조수축

실리카 폼이 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축에 미치는 영향은 그림 4와 같다. 시험결과 실리카 폼의 배합비율이 증가에 따라 수중양생 시 팽창에는 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었으며, 이후 기건양생 기간동안 실리카 폼의 배합비율이 증가할수록 건조수축이 크게 나타났다. 이러한 배합비율의 증가에 따른 건조수축의 증가현상은 28일 이내의 양생기간에 주로 나타났으며, 28일 이상의 양생기간 동안에는 영향을 미치지 않는 특징을 보였다. 폴리머 시멘트 모르타르에 실리카 폼을 3.0%까지 첨가해도 KS F 4042(콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르)의 기준을 만족하였다.

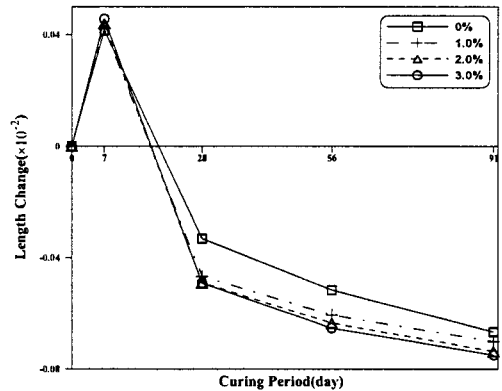


그림 4 실리카 폼이 보수용 폴리머 시멘트 모르타르의 길이변화에 미치는 영향

5. 결론

본 연구에서는 프리믹스 타입의 보수용 폴리머 시멘트 모르타르에 실리카 폼의 배합비율에 따른 거동을 시험을 통하여 분석하였으며, 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 응결시간은 실리카 폼의 높은 분말도로 인하여, 수화반응이 촉진되어 짧아지는 것을 볼 수 있었다. 반면, 실리카 폼은 시멘트 비표적의 50~80배에 이르는 초미립 분말인 특성으로 인하여 모르타르의 배합비율이 증가할수록 유동성이 저하되는 것으로 판단된다.
2. 실리카 폼의 배합비율이 증가하게 되면, 폴리머 시멘트 모르타르의 압축, 휨 및 부착강도와 같은 역학적 성능을 개선시킬 수 있는 것으로 나타났다.
3. 실리카 폼의 배합비율이 증가할수록 폴리머 시멘트 모르타르의 팽창량에는 영향을 미치지 못하지만 수축량이 커져 길이변화가 커지는 단점을 볼 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 신경재, 이도범, "콘크리트 구조물의 진단과 보수." 건설도서, 1997. 3, pp.45~63
2. 송형수, 이진용, 민창식, "폴리머가 프리믹스 타입의 보수용 모르타르의 성질에 미치는 영향", 한국구조물진단학회 논문집, Vol.10, No.4, 2006. 7, pp.180~183
3. 문한영, 문대중, 신승호, "실리카폼을 혼합한 고강도콘크리트의 강도향상을 위한 실험적 연구." 대한토목학회논문집, Vol.14, No.5, 1994. 9, pp.1069~1080
4. Bayasi, Ziad and Zhou, Jing "Properties of Silica Fume Concrete and Mortar." ACI Materials Journal, Vol.90, No.4, 1993. pp.349~356
5. 김형태, "실리카폼 및 실리카폼 콘크리트의 특성과 이용." 한국콘크리트학회지, Vol.3, No.3, 1991. 9, pp.22~30
6. Malhotra, V.M. "Flyash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete." ACI SP-91, Vol.2, 1986
7. Bhanja, Santanu and Sengupta, Bratish "Optimum Silica Fume Content and Its Mode of Action on Concrete." ACI Materials Journal, V.100 No.5, 2003. pp.407~412