

# 보수 모르타르용 고성능 유동화제의 사용 적합성에 관한 실험적 연구

## A Study on the Experimental Study on Use Proper of Superplasticizer for Repair Mortar

김영삼\*                      송태협\*\*                      이문환\*\*                      이세현\*\*\*  
Kim, Young Sam              Song, Tae Hyeob              Lee, Mun Hwan              Lee, Sea Hyun

### ABSTRACT

Recently, To extend building's life, the use amount of repair mortar has been rapidly increased and naphthalenesulfonic and melanminesulfonic, polycarboxylic superplasticizer etc. are used for repair mortar in large numbers of construction site for efficient work.

In this study, it was going to examine the use proper of superplasticizer for repair mortar through the hydrate setting time test and flow test with the mortar combination which replaced by alumina cement and added superplasticizer.

As a result, the fluidity of the mortar replaced by alumina cement(10%) and added superplasticizer was dropped down and setting time was shortened. Especially this appearance was more increased on the mortar combination added ploycarboxylic and melanminesulfonic superplasticizer than naphthalensulfonic superplasticizer.

#### 1. 서론

최근 들어 콘크리트 구조물의 사용 내구연한을 증가시키기 위한 노력의 일환으로 보수모르타르의 사용이 급격히 증가하고 있으며 보수모르타르의 가장 큰 비중을 차지하는 드라이 모르타르의 세계 시장은 2010년까지 매년 15%의 성장을 거듭할 것으로 예상되고 있다. 특히 동남아시아 및 남아메리카가 신흥 시장으로 떠오르고 있어 국내에서도 관심을 가지고 접근할 분야로 손꼽히고 있다.

이러한 보수 모르타르는 제조 및 혼합과정에서 여러 종류의 시멘트와, 혼화제, 분자 구조를 달리하는 여러 종의 분산·유동화제를 배합하므로 각 분산제가 모르타르의 유동성에 미치는 작용이 다르게 나타날 수 있다.

본 연구팀은 선행된 보수 모르타르 개발 과정에서 특정 유동화제를 첨가하는 경우 기능성 소재간의 급결반응이 관찰됨에 따라 그 원인을 분석하고자 연구를 진행하였으며, 최근까지의 연구에 따르면 모르타르의 급결 반응은 시멘트 중의 수용성 알칼리의 함량, 석고의 종류 및 첨가량, 시멘트의 입도 분포 등의 차이에 따라 혼화제의 분산특성이나 분산성 유지 특성을 변화시키므로 동일한 배합 조건에서 시멘트의 종류마다 슬럼프가 다르게 나타나는 원인이라고<sup>1)</sup> 보고되고 있다.

본 연구에서도 이러한 이론을 근거로 하여 국내의 건설현장에서 사용량이 많은 나프탈렌 설폰산계, 멜라민 설폰산계, 폴리카르본산계 고성능 유동화제의 첨가에 따른 플레인 모르타르와 보수모르타르 배

\* 정회원, 한국건설기술연구원 연구원  
\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원  
\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원

합에 많이 사용되는 알루미늄 시멘트를 치환한 모르타르 배합의 초기 수화응결시간, 플로우 시험을 통해 보수모르타르에 사용되는 혼화제와의 사용 적정성을 검토하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 사용재료

시멘트는 제1종 포틀랜드 시멘트(이하 OPC)를 사용하였고, 고성능 유동화제로는 국내 혼화제 제조사의 협조를 구해 나프탈렌 설폰산계, 폴리카르본산계, 멜라민설폰산계 표준형을 사용하였으며, 평가에 사용한 재료의 물리적 성질은 다음 <표 1>과 같다.

고성능 유동화제는 응결 시간에 따라 촉진형, 표준형, 지연형으로 분류되는데, 그 중 고성능 유동화제에 함께 혼합하여 사용할 수 있는 지연, 촉진제의 영향을 배제하기 위해 표준형 고성능 유동화제를 대상으로 하였다.

표 1 사용 재료의 물리적 성질

구분		물성
시멘트		밀도 : 3.15 분말도 : 3,284 cm <sup>2</sup> /g
표준사		밀도 : 2.51
알루미늄시멘트		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 함량 : 52.63 % 밀도 : 3.0 분말도 : 5,031 cm <sup>2</sup> /g
고성능 유동화제	나프탈렌 설폰산계 I(분말)	밀도 : 0.7 / PH : 8.22 백색 분말
	나프탈렌 설폰산계 II(액상)	밀도 : 1.21 / PH : 8.5 진갈색 액상 / 고형분 : 40 %
	폴리카르본산계-I(액상)	밀도 : 1.04 / PH : 6~8 담황색 액상 / 고형분 : 18.5 %
	폴리카르본산계-II(액상)	밀도 : 1.06 / PH : 7 담황색 액상 / 고형분 : 40 %
	멜라민 설폰산계-I(액상)	밀도 : 1.2~1.3 / PH : 6~7 진갈색 액상 / 고형분 : 40 %
	멜라민 설폰산계-II(분말)	밀도 : 0.71 / PH : 9.5 백색 분말

### 2.2 시험방법

모르타르 배합에서 보통 포틀랜드 시멘트의 10%를 알루미늄 시멘트로 치환하고, 고성능 유동화제의 첨가에 따른 수화응결 시간과 분산성을 검토하기 위해 <표 2>와 같이 배합하여 시험하였고 고성능 유동화제는 보수용 드라이 모르타르의 시공법을 감안하여 선배합 형태로 첨가하였다.

물시멘트비는 나프탈렌계I 시험체의 플로우를 기준으로 160~180mm를 목표 플로우를 정하여 4회의 시험 배합과정을 통해 목표 플로우가 될 때의 물시멘트비 29%를 산출하였으며 이때의 플로우는 172%였다.

배합표에 따라 계량된 재료를 혼합 용기에 넣고 모르타르 반죽 혼합기를 사용해 1분간 건비빔하고 유동화제는 혼합수에 혼합하여 가수 후 1분간 혼합하고 3분간 방치한 후, 다시 1분간 혼합하여 플로우 및 초기 수화응결 시간을 측정하였다.

표 2 배합표

구분	식별기호	OPC	잔골재	물	알루미늄시멘트	유동화제 (고형분중량)
나프탈렌 설폰산계 I	A-1	887.2	887.2	354.9	0.0	2.13
	A-2	805.5	886.1	354.4	80.6	2.13
나프탈렌 설폰산계 II	B-1	887.2	887.2	354.9	0.0	2.13
	B-2	805.5	886.1	354.4	80.6	2.13
폴리카르본산계 I	C-1	887.2	887.2	354.9	0.0	2.13
	C-2	805.5	886.1	354.4	80.6	2.13
폴리카르본산계 II	D-1	887.2	887.2	354.9	0.0	2.13
	D-2	805.5	886.1	354.4	80.6	2.13
멜라민 설폰산계 I	E-1	887.2	887.2	354.9	0.0	2.13
	E-2	805.5	886.1	354.4	80.6	2.13
멜라민 설폰산계 II	F-1	887.2	887.2	354.9	0.0	2.13
	F-2	805.5	886.1	354.4	80.6	2.13

### 2.3 시험항목

#### 2.3.1 플로우

모르타르의 유동성을 평가하기 위해 “KS F 2476 폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법”의 “6.굳지않은 폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법”에 따라 모르타르의 플로우를 측정하였으며 플로우는 가수 후 5분경과시 측정하였다.



사진 1 플로우 측정

#### 2.3.2 수화 응결시간

모르타르의 시멘트 수화 응결속도의 측정은 “KS L 5108 비카트 침에 의한 수경성 시멘트의 응결시간 시험방법”에 따라 측정하였으며, 보수모르타르의 시공 특성 상 모르타르의 초결 전까지 시공을 완료하여야 하므로 중요도가 높은 초결 시간만으로 수화응결 속도를 비교 측정하였다.

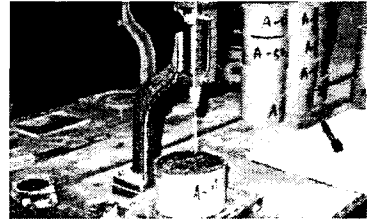


사진 2 수화응결 시간 측정

## 3. 실험결과 분석 및 고찰

### 3.1. 유동화제별 플로우 평가

보통 포틀랜드 시멘트 모르타르와 비교해 OPC의 10%를 알루미늄 시멘트로 치환함에 따른 고성능 유동화제 별 유동특성을 검토한 결과 보통 포틀랜드 시멘트 모르타르의 유동성은 폴리 칼본산계 유동화제를 첨가했을 때 효과적이었으나 알루미늄 시멘트를 치환한 모르타르에서는 나프탈렌계 유동화제를 첨가했을 때의 유동성이 가장 좋은 것으로 측정되었다.

또한 알루미늄 시멘트를 치환한 모르타르 배합에 폴리칼본산계 및 멜라민계 유동화제를 각각 첨가하였을 경우 나프탈렌계 유동화제를 첨가하였을 경우보다 플로우가 현저하게 저감되는 것으로 측정되었다. 특히 OPC 모르타르와 알루미늄 시멘트 치환 모르타르에 있어 폴리칼본산계 유동화제 첨가시 유동성의 격차가 큰 것으로 나타났다.

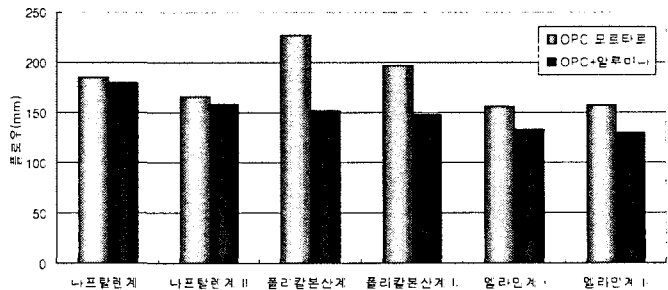


그림 1 유동화제별 플로우 측정 결과

이는 알루미늄 시멘트에 다량 함유되어 있어 가수 후 순간적으로 반응하여 수화하는 C<sub>3</sub>A와 가수 후 수분내 수화반응을 하는 C<sub>4</sub>AF의 급속한 수화반응에 의한 플로우 저하로서, 나프탈렌계 유동화제에 비해 상대적으로 분자량이 큰 폴리칼본산계 및 멜라민계 유동화제의 대부분이 알루미늄 시멘트의 C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF의 성분에 먼저 흡착함으로써 유동성을 결정하는 C<sub>3</sub>S로의 흡착량이 줄어드는 결과로 이어져 분산 작용에 기여하지 못함으로써 모르타르의 플로우가 상대적으로 저감된 것으로 사료된다. 반면 나프탈렌계 유동화제는 분자량이 작아 동일한 양을 첨가했을 경우 알루미늄 시멘트 성분으로 흡착되는 분자수는 폴리칼본산계 유동화제와 비슷하나 잉여분이 C<sub>3</sub>S로 흡착되어 유동성 저하가 적게 일어난 것으로 사료된다.

### 3.2. 유동화제별 수화응결시간 측정

OPC 모르타르의 초결 시간은 폴리칼본산계 유동화제를 첨가한 경우 438분으로 길게 나타났으며 나프탈렌계와 멜라민계는 232분과 244분으로 측정되었다.

OPC 모르타르의 응결시간과 비교해 알루미나 시멘트를 10% 치환할 때 라 모르타르의 응결시간이 현저하게 짧아졌으며, 특히 폴리칼본산계 및 멜라민계 유동화제를 첨가하였을 때 초결시간이 13~18분으로 가장 빠른 것으로 측정되었으며, 나프탈렌계 유동화제를 첨가하였을 경우 44분으로 나타났다.

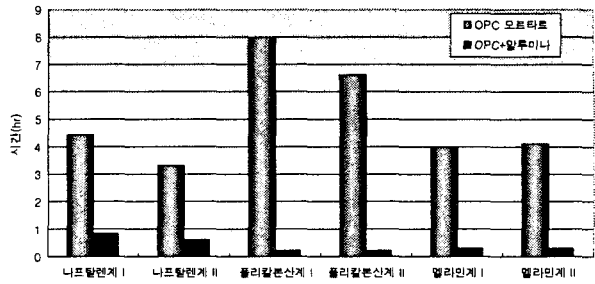


그림 2 유동화제별 모르타르의 수화응결시간(초결)

또한 유동화제를 첨가한 OPC 모르타르의 응결시간과 유동화제를 첨가한 알루미나 치환 모르타르의 응결시간의 차이는 나프탈렌계 유동화제를 첨가한 경우가 폴리칼본산계 및 멜라민계 유동화제를 첨가한 경우보다 응결 시간의 차가 적은 것으로 측정되었다. 이는 분자량이 상대적으로 큰 폴리칼본산계 및 멜라민계 유동화제 성분이 알루미네이트 성분(C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF)에 먼저 흡착하여 잉여 유동성분이 적어져 유동성에 큰 영향을 미치지 못하여 유동성 손실로 인해 응결시간이 단축된 것으로 사료된다.

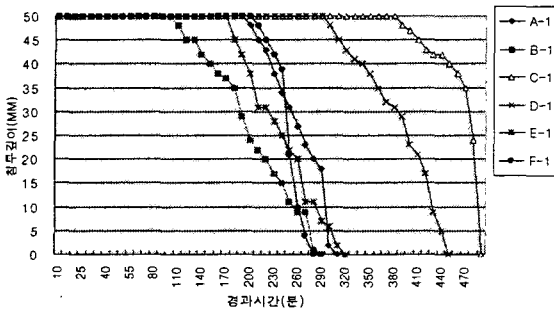


그림 3 OPC 모르타르의 비카트침 침투깊이

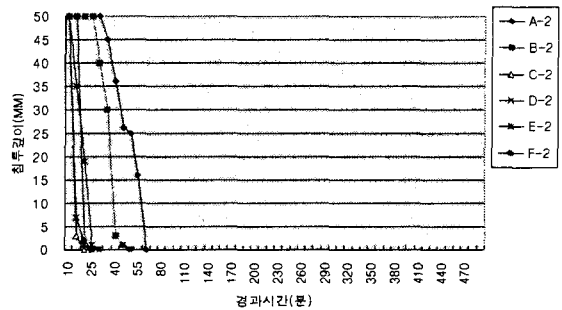


그림 4 OPC+알루미나 모르타르의 비카트침 침투깊이

#### 4. 결론

유동화제를 첨가한 OPC 모르타르와 비교해 알루미나 시멘트로 치환(10%)한 모르타르의 유동성이 저감되고 응결시간은 단축되는 경향을 나타냈으며 특히 폴리칼본산계 및 멜라민계 유동화제를 첨가하였을 때 유동성 저감현상 및 급결 현상이 두드러졌다. 이는 알루미나 시멘트의 치환으로 OPC의 10~15%를 구성하는 C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF의 양이 20~25% 정도로 증가함에 따라 폴리칼본산계 및 멜라민계 유동화제가 C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF로 우선 흡착되면서 잉여 유동 성분이 유동성에 직접적으로 영향을 미치는 칼슘으로 흡착되는 양이 적어지면서 유동성에 영향을 주었기 때문으로 해석되며, 여러 가지 유동화제를 보수 모르타르에 적용하기 위해서는 유동화제와 배합 재료에 미치는 유동성 및 수화응결 특성에 맞도록 배합·조정하여 사용하여야 할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. C. Jolicoeur, M. A Simard, P.C. Aitcin and M. Baalbaki, Proceedings from the Half-day Open Presentations of the 4th Semiannual Meeting of the Network of Centres of Excellence on High-Performance Concrete, Toronto, 9-27, 1992
2. 김현호, 초속경시멘트를 사용한 조기강도 콘크리트의 성능향상에 관한 연구, 2002
3. 김원기, 시멘트의 초기 유동성에 미치는 분산제의 영향, 1999