

# 응결지연성 혼화제를 이용한 시멘트 모르타의 응결 및 역학적 특성

## Setting and Mechanical Properties of Cement Mortar Using Retarding Agents

심 보 길\*      김 상 우\*      윤 치 환\*\*      한 민 철\*\*      한 천 구\*\*\*  
Sim, Bo-Kil      Kim, Sang-Woo      Yoon, Chi-Whan      Han, Min-Cheol      Han, Cheon-Goo

### ABSTRACT

In this paper, setting and mechanical properties of cement mortar using retarding agents are investigated. According to the experimental results, as dosage of retarding agents increases, flow and air content of mortar are shown to be higher. Flow loss of mortar using retarding type water reducing agents is larger than that using gluconic acid by 3 times. As for setting time, it is found that mortar using gluconic acid takes much longer setting time than that using retarding type water reducing agent. In case of compressive strength, when retarding agent is applied, cement mortar gains high strength compared with that of plain mortar. However, we can not measure compressive strength of cement mortar containing more than 0.6% of gluconic acid.

### 1. 서론

응결지연제란 시멘트의 수화반응을 지연시키고, 응결에 필요한 시간을 길게 하는 것에 이용하는 혼화제로 정의하며, 그 종류로는 수 시간 이내의 지연작용을 유지하는 지연제와 수 시간에서 수일까지 장시간 지연시키는 초지연제로 분류할 수 있다.

현재, 국내에서는 지연제를 KS F2560에 의거 감수제나 AE감수제의 한 타입으로 분류하며, 기온이 높을 경우 콘크리트의 응결을 60~120분 정도의 범위로 지연시켜 콘크리트의 수축을 억제하고 작업시간 및 시공성을 확보하기 위한 목적으로 개발되어 실무에 적용되고 있으나, 초지연제의 특성 및 기능에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

그러나, 외국의 경우는 지연능력이 탁월한 초지연제에 대해 많은 연구로 제품개발이 이루어져서, 콘크리트 타설시 이음부위의 밀폐화, 연속시공으로 인한 Cold Joint의 억제 및 매스콘크리트 시공시 수화열에 의한 균열저감등 다양화되는 각종 시공법에 있어 콘크리트의 품질 및 시공성 개선을 위한 한 방안으로 적극 활용하는 단계에까지 이르고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 응결지연성 혼화제의 종류 및 혼입을 변화에 따른 특성을 기초적으로 구명하기 위한 시멘트 모르타 상태에서의 실험으로 굳지 않은 모르타의 플로우 경시변화, 응결특성 및 경화 모르타의 강도특성 등을 분석함으로써 응결지연성 혼화제의 실무활용에 한 참고자료로 제시하고자 한다.

\* 정회원 청주대 대학원 석사과정

\*\* 정회원 청주대 대학원 박사과정

\*\*\* 성회원 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다. 먼저, 배합사항으로 모르타 배합비는 1 : 3으로 하고 플레인 배합 모르타의 플로우치가 응결지연성 혼화제의 혼입율 0%에서 150±10mm의 범위를 만족하는 W/C를 설정한 후 여타의 배합에도 동일하게 적용하였다. 응결지연성 혼화제의 종류로는 국내산 응결지연제인 J사 감수제 지연형과 일본산 초지연제인 글루콘산 등 2수준을 선택한 다음, 각 종류별 혼입율을 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.6, 1.2%로 변화시키는 6수준으로 배합계획 하였다.

실험사항으로는 굳지 않은 모르타에서의 플로우치와 플로우 경시변화를 30분 간격으로 측정하였으며, 비빔직후 공기량 및 응결시간을 측정하였다. 경화 모르타에서는 재령 1, 2, 3, 5, 7, 14 및 28일에서 압축강도를 측정하도록 하였는데, 단, 강도의 측정시기는 혼화제의 종류 및 혼입율에 따라 종결이 큰 차이를 보여, 각각의 종결시점을 기준으로 경과재령에 따라 강도를 시험하는 것으로 하였다.

### 2.2 사용재료

본 연구의 사용재료로 시멘트는 국내산 S사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 3과 같다. 잔골재는 충남 연기군 남면산의 강모래로써, 그 물리적 성질은 표 4와 같다. 응결지연성 혼화제로는 나프탈렌계의 감수제 지연형과 옥시칼본산계의 글루콘산을 사용하였는데, 그 물리·화학적 성질은 표 5와 같다. 물은 청주시 상수도를 사용하였다.

### 2.3 실험방법

굳지 않은 모르타의 혼합은 KS L 5109, 공시체 제작, 플로우 시험 및 양생은 KS L 5105의 규정에 따라 실시하였고, 공기량은 KS F 2421의 규정, 응결시간은 KS F 2436에 의하여 측정하였다. 경화 모르타의 압축강도는 KS L 5105, 휨강도는 ASTM C 348의 규정에 따라 실시하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

표 1. 실험요인 및 수준

실험요인		실험수준	
배합사항	배합비 (C : S)	1	1 : 3
	W/C	1	플레인(혼입율 0%)에서 플로우치 150±10mm를 만족하는 W/C
	응결지연성 혼화제의 종류	2	감수제 지연형(나프탈렌계) 글루콘산(옥시칼본산계)
실험사항	응결지연성 혼화제의 혼입율	6	0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.6, 1.2%
	굳지 않은 모르타	4	플로우치, 플로우 경시변화, 공기량, 응결시간
	경화 모르타	1	압축강도(1, 2, 3, 5, 7, 14, 28일) <sup>1)</sup>

1) 종결 이후의 재령에 따라 측정

표 2. 배합사항

배합비	W/C (%)	초지연제 혼입율 (%)	단위시멘트량 (kg/m <sup>3</sup> )	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	초지연제 혼입량 (kg/m <sup>3</sup> )
1 : 3	49.8	0	498	248	0
		0.1		248	0.498
		0.2		247	0.996
		0.3		247	1.494
		0.6		245	2.988
		1.2		242	5.976

표 3. 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	안정도	응결시간(분)		압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,303	0.08	226	409	231	308	410

표 4. 골재의 물리적 성질

골재종류	비중	흡수율 (%)	단위용적중량(kg/m <sup>3</sup> )	입형판정실적율(%)	0.08mm체 통과량(%)
강모래	2.60	1.46	1,598	61.0	2.06

표 5. 초지연제의 물리·화학적 성질

종류	비중	성상	pH(%)	색상
감수제 지연형	1.15	액상	8.5±1.5	암갈색
글루콘산	1.24	액상	18	무색

### 3.1 굳지않은 모르타의 특성

#### 3.1.1 플로우치 및 공기량

그림 1은 응결지연성 혼화제의 종류 및 혼입을 변화에 따른 플로우치 및 공기량을 나타낸 것이다. 전반적으로 플레인에 비해 혼입율이 증가할수록 플로우치 및 공기량은 증가하는 경향으로 나타났다.

단, 플로우치의 경우 감수제 지연형은 혼입율이 1.2%에서 급격한 증가양상을 보였고, 공기량의 경우는 글루콘산에서 크게 증가하는 경향을 나타내었다.

#### 3.1.2 플로우 경시변화

그림 2는 플레인과 응결지연성 혼화제의 종류 및 혼입을 변화에 따른 플로우치의 경시변화를 나타낸 것이다. 플레인의 경우 2시간 정도가 경과하면 플로우치가 거의 발휘되지 않는 반면, 감수제 지연형의 경우 혼입율 0.6%까지는 5~7시간 동안 플로우치를 유지하였고, 글루콘산의 경우는 최대 20시간까지 플로우치를 11cm 이상 유지하는 것으로 나타났다.

#### 3.1.3 응결시간

그림 3은 시간경과에 따른 판입저항치를 플레인과 응결지연성 혼화제의 종류 및 혼입을 변화별로 나타낸 것이다.

먼저, 플레인의 경우 초결은 8시간, 종결까지는 12시간 정도 소요되는 반면, 지연형 감수제의 경우 혼입율 변화에 따라 초결은 12시간부터 36시간까지, 종결은 15시간부터 48시간 사이로 측정되었다.

한편, 글루콘산의 경우 초결 및 종결에 소요되는 시간이 비약적으로 증대되어 종결의 경우 혼입율 0.1%에서는 15일에, 0.2%, 0.3%, 0.6% 혼입율의 경우 4일에서 22일 사이에 종결이 측정되었으며, 혼입율 1.2%에서는 30일이 경과하여도 종결이 측정되지 않았다.

이와같은 응결지연작용은 감수제 지연형의 경우 나프탈렌계의 분산기공과 글루콘산의 경우 작용기중의 수산기(-OH) 및 카르복실기(-COOH)가 시멘트 입자의 표면이나 극초기 수화반응물에 흡착하여 물과의 접촉을 일시적으로 차단하므로써 수화반응을 장시간 지연시키는 것으로 분석된다.

### 3.2 압축강도 특성

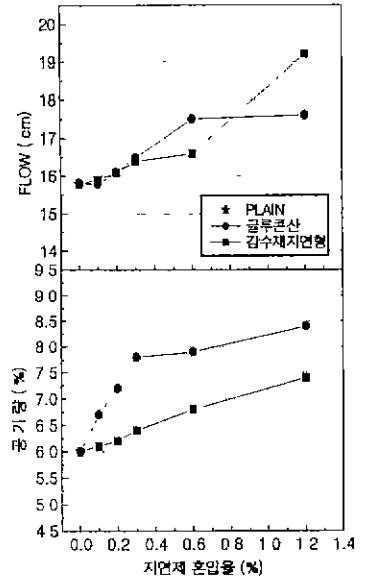


그림 1. 플로우치 및 공기량

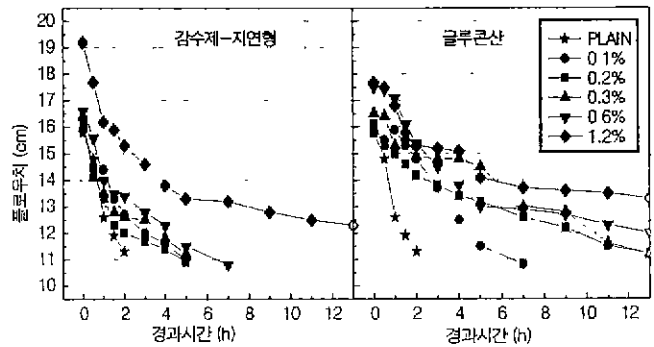


그림 2. 응결지연성 혼화제의 혼입율 변화에 따른 플로우 경시변화

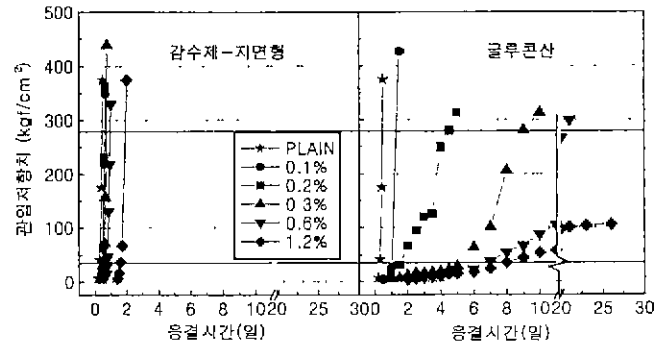


그림 3. 응결지연성 혼화제의 혼입율 변화에 따른 응결시간

그림 4는 비빔 후 재령경과에 따른 압축강도를 응결지연성 혼화제의 종류 및 혼입을 별로 구분하여 나타낸 것이고, 그림 5는 종결이후 재령에 따른 모르터의 압축강도를 나타낸 것이다.

먼저, 감수제 지연형을 사용한 경우 혼입을 0.1%에서 0.6%까지는 플레인 모르터의 강도와 거의 비슷하게 압축강도가 측정되었으나, 1.2%의 혼입율에서는 재령이 경과함에 따라 전반적으로 높게 측정되었다. 글루콘산의 경우 혼입을 0.1%, 0.2% 및 0.3%의 경우에는 강도가 플레인과 동등하거나 그 이상으로 측정되었지만, 1.2%의 경우에는 응결이 나타나지 않는 상태가 지속되어 강도측정이 불가능하였다.

#### 4. 결 론

응결지연성 혼화제의 종류 및 혼입을 변화에 따른 시멘트 모르터의 플로우치, 공기량, 플로우 경시변화, 응결시간 및 역학적 특성에 대하여 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 굳지 않은 모르터의 특성으로 응결지연성 혼화제의 혼입율이 증가함에 따라 플로우치 및 공기량은 증가하였고, 경과시간에 따른 플로우치는 감수제 지연형의 경우 5~7시간 동안, 글루콘산의 경우 짧게는 7시간부터 길게는 30시간까지 오랫동안 유동성이 발휘되는 것으로 나타났다.

2) 응결지연성 혼화제를 사용한 모르터의 응결특성은 혼입율이 증가함에 따라 감수제 지연형의 경우 모든 혼입율에서 15시간부터 48시간 사이에 응결이 나타났으나, 글루콘산의 경우는 응결시간이 비약적으로 증대되어 혼입을 0.3%이하에서는 2일에서 10일 사이에 응결이 나타났고, 0.6%에서는 20일 이상에서 응결이 측정되었으며, 1.2%에서는 30일이 경과하여도 응결이 나타나지 않았다.

3) 경화모르터의 압축강도는 응결지연성 혼화제 혼입시 플레인 모르터에 비해 전반적으로 동등하거나 그 이상으로 나타나, 강도에는 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있었으나, 글루콘산의 경우 혼입율이 0.6% 이상에서는 급격히 감소하는 경향이 나타나거나 측정이 불가능하였다.

종합적으로 시멘트 모르터에 응결지연성 혼화제 첨가시 강도에는 커다란 영향을 미치지 않는 결과를 얻을 수 있었지만, 그 종류에 따라 플로우치 유지시간 및 응결시간은 큰 차이를 보였는데, 응결지연제인 감수제 지연형보다 초지연제인 글루콘산의 응결지연 성능이 수배에서 수십 배정도 탁월함을 알 수 있었다.

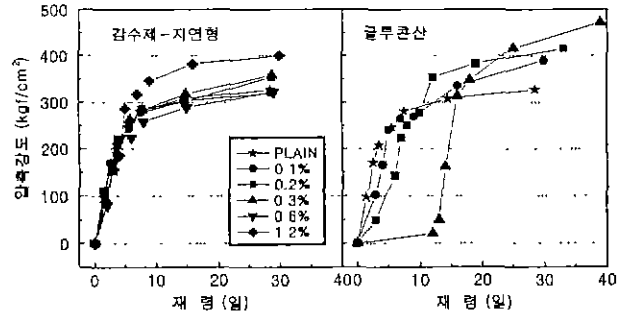


그림 4. 재령경과에 따른 압축강도

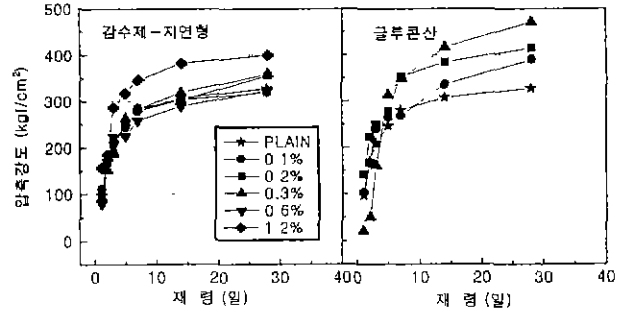


그림 5. 종결이후 재령에 따른 압축강도

#### 참 고 문 헌

1. 竹内 撤, 長瀧重義, 大郎信明, 坂本 建 : フレッシュコンクリートの凝結時間の調節に関する基礎的研究, 材料, 第47巻, 第9號, pp 985~992, 1996.
2. 竹内 撤, 長瀧重義, 大郎信明, 番匠谷英司 : 콘크리트의 슬럼프의長時間保持に関する實驗的研究, 日本土木學會論文集, No 571/V-36, pp.15-25, 1997 8
3. 松藤泰典 : 콘크리트の可能性を探る, セメント・コンクリート, No 497, pp 2~9, 1988