

# 균열저감형 바닥마감전용 모르타의 건조수축특성 연구

## A Study on the Dry-Shrinkage Properties For Floor Mortar With Crack-Reducing

이 종 열\*    이 웅 중\*\*    채 재 홍\*\*\*    박 경 상\*\*\*\*    김 기 수\*\*\*\*\*  
Lee, Jong Ryul    Lee, Woong Jong    Chae, Jae Hong    Park, Kyung Sang    Kim, Ki Soo

### ABSTRACT

The heating system of Korea apartment house is called Ondol. The surface finishing mortar of this floor system typically used the cement based mortar, where the surface finishing mortar easily appears the crack. To order to crack control, the cement that added expansive additives used to reducing dry-shrinkage. For the surface finishing mortar, the types of shrinkage is known as plastic shrinkage, dry-shrinkage and autogenous. This experimental study is to investigate the difference of dry-shrinkage of the cement that added expansive additives and OPC. The test method is varied the ratio of water/cement (W/C) and the ratio of sand/cement(S/C). For OPC, The increase of the ratio of S/C is reduced dry-shrinkage but for the cement that added expansive additives, the increase of the ratio of S/C is augmented dry-shrinkage. For OPC, The increase of the ratio of W/C is augmented dry-shrinkage but for the cement that added expensive, the increase of the ratio of W/C is reduced dry-shrinkage.

### 1. 서론

우리 나라의 공동주택 난방방식은 온돌방식으로 바닥판 하부를 통하여 전달된 열의 전도, 대류, 복사에 의하여 실내를 적온으로 유지시키는 방식으로 이에 사용되는 바닥마감재의 결합재료로서는 시멘트계 재료를 사용하며, 그 구조특성상 노출면적이 큰 관계로 대기온도, 습도, 바람 등에 의해 수분증발이 활발히 일어나 균열이 쉽게 발생하는 단점이 있다. 이를 극복하기 위하여 팽창재를 1종 시멘트에 첨가하여 균열발생을 저감시키는 방법이 많이 사용되고 있다. 그러나 공동주택 바닥마감재의 시공은 현장에서 결합재(시멘트+팽창재)와 물과 모래를 혼합하는데, 현행 시공방식은 정량배합이 곤란한 시공이기 때문에 시공후 최종적으로 나타나는 균열의 발생정도가 세대별로 일정하게 나타나지 않은 특성이 나타났다.

따라서 본 연구에서는 먼저 균열을 발생시키는 모르타의 체적수축을 일으키는 요인들을 거시적 측면에서 분석을 하고, 팽창재의 사용유무와 사용정도를 실험인자로 보고, 또한 시멘트/모래비와 물/시멘트비에 따른 건조수축특성을 실험을 통하여 검토하고자 한다.

\*강회원, 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 수석연구원

\*\*쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 주임연구원

\*\*\*쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 선임연구원

\*\*\*\*쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 연구원

\*\*\*\*\*쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 실장

## 2. 연구 내용

### 2.1. 실험개요

#### 2.1.1 모르터의 수축변형요인 검토

수축 현상은 겔보기에 물의 손실로 인한 모르터 및 콘크리트의 일반적인 현상이다. 엄격하게 말하자면 수축은 3차원 변형이나 노출된 바닥마감재는 3차원보다는 2차원이며, 수축변형의 효과는 길이의 함수로서 가장 큰 치수에서 가장 크게 발생하기 때문에 보통 선형 변형률로서 표현된다. 일반적으로 수축이라 함은 상대습도가 100%아래에서 공기중의 노출된 바닥마감재의 건조수축으로 표현된다. 그러나 주변환경의 영향을 받으면서 수축변형을 일으키는 요인은 5종류로 나누어 볼 수 있다.

첫 번째는 경화 모르터에서 발생하는 건조수축으로 가장 잘 알려져 있다. 두 번째는 소성상태에서 바닥마감재로부터 물이 빼앗길 때 발생하는 소성수축으로 건조수축보다 먼저 발생한다. 공통적으로 물은 대기 중으로 증발에 의해 손실되는 것도 있고, 또한 바닥마감재의 밑에 있는 기포콘크리트의 기포상태가 open pore인가 close pore인가에 따라 또한 습윤상태에 따라 흡수정도가 다르고 기포콘크리트에 물이 많이 흡수될 때도 발생할 수 있다. 세 번째로 시멘트의 수화반응의 결과로서 발생하는 것으로, 주변매개체 접촉없이 발생하는 자기수축(autogenous shrinkage)이다. 일반적으로 고강도 콘크리트에서 자기수축에 의한 균열발생을 확인할 수 있는데 바닥마감재의 경우도 일반적으로 시멘트가  $500\text{kg/m}^3$ 내외로 사용하는 것을 감안하면 자기수축에 의한 영향도 무시할 수 없을 것으로 볼 수 있다. 네 번째로는 매스콘크리트에서 쉽게 발견할 수 있는 것으로 수화열에 의한 내외부온도차의 발생으로 인한 열수축으로 노출면적이 큰 바닥마감재에서는 발생하지 않은 것으로 볼 수 있다. 다섯 번째는 습기의 존재하에 공기중의 이산화탄소와 수화시멘트 페이스트와의 반응에 의한 중성화수축이다. 일반적으로 건조수축과 비교하여 볼 때 상당히 작기 때문에 무시한다.

따라서 바닥마감재의 수축변형을 일으킬 수 있는 주 요인은 건조수축과 소성수축 그리고 자기수축으로 볼 수가 있다. 한편 본 연구에서는 바닥마감재의 배합비 변동에 따른 건조수축특성에 대상으로 실험을 수행하였다.

#### 2.2.2 실험 내용

본 연구의 본래 목적은 바닥마감재의 시공이 현장에서 시멘트, 모래 그리고 물을 혼합하는 시공방식으로 정량배합을 지키기가 어려운 시공여건을 개선하기 위해 레미콘 공장에서 정량배합 레미콘트럭을 이용하여 현장에서 시공하는 레미모르터용 배합비 선정을 위한 실험을 추진해왔다. 따라서 본 연구에서 제시한 데이터 중 슬럼프[KS F 2402], 공기량[KS F 2421] 및 압축강도[KS F 2405] 측정은 콘크리트 배합실험에서 수행하는 방법대로 수행되었기 때문에 엄격하게 말하면 모르터용 유동성, 공기량, 압축강도와 실험결과와는 차이점이 있을 것이므로, 데이터의 값보다는 물성의 경향을 파악하는 참고자료로서 활용하는 것이 바람직하다고 본다. 길이변화 실험은 모르터용 몰드( $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ )를 이용하여 측정하였다.

한편, 바닥마감재의 건조수축특성을 검토하기 위해, 먼저 시멘트의 종류를 1종시멘트, 1종시멘트에 팽창재 10%를 혼합한 특수시멘트, 그리고 1종시멘트에 팽창재 8%를 혼합한 특수시멘트를 대상으로 하였고 실험요인 및 내용은 다음의 표 1과 같다.

#### 2.2.2 실험재료

본 연구에서 사용한 시험재료의 화학조성은 표 2와 같다. 그리고 모래는 강모래로서 조립률이 2.5의 것을 사용하였으며 물리적 성질은 다음 표 3과 같다.

표 1 실험요인 및 내용

실험요인	수준	내용
시멘트 종류	3	OPC, FA(OPC+팽창재(10%)), FN(OPC+팽창재 (8%))
배합비(C:S비)	4	1 : 2.50, 1:2.75, 1:30, 1:3.50
W/C	4	50%, 55%, 60%, 65%
양생방법	1	기건양생(온도 : 20±1℃, 상대습도 : 60±5%)

표 2 시험재료의 화학분석결과

시료명	화학조성(%)						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	lg. loss
OPC	21.9	5.9	3.0	61.1	2.8	2.2	1.5
FA	22.2	8.0	3.0	56.0	2.5	5.1	2.1
FN	24.0	8.5	3.0	55.1	2.5	3.7	1.6

표 3 모래의 물리적 성질

골재의 종류	비중	조립률(F.M.)	씻기손실량(%)	흡수율(%)	단위용적중량(kg/m <sup>3</sup> )
강모래	2.60	2.5	1.24	1.1	1590

### 3. 결과 및 분석

#### 3.1 S/C비 변경에 따른 결과 및 분석

##### 3.1.1 실험결과

시멘트와 모래의 비를 1:2.5~1:3.5까지 변경시켰을 때의 물성은 그림 1~2에 나타내었다. 슬럼프 및 공기량은 OPC대비 FA와 FN은 유사하게 나타났으나, 28일 압축강도는 FN(242~303kg/cm<sup>2</sup>), OPC(234~277kg/cm<sup>2</sup>)과 거의 유사하게 나타났고, FA(146~176kg/cm<sup>2</sup>)는 FN 대비 낮게 나타났다.

한편 건조수축특성을 분석하기 위해 모르타용 길이변화 실험결과는 그림 3에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 OPC(1종 시멘트)의 경우는 S/C비에 관계없이 재령증가에 따라 수축현상이 나타났고, FA의 경우는 S/C비에 관계없이 팽창특성을 보였으며, 특히 FN의 경우는 S/C비에 따라 팽창과 수축이 모두 공존하는 현상을 보였다.

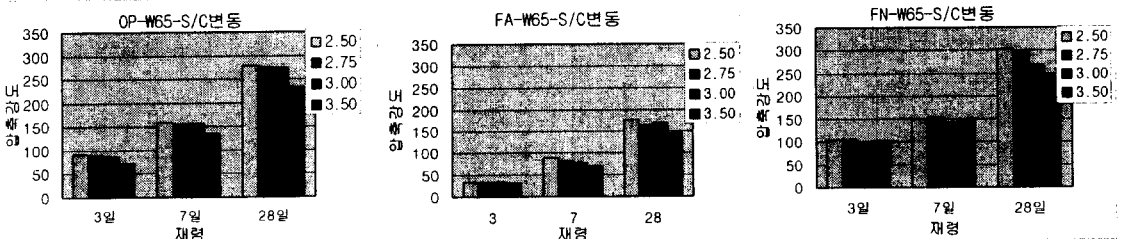


그림 1. S/C변경에 따른 시멘트 종류별 압축강도 실험결과

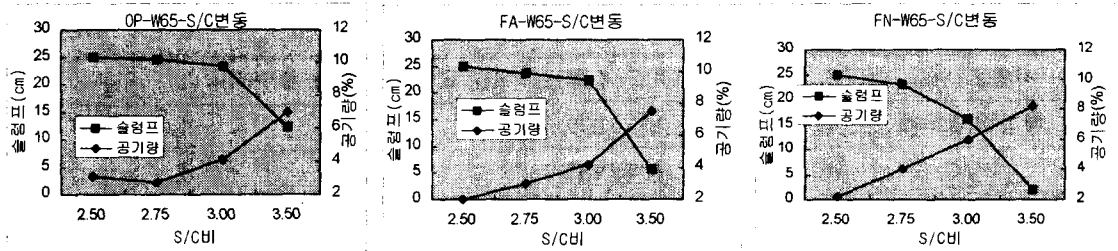


그림 2. S/C변경에 따른 시멘트종류별 수축, 공기량 실험결과

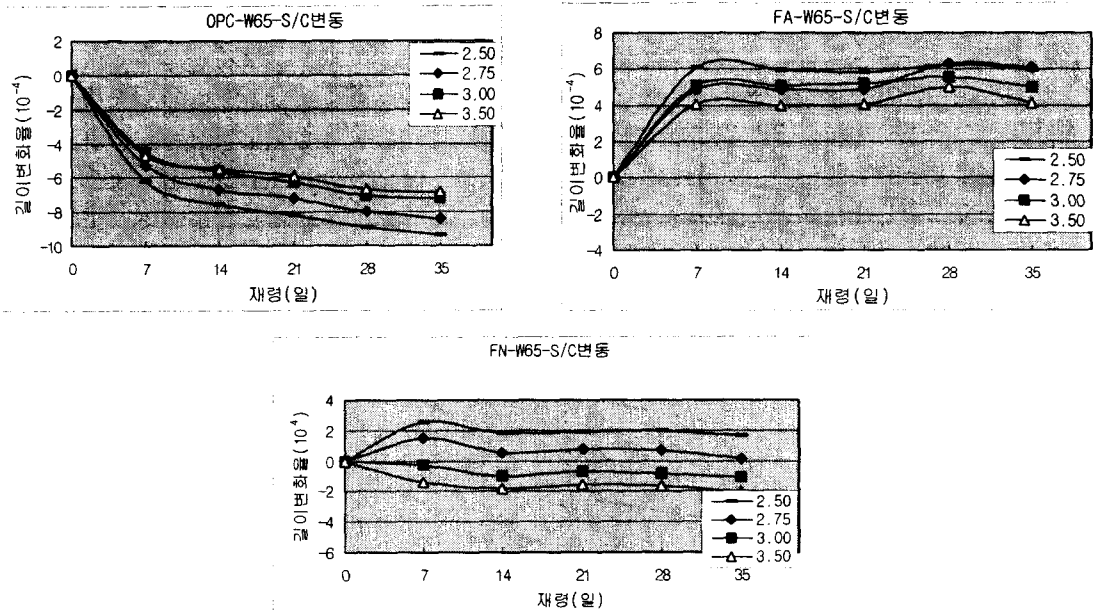


그림 3 S/C변경에 따른 OPC, FA, FN의 길이변화 측정결과

### 3.1.2 결과분석

수축 및 공기량은 팽창재의 혼입량(0%, 8%, 10%)에 따라 큰 차이를 나타내지 않았고, S/C비의 증가에 따라 수축은 감소하였고, 공기량은 증가하였다. 팽창재를 첨가한 FA와 FN의 압축강도와 길이변화를 상호비교 하면, 강도가 증가하면 수축율이 커지는 경향을 보였고 강도가 감소하면 팽창성능이 커지는 것으로 나타났다. 이는 팽창성이 어느 한도 이상으로 커지면 체적팽창이 유발되어 강도의 감소가 생긴 것으로 보인다.

OPC의 길이변화특성을 분석해 보면 S/C의 증가에 따라 수축현상이 작게 나타나 팽창재를 사용하지 않을 경우 가능하면 잔골재(모래)의 양을 증가시키는 게 건조수축을 줄일 수 있음을 알 수 있었고, 그러나 팽창재를 사용할 경우에는 S/C의 증가에 따라 팽창성분능이 저하되고 수축현상이 나타나, 적정의 S/C비를 사용하여야만 건조수축을 줄일 수 있음을 알 수 있었다. OPC와 FN을 상호 비교하면 S/C비의 증가에 따라 OPC는 수축율의 감소, FN은 수축율의 증가현상을 보였다.

### 3.2 W/C비 변경에 따른 결과 및 분석

#### 3.2.1 실험결과

S/C비를 2.75로 고정하고 W/C비를 50~65%로 변경시켰을 경우의 물성은 그림 4~5에 나타내었다. 슬럼프 및 공기량은 OPC 대비 FA와 FN은 유사하게 나타났으나, 28일 압축강도는 FN(318~381kg/cm<sup>2</sup>), OPC(327~387kg/cm<sup>2</sup>)와 거의 유사하고 나타났고, FA(220~312kg/cm<sup>2</sup>)는 약간 작게 나타났다.

한편 건조수축특성을 분석하기 위한 모르타르용 길이변화 실험결과를 그림 6에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 W/C비에 관계없이 OPC(1종 시멘트)의 경우는 수축현상이 보였고, FA의 경우는 팽창특성이 나타났고, FN의 경우는 모두 수축을 나타내었으나, 이 값은 최대  $-3 \times 10^{-4}$  정도의 작은 수축율로 나타났다.

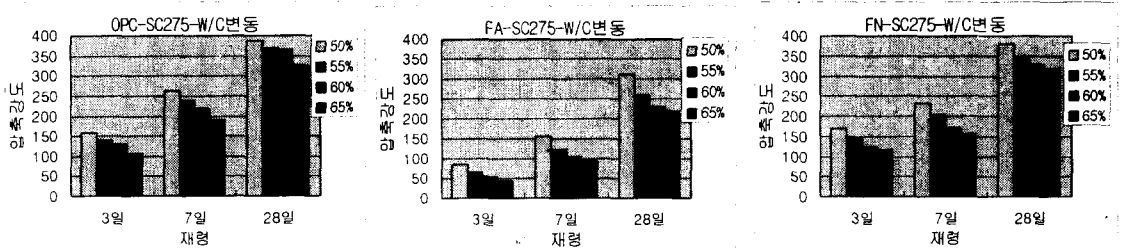


그림 4 W/C변경에 따른 시멘트 종류별 압축강도 실험결과

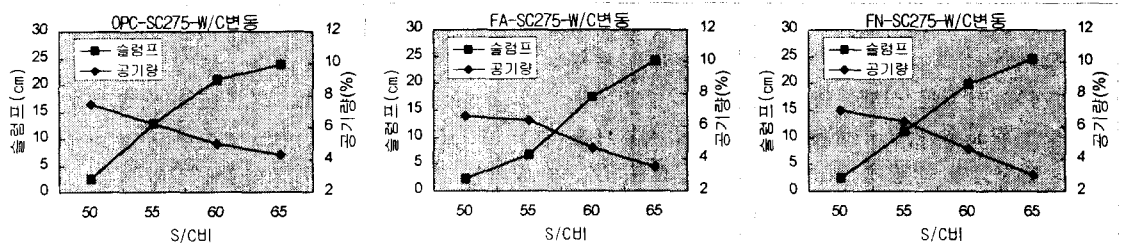


그림 5 W/C변경에 따른 시멘트 종류별 슬럼프 및 공기량 실험결과

#### 3.2.2 결과분석

슬럼프 및 공기량은 팽창재의 혼입량(0%, 8%, 10%)에 따라 큰 차이를 나타내지 않았고, W/C비의 증가에 따라 일반적인 특성인 슬럼프는 증가하였고, 공기량은 감소하였다. 길이변화 특성을 분석하여 보면 OPC의 경우는 W/C 증가에 따라 수축현상이 크게 나타났으나 FA의 경우는 W/C의 증가가 더욱 큰 팽창특성을 나타내는 것으로 확인되었다. 이는 참고문헌 2에서도 나타난 실험결과와 맥을 같이 하고 있다. 이의 원인은 먼저 OPC의 경우는 수화반응을 일으키고 남은 잉여수의 증발로 인한 W/C 증가에 따라 수축이 크게 나타나지만, 팽창재를 사용한 시멘트는 수화반응을 일으키고 남은 잉여수가 OPC의 경우보다 덜 남아있거나 또는 보습효과에 의한 복합작용 등의 영향이 아닌가 생각되며, 현재의 길이변화실험은 5주까지의 실험 데이터임으로 장기적으로 수축현상을 더 지켜보아야 할 것으로 사료된다.

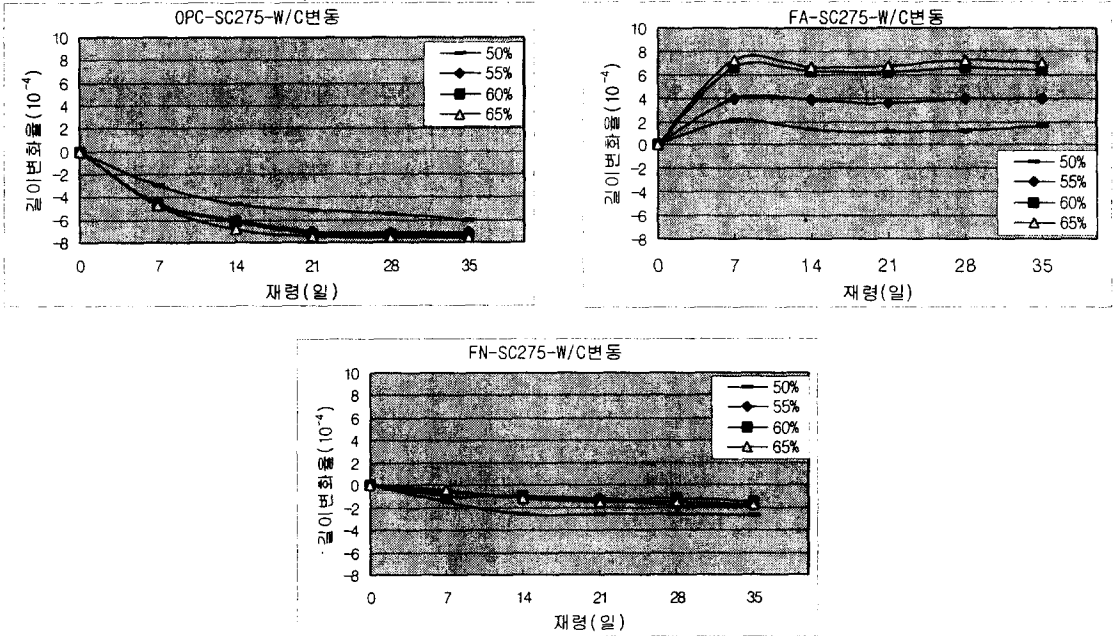


그림 6 W/C변경에 따른 OPC, FA, FN의 길이변화 측정결과

#### 4. 결론

본 연구에서는 바닥마감재의 균열저감을 위해 팽창재를 혼합한 시멘트의 특성을 보통시멘트와 동일 실험방법으로 상호 비교하였으며, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 팽창재를 사용한 시멘트는 팽창성능이 증진되면 강도가 감소하게 됨으로 적정량의 팽창재를 사용해야만 강도와 건조수축에 의한 균열방지효과를 얻을 수 있다.
- 2) S/C 변경실험 결과에 의하면 OPC의 경우 S/C의 증가는 건조수축을 감소시킬 수 있지만, 팽창재를 혼합한 시멘트의 경우는 팽창성능을 저하시키게 됨으로 적정의 S/C비를 사용해야 할 것으로 본다.
- 3) W/C비의 증가에 따라 OPC의 경우는 건조수축이 크게 발생하지만, 팽창재를 사용한 시멘트는 팽창성이 크게 나타났으나 장기적인 건조수축현상을 지켜보아야 한다고 본다.

#### 5. 참고문헌

1. P.-C. Aitcin, A. N. and P. Acker, Integrated View of Shrinkage Deformation, concrete International, September, 1997, pp. 35-41
2. 한천규외 4인, CSA계 팽창재를 이용한 고성능 콘크리트의 특성에 관한 연구, 대한건축학회지, 구조계 14권 11호, 1998. 11
3. 고성성, 이재룡, 은수은돌 바닥구조체의 마감모르터의 균열방지에 관한 실험적 연구, 대한건축학회지, 구조계 14권 4호, 1998. 4
4. 정성철외 2인, 액상 균열방지제에 의한 공동주택 바닥모르터의 균열저감에 관한 실험적 연구, 대한건축학회지, 구조계 15권 1호, 1999. 1.