

# 구조체 콘크리트의 건조수축 균열저감에 관한 Mock-up 실험

## Mock-up Test on the Reduction of Drying Shrinkage Crack in Structural Concrete

윤 섭\* 송승헌\*\* 한민철\*\*\* 김경환\*\*\*\* 정용희\*\*\*\*\* 한천구\*\*\*\*\*  
Yoon, Seob Song, Seung Heon Han, Min Cheol Kim, Kyeong Hwan Jong, Young Hee Han, Cheon Goo

### ABSTRACT

This paper presents the results of drying shrinkage of concrete using shrinkage-reducing-admixture(DSRA) studied by the authors through mock-up test. DSRA is proportioned by expansive admixture and shrinkage reducing agent(SRA). Flowing concrete method is also applied to assist the concrete to reduce drying shrinkage by decreasing water content at the same time. The use of EA and SRA does not affect fluidity, bleeding and setting time. Compressive strength of concrete using EA along with SRA exhibited less than that of plain concrete. However, The compressive strength with combination of EA-SRA along with flowing concrete method shows comparable to that of plain concrete. The application of developed method can contribute to reducing drying shrinkage by as much as 30-40% compared with that of plain concrete.

### 1. 서론

구조물의 안정성, 내구성, 미관 등에 큰 영향을 주는 콘크리트의 균열은 90년대 이후 심각한 사회적인 문제로 대두되었다. 특히, 구조물에 건조수축이 발생하게 되면 콘크리트 구조체가 구속된 상태에서 콘크리트의 수축력과 구속력의 불균형에 의하여 콘크리트의 균열로 이어지게 되어, 콘크리트에 하자를 일으키는 중요한 요인으로 작용된다.

따라서, 이러한 건조수축을 저감시키기 위하여 우리나라 건축공사표준시방서에서는 보통 콘크리트의 경우 단위수량을  $185\text{kg/m}^3$  이하로 고내구성 콘크리트의 경우  $175\text{kg/m}^3$  이하로 규정하고 있지만, 최근 구조물의 규모와 형태가 다양화, 대형화 되고, 콘크리트 타설시 작업성을 향상시키기 위해 단위수량을 증가시키는 등의 원인으로 구조체 콘크리트의 건조수축은 여전히 많이 발생하고 있어, 구조체 콘크리트의 품질향상은 중대한 사안이라 할 수 있다.

이에, 본 연구팀에서는 이러한 구조체 콘크리트의 건조수축 균열 저감 공법 개발을 위한 일련의 연구로 유동화 공법 및 팽창재, 수축저감제를 이용하여 구조체 콘크리트의 건조수축저감 방법에 대하여 연구 중에 있다.

그러므로, 본 연구에서는 구조체 콘크리트의 건조수축 저감을 위해 실 구조체로 상정한 모의부재를 대

\*정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

\*\*정회원, (주)삼성물산 건설부문, 과천국립과학관 현장

\*\*\*정회원, 청주대 산업과학연구소 전임연구원, 공학박사

\*\*\*\*정회원, (주)덕일엔지니어링 기술연구소 소장, 공학박사

\*\*\*\*\*정회원, (주)덕일엔지니어링, 대표이사

\*\*\*\*\*정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

상으로 유동화 공법 및 팽창재, 수축저감제 혼입 변수를 고려하여 4개의 시험체를 제작한 다음 구조체 콘크리트의 건조수축저감 공법 개발을 위해 균지않은 콘크리트 및 압축강도, 건조수축길이변화 특성에 대하여 분석하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1. 실험계획

본 연구의 실험계획 및 콘크리트의 배합은 표 1 및 2와 같다.

먼저, 레미콘의 배합사항으로 호칭강도는 실무에서 많이 사용하고 있는 보통강도 범위인 24MPa로 하였고, 모의부재는 보통콘크리트를 타설한 부재(A), 유동화 콘크리트를 타설한 부재(B), 팽창재(5%)+수축저감제(0.5%)를 치환한 콘크리트를 타설한 부재(C), 팽창재 및 수축저감제를 치환 후 유동화 한 콘크리트를 타설한 부재(D)의 총 4 수준으로 변화시켰다.

이때, 각 부재의 목표 슬럼프는 180±25mm로 계획하였고, 유동화 콘크리트 부재는 베이스 80±25mm에서 180±25mm로 유동화하였다. 또한, 각각의 목표 공기량을 4.5±1.5%로 실험계획하였다.

실험사항으로 균지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량 및 응결시간을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도, 건조수축길이변화를 계획된 재령에 따라 측정하였으며, 모의구조체 컨택트 게이지에 의한 길이변화는 각 부재별로 그림 2에서 나타낸 해당 위치에 대하여 계획된 재령에 따라 측정하였다.

### 2.2. 사용재료

본 연구의 사용재료로써 콘크리트는 충북 청원에 위치한 J사 제품의 레미콘을 사용하였고, 팽창재는 국내 S사 제품인 석고계를 사용하였으며, 수축저감제는 독일산 글리콜계를 사용하였다. 유동화제는 국내 H사의 분리저감형 멜라민계를 사용하였다.

### 2.3. 실험방법

본 연구의 실험방법으로 슬럼프는 KS F 2402,

표 1. 실험계획

실험요인		실험사항	
호칭강도(MPa)	1	· 24	
목표 슬럼프(mm)	1	· 베이스-80±25 · 유동화 및 플레인-180±25	
목표 공기량(%)	1	· 4.5±1.5	
모의부재	4	· A : 플레인(A) · B : 유동화공법(B) · C : 팽창재+수축저감제(C) · D : 팽창재+수축저감제+유동화(D)	
실험사항	균지않은 콘크리트	3	· 슬럼프, 공기량, 응결시간
	경화 콘크리트	3	· 압축강도 (3, 7, 14, 28, 91일) · 건조수축길이변화 (표준양생, 구조체관리용) · 콘택트게이지에 의한 길이변화

표 2. 콘크리트의 배합

부재명	W/C (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	S/a (%)	AE 감수제 (%)	유동화제 (%)	질량배합(kg/m <sup>3</sup> )				
						시멘트	잔골재	굵은골재	팽창재	수축저감제
A	49.4	187	47.6	0.6	-	379	408	409	-	-
B	49.4	169	47.6	0.6	0.3	342	427	427	-	-
C	49.4	187	47.6	0.6	-	360	408	409	18.9	1.9
D	49.4	169	47.6	0.6	0.3	325	427	427	17.1	1.7

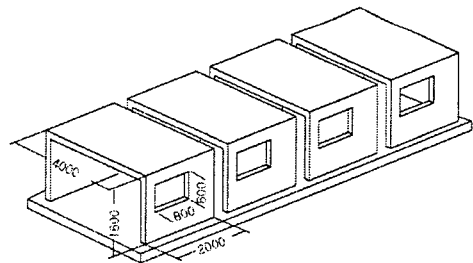
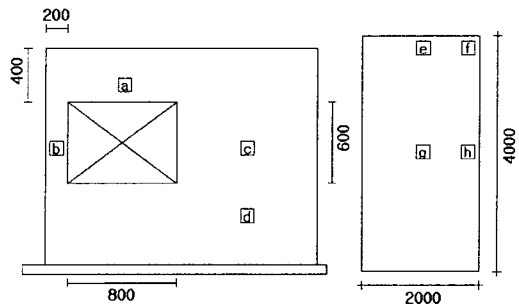


그림 1. 모의부재 입체도



a) 벽체

b) 슬래브

그림 2. 컨택트 게이지 설치위치

공기량은 KS F 2421, 응결시간은 KS F 2436 규정에 의거 실시하였다. Mock-up 실험을 위한 모의부재는 그림 1, 2와 같이 제작한 후 표 1의 타설방법에 따라 콘크리트를 타설하였다. 압축강도는 KS F 2405 규정에 의거 실시하였고, 건조수축길이변화는 KS F 2424의 규정에 의거 실시하였으며, 컨택트게이지 길이변화는 그림 2의 위치에 설치한 후 제조사의 카달로그에 제시된 방법에 따라 실시하였다.

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

표 3은 각 부재에 타설한 콘크리트의 슬럼프, 공기량 및 초결과 종결시간을 나타낸 것이다. 먼저, 각 부재에 타설한 콘크리트의 슬럼프 및 공기량은 다소 차이는 있었으나, 목표 슬럼프 및 공기량을 만족하는 것으로 나타났다. 응결시간은 부재별로 약간의 차이는 있었으나, 그다지 큰 차이는 없는 것으로 나타나, 팽창재+수축저감제+유동화공법이 응결시간에 미치는 영향은 없는 것으로 사료된다.

#### 3.2 압축강도 특성

그림 3은 부재별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적으로 압축강도는 부재종류에 상관없이 재령경과에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 부재종류에 따른 압축강도는 C(팽창재+수축저감제)의 경우 A에 비해 팽창재의 팽창효과와 수축저감제의 표면장력저하 및 약 1%가량 높은 공기량으로 강도가 약간 저하하였지만, 개발하고자 하는 D(팽창재+수축저감제+유동화공법)는 낮은 단위수량과 플레인과 같은 수준의 공기량으로 A(플레인 콘크리트)와 거의 같은 수준의 압축강도를 발휘하는 것으로 나타났다. 따라서 팽창재 및 수축저감제, 유동화 공법을 동시에 적용할 경우 압축강도 품질에 미치는 영향은 없는 것으로 분석된다.

#### 3.3 건조수축특성

그림 4는 양생방법 및 각 부재에 이용한 콘크리트별 재령경과에 따른 건조수축길이변화를 나타낸 것이다.

먼저, 수중양생으로 인해 7일간 팽창하다 이후 기중양생으로 재령이 경과할수록 건조수축이 발생하였다. 양생방법별로는 시험기간 일 평균기온이 5℃이하로 낮아, 구조체 관리용 공시체가 표준양생 공시체 보다 건조수축이 작게 발생하였다.

또한, 각 콘크리트별로는 양생방법에 관계없이 A(플레인 콘크리트)가 높은 단위수량으로 인해 건조수축이 가장 크게 발생하였고, B(유동화 공법)는 유동화 공법 사용으로 낮아진 단위수량으로 인해 A보다 약 10%가량 건조수축이 저감되었으며, C(팽창재+수

표 3. 굳지않은 콘크리트의 실험결과

실험사항		종류			
		A	B	C	D
슬럼프 (mm)	유동화전	200	103	200	95
	유동화후	-	190	-	170
공기량 (%)	유동화전	4.7	4.8	5.9	4.6
	유동화후	-	4.6	-	5.6
응결시 간(h)	초 결	11.4	11.7	10.8	10.5
	종 결	15.1	14.9	14.7	14.2

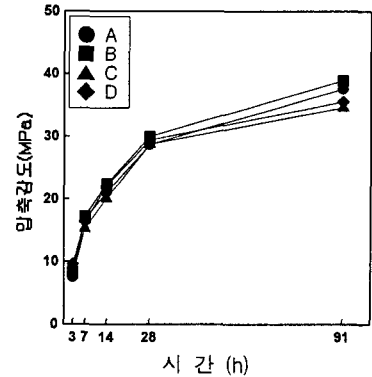


그림 3. 부재별 재령경과에 따른 압축강도

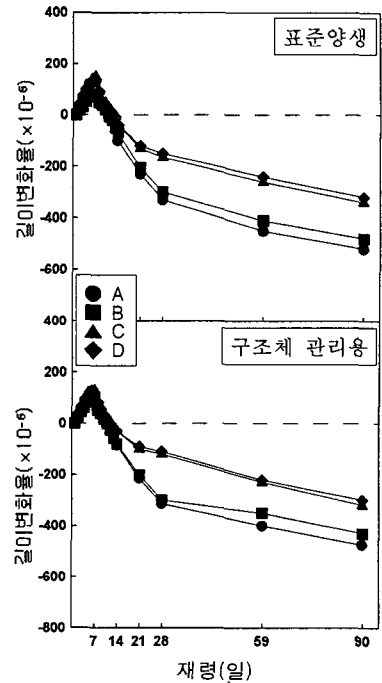


그림 4. 양생방법 및 부재별 재령경과에 따른 건조수축길이변화

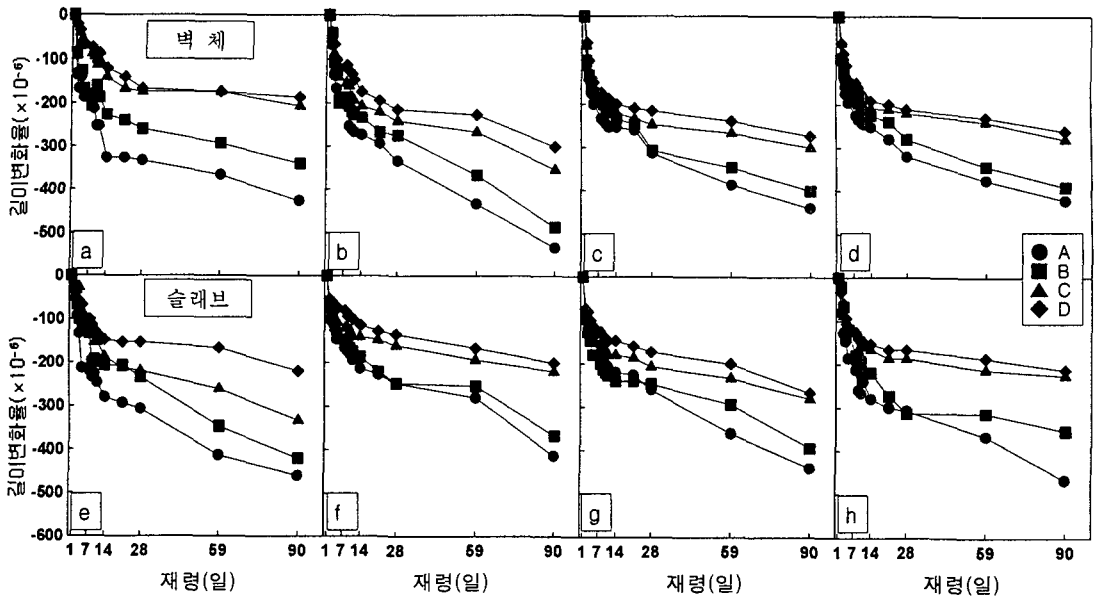


그림 5. 콘택트게이지 측정 위치 및 부재별 재령경과에 따른 건조수축길이변화율

축저감제)는 팽창재의 콘크리트 팽창효과와 수축저감제의 콘크리트로부터 수분증발시 표면장력을 저하시키는 물리작용으로 A보다 약 29%가량 건조수축이 저감되었고, D(팽창재+수축저감제+유동화제)는 팽창재 및 수축저감제와 유동화 공법의 복합작용으로 A에 비해 약 35%가량 건조수축을 저감시키는 것으로 나타났다.

그림 5는 콘택트 게이지 측정위치 및 부재별 재령 경과에 따른 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다.

먼저, 콘택트게이지 측정위치에 따른 건조수축 길이변화는 측정위치의 부재 넓이에 따라 넓이가 좁을수록 콘크리트의 내부수분 손실이 빠르게 진행되어 건조수축이 크게 발생하였는데, 벽체의 경우 측정위치 b가 측정위치 폭 20cm로 가장 얇아 건조수축이 가장 크게 발생였고, a, c, d 순으로 나타났다.

슬래브의 경우는 측정위치가 슬래브의 외각일수록 건조수축이 커지는 것으로 나타났고, e, h, g, f 순으로 건조수축이 크게 나타났다. 부재별로는 측정위치에 따라 약간의 차이가 있으나, 공시체 길이변화와 마찬가지로 D(팽창재+수축저감제+유동화제)가 A(플레인)에 비해 약 30~40%가량 가장 크게 저감하는 것으로 나타났고, C, B, A 순으로 나타났다.

그러므로, 공시체와 구조체의 건조수축 길이변화 특성을 종합해본결과, 팽창재+수축저감제+유동화 공법을 실구조체 콘크리트에 적용할 경우, 여타 방법보다 건조수축을 크게 저감할 수 있는 것으로 분석되었다.

#### 4. 결 론

구조체 콘크리트의 건조수축 균열 저감에 관한 Mock-up에 관한 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 굳지않은 콘크리트 및 압축강도 특성으로, 팽창재+수축저감제+유동화공법을 사용하게 되면 플레인과 비교하여 불리당량, 응결시간 및 압축강도에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

2) 건조수축특성으로 플레인에 비교하여 D(팽창재+수축저감제+유동화공법) C(팽창재+수축저감제) B(유동화공법) 순으로 건조수축 저감효과가 큰 것으로 나타났는데, 팽창재+수축저감제+유동화공법을 구조체콘크리트에 사용할때에는 응결시간 및 압축강도에 미치는 영향없이 약 30~40%의 건조수축저감 효과가 있는 것으로 분석된다.