

Research Paper

# 벽체 실물대부재실험을 통한 초 저수축 콘크리트의 균열제어 효과 분석

## Analysis of Crack Control Effect of Ultra-low Shrinkage Concrete through Wall Mock-up Test

서태석<sup>1</sup> · 이현승<sup>2</sup> · 김강민<sup>3\*</sup>

Seo, Tae-Seok<sup>1</sup> · Lee, Hyun-Seung<sup>2</sup> · Kim, Kang-Min<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Senior Researcher(Ph.D, PE), R&D Center, Hyundai Jongno-Gu, Seoul, 03058, Korea

<sup>2</sup>Associate Researcher(Master), R&D Center, Sampyo Industry, Gyeonggi-do, 12768, Korea

<sup>3</sup>Senior Researcher(Master), R&D Center, Sampyo Industry, Gyeonggi-do, 12768, Korea

\*Corresponding author

Kim, Kang-Min  
Tel : 82-2-476-5483  
E-mail :  
[kangmin.kim@sampyo.co.kr](mailto:kangmin.kim@sampyo.co.kr)

ABSTRACT

Ultra-low shrinkage concrete is very effective for securing the quality and appearance of a concrete structure because it can control the drying shrinkage cracks of the concrete structure to within a certain limit. In this study, with the purpose of commercializing ultra-low shrinkage concrete, the optimal amount of expansive agent and shrinkage reducing agent was determined through a lab test, and a concrete wall mock-up test was conducted to examine the shrinkage properties and crack control effects of ultra-low shrinkage concrete. As a result, it was confirmed that there was little drying shrinkage deformation in the wall specimen, and furthermore that no cracks were generated.

Received : November 18, 2021

Revised : December 7, 2021

Accepted : January 3, 2022

Keywords : ultra low-shrinkage, expansive additive, shrinkage reducing agent, wall mock-up test

## 1. 서론

공동주택 입주자의 고품질에 대한 요구가 높아지고 있으며 이에 따라 하자보수에 대한 소송도 증가하는 것으로 조사되었다[1]. 특히 균열에 대한 하자판결금액은 하자판결 중에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 보고되었다[1]. 따라서 입주자의 눈높이에 맞춘 양질의 주거환경을 제공하고 구조물의 내구성능을 향상시키기 위해서 균열제어는 매우 중요하다 할 수 있다. 균열의 원인은 다양하지만 건축 RC 구조물로 한정하면 비교적 얇은 판상형 부재(벽체, 슬래브)가 많기 때문에 건조수축에 의한 균열이 가장 많은 것으로 지적되고 있으며[2] 이러한 균열을 최소화하기 위해서는 콘크리트의 건조수축을 작게 제어하는 것이 가장 중요하다.

초 저수축 콘크리트는 콘크리트의 수축균열을 극한까지 제어할 수 있는 것으로 보고되고 있다[3]. 따라서 본 연구에서는 초 저수축 콘크리트의 상용화(지하공간의 슬래브 및 미관이 강조된 콘크리트 구조물에서의 확대적용)를 목적으로 실내실험을 통해 최적의 팽창제(Expansive Additive, Exp.) 및 수축저감제(Shrinkage Reducing Agent, SRA) 투입량을 정하고, 벽체 실물대부재실험을 실시하여 초 저수축 콘크리트의 수축 특성 및 균열제어 효과 등을 검토하였다.

초 저수축 콘크리트의 수축률에 대한 기준은 아직까지 시방서 상에 정의되어 있지 않지만 수축률을 200 $\mu$ e 수준으로 제어할 수 있으면 건조수축 균열을 최대한으로 제어할 수 있으므로[3] 본 연구에서는 수축률 200 $\mu$ e 수준의 콘크리트를 초 저수축 콘크리트로 정의하였다.



## 2. 실험 계획

### 2.1 콘크리트 배합과 재료

Table 1에 콘크리트 배합을 나타내었다. 물-바인더 비는 46.5%로, 슬럼프와 공기량 목표치는 각각  $210 \pm 25\text{mm}$ ,  $4.5 \pm 1.5\%$ 로 계획 하였다. 기존 연구[4]에서 SRA 사용량이 2.0% 수준에서 압축강도가 급격히 감소하는 것으로 확인되었지만 SRA 1.5% 수준에서 압축강도의 손실이 거의 없음을 확인하였고 일반 콘크리트 대비 건조수축을 40% 이상 저감시킬 수 있는 것으로 예상되었기 때문에 [5] 수축저감 성능 및 압축강도 특성을 고려하여 SRA 1.5% 고정으로 계획하였다. 팽창재 치환은  $20\text{kg/m}^3$ 와  $40\text{kg/m}^3$  수준으로 계획 하였다. 팽창재를 시멘트에 치환할 경우 강도 저하가 발생할 수 있으므로 잔골재에 팽창재를 치환하는 외할(外割)배합을 적용하였다.

SRA는 글리콜 타입의 액상형 혼화제이며 콘크리트 내 미세공극의 표면장력을 작게 하여 수축량을 감소시키는 특징이 있으며[4-6], 팽창재는 산화칼슘(CaO)을 주 성분으로 하는 석회계의 팽창재다. CaO와 물( $\text{H}_2\text{O}$ )가 반응해서 수산화칼슘( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )이 생성되며, 이때  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 결정이 성장해서 콘크리트가 팽창을 하게 되는 특징이 있다. 콘크리트 배합에 사용된 재료 및 SRA와 팽창재의 재료 물성을 각각 Table 2, 3, 4에 나타내었다.

**Table 1.** Concrete mix proportions(25-27-210)

W/B(%)	S/a(%)	Unit weight( $\text{kg/m}^3$ )							AD (B*%)	SRA (B*%)
		W	B	C	F/A	S	G	Exp.		
46.5	52.5	172	370	333	37	924	841	0, 20, 40	0.7~0.8	0, 1.5

**Table 2.** Properties of materials

Material	Physical properties
Ordinary Portland Cement	Specific gravity: 3.15, Specific surface area: $3300\text{cm}^2/\text{g}$
Fly ash	Specific gravity: 2.23, Specific surface area: $3660\text{cm}^2/\text{g}$
Coarse aggregate(Max. 25mm)	Specific gravity: 2.60, Absorption: 0.72%
Fine aggregate(Crushed sand)	Specific gravity: 2.59, Absorption: 0.83%

**Table 3.** Properties of SRA

Main constituent	Density( $\text{g/cm}^3$ )	Viscosity(cPs)	Shape	Color
Glycol-type	0.951~0.960(at $20^\circ\text{C}$ )	5.9~6.5(at $20^\circ\text{C}$ )	Liquid	White

**Table 4.** Properties of expansive additive

Specific surface area	Chemical composition							
	LoI	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{SO}_3$	f-Cao
$3,250\text{cm}^2/\text{g}$	0.73	1.62	0.01	0.26	75.13	0.70	42.36	21.42

## 2.2 시험체 및 시험방법

### 2.2.1 공시체 수축특성

콘크리트의 수축, 팽창 특성을 검토하기 위해 JIS A 1129[7] 규정에 따라 100×100×400mm의 각주형 공시체를 배합별로 3개씩 제작하였고, 시험편 내부에 매립형 변형률 게이지(Tokyo Sokki사의 PMFL-60-2LT)을 설치하여 콘크리트의 변형률을 자동 계측하였다. 건조수축 공시체 몰드는 1일 경과 후에 거푸집을 제거하였고, 타설 후 7일간 공시체의 수분건조를 방지하기 위해 밀봉양생을 실시하였으며, 재령 7일 이후부터 항온 항습실(온도 20±1°C, 상대습도 60±5%)에서 기건양생을 실시하였다(Figure 1 참조).



Figure 1. Drying shrinkage strain gauge and specimen

### 2.2.2 벽체 실물대부재시험 시험체 수축특성

실대형 구조체에서의 초 저수축 콘크리트의 수축특성을 검토하기 위해 Figure 2와 같은 벽체 시험체(벽체 두께 300mm, 높이 2,000mm, 길이 5,000mm)를 제작하였다. 벽체의 변장비(벽체길이/벽체높이)가 1.25 이상이 되면 균열이 발생할 위험이 있는 것으로 보고되고 있으므로[8] 본 연구에서는 수축균열 발생에 불리한 조건으로 하기 위해 변장비를 2.5로 하여 시험체의 크기를 정하였다. 기초 슬래브(300×700×5,000mm)를 선 시공하였으며 2주경과 후에 벽체를 시공하였다. 벽체 콘크리트의 수축 변형률을 측정하기 위해 KM-100B 변형률 센서를 벽체 중앙부에 설치하였고, 콘크리트를 타설하고 7일 경과한 후에 벽체 거푸집을 제거하였다.

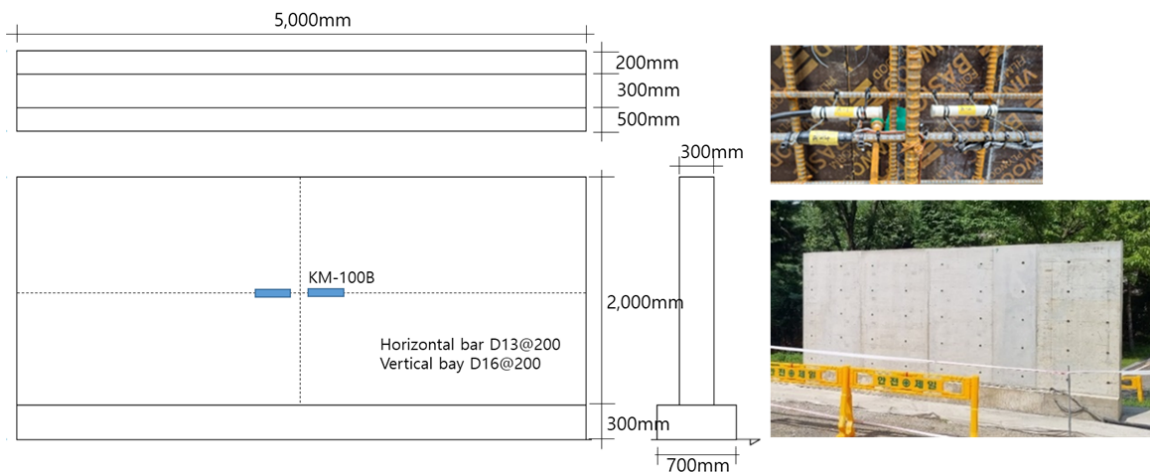


Figure 2. Mock-up specimen

벽체 콘크리트에 설치된 센서로 측정된 변형률은 구속수축 거동이므로 벽체 콘크리트의 비구속 조건에서의 자유 수축 거동을 측정하기 위해 Figure 3과 같이 자유 건조수축 측정용 시험체(500×300×1,000mm)도 제작하였다. 건조수축은 부재의 형상에 있어서 체적/면적(대기와 접하는 면적) 비의 영향을 많이 받으므로 벽체 시험체와 동일한 체적면적비(체적/면적비 V/S=150mm) 확보를 위해 자유수축 시험체의 타설면과 저면을 제외한 측면부를 단열재로 마감하였다. 자유수축은 매립형 변형률 게이지(PMFL-60-2LT)를 설치하여 계측하였다. 자유수축 시험체도 타설하고 7일 간 수분의 증발을 방지하기 위해 비닐 보양을 실시하였으며 7일 경과 후에 비닐을 제거하여 기건 양생을 실시하였다.

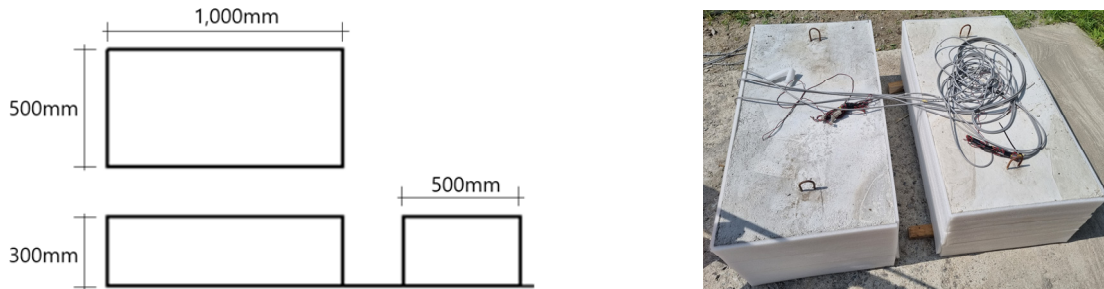


Figure 3. Free shrinkage specimen

### 3. 실험 결과

#### 3.1 공시체 수축특성

##### 3.1.1 콘크리트 압축강도

기존 문헌[9]에 의하면 수축저감제의 글리콜 성분이 콘크리트 내에서 가수분해가 되는 과정에서  $Ca^{2+}$  이온과 반응하여 콘크리트의  $Ca^{2+}$  이온의 농도를 저하시키기 때문에 압축강도가 감소될 수 있는 것으로 보고되고 있지만 수축저감제 첨가율 1.5% 이하의 범위에서는 콘크리트의 역학특성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다[3]. Table 5의 압축강도 시험 결과에서도 SRA 1.5% 콘크리트의 압축강도는 일반 콘크리트 대비 5.0% 정도 낮은 것으로 나타났지만 강도 차이는 크지 않은 것으로 확인되었다. 팽창재 혼입 콘크리트의 경우에도 시멘트 치환이 아닌 잔골재 치환이기 때문에 강도의 감소는 거의 발생하지 않은 것으로 확인되었으며 수축저감제와 팽창재를 병용한(SPA 1.5% + Exp. 40kg/m<sup>3</sup>) 콘크리트의 압축강도도 일반 콘크리트와 거의 유사한 결과가 확인되었다.

Table 5. Compressive strength(unit: MPa)

Mix.	Time(day)		
	3	7	28
Plain	18.4	24.0	33.1
SPA 1.5%	16.8	22.4	31.5
Exp. 20kg/m <sup>3</sup>	17.6	24.8	33.3
Exp. 40kg/m <sup>3</sup>	18.0	24.4	32.8
SPA 1.5% + Exp 40kg/m <sup>3</sup>	17.1	24.0	33.0

### 3.1.2 콘크리트 수축/팽창 거동

Figure 4에 팽창재 투입량에 따른 팽창거동을 나타내었다. 팽창재  $20\text{kg/m}^3$ 를 투입한  $\text{Exp.}20\text{kg/m}^3$  콘크리트의 경우 재령 1일에서 최대값  $73\mu\epsilon$ 에 도달한 후 점차적으로 감소하는 것으로 나타났다.  $\text{Exp.}40\text{kg/m}^3$  콘크리트의 경우 점차적으로 팽창 변형이 증가하여 재령 7일 까지 최대  $156\mu\epsilon$ 까지 팽창하는 것을 확인할 수 있었다. 일본 건축학회[10]에서는 재령 7일 에서의 팽창 변형률이  $150\mu\epsilon$  이상을 품질 표준치로 보고 있으며 이 기준을 만족시키기 위해서는 석회계 팽창재  $40\text{kg/m}^3$  이상 투입이 필요한 것으로 판단된다.

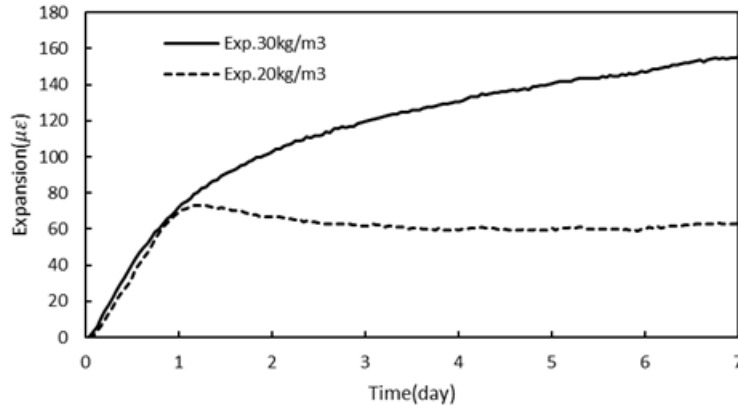


Figure 4. Expansion behavior

수축저감제 1.5% 혼입한 콘크리트 SRA 1.5%와 일반 콘크리트의 재령 145일 까지의 자유 건조수축 변형률 거동을 Figure 5에 나타내었다. 일반 콘크리트는 재령 145일에서  $805\mu\epsilon$ , SRA 1.5% 콘크리트는  $429\mu\epsilon$ 로 일반 콘크리트 대비 47% 정도 건조수축이 감소하는 것으로 나타났다. 기존 연구결과[5]와 유사한 결과를 확인할 수 있었고, 수축저감제 1.5% 혼입으로 일본 건축학회의 특급사양 콘크리트 기준(건조수축  $500\mu\epsilon$  이하)[11]을 만족시킬 수 있을 것으로 판단된다. 압축강도 특성, 수축저감률 및 경제성 등을 고려해서 최대로 사용할 수 있는 수축저감제 혼입률은 1.5%가 타당한 것으로 판단된다.

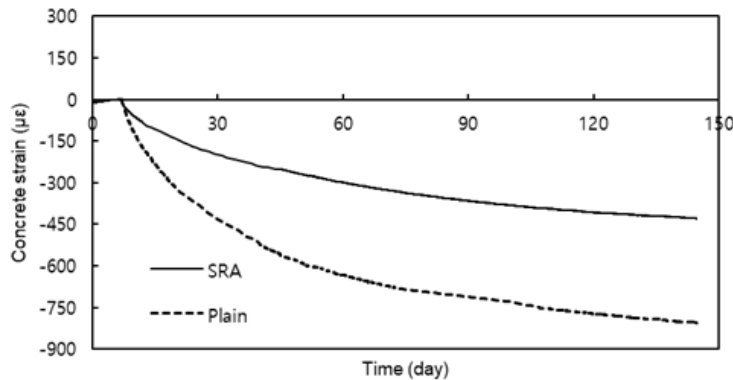


Figure 5. Drying shrinkage behavior

실험결과에 준하여(Figure 4, 5) 수축저감제 1.5%, 팽창재  $40\text{kg/m}^3$  첨가한 콘크리트에 대한 수축특성을 검토하였다(Figure 6). 재령 7일에 최대  $160\mu\epsilon$ 까지 팽창한 후 7일 이후부터 기건양생을 실시하였으며, 지속적으로 건조수축이 발생하

여 재령 145일에 최대 수축률이 210 $\mu\epsilon$  으로 일반 콘크리트 대비 70% 정도, 고급 사양 수준인 SRA 1.5% 콘크리트 대비 50% 정도 수축률을 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

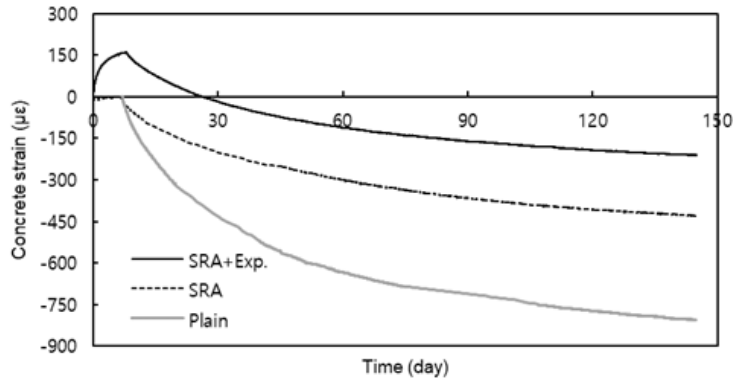


Figure 6. Shrinkage behavior

Figure 7에 초 저수축 콘크리트의 건조수축 예측값을 나타내었다. 일본건축학회에서 제안한 건조수축 모델식(식 (1)-(3))[12]에 준하여 재령에 따른 건조수축 변형률의 발생속도에 영향을 미치는 계수  $\alpha, \beta$ 를 교정( $\alpha: 1239, \beta: 0.57$ )하였으며, 건조수축 측정 시험을 통해 파악된 초 저수축 콘크리트의 건조수축 특성을 모델식에 반영시킨 후 1년 경과 후의 건조수축값을 예측하였다. 그 결과 1년 경과 후에도 260 $\mu\epsilon$  으로 변형값이 200 $\mu\epsilon$  수준을 유지하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구를 통해서 개발된 초 저수축 콘크리트는 1년 이상의 장기재령에서도 200 $\mu\epsilon$  수준의 수축특성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 공시체 크기(V/S: 25mm)에서의 건조수축 변형을 200 $\mu\epsilon$  수준으로 제어할 수 있다면 실제 구조부재(V/S: 100~150mm)에서는 건조수축이 더 작아져서 건조수축에 의한 균열발생 위험이 매우 작아질 것으로 판단된다. 기존 연구에서도 건조수축 공시체 기준으로 최대 수축률이 200 $\mu\epsilon$  수준이면 건조수축 균열을 최대한으로 제어할 수 있는 것으로 보고되고 있다[3].

$$\epsilon(t, t_0) = \epsilon_{s\infty} \left( \frac{(t-t_0)}{\alpha + (t-t_0)} \right)^\beta \tag{1}$$

$$\epsilon_{s\infty} = \lambda t_0^{-0.08} \left\{ 1 - \left( \frac{h}{100} \right)^3 \right\} \tag{2}$$

$$\lambda = (11W - 1.0C - 0.82G + 404)\gamma \tag{3}$$

$t$  : 시간(day)

$t_0$  : 건조 개시일(day)

$W, C, G$  : 각각 물, 시멘트, 굵은골재 단위중량(kgt/m<sup>3</sup>)

$\gamma$  : 골재 종류, 시멘트 종류, 혼화재 종류에 따른 보정 계수

$h$  : 상대 습도(%)

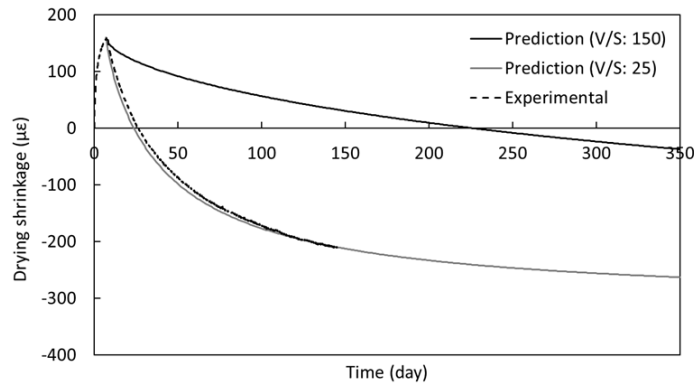


Figure 7. Prediction value of ultra-low shrinkage concrete

## 3.2 벽체 실물대부재실험 시험체 수축특성

### 3.2.1 콘크리트 압축/인장 강도

실내 실험결과에 근거하여 동일 배합(25-27-210)으로 하였으며 팽창재  $40\text{kg/m}^3$ 와 수축저감제 1.5% 혼입한 콘크리트 (SPA 1.5% + Exp  $40\text{kg/m}^3$ )를 대상으로 벽체 실물대부재실험을 실시하였다. 슬럼프(190mm) 및 공기량(3.1%)은 기준치를 만족하였고, 28일 압축강도는  $31\text{MPa}$ 로 설계기준강도( $27\text{MPa}$ )보다 15% 정도 높게 발현되었다(Figure 8). Figure 8에는 압축강도 모델식(식 (4))[13]에 의한 계산 결과도 함께 나타내었다. 압축강도 모델식은 강도 발현속도에 영향을 미치는 a, b를 교정(a:0.25, b: 0.6)하여 실측값에 근접하도록 수정하였다. 압축강도 시험 결과에 근거하여 건조수축에 의한 균열발생 기준이 되는 콘크리트의 인장강도를 식 (5)[14]로 구하였다. 본 식은 할렬 인장강도 예측식에 균열발생 저감계수 k가 곱해지는 형식으로 되어있다. 일본 건축학회에서는 건조수축균열은 건조수축에 의한 인장응력이 할렬 인장강도의 70% 수준에 도달할 때 발생한다는 기존 연구결과에 근거하여 일반적으로 균열저감계수 k로 0.7을 고려하고 있다.

$$f_c(t) = \exp\left\{a\left[1 - \left(\frac{28}{t}\right)^b\right]\right\} f_c(28) \quad (4)$$

$f_c(28)$ : 재령 28일에서의 압축강도

$t$  : 시간(day)

$$f_t(t) = 0.291 f_c(t)^{0.637} \times k \quad (5)$$

$f_c(t)$ : 시간 t에서의 콘크리트 압축강도

$t$  : 시간(day)

$k$  : 균열저감계수(0.7)



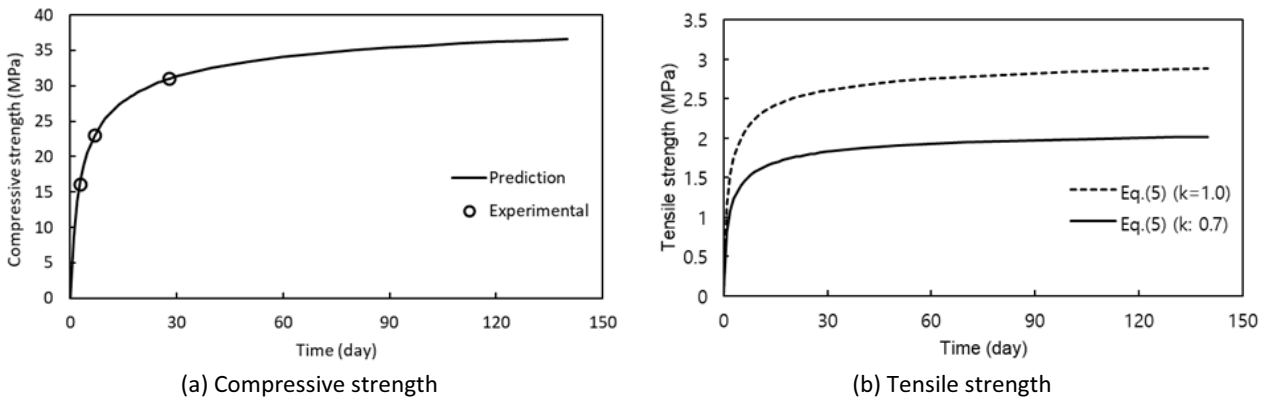


Figure 8. Prediction value of ultra-low shrinkage concrete

### 3.2.2 콘크리트 수축/팽창 거동

Figure 9에 자유수축 시험체(Figure 3 참조)와 벽체 시험체의 수축거동을 나타내었다. 팽창재의 영향으로 건조시작 전까지 자유수축 시험체는 250 $\mu\epsilon$ , 벽체 시험체는 150 $\mu\epsilon$  정도 팽창했으며, 그 후로 건조수축이 시작되어 재령 129일 까지 자유수축 시험체는 160 $\mu\epsilon$ , 벽체 시험체는 80 $\mu\epsilon$  정도 수축하는 것으로 나타났다. 벽체 시험체는 내부 철근과 기초 슬래브의 영향으로 수축변형이 구속을 받아 자유수축 시험체에 의한 팽창, 수축변형보다 40% 정도 변형률이 작은 것으로 나타났다. 팽창재에 의한 초기재령에서의 팽창효과와 수축저감제에 의한 건조수축 저감효과로 인해 재령 129일에서의 최대 수축값이 팽창영역에 머무르는 등 실제 벽체 시험체에는 균열발생에 영향을 미치는 인장변형은 거의 발생하지 않을 것으로 추정된다.

Figure 10에 벽체 시험체에 발생한 응력거동을 나타내었다. 벽체에 설치한 KM-100B 변형률 센서로 구한 변형률은 구속 작용을 받는 벽체의 실제 변형률로 응력에 영향을 미치는 변형률이 아니다. 응력에 영향을 미치는 유효변형률(effective strain)을 구하기 위해서는 자유수축 시험체에서 획득된 무구속 상태의 자유 변형률에서 구속 상태의 벽체 시험체에서 획득된 변형률을 빼야 하며(식 (6))[15] 유효변형률을 이용하여 벽체 시험체에 발생한 응력을 구한 결과를 Figure 10에 나타내었다. 응력은 식 (7)로 구하였으며 장기 재령에서의 거동예측이므로 크리프 특성을 고려하여야 한다. 본 예측에서는 식 (8)과 같이 재령보정 유효탄성계수법을 적용하였다. 콘크리트 크리프 최종값  $\phi$ 는 ACI에서 권장하고 있는 2.35를 적용하였다 [16]. 팽창재에 의한 팽창효과로 압축응력이 최대 0.8MPa 정도 발생하였고, 건조수축이 시작되면서 인장방향으로 응력이 증가하였지만 초기 팽창과 수축 감소의 영향으로 실제 벽체에 발생한 최대 인장응력은 0.2MPa 수준으로 균열발생에 영향을 미치는 인장응력은 거의 발생하지 않고 있는 것으로 나타났다. 실제로 벽체 시험체에는 균열이 발견되지 않았으며 1년 경과 후에도 건조수축에 의한 균열은 발생하지 않을 것으로 추정된다.

$$\epsilon_t(t) = \epsilon_f(t) - \epsilon_r(t) \tag{6}$$

$$\sigma_t(t) = \sum_0^t \Delta \epsilon_t(t) E_c(t) \tag{7}$$

$$E_c(t) = \frac{21000 \times \left( \frac{f_c(t)}{20} \right)^{0.5}}{1 + 0.8\phi} \tag{8}$$

$\epsilon_f(t)$ : 콘크리트 자유 변형률



$\epsilon_r(t)$ : 콘크리트 구속 변형률  
 $E_e(t)$ : 시간 t 에서의 유효탄성계수(MPa)  
 $\phi$  : 크리프 계수 최종값(2.35)

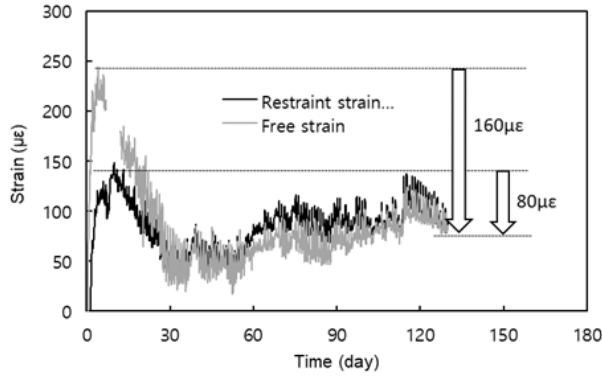


Figure 9. Free shrinkage behavior

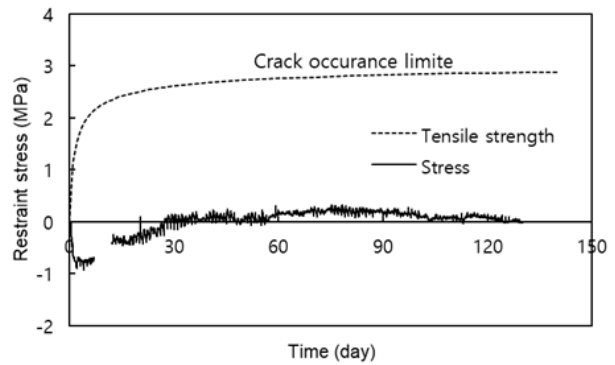


Figure 10. Stress behavior of wall specimen

#### 4. 결론

본 논문에서는 초 저수축 콘크리트의 상용화를 목적으로 실험적 연구를 수행하였으며 연구를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) Exp.20kg/m<sup>3</sup> 콘크리트의 경우 재령 1일에서 최대값 73με에 도달한 후 점차적으로 감소하였지만 Exp.40kg/m<sup>3</sup> 콘크리트의 경우 점차적으로 팽창 변형이 증가하여 재령 7일에 최대 156με까지 팽창하는 것을 확인할 수 있었다.
- 2) SRA 1.5% 콘크리트는 429με로 일반 콘크리트 대비 47% 정도 건조수축이 감소하는 것으로 나타났으며 수축저감제 1.5% 혼입으로 일본건축학회의 특급사양 콘크리트 기준을 만족시킬 수 있을 것으로 판단된다.
- 3) 팽창재 혼입 콘크리트는 시멘트 치환이 아닌 잔골재 치환이기 때문에 강도의 감소는 거의 발생하지 않은 것으로 확인 되었으며 수축저감제와 팽창재를 병용한(SPA 1.5% + Exp. 40kg/m<sup>3</sup>) 콘크리트의 압축강도도 일반 콘크리트와 거의 유사한 결과가 확인되었다.
- 4) 성능 및 경제성 등을 고려하여 팽창재 Exp.40kg/m<sup>3</sup> 와 SRA 1.5%를 병용한 콘크리트를 대상으로 수축 특성을 검토하였다. 그 결과 재령 145일에서의 수축량은 210με로 본 연구에서 목표로 하고 있는 초 저수축 콘크리트의 수축률을 확보할 수 있었으며 일반 콘크리트 대비 70% 정도 수축이 감소하는 것으로 나타났다. 재령 1년 경과 후에도 200με 수준을 유지할 수 있는 것으로 예측되었다.
- 5) 벽체 시험체의 수축/팽창 거동을 관찰한 결과 팽창재에 의한 초기재령에서의 팽창효과와 수축저감제에 의한 건조수축 저감효과로 인해 재령 129일에서의 최대 수축값이 팽창영역에 머무르는 등 실제 벽체 시험체에는 균열발생에 영향을 미치는 인장변형은 거의 발생하지 않을 것으로 추정된다.
- 6) 벽체 시험체에 발생한 응력을 검토한 결과 최대 인장응력은 0.2MPa 수준으로 균열발생에 영향을 미치는 인장응력은 거의 발생하지 않고 있는 것으로 나타났다. 실제로 벽체 시험체에는 균열이 발생하지 않았으며 1년 경과 후에도 건조 수축에 의한 균열은 발생하지 않을 것으로 추정된다.

## 요약


초 저수축 콘크리트는 콘크리트 구조물의 건조수축 균열을 극한으로 제어할 수 있기 때문에 콘크리트 구조물의 품질 및 외관 확보에 매우 효과적이다. 본 연구에서는 초 저수축 콘크리트의 상용화를 목적으로 실내실험을 통해 최적의 팽창재 및 수축저감제 투입량을 정하였고, 콘크리트 벽체 실물대부재실험을 실시하여 초 저수축 콘크리트의 수축 특성 및 균열제어 효과 등을 검토하였다. 그 결과 벽체 시험체에는 건조수축 변형이 거의 발생하지 않았고 균열도 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.


키워드 : 초 저수축, 팽창재, 수축저감제, 벽체 실물대부재실험


## Funding

This study is part of the joint research results of Hyundai E&C and Sampyo Industries.

## ORCID

Tae-Seok Seo,  <http://orcid.org/0000-0003-1825-2348>

Hyun-Seung Lee,  <http://orcid.org/0000-0002-5603-538X>

Kang-Min Kim,  <http://orcid.org/0000-0003-1514-4739>

## References

1. Pyeon SJ, Kim JH, Kim GY, Choe GC, Son MJ, Nam JS. A study of the prevent measure by case analysis of apartment building defect lawsuit. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2021 Aug;21(4):257-68. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2021.21.4.257>
2. Noguchi T. Preferred control system for shrinkage cracking of concrete in building. *Concrete Journal of Japan Concrete Institute*. 2005 May;43(5):21-6.
3. Inoue K. Non drying shrinkage type concrete "Fine Lead". Japan: Takenaka 2017. p. 7-8. Report No.: 73.
4. Seo TS, Lee HS, Kim KM, Yoon S. Study on properties of drying shrinkage according to amount of shrinkage reduction agent. *Proceeding of the Korea Institute of Building Construction*; 2021 May 20; Jeju, Korea. Seoul (Korea): the Korea Institute of Building Construction; 2021. p. 209-10.
5. Seo TS, Choi HJ. Study on prediction of drying shrinkage of concrete using shrinkage reduction agent. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2016 Aug;16(4):297-303. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2016.16.4.297>
6. Kim KM, Yoon S, Lee SH, Seo TS, An GH, Gong MH. Application of shrinkage reducing agent to parking lot plain concrete. *Magazine of the Korea Concrete Institute*. 2020 Sep;32(5):46-50.
7. JIS A 1129. Method of test for length change of mortar and concrete. Japanese Standard Association; 2001. 5 p.
8. AIJ. Recommendations for practice of crack control in reinforced concrete structures (Design and construction). Architectural Institute of Japan; 2006. p. 94-5.
9. Seo TS, Choi HJ. Study for curling control of plain concrete in underground parking lot. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2018 Jun;18(3):243-9. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2018.18.3.243>

10. AIJ. Recommendations for practice of crack control in reinforced concrete structures (Design and construction). Japan: Architectural Institute of Japan; 2006. p. 114-5.
11. AIJ. Recommendations for practice of crack control in reinforced concrete structures (Design and construction). Japan: Architectural Institute of Japan; 2006. 121 p.
12. AIJ. Recommendations for practice of crack control in reinforced concrete structures (Design and construction). Japan: Architectural Institute of Japan; 2006. p. 53-8.
13. AIJ. Recommendations for practice of crack control in reinforced concrete structures (Design and construction). Japan: Architectural Institute of Japan; 2006. 68 p.
14. AIJ. Recommendations for practice of crack control in reinforced concrete structures (Design and construction). Japan: Architectural Institute of Japan; 2006. 74 p.
15. Ohno Y. Cracking in reinforced concrete wall. Concrete Journal of Japan Concrete Institute. 2005 May;43(5):113-7.
16. ACI Committe 209R-92. Prediction of creep, shrinkage, and temperature effects in concrete structures. USA: American Concrete Institute; 1997. 47 p.