

# 초고강도 콘크리트의 자기수축제어에 관한 연구

## -물리적 특성과 길이변화율을 중심으로-

### A Study on the Autogenous Shrinkage Control of Ultra High Strength Concrete

-Focused on physical properties and length variation-

박 현\* 한 다 희\*\* 조 승 호\*\*\* 김 광 기\*\*\*\* 김 우 재\*\*\*\*\* 정 상 진\*\*\*\*\*  
Park, Hyun Han, Da Hee Cho, Seung Ho Kim, Kwang-Ki Kim, Woo-Jae Jung, Sang-Jin

#### ABSTRACT

As super high strength concrete uses a large amount of binder, there is an autogenous shrinkage strain larger than dry shrinkage and it degrades the quality of structures. Thus, we need a technology to minimize the shrinkage strain of super high strength concrete. Accordingly, the present study prepared super high strength concrete with design strength of over 80MPa and, using an embedded gauge, measured the shrinkage strain of free shrinkage specimens for super high strength concrete containing expansion agent.

According to the results of this study, the expansion rate of concrete increased in the early stage due to the admixture of expansion agent, but the shrinkage rate went down with the lapse of time. The effect of the admixture of expansion agent on compressive strength appeared insignificant. Further research shall be made on different kinds of expansion agents and various mixture ratios for basic analysis to reduce autogenous shrinkage of super high strength concrete.

#### 요 약

초고강도 콘크리트는 결합재의 다량 사용에 따라 건조수축보다 큰 자기수축 변형이 나타나며 이는 구조물의 품질을 저해하는 요인으로 작용하여 초고강도 콘크리트의 수축변형을 최소화시키기 위한 기술이 필요하다. 이에 본 연구에서는 설계기준강도 100MPa 이상을 갖는 초고강도 콘크리트를 제조하고 팽창제를 혼입한 초고강도 콘크리트에 대하여 자유수축시험체로 매립형게이지를 통한 수축변형을 측정하였다.

그 결과 팽창제의 혼입으로 초기상태의 콘크리트는 팽창율이 증가하나 장기적 측면에서의 수축율이 둔화되는 것으로 나타났으며, 이를 통한 팽창제를 통하여 수축저감에 관한 효과가 기대된다. 아울러 팽창제의 혼입에 따른 압축강도에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다.

\* 정회원, 단국대학교 대학원 석사과정

\*\* 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정

\*\*\* 정회원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 연구전임강사, 공학박사

\*\*\*\* 정회원, 롯데건설(주) 기술연구원 선임연구원, 공학박사

\*\*\*\*\* 정회원, (주)포스코건설 기술연구소 과장, 공학박사

\*\*\*\*\* 정회원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

## 1. 서론

건축 구조물들의 고층화·고내구화에 따른 초고강도 콘크리트의 필요성이 대두되고 있다. 그러나 고강도콘크리트를 대상으로 자기수축에 관한 예측식에 기존의 데이터를 정리하여 예측하고 있어 실증적인 측면에서의 자기수축 특성에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 설계기준강도 100MPa 이상을 갖는 초고강도 콘크리트를 제조하고 보다 적극적인 입장에서 자기수축을 제어하기 위한 대책의 일환으로서 팽창제를 혼입한, 초고강도 콘크리트에 대하여 팽창제가 물리적 특성에 미치는 영향을 평가하여 향후, 자기수축에 관련하여 기초자료로서 활용할 수 있는 정보를 제시하고자 한다.

## 2. 실험 개요

### 2.1 실험계획

자기수축 저감을 위한 균지 않은 콘크리트의 성질에서 초고강도 콘크리트의 실험계획은 표 1과 같다. 슬럼프플로우 650±50mm, 공기량 2%미만으로 목표를 설정하고 초고강도 콘크리트를 제작하여 이를 본 연구에 적용하였다. W/B 16%, 팽창제 혼입율 0%, 1%, 3%, 5% 4수준으로 계획하여 길이변화 및 유동특성과 강도에 미치는 영향에 대하여 실험을 실시하였다.

표 1 실험인자와 수준

실험인자		실험수준	
배합사항	W/B	1	16%
	슬럼프플로우	1	650±50mm
	공기량	1	2% 미만
	CSA계 팽창제	4	0, 1, 3, 5%

### 2.2 사용재료 및 배합

본 실험에서 사용한 시멘트는 비표면적이 3400cm<sup>2</sup>/g인 국내 S사 보통포틀랜드시멘트를 사용하였고, 잔골재는 인천산 세척사(밀도: 2.6g/cm<sup>3</sup>), 굵은 골재는 가평산 쇄석(밀도: 2.71g/cm<sup>3</sup>) 최대치수 20mm를 사용하였다. 혼화제는 폴리카본산계 고성능감수제를 사용하였으며, 플라이애시(밀도: 2.2g/cm<sup>3</sup>)는 경남 화동화력발전소산으로 KS L 5405 규정에 적합한 것이며, 실리카폼(밀도: 2.2g/cm<sup>3</sup>)은 캐나다산을 사용하였다. 팽창제는 CSA계를 사용하였다. 팽창제의 물리화학적 성질과 콘크리트의 배합계획은 표 2~3과 같다.

표 2 팽창제의 물리화학적 성질

종류	밀도 (%)	비표면적 cm <sup>2</sup> /g	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	F-CaO (%)	염소 (%)
CSA계	2.93	2690	1.0~2.0	12.0~15.0	0.3~0.8	0.4~2.3	27.0~31.0	17.5~22.0	≥0.05

표 3 콘크리트 배합계획

구분	W/B(%)	S/a(%)	단위중량(kg/m <sup>3</sup> )							
			W	C	S	G	FA	SF	PA	SP
PA0	16	36	147	631	447	826	186	111	0	24.7
PA1									9.3	
PA3									27.8	
PA5									46.4	

※ PA0(팽창제0%), PA1(팽창제1%), PA3(팽창제3%), PA5(팽창제5%)

### 2.3 실험방법

#### 2.3.1 굳지 않은 콘크리트 특성

굳지 않은 콘크리트의 특성을 평가하기 위하여 공기량과 슬럼프플로우 시험을 실시하였다. 슬럼프시험은 KS F 2402 『콘크리트의 슬럼프 시험방법』에 준하여 측정하였으며, 공기량 시험은 KS F 2421 『압력법에 의한 콘크리트 공기량 시험방법』에 준하여 측정하였다.

#### 2.3.2 경화 콘크리트 특성

초고강도 콘크리트는 많은 단위결합재량의 영향으로 인하여 보통 콘크리트의 혼합시간보다 1.5배 정도 길게 혼합하였고, 압축강도 측정은 계획된 재령에서의 KS F 2405 『콘크리트의 압축 강도 시험방법』에 준하여 측정하였다. 또한 자유건조수축 방법으로 매립형게이지를 통하여 측정하였고, 시험체의 크기 및 게이지 설치는 그림 1과 같다.

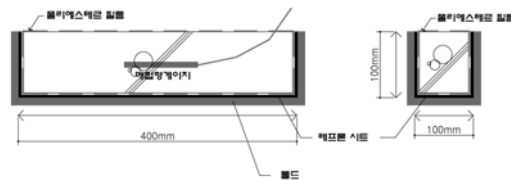


그림 1 자유수축에 의한 길이변화

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 굳지 않은 콘크리트 특성 결과

표 4는 팽창제의 혼입을 변화에 따른 굳지 않은 콘크리트의 실험 결과를 나타낸 것이다. 팽창제 혼입을 증가에 따른 유동성은 큰 차이가 없으며, 슬럼프플로우가 약간 감소하는 경향을 나타냈다. 플로우 도달시간도 혼입을 증가에 따라 늦어지는 것으로 나타났으며, 공기량에 미치는 영향은 미미한 결과 나타났다.

표 4 굳지 않은 콘크리트 특성

구분	슬럼프플로우 (cm)	도달시간 (초)	공기량 (%)
PA0	64.5	10.8	2
PA1	62	12.5	2.3
PA3	59.5	13.2	2.3
PA5	58	17.3	2.4

### 3.2 경화콘크리트 특성 결과

그림 2는 팽창제의 혼입율에 따른 압축강도의 특성을 나타낸 것이다. 압축강도 초기에는 팽창제 혼입으로 인한 강도발현이 작게 나타나지만, 시간이 경과함에 따라 팽창제의 팽창성분에 의해 강도가 회복 되는 것으로 나타났다. 또한 플레인과 비교하였을 때 혼입율 3%에서의 강도가 가장 양호한 것으로 나타났다. 이는 팽창제의 에트린가이트에 의한 수축보상에 기인한 것으로 판단된다.

그림 3은 초고강도 콘크리트의 길이변화율을 나타낸 것이다. 팽창제의 혼입을 별로 측정을 하였고, 재령 7일까지의 길이변화율을 측정하였다. 실험 결과로 혼입율 5%에서의 팽창효과가 가장 크게 나타났으며, 혼입율 1%의 시험체는 팽창효과가 초기에 경미하게 발생하였고 재령이 경과함에 따라 팽창효과가 없는 것으로 나타났다. 이는, 혼입율 1%에서는 초고강도 콘크리트의 수축특성보다 팽창성능을 발휘하지 못한 것으로 분석되며, 팽창제 혼입율 3%, 5%에서는 콘크리트의 화학적 수축 및 자기수축보다 팽창제의 팽창성능이 크기 때문이라고 분석된다.

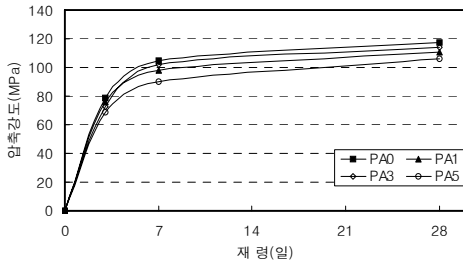


그림 2 팽창제 첨가량에 따른 압축강도

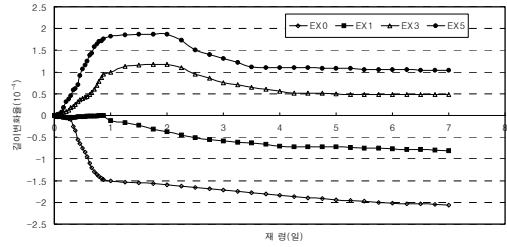


그림 3 팽창제 첨가량에 따른 길이 변화율

#### 4. 결론

초고강도 콘크리트의 자기수축 저감에 관하여 팽창제를 사용, 본 연구로부터 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 팽창제 혼입에 따른 굳지 않은 콘크리트의 특성에 미치는 영향은 경미한 것으로 나타났으나, 혼입율 증가에 따른 슬럼프플로우 경감에 대한 대책으로 추가적인 실험을 통한 배합 수정이 필요할 것으로 판단되었다.

(2) 팽창제 혼입율 증가에 따른 초기강도는 저하하였으나 재령에 따라 강도는 회복되는 것으로 나타났으며, 본 연구에서는 플레인과 비교하였을 때 혼입율 3%에서 강도가 가장 양호한 것으로 나타났다.

(3) 길이변화특성은 팽창제 혼입율 증가에 따라 팽창효과가 큰 것으로 나타났으며, 혼입율1%에서는 효과가 거의 없는 것으로 나타났다.

향후 실험으로는 설계기준강도에 변화를 주어 100MPa급 초고강도 콘크리트의 수축제어에 관한 연구가 계속 될 것이며, 팽창제의 다양한 종류와 혼입율 변화, 수축저감제 등의 혼합 유·무 등 초고강도 콘크리트에 미치는 영향에 대해서 지속적인 연구가 필요할 것이라 판단된다.

#### 감사의 글

이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『BK21 사업』의 지원비를 받았다.

#### 참고 문헌

1. 정상진 외, '초고강도콘크리트의 기초물성에 관한 실험적 연구' 대한건축학회 논문집(구조계), v.22 n.9(2006-09)
2. 이회근 외, '초기재령 고강도콘크리트의 자기수축 예측기술' 콘크리트학회지 제17권 4호 2005. 07
3. 한국콘크리트학회, '최신콘크리트공학', 기문당, 2005년