

# 순환잔골재의 수분공급에 의한 고강도 콘크리트의 자기수축 저감

## Reduction of Autogenous Shrinkage of High-strength Concrete Based on Moisture Supply of Recycled Fine Aggregate

하 정 수\*

Ha, Jung-Soo

김 한 식\*\*

Kim, Han-Sic

조 현 준\*\*\*

Cho, Hyun-Jun

이 영 도\*\*\*\*

Lee, Young-Do

### Abstract

This study aims to achieve an enhancement in the quality of high strength concrete through a reduction in autogenous shrinkage by supplying the moisture needed for hydration through recycled aggregates that retain high amounts of moisture. The result showed that, moisture supply increased with the higher replacement rate, autogenous shrinkage dropped by up to 60 percent. Also, compressive strength was increased by up to 10 percent.

키 워 드 : 순환잔골재, 수분공급, 고강도 콘크리트, 자기수축

Keywords : recycled fine aggregate, moisture supply, high-strength concrete, autogenous shrinkage

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

물-시멘트비가 낮은 고강도 콘크리트는 수화반응에 많은 수분을 필요로 하며, 배합수가 적기 때문에 자기수축이 급격하게 발생되고, 그에 따른 품질 저하를 가져올 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 외부로부터 수분을 공급하는 살수양생이 있으나, 외부에서의 수분 공급은 수화반응이 어느 정도 진행되어 경화된 이후에 적용할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 흡수율이 높아서 내부에 수분을 많이 저장할 수 있는 순환잔골재의 치환율을 변수로 설정하고, 내부로부터의 수분공급을 통한 수축저감 및 압축강도 향상 가능성을 확인하였다.

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료 및 배합

시멘트는 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 물-시멘트비를 0.35로 설정하였다. 그리고 잔골재율( $s/a$ )을 0.43으로 고정하고 순환잔골재의 치환율은 용적비로 하였으며, 천연잔골재와 순환잔골재의 밀도를 각각 곱하여 질량을 계산하였다. 배합에 사용한 골재의 물리적 특성은 표 1에, 콘크리트 배합표는 표 2에 나타내었다.

표 1. 골재의 물리적 특성

골재 종류	최대 치수 (mm)	표준밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	절건밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	흡수율 (%)
천연 잔골재 (NFA)	5	2,614	2,597	0.68
순환 잔골재 (RFA)	5	2,418	2,280	6.02
천연 굵은골재 (NCA)	25	2,641	2,608	1.28

### 2.2 실험체 제작

압축강도 실험체는 직경 100 mm 높이 200 mm의 원주형 형틀을 사용하였으며, 길이변화 측정 실험체는 KS F 2424에 따라 100×100×400 mm의 각형 형틀을 사용하여 제작하였다. 압축강도 측정용 실험체는 재령마다 3개씩 제작하였으며, 길이변화 측정 실험체는 중심부에 각각 열전대와 매립형 스트레인 게이지를 설치하였다.

\* 경동대학교 산학협력단 박사후연구원, 공학박사

\*\* 삼성물산 건설부문 주거성능연구소 책임, 공학박사

\*\*\* 국제대학교 건축과 교수, 공학박사

\*\*\*\* 경동대학교 건축공학과 교수, 교신저자(lyd@kduniv.ac.kr)

### 3. 실험결과

#### 3.1 길이변화 특성

순환잔골재를 치환한 실험체의 길이변화를 그림 1에 나타내었다. 골재가 포함하고 있는 수분이 시멘트페이스트의 공극으로 공급됨에 따라 소모되어 골재의 함수량이 적어지게 된다. 그에 따라 점차적으로 시멘트페이스트의 공극수가 수화반응에 의해 방출되는 양이 골재에 의해 공급되는 수분에 비해 많아져서 초기시점 이후 지속적으로 수축이 발생되었다. 이러한 현상은 순환골재와 마찬가지로 공극이 많은 경량골재의 치환율을 조정하여 자기수축에 대한 고찰을 수행한 기존의 연구 문헌에서도 유사한 결과를 나타내고 있다<sup>1)</sup>. 수분을 많이 포함하고 있는 순환잔골재를 치환한 배합에서 수축이 감소되는 결과를 나타내었고, 그에 비해 천연잔골재만 사용한 배합은 시멘트페이스트의 공극으로 공급해줄 수 있는 수분이 적기 때문에 수축이 크게 발생되었다. 14 일이 경과한 시점에서 순환잔골재를 40 퍼센트 치환한 배합이 천연잔골재만 사용한 배합에 비해 62.2퍼센트의 수축이 발생되었다.

표 2. 콘크리트 배합표

표건 잔골재 치환율	w/c	s/a	단위 중량 (kg/m <sup>3</sup> )					혼화제 (c×%)
			w	c	NFA	RFA	NCA	
0%	0.35	0.43	165.0	472.0	752.0	0	1009.0	0.6
20%			165.0	472.0	601.0	140.0	1009.0	
30%			165.0	472.0	527.0	209.0	1009.0	
40%			165.0	472.0	451.0	279.0	1009.0	

[note] w/c : 물-시멘트비, s/a : 잔골재율, w : 단위수량, c : 단위시멘트량

#### 3.2 압축강도 특성

순환잔골재를 치환한 실험체의 압축강도를 그림 2에 나타내었다. 표건상태의 순환잔골재를 사용한 배합은 모든 재령에서 순환잔골재를 치환함에 따라 압축강도가 향상되는 결과를 나타내었다. 또한, 치환율 30 퍼센트에서 가장 높은 강도를 나타내었고 40 퍼센트, 20 퍼센트, 0 퍼센트 순으로 낮은 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 순환잔골재의 치환율이 높아질수록 내부에서 공급할 수 있는 수분이 많아져서 자기수축 저감에 효과를 나타낸 것에 기인한 것으로 판단된다. 그러나 재령 1 일에서 치환율 40 퍼센트 배합의 경우 20 및 30 퍼센트 배합보다 압축강도가 낮게 측정되었다. 이러한 결과는 수분 공급이 공급됨에 따라 수축 저감에 의해 강도증진 효과는 있었으나, 부착 모르타르에 의한 강도 저하가 더 크게 작용함에 의한 것으로 판단된다.

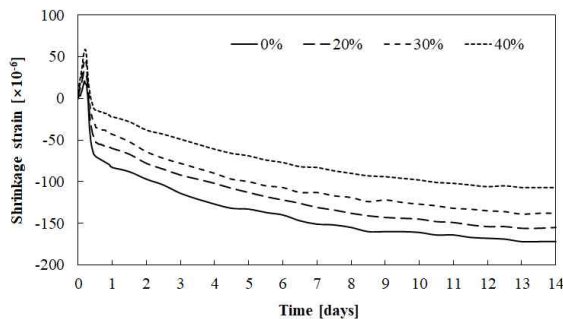


그림 1. 순환잔골재를 치환한 실험체의 길이변화

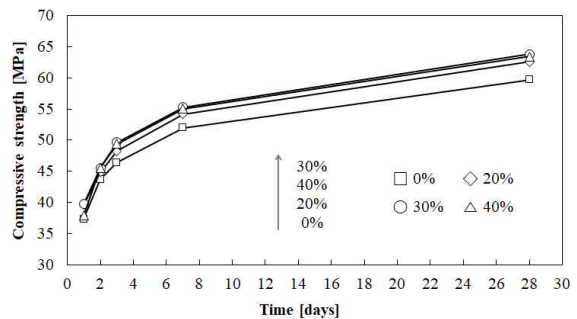


그림 2. 순환잔골재를 치환한 실험체의 압축강도

### 4. 결 론

이 연구에서는 순환잔골재의 수분 공급에 의해 낮은 물-시멘트비의 콘크리트에서 발생하는 자기수축과 압축강도 특성을 확인하였으며, 결과는 다음과 같다. 순환잔골재의 치환율이 높아짐에 따라 공극으로 공급될 수 있는 수분이 많아져서 수축이 감소되는 결과를 나타내었다. 특히, 14 일이 경과한 시점에서 순환잔골재를 40 퍼센트 치환한 배합의 수축이 천연잔골재만 사용한 배합에 비해 60 퍼센트 저감되었다. 또한 순환 잔골재의 치환율을 40 퍼센트까지 증가시켜도 10 퍼센트 이내 수준으로 강도가 증가하였다.

### Acknowledgement

이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2017R1D1A3B03 029426).

### 참 고 문 헌

1. K. Takada, K. Van Breugel, E. A. B. Koenders and N. Kaptijn, Experimental evaluation of autogenous shrinkage of lightweight aggregate concrete, Proceedings of international workshop on autogenous shrinkage of concrete, Japan Concrete Institute, Hiroshima, Japan, pp.229~242, 1998