

# 유지제 혼입율 변화에 따른 콘크리트의 유동성 및 역학적 특성

## Liquidity and Mechanical Properties of Concrete by Fluidity Retention Agent Mix Rate Change

박 병 관\*      최 성 용\*      배 장 춘\*\*      노 동 현\*\*      한 민 철\*\*\*      한 천 구\*\*\*\*

Park, Byung-Kwan Choi, Sung-Yong Pei, Chang-Chun No, Dong-Hyun Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

### Abstract

This research analyzed the basic characteristics of unhardened concrete and the compression strength characteristics of hardened concrete according to liquidity retention agent mix rate change to improve the liquidity fluidity retention performance of high performance concrete, and produced the following results. The moment fluidity retention agent is added according to fluidity retention agent mix rate change, which increased fluidity retention agent mix rate, slump flow decreased, and in the case of slump flow according to the progress time change by the fluidity retention agent mix rates, the more fluidity retention agent mix rate increased, the lower slump flow change rate became. The moment fluidity retention agent is added according to fluidity retention agent mix rate change, fluidity retention agent mix rate increased compared to non-mixture of fluidity retention agent, and the air amount by progress time change by the fluidity retention agent mix rates slightly increased, however target range is still met and unit volume mass is inversely proportional to air amount. Compression strength according to age progress by the fluidity retention agent mix rates was shown to increase slightly with increase in fluidity retention agent mix rate, and yet the difference was not significant.

키 워 드 : 유지제, 혼입율, 유동성, 역학적 특성

Keywords : Fluidity Retention Agent, Mix Rate Change, Liquidity, Mechanical Properties

### 1. 서 론

최근 국내에서는 건축물들이 고층화, 대규모화 및 대형화되어짐에 따라 구조물의 공간확충, 자중경감 및 내구성 증진 등으로 인하여 고성능 콘크리트의 사용량이 증가하고 있는 추세이다.

그러나 우리나라는 많은 섬들이 밀집하고 있어 인근 섬으로 레미콘을 운반하는 경우라든가, 또는 도심지의 교통 혼잡 등에 의해 운반시간이 장시간 요구되는 경우에는 규정운반시간 90분 이내를 초과하므로 시공이 불가능하거나, 콘크리트의 품질 저하가 발생될수도 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 고성능 콘크리트의 품질을 유지하기 위한 혼화제로 유동성 유지제(이하 유지제)가 많이 사용되고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 50MPa급 고성능 콘크리트의 유동성 유지성능 향상을 위하여 유지제의 혼입율 변화에 따른 유

동성 및 역학적 특성을 검토하여 고성능 콘크리트의 품질 확보에 기여하고자 한다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다. 먼저, 실험요인으로 물결합재비(이하 W/B)는 30 % 1 수준에 대하여 시멘트에 대한 질량비로 고로슬래그 미분말(이하 BS) 20 %와 플라이애시(이하 FA) 10 %를 동시에 치환하고, 폭발방지용 유기섬유로서 폴리프로필렌 섬유(이하 PP) 와 나일론 섬유(이하 NY) 를 1:1로 동시에 0.05 % 혼입하였고, 유동성 향상용 유지제 혼입율은 고성능 감수제의 0, 10, 20, 30, 40, 50 % 6 수준으로 계획하여 총 6 배치를 실험계획 하였다.

이때 배합사항으로 플레인에 대하여 목표 슬럼프플로우 600 ±50 mm, 목표 공기량 3.0±1.0 %를 만족하도록 배합설계 하였다.

\* 정희원, 청주대학교 건축공학과 대학원 석사과정  
\*\* 정희원, 청주대학교 건축공학과 대학원 박사과정  
\*\*\* 정희원, 청주대학교 건축공학과 조교수, 공학박사  
\*\*\*\* 정희원, 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 1 실험계획

실험요인		시험수준	
배합사항	W/B(%)	1	30
	목표 슬럼프 플로우(mm)	1	600 ± 50
	목표 공기량 (%)	1	3.0 ± 1.0
	혼화제 치환율 (%)	1	BS 20+FA 10
	유기섬유 혼입율 (%)	1	PP 0.025+ NY 0.025
	유지제 혼입율(%)	6	0, 10, 20, 30, 40, 50
시험사항	굳지않은 콘크리트	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 슬럼프플로우 (경시변화 0, 30, 60, 90 분)</li> <li>• 공기량 (경시변화 0, 30, 60, 90 분)</li> <li>• 단위용적질량 (경시변화 0, 30, 60, 90 분)</li> </ul>
	경화 콘크리트	1	• 압축강도 (3, 7, 28일)

\* Plain

표 2. 콘크리트의 배합표

W/B (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	S/a (%)	AE제 (%)	SP제 (%)	단위질량(kg/m <sup>3</sup> )				
					C	BS	FA	S	G
30	165	43	0.027	0.82	550	110	55	693	940

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적질량을 경시변화에 따라 90 분까지 30 분 간격으로 측정하는 것으로 하였고, 경화 콘크리트에서는 Ø 100×200 mm 압축강도 몰드를 경시변화 90 분 측정 후 제작하여 계획된 재령에서 압축강도를 측정하는 것으로 하였다.

## 2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료로서 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트(밀도: 3.15 g/cm<sup>3</sup>, 분말도: 3360 cm<sup>2</sup>/g)를 사용하였고, 골재로서 잔골재는 국내산 P사의 해사와 부순모래를 70:30으로 혼합한 혼합사(밀도: 2.60 g/cm<sup>3</sup>, 조립율: 2.70)를 사용하였으며, 굵은골재는 국내P 사산 부순자갈(밀도: 2.66 g/cm<sup>3</sup>, 조립율: 6.56)을 사용하였다. 혼화제로 BS(밀도: 2.90 g/cm<sup>3</sup>, 분말도: 4324 cm<sup>2</sup>/g)과 FA(밀도: 2.24 g/cm<sup>3</sup>, 분말도: 3404 cm<sup>2</sup>/g)는 국내산을 사용하였고, 유기섬유는 국내산 S사의 PP 섬유(길이: 19 mm, 직경: 0.04 mm, 밀도: 0.91 g/cm<sup>3</sup>)와 NY 섬유(직경: 0.012 mm, 밀도: 1.15 g/cm<sup>3</sup>)를 1:1로 혼합하여 사용하였다. 혼화제로 고성능 감수제와 유동성 향상용 유지제는 폴리칼보산계(밀도: 1.04 g/cm<sup>3</sup>)를 사용하였고, AE제는 고급 알콜계(밀도: 1.01 g/cm<sup>3</sup>)인 국내산을 사용하였다.

## 2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로서, 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프플로우는 KS F 2594, 공기량은 KS F 2421, 단위용적질량은 KS F 2409의 규정에 의거 실시하였고, 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도시험은 Ø100×200 mm 공시체를 소요재령까지 양생한 후 KS F 2405 규정에 의거 측정하였다

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 유동성

그림 1은 유지제 혼입율 변화에 따른 혼합 즉시 슬럼프플로우를 나타낸 것이고, 그림 2는 유지제 혼입율별 경과시간에 변화에 따른 슬럼프플로우를 나타낸 것이며, 그림 3은 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 슬럼프플로우 변화율을 나타낸 것이다.

먼저, 유지제 혼입율 변화에 따른 혼합 즉시 슬럼프플로우는 유지제를 혼입하지 않은 콘크리트의 경우 약 700 mm 로 나타났고, 유지제 혼입율 10 %의 경우 유지제를 혼입하지 않은 것과 유사한 경향을 나타내었으며, 유지제 혼입율 20, 30, 40, 50 %의 경우에는 약 2~10 % 정도 감소하는 경향으로 나타났다.

유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 슬럼프플로우는 유지제를 혼입하지 않은 콘크리트의 경우 경과시간 90 분에서 비빔직후에 비해 약 13 % 정도 감소되는 것으로 나타났고, 유지제혼입율이 증가함에 따라 2~12 % 정도 감소하는 것으로 나타났다.

전반적으로 유지제 무혼입의 경우 경과시간에 따라 감소하는 것으로 나타났으나, 유지제 혼입율이 증가함에 따라 유동성 유지능력이 향상되는 것으로 나타났는데, 이는 유지제가 고성능 감수제보다 고분자 사슬의 길이가 길어 경과시간 초기에는 시멘트와 반응을 하지 않다가 어느 정도 시간이 경과 후 시멘트와 반응을 시작하여 콘크리트의 유동성을 유지하는데 크게 기여하기 때문으로 분석된다.

### 3.2 공기량 및 단위용적질량

그림 4는 유지제 혼입율 변화에 따른 혼합 즉시 공기량을 나타낸 것이고, 그림 5는 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 공기량을 나타낸 것이며, 그림 6은 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 공기량 변화율을 나타낸 것이다. 또한 그림 7는 유지제 혼입율 변화에 따른 혼합 즉시 단위용적질량을 나타낸 것이고, 그림 8는 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 단위용적질량을 나타낸 것이며, 그림 9은 유지제 혼입율별 경과시간변화에 따른 단위용적질량 변화율을 나타낸 것이다.

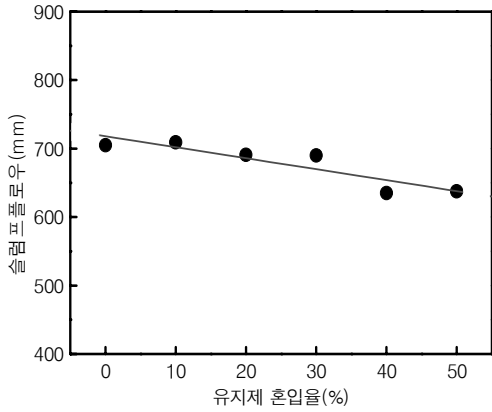


그림 1. 유지제 혼입율 변화에 따른 슬럼프플로우

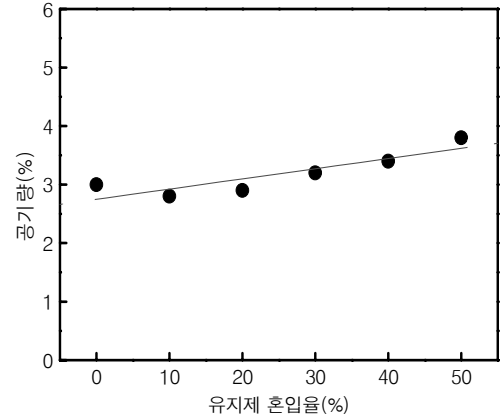


그림 4. 유지제 혼입율 변화에 따른 혼합 즉시 공기량

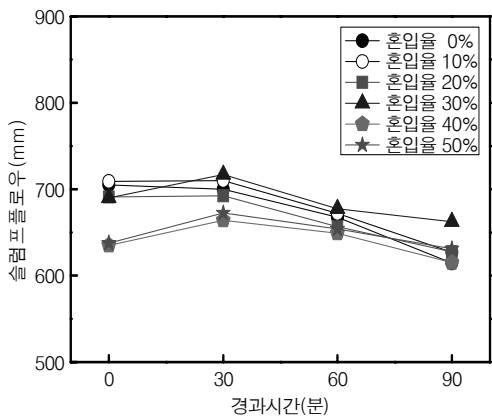


그림 2. 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 슬럼프플로우

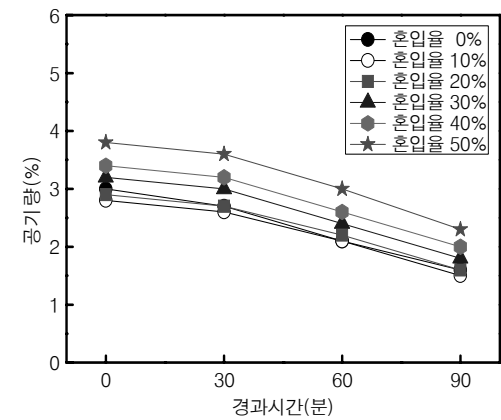


그림 5. 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 공기량

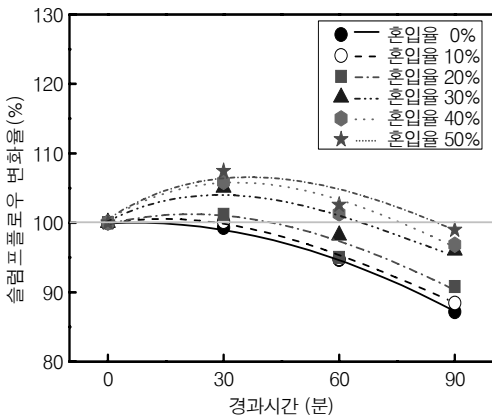


그림 3. 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 슬럼프플로우 변화율

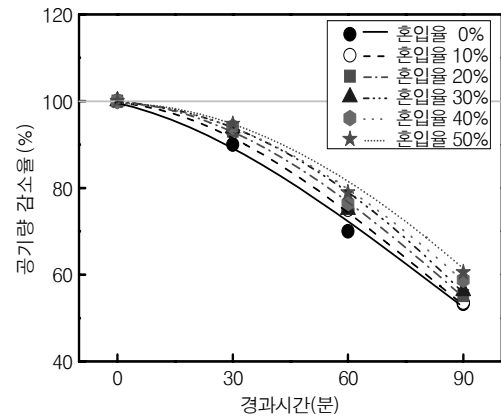


그림 6. 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 공기량 변화율

먼저, 유지제 혼입율 변화에 따른 비빔 직후의 공기량은 유지제 혼입율 10%의 경우 유지제 무혼입에 비해 약 7% 정도 감소하는 것으로 나타났으나, 유지제 혼입율 20% 이상에서는 유지제 혼입율이 증가할수록 공기량이 증가하는 것으로 나타났으며, 유지제 혼입율 변화에 따른 공기량은 모두 목표 범위를 만족하는 것으로 나타났다.

유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 공기량은 유지제 무혼입한 경우 비빔직후에 비해 경과시간이 변함에 따라 약 8~61% 정도 감소는 것으로 나타났고, 유지제 혼입율이 증가함에 따라 약 4~56% 정도 감소하는 것으로 나타났고, 공기량 변화율은 감소하는 것으로 나타났다.

유지제 혼입율별 경시변화에 따른 단위용적질량은 공기량과 반대의 경향으로 나타났다.

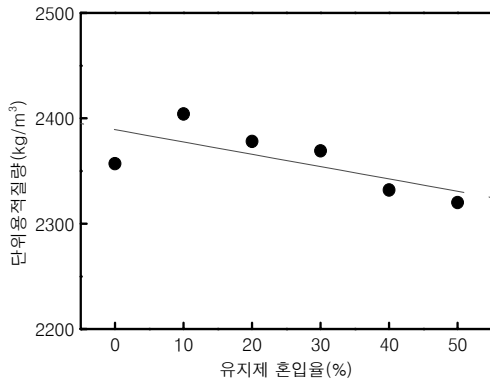


그림 7. 유지제 혼입율 변화에 따른 혼합 즉시 단위용적질량

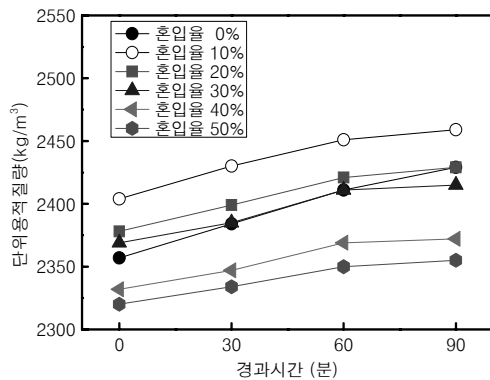


그림 8. 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 단위용적질량

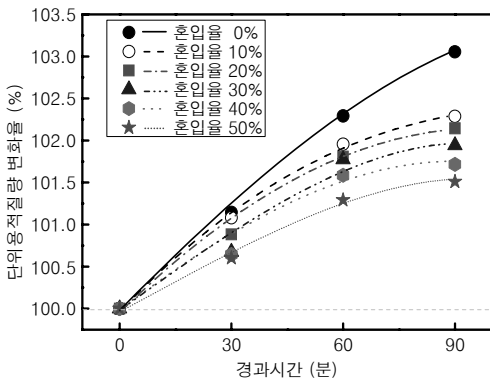


그림 9. 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 단위용적질량 변화율

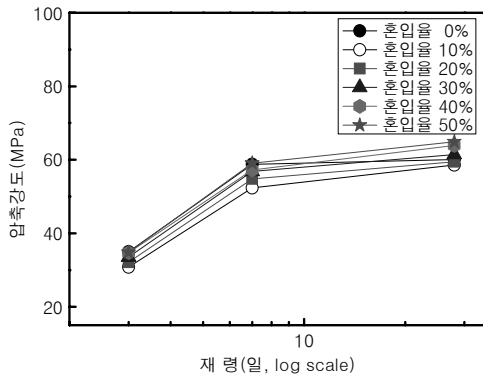


그림 10. 유지제 혼입율별 재령경과에 따른 압축강도

### 3.3 압축강도

그림 10은 유지제 혼입율별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

유지제 혼입율 변화에 따른 초기 재령 7 일 압축강도는 유지제를 무혼입한 경우 약 58 MPa로 나타났고, 유지제 혼입율 10, 20 %의 경우 유지제 무혼입에 비해 압축강도가 약간 감소하는 것으로 나타났고, 유지제 혼입율 30 % 이상의 경우 유지제 무혼입에 비해 약간 증가하는 것으로 나타났으나, 모든 배합에서 유지제 무혼입에 비해 큰 차이 없이 유사한 것으로 나타났다. 또한, 재령 28 일 압축강도의 경우 유지제를 혼입하지 않은 경우 약 60 MPa로 고강도 범위로 나타났고, 유지제 혼입율이 증가함에 따라 유지제 무혼입에 비해 약간 증가하는 것으로 나타났다.

## 4. 결 론

본 연구는 고성능 콘크리트의 유동성 유지성능 향상을 위하여 유지제의 혼입율 변화에 따른 균질않은 콘크리트의 기초적 특성 및 경화 콘크리트의 압축강도 특성을 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 유지제 혼입율 변화에 따른 혼합 즉시 슬럼프플로우는 유지제 혼입율이 증가함에 따라 유지제 무혼입에 비해 감소하는 것으로 나타났고, 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 슬럼프플로우는 유지제 혼입율이 증가함에 따라 슬럼프플로우의 변화율은 작아지는 것으로 나타났다.
- 2) 유지제 혼입율 변화에 따른 혼합 즉시 공기량은 유지제 혼입율이 증가함에 따라 유지제 무혼입에 비해 약간 증가하였고, 유지제 혼입율별 경과시간 변화에 따른 공기량은 약간 증가하였으나, 목표 범위를 만족하는 것으로 나타났으며, 단위용적질량은 공기량과 반대의 경향으로 나타났다.
- 3) 유지제 혼입율별 재령경과에 따른 압축강도는 유지제 혼입율이 증가함에 따라 유사하거나 약간 증가하는 것으로 나타났으나, 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

1. 최신 콘크리트공학, 사단법인 한국콘크리트학회, 2005
2. 한천구 ; 레미콘 품질관리, 기문당, 2002
3. 한천구, 김기철 ; 고유동 콘크리트의 새로운 재료분리 저항성 평가법에 관한 제안, 콘크리트학회 논문집, Vol.10 No.2, pp.147~154, 1998년
4. 한천구, 양성환, 황인성 ; 장시간 운반에 따른 콘크리트의 품질변화 및 품질회복제의 개발, 대한건축학회 논문집(구조계), v.21 n.4, pp.125~132, 2005