

# 건조수축 저감형 유동화제의 개발에 관한 연구

## A Study on the Development of Drying Shrinkage-Reducing Superplasticizer

신재경<sup>\*</sup> 오치현<sup>\*\*</sup> 최진만<sup>\*\*\*</sup> 이성연<sup>\*\*\*\*</sup> 한민철<sup>\*\*\*\*\*</sup> 한천구<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
Shin, Jae-Kyung Oh, Chi-Hyun Choi, Jin-Man Lee, Seong-Yeun Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

### ABSTRACT

This paper discusses the development of drying shrinkage reducing type superplasticizer(DSRS) by varying dosage of polycarboxylic based superplasticizer, liquid type expansive admixture and antifoaming agent. Adequate mixture proportion of each admixture is fixed at 0.3% of superplasticizer, 0.15% of liquidtype expansive admixture and 0.0005% of antifoaming agent to insure the improvement in drying shrinkage as well as comparable to the slump and air content of conventional concrete. With this mixture proportion, compressive strength of concrete using DSRS is comparable to that of conventional concrete. The use of DSRS studied by the authors has a favorable effect on reducing drying shrinkage due to the effect of water content and expansion by expansive admixture.

### 1. 서론

최근의 건축물은 대규모화 및 고층화에 따라 구조물의 부재 크기가 커지고, 시공성 향상만을 위한 가수, 저품질화되는 골재문제 등으로 말미암아 건조수축에 의한 균열 문제가 자주 언급되고 있는 실정이다.

이와 같은 문제점의 해결방안으로는, 유동화 콘크리트 공법의 도입으로 즉, 낮은 슬럼프의 양호한 콘크리트 품질을 유지하면서, 시공성만을 향상시키는 방법이 효과적이다. 즉, 유동화 공법은 레미콘 가수에 의한 피해를 방지하고, 저품질 골재에 의한 균열 문제를 근본적으로 해결하면서 시공성능을 향상시키고 또한, 경화 후 균열 등 콘크리트의 품질을 향상시킬 수 있는 방법이 된다.

그러므로, 본 연구에서는 건조수축 저감형 유동화제의 개발에 관한 가능성을 검토하기 위한 연구로 기존의 폴리칼본산계 유동화제와 액상팽창제 및 소포제의 혼입률 변화에 따른 굳지않은 콘크리트와 경화콘크리트의 기초적 특성 및 건조수축 길이변화율 등에 대하여 검토하고자 한다.

### 2. 실험계획 및 방법

- \* 정회원, 청주대 대학원 석사과정
- \*\* 정회원, 청주대 대학원 박사과정
- \*\*\* 정회원, (주)삼표 기술연구소 선임연구원
- \*\*\*\* 정회원, (주)삼표 기술연구소 소장, 공학박사
- \*\*\*\*\* 정회원, 청주대 산업과학연구소 전임연구원, 공학박사
- \*\*\*\*\* 정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

## 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

먼저, 실험요인으로 W/B 50%의 1수준에 대하여, 목표 슬럼프 100±25mm, 목표 공기량 4.5±1.5%, 혼화제는 플라이애쉬(FA) 15%를 치환하여 베이스 콘크리트의 배합을 결정한 다음, 베이스 콘크리트와 동일한 배합

조건에서 유동화제 혼입률을 0.1, 0.2, 0.3%로 3수준, 액상팽창제 혼입률을 0.05, 0.10, 0.15%로 3수준, 소포제 혼입률을 0.0001, 0.0005, 0.001%로 3수준씩 변화시켜 목표 슬럼프 및 공기량을 만족하고 건조수축을 저감할 수 있는 적정 혼합비율을 찾고, 이와 비교하기 위하여 동일 W/B 및 슬럼프의 컨벤셔널 콘크리트를 배합설계하는 총 11배치를 실험계획하였다.

실험사항으로는 굳지않은 콘크리트에서 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적질량, 응결시간 및 블리딩량을, 경화 콘크리트에서 압축강도 및 길이변화율을 측정한다. 이때 본 실험에 사용한 콘크리트의 배합사항은 표 2와 같다.

## 2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통포틀랜드시멘트(밀도: 3.15 g/cm<sup>3</sup>, 분말도: 3,265cm<sup>2</sup>/g)를 사용하였고, 골재로써 잔골재는 충북 옥산산 강모래(밀도: 2.50g/cm<sup>3</sup>, 조립률: 2.65)를 사용하였으며, 굵은골재는 충북 옥산산 25mm 부순 굵은골재(밀도: 2.62g/cm<sup>3</sup>, 조립률: 7.04)를 사용하였다. 혼화제로써 고성능감수제, AE제, 유동화제, 소포제는 국내 DK사의 제품, 액상팽창제는 국내 DW사의 제품을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 3과 같다. 혼화제로서 FA는 충남 당진산(밀도: 2.18g/cm<sup>3</sup>, 분말도: 2,850cm<sup>2</sup>/g)을 사용하였다.

## 2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 각종 실험방법은 KS규격에 따른 표준적인 방법으로 실시하였다.

표 1. 건조수축 저감형 유동화제의 개발 및 활용성 평가에 관한 실험계획

| 실험요인    |             |            |          |                            |               |             | 실험사항   |  |
|---------|-------------|------------|----------|----------------------------|---------------|-------------|--|--|
| W/B (%) | 목표 슬럼프 (mm) | 목표 공기량 (%) | FA/C (%) | 유동화제 혼입률 <sup>1)</sup> (%) | 액상팽창제 혼입률 (%) | 소포제 혼입률 (%) | 굳지않은 콘크리트  | 경화 콘크리트  |
| 50      | 베이스 100     | 4.5 ±1.5   | 15       | -                          | -             | -           | · 슬럼프<br>· 슬럼프 플로우<br>· 공기량<br>· 단위용적 질량<br>· 응결시간<br>· 블리딩량 | · 압축강도 (3, 7, 28일)<br>· 길이변화율 (1, 3, 7, 14, 21, 28, 35일) |
|         | 유동화 100→180 |            |          | 0.1                        | 0.05          | 0.0001      |  |  |
|         |             |            |          | 0.2                        | 0.10          | 0.0005      |  |  |
|         |             |            |          | 0.3                        | 0.15          | 0.0010      |  |  |
|         | 컨벤셔널 180    |            |          | -                          | -             | -           |  |  |

주 1) 폴리칼본산계 유동화제

표 2. 콘크리트의 배합사항

| W/B (%) | 단위 수량 (kg/m <sup>3</sup> ) | S/a (%) | SP/C (%) | AE/C (%) | 유동화제 (%) | 액상 팽창제 (%) | 소포제 (%) | 질량배합 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |
|---------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|------------|---------|---------------------------|-----|-----|-----|
|         |                            |         |          |          |          |            |         | C                         | FA  | S   | G   |
| 50      | 170                        | 49      | 0.5      | 0.008    | 0        | 0          | 0       | 289                       | 51  | 821 | 895 |
|         |                            |         |          |          | 0.1      |            |         |                           |     |     |     |
|         |                            |         |          |          | 0.2      |            |         |                           |     |     |     |
|         |                            |         |          |          | 0.3      | 0.05       | 0       | 289                       | 51  | 821 | 895 |
|         |                            |         |          |          | 0.10     |            |         |                           |     |     |     |
|         |                            |         |          |          | 0.15     |            |         |                           |     |     |     |
| 0.5     | 0.008                      | 0.3     | 0.15     | 0.0001   | 289      | 51         | 821     | 895                       |     |     |     |
| 0.0005  | 0.0010                     |         |          |          |          |            |         |                           |     |     |     |
| 180     | 0.5                        | 0.008   | -        | -        | -        | 306        | 54      | 800                       | 873 |     |     |

표 3. 혼화제의 물리적 성질

| 구분     | 주성분    | 형태 | 색상  | 밀도 (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------|--------|----|-----|-------------------------|
| 고성능감수제 | 나프탈렌계  | 액상 | 암갈색 | 1.21                    |
| AE제    | 고급 알콜계 | 액상 | 미황색 | 1.01                    |
| 유동화제   | 폴리칼본산계 | 액상 | 담갈색 | 1.04                    |
| 액상팽창제  | -      | 액상 | 유백색 | 1.10                    |
| 소포제    | 실리콘계   | 액상 | 유백색 | 1.01                    |

### 3. 실험 결과 및 분석

#### 3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 1은 건조수축 저감형 유동화제의 적정 혼입비율을 결정하기 위한 것으로, 유동화제, 액상팽창제 및 소포제의 혼입률 변화에 따른 굳지않은 콘크리트의 특성을 나타낸 것이다.

먼저, 컨벤셔널 콘크리트는 목표 슬럼프 및 공기량을 만족하였고, 목표 슬럼프  $100 \pm 25\text{mm}$ 를 만족한 베이스 콘크리트에 유동화제 혼입률을 증가시킴에 따라 슬럼프 및 공기량은 증가하였고, 응결시간은 촉진되었다. 반면, 블리딩량은 감소하였는데, 이는 유동화제에 소정의 AE제가 첨가되어 있음에 따라 나타난 결과로 사료된다. 이때, 건조수축 저감형 유동화제 개발을 위한 유동화제의 혼입률은 컨벤셔널 콘크리트의 슬럼프와 유사한 0.3%로 결정하였다.

유동화제 혼입률 0.3%에서 액상팽창제 혼입률 증가에 따른 슬럼프 변화는 큰 차이 없이 나타났고, 공기량은 약 0.2%가량 증가하였으며, 응결은 1시간 정도 지연되었다. 또한 블리딩량은 다소 증가하였다. 따라서, 액상팽창제의 혼입률은 유동성 및 공기량에 미치는 영향이 적게 나타났으므로, 건조수축 저감효과가 가장 큰 0.15%로 결정하였다.

한편, 유동화제 0.3% 및 액상팽창제 0.15%를 혼입함에 있어서 증가하는 공기량을 저하하기 위한 소포제를 혼입하였는데, 소포제 혼입률이 증가할수록 슬럼프는 저하하는 경향이었고, 공기량은 크게 감

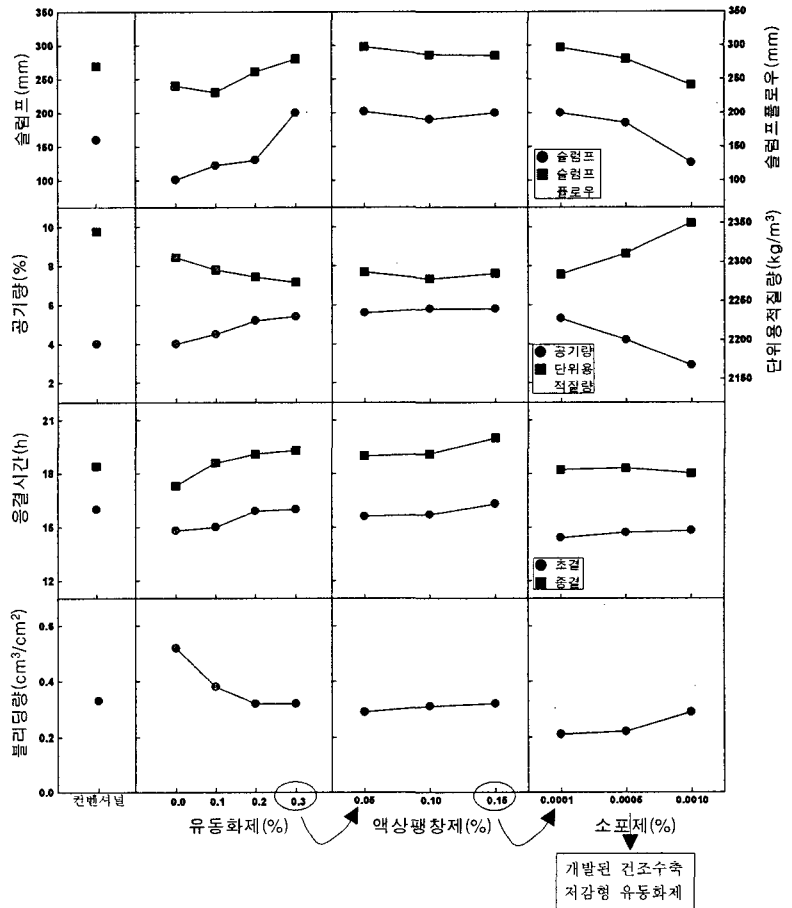


그림 1. 유동화제, 액상팽창제 및 소포제 혼입률 변화에 따른 굳지않은 콘크리트의 특성

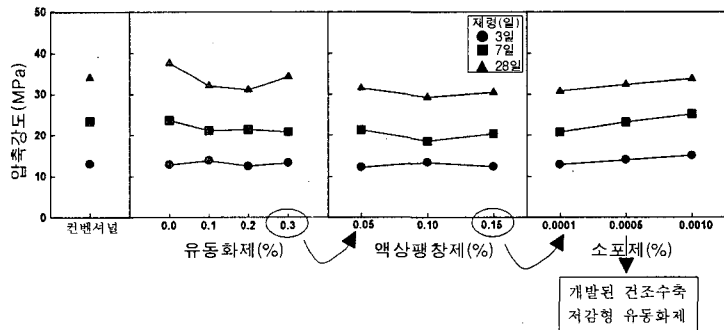


그림 2. 유동화제, 액상팽창제 및 소포제 혼입률 변화에 따른 압축강도

소하는 것으로 나타났다. 응결시간은 큰 차이가 없었으며, 블리딩은 다소 증가하였으나, 컨벤셔널과 비교하여서는 적게 나타났다. 따라서, 컨벤셔널과 비교하여 유사한 슬럼프 및 공기량을 가지고, 건조수축 저감이 기대되는 유동화제 0.3%, 액상팽창제 0.15%, 소포제 0.0005%를 개발하고자 하는 건조수축 저감형 유동화제의 적정 혼입비율로 결정하였다.

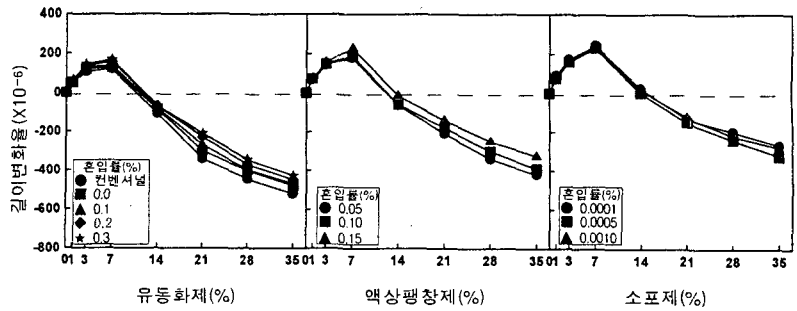


그림 3. 유동화제, 액상팽창제 및 소포제 혼입률 변화에 따른 길이변화율

### 3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 2는 유동화제, 액상팽창제 및 소포제 혼입률 변화에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적으로 압축강도는 재령이 경과할수록 증가하였고, 유동화제 혼입률 변화에 따라서는 공기량 증가로 컨벤셔널보다 작게 나타났고, 액상팽창제 혼입률 변화에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 소포제 혼입률 변화에 따라서는 공기량 감소로 압축강도가 컨벤셔널과 유사한 수준까지 증가되었다.

그림 3은 유동화제, 액상팽창제 및 소포제 혼입률 변화에 따른 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다. 건조수축 길이변화율은 혼화제 종류 및 혼입률 변화에 상관없이 수중양생 재령 7일까지 증가하다가 이후 기중양생 기간동안 수축하는 것으로 나타났다. 컨벤셔널 콘크리트에 비해 유동화제 혼입률이 증가함에 따라 길이변화율이 약간씩 저감되는 것으로 나타났고, 팽창제 혼입률 변화에 따라서는 더 큰 폭으로 저감되었으며, 소포제 혼입률 변화에 따른 길이변화율도 다소 저감되어 액상팽창제의 팽창효과와 유동화제의 상승효과로 건조수축 저감효과가 우수한 것으로 사료된다.

### 4. 결론

본 연구는 폴리칼본산계 유동화제와 액상팽창제 및 소포제의 적정 혼입비율을 찾아 건조수축 저감형 유동화제의 개발을 검토한 것으로, 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

(1) 유동화제 혼입률이 증가할수록 유동성 및 공기량이 증가하였고, 액상팽창제 혼입률에 따른 유동성 및 공기량은 변화가 없었으며, 소포제 혼입률이 증가할수록 슬럼프 및 공기량은 감소하였다. 따라서, 컨벤셔널과 유사한 수준의 슬럼프 및 공기량을 만족하고, 건조수축을 저감할 수 있는 건조수축 저감형 유동화제의 적정 혼입비율은 유동화제 0.3%, 액상팽창제 0.15%, 소포제 0.0005%로 나타나, 각 혼화제에 대한 적정 비율을 6 : 3 : 0.01로 결정하였다.

(2) 경화 콘크리트의 특성으로 건조수축 저감형 유동화제로 결정된 유동화제와 액상팽창제 및 소포제의 적정 혼입비율에서 압축강도는 컨벤셔널과 유사한 수준이어서 압축강도 품질에는 이상이 없는 것으로 나타났고, 길이변화율은 단위수량 저감과 액상팽창제의 팽창효과 및 각각의 혼화제들의 상승효과로 건조수축 저감에 효과적인 것으로 나타났다.

### 참고문헌

- 한천구, 김성욱, 고경택, 배정렬 ; 팽창제 및 수축저감제를 사용한 고성능 콘크리트의 수축특성, 콘크리트학회 논문집, 제 15권, 6호, pp. 785~793, 2003.12