

# 건조수축 저감형 유동화제를 사용한 콘크리트의 현장적용

## Field Application of Concrete Using Drying Shrinkage-Reducing Superplasticizer

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

### Abstract

This study investigates field application in Daebul Free Trade Zone of a flowing method using drying shrinkage-reducing superplasticizer(SRS) and an insulating curing method using double bubble sheets. Test showed that fresh concrete satisfied target slump and air content. A structure adding SRS significantly decreased the total bleeding capacity and accelerated the setting time. As for the crack occurrence, the structure applying the flowing method and double bubble sheets simultaneously exhibited the most favorable crack endurance, while conventional concrete showed more than 1mm size of crack in overall, and a structure applying only the flowing method partially presented micro crack. For the area proportion of crack occurrence, the structure using the double bubble sheets indicated 9.8%, while others applying flowing method was 28%, compared with 100% of conventional one. Standard curing specimens had about 3~6% higher compressive strength than that of specimens cured at adjacent field construction. In addition, using SRS improved about 5~7MPa, than that of conventional concrete at 91 days elapse.

키워드 : 건조수축 저감형 유동화제, 2중 버블시트, 건조수축

Keywords : Drying Shrinkage-Reducing Superplasticizer, Double Layer Bubble Sheet, Drying Shrinkage

## 1. 서론

콘크리트는 압축강도가 크고, 내구성 및 내화성이 우수하며 경제성, 시공성, 형태구성의 편리함 등으로 인하여 토목 및 건축구조물에 있어서 가장 많이 사용되고 있는 재료중 하나이다. 한편, 이러한 콘크리트가 가지고 있는 가장 큰 결점으로는 여러 항목 중 균열발생이 용이한 것을 들 수 있는데, 콘크리트에서 균열의 발생은 여러 종류 및 원인으로 분석되고 있지만, 실무시공 측면에서는 소성수축 균열 및 건조수축 균열이 가장 많이 문제시 되고 있다.

이에, 본 연구팀에서는 단일양생공법을 개발하기 위한 일련의 연구를 진행하였는데, 2중 버블시트를 이용할 경우 시공법의 간편, 우수한 단일효과 및 소성수축 균열 억제효과를 기대할 수 있음이 확인되었다.<sup>1)2)</sup>

또한, 콘크리트의 건조수축균열을 저감하고 시공능률을 향상시키기 위한 유동화제를 개발하고자 유동화제 및 액상팽창제를 적정량 첨가하는 건조수축 저감형 유동화제를 개발한 바 있다.<sup>3)</sup>

이에 본 연구에서는 전남 영암군에 위치한 대불자유무역지역 시설공사에 타설되는 슬라브 콘크리트를 대상으로 2중 버블시트 및 건조수축 저감형 유동화제를 복합하는 방법으로 유동화 공법을 적용함으로써 굳지않은 콘크리트과 경화 콘크리트의 특성 및 균열양생에 대하여 보고하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 공사개요

표 1. 공사개요

공사명	대불자유무역지역 시설공사
현장위치	전남 영암군 삼호읍 나불리 대불국가산업단지내
수요처	산업자원부
발주자	조달청
설계자	(주) G외 8개사
감리자	(주) Y 엔지니어링 종합건축사사무소
시공자	S물산(60%), G건설(30%), N건설(10%)
공사금액	68,959,000,000원
공사기간	2005.06.07 ~ 2007.06.06 (24개월)
대지면적	145,061.09m <sup>2</sup> (43,881.12평)

대상 건물은 전남 영암군 대불자유무역지역 시설공사로 공사개요는 표 1과 같고, 사진 1은 조감도를 나타낸 것이다.

\* 정희원, 청주대 대학원 석사과정

\*\* 정희원, 청주대 대학원 박사과정

\*\*\* 정희원, (주)삼표 기술연구소 선임연구원

\*\*\*\* 정희원, (주)삼표 기술연구소 소장, 공학박사

\*\*\*\*\* 정희원, 청주대 건축공학부 전임강사, 공학박사

\*\*\*\*\* 정희원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

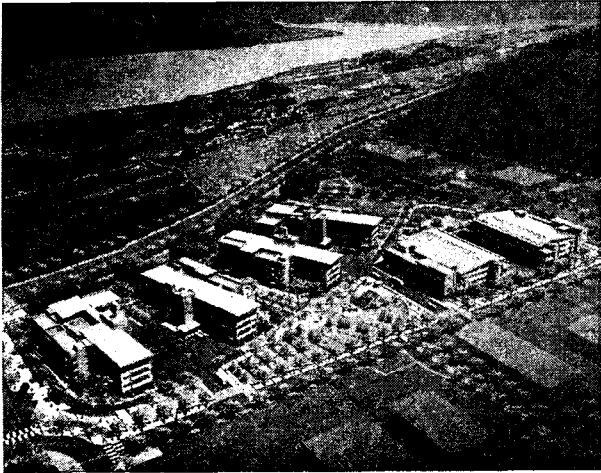


사진 1. 대불자유무역지역 시설공사 조감도

### 2.2 실험계획

본 실험은 그림 1과 같이 대불자유무역지역 시설공사 현장 중 중공업공장(C2)의 5층 슬라브에 건조수축 저감형 유동화제를 적용하는 것으로 하여 실험계획은 표 2와 같다.

이때 타설하는 레미콘은 호칭강도 24MPa를 만족하는 일반 콘크리트로서, 베이스 콘크리트 80±25mm를 개발된 건조수축 저감형 유동화제를 사용하여 150±25mm로 변화시키고, 이와 비교하기 위하여 현장에서 사용중인 컨벤셔널 콘크리트와 비교분석하는 것으로 하였다. 유동화제를 사용한 부분 중 한 곳에서는 2중 버블시트를 이용하여 양생을 하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트는 표 2와 같고, 배합사항은 표 3과 같다.

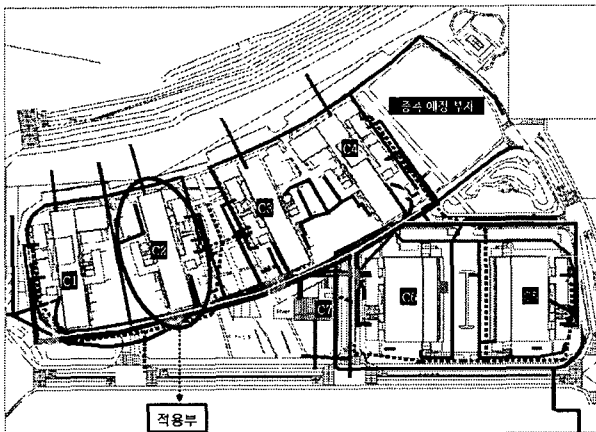


그림 1. 대상 적용현장의 배치도

### 2.3 사용재료

본 실험에 사용한 재료는 레미콘사에서 사용되는 일반적인 재료를 사용하였다. 즉, 시멘트는 1종 보통 포틀랜드시멘트(밀도: 3.14g/cm<sup>3</sup>, 분말도: 3265cm<sup>2</sup>/g)를 사용하였고, 굵은 골재는 전남 해남산 부순 굵은골재(밀도: 2.64g/cm<sup>3</sup>, 조립률: 6.80), 잔골재는 전남 해남산 세척사(밀도: 2.58g/cm<sup>3</sup>, 조립률: 2.78)를 사용하였다. 혼화재료로 국내 D사의 AE감수제를 사용하였다.

표 2. 실험계획

실험요인		실험사항
배합사항	호칭강도 (MPa)	24
	대상부재	- I: 컨벤셔널 콘크리트 - II: 건조수축 저감형 유동화콘크리트 - III: 건조수축 저감형 유동화콘크리트 + 버블시트양생*
	목표슬럼프 (mm)	- I: 150±25 - II: 베이스=80±25 → 유동화=150±25 - III: 베이스=80±25 → 유동화=150±25
	목표 공기량 (%)	4.5±1.5
실험사항	굳지않은 콘크리트	· 슬럼프 · 공기량 · 응결시간 · 블리딩량
	경화 콘크리트	· 균열발생 육안 조사(크랙게이지, 사진 등) · 압축강도 · 표준양생 공시체 · 구조체 판리용 공시체 (3, 7, 28, 56, 91일)

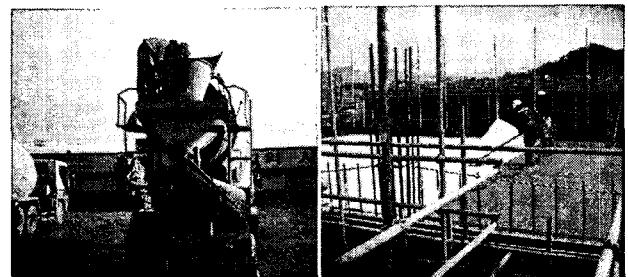
\* 양생조건만 변화(공시체 제작안함)

표 3. 레미콘의 배합

부재명	W/B (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	S/a (%)	AE감수제/C (%)	유동화제 (%)	질량배합 (kg/m <sup>3</sup> )		
						C	S	G
컨벤셔널	49	179	48.4	0.5	-	365	843	919
유동화	49.1	171	47.5	0.5	0.45	348	831	941

### 2.4 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지않은 콘크리트의 슬럼프는 KS F 2402, 공기량은 KS F 2421, 응결시간은 KS F2436의 프루터 관입침 저항시험법에 의거 실시하였고, 블리딩량은 KS F 2421에 의거 블리딩수를 측정하여 다음 블리딩량을 평가하였다.



유동화제 혼입

버블시트 설치

사진 2. 실험모습

경화 콘크리트 실험으로 압축강도는 Ø100×200mm 공시체를 KS F 2403 규정에 따라 제작하여 계획된 재령에서 KS F 2405 규정에 의거 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

표 4는 대상부재에 타설한 콘크리트의 굳지않은 콘크리트의 실험결과를 나타낸 것이다. 먼저, 대상부재에 적용한 콘크리트의 슬럼프 및 공기량은 약간의 차이는 있으나, 모두 목표 슬럼프 및 목표 공기량을 만족하는 것으로 나타났다. 블리딩량은 건조수축 저감형 유동화제를 혼입한 경우 컨벤셔널 콘크리트와 비교하여 월등히 감소하여 건조수축 저감형 유동화제를 사용한 공법을 사용할 경우 블리딩 저감에 유리할 것으로 분석되었다.

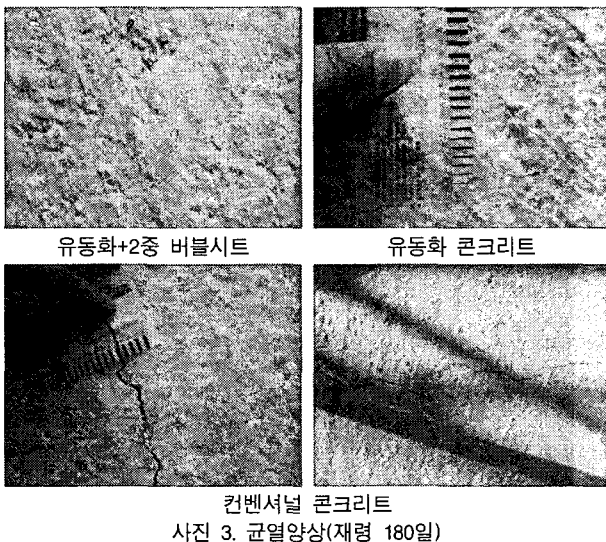
응결시간은 오히려 컨벤셔널 콘크리트보다 촉진되어 건조수축 저감형 유동화제를 사용함에 따른 응결 지연 문제는 없을 것으로 사료된다.

표 4. 굳지않은 콘크리트의 실험결과

실험	종류	실험결과	
		컨벤셔널 콘크리트	유동화 콘크리트
슬럼프 (mm)		160	175
공기량 (%)		3.0	3.1
블리딩량 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )		84	36
응결시간 (hr)	초결	5.2	4.6
	종결	8.1	6.5

#### 3.2 경화 콘크리트의 특성

##### 3.2.1 균열부위 육안관찰



컨벤셔널 콘크리트의 경우 사진 3과 같이 1mm가 넘는 넓은 폭의 균열을 포함하는 소성수축균열 및 건조수축균열 피해가 부재면 전체에 걸쳐 발생하였다. 이에 반해 유동화 공법을 사용한 경우 허용균열폭보다 작은 0.2mm이하의 미세한 균열이 부분적으로 나타났고, 유동화 공법과 2중 버블시트 양생을 함께 사용한 조건의 경우 사진 2와 같이 거의 균열이 발생하지

않았다. 이는 2중 버블시트가 콘크리트 양생초기에 단열양생효과 및 급격한 수분증발을 억제하면서 소성수축균열을 최소화하고 유동화 공법의 사용으로 인해 단위수량이 낮아짐으로서 건조수축 균열을 저감하였기 때문으로 분석된다.

그림 2는 대상부재별 균열도를 나타낸 것이고, 표 5는 컨벤셔널 콘크리트의 균열면적을 100%로 했을 때의 균열면적을 상호 비교한 것이다.

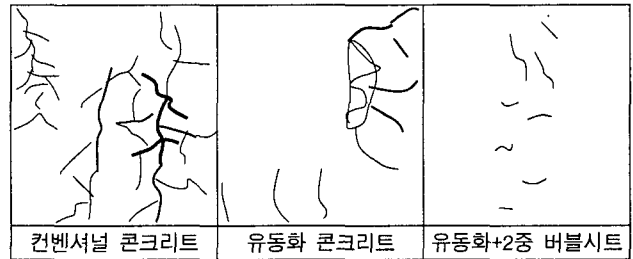


그림 2. 대상부재별 균열도

표 5. 대상부재별 균열면적 및 상대균열면적

구분	컨벤셔널 콘크리트	유동화 콘크리트	유동화+2중 버블시트
균열면적(mm <sup>2</sup> )	23,400	6,670	2,306
상대균열면적(%)	100	28.0	9.8

균열의 면적은 균열 길이에 균열폭을 곱하여 구하였는데, 컨벤셔널 콘크리트를 100%로 했을 때, 유동화 콘크리트가 28%로 건조수축 저감형 유동화제만을 사용할 경우에도 건조수축 균열저감 효과가 탁월한 것을 알 수 있었다. 그러나 여기에 2중 버블시트를 이용하여 양생을 할 경우에는 9.8%로 소성수축 및 건조수축 균열을 제어하여 균열이 거의 발생하지 않는 것을 알 수 있었다.

##### 3.2.2 압축강도

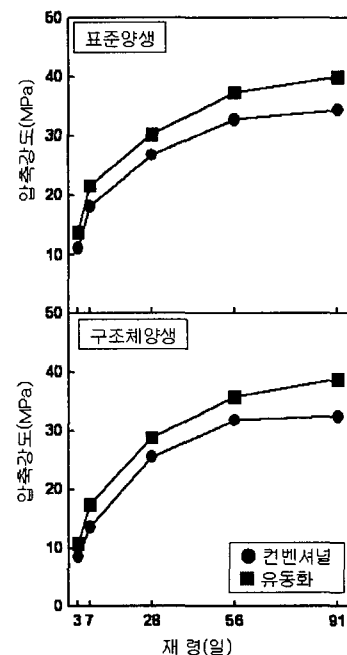


그림 3. 공시체 양생조건 및 부재별 재령경과에 따른 압축강도

그림 3은 양생조건 및 부재별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적으로 압축강도는 재령이 경과할수록 증가하였고, 재령 28일의 압축강도는 콘크리트 종류에 따라 차이는 있지만, 요구하는 호칭강도를 모두 만족하였다. 양생조건에 따라서는 표준양생 공시체가 구조체 관리용 공시체에 비하여 약 3~6%정도 크게 발휘되었는데, 이는 콘크리트 타설 당시 외기온이 낮은 관계로(시험기간 동안 일 평균기는 10℃이하) 구조체 관리용 공시체의 압축강도가 작게 발휘된 것으로 사료된다. 부재별 압축강도는 건조수축 저감형 유동화제를 사용한 경우 재령 91일에서 컨벤셔널 콘크리트에 비하여 약 5~7MPa 정도 높은 강도로 나타나 개발된 건조수축 저감형 유동화제를 사용함에 따라 압축강도가 향상됨을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구는 전남 영암군 대불자유무역지역 시설공사 현장의 슬라브 콘크리트에 건조수축 저감형 유동화제에 의한 유동화 공법을 2중 버블시트와 함께 적용함에 있어 굳지않은 콘크리트와 경화 콘크리트의 특성을 비교·분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로, 슬럼프 및 공기량은 모두 목표 슬럼프 및 목표 공기량을 만족하는 것으로 나타났다. 블리딩량은 건조수축 저감형 유동화제를 혼입한 경우 컨벤셔널 콘크리트와 비교하여 월등히 감소하는 것으로 나타났고, 응결 시간은 컨벤셔널 콘크리트보다 촉진되어 건조수축 저감형 유동화제를 사용함에 따른 응결 지연 문제는 없을 것으로 사료된다.

2) 컨벤셔널 콘크리트의 경우 1mm가 넘는 넓은 폭의 균열을 포함하는 소성수축균열 및 건조수축균열 피해가 부재면 전체에 고루 발생하였고, 유동화 공법을 사용한 경우 미세한 균열이 부분적으로 나타났으며, 유동화 공법과 2중 버블시트 양생을 함께 사용한 조건의 경우에는 거의 균열이 발생하지 않았다. 균열의 면적은 컨벤셔널 콘크리트를 100%로 했을 때, 유동화 콘크리트가 28%로 나타났고, 2중 버블시트를 이용하여 양생을 할 경우에는 9.8%로 소성수축 및 건조수축 균열을 제어하여 균열이 거의 발생하지 않는 것을 알 수 있었다.

3) 재령 28일의 압축강도는 요구하는 호칭강도를 모두 만족하였고, 표준양생 공시체가 구조체 관리용 공시체에 비하여 약 3~6%정도 크게 발휘되었으며, 부재별로는 건조수축 저감형 유동화제를 사용한 경우 재령 91일에서 컨벤셔널 콘크리트에 비하여 약 5~7MPa 정도 높은 강도를 나타내었다.

이상을 종합하여 볼때 콘크리트 타설시 건조수축 저감형 유동화제를 사용한 유동화 공법과 2중 버블시트 양생공법을 동시에 사용할 경우에는 유동화 공법에 의하여 건조수축 균열을 저감하고, 2중 버블시트에 의하여 소성수축 균열을 제어하며, 콘크리트 품질을 양호하게 확보할 수 있어 매우 효과적인 방법인 것으로 분석되었다.

#### 참 고 문 헌

1. 김종백, 임춘근, 한민철, 김성수, 한천구 ; 한중시공시 단열양생 방법 변화에 따른 테크플레이트 슬래브 콘크리트의 온도이력 특성, 대한건축학회 학술발표대회논문집, pp.325~328.10, 2005. 10
2. 김종백, 임춘근, 한민철, 김성수, 한천구 ; 한중콘크리트의 현장 표면단열 양생공법 시공사례 연구, 한국건축시공학회 추계학술 발표대회논문집, pp.25~28, 2005. 10
3. 신재경, 오치현, 최진만, 이성연, 한민철, 한천구 ; 건조수축 저감형 유동화제의 개발에 관한 연구, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제 17권 제 1호, 2005. 5
4. 한천구 ; 최신 유동화 콘크리트의 개요 및 전망, 콘크리트학회지, Vol.13, NO.3, 2001.5 pp.26~31
5. 한천구, 한민철 ; 콘크리트의 배합요인이 건조수축에 미치는 영향, 대한건축학회 구조계논문집, 제19권 2호, 2003. 2
6. 오광진 ; 콘크리트 구조물의 균열평가 및 보수보강, 한국시설안전 기술공단 시설물 보수보강 및 진단기술, 2002. 9
7. 한천구 ; 레미콘의 가수, 레미콘·아스콘·골재, 건설미디어사, 2003. 7
8. 한천구 ; 레미콘의 가수방지대책, 레미콘·아스콘·골재, 건설미디어사, 2003. 8
9. 한천구, 반효홍, 오선교 ; 분리저감형 유동화 콘크리트 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제 14권 제 12호, 1998