

# 수축저감형 혼화제를 이용한 모르타르 및 콘크리트의 물리적 특성에 관한 기초적 연구

## An Experimental Study on Durability of Mortar and Concrete using Shrinkage reducing typed Superplasticizer

우 형 민<sup>1</sup>

박 희 곤<sup>2</sup>

이 영 도<sup>3\*</sup>

Woo, Hyung-Min<sup>1</sup>

Park, Hee-Gon<sup>2</sup>

Lee, Young-Do<sup>3\*</sup>

*Department of Architectural Engineering, Dankook University, Youngin-si, Gyeonggi-do 448701, Korea <sup>1</sup>*

*Doosan Engineering & Construction Institute of Technology, Gangnam-Gu, Seoul, 13714, Korea <sup>2</sup>*

*Department of Architectural Engineering, Kyungdong University, Gosung, Gangwon, 219705, Korea <sup>3</sup>*

### Abstract

Concrete is cheap, easy to deal with, and the quality is satisfactory. Also, it is one of the easiest materials to get because chemical composition of cement is similar to chemical composition of surface. On the other hand, it is so vulnerable to transform because of weak binding capacity and low binding energy that it produces cracks. Cracks decline durability, usability, safety of structures and damage exterior. In order to decline drying shrinkage crack, this study used shrinkage reducing typed Superplasticizer, which is combination of and water-reducing agent for convenience, different with existing study using AE agent, water-reducing agent, shrinkage reducing agent,. Considering SRS field application possibility, this study planned to mix concrete and mortar generally used in ready-mixed concrete company and did basic experiment depending on a change of SRS content ratio and admixture. Based on the experiment result. It is judged that SRS admixture 2% is proper ratio when Given the intensity and length change. Also mass combination will conduct follow-up studies.

Keywords : length change, dry shrinkage crack, shrinkage reducing agent , exposed concrete

### 1. 서 론

콘크리트 구조물은 각종 외력에 대해 강도를 가져야 하며, 사용 기간 동안 장기적인 내구성능을 확보할수 있어야 한다. 그러나 시멘트 경화체의 공극 내부에 존재하는 수분의 증발 등으로 체적이 감소하여 건조수축이 발생되며, 구조물의 내부 또는 외부에서의 구속으로 콘크리트에 인장응력이 발생 된다. 이러한 인장응력이 콘크리트의 인장강도를 초과하게

되면 건조수축 균열이 발생하여 구조물의 성능 및 내구성에 악 영향을 미친다. 구조물의 장기간 운영 및 노출콘크리트 등에서 많은 유지 보수비용이 발생되므로 설계단계에서 수축저감은 필수적이라 할 수 있다.

건조수축을 저감시키기 위하여 건축공사 표준시방서에서는 보통 콘크리트의 경우, 단위수량을 185kgf/m<sup>3</sup> 이하로 규정하여 잉여수를 최소화 하고, 충분한 유동성을 갖도록 하고 있다. 또한, 재료적인 측면에서는 저발열 시멘트, 팽창재, 수축저감제 및 기타 혼화재료를 사용하여 건조수축을 저감하는 방법에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다 [1,2].

본 연구에서는 AE제, 감수제, 수축저감제 등을 각각 사용하여 품질개선을 위한 기존연구와 달리 작업성 및 편리성

Received : May 3, 2016

Revision received : July 11, 2016

Accepted : November 21, 2016

\* Corresponding author : Lee, Young-Do

[Tel: 82-33-639-0211, E-mail: lyd@kduniv.ac.kr]

©2016 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

Table 1. Design of experiments

Factors considered				Items tested	
W/B(%)	B:S	Binder type	SRS(%)	Fresh Mortar	Hardened Mortar
50	1:3	·OPC:FA:BS = 100:0:0	0, 1, 2, 3	• Table flow • Setting time	• Compressive strength (3, 7, 28, 91days) • Length change (~91day)
		·OPC:FA:BS = 90:10:0			
		·OPC:FA:BS = 80:10:10			
		·OPC:FA:BS = 70:10:20			

Table 2. Mix proportion of mortar

ID	Item	W/B (%)	B : S	Air (%)	SRS (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )					
						W*	C*	BS*	FA*	S*	SRS*
1	OPC				0	243	486	-	-	1458	0
2	OS1				1	243	486	-	-	1458	7
3	OS2				2	243	486	-	-	1458	15
4	OS3				3	243	486	-	-	1458	22
5	F10				0	243	438	-	49	1441	0
6	F10S1				1	243	438	-	49	1441	7
7	F10S2				2	243	438	-	49	1441	15
8	F10S3				3	243	438	-	49	1441	22
9	F10B10	50	1:3	4.0	0	243	389	49	49	1437	0
10	F10B10S1				1	243	389	49	49	1437	7
11	F10B10S2				2	243	389	49	49	1437	15
12	F10B10S3				3	243	389	49	49	1437	22
13	F10B20				0	243	340	97	49	1434	0
14	F10B20S1				1	243	340	97	49	1434	7
15	F10B20S2				2	243	340	97	49	1434	15
16	F10B20S3				3	243	340	97	49	1434	22

W\* : Water C: Cement, FA: Fly ash BS: Blast Furnace Slag, S: Sand, SRS: Superplasticizer with Shrinkage

향상을 위하여, 수축저감제 및 감수제등의 혼합 형태인 수축저감형 혼화제(Superplasticizer with Shrinkage-Reducing Capability, 이하 SRS로 칭함)를 이용하였다. SRS의 현장 적용 가능성을 고려하여 현재 레미콘사에서 일반적으로 사용되고 있는 콘크리트와 모르타르의 배합으로 계획하였으며, SRS 혼입률 변경과 혼화제 치환에 따른 기초적 실험을 진행하였다. 또한 기존 수축저감제의 원리인 물분자 수소 결합에 의한 응집력만을 감소시키는 원리를 사용하여 적절한 계면활성제를 주성분으로 하였으나, 본 연구에서 사용한 수축저감형 혼화제는 물의 응집력 감소와 공극 표면을 소수성화하여 계면 결합력을 감소시키도록 하였다. 본 연구결과를 바탕으로 SRS 혼화제를 이용한 모르타르 및 콘크리트의 재료적 특성에 대하여 검토한 후, 노출 및 특수콘크리트

리트 적용성과 수축저감을 목표로 한다.

## 2. 실험 계획 및 방법

### 2.1 실험 계획

본 연구의 모르타르 실험계획은 Table 1에 나타내었고, 모르타르 배합표는 Table 2로 나타내었다. 콘크리트 실험계획은 Table 3에 나타내었고, 배합표는 Table 4로 나타내었다. 모르타르의 배합은 W/B 50%에 대하여 (Binder:Sand)=1:3으로 고정하였다. 혼화제는 치환율에 따라 OPC, F10, F10B10, F10B20, 4수준, SRS 혼입률을 0%, 1%, 2%, 3% 4수준으로 총 16배치로 계획하였다.

실험항목으로는 굳지 않은 모르타르에서 플로, 응결시간

Table 3. Design of experiments

Factors Considered								Items tested				
W/B (%)	S/a (%)	Air (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	Slump (mm)	FA (%)	BS (%)	SRS (%)	Fresh concrete	Hardened concrete			
50	43	4.5±1.5	160	120±25	0	0	0	·Slump	• Compressive strength (3, 7, 28 days)			
							1					
							2					
							0					
							10			20	1	• splitting tensile strength (7, 28days)
							2				• Length change (~56day)	
0	• Air content	• dry shrinkage crack in concrete										

Table 4. Mixture proportion of concrete

ID	Item	W/B (%)	S/a (%)	Air (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	Absolute volume (ℓ / m <sup>3</sup> )					Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )					SRS (B*W.%)
						C	BS	FA	S	G	C	BS	FA	S	G	
1	OPC					105	-	-	298	395	330	-	-	772	1036	0
2	OS1					105	-	-	298	395	330	-	-	772	1036	1
3	OS2	50	43	4.5±1.5	160	105	-	-	298	395	330	-	-	772	1036	2
4	F10B20					71	22	15	296	392	224	64	33	766	1026	0
5	F10B20S1					71	22	15	296	392	224	64	33	766	1026	1
6	F10B20S2					71	22	15	296	392	224	64	33	766	1026	2

을 측정하고 경화 모르타르에서는 압축강도(3일, 7일, 28일, 91일), 길이변화(재령 91일까지)를 측정 하였다.

콘크리트 배합요인 W/B 50%와 혼화제의 특성을 파악하기 위하여, 단위수량 160kg/m<sup>3</sup>으로 고정하였다. 배합 OPC와 F10B20에 대하여 SRS 혼입률 0, 1, 2%의 3수준으로 총 6배치를 실험계획 하였다. 실험항목으로는 굳지않은 콘크리트에서 슬럼프, 공기량을 측정하였고, 경화콘크리트에서는 압축강도(3일, 7일, 28일), 쪼갬인장강도(7일, 28일), 길이변화(재령 56일까지), 구속수축균열시험을 측정하였다.

## 2.2 실험 재료

본 연구의 사용재료 중, 시멘트는 국내산 A사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 잔골재는 인천산 세척사를 사용하였고, 굵은 골재는 경기도 광주산 25mm 부순 굵은 골재를 사용하였다. SRS는 연한갈색의 에테르계 50%, 폴리 카본산계 50%로 구성된 비중 1.04g/cm<sup>3</sup>의 국내 B사의 제품을 사용하였다. 혼화제로 중, 플라이애시는 비중 2.22g/cm<sup>3</sup>, 분말도 2,850cm<sup>2</sup>/g의 재료를 사용하였으며, 고로슬래그 미분말은 비중 2.91g/cm<sup>3</sup>, 분말도 4,463cm<sup>2</sup>/g의 물리적 성질을 가진 재료를 사용하였다.

## 2.3 실험 방법

본 연구의 실험방법에 있어서 모르타르의 혼합은 팬형믹서를 사용하였고, 콘크리트 혼합은 1축 강제식 믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지 않은 모르타르 실험의 시멘트 시험용 플로 테이블과 관입 저항침에 의한 콘크리트의 응결 시간 시험방법은 KS L 5111과 KS F 2436에 의거하여 실시하였다. 경화모르타르의 압축강도 시험은 KS L 5105에 의거하여 실험하였고, 길이변화 측정은 일본콘크리트 공학협회의 규정에 의거하여 100×100×400mm 시험체의 중앙에 게이지를 매립하여 측정하였다. 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 시험과 공기량 시험 방법은 KS F 2402와 KS F 2421 규정에 의거하여 실시 하였다. 경화 콘크리트의 압축강도 시험은 Ø100mm×200mm 원형몰드를 KS F 2403에 따라 제작 및 양생한 후, KS F 2405 규정에 의거하여 계획된 재령에서 측정하였다. 쪼갬 인장강도시험은 KS F 2423 규정의 의거하여 실험하였으며, 길이변화측정은 모르타르와 같은 방법으로 실험하였다. 구속수축 균열 시험은 건조수축 의한 균열 발생을 유도하기 위한 실험방법으로 KS F 2595에 의거하여 실험하였으며, 시험체의 양끝을 총 24개의 봉강(Ø9, Ø13)으로 구속하였다. 또한, 가운데의 폭을 100mm로 좁게 설정하는 것으로 중심부 및 변형부의 균열을 유도하여 균열 발생

시기를 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 굳지 않은 모르타르의 특성

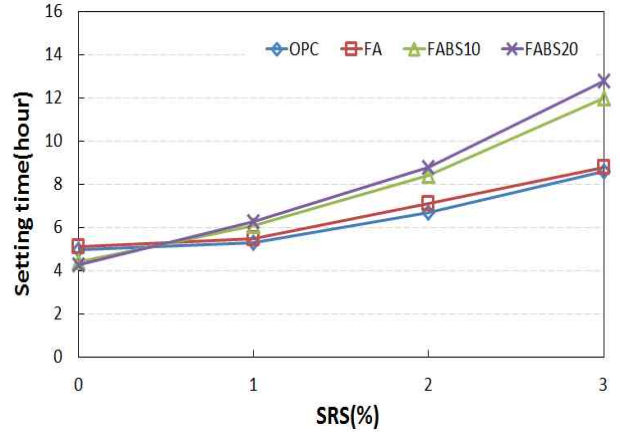
Table 5는 SRS 혼입률에 따른 굳지않은 모르타르 특성을 나타낸 것이다. 테이블 플로는 FA와 BS의 치환 유·무에 따라 모든 배합에 차이가 미비하였다. SRS를 혼입한 배합부터는 OPC, FA10, FA10BS10, FA10BS20 순으로 유동성이 증가하는 경향을 나타냈다.

Table 5. Test result of fresh mortar

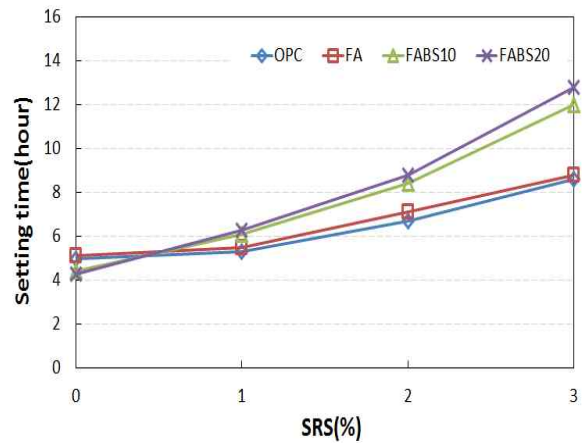
Item	SRS (%)	Table flow (mm)	Setting Time (hr.)	
			Initial	Final
OPC	0	121.85	5	6.6
	1	134.1	5.3	6.8
	2	135.15	6.7	8.9
	3	138.25	8.6	10.3
F10	0	120.15	5.1	6.7
	1	137.65	5.5	7.2
	2	159.3	7.1	9.8
	3	187.7	8.8	11.2
F10BS10	0	118.35	4.4	6.7
	1	145.4	6.1	7.3
	2	166.05	8.4	10.9
	3	186.4	12	14.9
F10BS20	0	124	4.3	6.8
	1	132.6	6.3	8
	2	157.4	8.8	11.3
	3	187.5	12.8	15.7

Figure 1은 모르타르 배합에 대한 a)초결시간과 b)종결 시간을 나타내었다. BS치환량 증가와 SRS 혼입률이 증가할수록 응결시간이 지연 되었다[3]. 고로슬래그 미분말의 경우 잠재수경성을 가지고 있으며, 물과 접할 경우 슬래그 입자 표면에 치밀한 불투수성의 산성피막이 형성된다. 이 피막은 시멘트가 수화 반응하여 생성되는 알칼리 이온의 자극에 의해 파괴된다. 따라서 BS치환량 증가에 의해 응결시간이 지연되는 것은 상기의 포졸란 반응에 의한 것으로 판단된다.

또한, SRS 혼입률이 증가할수록 응결시간이 지연되는 것은 SRS 혼입률이 증가하면 감수제의 첨가량이 동시에 증가하게 된다. 과다한 감수제의 투입으로 인해 시멘트입자에서 용출되는 여러 이온과 수산기이온의 반응을 방해하여 수화 반응이 지연되고, 잉여수량의 증가에 따라 재료분리 및 블리딩이 상승하여 응결시간이 지연된 것으로 사료된다.



a) Initial setting



b) Final setting

Figure 1. Setting time

#### 3.2 경화 모르타르의 특성

##### 3.2.1 압축강도 특성

Figure 2에 혼화제의 치환 및 SRS 혼입률에 따른 압축강도 시험결과를 나타내었다. OPC와 혼화제를 치환한 모든 배합에서 SRS를 혼입한 경우, 혼입률 증가에 따라 압축강도는 저하하는 경향을 나타내었다[4].

혼화제 치환에 따른 압축강도는 초기재령 3일, 7일에서 OPC가 FA와 FA+BS를 치환한 경우보다 강도가 크게 나타났다. 하지만, 재령 28일에서는 FA와 FA+BS를 치환한 경우 OPC와 대등한 강도를 나타냈다. 이는 FA와 BS가 포졸란 반응에 의해 장기강도가 증가한 것으로 판단된다.

FA만 치환한 배합 중, 재령 3일에서 배합 F10S1, F10S2, F10S3이 F10에 비해 87%, 75%, 65%의 강도발현을 나타냈으며, 재령 91일에서는 91%, 84%, 81%의 강도발현을 나타냈다.

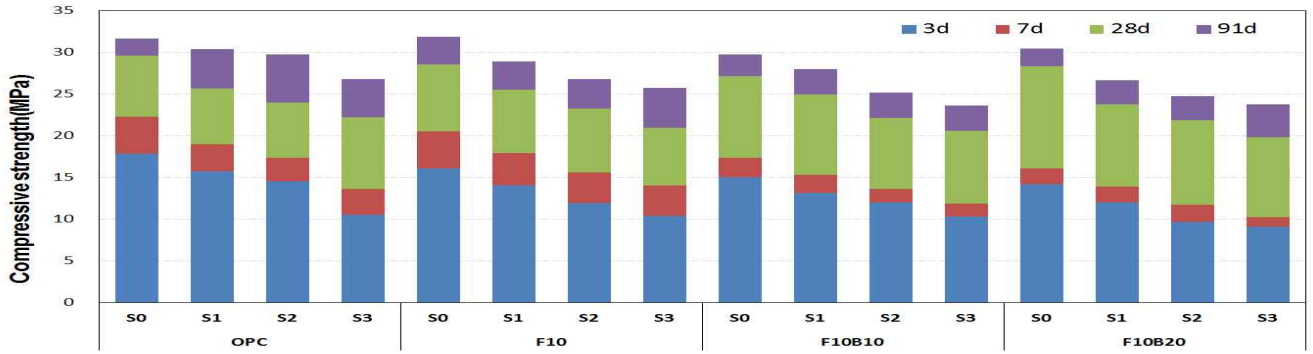


Figure 2. Compressive strength

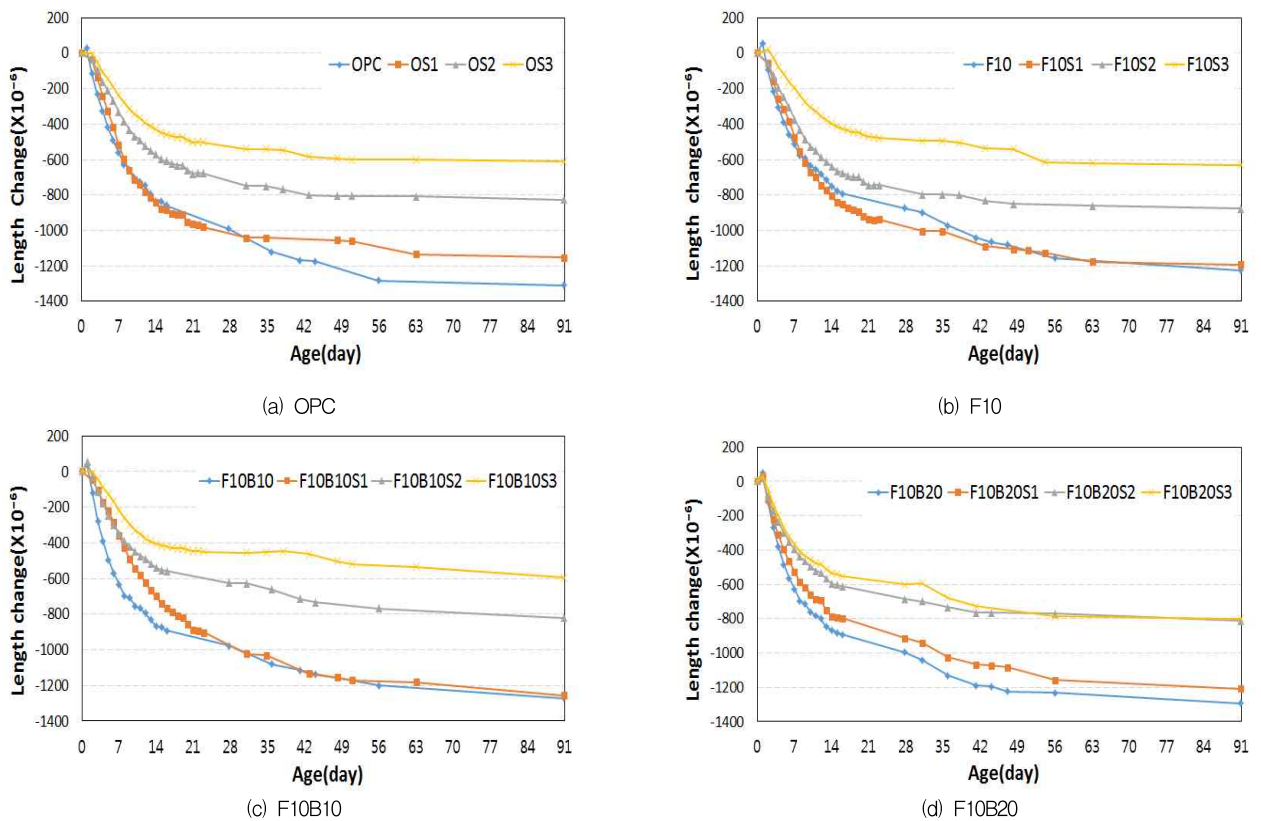


Figure 3. Length change with age

현을 나타냈다. FA+BS 혼합 치환한 배합은 재령 3일에서 배합F10B20S1, F10B20S2, F10B20S3은 F10B20 배합에 비해 85%, 68%, 64%의 강도발현을 나타냈으며, 재령 91일에서는 88%, 81%, 78%의 강도 발현을 나타냈다.

SRS 혼입률이 증가할수록 강도가 저하하는 현상은 과도하게 투입된 혼화제가 시멘트 수화물 표면에 흡착하여 수화물의 용출이온량을 저감시킨 것으로 판단된다.

### 3.2.2 길이변화 특성

Figure 3은 혼화제 치환 및 SRS 혼입률 변화에 따른 총 16배치 실험의 길이변화율 결과를 나타낸 것이다.

전반적으로 모든 배합에서 길이변화율은 재령 초기 급격히 증가하였고, 재령이 경과함에 따라 완만한 경향을 나타내었다. 이것은 재령 초기에 급격한 수분증발과 수화반응으로 인해 길이변화가 큰 것으로 판단된다. Figure 3(a)와 같이 OPC에 SRS혼입하였을 때, 91일에서 OS1, OS2, OS3보다 각각 12%,

37%, 53%의 수축저감 효과를 나타냈다. Figure 3(b)는 FA를 치환한 배합을 나타냈는데, F10보다 F10S1, F10S2, F10S3에서 각각 3%, 28%, 48%의 수축 저감효과를 나타냈다. F10과 F10S1은 길이변화에 큰 차이를 나타내지 못하였다. Figure 3(c)와 같이 FA10+BS10를 치환한 배합에서는 91일에서 F10B10보다 F10B10S1, F10B10S2, F10B10S3이 각각 1%, 35%, 53%의 수축저감 효과를 나타냈다. F10, F10S1과 마찬가지로 F10BS10, F10BS10S1이 길이변화에 큰 차이를 나타내지 못하였다. Figure 3(d)는 FA10+BS20을 치환한 배합을 나타냈는데, SRS 혼입률별 길이변화는 91일에서 F10B20대비 F10B20S1, F10B20S2, F10B20S3에서 6%, 37%, 38%의 수축저감 효과를 나타냈다.

종합적으로 OPC를 제외한 혼화재를 치환한 배합에서 SRS 1% 혼입하였을 때 수축저감효과는 1~6%로 수축저감효과가 미비한 것으로 나타났다. 하지만 OPC, F10, F10B10, F10B10S1, F10B20, F10B20S1의 6배합은 W/B 50%일 때, 모르타르 건조수축량 기준인  $-1200\mu$  을 만족하지 못하였으며, SRS 혼입률 증가에 따라 건조수축은 감소되는 것으로 나타났다[5].

시멘트 입자를 비롯한 모든 입자는 분자간의 인력을 가지고 있으며, 모세관 공극내에 존재하는 물의 표면장력과 균형을 이루고 있다. 수축저감제가 모세관 공극내에 존재하는 물의 표면장력을 저감시켜 수축량이 저감된 것으로 판단된다.

또한 OPC에서 가장 큰 건조수축량을 보였으며, F10B10, F10B20, FA10 순이었다. 플라이애시는 일반 시멘트에 비해 수축량이 동등하거나 감소하고, 고로슬래그 미분말은 수축량이 늘어나는 것으로 알려져 있다[6]. 기존의 연구와 같이 F10에서 수축이 적었으나, BS의 치환과 함께 수축이 증가하였다.

### 3.3 굳지않은 콘크리트의 특성

Table 6에 혼화재 치환 및 SRS 혼입률 변화에 따른 슬럼프 및 공기량을 나타내었다. 목표슬럼프  $120\pm 25\text{mm}$ 와 목표공기량  $4.5\pm 1.5\%$ 를 만족 하는 것으로 나타났다.

각 배합의 슬럼프에서 OPC가 가장 낮은 슬럼프를 나타내었으며, 최소130mm~최대165mm로 측정되었다. OPC의 경우 SRS 혼입률이 증가할수록 슬럼프는 10%~13% 증가하였고, F10B20 경우 SRS의 혼입률이 증가할수록 16%~18% 증가하는 것으로 실험결과 나타났다. 이는 FA 및 BS의 불베어링 작용에 의한 것으로 판단되며 덧붙여, SRS 혼입률

이 증가할수록 표면장력 저하로 콘크리트 점성이 낮아진 것도 영향을 미친 것으로 판단된다.

공기량은 F10B20S2 배합이 가장 적은 3.0%로 측정되었으며, OPC가 가장 많은 4.6%인 것으로 측정되었다.

Table 6. Test result of fresh concrete

Item	SRS (%)	Slump(mm)	Air(%)
OPC	0	130	4.6
	1	145	3.8
	2	150	3.3
FA10BS20	0	135	3.9
	1	160	3.3
	2	165	3.0

### 3.4 경화 콘크리트의 특성

#### 3.4.1 압축강도 및 쪼갠인장강도 특성

Figure 4, 5는 혼화재 치환과 SRS의 혼입률에 따른 압축강도와 쪼갠 인장강도를 나타낸 것이다.

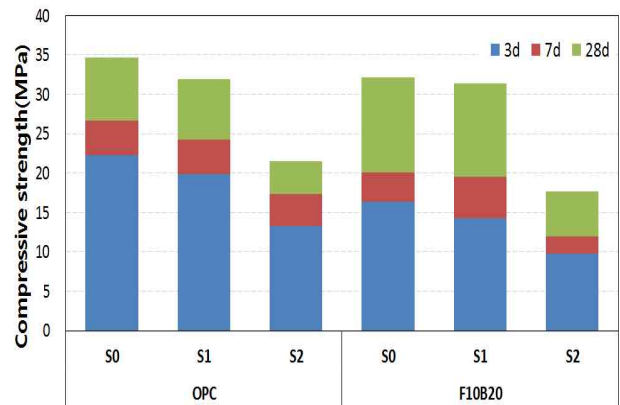


Figure 4. Compressive strength

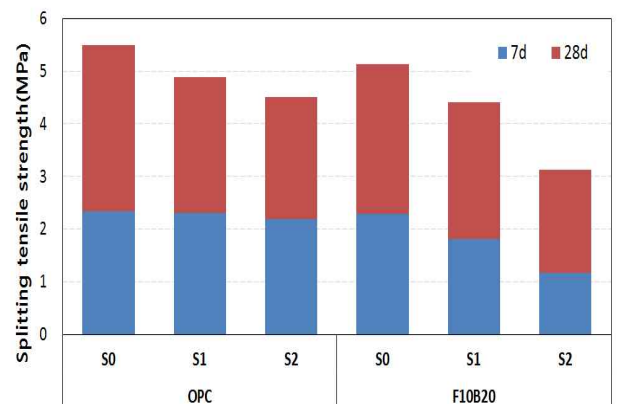


Figure 5. Splitting tensile strength

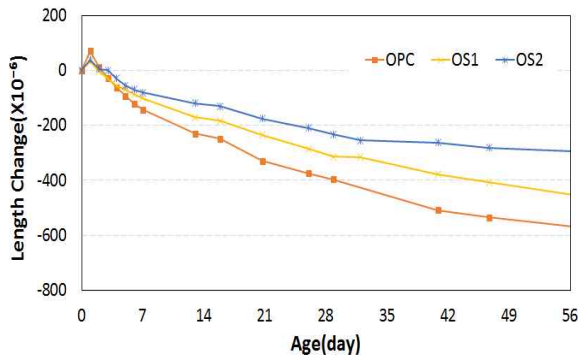


앞선 모르타르 실험결과와 같이 압축강도는 초기재령에서 OPC가 혼화재를 치환한 경우보다 강도가 크게 나타났다. FA와 BS를 혼합 치환한 경우 고로슬래그 시멘트의 특성상 초기강도 발현이 늦어짐을 알 수 있었다.

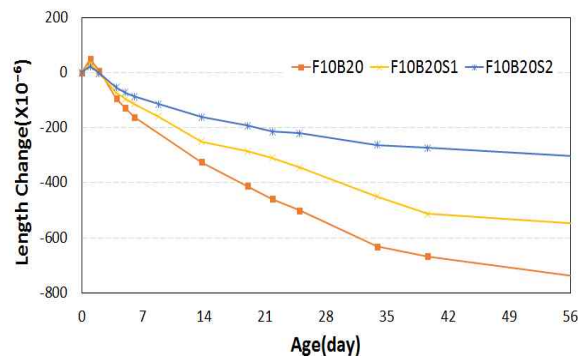
재령 28일에서 FA 및 BS를 치환한 경우가 포졸란 반응 및 잠재수경성 반응에 의해 장기강도 발현으로 OPC와 대등한 강도를 나타내었다. 하지만 SRS 2%를 혼입한 경우에는 OPC에서는 62%, F10B20에서는 55%의 강도발현이 되었기 때문에 SRS 2% 이상 사용시 품질저하가 발생 될 수 있으므로 적정 첨가량 결정에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

쪼갬 인장강도는 OPC에서 가장 높게 측정되었고, OS1을 제외한 SRS의 혼입률에 비례하여 강도가 감소하였다. 콘크리트 모든 배합에서 압축강도의 1/7~1/13 정도 수준으로 나타났다.

### 3.4.2 길이변화 특성



(a) OPC



(b) F10B20

Figure 6. Length change with age

콘크리트의 길이변화는 모르타르에 비해 길이변화량이 낮게 나타났다. 이는 굵은 골재 용적으로 인하여 길이변화율이

감소된 것으로 판단된다. 이에 건조수축에 대한 정량적 평가는 곤란하며, 각 배합별 상대적 비교를 실시하였다. Figure 6은 혼화재 치환 및 SRS 혼입률 변화에 따른 총 6배치 실험의 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다. BS의 치환량이 증가할수록 수축이 더 많이 일어났으며, SRS 혼입률 증가에 따라 건조수축은 감소되는 것으로 나타났다. 이는 모르타르에서 나타난 경향과 동등했다. Figure 6(a)와 같이 OPC에서 SRS를 혼입한 경우 OPC대비 OS1, OS2에서 29.5, 50.8%의 수축저감 효과를 나타내었다.

Figure 6(b)는 FA+BS를 치환한 배합을 나타내었는데, F10B20대비 F10B20S1, F10B20S2에서 22.9%, 59.1%의 수축저감효과를 나타내었다.

종합적으로 수축저감제의 혼입률이 증가할수록 수축저감 효과의 기대를 가질 수 있었지만 수축저감제의 2% 이상의 사용은 콘크리트의 물성이 시공에 불리할 수 있어 배합에 있어 고려되어야한다.

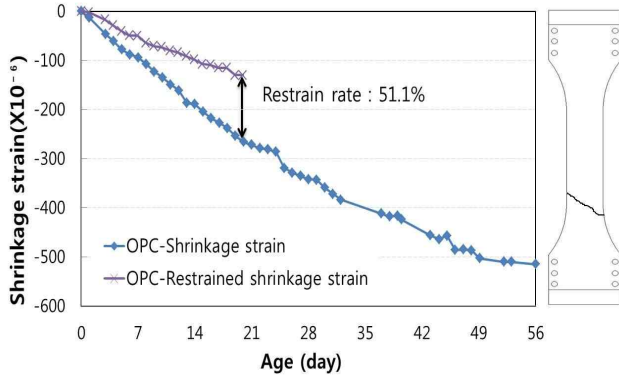
### 3.4.3 건조수축균열

Figure 7은 SRS를 혼입하지 않은 OPC와 F10B20의 구속건조수축 길이변화율을 나타내었으며, Figure 8는 SRS를 2%혼입한 OS2, F10B20S2의 구속건조수축 길이변화율을 나타내었다.

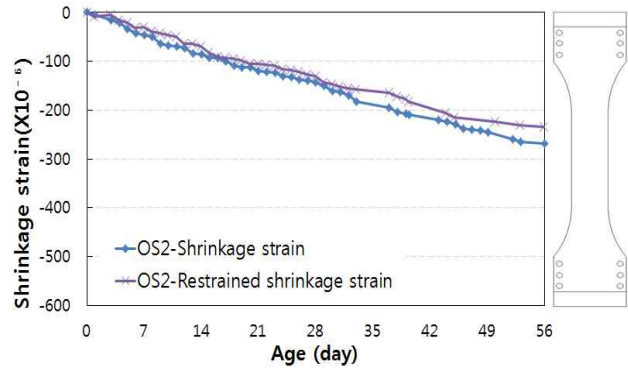
콘크리트 자유건조수축과 구속건조수축 균열시험을 통해 혼화재 치환에 따른 성능개선 효과를 판단 할 수 있었다. Figure 7(a)와 (b)에서 나타나듯이 OPC와 F10B20는 균열 발생시기에 있어 22.1일에 큰 차이를 보였다. 고로슬래그 미분말과 같은 무기질 결합재 혼입이 콘크리트의 장기재령 및 강도증가와 수축 등의 내구성 측면에서 성능향상이 된 것으로 판단된다[7].

Figure 8(a)와 (b)는 SRS를 혼입한 배합 OS2와 F10B20S2의 자유-구속수축변형률을 나타내었다. 재령 56일까지 자유수축 변형률과 구속수축변형률의 차이가 나타나지 않았으며, 균열이 발생하지 않았다. 이는 SRS 혼입에 따른 콘크리트 내구성 향상으로 사료되며 노출콘크리트 등에 적용 가능할 것으로 판단된다.

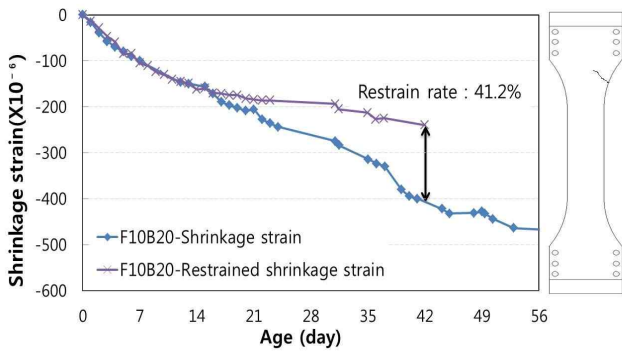
또한 본 실험은 블리딩을 제거하지 않은 상태에서 실시하였는데, SRS를 혼입한 배합에서 블리딩 수의 증발 이후 수축이 진행되기 때문에 재령 56일까지 균열이 발생하지 않은 것에 영향을 미친 것으로 판단된다.



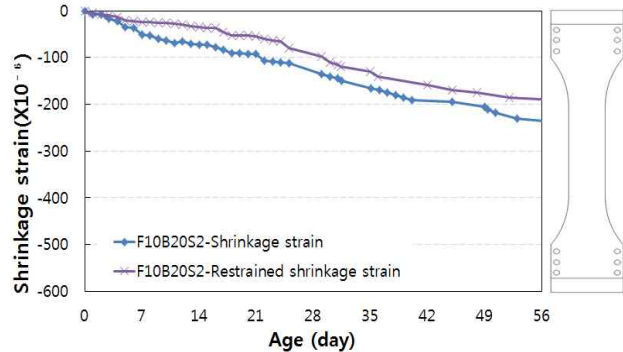
(a) OPC



(a) OS2



(b) F10B20



(b) F10B20S2

Figure 7. Shrinkage strain with age

Figure 8. Shrinkage strain with age

#### 4. 결론

본 연구에서는 혼화재 치환과 SRS 혼입률에 따른 모르타르 및 콘크리트의 건조수축 및 균열저감 효과에 대해 고찰하였다.

- 1) 굳지 않은 모르타르에서 OPC, F10, F10B10, F10B20 순으로 유동성이 증가하는 경향을 나타내었고, SRS 혼입률이 증가할수록 응결시간이 지연 되는 것으로 나타났다. 이는 감수제의 첨가량이 동시에 증가하기 때문에 수화반응이 지연되고, 잉여수량의 증가에 따라 재료분리 및 블리딩이 상승하여 응결시간이 지연된 것으로 사료된다.
- 2) 경화 모르타르 실험에서 압축강도는 F10B10S3과 F10B20S3에서 각각 23.61, 23.80MPa으로 낮은 강도발현을 보였다. 길이변화율 시험에서는 OPC, F10, F10B10, F10B10S1, F10B20, F10B20S1의 6배합

이 모르타르 건조수축량 기준인  $-1200\mu$ 를 만족하지 못하였다.

OPC와 F10에서 SRS 혼입률 3% 혼입시 강도와 길이 변화율 기준에 만족하였으며, F10B10과 F10B20에서는 강도와 길이변화율을 고려하였을 때 SRS 혼입률 2%가 적절한 혼입률이라고 판단된다.

- 3) 콘크리트의 길이변화율 시험은 콘크리트 건조수축량 기준인  $-800\mu$ 를 모두 만족하였지만, 압축강도는 6배합중 SRS 2%혼입한 OS2, F10B20S2 배합이 재령 28일 강도에서 낮은 강도 발현을 보여 설계기준강도에 미치지 못하였다. 건조수축균열시험에서는 혼화재 치환에 따라 OPC와 F10B20의 균열발생시기가 22.1일의 차이가 발생하였고, SRS 혼입률 2% 배합에서는 재령 56일까지 균열이 발생하지 않았다. 하지만 압축 강도에서 낮은 강도발현을 보였기 때문에 SRS 혼입률을 조정하여 실험을 할 필요가 있다.
- 4) 본 연구는 FA와 BS의 소량치환에 따른 실험결과로서,



추후 혼화재 대량치환에 따른 SRS 혼입률 검토하여 노출콘크리트 및 여러 가지 콘크리트의 적용성이 평가되어야 할 것으로 사료된다.

## 요 약

콘크리트는 현재까지 사용되는 건축재료 양호한 품질을 지니고 있으며, 시멘트의 화학조성이 지표상의 화학조성과 유사하여 가장 쉽게 얻을 있는 재료 중 하나이다. 하지만 약한 결합력과 낮은 결합에너지로 변형에 취약하여 균열이 발생하게 된다. 건조수축 균열 저감을 위해 본 연구에서는 AE제, 감수제, 수축저감제 등을 각각 사용하는 기존연구와 달리 작업의 편리성 향상을 위하여 수축저감제 및 감수제의 혼합 형태인 수축저감형 혼화제(Superplasticizer for Reduction of Shrinkage, 이하 SRS로 칭함)를 이용하였다. 현재 레미콘사에서 일반적으로 사용되고 있는 콘크리트와 모르타르의 배합으로 계획하였으며, SRS 혼입률 변경과 혼화재 치환에 따른 기초적 실험을 진행하였다. 강도와 길이 변화율을 고려하였을 때 SRS 혼입률 2%가 적절한 혼입률이라고 판단된다. 또한 대량치환과 노출콘크리트용 혼화제 적용에 관한 연구를 진행할 예정이다.

**키워드** : 길이변화, 건조수축균열, 수축저감제, 노출콘크리트

## Acknowledgements

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MOE) (2015R1D1A3A01017547) /Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korean government (15TBIP-C092549-01-000000).

## References

1. Han CG, Han MC, Song SH, Yoon S. Drying Shrinkage of Concrete Combining Expansive Additives and Shrinkage Reducing Agent, Journal of the Korea Concrete Institute, 2006 Jun;318(3):397-404.
2. Hiroyuki T, Makoto T, Mitsuo K, Toyoharu N. Test on the basic properties of concrete using shrinkage reducing agent, AIJ journal

of technology and design, 2012 Jun;18(40):815-8.

3. Han CG, Kim J. Properties of Setting Time and Strength Development of Concrete Using the Mineral Admixture, Architectural Institute of Korea, 2008 Aug;24(5):133-40.
4. Park JP, Yoo BH, Han HS. Fundamental Properties of Concrete Corresponding to Contents Shrinkage Reducing Agent, Journal of the Korea Concrete Institute, 2015;27 (1):655-6.
5. Journal of the Korea Concrete Institute, Concrete Long-term and Interpretation, Seoul(Korea): Kimoonang; 2013, chapter 2, Influence factor; p. 24-8.
6. Park CJ, Son HJ, Back DH, Han MC, Han CG. Estimation of Drying Shrinkage of High Volume Fly-Ash Concrete Using Early Strength Improvement Admixture, The Korea Institute of Building Construction, 2010;10(1):63-5.
7. Kim HY. A Study on Chloride Durability Improvement of Offshore Concrete against Chemical Degradation, Youngin(Korea):Dankook Univ; 2015, p.192