

# 수축저감제를 사용한 모르터의 물성에 관한 연구

## A Study on Physical Properties of Mortar Using Shrinkage Reducing Agent

이 승 한\*    이 종 식\*\*    ○ 이 순 환\*\*  
Lee, Seung Han    Lee, Jong Suk    Lee, Soon Hwan

The intention of this study is to reduce the drying shrinkage of the cement mortar using the shrinkage reducing agent and the inorganic admixture. In this experiment, the drying shrinkage strain, rate of weight loss and strength have been measured depending on age using the mortar specimen.

The result show that the usage of shrinkage reducing agent up to 1.5% will give an effect of approximately 30% without loss of strength, and the efficiency will increase together with the inorganic admixture. Also, as the amount of shrinkage reducing agent increases, the rate of weight loss increases. Drying shrinkage reduces at the same rate of weight loss.

### 1. 서론

콘크리트가 공기중에서 건조하게 되면 모세관 속의 물이 일산할 때 발생하는 모세관 장력에 의하여 수축이 일어나는 것으로 알려져 있다.<sup>1,2)</sup>

이에 본 실험에서는 시멘트모르터내의 물의 표면장력을 큰폭으로 저감시키는 계면활성제의 일종인 수축저감제를 모르터에 혼화하여 건조수축을 저감시키고자 하였다.

아울러 수축저감효과를 증진시키기 위하여 수축저감제와 무기계 혼화제 및 팽창제를 병용사용하여 이들의 혼화량이 건조수축과 강도 및 건조증량감소율에 미치는 영향을 검토한 것이다.

### 2. 실험 방법

#### 2.1 사용 재료

시멘트는 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약칭)를 사용하였으며, 혼화제로는 Fly-ash와 무기계 혼화제 및 수축저감제를 사용하였고 이들의 주요 화학적 성분은 표 1.과 같다.

표 1. 무기계 혼화제의 주요화합성분

종류	주요 화학성분(%)					
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	lg. loss
OPC	21.18	5.98	3.45	61.91	2.40	1.01
CP	17-21	6-8	-	39-43	23-29	-
NC	75.9	3.38	0.33	12.44	-	-

세골재는 경남 합천 황강사와 경북 낙동강 무탄산 세사를 3 : 1 비율로 혼합하여 사용하였고, 시험에 사용한 건조수축저감제는 계면활성제의 일종인 저급 알킬 알킬렌옥시드 부가물로 물리적

\*계명대학교 토목공학과 부교수

\*\*계명대학교 토목공학과 석사과정

성질을 표 2.에 나타내었다.

표 2. 수축저감제의 물리적특성

기호	비중	성상	성분	pH
TG	0.99	백색,백황색	알킬렌옥시드	6~7

## 2.2 공시체의 제작

공시체 제작은 KSL 5220<sup>3)</sup>에 따라 4.7ℓ 전동 모터믹서를 사용하여 1속으로 15초간 시료투입후 45초간 혼합하여 100±5%의 모르타 플로우값을 확인후 각 배치마다 4×4×16cm의 쉘 및 압축강도용 공시체 6개와 자유수축변형을 측정용 공시체를 3개씩 제작하였다.

## 2.3 시험방법

자유수축변형을 측정공시체는 재령 1일후 탈형 직후에 Dial Indicator 0.01×10mm Comparator 로 1회 측정을 행하고, 6일간 수증양생을 하여 재령 7일째 2회 측정을 행하여 이 시점을 기준으로 하였다. 제 2회 측정후 공시체를 온도 20±1℃, 습도 60±5 R.H.의 항온항습조에 저장하였으며 소정의 재령에 있어서 길이 변화를 측정하는 동시에 각 공시체의 무게를 측정하여 그 변화를 기록하였으며, 길이 변화율은 다음식에 의하여 계산하였다.

$$\text{길이변화율} = \frac{(x_{01} - x_{02}) - (x_{i1} - x_{i2})}{L_0}$$

여기서  $L_0$  : 기준장

$x_{01}, x_{02}$  : 기준 시점에서의 표준척과 공시체의 측정치

$x_{i1}, x_{i2}$  : 각시점  $i$ 에서의 표준척과 공시체의 측정치

## 3. 실험결과

### 3.1 자유수축변형률

#### 3.1.1 수축저감제의 영향

수축저감제의 단위사용량과 건조수축 저감량과의 상관관계를 알아보기 위하여 보통포틀랜드시멘트에 수축저감제를 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% 치환시킨 공시체의 자유수축 변형률을 그림 1.에 나타내었다.

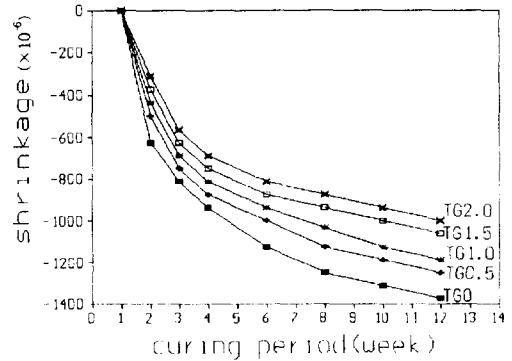


그림 1. 자유수축 변형율의 변화 (OPC)

이 그림은 수축저감제를 사용하므로써 건조수축량이 줄어들고 있음을 나타내고 있다. OPC의 경우 수축저감제를 사용하지 않은 공시체의 12주 건조수축률은 1400μ인 반면 수축저감제를 2.0% 사용한 공시체는 1000μ의 수축률을 나타내어 400μ 정도의 수축저감 효과를 나타내고 있다. 따라서 수축저감제 2% 사용은 모르타르의 자유수축변형률을 30% 정도 저감시킴을 알 수 있다.

이러한 수축을 저감시키는 중요한 기구는 공극 중 존재하는 물의 표면장력 저하에 의한 것으로 알려져 있으며 다음과 같은 메커니즘으로 설명된다. 즉 콘크리트속의 경화된 시멘트페스트는 판 또는 층상의 도베르모라이트 결정으로 되어 있으며 도베르모라이트 층간에는 잉여수 때문에 모세구멍이 생긴다. 이 모세구멍이 아주 작으면 구멍

### 3.3 혼화제 치환에 따른 강도변화

건조수축의 저감에 탁월한 성능을 발휘하는 건조수축저감제는 그 혼화량에 따라 강도의 변화를 나타내고 있으며, 이들의 실험 결과를 표 3.에 나타내었다.

표 3. 힘 및 압축강도 측정 일람표

종 류	강 도	힘 강 도 (kg/cm <sup>2</sup> )		압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	
		7 日	28日	7日	28日
OPC	TG0	59	84	289	386
	TG0.5	57	92	279	374
	TG1.0	56	83	286	382
	TG1.5	56	80	263	360
	TG2.0	42	60	170	252
CP5	TG0	62	76	304	410
	TG0.5	60	83	299	443
	TG1.0	61	82	309	461
	TG1.5	61	84	278	469
	TG2.0	60	86	271	460
CP10	TG0	63	82	317	463
	TG0.5	56	76	278	481
	TG1.0	50	74	262	425
	TG1.5	53	76	261	389
	TG2.0	54	79	256	461
CP15	TG0	54	82	321	464
	TG0.5	74	83	239	466
	TG1.0	53	90	253	483
	TG1.5	56	91	237	500
	TG2.0	61	88	231	401
NC25	TG0	29	35	100	157
	TG0.5	23	34	87	178
	TG1.0	25	37	88	177
	TG1.5	24	36	94	162
	TG2.0	25	46	82	173
EX0.15	TG0	52	69	229	292
	TG0.5	50	58	239	326
	TG1.0	55	72	256	347
	TG1.5	50	62	244	344
	TG2.0	53	65	263	323
EX0.30	TG0	52	69	247	304
	TG0.5	52	77	244	343
	TG1.0	52	82	262	336
	TG1.5	56	79	274	333
	TG2.0	53	76	248	367
EX0.45	TG0	49	74	212	268
	TG0.5	57	73	248	303
	TG1.0	53	71	263	321
	TG1.5	51	74	234	325
	TG2.0	54	71	252	326

이 표를 바탕으로 각종 혼화제 치환에 따른 각 공시체의 28일 압축강도의 변화를 그림 5.에 나타내었다. 이 그림에 OPC-series TG1.5% 사용까지 압축강도의 저하없이 약간 강도가 증가되는 경향을 보이고 있으나, TG2.0% 혼입시는 압축강도가 30%~40%의 감소도 있어 사용시 주의가 필요하다. 또한 NC25 series는 OPC-series에 비해 압축강도가 50~70%까지 저감되고 있음을 나타내고 있다. 그러나 고강도용 혼화제 CP는 치환율이 증가할수록 모르터의 압축강도를 증진시키며 15% 치환시 TG1.5%에서 140kg/cm<sup>2</sup>가 높은 500kg/cm<sup>2</sup>를 나타내고 있다.

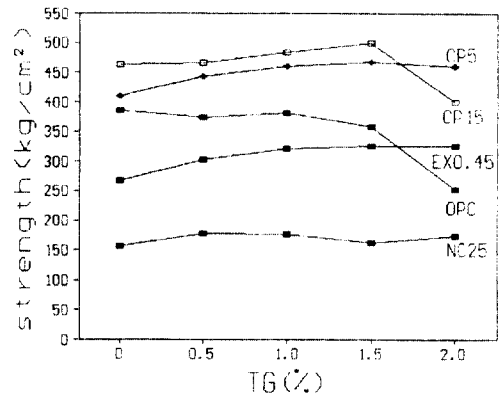


그림 5. 혼화제 치환에 따른 강도변화

### 3.4 건조수축량과 중량감소율

그림 6.은 수축저감제의 사용량에 따른 중량감소율과 건조수축률과의 관계를 나타낸 것이다. 이 그림에서 수축저감제의 사용량에 따라 중량감소율의 차이가 발생함을 알 수 있으며 수축저감제의 혼입량이 증가할수록 동일중량감소율에서 건조수축이 작아진다. 이는 경화체속의 물의 표면장력이 저하되어 질량감소와 건조수축의 변화가 일어난 것으로 사료된다.

사이의 물은 통상적인 상태로는 증발할 수가 없으나 어느 정도 커지면 이 층간의 잉여수는 증발하게 되고, 잉여수가 구멍중 가는 부분으로 후퇴함에 따라 표면장력도 크게 되어 그림 2.에 나타난 것과 같이 도벨모라이트를 끌어들이 수축이 생긴다. 여기서 수축저감제는 시멘트경화체속의 이 표면장력을 약화시켜 수축을 저감시키는 역할을 하게 된다고 富田,<sup>4)</sup> 田澤<sup>5)</sup>들은 설명하고 있다.

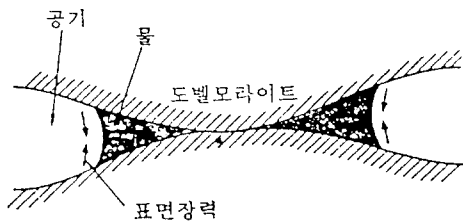


그림 2. 콘크리트의 건조수축 메커니즘

### 3.1.2 무기계 혼화재의 영향

엔트린가이트계 고강도용 혼화재CP를 5, 10, 15%로 치환하고, 수축저감제를 변화시킨 공시체의 재령8주째 건조수축 변형률을 그림 3.에 나타내었다.

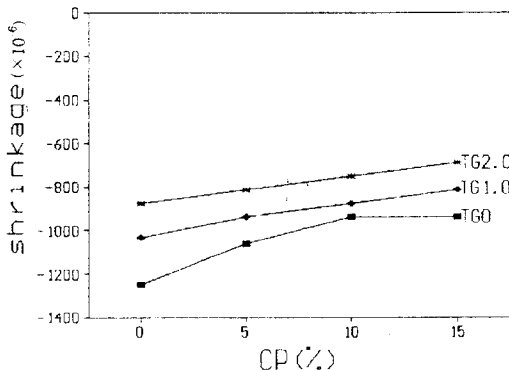


그림 3. CP치환율에 따른 건조수축량(재령8주)

이 그림은 CP의 치환율이 증가할수록 건조수축율이 직선적으로 떨어져 작아지고 있음을 나타내고 있다. 또한 OPC의 경우 8주의 건조수축율이 그림 3.에서 1250 $\mu$ 인데 비하여 CP를 5%치환시 1070 $\mu$ , 15%치환시 930 $\mu$ 를 나타내어 무기계 혼화재 치환은 건조수축저감에 효과적임을 나타내고 있다. 또한 수축저감제 2% 사용한 OPC의 경우 8주의 건조수축율이 830 $\mu$ 인데 비하여 CP 5%, 10% 및 15%치환시는 각각 800 $\mu$ , 750 $\mu$ , 700 $\mu$  정도를 나타내어 TG 단독사용보다 무기계 혼화재CP와 병용함으로써 건조수축저감에 더 효과적임을 알 수 있다.

### 3.2 각종 혼화재 치환시 건조수축량의 변화

수축저감제 TG2.0%사용시의 각종 혼화재 첨가량에 따른 건조수축량의 변화를 그림 4.에 나타내었다. 이 그림에서 재령4주, 8주에 있어서의 건조수축률은 CP가 가장 작게 나타나 있다. 그러나 수축저감제NC, 팽창제EX 및 Fly ash치환은 재령4주에서 OPC보다 건조수축률이 크게 나타나 있고, 재령 8주에 있어서도 같은 경향을 나타내고 있어 본 실험의 습도와 온도 조건하에서는 수축저감과 팽창효과가 적게 일어남을 나타내고 있다.

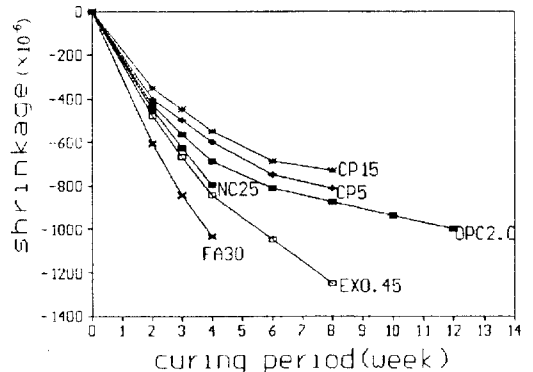


그림 4. 각종 혼화재 치환에 따른 건조수축량

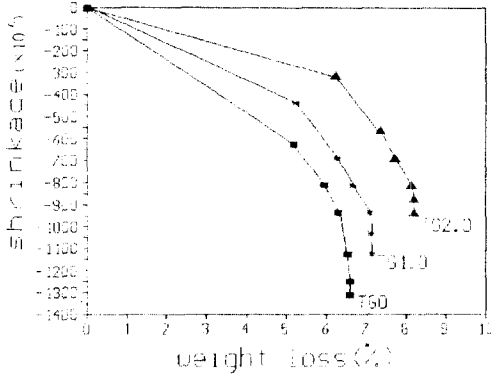


그림 6. 건조수축량과 중량감소를

#### 4. 결론

본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 수축저감제 1.5~2% 사용은 30%정도 시멘트 모르타르의 수축저감효과를 가져오며 무기계 혼화제인 CP와 병용 사용시 그 효과를 증진시킬 수 있다.
- (2) 수축저감제는 1.5%사용시 까지는 강도의, 저감이 없으나 그 이상 사용시는 강도저하를 일으킬 수 있다.
- (3) 수축저감제의 사용량이 증가함에 따라 중량감소율은 커지며 동일중량감소율에서 건조수축이 작아진다. 이는 경화체속의 물의 표면장력이 약화되는데 기인하는 것으로 사료된다.
- (4) NC25%사용은 OPC 에 비해 압축강도가1/2 ~1/3로 떨어져 강도에 대한 보완이 필요한 반면, 무기계혼화제 CP는 치환율이 증가함에 따라 압축강도를 상당량 증가시킨다.

- (5) 수축저감제의 건조수축저감기구는 시멘트 경화체속의 모세관 현상에 의한 물의 표면장력 약화 기능으로 추정된다.
- (6) 수축 저감재 NC 및 팽창제는 자유수축변형률 실험에서 수축저감의 효과가 나타나지 않아 이들의 실험에는 구속수축변형률의 실험이 필요하다고 사료된다.

#### 참고문헌

- 1) Neville, Adam M : Properties of Concrete, Third edition, Shrinkage,1988 pp374-395.
- 2) ACI Manual of Concrete Practice 1995 part1, Materials and general properties of concrete, standard practice for use of shrinkage-compensating concrete (ACI 223-93)
- 3) 1993 KS총람 : KSL 5220 건조 시멘트 모르타르, 사단법인 한국공업표준협회.
- 4) 富田 六郎 : 収縮低減劑を用いたコンクリートの乾燥収縮性状, 土木學會第39回年次學術講演會,V-80, 1984. pp.159-160.
- 5) 田澤榮一, 米倉亞州夫, 田中敏嗣 : 乾燥収縮低減劑がセメント硬化體の乾燥収縮およびクリップに及ぼす影響, セメント技術年報42, 1988. pp.435-438.