

초기 양생조건에 따른 콘크리트의 건조수축 특성

Influence of Curing Condition on Drying Shrinkage of Concrete

하재담* 김태홍** 유재상*** 이종열**** 배수호***** 권영호*****

Ha, Jae Dam Kim, Tae Hong Ryu, Jae Sang Lee, Jong Ryul Bae, Su Ho Kwon, Yeong Ho

ABSTRACT

Material, mix proportion, curing condition, temperature, humidity and wind velocity have an influence on drying shrinkage of concrete.

In this paper, to evaluate the effect of curing condition at early age on the drying shrinkage of concrete was investigated varying curing age for different binder.

The principal conclusions from this research were as follows:

- 1) In case of 14 days of water curing, the drying shrinkage of concrete is smaller than 7 days of water curing, independence of type of binder.
- 2) In case of 4 days of water curing, the ratio of increase of drying shrinkage of concrete using fly-ash and slag powder is more remarkable than using portland cement alone, comparing the drying shrinkage of 7 days of water curing.

1. 서 론

콘크리트의 건조수축 특성에 영향을 미치는 인자로 재료 및 배합 적인 측면에서는 시멘트 종류, 혼화재 종류, 단위결합재량, 물-결합재비 등이 있으며 외부적인 측면으로는 양생조건, 온도, 습도, 풍속 등이 있다. 본 연구에서는 1종(보통 포틀랜드) 및 4종(저열 포틀랜드) 시멘트, 1종 시멘트에 플라이 애쉬 20% 및 1종 시멘트에 고로 슬래그 미분말 50%를 치환하여 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험방법)의 규정에 따라, 초기 7일간 수중 양생한 콘크리트를 기준으로 초 기 4일 및 14일간 수중 양생한 콘크리트에 대한 결합재 종류별 건조수축 특성을 평가하였다.

2. 실험개요 및 방법

2.1 사용재료

본 연구에서 시멘트는 보통 및 저열 포틀랜드 시멘트를, 혼화재로 비표면적이 $4,000\text{cm}^2/\text{g}$ 정도인 삼천포산 플라이 애쉬 및 비표면적이 $4,500\text{cm}^2/\text{g}$ 정도인 고로 슬래그 미분말을 사용하였으며 화학혼화제로는 나프탈렌계 고성능 AE감수제(SP)를 사용하였다. 시멘트 및 혼화재의 화학성분 및 물리성능을 다음 표에 나타내었다.

* 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실 책임연구원, 공학박사

** 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실 연구원

*** 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실 실장, 공학박사

**** 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 소장

***** 정회원, 안동대학교 토목환경공학과 조교수, 공학박사

***** 정회원, 동양대학교 건축공학과 교수

표 1 시멘트 및 혼화제 종류별 화학성분 및 광물조성

항 목	화학성분(%)						광물조성(%)			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	R ₂ O	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
결합제										
1종	21.0	5.9	3.2	62.5	2.1	0.8	49	23	10	9
4종	25.3	3.1	3.6	62.5	2.3	0.5	29	50	3	9
플라이 애쉬	62.4	23.6	6.1	3.9	0.4	1.5	-	-	-	-
고로슬래그 미분말	33.3	15.3	0.4	42.1	2.1	0.7	-	-	-	-

표 2 시멘트 종류별 물리성능 및 수화열

항목 시멘트	비중	Blaine (cm ² /g)	응결(h:m)		압축강도(kgf/cm ²)				수화열(cal/g)		
			초결	종결	3일	7일	28일	91일	7일	28일	91일
1종	3.15	3,200	4:30	6:50	195	290	376	465	81	92	99
4종	3.22	3,500	5:50	9:20	126	175	360	550	55	67	78

또한 본 실험에 사용된 골재는 잔 골재로 비중이 2.60인 강모래를 사용하였고 굵은 골재는 비중이 2.67인 쇄석을 사용하였으며 물리적 특성을 다음 표에 나타내었다.

표 3 골재의 물리적 특성

항목 골재	비중	흡수율(%)	단위중량(kg/m ³)	조립률	씻기 손실량(%)
잔 골재	2.60	1.25	1,560	2.65	1.30
굵은 골재	2.67	1.18	1,550	6.75	0.80

2.2 검토 배합

결합제 종류별 초기양생 조건에 따른 건조수축 특성을 평가하기 위하여, 결합제는 다음 표에서 보는 바와 같이, 1종 시멘트 단독, 4종 시멘트 단독, 1종 시멘트에 플라이 애쉬 20% 치환(NF20) 및 1종 시멘트에 고로 슬래그 미분말 50%(NS50) 치환의 4종류로 하였으며, 물-결합제비는 설계기준강도 300kgf/cm²(배합강도 360kgf/cm²)을 고려하여 각각 44, 42, 42 및 44%로 하였고, 슬럼프의 범위는 15.0±2.5cm, 공기량의 범위는 4.5±1.5%로 하였다.

표 4 건조수축 특성평가를 위한 배합표 및 굳지 않은 콘크리트의 특성

Type of Binder	Symbol	W/B (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m ³)						SP (B×%)	Slump (cm)	Air (%)	Temp. (°C)
				W	B			S	G				
					C	FA	SG						
1종	N	44.0	43.0	175	398	-	-	748	1,018	1.0	13.0	3.8	19.5
4종	L	42.0	43.0	175	417	-	-	744	1,013	1.0	16.5	4.5	
1종+FA20%	NF20	42.0	42.0	175	333	83	-	711	1,009	1.2	16.5	3.6	
1종+SG50%	NS50	44.0	42.0	175	199	-	199	726	1,029	1.0	14.0	4.2	

2.3 실험방법

콘크리트의 건조수축 평가를 위한 시험은 KS F 2424에 의하여 배합 종류별 10×10×40cm 각주형 공시체를 양생조건별 3개씩 제작하여 탈형 전까지 습윤상태를 유지하고 탈형 후 초기 표준양생 재령까지 20℃에서 수중양생을 실시한 후, 온도 20℃, 상대습도 60% 조건의 항온항습실에서 6개월 동안 존치하면서, 현미경이 부착된 콤팩테이터를 이용하여 각 측정재령별 길이변화율을 측정하여 건조수축량을 평가하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 결합재 종류별 초기 수중 양생기간에 따른 건조수축 특성

그림 1에서와 같이 KS 규격에 명시되어 있는 조건인 초기 7일 재령까지 수중 양생한 경우 혼화재를 사용한 콘크리트의 건조수축량은 4종 시멘트를 사용한 콘크리트에 비하여 증가하나 1종 시멘트를 사용한 콘크리트에 비해서는 적은 수준이다. 그러나 초기 4일 재령까지 수중 양생한 경우 포틀랜드 시멘트계인 경우에는 건조수축량에서 거의 변화가 없으나 혼화재를 사용한 경우에는 건조수축량이 11~16%정도 증가하였다. 이는 혼화재를 사용하는 경우에는 시멘트가 수화반응에 필요한 물 이외에 상대적으로 잉여수가 많이 존재하여 건조수축량이 커지는 것으로 사료된다. 한편, 14일 재령까지 수중 양생한 경우에는 결합재 종류에 관계없이 건조수축량은 거의 동등 수준으로 나타났으며 이는 1차 수화반응 및 혼화재의 2차반응에 필요한 양생수가 충분하여 경화체가 충분히 경화되어 수밀한 구조물이 되어 공극이 많이 저장되었기 때문이다.

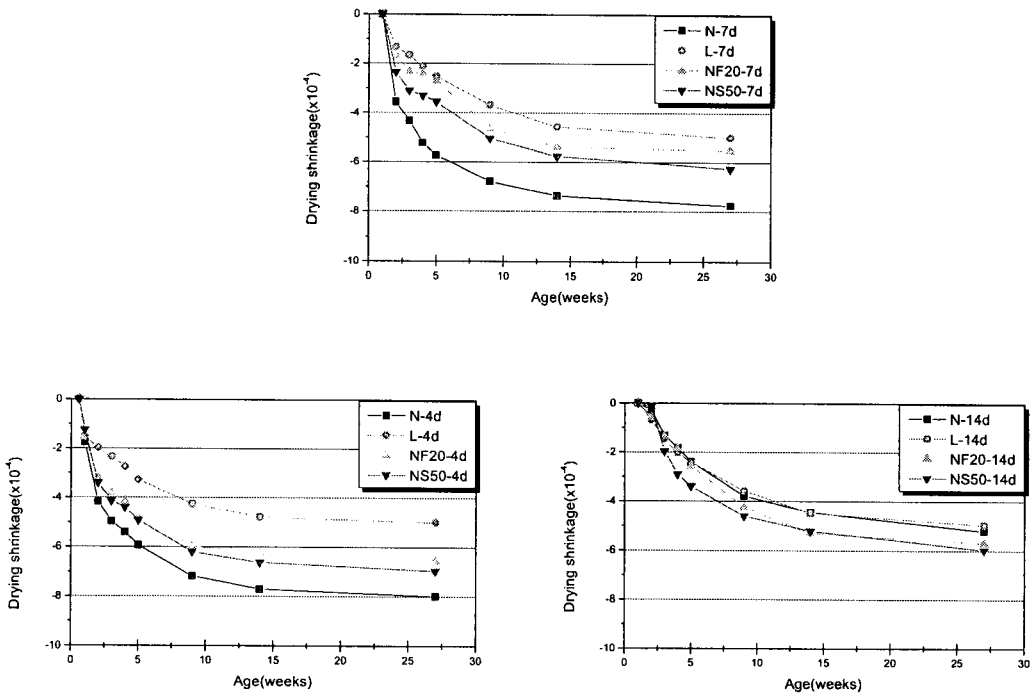


그림 1 결합재 종류별 초기 수중 양생기간(7일, 4일 및 14일)에 따른 건조수축 특성

3.2 결합재 종류별 압축강도 특성

결합재 종류에 관계없이 재령 28일의 압축강도는 동등 수준으로 발현되었으며 재령 28일에서 재령 91일의 강도발현율은 1종 시멘트인 경우에는 10%, 4종 시멘트인 경우에는 50%, 1종 시멘트에 혼화재를 치환한 경우에는 25% 정도로 나타났다(그림 2). 이는 4종 시멘트인 경우에는 C_2S 함유량이 많아 장기 강도발현율이 높기 때문이며 혼화재를 사용한 경우에는 2차반응으로 인한 것이다.

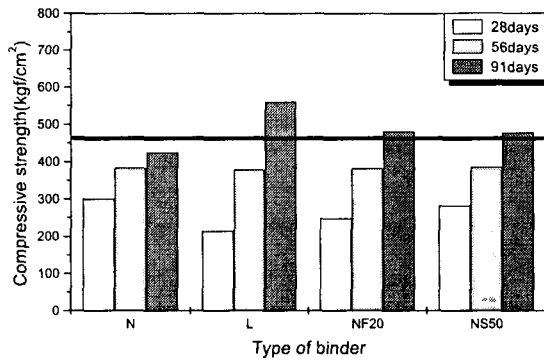


그림 2 결합재 종류별 압축강도 특성

4. 결론

본 연구에서는 1종 및 4종 시멘트, 1종 시멘트에 플라이 애쉬 20% 및 1종 시멘트에 고로 슬래그 미분말 50%를 치환하여 초기 7일간 수중 양생한 콘크리트를 기준으로, 초기 4일 및 14일간 수중 양생한 콘크리트에 대한 결합재 종류별 건조수축 특성을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 초기 14일간 충분히 수중 양생한 콘크리트는 시멘트 종류 및 결합재의 종류에 관계없이 거의 비슷한 건조수축량을 나타내었는데, 이는 충분히 경화되어 수밀한 구조물이 되어 공극이 많이 저감되었기 때문이다.
- 2) 플라이 애쉬 및 고로 슬래그 미분말을 치환한 콘크리트에서 초기 4일간 수중 양생한 콘크리트에서는 포틀랜드 시멘트를 단독으로 사용한 콘크리트에 비하여 상대적으로 높은 건조수축 감소량을 나타내었는데, 이는 1차 수화반응 후의 잉여수가 건조하기 때문이다.
- 3) 플라이 애쉬 및 고로 슬래그 미분말을 치환한 콘크리트에서는 적어도 타설 후 4일까지는 충분한 습윤 양생이 수행되어야 건조수축량을 감소할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 藤原 外 3人, “콘크리트의 건조수축에及ぼす配合の景響”, 콘크리트工学年次論文報告集 11-1 1989.
2. (社)セメント協會 耐久性専門委員會 ひびわれ分科會, “材料・配合・初期養生條件・アジテート時間 が콘크리트の乾燥수축에及ぼす景響”, 세멘트·콘크리트 No.559, Sept. 1993.
3. 하재담 외 5인, “저열 포틀랜드(벨라이트)시멘트 콘크리트의 특성”, KCI 가을 학술발표회, 1998.