

W/B와 혼화재 치환율이 초고강도 콘크리트의 자기수축에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Effect of Water-to-Binder Ratio and Admixture on Autogenous Shrinkage of Ultra High Strength Concrete

김대훈* 김지원** 손유신*** 윤영수****
Kim, Tae-Hoon Kim, Ji-Won Sohn, Yu-Shin Yoon, Young-Soo

ABSTRACT

This paper investigates the shrinkage behavior of Ultra High Strength(UHSC) having three water-to-cementitious material ratio, 0.20, 0.16, 0.12. All of mixtures have same design compressive strength. Free shrinkage test for autogenous and drying shrinkage using 100×100×400 prismatic specimen was conducted. On all mixture, Effects of fly ash and blast-furnace slag on each shrinkage test results were also investigated. The largest portion of autogenous shrinkage was observed in UHSC12 (w/b=0.12) and the measured strain was as high as 80% of the total drying shrinkage strain. The autogenous shrinkage of UHSC decreased as the amount of fly ash increased as demonstrated in the literature. However, the results of the effect of blast-furnace slag on autogenous shrinkage were somewhat different from previous researches.

1. 서론

초고강도 콘크리트는 극도로 낮은 w/b비와 실리카흙의 첨가로 인해 수화과정에서 시멘트 페이스트에 상당한 자기건조현상(self-desiccation)을 유발된다. 이 자기 건조현상과 긴밀하게 연관되어 콘크리트에는 자기수축이 발생하게 되며 그 양이 일반 콘크리트와는 비교할 수 없을 만큼 크다고 알려져 있다. 대부분 초기 수화과정에서 급격하게 발생하는 자기수축은 골재나 철근 등으로 구속이 되어있는 콘크리트에 인장 응력을 유발하며 아직 충분한 인장강도를 확보하지 못한 초기 재령에서는 응력을 견디지 못하고 균열이 발생하게 된다. 초기에 발생한 균열일수록 구조물의 내구성을 크게 저하시키므로 이 초기재령 균열 문제는 초고강도 콘크리트 구조물의 가장 큰 문제점이 되고 있다. 이에 본 연구는 w/b비와 혼화재 첨가량을 달리하여 초고강도 콘크리트의 자기수축 특성을 분석하였다.

-
- * 정회원, (주)삼보기술단 기술연구소 연구원
 - ** 정회원, 삼성물산(주) 건설부분 주임
 - *** 정회원, 삼성물산(주) 건설부분 기술연구소 전임연구원
 - **** 정회원, 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수

2. 실험 개요

2.1 실험 계획

본 실험의 실험 변수는 표1과 같다. 모든 배합의 설계강도는 120MPa이며, w/b비는 0.20, 0.16, 0.12의 세 가지로 하였으며, 동시에 플라이애쉬와 고로슬래그의 치환율을 각각 10%, 20% 와 15%, 30%로 하였다.

표 1 실험변수 및 배합 사항

Mix	Portion(%)			W/b	S/A (%)	Unit Weight(kg/m ³)						SP	
	SF	FA	SG			W	C	SF	FA	BFS	S		G
UHSC20	12			0.20	34.00	155.00	682.00	93.00	-	-	518.22	1044.64	1.30
UHSC20-BFS15	12		15	0.20	34.00	155.00	565.75	93.00	-	116.25	515.89	1039.95	1.30
UHSC20-BFS30	12		30	0.20	34.00	155.00	449.50	93.00	-	232.50	513.56	1035.25	1.30
UHSC20-FA10	12	10		0.20	34.00	155.00	604.50	93.00	77.50	-	508.83	1025.71	1.30
UHSC20-FA20	12	20		0.20	34.00	155.00	527.00	93.00	155.00	-	499.43	1006.78	1.30
UHSC16	12			0.16	32.00	155.00	852.50	116.25	-	-	433.91	957.52	1.60
UHSC16-BFS15	12		15	0.16	32.00	155.00	707.19	116.25	-	145.31	431.17	951.47	1.60
UHSC16-BFS30	12		30	0.16	32.00	155.00	561.88	116.25	-	290.63	428.43	945.42	1.60
UHSC16-FA10	12	10		0.16	32.00	155.00	755.63	116.25	96.88	-	422.86	933.14	1.60
UHSC16-FA20	12	20		0.16	32.00	155.00	658.75	116.25	193.75	-	411.81	908.75	1.60
UHSC12	12			0.12	30.00	155.00	1136.67	155.00	-	-	322.69	781.89	3.20
UHSC12-BFS15	12		15	0.12	30.00	155.00	942.92	155.00	-	193.75	319.26	773.59	3.20
UHSC12-BFS30	12		30	0.12	30.00	155.00	749.17	155.00	-	387.50	315.83	765.28	3.20
UHSC12-FA10	12	10		0.12	30.00	155.00	1007.50	155.00	129.17	-	308.87	748.43	3.20
UHSC12-FA20	12	20		0.12	30.00	155.00	878.33	155.00	258.33	-	295.06	714.96	3.20

2.2 사용 재료

사용된 재료로는 시멘트는 국내 A사의 1종 보통포틀랜드 시멘트가 사용되었으며, 잔골재의 조립율은 2.80, 굵은 골재 최대 치수는 13mm를 사용였다.

표 2 사용재료

구분	설명	비중	기타
Cement	분말도 3,413 cm ² /g	3.15	1종 보통포틀랜드시멘트
Silica Fume	분말도 240,000 cm ² /g	2.20	-
Blast Furnace Slag	분말도 4,266 cm ² /g	2.80	-
Fly Ash	분말도 3,450 cm ² /g	2.20	-
Fine Aggregate	세척사	2.59	조립율 2.80
Coarse Aggregate	성운골재	2.80	최대치수 13mm
Superplasticizer	D사의 SSP-104-8	-	초고강도용 혼화제

2.3 실험 방법

자기수축의 측정은 JCI의 자기수축 측정 규준을 따라 실험을 행하였다. 시험체 치수는 100*100*400의

각주형 공시체를 사용하였으며 외부로의 수분 이동을 막기위한 실드상태로서 알루미늄실링을 하였다.

3 실험 결과 및 분석

3.1 기본 물성 실험 결과

슬럼프 시험 결과와 압축강도 시험 결과는 표3에 나타낸 바와 같다.

표 3 기본 물성 실험 결과

Mix	Portion(%)			w/b	Slump (cm)	f28 (MPa)
	SF	FA	SG			
UHSC20	12			0.20	45	87.0
UHSC20-BFS15	12		15		50	87.0
UHSC20-BFS30	12		30		53	88.3
UHSC20-FA10	12	10			46	55.2
UHSC20-FA20	12	20			49	87.5
UHSC16	12			0.16	46	96.3
UHSC16-BFS15	12		15		47	95.2
UHSC16-BFS30	12		30		43	93.8
UHSC16-FA10	12	10			52	107.3
UHSC16-FA20	12	20			53	102.0
UHSC12	12			0.12	40	103.3
UHSC12-BFS15	12		15		43	102.2
UHSC12-BFS30	12		30		52	101.0
UHSC12-FA10	12	10			55	108.1
UHSC12-FA20	12	20			59	106.3

3.2 자기수축 실험 결과

그림1은 플라이애쉬의 치환량에 따른 자기수축의 발생량을 비교한 것이다. 플라이애쉬의 치환량이 높아질수록 자기수축은 감소하는 경향을 보였다. 이러한 플라이애쉬의 자기수축 감소 효과는 w/b가 낮아질수록 줄어드는 것으로 나타났다. 그림2는 고로슬래그 미분말의 치환량에 따른 자기수축의 발생량을 나타낸다. 기존 연구결과와는 달리 고로슬래그 미분말 역시 자기수축을 감소시키는 것으로 나타났다. 혼화재의 치환량에 따른 재령 7일의 자기수축감소효과를 그림3에 나타내었다. 재령 7일에서의 자기수축저감효과를 살펴보면 고로슬래그미분말과 플라이 애쉬 모두 자기수축저감의 효과를 나타내는것으로 나타났으며, w/b가 낮아질수록 혼화재의 영향으로 인한 자기수축저감효과는 미비해지며, 극도로낮은 0.12의 물결합재 비에서는 혼화재의 치환에 따른 자기수축저감효과는 극히 미비한것으로 나타났다.

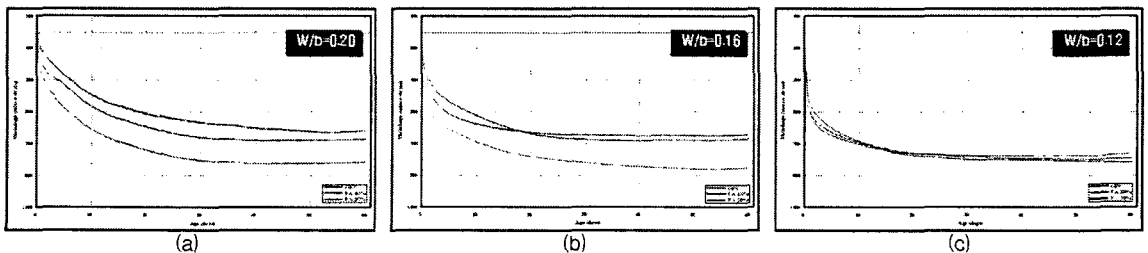
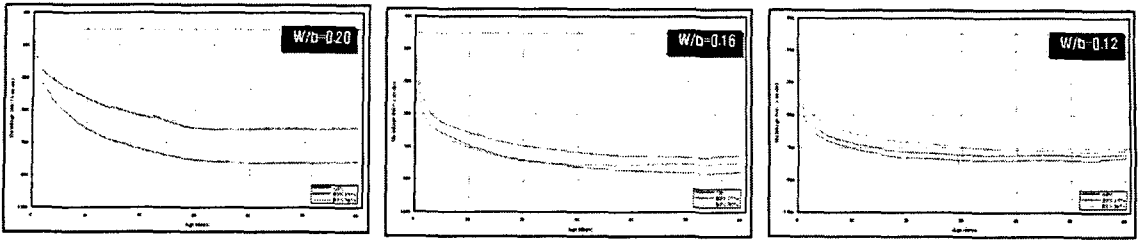


그림 1 w/b비와 플라이 애쉬의 치환량에 따른 자기수축



(a) (b) (c)
그림 2 w/b비와 고로 슬래그 미분말의 치환량에 따른 자기수축

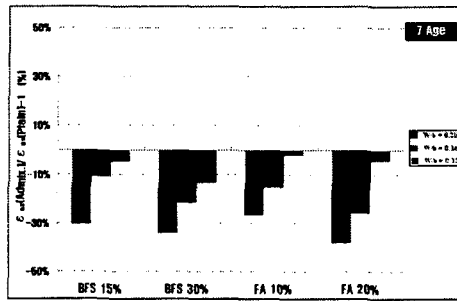


그림 3 혼화재 치환량에 따른 7일재령의 자기수축 감소효과

4. 결론 및 고찰

- 1) 플라이애쉬와 고로슬래그미분말은 자기수축을 저감시키는 것으로 나타났다. 그러나 그 저감효과는 w/b가 낮아질수록 줄어들며 0.12의 극도로 낮은 w/b에서의 혼화재의 치환으로 인한 자기수축 저감효과는 미미한것으로 나타났다.
- 2) w/b가 0.16 이하인 경우 혼화재의 치환으로 인한 자기수축 저감효과는 미미하였다. 따라서 w/b가 0.16미만인 극히 낮은 w/b의 초고강도 콘크리트의 자기수축은 섬유나 수축저감제 등을 혼입하는 방법으로 제어해야 할 것으로 판단되며 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 김지원, 손유신, 이주하, 김규동, 이승훈, 윤영수, "설계강도 120MPa 초고강도 콘크리트의 초기재령 자기수축 특성연구", 콘크리트 학회논문집
2. M. H. Zhangm, C. T. Tam, M. P. Leow, "Effect of water-to-cementitious materials ratio and silica fume on the autogenous shrinkage of concrete", Cement and concrete research, 2003