

광물질혼화제와 화학혼화제의 조합사용에 따른 콘크리트의 응결특성

Setting Properties of Concrete with the Combination of Mineral and Chemical Admixture

김 종* 송승헌** 전충근*** 한민철**** 오선교***** 한천구*****
Kim, Jong Song, Seung Heon Jeon, Chung Keun Han, Min Cheol Oh, Seon kyo Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This paper investigated the setting and compressive strength of concrete with the combination of mineral and chemical admixture. According to test results, plain concrete with high early strength development type AE water reducing agent(HEAEWRA) and 10% of CKD respectively had earlier setting time than concrete with AE water reducing agent by 0.5~1.5 hours. Setting time of concrete with retarding type AE water reducing agent(RAEWRA) and FA 30%, BS 60% respectively retarded by as much as 4~7.5 hours compared with plain concrete. Plain concrete with HEAWRA, 10% of CKD and RAEWRA had higher strength than that of AE water reducing agent by as much as 5MPa at 28days. From the result of the paper, it is found that the combination of mineral admixture and setting accelerating or retarding agent can reduce the hydration heat cracks by setting time difference and hydration heat reduction effects.

1. 서 론

국내의 건설현장에서는 기존공법의 개선, 시공합리화 및 신공법의 개발 등을 통해 공사기간을 단축하며, 원가절감 및 환경부하저감 등의 목적을 달성하는 많은 연구가 활발히 진행중에 있다. 특히 최근에는 콘크리트의 품질변화 및 향상을 위하여 각종 혼화제료를 사용하고 있는데, 본 연구에서는 이러한 광물질혼화제와 화학혼화제의 조합으로 매스콘크리트의 온도균열을 제어하기 위하여 발열량차공법에 대한 연구가 검토중에 있음에 이에 대하여 보고하고자 한다. 즉, 건물매트 기초콘크리트에서 하층부 콘크리트는 플라이애시, 고로슬래그 미분말 치환 및 지연형 AE감수제를 사용함으로써 응결지연시킴과 동시에 전체적인 수화열을 저감시키고, 하부콘크리트가 응결발열하기 전에 먼저 상층부콘크리트가 응결 및 발열하도록 초기강도발현에 효과적인 킬른더스트 치환 및 조기강도발현형 AE감수제를 사용한 콘크리트를 타설함으로써 상하부 콘크리트의 발열량차로 온도 균열을 제어 할수 있는 새로운 공법의 가능성을 검토하고자 한다.

그러므로, 본 연구는 전술한 공법의 개발에 관한 일련의 연구로써 광물질혼화제에 응결촉진성 및 응결지연성 화학혼화제의 조합에 따른 콘크리트의 기초적 특성과 응결 특성을 검토하고자 한다.

- * 정회원, (주)선엔지니어링 건설기술연구소 연구원, 청주대학교 대학원 석사과정
- ** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 부장, 청주대학교 대학원 박사과정
- *** 정회원, (주)선엔지니어링 건설기술연구소 책임연구원
- **** 정회원, 청주대학교 산업과학연구소 전임연구원
- ***** 정회원, (주)선엔지니어링 건설기술연구소 대표이사
- ***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수

2. 실험계획 및 방법

2.1. 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 콘크리트배합은 표 2와 같다.

먼저, 배합사항으로 W/B는 40, 45, 50%의 3수준, 혼화제로 AE감수제 표준형일 경우 혼화제 4수준, 촉진형일 경우 플레인, CKD 10% 2수준, 지연형일 경우 플레인, FA 30, BS 60% 3수준에 대하여, 총 27배치를 실험계획하였다. 각 배치마다 목표슬럼프 15±2.5cm, 목표공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 배합설계하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적질량 및 응결시간을 측정하였고, 경화콘크리트에서는 압축강도를 재령별로 측정하도록 계획하였다.

2.2. 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 A사의 보통포틀랜드시멘트(밀도 3.15g/cm³, 분말도 3,265cm²/g)를 사용하였고, 잔골재(표건 밀도 2.58g/cm³, FM 2.89)는 인천 중구 항동산 세척사를 사용하였으며, 굵은골재(표건밀도 2.58g/cm³, FM 6.75)는 경기도 광주산 25mm 부순굵은골재를 사용하였다. 또한, 혼화제로 킬른더스트는 A사의 시멘트 제조과정 중 발생하는 것을 백필터로 포집한것(밀도 2.67g/cm³, 분말도 8,200cm²/g)과 플라이애쉬는 분급 정제된 보령화력산(밀도 2.22g/cm³, 분말도 3,850cm²/g), 고로슬래그 미분말은 포항제철소에서 생산되는 것(밀도 2.91g/cm³, 분말도 4,463cm²/g)을 사용하였으며, 혼화제로 표준형, 지연형 AE감수제 및 조기강도발현형 AE감수제는 국내산 D사의 나프탈렌계를 사용하였다.

표 1. 실험계획

배합 사항	W/B(%)	3	40, 45, 50
	슬럼프(cm)	1	15±2.5
	공기량(%)	1	4.5±1.5
	혼화제	3	AE감수제 표준형, 지연형, 조기강도발현형
실험 사항	굳지않은 콘크리트	5	슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적중량, 응결시간
	경화 콘크리트	3	압축강도(3, 7, 14, 28일)

표 2. 콘크리트의 배합사항

혼화제	W/B (%)	단위 수량 (kg/m ³)	S/a (%)	혼화제 치환	SP/C (%)	절대용적배합(ℓ/m ³)				질량배합(kg/m ³)			
						시멘트	혼합재	잔골재	굵은골재	시멘트	혼합재	잔골재	굵은골재
표준형	40	175	42	플레인	0.88	139	0	269	372	438	0	684	993
				CKD10	0.95	125	16.0	268	370	394	44.0	681	989
				FA30	0.80	97	59	262	362	306	131	665	966
				BS60	0.69	55.6	91.1	266	367	175	263	676	981
	45		43	플레인	0.75	124	0	282	374	389	0	717	999
				CKD10	0.85	111	14.6	281	373	350	38.9	715	996
				FA30	0.55	86.4	52.6	276	365	272	117	700	976
				BS60	0.60	49.4	81	279	370	156	233	710	989
	50		43.5	플레인	0.70	111	0	301	368	350	0	765	982
				CKD10	0.85	100	13.1	290	377	315	35.0	737	1006
				FA30	0.55	77.8	47.3	285	370	245	105	724	988
				BS60	0.50	44.4	72.9	288	374	140	210	732	1000
조기강도발현형	40	42	플레인	0.90	139	0	269	372	438	0	684	993	
			CKD10	0.95	125	16.0	268	370	394	44.0	681	989	
	45		43	플레인	0.80	124	0	282	374	389	0	717	999
				CKD10	0.85	111	14.6	281	373	350	38.9	715	996
50	43.5	플레인		0.70	111	0	301	368	350	0	765	982	
		CKD10		0.85	77.8	39.3	288	375	245	105	732	1000	
지연형		40	42	플레인	0.90	139	0	269	372	438	0	684	993
				FA30	0.85	97	59	262	362	306	131	665	966
	45	43		BS60	0.80	55.6	91.1	266	367	175	263	676	981
				플레인	0.80	124	0	282	374	389	0	717	999
50	43.5		FA30	0.70	86.4	52.6	276	365	272	117	700	976	
			BS60	0.80	49.4	81	279	370	156	233	710	989	
				플레인	0.80	111	0	301	368	350	0	765	982
				FA30	0.70	77.8	47.3	285	370	245	105	724	988
BS60	0.70			44.4	72.9	288	374	140	210	732	1000		

2.3. 실험방법

본 연구의 실험방법으로 먼저, 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입믹서를 사용하여 실시하였다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정기가 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였고, 공기량은 KS F 2421, 단위용적질량은 KS F 2409의 규정에 따라 실시하였으며, 응결시간은 KS F 2436의 프록터 판입저항 시험방법으로 실시하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405의 규정에 의거 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 1은 W/B별 혼화재료간의 조합 사용에 따른 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량 및 단위용적질량을 나타낸 것이다.

혼화재료의 조합사용 변화에 따른 슬럼프 및 공기량은 배합설계를 실시하였으므로 모두 목표 슬럼프 15±2.5cm 및 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하는 것으로 나타났다.

그림 2는 W/B별 혼화재료의 조합사용에 따른 응결시간을 나타낸 것이다. 응결시간은 혼화재료의 조합사용에 상관없이 W/B가 작을수록 빨라지는 경향으로 나타났는데,

조기강도발현형 AE감수제를 사용한 플레인, CKD 10% 치환 콘크리트는 표준형 AE감수제를 사용한 콘크리트보다 약 0.5~1.5시간 정도 단축되었고, 지연형 AE감수제를 사용한 플레인, FA 30, BS 60% 치환 콘크리트는 약 4~7.5시간 정도 지연되는 것으로 나타났다. 특히 본 실험에서 지연형 AE감수제를 사용한 것 중 가장 응결지연성이 큰 BS 60% 치환 콘크리트의 경우는 표준형 AE 감수제를 사용한 플레인에 비해 약 10시간 정도 지연시킬 수 있는 것으로 나타났고, FA 30% 치환 콘크리트의 경우는 약 7시간 정도 지연가능한 것으로 나타났다.

3.2. 경화 콘크리트의 특성

그림 3은 혼화재료 조합사용에 따른 재령별 압축강도를 W/B별로 나타낸 것이다.

먼저, 압축강도는 당연한 결과이겠지만, W/B가 작을수록, 재령이 경과할수록 증가하는 것으로 나타났다. 조기강도발현형 AE감수제를 사용한 플레인 및 CKD 10% 치환 콘크리트의 경우는 표준형 AE감수제를 사용한 콘크리트에 비해 초기재령 즉 3, 7일에서 강도가 상승하는 것으로 나타났는데, 즉W/B가 45, 50%일 때 표준형 AE감수제를 사용한 콘크리트보다 약 5MPa 정도 압축강도가 크게되는 것으로

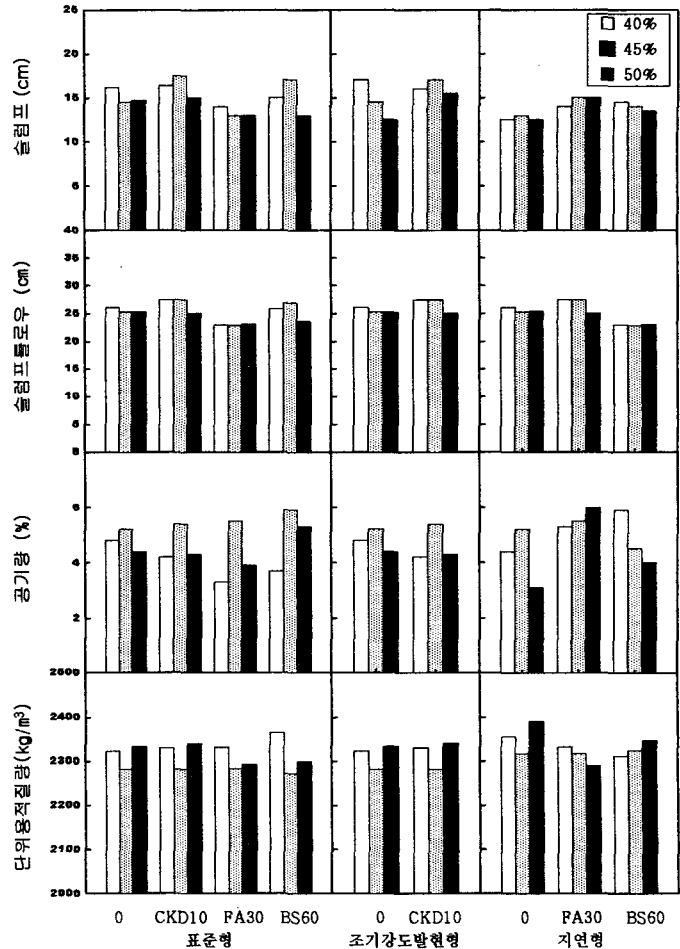


그림 1 혼화재료 조합사용에 따른 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량 및 단위용적질량

나타났다. 지연형 AE감수제를 사용한 플레인 콘크리트는 표준형 AE 감수제를 사용한 경우보다 재령에 따른 압축강도 증진양상은 지연되게 나타났지만, 단, FA 30, BS 60% 치환 콘크리트의 경우는 재령 14일과 28일 일때 급격히 압축강도가 증진되는 것으로 나타났다. 지연형 AE감수제를 사용한 콘크리트의 압축강도는 표준형 AE감수제를 사용한 콘크리트보다 플레인의 경우 W/B 50%일때는 비슷하였고, W/B 40, 45%일때는 약 5MPa정도 큰 것으로 나타났다. FA 30% 치환한 콘크리트의 경우는 W/B 50%일 때 약간 저하하나 W/B 40, 45% 경우 표준형 AE감수제를 사용한 콘크리트와 비슷하게 나타났으며, BS 60% 치환 콘크리트의 경우는 모든 W/B별로 표준형 AE감수제를 사용한 콘크리트와 비슷하거나 약간 높게 나타났다.

4. 결 론

광물질혼화제와 화학혼화제의 조합사용에 따른 콘크리트의 기초적성질과 응결특성에 대하여 검토한 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 혼화재료의 조합사용에 따른 응결시간은 조기강도발현형 AE감수제를 사용한 플레인, CKD 10% 치환 콘크리트는 표준형 AE감수제를 사용한 콘크리트보다 약 0.5~1.5시간 정도 단축되는 것으로 나타났고, 지연형 AE감수제를 사용한 플레인, FA 30, BS 60% 치환 콘크리트는 약 4~7.5시간 정도 지연되는 것으로 나타났다.

2) 혼화재료의 조합사용에 따른 압축강도는 조기강도발현형 AE감수제를 사용한 콘크리트는 3, 7일 재령에서, 지연형 AE감수제를 사용한 콘크리트는 14, 28일 재령에서 급격히 압축강도가 상승하였는데, 조기강도 발현형 AE 감수제를 사용한 플레인, 및 CKD 10% 치환 콘크리트와, 지연형 AE 감수제를 사용한 플레인 콘크리트의 경우 28일 재령에서 약 5MPa 정도 큰 값으로 나타났으나, 나머지의 경우는 혼화제 종류에 관계없이 비슷하게 나타났다.

3) 이상의 결과로부터 건축물 매트기초의 메스콘크리트에 광물질혼화제와 응결촉진 혹은 지연성혼화제를 조합하여 사용하면 응결시간차공법 및 수화발열량차공법의 도입으로 수화열에 의한 균열을 효과적으로 저감할 수 있을 것으로 분석되었다.

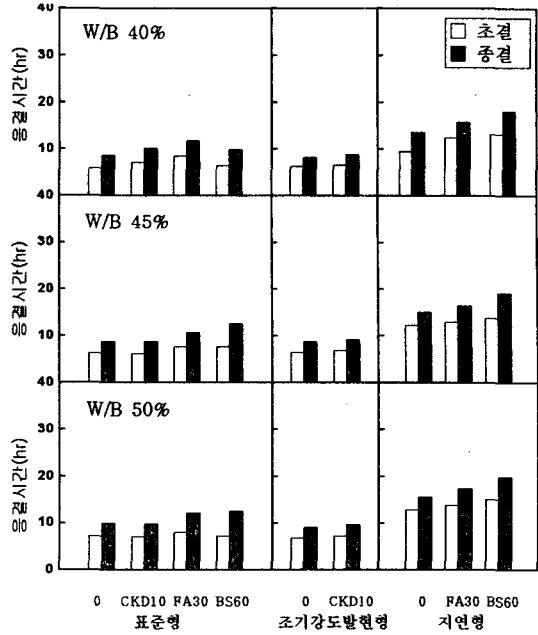


그림 2. 혼화재료 조합사용에 따른 응결시간

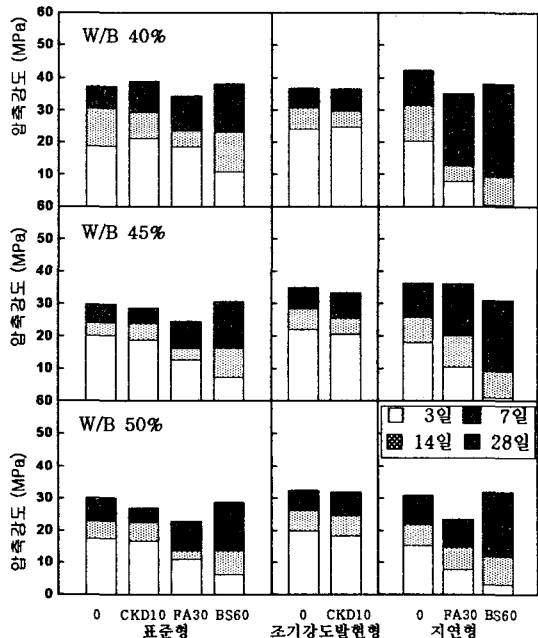


그림 3. 혼화재료 조합사용에 따른 재령별 압축강도