조기강도 콘크리트의 현장적용을 위한 고성능감수제의 종류에 따른 특성 연구

Study on the Field Application According to the Early Strength of the Concrete Admixed with Polycarboxylate Superplasticizer

이진우* 김경민* 이영환* 배연기** 이재삼***

Lee, Jin Woo Kim, Kyung Min Lee, Young Hwan Bae, Yeoun Ki Lee, Jae Sam

ABSTRACT

In this study, it is examined the properties of early strength of concrete mixed with polycarboxylate superplasticizer. For this experiment, it is analyzed that the slump and strength properties according to the mixture factors, compared with cements and superplasticizers of each company and curing temperature(15, 20℃).

(1) The slump loss of concrete used polycarboxylate superplasticizer(rapid strength type) showed 0.5~1.5cm, it is judged that slump loss according to the time lapse can be minimized.

(2) The performance of polycarboxylate superplasticizer kept up consistency and accelerated strength development. it is possible to reveal 12MPa within 18~20hours at 20℃ curing, but impossible within 24hours at 15℃.

(3) It is necessary to studies about rapid strength development in the low temperature.

1. 서론

현재 건설산업에서 철근콘크리트 구조물은 점차적으로 고층화되고 복잡해짐에 따라 콘크리트 또한 고강도, 고유동콘크리트의 사용이 늘고 있다. 특히 최근에는 공사기간의 단축을 통한 생산성의 향상과 비용의 절감을 위해 적정 콘크리트의 설계강도 이상의 배합을 적용하거나 콘크리트의 조기강도 발현 성능을 향상시키고자 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나 고강도 콘크리트를 제조하기 위해서는 결합재와 고성능감수제의 사용량이 증가할 뿐만 아니라 고강도 콘크리트의 시공성을 높이기 위하여 고유동 콘크리트의 사용이 일반화되어 이러한 두 가지의 목적을 동시에 만족시키기에 많은 어려움이 있다. 또한 콘크리트의 유동성의 증가 및 유지성능을 위해 혼화재 및 고성능 감수제를 다량으로 사용하는 경우에는 응결시간이 늦어질 수 있어 초기재령에서의 압축강도의 발현이 상대적으로 저하될 가능성이 높은 것으로 보고되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 최근 시간의 경과에 따른 콘크리트의 성능저하를 최대한 방지할 수 있는 고성능 감수제로써 사용이 늘고 있는 폴리카본산계 고성능 감수제를 이용하여 기존의 특성을 유지하면서 콘크리트의 경화초기에 강도발현 성능을 검토하고자 각 사의 시멘트 및 폴리카본산계 고성능 감수제를 사용하여 연구실험을 실시하였다.

* 정회원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 연구원

** 정회원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 선임연구원

*** 정회원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 팀장

2. 실험방법

2.1 실험계획

콘크리트의 조기강도 발현 특성에 대한 고찰을 실시하기위하여 시멘트의 종류와 고성능 감수제의 성능 및 양생온도가 미치는 영향에 대한 비교실험을 실시하였다. 본 실험을 위하여 물결합재비 39%, 슬럼프 18cm인 콘크리트로 고정하고 플라이애시의 혼입율은 5%하였다. 기초적인 콘크리트의 물성시험으로써 굳지 않은 상태의 초기의 슬럼프 및 공기량과 경시에 따른 각각의 변화를 검토하고 15와 20℃의 양생온도조건에서 콘크리트의 압축강도 발현 성능을 비교하였다.

표 1 실험계획 및 인자

요 인	슬럼프 (cm)	W/B (%)	시멘트 종 류	감수제 종류	양생온도 (℃)
인 자	18±2.5	39.0	OPC (Ⅰ,Ⅱ)	조강형 폴리카본산 (A, B, C)	15, 20
수 준	1	1	2개사	3개사	2

2.2 실험재료 및 배합

본 실험에 사용된 시멘트는 국내 2개사의 보통포틀랜트시멘트를 사용하였으며 혼화재로서 태안산 플라이애시, 잔골재로서 인천산 세척해사를 사용하였고 굵은골재는 최대크기 25mm의 부순자갈을 사용하였다. 고성능 감수제로는 국내 3개사의 조강형 폴리카본산계 고성능 감수제를 사용하였다.

표 2 시멘트 종류 및 특성

구 분		분말도 (cm^2/g)	강열감량 (%)	압축강도(MPa)		
				3일	7일	28일
OPC	Ⅰ	3,448	1.07	21.1	27.8	37.7
	Ⅱ	3,254	0.59	22.1	29.1	37.8

표 3 고성능감수제 종류 및 특성

구 분		밀 도 (g/cm^3)	감수율 (%)	압축강도비(%)		
				3일	7일	28일
폴리카본산 (조강형)	A	1.22	23.0	144	131	118
	B	1.04	21.0	142	135	121
	C	1.04	23.2	138	129	120

3. 실험결과 및 분석

표4 실험결과

W/B (%)	S/a (%)	배 합 번 호	경 시 변 화						압축강도(MPa)						
			슬럼프(cm)			공기량(%)			16H	18H	20H	24H	3일	7일	28일
			0	30	60	0	30	60							
39.0	43.0	AⅠ15	21.0	16.0	14.0	2.6	2.7	2.9	1.7	2.8	3.8	9.2	-	-	-
		AⅠ20							6.5	11.3	14.3	18.9	37.3	43.1	55.9
		AⅡ15	20.5	19.0	18.0	2.3	2.6	2.9	3.2	5.1	6.5	11.8	-	-	-
		AⅡ20							11.1	13.9	16.6	19.9	39.0	47.6	60.8
		BⅠ15	20.5	21.5	21.0	6.4	6.2	6.0	2.8	3.9	5.2	7.9	-	-	-
		BⅠ20							6.9	9.2	11.7	13.5	26.8	33.8	41.0
		BⅡ15	20.0	21.0	21.0	6.5	6.0	5.2	3.9	5.8	7.3	10.7	-	-	-
		BⅡ20							9.9	12.1	14.1	16.3	31.7	38.8	49.4
		CⅠ15	20.5	20.5	20.0	4.9	5.0	5.2	2.6	4.2	5.2	8.9	-	-	-
		CⅠ20							7.8	10.3	12.3	15.8	29.5	37.1	45.4
		CⅡ15	22.5	22.5	21.5	4.7	4.7	4.9	3.5	5.3	6.9	11.0	-	-	-
		CⅡ20							10.0	11.5	14.3	16.9	34.0	43.0	52.2

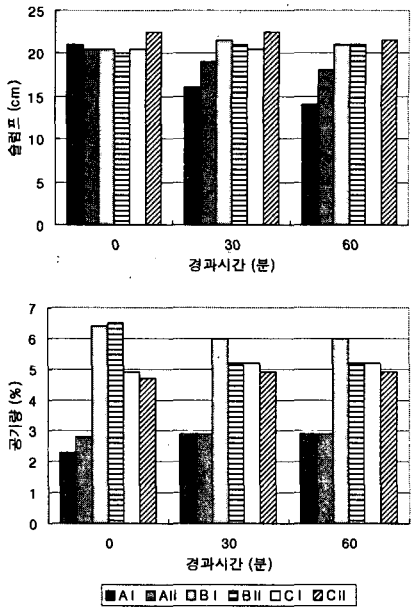
3.1 굳지 않은 콘크리트 특성

(1) 슬럼프

경시에 따른 슬럼프의 유지성능을 평가하기 위하여 초기 슬럼프값을 18±2.5cm로 하여 60분까지의 경시변화를 측정한 결과 조강형의 폴리카본산계 고성능 감수제를 사용함에 따른 슬럼프 로스현상은 0.5~1.5cm 범위로 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 조강성분의 함유에 따른 콘크리트의 급격한 슬럼프 로스현상은 발생하지 않는 것으로 판단되었다. 다만 혼화제의 성능 및 시멘트의 특성에 따라 슬럼프 로스가 7cm정도로 심하게 발생하는 경우도 발생하였다.

(2) 공기량

공기량의 변화 또한 슬럼프와 마찬가지로 시간의 경과에 따라 큰 감소를 나타내지 않았으며 기준 공기량을 만족하는 것으로 나타났다.



[그림 1] 굳지 않은 콘크리트의 경시특성

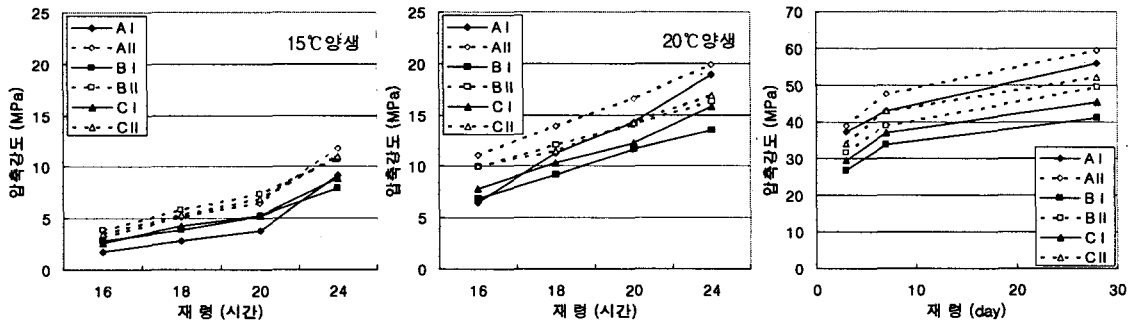
3.2 압축강도

(1) 조기강도 및 발현율

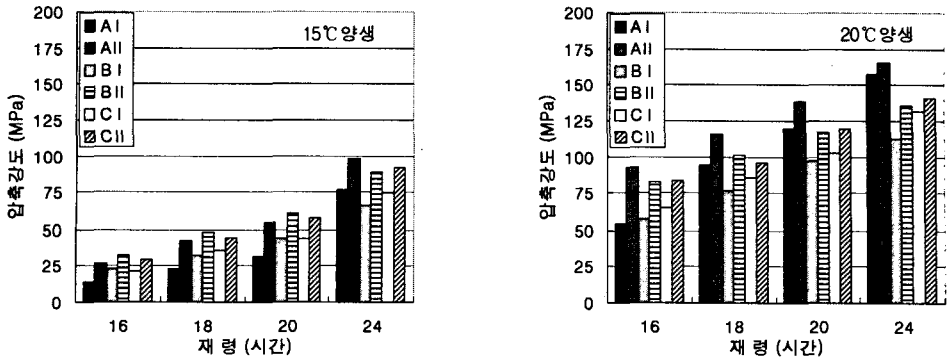
콘크리트의 조기강도발현은 거푸집 탈형시기의 결정을 위한 콘크리트 압축강도 12MPa의 강도발현시점을 기준으로 하였으며 16, 18, 20, 24시간별로 측정한 결과 배합별로 초기강도 발현은 12MPa를 기준으로 하여 시간별 압축강도를 측정한 결과 시멘트 및 혼화제의 종류에 따라 20℃에서 양생을 실시한 경우 18~20시간 사이에 12MPa 이상의 강도발현을 나타내었으나 15℃ 양생 시에는 24시간 이하에서는 기준 강도발현이 어려운 것으로 나타났다. 또한 이러한 조기강도 발현은 28일 재령의 압축강도가 40~50MPa 수준으로 나타났다. 다만 A사의 혼화제를 사용한 A I 의 경우 초기 슬럼프 로스에 따라 재령 28일 이상의 압축강도가 타 배합에 비하여 5~20MPa 정도로 높게 나타났으나 초기 16~20시간 사이의 압축강도 발현은 유사한 것으로 나타났다.

(2) 재령강도

재령 28일에서의 압축강도는 40~50MPa 수준으로 나타났으며 시멘트의 종류 및 혼화제의 종류에 따라 다소 차이가 발생하였다. 이러한 현상은 콘크리트 경화 초기 16~24시간 사이의 강도발현성상과 유사하게 나타났다.



[그림 2] 초기 및 재령별 압축강도



[그림 3] 초기재령의 압축강도 발현율

4. 결론

(1) 시멘트의 종류 및 고성능감수제의 종류에 따른 콘크리트 슬럼프의 유지성능에 대하여 경시변화에 따라 검토한 결과, 조강형의 폴리카본산계 고성능 감수제를 사용한 경우 감수제별로 다소 차이가 발생하였으나 대체로 0.5~1.5cm로써 시간경과에 따른 콘크리트의 유동성능저하를 최소로 할 수 있을 것으로 사료되었다.

(2) 이에 1일 이전 경화 초기의 압축강도 발현에 있어서 20℃에서 양생을 실시한 경우 목표 강도인 12MPa 수준을 18~20시간 사이에 발생하였으나 15℃에서 양생을 실시한 경우에는 24시간 이내에 목표강도에 도달하지 못하는 것으로 나타났다. 이는 시멘트의 종류 및 감수제의 종류에 따른 차이보다 양생온도에 의한 차이가 확연한 것으로 조강형 폴리카본산계 고성능 감수제의 사용은 양생온도에 극히 민감하게 반응하는 것으로 판단되었다.

(3) 따라서 대기온도가 20℃이상인 여름철의 경우 이를 이용한 콘크리트의 경화 초기의 강도발현을 목표하는데 큰 어려움이 없으나 15℃ 수준인 봄, 가을에는 이를 충분히 만족시키지 못할 것으로 판단된다.

(4) 특히 동절기에 있어서 이러한 경향은 더욱 심화될 것으로 판단되며 향후 이의 성능개선을 통한 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 콘크리트용 화학혼화제의 개발 및 연구의 최신동향, 콘크리트 학회지, 2002, 제 14권 1호, PP.38~43.
2. 문한영 외, 혼화재료의 활용현황 및 전망, 콘크리트 학회지, 2003, 제15권 5호 pp.10~16.
3. 폴리카본산계 고성능감수제를 이용한 콘크리트의 초기강도에 따른 현장 적용성 연구, 한국콘크리트학회 봄 학술발표 논문집, 2004. 5, 제 16권 1호 pp.200~203.
4. "Effect of molecular structure of polycarboxylate polymers on cement particle dipersibility", JSCE, No.662/v-49, 2000. 11., pp.121~135.
5. 梶原 敏孝 외, 「JIS A 5011 コンクリート用スラグ 骨材」の改正にかかわる主要點について, 月刊生コンクリート, Vol. 16, No. 7, 1997. 9.