

조기강도 발현형 콘크리트의 현장 적용성 연구

A Site Application of the Revealing High Early Strength Concrete

김규동* 이승훈** 손유신*** 김한준***
Kim, Gyu Dong Lee, Seung Hoon Sohn, Yu Shin Kim, Han Joon

ABSTRACT

This study reports the site application of concrete using AE Water Reducing Agent of Early-Strength Type. According to the lab test results, we have made plans of batch plant pilot test, and we have analyzed the early aged compressive strength and workability of the concrete. We applied the early-strength development concrete to the construction site. We accomplished the slump test in order to evaluate the workability and air contents, we made site curing mold to evaluate the early strength of members. As a result, we judged the superior property of early strength development of the concrete, and thought that we can reduce the time of form stripping more 40% than ordinary strength concrete. We thought that we can reduce the term of works and finally we can accomplish the economical construction.

1. 서론

콘크리트는 상온 이상에서는 정상적인 강도 발현을 하지만 온도가 낮아지면 강도 발현이 지연되거나 저하되는 성질을 가지고 있다. 이 경우 강도 발현의 지연은 초기 강도에 큰 영향을 미치게 되어 거푸집 탈형을 지연시키게 되므로 공기에도 상당한 영향을 미치게 되며, 특히 외기 온도가 낮아지면서 거푸집 탈형 시간은 점점 더 길어지게 되고, 동절기의 정상적인 거푸집 탈형을 위해서 2일 이상이 소요되기도 한다. 이러한 동절기의 거푸집 탈형 속도 지연은 전체 공기에도 상당한 영향을 미칠 뿐만 아니라 열풍기 등 열기구를 이용한 가열 양생으로 인한 비용 증가를 유발시켜 콘크리트 공사의 경제성을 저하시키는 요인이 되고 있다.

최근 들어 건설 현장에서는 신공법의 개발, 기존 공법의 개선 및 시공합리화 등을 통해 1개 층에 소요되는 공사 기간을 단축시키기 위한 노력이 이루어지고 있으나, 콘크리트의 조기 강도 발현이 이를 뒷받침하지 못해 새로운 공법의 개발과 적용을 어렵게 하고 있다. 따라서, 콘크리트 조기강도 발현기술은 동절기의 거푸집 탈형 속도 단축 및 신공법 개발에 있어서 매우 중요한 역할을 하게 될 것이다.

이러한 콘크리트의 조기강도 발현을 위해서는 강도의 고강도화, 조강 시멘트의 사용, 기타 혼화재료의 사용 및 가열보온양생 실시 등의 방법이 사용되어야 한다.

본 연구는 일반강도인 21~30MPa 범위의 콘크리트를 대상으로 응결 촉진형 AE 감수제를 사용하여 조기강도 발현성능이 종래 대비 1.5~2.0배 향상된 조기강도 발현형 콘크리트의 현장 적용성 평가를 위한 실험결과를 정리한 내용으로서, 현장 적용을 위해 실시한 레미콘 B/P 시험생산과 실제 현장 타설과 함께 수행된 시공성 및 강도발현 특성평가 결과를 요약하였다.

*정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술본부 기술연구소 선임연구원
**정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술본부 기술연구소 수석연구원
***정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술본부 기술연구소 전임연구원

현장적용 대상은 강남구에 위치한 아파트 시공 현장으로서, 설계기준강도가 21MPa인 일반강도 콘크리트를 대상으로 하였으며, 동절기 시공에 따른 조기강도 발현특성 평가를 실시하였다.

그 결과 본 연구에서 적용된 조기강도 발현형 콘크리트는 부재별 거푸집 탈형시기를 기존대비 40%이상 앞당길 수 있었으며, 이를 통해 층당 공사기간을 단축하고, 전체 공사기간을 단축하여 경제적인 효과를 극대화할 수 있을 것으로 판단되었으며, 무엇보다 고품질의 구조물 시공을 가능하게 할 것으로 판단되었다.

2. 조기강도 발현 콘크리트의 레미콘 시험생산(B/P Pilot Test)

2.1 개요

조기강도 발현형 AE 감수제를 이용한 조기강도 발현 콘크리트에 대하여 여러 가지 실험변수별 실내실험을 수행하였으며, 그 결과를 토대로 하여 Batch Plant에서 시험생산을 실시하고, 유동성 평가 및 강도발현 특성에 대한 평가를 실시하였다. 일반적으로 아파트 현장 등에서 널리 사용하는 설계강도 21MPa 콘크리트를 대상으로 하였으며, 유동성 평가는 슬럼프 시험과 육안 고찰을 통해 현장 시공성을 평가하고, 압축강도 결과는 일반강도 콘크리트의 결과와 상호 비교평가를 실시하고자 하였다.

2.2 레미콘 B/P Pilot Test 계획

레미콘 B/P Pilot Test에 사용된 배합은 표 2.1과 같고, 단위수량을 170kg/m³로 고정된 상태에서 최소한의 유동성 확보를 위해 혼화재로써 플라이애쉬를 5% 치환하고, 초기 양생온도를 12.5℃, 17.5℃ 및 22.5℃의 3수준으로 변화시켜 각각의 양생온도별 조기강도(재령 16H, 20H, 24H, 36H, 2일, 3일)를 측정하고자 하였으며, 재령 7일 및 28일의 기준강도를 측정을 계획하였다. 또한, 각 레미콘사에서 사용하고 있는 일반 콘크리트 배합과의 비교실험을 수행하고자 하였다. 경시변화를 통한 60분 경과 후 목표 슬럼프를 15±2.0cm로 하고, 실험계획에 의거하여 B/P Pilot Test를 실시하였다. 사진 2.1은 레미콘 시험생산 전경을 나타낸 것이다.

2.3 레미콘 B/P Pilot Test 결과

레미콘 Pilot Test 결과를 표 2.2 및 표 2.3에 나타내었다.

표 2.2에 나타난 바와 같이 60분 경시변화 후의 슬럼프 및 공기량은 품질기준을 만족하였으며, 육안상의 고찰에서 현장의 시공성을 충분히 만족할 것으로 판단되었다.

표 2.3의 결과에서는 상온조건(22.5℃)에서 재령 16시간 이전에 5MPa를 상회하는 것으로 나타났으며, 12.5℃의 저온 조건에서는 재령 24시간 정도에 수직부재의 거푸집 해체가 가능한 것으로 나타났다. 특히, 수평부재의 거푸집 해체를 위한

표 2.1 조기강도 B/P Pilot Test 배합표

규격	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)						비고
			W	C	FA	S	G	AD	
25-21-15	52.0	49.5	170	311	16	890	922	3.27	

표 2.2 굳지 않은 콘크리트 물성시험 결과(B/P Pilot Test)

규격	Slump(cm)			Air(%)		Temp(℃)
	0분	40분	60분	0분	60분	
25-21-15	21.0	17.5	16.5	4.8	3.6	20.2

표 2.3 경화 콘크리트 압축강도 측정 결과(B/P Pilot Test)

규격	양생온도 구분(℃)	재령별 압축강도(MPa)							
		16H	20H	24H	1.5D	2D	3D	7D	28D
25-21-15	12.5℃	2.1	3.8	5.1	6.9	8.9	15.2	25.9	33.0
	17.5℃	3.2	6.2	7.7	10.9	13.5	18.8		
	22.5℃	5.5	8.6	10.5	15.2	17.8	19.1		

14MPa를 만족하는 시점은 상온 조건에서 1.5일 정도에, 12.5℃ 조건에서는 최소한 3일은 경과되어야 하는 것으로 나타났다. 표 2.3의 압축강도 측정결과를 근거로 하여 기존의 일반강도 콘크리트의 조기강도 발현특성과 상호 비교·도식화하여 그림 2.1에 나타내었다.

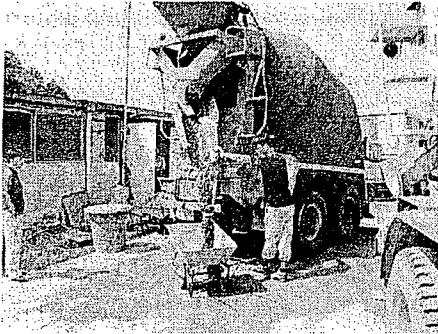


사진 2.1 레미콘 시험생산 전경

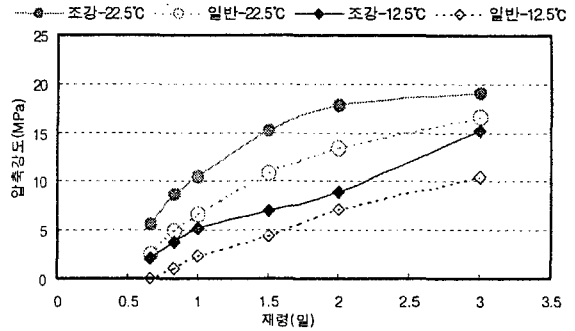


그림 2.1 일반강도 콘크리트와의 비교

3. 조기강도 발현 콘크리트의 현장 적용 실험

3.1 개요

조기강도 발현 콘크리트에 대하여 레미콘 시험생산 결과를 근거로 하여 현장에 실제 적용하고, 현장 양생 공시체와 공장제작 공시체의 압축강도 측정을 통해 조기강도 발현특성을 평가하여, 수직부재의 거푸집 해체기준과 수평부재의 거푸집 해체 기준을 만족하는 시점을 확인하고자 하였다.

3.2 1차 현장적용 결과

9월말에 실시된 1차 현장 실험 당시의 외기온도는 15.0~20.0℃의 범위였으며, 생산된 콘크리트의 온도는 20℃ 이상이었다. 조기강도 발현 콘크리트의 슬럼프는 레미콘 공장에서 생산 시에 20.0~22.0cm의 범위를 유지하고, 50~60분 경과 후 현장 도착 시에는 15.0~17.0cm의 범위로 유지되었다. 이는 소요 품질기준을 만족하는 시험결과로서, 현장에 도착된 콘크리트의 시공성과 마감성은 전체적으로 양호한 것으로 평가되었다. 경화 콘크리트에 대한 압축강도 측정은 레미콘 공장에서 실내와 17.5℃의 항온조건에서 조기강도 측정이 이뤄졌으며, 현장양생 공시체의 경우는 갱폼 측면과 슬래브 상부면에 공시체를 현장 양생하여 시간대별 조기강도 측정을 실시하였다. 강도측정결과는 표 3.1과 같다.

표 3.1 경화 콘크리트 압축강도 측정 결과(25-21-15, 1차 현장 적용)

규격	양생조건(℃)	재령별 압축강도(MPa)								
		16H	20H	24H	1.5D	2D	3D	7D	28D	
25-21-15 (No.1)	공장	17.5℃	3.2	6.2	7.7	10.9	13.5	18.8	25.9	33.0
		외기	0.7	3.2	5.0	7.2	12.2			
	현장	슬래브상부	-	-	7.0	10.9	13.1	18.7		
		갱폼측면	-	-	6.9	10.4	12.9			
25-21-15 (No.2)	공장	17.5℃	0.9	6.9	8.2	12.0	15.9	19.9	26.1	35.7
		외기	1.1	4.6	5.4	8.7	12.9			
	현장	슬래브상부	-	5.4	8.0	12.0	14.9	18.7		
		갱폼측면	-	6.7	7.9	11.4	14.1			

3.3 2차 현장적용 결과

동절기 시공에 대한 조기강도 발현특성을 평가하기 위해 동일 현장을 대상으로 12월 말에 2차 현장 실험을 실시하였다. 2차 현장 실험 당시의 외기온도는 -5.0~5.0℃의 범위였으며, 생산된 콘크리트

의 온도는 10~15℃의 범위에 해당하였다. 2차 현장 실험에서도 동일한 슬럼프와 시공성을 확보하여 양호한 결과를 나타내었으며, 조기강도에 대한 측정 또한 1차 실험과 동일하게 실시하였는데, 레미콘 공장에서의 항온조건은 12.5℃로 하여 실시하였다. 그 결과를 표 3.2에 정리하였으며, 현장 타설 전경을 사진 3.1에 나타내었다.

표 3.2 경화 콘크리트 압축강도 측정 결과(25-21-15, 2차 현장 적용)

규격	양생조건(℃)		재령별 압축강도(MPa)							
			16H	20H	24H	1.5D	2D	3D	7D	28D
25-21-15 (No.1)	공장	12.5℃	1.3	3.3	6.3	7.0	12.9	16.2	19.0	24.6
		외기	5.2	6.4	8.3	10.6	14.4			
	현장	슬래브상부	-	7.4	8.4	9.8	11.9	15.2	19.5	26.5
		갱폼측면	-	5.6	6.0	7.1	7.8			
25-21-15 (No.2)	공장	12.5℃	1.7	2.6	4.5	8.8	10.6	15.9	20.4	28.3
		외기	4.5	5.7	8.1	12.1	14.1			
	현장	슬래브상부	6.1	6.8	7.7	11.8	13.2	16.1	19.7	27.4
		갱폼측면	4.2	6.9	8.3	8.9	9.4			

표 3.2의 조기강도 측정 결과에서 알 수 있듯이 현장 양생 공시체의 경우 현장 타설 후 익일 오전에 수직 갱폼의 해체가 가능한 강도가 발현되어 양호한 조기강도 발현 특성을 확보하는 것으로 판단되었다.

이러한 현장 실험결과에서 볼 때 조기강도 발현 콘크리트는 일반 콘크리트에 비해 약 40% 정도 거푸집 해체시기를 단축할 수 있을 것으로 판단되었다.

4. 결 론

조기강도 발현형 AE감수제를 사용한 조기강도 발현 콘크리트의 현장 적용성 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 레미콘 시험생산 결과 소요의 품질기준을 만족하는 양호한 유동성과 시공성을 확보하는 것으로 나타났으며, 조기강도 측정결과 상온조건에서는 재령 16시간에, 12.5℃의 저온 조건에서는 재령 24시간 정도에 수직부재의 거푸집 해체가 가능한 것으로 나타났다. 또한, 수평부재의 거푸집 해체를 위한 14MPa를 만족하는 시점은 배합별로 양생온도별로 약간의 차이는 있었지만, 상온 조건에서는 1.5일 정도에, 12.5℃ 조건에서는 재령 3일은 경과되어야 하는 것으로 판단되었다.

(2) “25-21-15” 콘크리트의 현장실험결과

설계강도 21MPa 콘크리트에 대한 현장실험 결과, 17.5℃ 조건의 경우 재령 20시간 경과시점에, 12.5℃ 조건에서는 타설 후 24시간이 경과한 시점에 5.0MPa의 기준을 만족하였고, 수평부재 거푸집 해체를 위해서는 각각 2일 및 3일의 시간이 소요되었다. 동절기에 실시한 현장 실험에서도 타설 후 익일 갱폼을 해체할 수 있는 양호한 강도발현 특성을 나타내었으며, 이러한 결과에서 판단해 볼 때 일반 콘크리트에 비해 약 40% 이상 거푸집 해체시기를 단축할 수 있을 것으로 판단되었으며, 전체 공사기간 단축을 통한 경제성 제고를 극대화할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 황인성, 나운, 이승훈, 류현기, 한천구 ; 콘크리트의 초기 강도발현에 미치는 혼화제의 영향, 콘크리트학회춘계 학술발표논문집, 제15권 1호, pp. 741~744, 2003. 5

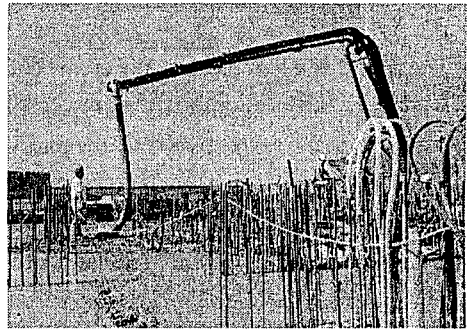


사진 3.1 현장 타설전경