

# 촉진형 AE감수제를 사용한 콘크리트의 최적공기산정을 위한 조기강도 발현 특성 연구

## A Study on Early-strength Development of Concrete Using Accelerating AE Water Reducing Agents for the Estimation of Optimum Duration

이 주 현\*      사 순 현\*\*      지 석 원\*\*\*      전 현 규\*\*\*\*      서 치 호\*\*\*\*\*  
Lee, Joo-Hun      Sa, Soon-Heon      Ji, Suk-Won      Jeon, Hyun-Gyu      Seo, Chee-Ho

### Abstract

The way to shorten a construction period is considered to an very important technology development element as reducing the formwork removal periods with promoting strength revelation own concrete. This study executed experiment to review usability of early strength revelation chemical admixture which is judged in ways effective with premature removal of form about concrete.

Use of early strength revelation AE water reducin admixture is apperaing so that strength revelation by early hydration promotions is excellent. The results of being applied proposed work process are that compressive strength are appeared more than 5MPa within 16 hours so that removal of vertical form was possible. the concrete compressive strength satisfied with a more than 2/3 of specified concrete strength for removal of horizontal form are appeared in 42 hours of 27 MPa proportioning strength, in 36 hours of 30, 35 MPa proportioning strength so that the 6 days cycle time of concrete structural frame work is cut by 2 days as shortening delayed period in works of removing slab forms. So construction cost reductions and a construction period shortening are judged so that it is possible.

키 워 드 : 조기강도, 촉진형 AE감수제, 거푸집제거시기

Keywords : Early-strength, Accelerating AE Water reducing Agents, Removal Time of the Forms

## 1. 서 론

오늘날 콘크리트 구조물의 초고층화, 대형화 경향의 건설 환경에 상응하여 건축의 재료, 구조, 설계기술개발 및 시공능력 향상 등이 요구되어지고 있다. 이러한 제반여건들은 건설시공의 품질저하를 일으키지 않으면서 원가를 절감시키고 공기를 단축하기 위해 시스템 거푸집의 활용, 프리캐스트 콘크리트의 적용 등과 같은 여러 가지 방법들이 제시되고 있으나, 현재의 기술여건상 콘크리트 자체의 강도발현을 촉진하여 거푸집 제거시기를 줄임으로써 공사기간을 단축하는 방법이 효과적인 기술개발 요소로 채택되고 있다.

현행 건축공사표준시방에 의하면 측면 거푸집의 탈형이 가능한 압축강도를 5MPa로 규정하고 있으며, 콘크리트공사 표준시방서와 가설공사 표준시방서 등에서도 시험에 의하여 확인된 경우 초기 동해예방을 위하여 초기에 확보되어야 할 강도를 5MPa로 규정하고 있다. 수평부재의 경우 거푸집의 탈형시기를

설계기준강도의 2/3이상(단, 140kgf/cm<sup>2</sup>이상) 확보될 경우 해체할 수 있다고 규정하고 있어 공기단축을 위한 압축강도의 조기 발현이 현대의 건설공사에서는 매우 중요한 사항이 되고 있다.

현재 콘크리트의 강도를 조기에 발현할 수 있는 기술적 방법으로 몇 가지 대안들이 제시되고 있으며, 각각의 장단점에 따라 선택적으로 있다. 그러나 현재의 기술 수준에서는 조기강도의 발현율에 대한 비용의 투자가 과다하거나 실질적인 발현율 향상이 미미한 경우가 많아 극히 제한적으로 사용되고 있으며 또한 현행의 기술에 있어 조기강도 발현시의 강도 발현율이나 강도 발현속도 등에 대한 정량적인 제어가 어려워 실제적인 공기 단축효과나 공정관리 차원에서의 응용이 상당부분 제약을 받고 있는 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 건축공사의 공기단축을 목적으로 촉진형 감수제를 사용한 조기강도 발현형 콘크리트를 제조하여 그 물리적 특성을 분석하고 공사시에 거푸집을 조기에 탈형하는 방안을 검토하고자 한다.

\* 건국대학교 건축공학과 일반대학원 석사과정

\*\* 건국대학교 건축공학과 일반대학원 박사과정

\*\*\* 한국구조물성능평가원 선임연구원, 공학박사

\*\*\*\* (주)GS건설 기술본부 연구개발팀 선임연구원, 공학박사

\*\*\*\*\* 건국대학교 건축대학 교수, 공학박사

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구에서는 고성능 AE 감수제의 여러 가지 원료 중에서 최근 시간의 경과에 따른 콘크리트의 성능저하를 최대한 방지할 수 있는 고성능 AE감수제로써 사용이 늘고 있는 폴리카본산계 혼화제를 이용하여 기존의 특성을 유지하면서 콘크리트의 경화초기에 강도발현 성능을 검토하였다.

배합강도는 최근 중·고층 규모의 아파트 공사에서 벽식구조를 주요구조로 채택하는 경우의 벽과 슬래브에 가장 많이 적용되고 있는 27MPa, 30MPa, 35MPa 세 배합을 고려하였고 각각의 배합에 시공성을 고려한 고유동 콘크리트에 해당하는 슬럼프 22±2.5cm를 확보하는 범위에서 예비실험을 통하여 결정하였다.

표 1. 실험인자, 수준

항목	고성능 AE감수제	배합강도(MPa)
인자	폴리카본산계(축진형)	-
수준	1	3
기호	PC	27, 30, 35

표 2. 배합계획

시험체 번호	W/B (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	결합재량(kg/m <sup>3</sup> )		잔골재율 (%)
			시멘트	플라이애쉬	
PC-27	45	173.3	350	35	48
PC-30	40	167.2	380	38	47
PC-35	37	170.9	420	42	45

### 2.2 사용재료

#### 2.2.1 시멘트

본 실험에서는 KS L 5201 규정을 만족하는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

#### 2.2.2 골재

본 연구에 사용된 잔골재는 세척사와 부순모래를 1:1로 혼합하여 사용하였으며, 굵은 골재는 최대치수 25mm의 쇄석을 사용하였고 그 물리적 성질은 표 3과 같다.

표 3. 골재의 물리적 성질

구분	밀도	단위용적 중량	흡수율(%)	실적율 (%)
세척사	2.55	1.69	0.93	63.95
부순모래	2.65	1.68	2.30	63.33
굵은골재	2.53	1.60	0.84	60.33

#### 2.2.3 플라이애쉬

혼화제인 플라이애쉬는 KS L 5405 규정을 만족하는 당진 화력산 플라이애쉬를 사용하였고 그 물리적 성질은 다음 표 4와 같다.

표 4. 플라이애쉬의 물리적 성질

밀도	분말도	강열감량 (%)	압축강도 비(%)	SiO <sub>2</sub> (%)	습분(%)	단위수량 비(%)
2.22	3,501	4.7	89	52	0.2	97

### 2.2.4 고성능 AE감수제

표 5. 고성능 AE감수제의 물리·화학적 성질

주성분 (매트릭스)	성상	색상	밀도	pH	기타첨가제
폴리카본산	액상	암갈색	1.04	9.3	-

### 2.3 실험방법

본 실험의 콘크리트는 일축 스크류믹서를 이용하여 혼합하였고 사용재료는 먼저 시멘트, 잔골재(부순모래+세척사)를 믹서에 투입하고 건비율을 실시한 후 혼합수와 고성능 AE 감수제를 투입하고 굵은골재를 마지막으로 투입하여 혼합비율을 실시하여 제조하였다.

굳지 않은 콘크리트의 물리적 성질은 슬럼프 및 공기량 측정을 KS F 2402 및 KS F 2421 규정에 의하여 실시하였고, 배합후 한 시간의 경시변화를 실시한 후 KS L 2403의 콘크리트 강도 시험용 공시체 제작방법에 준하여 실린더형 몰드(Ø10×20cm)를 사용하여 압축강도용 공시체를 제작하고 후속 작업과의 연계성을 고려하여 압축 강도 측정 시간을 선정하고 각 측정 시점마다 시험을 실시하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 슬럼프

그림 1은 콘크리트의 유동성 및 고성능 AE감수제의 슬럼프 유지 성능을 파악하기 위하여 배합직후와 한 시간 후 슬럼프의 경시변화를 나타낸 것이다. 목표 슬럼프 22±2.5cm를 맞추기 위해 예비실험을 통해 고성능 AE감수제의 사용량을 결정하여 실험을 수행하였다.

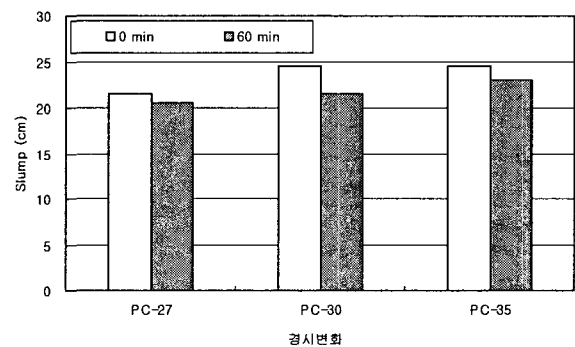


그림 1. 슬럼프 경시변화

전체적으로 슬럼프는 20~24.5cm의 범위를 나타내며 1시간 경시변화 후의 슬럼프변화는 1~3cm의 저하를 나타내어 슬럼프 유지성능 측면에서 적합한 것으로 나타났다. 이는 결합재량 중

가에 따라 페이스트량 증가로 인해 유동성이 증대된 것으로 판단된다.

### 3.2 공기량

본 연구에서 콘크리트 혼입 후 측정된 공기량과 1시간 경시 변화 후 공기량의 변화는 그림 2와 같다. 고성능 AE감수제 적용시 공기량은 대체적으로 5~8%의 범위를 나타내고 한 시간 경시변화 후 공기량은 감소하여 4.2~4.8%의 범위를 가지며 공기량 유지성능은 적정한 것으로 나타났다.

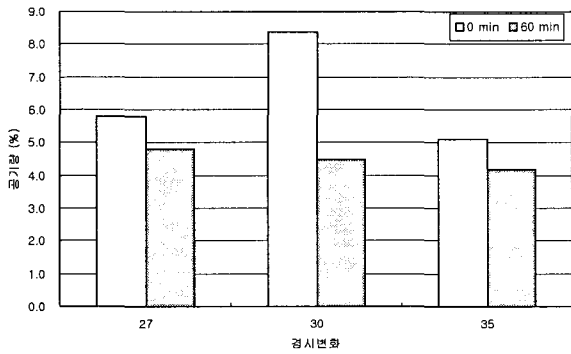


그림 2. 공기량 경시변화

### 3.3 압축강도

#### 3.3.1 수직부재 압축강도

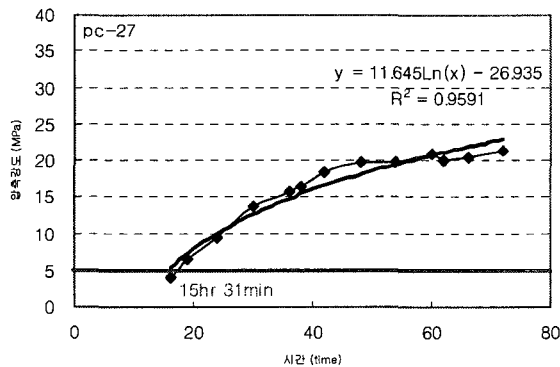


그림 3. 3일 압축강도(pc-27)

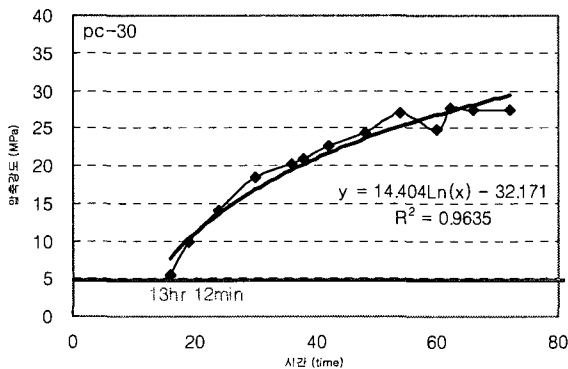


그림 4. 3일 압축강도(pc-30)

조기강도 발현형 고성능 AE감수제를 사용한 콘크리트의 압축강도는 측정결과 PC-27, PC-30, PC-35배합의 수직부재의 거푸집 탈형이 가능한 5MPa 발현 시점은 각각 15시간 31분, 13시간 12분, 12시간 15분으로 나타났다.

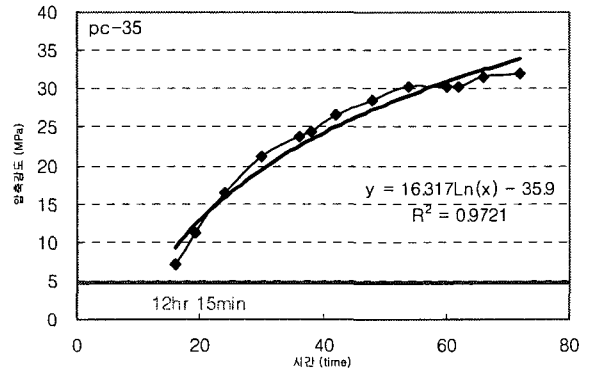


그림 5. 3일 압축강도(pc-35)

#### 3.3.2 수평부재 압축강도

수평부재 거푸집 탈형이 가능한 콘크리트강도의 66% 발현 시점은 측정결과 PC-27배합에서는 42시간으로 나타났고 PC-30, PC-35배합에서는 36시간 만에 강도가 발현되는 것으로 확인되었다.

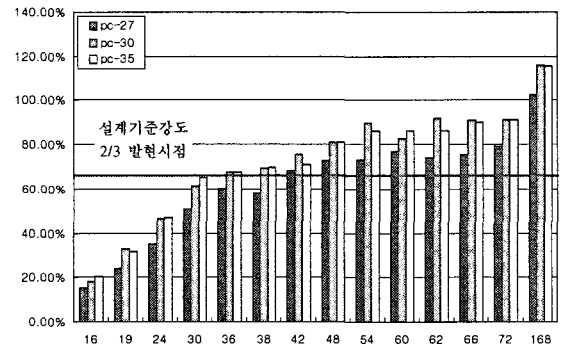


그림 6. 강도발현율

### 3.4 압축강도에 따른 거푸집 제거시기

이상의 결과를 바탕으로 콘크리트 타설 종료시간을 오후 6시로 가정하고 야간작업을 실시하지 않는 전제조건으로 거푸집 제거시기 및 양생기간을 분석하면 표 6과 같다.

표 6. 강도 발현시간 및 거푸집 제거시기

구분	5MPa 발현시간 (시간)	수직거푸집 제거시기 (시간)	설계기준강도 2/3 발현 시간	수평거푸집 제거시기 (시간)
27A	15시간 31분	16	42	42
30A	13시간 12분	14	36	36
35A	12시간 15분	13	36	36

이 실험의 결과로 조기강도 발현형 고성능 AE감수제를 사용한 콘크리트의 경우 재령 16시간정도에 각각의 배합에서 압

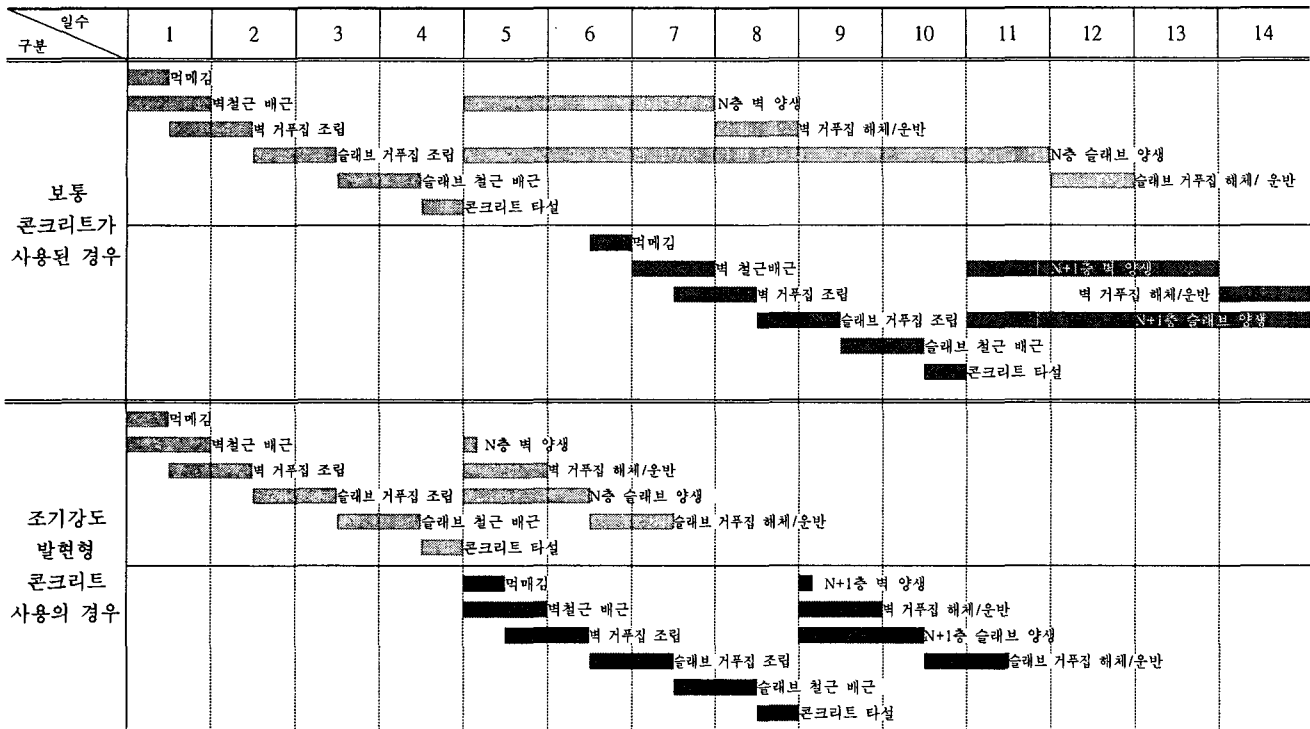


그림 7. 골조공사 공정메커니즘

축강도 5MPa를 근접하는 결과가 나타났으며 이에 따라 콘크리트 타설 후 다음날 정오경에 수직 거푸집 탈형작업이 가능한 것으로 판단된다.

공기 결정에 큰 영향을 주는 콘크리트의 양생 및 거푸집의 존치기간을 보통 콘크리트와 조기강도 발현형 고성능 AE감수제를 사용한 콘크리트의 두 경우에 대하여 다음 그림 7의 골조공사 공정메커니즘에 나타내었다.

공정 메커니즘의 분석 결과 보통 콘크리트로 사용하였을 경우 6일 공정 사이클로 작업이 진행되는 것에 비해 조기강도 발현형 고성능 AE감수제를 사용한 콘크리트의 경우 4일 공정 사이클이 가능한 것으로 나타났다. 특히 거푸집의 해체 및 운반의 시기가 다음 사이클의 공정보다 빠르게 진행됨으로써 거푸집 운영벌수를 줄일 수 있다고 판단된다.

#### 4. 결 론

조기강도 발현형 AE감수제를 사용한 콘크리트의 특성을 분석하여 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 공기량은 전 배합에서 혼입 후 5.1~8.4% 수준에서 1시간 경과 후 4.2~4.8%로 나타났다.
- 2) 슬럼프는 혼입 직후 21.5~ 24.5cm의 수준에서 1시간이 경과 후 평균 2%의 저감율을 나타내어 슬럼프 유지성능이 우수한 것으로 나타났다.
- 3) 압축강도 5MPa 도달시기는 PC-27, PC-30, PC-35 배합에서 각각 15시간 31분, 13시간 12분, 12시간 15분으로 나타났고 설계기준강도 2/3 발현시점은 PC-27배합에서는 42시간, PC-30배합과 PC-35배합에서는 36시간 만에 강도가 발

현되는 것으로 확인되었다.

- 4) 조기강도 발현형 AE 감수제가 사용된 콘크리트 이용시 6일 사이클 공정이 4일 사이클 공정으로 공기단축을 이룰 수 있는 것으로 판단되며 특히 거푸집 운영효율의 증가가 가능할 것으로 판단된다.

이상과 같은 결과에서 조기강도 발현형 AE 감수제의 사용은 초기 수화반응 촉진에 의한 강도발현이 우수하여 구체공사의 공사기간 단축에 활용이 가능하며 현장에서의 가열양생 비용 및 수직거푸집 운용벌수를 줄여 전체적인 공사비 절감에 대한 계획이 가능한 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

1. 김병기, 김승호, 콘크리트용 화학혼화제의 개발 및 연구의 최신 동향, 콘크리트학회지 v.14 n.1, 2002
2. 오병환, 김기완, 박대균, 폴리카본산계 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 특성연구, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집 v.16 n.2, 2004
3. 이진우 외, 폴리카본산계 고성능감수제를 이용한 콘크리트의 초기강도에 따른 현장적용성 연구, 한국콘크리트학회 학술발표대회 논문집 v.16 n.2, 2004
4. 한중희, 방중대, 아파트 골조공사의 공기단축 및 효과적 공정운영 방안, 한국건설관리학회 논문집, v.5 n.4 2004
5. 송영찬 외, 촉진형 감수제를 사용한 콘크리트의 조기강도발현 특성 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 v.25 n.1 2005
6. 洪 悅郎, 鎌田 英治, 長島 弘, 寒中コンクリート, 技術書院, 2000
7. 西條修 外, 低温環境(0~10℃)下におけるコンクリートの強度發現性に関する實驗的研究, 第6回コンクリート工學年次講演會論文集, 1984
8. 內川浩, “超速硬セメントを用いた注入モルタル”, セメント・コンクリート, No.399, 1980