

# 혼화제를 이용한 조강콘크리트 배합설계에 관한 연구

## A Study on the Mix Design of Early Strength Concrete using Admixture

박 영 신\*  
Park, Young Shin

남 성 우\*\*  
Nam, Sung Woo

박 재 명\*\*\*  
Park, Jae Myung

### ABSTRACT

In this study, it is contents to application on AE water reducing admixture for high early strength, which reduce to construction period for cost down in construction. In experiment result on the kinds of AE water reducing admixture for concrete strength promotion, when passed 60 minutes, while it was happened on lignin and naphthalene system about 30~35% that loss related to slump, slump flow and air, but happened about 8~10% on polycarboxylic system. And the result of compressive strength tests, when 32 hours passed in polycarboxylic system than lignin and naphthalene system, was showing an increase of 10%.

Accordingly, concrete properties was measured to condition change by the addition amount and curing temperature of polycarboxylic system. The required curing temperature to gain 5MPa of compressive strength, which is capable of side form stripping, must keep more than smallest 12. 5°C when polycarboxylic system is used. As a result, AE water reducing admixture of polycarboxylic system may apply effectively to high early strength concrete

### 1. 서 론

건설 현장에서는 공사의 시스템화 및 신기술·신공법 적용, 또는 공사기간 단축과 같은 방법으로 공사비 절감에 많은 노력을 기울이고 있다. 특히 공사기간 단축은 전체 공사비에서 상당한 절감효과를 기대할 수 있으며, 이에 대한 다양한 기술개발이 이루어지고 있는 실정이다. 현재 공사기간 단축을 위한 방법들로 프리캐스트 콘크리트 적용, 철근선 조립 및 시스템 거푸집 사용, 콘크리트의 조기강도 발현 등의 기술들이 적용되고 있으며, 이중 콘크리트의 조기강도 발현은 거푸집 존치기간 즉 양생기간을 단축시킬 수 있어 공사비 절감에 매우 효과적이라 할 수 있다.

구조체가 요구하는 콘크리트의 소요강도를 조기에 발현하는 방법들로는 부배합에 의한 고강도콘크리트 적용, 조강시멘트 사용, 양생온도 조절 및 조강용 혼화제 사용 등이 있다. 그러나 경제성, 제품생산성, 현장 적용성 및 상황 등을 고려할 때 조강용 혼화제 사용에 의한 콘크리트 소요강도의 조기 발현이 가장 효과적인 것으로 판단되어, 본 연구에서는 조강용 혼화제 개발과 배합실험을 통하여 현장 적용이 가능한 조강콘크리트의 배합설계를 하고자 한다.

\* 한라콘크리트(주) 연구개발팀 주임연구원

\*\* 한라콘크리트(주) 파주사업소 과장

\*\*\* 한라콘크리트(주) 연구개발팀 이사

## 2. 실험개요

### 2.1 실험계획

본 연구는 조기강도 발현 콘크리트의 배합설계를 위하여 표 1에 나타난 바와 같이 1차 실험에서는 물시멘트비(W/C)를 고정하고 리그닌계, 나프탈린계, 폴리카본산계 조강혼화제를 동일하게 첨가하여 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량 경시변화를 측정하였으며, 압축강도 발현은 공시체 제작 16시간부터 72시간까지 측정하였다. 2차 실험에서는 1차실험의 배합을 조정하여 조강콘크리트에 적합한 혼화제를 선정하여 혼화제 첨가량 및 양생온도 변화에 의한 콘크리트의 물성변화를 측정하였으며, 최종 배합을 결정하여 실제 B/P 생산에 의해 시간대별 압축강도 시험을 실시하였다.

표 1. 실험계획에 따른 배합요소, 배합인자 및 실험항목

구 분		수 준		
		1차	2차	B/P
배합 요소	W/C	47.2	-	45.9
	슬럼프(cm)	18±2.5		
	공기량(%)	4.5±1.5		
배합 인자	혼화제 첨가량(%)	0.75(L)	1.0(P)	1.2(P)
		0.75(N)	1.2(P)	
		0.75(P)		
	혼화제 치환율(%)	F/A 5%	OPC 100%	
OPC 100%				
양생조건	수중 (20.0±2.0℃)	항온항습 (5.0℃)	대기	
		항온항습 (12.5℃)	수중 (20.0±3.0℃)	
실험 항목	굳지않은 콘크리트	슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량 (0, 30, 60분)		
	굳은 콘크리트(압축강도)	16, 18, 20, 32, 36, 72hr	24, 48, 64hr	24, 48, 65hr, 3, 7, 28일

※ L:리그닌계, N:나프탈린계, P:폴리카본산계

### 2.2 사용재료

시멘트는 분말도 3,265cm/g인 L사 보통포틀랜드시멘트를, F/A는 비중 2.20, 강열감량 2%, 분말도 3,568cm/g의 S사제품을 사용하였으며, 골재는 밀도 2.59, 조립률 2.89, 흡수율 1.12%의 부순잔골재와 밀도 2.61, 조립률 6.73, 흡수율 1.20%의 부순굵은골재를 사용하였다. 혼화제는 G사에서 본 연구를 위하여 개발한 리그닌계, 나프탈린계 및 폴리카본산계 조강용AE감수제를 사용하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 혼화제 종류별 조기강도 콘크리트 물성 변화

#### 3.1.1 굳지 않은 콘크리트 물리적 특성

콘크리트 강도증진용 AE 감수제 종류에 따른 콘크리트 슬럼프 및 슬럼프 플로우의 경시변화와 동일 혼화제에서 플라이애시 치환에 따른 물성변화를 표 2와 그림 1에 나타내었다. 시간 경과에 따라 슬럼프와 슬럼프 플로우는 첨가된 혼화제 중 리그닌계와 나프탈린계에서 감소 폭이 크게 나타나는 반면, 폴리카본산계 혼화제를 적용하였을 경우 작은 감소 폭을 나타내었으며, 공기량 변화는 혼화제 종류별로 폴리카본산계, 나프탈린계, 리그닌계 순으로 감소 폭이 크게 발생되었다. 또한, 혼화제 종류별 플라이애시를 5% 치환한 경우 치환하지 않은 것보다 슬럼프, 슬럼프 플로우는 전체적으로 높은 값을 유지하였으나, 공기량의 경우에는 낮은 값을 나타내었다. 이와 같이 굳지않은 콘크리트 물성변화를 측정한다

결과 첨가된 혼화제 중 폴리카본산계에서 가장 우수한 물성을 나타내었으며, 나프탈린계의 경우 경시변화에 따른 감소 폭이 가장 크게 발생되었다.

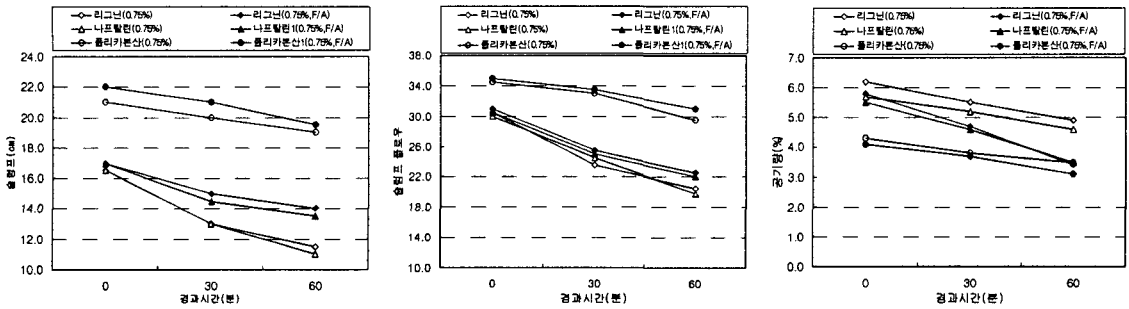


그림 1. 경과시간에 따른 혼화제 종류별 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 공기량 경시변화

### 3.1.2 굳은 콘크리트의 압축강도 발현

거푸집 탈형을 위한 소요강도인 5.0MPa를 얻을 수 있는 재령 초기 압축강도 측정을 위해 양생온도 20±2℃에서 72hr 이내 강도변화를 측정하였으며 그림 2에 나타내었다. 전체적으로 20hr 경과후 소요강도인 5MPa를 만족하였다. 혼화제 종류별 강도증진 효과는 리그닌과 나프탈린계보다 폴리카본산계를 적용하였을 때 증진효과가 우수하였으며, 32hr 이후부터 강도증가 비율이 높게 나타났다. 이러한 결과 초기강도 증진에 폴리카본산계 혼화제 적용이 유리할 것으로 사료되며, 혼화제 종류별 플라야시를 치환하지 않은 경우 치환한 것에 비해 20hr 이내에서 비슷한 증진효과를 나타내지만 72hr까지 10~15%의 증진효과를 나타내었다.

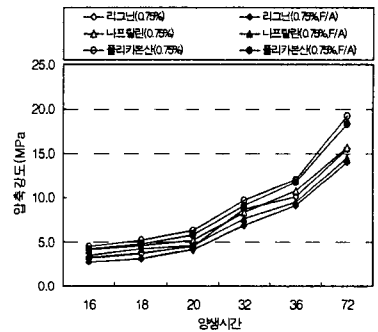


그림 2. 혼화제 종류별 압축강도 변화

## 3.2 혼화제 첨가량 및 양생온도별 초기강도 콘크리트 물성 변화

### 3.2.1 굳지 않은 콘크리트 물리적 특성

혼화제 종류별 콘크리트 물성변화를 측정결과 폴리카본산계에서 가장 우수한 성능을 나타내었으며, 이에 따라 폴리카본산계 혼화제 첨가량(1.0%, 1.2%) 및 양생온도 조건을 변화시켜 콘크리트 물성변화를 측정하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 폴리카본산계 첨가량이 1.0%일 경우 첨가량 1.2%일 때 보다 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 공기량의 경시변화는 다소 크게 나타났다.

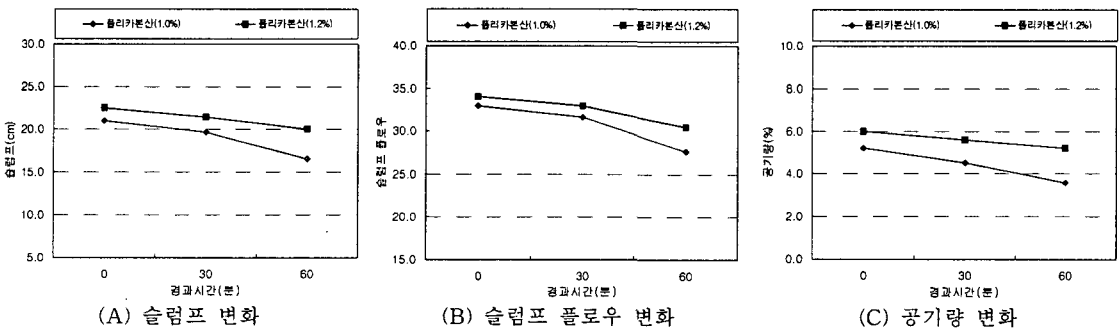


그림 3. 경과시간에 따른 굳지않은 콘크리트의 물성 변화

### 3.2.2 굳은 콘크리트 압축강도 발현

혼화제 첨가량 및 양생온도(5°C, 12.5°C) 변화에 따른 양생시간 별 시험체 압축강도를 그림 4에 나타내었다. 동일 양생온도에서 혼화제 첨가량에 따른 강도변화는 큰 변화를 나타내지 않았으나, 양생온도에 따른 변화는 수평 거푸집 탈형 강도 값인 16MPa을 나타내는데 12.5°C에서 48hr 가량 소요되는 반면 5°C의 경우는 65hr 이상으로 조기강도에 효과적인 성능을 발휘하기 위해 양생온도는 최소 12.5°C 이상을 유지하여야 할 것으로 사료된다.

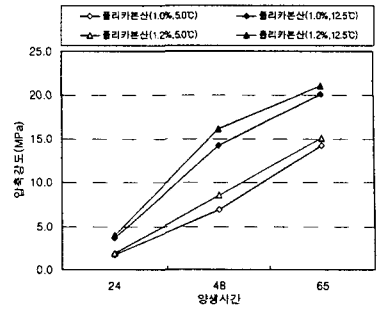


그림 4. 양생온도별 압축강도 발현

### 3.3 현장 Mock-up 시험

#### 3.3.1 굳지않은 콘크리트의 물리적 특성

1, 2차 실내시험의 결과를 토대로 확정된 현장적용 배합으로 B/P(Batcher-Plant)에서 혼화제 투입후 1분 비빔에 의해 제조되는 콘크리트의 슬럼프와 공기량은 각각 22.5cm와 4.7%를 나타내었다. 또한, 현장도달 시간을 고려하여 경과시간 30분후 측정된 값은 19.5cm와 4.4%로 감소 폭이 작았다.

#### 3.3.2 초기강도 발현 및 재령별 압축강도

양생조건별 공시체의 압축강도 변화를 측정한 결과 그림 5과 같으며, 실험실내 수증양생과 현장을 고려한 대기양생을 비교하였다. 수증양생은 양생온도 20±3°C의 수조에서 일정한 온도를 유지할 수 있도록 하였으며, 대기양생은 현장과 유사한 대기조건에 노출시켰다. 양생기간에 따른 압축강도 증가는 전체적으로 수증양생에서 높은 값을 나타내었으며, 대기양생은 일교차에 의한 양생부족으로 수증양생보다 낮은 강도 값을 나타내고 있었다.

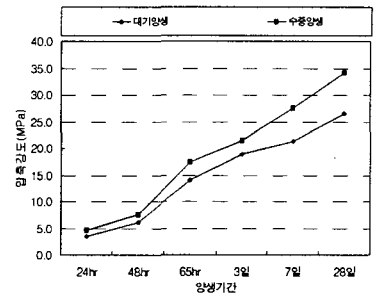


그림 5. 양생조건별 압축강도 발현

### 4. 결론

- 1) 혼화제 종류에 따른 콘크리트 경시변화 및 압축강도에 미치는 영향을 검토한 결과 리그닌계 및 나프탈린계보다 폴리카본산계를 적용하였을 경우 우수한 성능을 나타내었으며, 조기강도 증진에 효과적이었다.
- 2) 폴리카본산계 혼화제 적용시 첨가량 및 양생온도 변화에 따른 영향을 검토한 결과 첨가량 1.2%, 양생온도 12.5°C일 때 가장 효과적으로 수평 거푸집 탈형 강도인 16MPa에 도달하는데 48hr 가량 소요되었다.
- 3) 폴리카본산계 혼화제 적용시 현장 조건을 감안하여 실험한 결과 콘크리트 경시변화가 작으며, 수직 거푸집 탈형 강도인 5MPa 도달시간이 48hr로 나타났다.

### 참 고 문 헌

1. 한친구, 황인성, 이승훈, 김규동 : 조기강도 발현형 AE감수제를 사용한 콘크리트의 공학적 특성, 대한건축학회 논문집 구조계, 제 20권 6호(통권 188호), 2004. 6
2. 황인성, 나운, 이승훈, 류현기, 한친구 : 콘크리트의 초기강도 발현에 미치는 혼화제의 영향, 콘크리트학회 춘계 학술발표논문집, 제 15권 1호, 2003. 5
3. 한국콘크리트학회 : 콘크리트 표준시방서 해설, 2003