

콘크리트의 초기 강도발현에 미치는 혼화제의 영향

Influence of Chemical Admixture on the Strength Development of Concrete at Early Age

황 인 성^{*} 나 운^{**} 이 승 훈^{***} 류 현 기^{****} 한 천 구^{*****}
Hwang, Yin Seong La, Woon Lee, Seung Hoon Ryu, Hyun Gi Han, Cheon Goo

ABSTRACT

In this study, the influence of chemical admixture on early strength development of concrete is discussed. According to the results, fluidity with variation of kinds of chemical admixture is lower in the case of acceleration type than in the case of normal type. Setting time of naphthalene acceleration type is shortened by 1 hour, and that of melamine is nearly same, but that of polycarbonic acid is somewhat retarded in comparison with that of naphthalene normal type. Early compressive strength gains 5MPa in about 18hours regardless of the kinds of chemical admixture. But as time elapses, compressive strength is higher in order of polycarbonic acid, naphthalene and melamine type. The relativity between compressive strength and the rebound value of P-type schmidt hammer is also favorable at early age, and compressive strength of 5MPa is estimated at the rebound value of 22.

1. 서 론

콘크리트 시공에 있어 초기동해 방지기간의 관리, 거푸집 제거시기의 결정, 설계기준강도 및 호칭강도의 확인 등 구조체 콘크리트의 초기 압축강도 품질관리는 매우 중요한 사항이다. 특히, 측면 거푸집의 탈형시기와 관련하여 압축강도 5.0MPa 이상을 조기에 발현하고, 확인하는 것은 공기단축 및 경제성 측면에 있어서 특히 중요하다.

그러나, 현장에서 가장 많이 사용되고 있는 보통강도 콘크리트(설계기준강도 21~27MPa)로 수직부재의 강도발현이 5.0MPa 이상이 되어 측면 거푸집을 탈형하는 시기는 현재의 기술수준으로 24시간 전후로 건설공기에 영향을 미칠 수 있으며, 또한, 대부분의 실무현장에서 콘크리트 구조체의 기준강도 이전에 무분별하게 거푸집을 제거하므로써, 콘크리트 구조물의 품질저하를 초래하고 있다. 따라서, 초고층 건축물에서는 공기단축과 관련하여 거푸집의 탈형시기 단축을 위한 콘크리트의 조기 강도발현 기술이 요구되고 있다. 또한, 현재 가장 손쉬운 방법으로 AE감수제 조강형 등 화학 혼화제를 검토할 수 있는데, 국내에서는 콘크리트의 조기 강도발현과 관련한 이부분의 검증 및 연구는 미흡한 실정이다.

그러므로, 본 연구에서는 거푸집 탈형시기 단축을 위한 콘크리트의 조기 강도발현 기술개발을 위한

* 정회원, 청주대학교 대학원, 박사과정

** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 주택기술팀 과장

*** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 수석연구원

**** 정회원, 충주대학교 건축공학부 교수

***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수

연구의 일환으로, 혼화제 종류에 따른 콘크리트의 기초적 특성 및 조기 강도발현 특성을 분석하고, 아울러 P형 슈미트햄머를 이용하여 초기 강도 발현성의 확인에 대한 가능여부를 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1. 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 실험요인으로 W/C는 45% 1수준에 대하여 혼화제 종류로는 고성능감수제 나프탈렌계 표준형(NS)과 조강형(NES), 멜라민계 표준형(MS)과 조강형(MES) 및 폴리칼본산계 표준형(PS)의 5수준으로 실험계획 하였다. 이때, 플레인 배합은 나프탈렌계 표준형을 사용한 콘크리트의 목표 슬럼프 15±1.5cm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 배합설계 한 후 각 혼화제 종류에 따라 동일하게 적용하는 것으로 하였다. 굳지않은 콘크리트와 경화 콘크리트의 실험사항은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다.

2.2. 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 A사의 보통 포틀랜드시멘트(비중 3.15, 분말도 3,265cm²/g)를 사용하였고, 골재로 잔골재는 인천 향동산 세척사(비중 2.58), 굵은골재는 경기도 광주산 25mm 부순 굵은골재(비중 2.62)를 사용하였다. 또한, 혼화제는 국내산 D사의 나프탈렌계, 멜라민계 및 폴리칼본산계를 사용하였는데, 혼화제 종류별 물리적 성질은 표 3과 같다.

2.3. 실험방법

본 연구의 실험은 KS 및 기타 표준적인 방법으로 실시하였다. 단, P형 슈미트햄머의 반발도는 20×20×20cm 입방형 공시체를 제작한 후 재령 1일까지 공시체 상부면을 25회 수평타격한 다음 평균값을 반발도로 하였다.

표 1 실험계획

실험요인				실험사항	
W/C (%)	목표 슬럼프 (cm)	목표 공기량 (%)	혼화제 종류	굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
45	15±1.5	4.5±1.5	· 나프탈렌계 (NS, NES) · 멜라민계 (MS, MES) · 폴리칼본산계 (PS)	· 슬럼프 · 슬럼프플로우 · 공기량 · 단위용적중량 · 응결시간	· 압축강도 (12, 18, 24hr, 3, 7, 14, 28일) · P형 슈미트햄머 반발도 (12, 18, 24hr)

표 2 콘크리트의 배합사항

W/C (%)	단위 수량 (kg/m ³)	S/a (%)	SP/C (%)	절대용적배합 (l/m ³)			중량배합 (kg/m ³)		
				C	S	G	C	S	G
45	170	45	0.10	120	299	366	378	772	958

표 3 혼화제의 물리적 성질

고성능감수제		형태	비중 (20℃)
나프탈렌계	표준형	암갈색	1.19±0.05
	조강형	액체	1.20±0.05
멜라민계	표준형	연한갈색	1.20±0.05
	조강형	액체	
폴리칼본산계	표준형	연황색	1.04±0.05

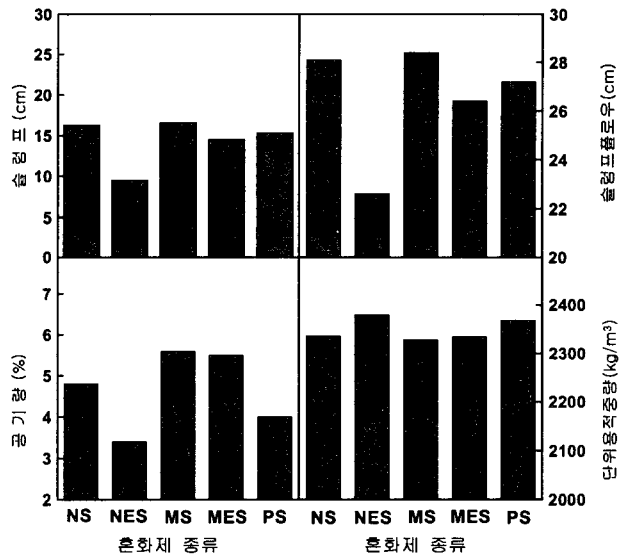


그림 1 혼화제 종류에 따른 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적중량

3. 실험결과 및 분석

3.1. 굳지 않은 콘크리트의 특성

그림 1은 혼화제 종류에 따른 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적중량을 나타낸 것이다.

먼저, 혼화제 종류에 따른 유동성으로 나프탈렌계 및 기타의 표준형인 경우는 목표 슬럼프를 만족하였고, 촉진형인 경우는 표준형과 비교하여 유동성이 저하하였는데, 특히 나프탈렌계 촉진형은 그 저하가 크게 나타났다. 혼화제 종류에 따른 공기량은 모두 목표 공기량 3~6%의 범위를 만족하였고, 단위용적중량은 2,300~2,400kg/m³의 범위로 공기량과 반대경향으로 나타났다.

그림 2는 혼화제 종류별 경과시간에 따른 관입저항값을 나타낸 것이고, 그림 3은 초결 및 종결시간만을 나타낸 것이다.

먼저, 혼화제 종류 중 나프탈렌계는 촉진형이 표준형보다 응결시간이 1시간 정도 빠르게 나타났으나, 멜라민계의 경우는 표준형과 촉진형의 응결시간 차이가 크지 않았으며, 폴리칼본산계는 나프탈렌 및 멜라민계보다 응결시간이 다소 지연되는 것으로 나타났다.

3.2. 경화 콘크리트의 특성

그림 4는 혼화제 종류별 초기재령 24시간 및 재령 28일까지의 압축강도 발현 경향을 나타낸 것이다.

먼저, 초기재령 24시간 이내에서의 강도발현은 혼화제 종류별 큰 차이 없이 18시간 전후에서 측면 거푸집 탈형가능 압축강도인 5MPa를 발휘하는 것으로 나타났는데, 촉진형이 표준형보다 다소 강도발현이 빠른 것으로 나타났으나, 큰 효과는 없는 것으로 분석된다. 또한, 재령경과에 따른 압축강도는 재령이 경과할수록 증가하였고, 폴리칼본산계, 나프탈렌계, 멜라민계 순으로 공기량이 작은 순에 따라 다소 크게 나타났으나, 큰 차이는 아닌 것으로 사료된다. 그림 5는 측면거푸집 탈형시기와 관련하여 압축강도 5MPa 발현시간을 나타낸 것이고, 그림 6은 나프탈렌 및 멜라민계의 경우 표준형 및 촉진형의 초기 압축강도 발현을 비교하여 나타낸 것이다.

먼저, 압축강도 5MPa 발현 시간은 나프탈렌계 표준형이 19시간, 촉진형이 16.5시간, 멜라민계 표준형이 17시간, 촉진형이 16.5시간 정도로 촉진형이 표준형보다 다소 빠르게 나타났다.

또한, 그림 6에서 표준형 및 촉진형의 압축강도를 비교한 회귀식에서 촉진형이 약간 큰 경향으로 상관성은 매우 양호함을 알 수 있었다. 한편, 폴

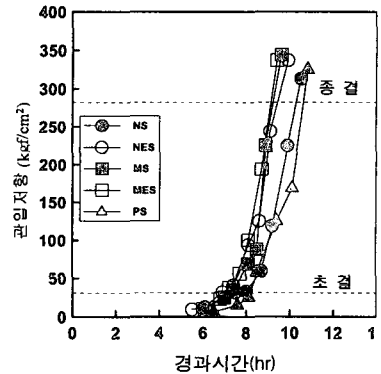


그림 2 혼화제 종류별 경과시간에 따른 관입저항

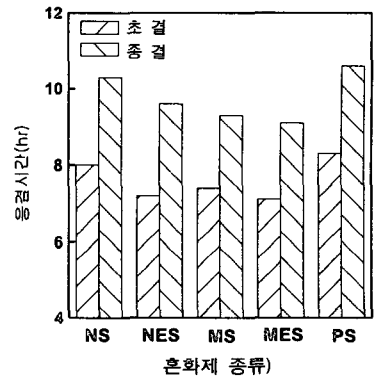


그림 3 혼화제 종류에 따른 초결 및 종결시간

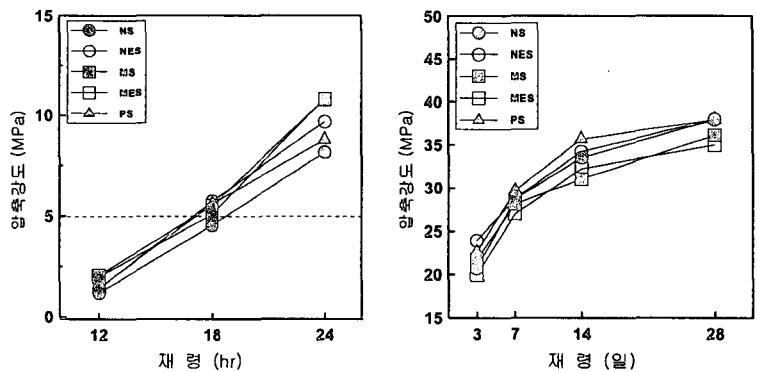


그림 4 혼화제 종류별 재령경과에 따른 압축강도

리칼본산계 표준형은 압축강도 5MPa 발현시간이 16.6시간 정도로 촉진형과 거의 유사한 경향이였다.

그림 7은 혼화제 종류별 초기 재령경과에 따른 P형 슈미트햄머의 반발도를 나타낸 것이고, 그림 8은 P형 슈미트햄머의 반발도와 압축강도의 관계를 비교하여 산점도로 나타낸 것이다.

P형 슈미트햄머의 반발도는 압축강도와 유사한 경향으로 혼화제 종류별로는 나프탈렌계가, 특히 조강형이 표준형보다 반발도값이 크게 나타났다. 또한, P형 슈미트햄머의 반발도와 압축강도는 비례적으로 증가하였으며, 거푸집 탈형시기와 관련하여 압축강도 5MPa를 발휘하는 P형 슈미트햄머의 반발도는 22정도로 나타나, P형 슈미트햄머를 활용하면 초기 압축강도의 품질관리가 가능할 것으로 판단된다.

4. 결론

콘크리트의 초기 강도발현에 미치는 혼화제의 영향을 검토한 실험결과는 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 유동성은 혼화제 종류별 촉진형이 표준형보다 다소 저하하였고, 응결시간은 나프탈렌 촉진형이 표준형보다 1시간 정도 빠르게 나타났고, 멜라민계는 큰 차이가 없었으며, 폴리칼본산계는 다소 지연되는 것으로 나타났다.
- 2) 경화 콘크리트의 특성으로 초기재령 24시간에서의 강도발현은 혼화제 종류별 큰 차이 없이 18시간 전후에서 압축강도 5MPa를 발휘하였고, 재령이 경과할수록 폴리칼본산계, 나프탈렌계, 멜라민계의 공기량 발취가 적은 혼화제 순으로 압축강도가 다소 크게 나타났다.
- 3) P형 슈미트햄머의 반발도는 압축강도와 유사한 경향으로 초기재령에서 양호한 상관성을 보이고 있는데, 거푸집 탈형시기와 관련하여 압축강도 5MPa를 발휘하는 P형 슈미트햄머의 반발도는 22정도로 밝혀졌다.

이상을 종합하면, 콘크리트의 초기 강도발현에 미치는 혼화제 종류의 영향은 큰 차이가 없는 것으로 나타나, 초기 강도발현을 위한 새로운 혼화제의 개발이 필요한 것으로 사료된다. 또한, 초기재령에서 P형 슈미트햄머와 압축강도간에는 양호한 상관성을 보이고 있는데, 본 연구결과 P형 슈미트햄머의 반발도 22에서 압축강도 5MPa가 발휘되는 것으로 확인되었다.

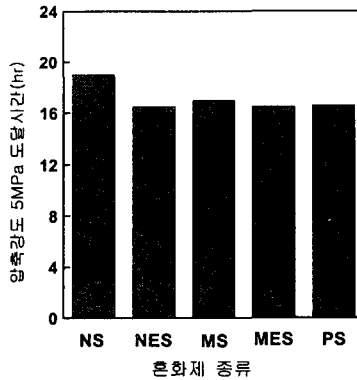


그림 5 혼화제 종류별 압축강도 5MPa 발현시간

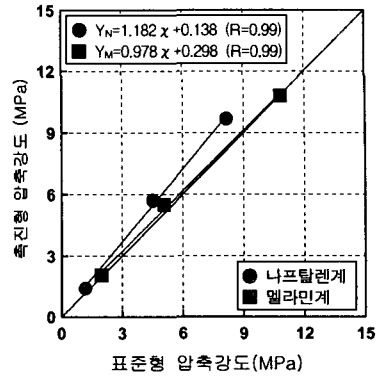


그림 6 표준형 및 촉진형의 압축강도 비교

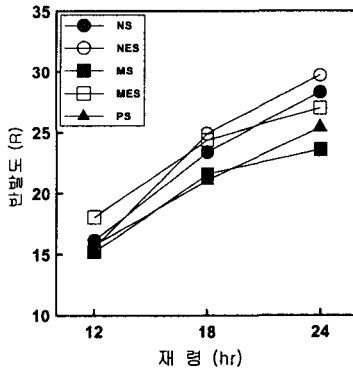


그림 7 혼화제 종류별 재령경과에 따른 P형 슈미트햄머의 반발도

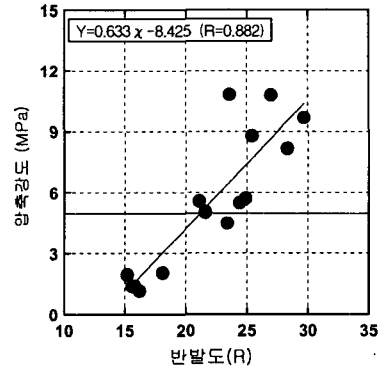


그림 8 P형 슈미트햄머의 반발도와 압축강도의 관계