

트리에탄올아민을 사용한 콘크리트의 현장 적용 실험

An Experimental Application of Concrete Using TEA in Construction Field

○ 황인성* 임춘근** 김성수*** 한천구***
 Hwang, Yin-Seong Lim, Choon-Goun Kim, Seong-Soo Han, Cheon-Goo

Abstract

This study is intended to investigate the properties of early strength development by application of TEA to the field. According to the results, when TEA is added, fluidity is almost same to base concrete, and increases upto aimed slump after field flowing. Setting time does not differ in the case of base and TEA, but is retarded after flowing. The time when compressive strength gains 5 MPa, which side form can be removed, is 23 hours, and so the removal time is shortened by 1hours in comparison with plain concrete. But compressive strength is almost same to that of plain concrete at 28 days. The rebound value of P type schmidt hammer show similar tendency to compressive strength, and the rebound value of structure is higher than that of standard curing specimen due to heat capacity effect and drying by the air outside. Therefore, it is thought that if the rebound value of P type schmidt hammer is controled, by about 26 in consideration of open air environment, it is very effective to determine the removal time of side forms.

키 워 드 : 트리에탄올아민, 초기 강도발현, P형 슈미트햄머, 거푸집 탈형강도

Keywords : TEA, Strength Development at Early Age, P Type Schmidt Hammer, Removal Strength of the Forms

1. 서 론

건축공사에서 콘크리트 타설 후 거푸집의 조기제거와 관련하여 압축강도 5.0MPa 이상을 촉진하여 발현하는 것은 공기 단축 및 경제성 측면에서 중요한 사항이다. 특히, 건설물량이 증가하고 있는 주상복합과 같은 초고층 건축물은 마감공사의 고급화에 따른 시간확보와 관련하여 골조 건설공기의 단축이 중요한데, 이 중에서도 1층당 사이클 공기는 전체공정표 중에서도 주공정선이 되어, 이를 단축하기 위한 시스템 거푸집의 활용, 조립철근의 배근 등 다양한 방법도 강구하고 있지만, 콘크리트의 초기강도발현을 촉진하여 거푸집의 제거시기를 가능한 단축하는 방법도 중요한 사안이 되고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 선행연구¹⁾에서 트리에탄올아민(이하 TEA)을 일정량 혼입한 경우 콘크리트의 초기강도발현에 효과적인 것으로 나타나, 이를 현장에 적용하여 구조체 콘크리트의 초기강도발현 특성을 검토하고, 아울러 P형 슈미트햄머를 이용한 초기 압축강도 추정 품질관리의 가능성에 대하여 검토하고자 한다.

2. 시공 및 실험

2.1 시공계획 및 실험계획

표 1. 현장적용 실험계획

실험요인		실험수준
배합 사항	호칭강도(MPa)	27.0
	목표 슬럼프*(cm)	8 → 18
	목표 공기량(%)	4.5
	TEA혼입률(%)	0.025
실험 사항	굳지않은 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> · 슬럼프 · 슬럼프플로우 · 공기량 · 응결시간
	경화 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> · 압축강도 - 표준양생 공시체 - 구조체 관리용 공시체 (12, 18, 24hr, 3, 7, 28일) · P형 슈미트햄머 반발도 - 20×20×20cm 공시체 - 구조체 슬래브 (12, 18, 24hr, 3, 7, 28일)

목표 슬럼프는 베이스 콘크리트의 슬럼프 8cm를 유동화하여 18cm가 되도록 하였다.

* 정희원, 청주대 대학원 박사과정

** 정희원, 청주대 대학원 석사과정,

청주대학교 학생기숙사 현장 소장

*** 정희원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

현장적용을 위한 실험계획은 표 1과 같고, 콘크리트 타설 위치는 기숙사동 지붕층 콘크리트로 대상 건축물에 대한 공사개요는 표 2와 같다.

즉, 레미콘의 배합사항으로 호칭강도는 27.0MPa, 목표슬럼프는 베이스 콘크리트의 슬럼프 8cm를 18cm로 유동화하고, 목표 공기량은 4.5%를 만족하도록 배합을 결정하였다.

표 2. 공사개요

공사명	· 청주대학교 학생 기숙사 신축공사
위 치	· 청주시 상당구 내덕동 159번지 외
지역지구	· 자연녹지지역/학교용지
건축면적	· 2,211.92m ² (669.1평)
연면적	· 20,656.29m ² (6,248.5평)
구 조	· 철근콘크리트조 및 벽식구조
규 모	· 지하 1층 지상 11층 4개동 및 5층 부대시설 1동

이때, TEA의 혼입률은 선행연구결과를 토대로 0.025%로 결정하였고, 현장 유동화 전 투입하는 것으로 하였다. 실험사항으로 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험사항은 표 2와 같고, 레미콘의 현장 배합사항은 표 3과 같다.

표 3. 레미콘의 현장 배합사항(베이스 콘크리트)

W/C (%)	W (kg/m ³)	S/a (%)	중량배합 (kg/m ³)			
			시멘트	잔골재	굵은 골재	AE 감수제
45.3	162	47.4	358	834	1,003	1.79

TEA 및 유동화는 현장에서 후첨가 방식을 도입 함.

2.2 사용재료

본 현장직용 콘크리트는 충북 청주지역 레미콘을 선정하여 사용하였는데, 레미콘의 사용재료로 시멘트, 잔골재 및 굵은 골재의 물리적 성질은 표 4 및 5와 같다. 또한, 혼화제로 TEA는 국내산을 사용하였고, 유동화제는 국내산 A사의 분리저항형 멜라민계를 사용하였는데, 혼화제의 물리적 성질은 표 6과 같다.

표 4. 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	중결	3일	7일	28일
3.15	3,568	0.14	214	380	23.0	29.3	37.7

표 5. 골재의 물리적 성질

골재	비중	흡수율 (%)	단위용적 중량 (kg/m ³)	조립률	0.08mm체 통과량 (%)
잔골재	2.58	0.87	1,598	2.65	0.62
굵은골재	2.70	1.03	1,592	6.75	-

표 6. 혼화제의 물리적 성질

구분	주성분	형태	색상	비중(20℃)
TEA	트리에탄올아민	액체	백색	1.08
분리저항형 유동화제	멜라민계+PEO	액체	연갈색	1.20

2.3 시공방법

1) TEA의 혼입 및 유동화제 투입

콘크리트의 제조는 레미콘사의 배척플랜트에서 베이스 콘크리트를 제조하는 것으로 하고, TEA 및 유동화제는 레미콘

트럭이 현장에 도착한 후 혼입하여 충분히 교반하는 것으로 하였다.

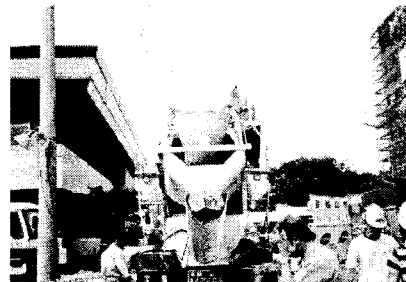


사진 1. TEA 투입

2) 콘크리트 타설

콘크리트 타설 물량은 약 200m³로 지붕층을 구분하여 베이스 콘크리트를 유동화하여 타설한 플레인과 TEA를 혼입하고 유동한 경우로 구획하여 부어넣는 것으로 계획하였다.

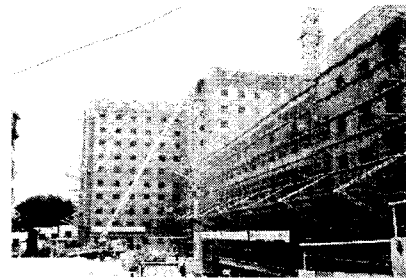


사진 2. 콘크리트 타설 전경

3) 실험사항

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402 규정에 의거 실시하였고, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였다. 공기량은 KS F 2421의 규정에 따라 실시하였고, 응결시간은 KS F 2436의 프록터 관입저항 시험방법에 의거 20±3℃의 항온습실에서 측정하였다. 경화 콘크리트의 압축강도는 베이스, TEA 혼입 및 유동화 후의 콘크리트에 대하여 표준양생 및 구조체관리용 공시체를 KS 2405에 의거 재령별로 측정하였고, P형 슈미트햄머의 반발도는 20×20×20cm 입방형 공시체 및 구조체 슬래브에 대하여 상부면을 25회 수평 타격한 평균값을 반발도로 구하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 1은 베이스, TEA 혼입 및 유동화 콘크리트의 슬럼프, 슬럼프플로우 및 공기량을 나타낸 것이다.

먼저, 베이스 콘크리트의 유동성은 현장요구 슬럼프인 8±1.5cm를 만족하였고, TEA를 0.025% 혼입한 콘크리트의 슬럼프는 다소 증가하였으나, 큰 차이가 아닌 것으로 분석된다. 또한, 현장 유동화를 실시한 후의 슬럼프는 18±2.5cm의

범위를 만족하는 것으로 베이스 콘크리트와 비교하여 10cm 정도 증가하였다. 공기량은 TEA 혼입 및 유동화 과정에서 약간씩 증가하는 경향이기는 하지만 거의 문제되지 않는 품질변동 수준으로 분석된다.

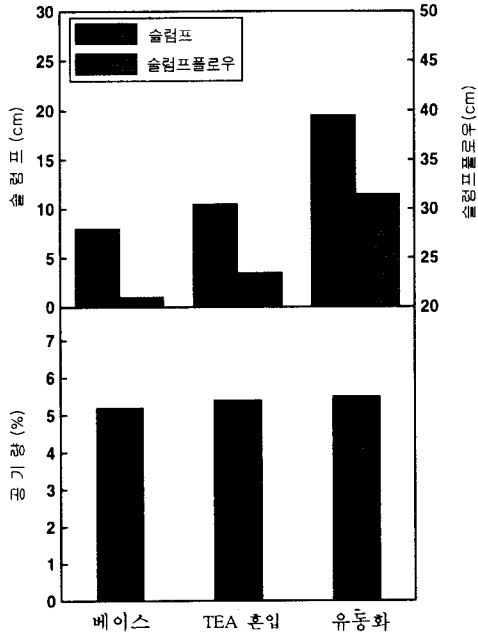


그림 1. 베이스, TEA 혼입 및 유동화 후의 슬럼프, 슬럼프플로우 및 공기량

그림 2는 표준양생온도(20°C) 조건에서 베이스, TEA 혼입 및 유동화 콘크리트의 관입저항값에 따른 응결시간을 나타낸 것이다.

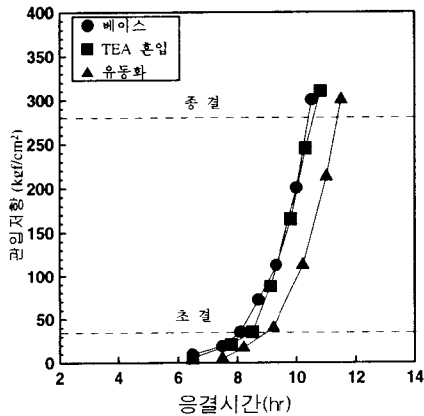


그림 2. 베이스, TEA 혼입 및 유동화 콘크리트의 응결시간에 따른 관입저항 값

먼저, 베이스 콘크리트의 응결시간은 초결이 8시간, 종결이 10시간 정도로 나타났고, TEA를 혼입한 경우는 베이스와 유사한 경향으로 나타나, 응결촉진에는 큰 효과가 없는 것으로 나타났다. 또한, 유동화 콘크리트는 종결이 11시간 정도로 베이스 및 TEA 혼입 콘크리트보다 다소 지연되었는데, 이는 유동화제 첨가에 따른 응결지연작용으로 분석된다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 3은 TEA 혼입 및 유동화 콘크리트의 표준양생 및 구조체 관리용 공시체에 대한 초기재령 24시간까지의 압축강도를 나타낸 것이고, 그림 4는 베이스, TEA 혼입 및 유동화 콘크리트에 대한 재령 3, 7, 28일의 압축강도를 로그스케일로 나타낸 것이다.

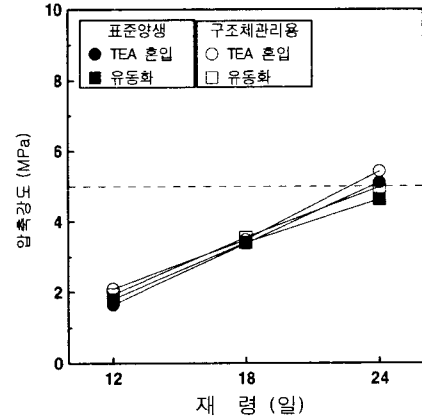


그림 3. 표준양생 및 구조체관리용 공시체별 TEA 혼입 및 유동화 콘크리트에 대한 초기 재령경과에 따른 압축강도

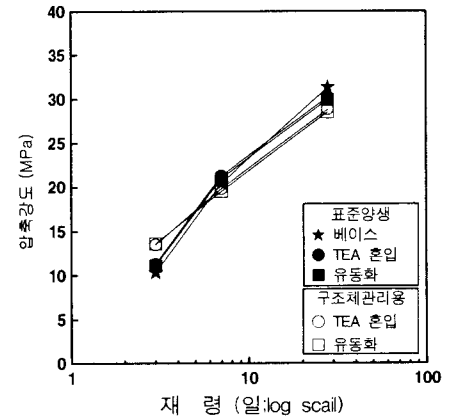


그림 4. 베이스, TEA 혼입 및 유동화 콘크리트에 대한 재령경과에 따른 압축강도

먼저, 그림 3에서 구조체 콘크리트의 측면거푸집을 탈형할 수 있는 압축강도 5MPa 도달시간은 TEA를 혼입한 구조체 관리용 공시체의 경우 23시간으로 플레인보다 1시간 정도 단축할 수 있는 것으로 나타났다.

또한, 양생조건에 따른 압축강도는 구조체 관리용 공시체가 표준양생 공시체보다 다소 크게 나타났는데, 이는 구조체 관리용 공시체의 경우 현장적용이 6월 중순으로 외기온이 표준양생온도보다 다소 높은 것에 기인된 결과로 사료된다.

재령 28일의 압축강도는 호칭강도 27.0MPa를 모두 상회하였고, TEA 혼입에 따라서는 베이스보다는 공기량 증가로 약간 작았으나, 유동화 콘크리트와 비교하여는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한, 구조체 관리용 공시체는 베이스 및 표준양생 공시체와 비교하여 재령 3일까지 다소 크게 나타났으나, 재령 7일 이후부터는 저하하여 큰 차이가 없었다. 따라서, TEA

혼입 및 유동화에 의한 압축강도는 베이스와 비교하여 공기량의 영향을 해결한다면 큰 영향이 없는 것으로 사료된다.

그림 5는 TEA 혼입 및 유동화 콘크리트의 표준양생 공시체 및 구조체 콘크리트에 대한 초기재령 24시간까지의 P형 슈미트햄머의 반발도를 나타낸 것이고, 그림 6은 재령 3, 7, 28일의 반발도를 나타낸 것이다.

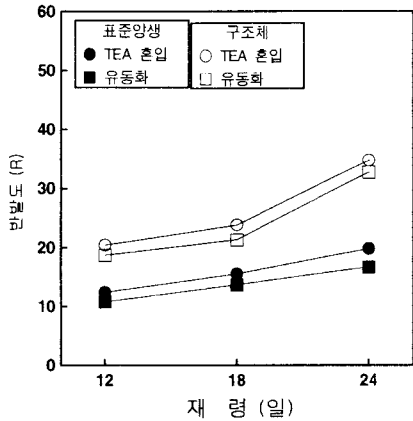


그림 5. TEA 혼입 및 유동화 콘크리트에 대한 초기 재령경과에 따른 P형 슈미트햄머의 반발도

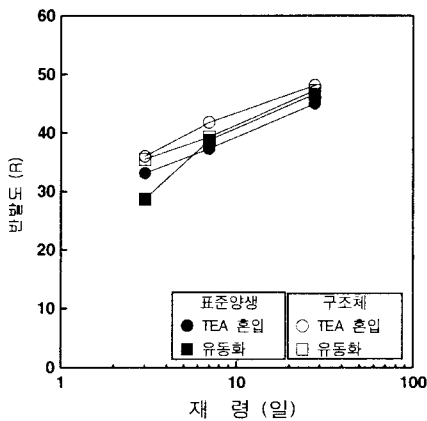


그림 6. TEA 혼입 및 유동화 콘크리트에 대한 재령경과에 따른 P형 슈미트햄머의 반발도

P형 슈미트햄머의 반발도는 전반적으로 압축강도와 유사한 경향으로 재령이 경과할수록, TEA를 혼입한 경우가 크게 나타났다. 또한, 구조체 콘크리트의 반발도는 표준양생한 경우보다 상대적으로 크게 나타났는데, 이는 구조체 콘크리트의 경우 단면크기에 따른 열용량 효과로 강도증진 및 외기환경에 의한 건조작용에 의해 표면 경도가 크게 되는 것으로 분석된다.

그림 7은 표준양생 공시체 및 구조체 콘크리트에 대한 P형 슈미트햄머의 반발도와 압축강도를 산점도로 비교하여 나타낸 것이다.

P형 슈미트햄머의 반발도와 압축강도는 비례적으로 증가하였고, 구조체 콘크리트의 반발도가 표준양생 공시체보다 다소 크게 나타남을 알 수 있었으며, 상관계수는 공히 0.9 이상으

로 매우 양호하였다.

이때, 측면거푸집을 탈형할 수 있는 압축강도 5.0MPa를 발휘하는 P형 슈미트햄머의 반발도는 종합적으로 22 정도이나, 구조체 콘크리트의 경우는 외부환경의 영향으로 다소 크게 나타남에 따라 26 정도로 관리하면 초기강도 확인에 의한 품질관리가 가능할 것으로 판단된다.

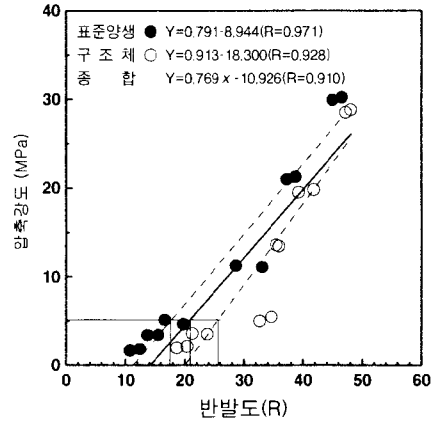


그림 7. P형 슈미트햄머 반발도와 압축강도의 관계

4. 결 론

TEA를 사용한 콘크리트의 초기강도발현에 관한 현장적용 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 유동성은 현장요구 슬럼프인 $8 \pm 1.5\text{cm}$ 를 만족하였고, TEA를 혼입할 경우 베이스 콘크리트(8cm)와 큰 차이가 없었고, 현장 유동화에 따라 목표 슬럼프(18cm)만큼 증가하였다. 또한, 응결시간은 베이스와 TEA를 혼입한 경우 큰 차이가 없었으나, 유동화 콘크리트는 다소 지연되었다.
- 2) TEA 혼입에 따른 24시간 이전의 초기강도에서는 플레인보다 1시간 정도 촉진되어 측면거푸집을 탈형할 수 있는 5.0MPa에 도달하였고, 28일 재령에서는 공기량 증가의 영향으로 베이스보다 약간 작게 나타났지만 거의 영향이 없는 것으로 분석된다.
- 3) P형 슈미트햄머의 반발도와 압축강도간에는 양호한 상관관계를 나타내는데, 구조체 콘크리트의 경우 열용량 및 건조영향으로 동일 반발도에서 추정되는 압축강도는 작게 평가되었다. 이와같은 관계로부터 구조체 콘크리트의 측면거푸집 탈형시기는 P형 슈미트햄머의 반발도 26 정도로 관리하면 초기강도 확인에 의한 품질관리가 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 황인성, 김광화, 김규동, 이승훈, 한천구 ; 트리에탄올아민의 혼입률 변화에 따른 콘크리트의 초기 강도발현 특성, 대한건축학회춘계학술발표논문집, 제23권 제1호, pp. 255-258, 2003. 4