

각종 혼합재료의 첨가에 따른 플라이애쉬 다량 사용 콘크리트의 초기품질 향상

Improvement of the Quality on High Volume Fly-Ash Concrete Corresponding to the Addition of Various Admixtures

이 주 선* 裴長春** 류금성*** 고경택**** 한민철***** 한천구*****
Lee, Ju Sun Pei, Chang Chun Ryu, Gum Sung Koh, Kyung Taek Han, Min Cheol Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This study, with the purpose for early quality improvement of concrete which used large quantity of fly ash, changed various admixture material type and reviewed the basic characteristics. First off, the flow overall was highest when polycarb onic Acid high early strength AE water reducing agent was displaced, while air amount satisfied target level only in the case of plain, and setting time was shown best by getting 30 more minutes than plain and about 3 more hours than conventional when KOH is displaced. Compressive strength was shown best at age 1 day and 3 days when KOH was displaced, and at age 28 days when fine particle cement was displaced. By and large, this study concludes that concrete quality improvement admixture material that used large amount of fly ash showed worse effects than plain, therefore it is determined that there need be more study for development of concrete early quality improvement admixture material that used large amount of fly ash.

요 약

본 연구에서는 플라이애시를 다량 사용한 콘크리트의 초기 품질 향상을 목적으로 각종 혼합재료의 종류를 변화시켜 적정량을 혼입시킨 다음 그 기초적 특성을 검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저, 유동성은 전반적으로 폴리칼본산계 조강형AE감수제를 치환한 경우 가장 크게 나타났고, 공기량에서는 Plain의 경우에만 목표 공기량을 만족하는 것으로 나타났으며, 응결시간은 KOH를 치환한 경우 Plain보다 30분, 기준배합보다 약 3시간 촉진되어 가장 양호한 효과를 발휘하는 것으로 나타났다. 압축강도는 혼합재료의 종류 변화에 따라서 재령 1일 및 3일에서는 KOH를 치환한 경우, 재령 28일에서는 미분시멘트를 치환한 경우 가장 양호하였다.

-
- * 정회원, 청주대학교 석사과정
 - ** 정회원, 청주대학교 박사과정
 - *** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원
 - **** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 책임연구원, 공학박사
 - ***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 전임강사, 공학박사
 - ***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

1. 서론

최근, 화력발전소에서는 석탄이 연소되는 과정에 발생하는 부산물인 플라이애시의 양이 지속적으로 증가되면서 사회적으로 심각한 환경문제로 대두되고 있다. 따라서, 이에 대처하기 위하여 콘크리트 공사현장에서 플라이애시를 혼화재로서 일부 치환하여 사용하고 있으나 사용량 증가에 따른 공기량 저하, 응결지연, 초기강도 저하, 중성화 촉진 등의 단점을 가지고 있어 다량 사용이 어려운 실정이다.

그러므로, 본 연구에서는 플라이애시를 다량 사용한 콘크리트의 초기강도 향상을 목적으로, 강도증진에 효과가 예상되어지는 각종 품질향상 혼화재료의 종류를 변화시켜 그 기초적 특성을 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

즉, 배합사항으로 W/B 50% 1수준에 대하여, 보통 포틀랜드 시멘트(이하 OPC)를 100% 사용한 것을 플레인 배합으로 하고, OPC에 대한 질량비로 플라이애시(이하 FA) 30%를 치환한 것을 기준배합으로 하여, 여기에 품질향상 혼화재료로써 NaOH, KOH, CSA, CKD, 조강형AE감수제 및 미분시멘트를 각종 문헌을 참조하여 적정 사용함에 따르는 총 8수준을 실험계획 하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적질량 및 응결시간을 측정하는 것으로 하고, 경화 콘크리트에서는 압축강도를 측정하는 것으로 한다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료로서 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트(분말도: 3,144cm²/g, 밀도: 3.15g/cm³)를 사용하였고, 혼화재로서 플라이애시(분말도: 4,012cm²/g, 밀도: 2.20g/cm³)는 국내산 K사산을 사용하였다. 골재로서 잔골재(조립율: 2.7, 밀도: 2.58g/cm³)와 굵은골재(조립율: 6.48, 밀도: 2.62g/cm³) 모두는 충북 청원군 옥산산을 사용하였다. 혼화재료로서 NaOH는 순도 98%, KOH는 순도 85%의 국내 S사산을 사용하였으며, CSA는 일본 D사산, CKD는 국내 A사산, 조강형AE감수제는 국내 E사산, 미분시멘트는 국내 A사산을 사용하였다. 또한, 혼화재료로써 고성능감수제는 국내 E사산 나프탈렌계, AE제는 국내산 E사산 음이온계를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트는 트윈샤프트 믹서를 이용하여 혼합하였다. 굳지않은 콘크리트의 유동성 실험으로, 슬럼프는 KS F 2402, 슬럼프플로우는 KS F 2594, 공기량은 KS F 2421, 단위용적질량은

표 1. 실험계획

구분	배합사항					실험사항			
	W/B (%)	목표 슬럼프 (mm)	목표 공기량 (%)	플라이 애시 치환율	품질향상 혼화재료 종류 및 치환율(%)	굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트		
OPC (플레인)	50	120±25	4.5±1.5	0	-	<ul style="list-style-type: none"> · 슬럼프 · 슬럼프플로우 · 공기량 · 단위용적질량 · 응결시간 	<ul style="list-style-type: none"> · 압축강도 (1, 2, 3, 7, 28일) 		
기준									
FA-A								30	<ul style="list-style-type: none"> · NaOH(0.5 mol) · KOH(0.5 mol) · CSA(5 %) · CKD(10 %) · 조강형 AE 감수제 · 미분시멘트(30 %)
FA-B									
FA-C									
FA-D									
FA-E									
FA-F									

KS F 2409, 응결시간은 KS F 2436의 관입 저항침에 의한 콘크리트의 응결시간 시험방법에 의거 실시하였다. 경화 콘크리트의 실험으로, 압축강도는 KS F 2405의 규정에 의거 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 1은 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 굳지않은 콘크리트의 유동성을 나타낸 그래프이다. 먼저, Plain 배합은 배합설계에 의해 목표 슬럼프 120±25mm를 만족하는 것으로 나타났고, 플라이애시를 30% 치환한 기준배합의 경우에는 슬럼프가 170mm로 Plain에 비해 슬럼프가 크게 증가하는 것으로 이는 플라이애시의 미세한 구형입자에 의한 불베어링 작용에 기인한 유동성 증가로 분석된다. 한편, 품질향상 혼합재료의 종류에 따라서는 폴리칼본산계 조강형AE감수제를 치환한 경우 가장 크게 나타났고, 그 다음으로 NaOH, CSA, CKD, KOH 순이었으며, 미분시멘트를 치환한 경우에는 비표면적이 큰 미세립자에 의한 수분 흡착량의 증가에 기인하여 유동성이 가장 작게 나타났다.

그림 2는 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 공기량 및 단위용적질량을 나타낸 그래프이다. 먼저, Plain 배합은 배합설계에 의해 목표 공기량을 만족하는 것으로 나타났고, 기준배합 및 각종 품질향상 혼합재료를 치환한 경우에는 모두 목표공기량을 만족하지 못하는 것으로 나타났는데, 이는 플라이애시에 포함되어있는 미연소 탄분에 의한 혼화제 흡착작용에 기인한 것으로 분석되며, 여타 품질향상 혼화제의 치환이 공기량 회복에 거의 도움을 주지 못하는 것으로 나타났다. 단위용적질량은 전반적으로 공기량의 증가 또는 감소와 반대의 경향을 나타내었다.

그림 3은 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 초결 및 종결시간을 나타낸 그래프이다. 먼저, Plain 배합은 초결시간이 10.2시간, 종결시간이 13.1시간으로 나타났고, 기준배합의 경우에는 초결시간이 11.6시간, 종결시간이 15시간으로 Plain에 비해 응결시간이 1~2시간 지연되는 것으로 나타났다. 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따라서는 KOH의 경우 초결시간이 10시간, 종결시간이 12.8시간으로 Plain에 비해 약 30분 촉진되는 것으로 나타나, 비교적 양호한 효과를 발휘하는 것을 알 수 있었다. 한편, KOH를 제외한 품질향상 혼합재료에서는 Plain에 비해 초결 및 종결시간이 4시간 전후로 지연되는 것으로 나타났고, 기준배합에 비해 NaOH 및 CSA의 경우에는 유사한 응결시간을 보여 큰 효과가 없는 것으로 나타났으며, CKD, 조강형AE감수제 및 미분시멘트는 기준배합보다 2~3시간 응결이 지연되는 것으로 나타나 효과를 발휘하지 못하는 것을 알 수 있었다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 4는 품질향상 혼합재료의 종류별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 먼저, Plain의 경

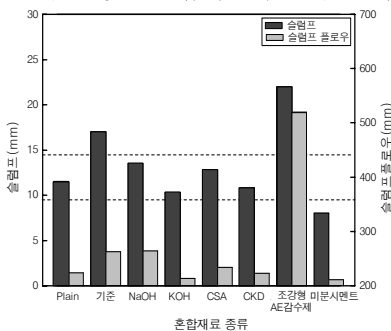


그림 1. 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 유동성

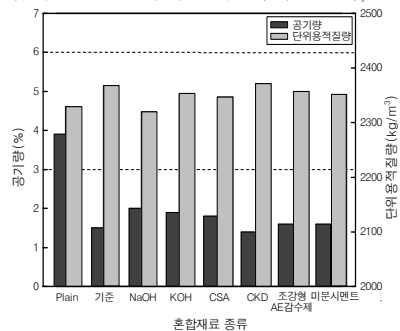


그림 2. 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 공기량 및 단위용적질량

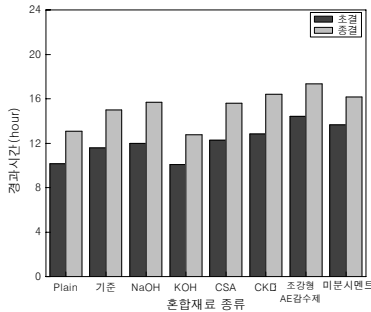


그림 3. 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 초결 및 종결시간

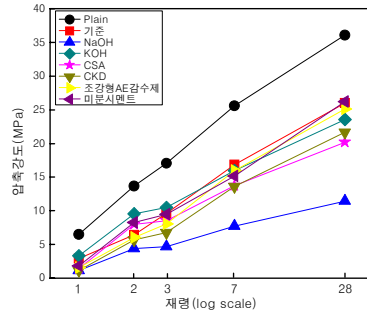


그림 4. 품질향상 혼합재료의 종류별 재령경과 따른 압축강도

우 초기재령 1일에서 압축강도가 6.5MPa로 나타났고, FA 30%를 치환한 기준배합 콘크리트는 2.9MPa로 Plain의 약 55.5% 수준을 발현하였다. 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따라서는 KOH의 경우 3.3MPa로 Plain의 약 49% 수준을 발현하였고, 기준배합보다 약 13.8% 증진되는 것으로 나타났으며, 그 다음으로 미분시멘트가 1.8MPa, 조강형AE감수제가 1.6MPa, CSA가 1.4MPa, NaOH 및 CKD가 1.1MPa로 각각 Plain에 비해 배합에 따라 차이가 있으나 약 50~80% 감소하였고, 기준배합보다 약 15~50% 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 재령 3일에서 Plain은 압축강도가 17MPa로 나타났고, 기준배합 콘크리트는 9.6MPa로 Plain의 약 56.5% 수준을 발현하였으며, 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따라서는 KOH의 경우 10.5MPa로 Plain의 약 61.7% 수준을 발현하였고, 기준배합보다 약 9.2% 증진되는 것으로 나타났다. 한편, 재령 28일 압축강도는 Plain의 경우 36.1MPa로 나타났고, 기준배합은 25.9MPa로 Plain의 약 72% 수준을 발현하였고, 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따라서는 미분시멘트의 경우 26.6MPa로 Plain의 73.7% 수준을 발현하였으며, 기준배합인 경우에 비해 약 2.3% 증진되어 가장 양호한 것으로 나타났다. 그 다음으로 조강형AE감수제, KOH, CKD, CSA, NaOH 순이었는데, 특히 NaOH는 Plain에 비해 약 68.3% 감소하였고 기준배합에 비해 55.9% 감소하는 것으로 나타나 강도 증진 혼합재료로써 가장 좋지 못한 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 플라이애시를 다량 사용한 콘크리트의 초기 품질 향상을 목적으로, 품질향상 혼합재료의 종류를 변화시켜 적정량을 혼입시킨 다음 그 기초적 특성을 검토한 것이다.

1) 유동성은 전반적으로 폴리칼보산계 조강형AE감수제를 치환한 경우 가장 크게 나타났고, 공기량은 Plain 배합의 경우 목표 공기량을 만족하는 것으로 나타났으나, 기준배합 및 각종 품질향상 혼합재료를 치환한 경우에는 모두 목표공기량을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

2) 응결시간은 KOH를 치환한 경우 초결 및 종결시간이 Plain보다 30분, 기준배합보다 약 3시간 촉진되어 가장 양호한 효과를 발휘하는 것으로 나타났다.

3) 압축강도는 품질향상 혼합재료 모두 Plain에 비해 감소하였지만, 기준배합에 비해 초기재령 1일 및 3일에서는 KOH를 치환한 경우 가장 양호하였으며, 재령 28일에서는 미분시멘트를 치환한 경우가 가장 양호하였다.

이상을 종합하면, 본 연구범위에서 플라이애시를 30% 치환한 콘크리트의 경우 품질향상 혼합재료는 KOH를 첨가한 경우 기준배합에 비해 효과가 우수한 것으로 나타났지만, 단, 초기재령 1~3일에서 Plain의 50~60% 강도수준을 발현하여 플라이애시를 다량 사용한 콘크리트의 초기 품질 향상 혼합재료의 개발에 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다.