

고로슬래그 미분말을 다량 사용한 콘크리트의 초기품질 향상에 미치는 각종 혼합재료의 영향

Effect of the Various Admixtures to Improvement of Concrete Using Over-added Blast Furnace Slag at Early Age

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 콘크리트 건설공사에서는 산업부산물의 일종으로서 저렴한 원재료비에 의한 경제적인 측면과 콘크리트의 효율적인 품질향상을 기대할 수 있는 고로슬래그 미분말의 사용이 점차 증가하고 있는 추세이다. 그러나, 고로슬래그 미분말을 다량 치환할 경우는 초기강도 저하, 콘크리트의 중성화 및 한중 시공시 저온으로 인한 응결지연 등의 단점을 가지고 있어 다량 사용이 어려운 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 고로슬래그 미분말을 다량 사용한 콘크리트의 여타의 문제점 중에서 초기 강도 향상을 목적으로, 초기강도 증진에 효과가 예상되어지는 자극제등 품질 향상용 혼합재료의 종류를 변화시켜 그 활용성을 비교하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

즉, 배합사항으로 W/B는 50% 1수준에 대하여, 보통 포틀랜드 시멘트(이하 OPC)에 대한 질량비로 고로슬래그 미분말(이하 BS) 60%를 치환한 것을 Plain배합으로 하고, 여기에 품질향상용 혼합재료로써 NaOH, KOH, CSA, CKD, 조강형AE감수제 및 미분시멘트를 참고 문헌 등을 참조하여 적정 사용함에 따르는 총 7수준을 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, 혼화제로서 고로슬래그 미분말(분말도 : 4,254cm²/g, 밀도 : 2.90g/cm³)은 국내 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. 혼합재료로서 NaOH는 순도 98%, KOH는 순도 85%의 국내 S사산을 사용하였으며, CSA는 일본 D사산, CKD는 국내 A사산, 조강형AE감수제는 국내 E사산, 미분시멘트는 국내 A사산을 사용하였다. 또한, 혼화제로써 고성능감수제는 국내 E사산 나프탈렌계, AE제는 국내산 E사산 음이온계를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트는 트윈 샤프트 믹서를 이용하여 혼합하였다. 굳지않은 콘크리트의 특성 실험으로, 슬럼프는 KS F 2402, 슬럼프플로우는 KS F 2594, 공기량은 KS F 2421, 단위용적질량은 KS F 2409, 응결시간은 KS F 2436의 관입 저항침에 의한 콘크리트의 응결시간 시험방법에 의거 실시하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	W/B(%)	1	50
	목표 슬럼프(mm)	1	120±25
	목표 공기량(%)	1	4.5±1.5
	BS 치환율 (%)	1	60
배합사항	품질향상 혼합재료 종류 및 치환율(%)	7	<ul style="list-style-type: none"> · Plain · NaOH(0.5 mol) · KOH(0.5 mol) · CSA(5 %) · CKD(10 %) · 조강형 AE 감수제 · 미분시멘트(30 %)
실험사항	굳지않은 콘크리트	5	<ul style="list-style-type: none"> · 슬럼프 · 슬럼프플로우 · 공기량 · 단위용적질량 · 응결시간
	경화 콘크리트	1	· 압축강도(1, 2, 3, 7, 28일)

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, Plain의 경우에는 배합설계에 의해 목표 슬럼프를 만족하는 것으로 나타났고, 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따라서는 폴리칼본산계 조강형AE감수제를 치환한 경우 가장 크게 나타났고, 그 다음으로 CSA, NaOH, CKD, KOH 순이었으며, 미분시멘트를 치환한 경우에는 비표면적이 큰 미세립자에 의한 수분 흡착량의 증가에 기인하여 유동성이 가장 작게 나타난 것으로 판단된다.

그림 2는 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 공기량 및 단위용적질량을 나타낸 그래프이다. 먼저, Plain의 경우에는 목표 공기량을 만족하는 것으로 나타났으나, 각종 품질향상 혼합재료를 치환한 경우에는 모두 목표 공기량을 만족하지 못하는 것으로 나타났고, 단위용적질량은 전반적으로 공기량과 반대의 경향을 나타내었다.

그림 3은 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 초결 및 종결시간을 나타낸 그래프이다. 먼저, Plain 경우에는 초결시간이 16시간, 종결시간이 23시간으로 통상적인 OPC 사용배합에 비하여 응결이 지연되는 것으로 나타났고, 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따라서는 NaOH와 KOH의 경우 초결시간이 14시간 전후, 종결시간이 21시간 전후로 Plain에 비해 약 3~4시간이 촉진되는 것으로 나타나, 가장 양호한 효과를 발휘하였는데 이는 강알칼리자극제에 의한 고로슬래그 미분말의 수화반응 촉진에 기인한 것으로 분석된다. 한편, 그 다음으로 미분시멘트의 경우 초결시간이 16시간, 종결시간이 20시간, CKD의 경우 초결시간이 14시간, 종결시간이 22시간으로 Plain에 비해 각각 3시간 전후 촉진되는 것으로 나타났고, CSA 및 조강형AE감수제의 경우 Plain과 유사하게 나타나 큰 효과가 없는 것으로 나타났다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 4는 품질향상 혼합재료의 종류별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이다. 먼저, Plain의 경우 초기재령 3일에서 압축강도가 4.3MPa로 가장 낮게 나타났고, 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따라서는 KOH의 경우 7.9MPa로 Plain에 비해 83% 증진되어 가장 양호한 효과를 발휘하였으며, 그 다음으로 NaOH가 7.3MPa, 미분시멘트가 6.1MPa, 조강형AE감수제가 5.1MPa, CSA가 4.9MPa, CKD가 4.1MPa로 나타났는데, 각각 Plain에 비해 70.6%, 42.8%, 18.2%, 16.4% 증진되는 것으로 나타

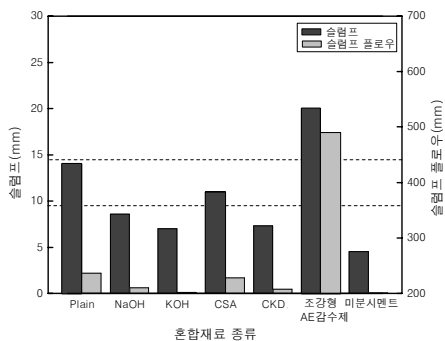


그림 1. 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 유동성

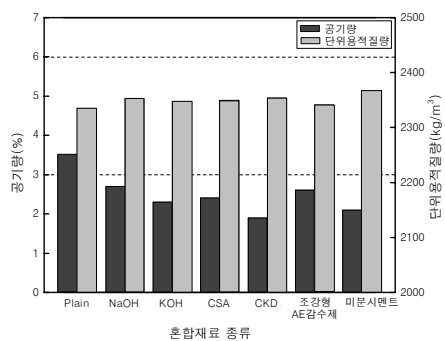


그림 2. 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 공기량 및 단위용적질량

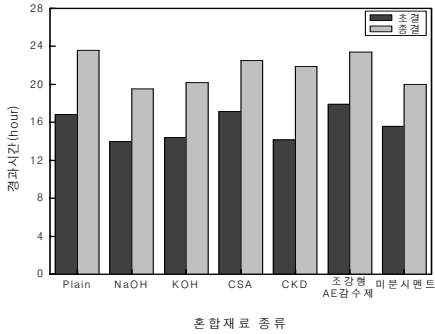


그림 3. 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따른 초결 및 종결시간

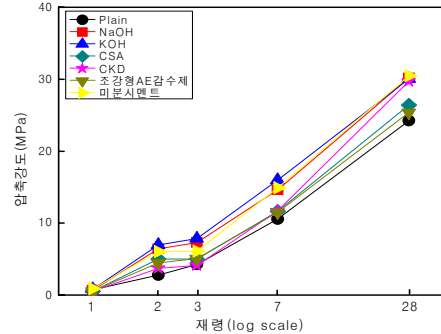


그림 4. 품질향상 혼합재료의 종류별 재령경과에 따른 압축강도

났다. 특히, 알칼리 자극제인 NaOH와 KOH의 경우 초기강도 촉진효과가 비교적 크게 나타났는데, 이는 고로슬래그 미분말이 물과 접촉했을 때 입자 표면에 생기는 치밀한 불투수성 피막을 OH⁻이온이 빠른 속도로 파괴 함으로써 내부의 수화반응을 촉진시킨 것으로 분석된다. 한편, 재령 28일 압축강도는 Plain의 경우 24.3MPa로 역시 가장 낮게 나타났고, 품질향상 혼합재료의 종류변화에 따라서는 KOH, NaOH, CKD, 미분시멘트의 경우 공히 30MPa전후로 Plain에 비해 약 24% 증진되어 가장 양호한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 CSA, 조강형AE감수제의 순으로 강도가 크게 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 고로슬래그 미분말을 다량 사용한 콘크리트의 초기 품질 향상을 목적으로, 품질향상 혼합재료의 종류를 변화시켜 그 역학적 특성을 검토한 것으로, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 유동성은 전반적으로 조강형AE감수제를 치환한 경우 가장 크게 나타났고, 그 다음으로 CSA, NaOH, CKD, KOH, 미분시멘트 순이었다. 공기량은 Plain의 경우에는 목표 공기량을 만족하는 것으로 나타났으나, 각종 품질향상 혼합재료를 치환한 경우에는 모두 공기량이 감소하여 목표 공기량을 만족하지 못하는 것으로 나났고, 단위용적질량은 전반적으로 공기량과 반대의 경향을 나타냈다.

2) 응결시간은 NaOH와 KOH를 각각 치환한 경우 Plain보다 초결 및 종결시간이 3~4시간 촉진되어 가장 양호하게 나타났다.

3) 압축강도는 재령 3일에서 KOH를 치환한 경우 가장 양호하게 나타났고 그 다음으로 NaOH, 미분시멘트, 조강형AE감수제, CSA, CKD 순으로 나타났다. 재령 28일에서는 KOH, NaOH, CKD, 미분시멘트를 치환한 경우 가장 양호하게 나타났고, 그 다음으로 CSA, 조강형AE감수제의 순이었다.

종합적으로 본 연구에서는 KOH를 첨가한 경우 고로슬래그 미분말 다량 사용 콘크리트의 초기 품질향상에 가장 우수한 것으로 나타났는데, 여기서 NaOH 및 미분시멘트를 치환한 경우도 KOH와 거의 근접한 품질향상 효과를 나타내는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이화영, 장홍석, 문경주, 소승영, 소양섭, '알칼리 자극제를 이용한 비소성 시멘트 모르타르의 압축강도 개선' 대한건축학회 학술발표대회논문집 제26권 제1호, 2006
2. 전충근, 차천수, 차완호, 손성운, 한천구, '시멘트 킬른 더스트를 사용한 콘크리트의 역학적 특성에 관한 연구', 대한건축학회 학술발표논문집 제23권 제1호, 2003
3. 한천구, 이문환, 박재명, 裴長春, 'CSA에 의한 혼화제 사용 콘크리트의 초기품질 향상', 대한건축학회논문집 구조계 22권 4호, 2006