

플라이애쉬 및 팽창재를 이용한 고성능 콘크리트의 특성

The Properties of High Performance Concrete Using Fly Ash and Expansive Additives

전 병 채* 홍 상 회** 송 명 신***
Jun, Byung Chea Hong, Sang Hee Song, Myong Shin
한 천 구**** 반 호 용****
Han, Cheon Goo Bhan, Ho yong

ABSTRACT

In this paper, the properties of high performance concrete with fly ash and expansive additives are investigated. According to the experimental results, when 10% of fly ash and 5% of expansive additives are mixed in concrete mixture, the improvement of the quality in the side of the fluidity, strength and the prevent of the crack caused by drying-shrinkage can be accomplished

1. 서 론

플라이애쉬란 석탄을 연료로 하는 화력발전소에서 미분탄을 연소시키는 과정중 폐개스의 집진으로 얻어지는 인공 포졸란 물질로서, 최근에 들어 산업부산물 활용 및 환경보호라는 측면에서 사용량이 증가될뿐만 아니라 활용도에 관하여도 많은 연구가 진행되고 있다.

그러므로 본 연구에서는 W/B 35%인 고강도 범위에서 고유동 및 고내구성을 나타내는 고성능 콘크리트에 대하여 플라이애쉬와 CSA계 팽창재를 혼화재로 일정량 사용함으로써, 워커빌리티 증진 및 콘크리트 구조물에 발생하는 건조수축에 의한 균열방지등 품질을 향상 시키고 아울러 경제성을 성취시키는 방향과 관련하여 더욱 향상된 고성능 콘크리트의 제반특성에 대하여 분석 및 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, W/B 35%에 대하여 팽창재 혼입율을 0% 및 5%의 2개 수준으로 하고, 플라이애쉬 치환율은 0%, 10% 및 20%의 3개수준으로 변화시켜 실험계획 한다.

이때, 콘크리트의 배합은 팽창재 및 플라이애쉬를 혼입하지 않은 배합에서 목표 슬럼프폴로우를 60 ± 10 cm, 목표 공기량을 $4.5 \pm 1.5\%$ 를 배합설계하여 단위수량, 잔골재율 및 AE제량을 결정한 다음 이를 전배합에 동일하게 적용하도록 한다.

* 정회원, 청주대학교 대학원 박사과정

** 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

*** 정회원, (주)중부실업, 기술개발부, 이사

**** 정회원, 청주대학교 교수, 공학박사

2.2 사용재료

본 실험의 사용재료로 시멘트(비중 3.15)는 국내 산 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하며, 골재로써 굵은 골재는 20mm부순돌, 잔골재는 강모래를 사용한다.

혼화재료로서 팽창제는 (주)중부실업에서 생산되

는 노세락(상품명)을 사용하며, 고성능감수제는 (주)코리아 마스터빌더스에서 생산되는 폴리칼본산계를 사용한다. 또한 폴라이에쉬(이하 F.A)는 분급 정제된 보령화력산을 사용하고, 물은 청주시 상수도를 사용한다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지않은 콘크리트에서의 슬럼프 및 슬럼프플로우 시험은 KS F 2402 및 기존에 알려진 방법으로 실시하고, 굵은골재 씻기 시험에 의한 재료분리저항을 및 충전성 시험 역시 기존에 알려진 표준적인 방법으로 측정하며, 공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적중량 시험은 KS F 2409의 규정, 응결시간은 KS F 2436의 관입저항침에 의한 시험방법에 따라 측정한다. 경화 콘크리트의 실험으로 압축, 인장강도는 KS F 2405 및 2423의 표준적인 방법에 의거 실시하고, 길이변화 시험은 7일까지는 수증양생한 다음 그 이후는 기증양생(온도 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$)으로 건조시킨 후 KS F 2424 규정에 의한 다이알게이지 방법으로 측정한다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 1은 F.A 치환을 변화에 따른 슬럼프플로우, 슬럼프, 재료분리저항을 및 충전높이를 팽창제혼입을별로 나타낸 적은선 그래프이다.

슬럼프플로우는 팽창제를 혼입하지 않은 경우 F.A를 치환하지 않은 경우보다 F.A치환을 20%에서 가장 크게 나타났다. 또한, 팽창제 5% 혼입하였을 경우는 F.A치환을 10%일 때 가장 크고 그 이후는 감소하는 경향으로 나타났는데, 이는 팽창제를 5% 혼입할경우 점성증가에 기인한 것으로 분석

표 1. 실험계획

배합사항								실험사항	
W/B (%)	E.A (%)	F.A (%)	W (kg/m ³)	S/A (%)	S.P/C (%)	AE/C (%)	굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트	
35	0 5	0 10 20	175	50	1.4	0.0045	-유동성: · 슬럼프 · 슬럼프플로우 -재료분리저항성 · 굵은골재씻기시험 -충전성:U형충전시험 -기타:공기량, 단위용적중량 응결시간	-압축강도 (7, 28일) -인장강도 (28일) -길이변화율 (1,3,7,14,21,28일)	

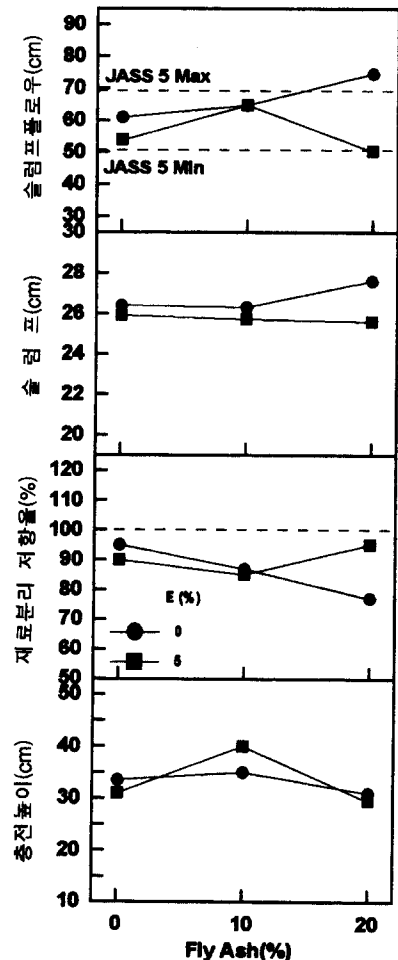


그림 1. 유동성, 재료분리저항성 및 충전높이

된다. 단, 슬럼프인 경우는 전반적으로 25cm 이상의 양호한 유동성을 나타내었다.

재료분리저항율은 팽창재의 혼입율 0%인 경우 F.A치환율이 증가할수록 감소하고, 팽창재 5% 혼입하였을 경우는 증가하는 경향으로 나타났고, 충전높이는 전반적으로 30cm 이상의 양호한 특성을 보였는데, 팽창재 혼입율 5%, F.A치환율 10%에서 가장 양호하게 나타났다.

그림 2는 그림 1과 동일한 요령으로 공기량, 단위용적중량 및 응결시간을 꺾은선 그래프로 나타낸 그래프이다. 먼저 공기량은 F.A치환율이 증가할수록 감소하는데, 이는 F.A에 포함된 미연소탄소의 AE제 흡착작용에 기인한 것으로 분석되어 AE공기량을 확보하려면 AE제 첨가량을 증가시켜야 하는 것으로 나타났고, 또한 팽창재를 5% 혼입하면 팽창재의 AE제 성분 함유에 기인하여 다소 크게 나타났다. 단, 단위용적중량은 공기량과 반대로 증가하는 경향으로 나타났다.

응결시간은 팽창재 0%인 경우 F.A치환율이 증가할수록 응결시간은 1시간 정도 지연되는 것으로 나타났으나, 팽창재 혼입율 5%, F.A치환율 10%일 때 가장 빠르게 나타났고 그 전 후에는 길어지는 경향이였다.

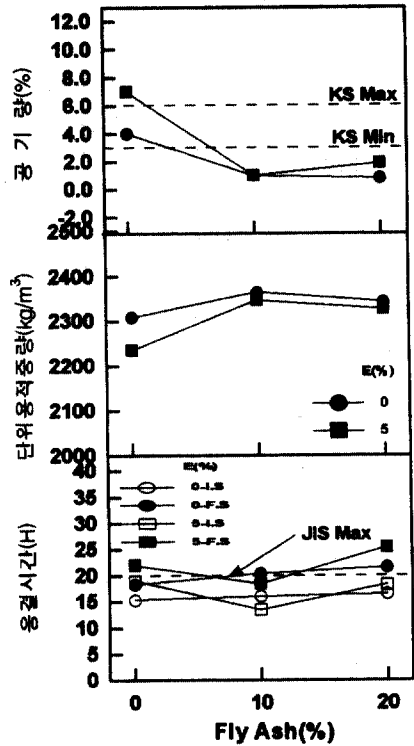


그림 2. 공기량, 단위용적중량 및 응결시간

3.2 경화 콘크리트 특성

그림 3은 팽창재혼입율별 F.A치환율 변화에 따른 압축 및 인장강도를 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다. 먼저 압축강도 특성은 7일 재령에서는 F.A 치환율이 증가할수록, 팽창재를 혼입할수록 감소경향으로 나타났으며, 28일 재령에서는 팽창재 혼입율 0% 및 5%에서 F.A의 치환율이 증가할수록 강도는 증가하는 경향으로 나타났다. 이는 F.A의 포졸란반응 및 공기충전효과 등에 기인한 것으로 분석된다. 또한 인장강도의 경우도 압축강도와 유사하게 나타났다.

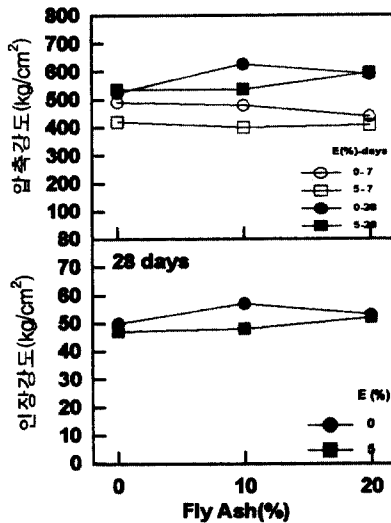


그림 3. 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 강도특성

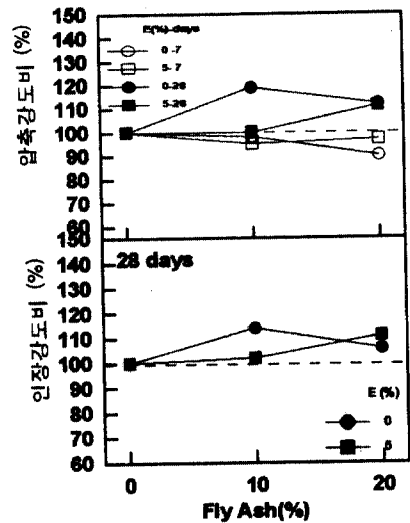


그림 4. 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 압축 및 인장강도비

그림 4는 그림 3을 또다른 각도에서 분석한 것으로 F.A를 치환하지 않은 경우를 100으로 하였을 때

F.A치환을 변화에 따른 각 강도비를 나타낸 것이다. 강도비는 전반적으로 28일 재령에서 F.A치환율이 증가할수록 강도 10~20%로 향상되었다. 특히 팽창재를 혼입하지 않은 경우에는 F.A치환율 10%에서, 팽창재 5% 혼입시는 F.A치환율 20%에서 가장 양호하게 나타났으며, 인장강도비도 마찬가지로 압축강도비와 유사하게 나타났다.

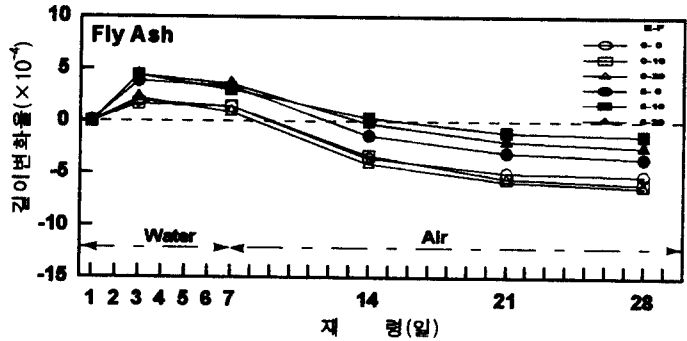


그림 5. 폴라이에쉬 치환율 변화에 따른 길이변화율

3.3 길이변화특성

그림 5는 7일까지 수중양생한 다음 그 이후는 기중양생으로 건조시킨 콘크리트 시험체의 길이변화율을 팽창재 혼입율 및 F.A치환율별 재령경과에 따라 꺾은선 그래프로 나타낸 것이고, 그림 6은 그림 5에서의 7일 및 28일 재령의 길이변화특성을 또다른 각도에서 비교한 그래프이다. 전반적인 경향으로는 수중양생 3일에서 최대팽창을 일으킨 후 수축하기 시작 하였는데, F.A치환율 변화에서는 팽창재를 혼입하지 않은 경우는 치환율이 증가할수록 팽창 및 수축특성은 큰 변화가 없는 것으로 나타났으나, 팽창재를 5% 혼입한 경우는 F.A치환율 10%가 다소 양호한 것으로 나타났다. 또한 팽창재를 혼입하지 않은 경우보다 7일에서는 평균 2.1×10^{-4} , 28일에서는 2.6×10^{-4} 정도의 팽창성향으로 나타나 건조수축에 의한 균열방지에 효과가 있는 것으로 나타났다.

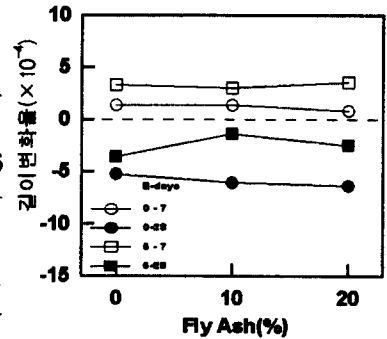


그림 6. 폴라이에쉬 치환율 변화에 따른 팽창특성

4. 결 론

폴라이에쉬 및 팽창재의 혼입을 변화에 따른 고성능 콘크리트의 굳지않은 콘크리트, 경화 콘크리트 및 길이변화 특성을 요약하면 다음과 같다.

1) 굳지않은 콘크리트의 유동성은 F.A치환율이 증가할수록 크게 나타났으나, 팽창재 5% 혼입할 경우는 F.A치환율 10%이상에서는 유동성이 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 재료분리저항성은 F.A치환율이 증가할수록 감소경향으로 나타났고, 충전높이는 F.A치환율 10% 및 팽창재 혼입율 5%에서 가장 양호하게 나타났다. 공기량은 F.A치환율이 증가할수록 감소 하는것으로 나타났으며, 단위용적중량은 반대의 경향으로 나타났다.

2) 경화 콘크리트에서 압축 및 인장강도 특성은 F.A치환율 10%에서 가장 양호하게 나타났으며, 인장강도도 압축강도와 유사하게 나타났다. 단, 팽창재를 5% 혼입하면 강도는 크게 변화가 없는 것으로 나타났다.

3) 건조수축에 의한 길이변화특성은 F.A치환율 변화에서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 팽창재를 5% 혼입시 7일 재령에서 평균 2.1×10^{-4} , 28일에서는 2.6×10^{-4} 정도의 건조수축에 보상효과가 있는 것으로 나타났다.