

실리카 흙 및 팽창재를 이용한 고성능 콘크리트의 특성

The Properties of High Performance Concrete Using Silica Fume and Expansive Additives

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

ABSTRACT

This study is investigate the properties of high performance concrete at W/B of 35%, used with silica fume and CSA expansive additives, which is used to improve the concrete qualities and prevent the drying-shrinkage. According to the results, the fluidity of concrete shows a decline with the increase of replacement percentage of silica fume and proportions of expansive additives. A higher strength is obtained at 5% of replacement percentage of silica fume, while the compensation achieves in drying-shrinkage of concrete at 5% of expansive additives.

1. 서 론

실리카흙이란 실리콘, 페로실리콘, 실리콘 합금 등을 제조할 때 발생하는 폐가스 중에 포함되어 있는 SiO_2 를 집진기로 모아서 얻어지는 초미립자의 산업부산물로서, 시멘트 입자의 1/50~1/100정도로 미세하기 때문에 시멘트 입자의 공극을 충전하는 효과 뿐만아니라 입자모양이 구형으로 워커빌리티를 향상시킨다. 또한 수화초기부터 수산화칼슘과 결합하는 포졸란 반응으로 콘크리트 조직을 치밀하게 하여 고강도 및 고성능 콘크리트에 빈번하게 사용되는 중요한 재료이다.

그러므로 본 연구에서는 물결합재비(W/B) 35% 범위에서 고강도, 고유동 및 고내구성을 나타내는 고성능 콘크리트에 대하여 실리카흙과 CSA계 팽창재를 혼화제로 사용하므로써, 콘크리트의 품질향상 및 건조수축 의한 균열방지등 더욱 향상된 고성능 콘크리트의 개발에 한 참고자료로 제시하고자 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, 실리카흙 치환율 0~10%까지 5% 간격인 3개 수준으로 하여 총 6개 수준으로 실험 계획 한다.

* 정희원, (주)중부실업 기술개발부 이사
** 정희원, 청주대학교 대학원 석사과정
*** 정희원, 청주대학교 대학원 박사과정
**** 정희원, 청주대학교 교수, 공학박사

이때, 콘크리트의 배합은 팽창재 및 실리카 흙을 혼입하지 않은 배합에서 목표 슬럼프플로우를 $60 \pm 10\text{cm}$, 목표공기량을 $4.5 \pm 1.5\%$ 로 배합설계하여 단위수량, 잔골재율, 고성능감수제량 및 AE제량을 결정한 다음 이를 전배합에 동일하게 적용하도록 한다.

표 1. 실험 계획

구분	W/B (%)	팽창재 혼입율 (%)	S.F (%)	W (kg/m^3)	S/A (%)	S.P/C (%)	AE/C (%)
배합 사항	35	0 5 10	0	175	50	1.4	0.0045
			5				
			10				
실험 사항	굳지않은 상태		경화 상태				
	<ul style="list-style-type: none"> · 슬럼프, 슬럼프플로우 · 굽은골재셋기시험 · U형충전시험 · 공기량, 단위용적중량 · 용결시간 		<ul style="list-style-type: none"> · 압축강도(7, 28일) · 인장강도(28일) · 길이변화율: (1,3,7,14,28일) 				

2.2 사용재료

본 실험의 사용재료로 시멘트는 국내산 1종 보통 포틀랜드 시멘트(비중 3.15)를 사용하며, 골재로써 굽은골재는 20mm 부순돌을, 잔골재는 강모래를 사용한다.

혼화재료로서 팽창재는 (주)중부실업에서 생산되는 노세락(상품명)을 사용하며, 고성능감수제는 (주)코리아 마스터빌더스에서 생산되는 폴리칼보산계를 사용한다. 또한, 실리카흙(비중 2.2-이하 S.F)은 노르웨이산을 사용하고, 물은 청주시 상수도를 사용한다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지않은 콘크리트에서의 슬럼프 및 슬럼프플로우 시험은 KS F 2402 및 기준에 알려진 표준적인 방법으로 실시한다. 굽은골재 셋기 시험에 의한 재료분리 저항율, 충전성 시험 역시 기준에 알려진 표준적인 방법으로 측정하며, 공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적중량 시험은 KS F 2409 규정, 용결시간 측정은 KS F 2436의 관입저항침에 의한 시험방법에 따라 측정한다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축, 인장강도는 KS F 2405 및 2423 규정에 의거 실시하고, 길이변화 시험은 7일까지는 수중양생한 다음 그 이후는 기중양생(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 S.F치환율 변화에 따른 슬럼프플로우, 슬럼프, 재료분리저항 및 충전높이를 팽창재혼입율별로 나타낸 격온선 그래프이다. 먼저 S.F치환율이 증가 및 팽창재를 혼입할수록 유동성은 저하하는 것으로 나타났는데, S.F를 치환하지 않은 경우를 기준으로 할 때 S.F치환율 5% 증가할수록 슬럼프 및 슬럼프플로우는 7%정도 감소하였다. 이는 S.F는 비표면적이

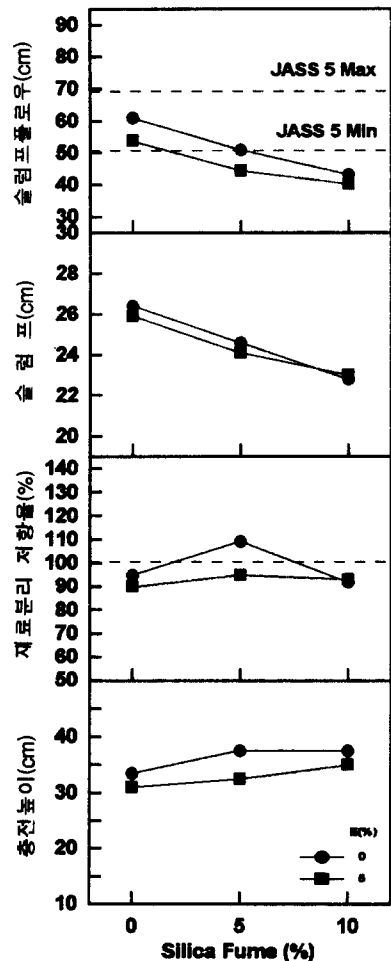


그림 1. 실리카 흙 치환율 변화에 따른 유동성, 재료분리저항성 및 충전높이

크고 수산화칼슘과 짧은 시간에 반응하여 겔상태의 물질을 생성하기 때문에 슬럼프 손실이 크게되는 것으로 분석된다. 따라서, 소요의 유동성을 얻기위하여는 필요한 단위수량을 증가시키거나 고성능감수제의 종류선택이 사용량 판단이 중요한 것으로 사료된다. 또한, 팽창재 혼입시 감소원인으로는 팽창재 제품에 팽창성분인 에트리타이트의 생성을 유발할 목적으로 함유된 CaSO₄의 성분의 함유로 인하여 유동성이 저하 된 것으로 분석된다.

재료분리저항율은 팽창재의 혼입을 0%인 경우 S.F치환율 5%에서 가장 양호하게 나타났으며, 충전높이는 S.F치환율이 증가할수록 다소 증가하는 것으로 나타났는데, 전반적으로 30cm 이상의 양호한 특성을 보였다.

그림 2는 그림 1과 동일한 요령으로 공기량, 단위용적중량 및 응결시간을 꺾은선 그래프로 나타 낸 것이다.

공기량은 S.F치환율이 증가할수록 다소 증가경향으로 나타났고, 팽창재를 혼입한 경우는 팽창재를 혼입하지 않은 것보다 공기량이 크게 나타났는데, 이는 팽창재에 일부 함유된 AE제 성분 및 특정 첨가물의 특성에 기인한 것으로 분석되어 공기량 감소를 위한 소포제의 사용이 검토된다. 단, 단위용적중량은 공기량과 반대경향으로 나타났다.

응결시간은 S.F치환율이 증가할수록 다소 빠른경향을 보이는 데 플레인에 비하여 큰 영향은 아닌 것으로 나타났다. 단, 팽창재를 5% 혼입할 경우에는 초결 및 종결 공히 3시간 정도 지연되는 것으로 나타났다. 이는 팽창재의 제품에 함유된 리그닌 및 기타 첨가물의 영향으로 분석된다.

3.2 경화 콘크리트 특성

그림 4는 팽창재 혼입을 별 S.F치환율 변화에 따른 압축 및 인장강도를 나타낸 것이다.

압축강도는 S.F 치환율이 증가할수록 공기량의 증가 및 단위시멘트량 감소로 7일 재령에서 약간 감소경향으로 나타났지만, 28일 재령에서는 포졸란

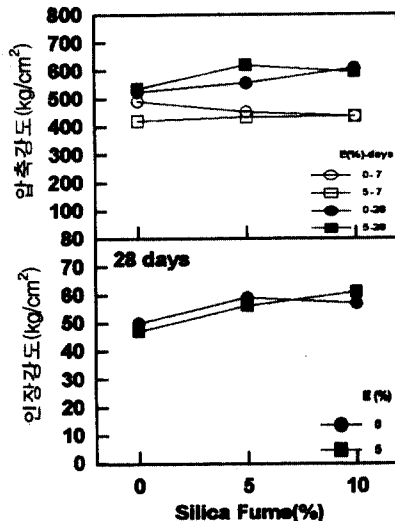


그림 4. 실리카 흙 치환율 변화에 따른 강도특성

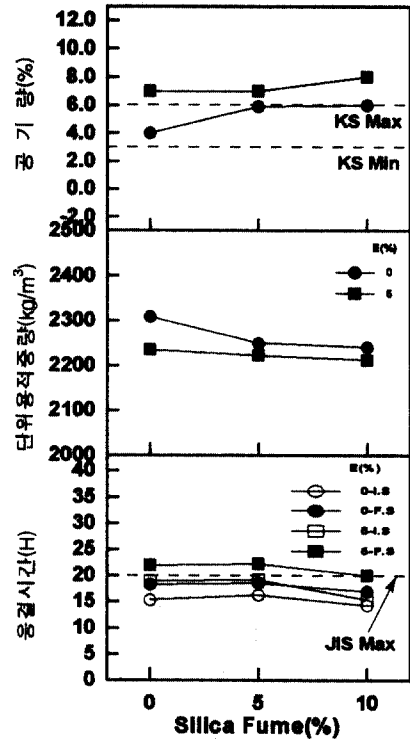


그림 2. 실리카 흙 치환율 변화에 따른 공기량, 단위용적중량 및 응결시간

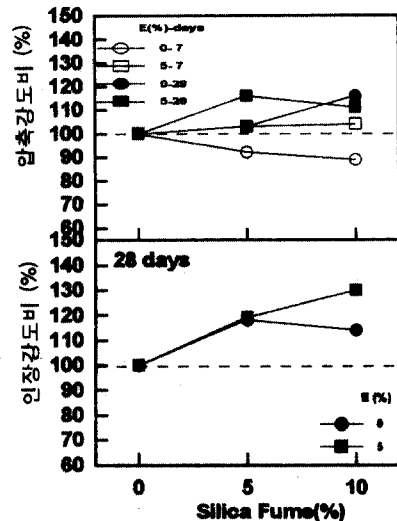


그림 5. 실리카 흙 치환율 변화에 따른 압축 및 인장강도비

반응 및 공극충전효과에 기인하여 크게 강도가 향상 되었다. 재령경과에 따른 강도증진 비율로서 28일 압축강도를 기준으로 할 때 폴레인의 경우 7%, S.F 치환율 5%인 경우는 19%, 10%인 경우는 29%의 강도 향상을 보여 S.F치환율이 증가할수록 강도증진 경향은 크게 나타났으며, 팽창재 혼입율 5%인 경우도 비슷한 경향으로 나타났다. 특히, 팽창재를 5% 혼입 하고 S.F치환율 5%일때 가장 양호한 강도 특성을 나타내었다.

그림 5는 그림 4를 다른각도에서 분석한 그래프로써 S.F치환율 0%에 대한 S,F 각치환율에 따른 압축강도비 및 인장강도비를 나타낸 것이다. 전반적인 경향은 압축강도가 커짐에 따라 인장강도도 커지는 것으로, S.F의 치환율이 증가할수록 각 강도비는 커지는 것으로 나타나 S.F이 압축 및 인장강도 특성에 우수한 것으로 나타났다.

3.3 길이변화특성

그림 6은 7일까지 수중양생한 다음 그 이후는 기중양생으로 건조시킨 길이변화율을 S.F치환율별 재령경과에 따라 꺾은선 그래프로 나타낸 것이고, 그림 7은 그림 6에서의 7일, 28일 길이변화특성을 또다른 각도에서 비교한 그래프이다. 전반적인 경향으로는 수중양생 3일에 최대팽창을 일으킨 후 수축하기 시작 하였는데, S.F치환율 변화에서는 팽창재를 혼입하지 않는 경우 S.F이 증가할수록 팽창 및 수축특성은 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 특히, 팽창재를 혼입하지 않은 경우보다 팽창재를 5% 혼입할 경우에는 7일, 28일에서 $2\sim 3.5 \times 10^{-4}$ 의 팽창효과를 발휘하여 팽창재에 의한 건조수축 저감효과가 있는것으로 나타났다.

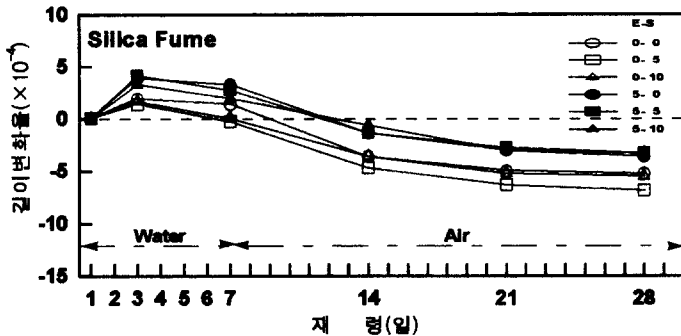


그림 6. 실리카 흙 치환율 변화에 따른 길이변화율

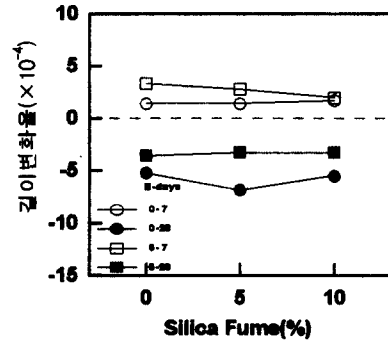


그림 7. 실리카 흙 치환율 변화에 따른 팽창특성

4. 결 론

실리카 흙 및 팽창재를 이용한 고성능 콘크리트의 굳지않은 상태, 경화 상태 및 길이변화 특성을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 콘크리트에서 유동성은 S.F치환율이 증가 및 팽창재를 혼입할수록 저하하는 것으로 나타났으며, 재료분리저항성은 S.F치환율 5%에서 가장 양호 하게 나타났다. 공기량은 유동성과 반대의 경향으로 나타났으며, 응결시간은 S.F치환율이 증가할수록 빠르게 나타났다.
- 2) 경화 콘크리트에서의 압축 및 인장강도 특성은 팽창재 5% 혼입량에 큰 영향이 없게 나타났고, S.F은 치환율이 증가 할수록 강도도 증가하는 하는 것으로 나타나, S.F치환율 각 5%에서 가장 양호하게 나타났다.
- 3) 건조수축에 의한 길이변화특성은 팽창재를 혼입하지 않은 경우는 실리카 흙 치환율 변화에 따라서 영향은 없으나, 팽창재 5% 혼입시 7일, 28일에서 $2\sim 3.5 \times 10^{-4}$ 의 건조수축 저감효과가 있는 것으로 나타났다.