

팽창재 혼입을 변화에 따른 고성능 콘크리트의 특성

The Properties of High Performance Concrete to the Variation Expansive Additives

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

ABSTRACT

In this paper, the compensation of the shrinkage in high performance concrete by applying CSA expansive additives are discussed. According to the experimental results, fluidity and strength decrease with the increase of the dosage of expansive additives. When 5% of expansive additives are mixed, not only high fluidity and strength, but also the compensation of drying-shrinkage can be achieved.

1. 서 론

최근 국내의 건설시공기술은 구조물의 고층화, 대형화 및 다기능화 추세에 따라 이에 부합되는 건설재료의 성능향상이 필요하게 되었다. 이에 따른 건설의 기본재료인 콘크리트의 경우도 고품질 및 고기능을 요구하고 있는데 즉, 굳지않은 상태에서의 유동성, 충전성 및 재료분리 저항성이 양호하고 경화후에는 고강도, 고내구성을 발휘하는 고성능 콘크리트가 요구되어지고 있다.

그러나 최근에 개발된 고성능 콘크리트는 현대개념에 부응하는 양호한 품질을 발휘하는 이면에 많은 단위시멘트량 등 분체량이 증가함에 따라 높은 수화열에 의한 온도응력균열 및 건조수축에 의한 수축균열등이 문제시 되고 있다.

그러므로 본 연구에서는 고강도 범위에서 특히, 건조에 의한 수축 균열을 보상하기 위하여 에트린가이트 성분의 CSA계 팽창재를 혼화재로 사용하여, 시멘트량에 일정비율 혼입하는 팽창재 혼입을 변화에 따라 굳지않은 콘크리트, 경화콘크리트 및 길이변화 특성 등 각종 물성을 비교 분석·고찰하므로써 균열없는 고품질인 고성능 콘크리트를 개발 하고자 한다.

* 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

** 정회원, 청주대학교 대학원 박사과정

*** 정회원, (주)중부실업 기술개발부 이사

**** 정회원, 청주대학교 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, W/B 30%, 35%의 2개수준에 대하여 팽창제 혼입율을 0%~7.5%까지 2.5% 간격인 4개 수준으로 총 8배치를 실험계획 한다.

이때, 콘크리트의 배합은 팽창제를 혼입하지 않은 배합에서 목표 슬럼프플로우 $60 \pm 10\text{cm}$ 에 맞는 단위수량, 잔골재율 및 고성능감수제량을 결정하고, 또한 목표 공기량 $4.5 \pm 1.5\%$ 를 만족하는 AE제량을 결정하여 기타 배합에도 동일하게 적용하도록 한다.

표 1. 실험 계획

배 합 사 항						실 험 사 항	
W/B (%)	팽창제 혼입율 (%)	W (kg/m ³)	S/A (%)	S.P/C (%)	AE/C (%)	굳지않은 콘크리트	경 화 콘크리트
30	0	177	48	1.75	0.0045	<ul style="list-style-type: none"> · 유동성: 슬럼프 슬럼프플로우 · 재료분리저항성 · 굽은골재씻기시험 · 충전성: U형충전시험 · 기타: 공기량, 단위용적중량, 응결시간 	<ul style="list-style-type: none"> · 압축강도(7, 28일) · 인장강도(28일) · 길이변화율: (1,3,7,14,28일)
	2.5						
35	5	175	50	1.4			
	7						

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프 및 슬럼프플로우 시험과 공기량 및 단위용적중량, 굽은골재 씻기시험, U형충전시험, 응결시간을 측정한다.

경화콘크리트에서는 압축 및 인장강도(28일재령)를 계획된 재령에서 측정하고, 건조수축특성으로서 길이변화는 탈형직후와 3일에서 측정한 후 7일에서 28일까지는 일주일 간격으로 측정한다.

2.2 사용재료

본 실험의 사용재료로 시멘트는 국내산 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하는데 물리적 성질은 표 2와 같다. 골재로써 굽은골재는 부순돌 20mm를 사용하며, 잔골재는 강모래를 사용하는데 물리적 성질 및 입도곡선은 표 3 및 그림 1과 같다. 혼화재료로서 CSA계 팽창제는 (주)중부산업에서 생산되는 노세탁(상품명)을 사용하고, 고성능감수제는 (주)코리아 마스터빌더스에서 생산되는 폴리칼본산계를 사용하는데, 팽창제의 화학적성질 및 고성능감수제의 물리적 성질은 표 4, 5와 같다.

물은 청주시 상수도를 사용한다.

표 2. 시멘트의 물리적 성질

비 중	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결 시간(분)		압축 강도(kg/cm ²)		
			초결	중결	3일	7일	28일
3.15	3,430	0.07	236	332	232	301	395

표 3. 골재의 물리적 성질

골재 종류	비중	조립율 (F.M)	흡수율 (%)	단위용적량 (kg/m ³)	입형관적율 (%)	No.200체 통과율 (%)
강모래	2.56	2.62	2.25	1530	61.0	2.06
부순돌	2.57	6.67	1.83	1532	59.0	-

표 4. 팽창재의 화학적 성질(%)

CaO	Al ₂ O ₃	SO ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	SiO ₂	lg.loss	Total	f-CaO
46.54	14.92	32.27	0.17	0.78	0.14	4.01	1.05	99.88	15.90

표 5. 혼화제의 물리적 성질

혼화제 종류	의 관	성 상	비 중 (20℃)	표준사용량 C×(%)
고성능 감수제	암갈색 액체	액상	1.05±0.02	0.5~3.0

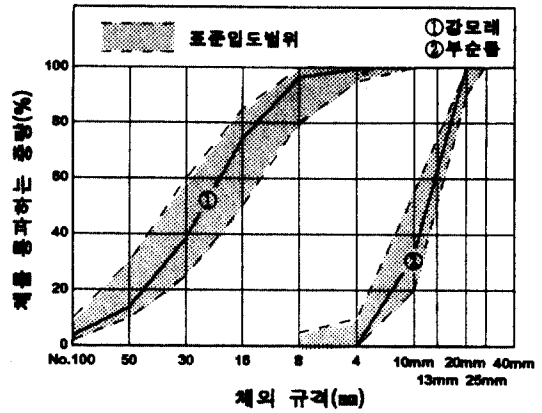


그림 1. 골재의 입도곡선

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬 믹서를 이용하여 그림 2의 순서에 따라 실시한다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프 시험은 KS F 2402에 의한 표준적인 방법으로 실시한다. 슬럼프폴로우 시험은 슬럼프 시험이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균값으로 하고, 굽은골재 씻기 시험 및 충전성 시험은 기존에 알려진 연구방법으로 실시한다.

공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적중량 시험은 KS F 2409의 규정에 따라 실시한다. 응결시간 측정은 KS F 2436의 관입저하침에 의한 콘크리트 응결시간의 시험방법에 따라 측정한다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축 및 인장강도는 KS F 2405, 2423의 방법에 의거 실시하고, 길이변화 시험은 7일까지는 수중양생한 다음 그 이후는 기중양생으로 건조시킨 후 KS F 2424 규정에 의한 다이알게이지 방법으로 한다.

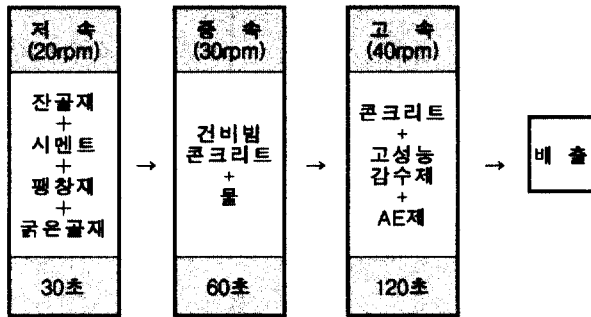


그림 2 콘크리트의 배합

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 3은 팽창재 혼입을 변화에 따른 W/B별 슬럼프, 슬럼프폴로우, 공기량 및 단위용적중량을 나타낸 격은선 그래프이다. 먼저 슬럼프 및 슬럼프폴로우는 팽창재 혼입율이 증가할수록 감소하는 경향으로 나타났는데, 팽창재혼입율 2.5% 증가에 따라 슬럼프는 2%, 슬럼프폴로우는 7~10% 정도 감소하였는데, 이는 제품에 함유된 CaSO₄의 성분의 증가로 인하여 슬럼프가 저하된 것으로 사료된다. 또한, W/B 35%에서 팽창재 혼입을 7.5%를 제외하고는 JASS -5의 50cm이상 70cm이하의 범위를 만족하는

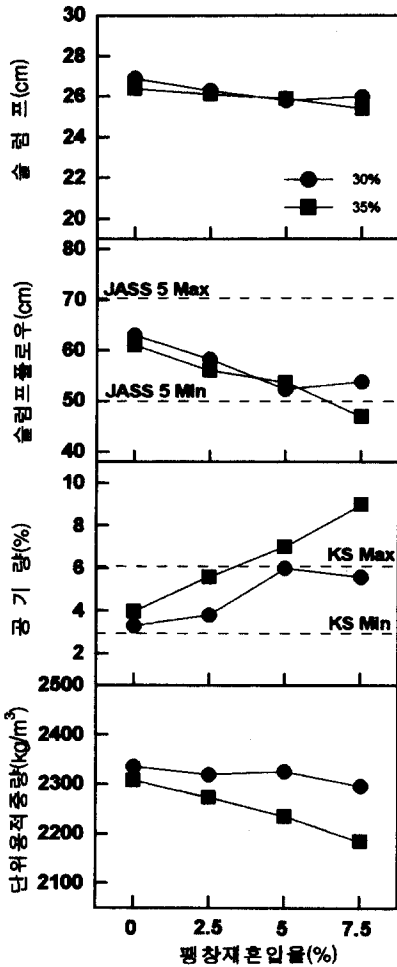


그림 3. 팽창제 혼입율에 따른 굳지않은 특성

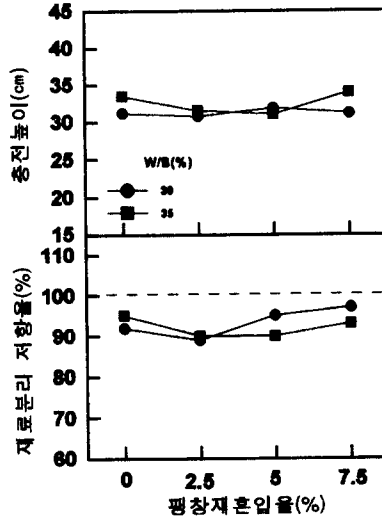


그림 4. 팽창제 혼입율에 따른 충전높이 및 재료분리 저항률

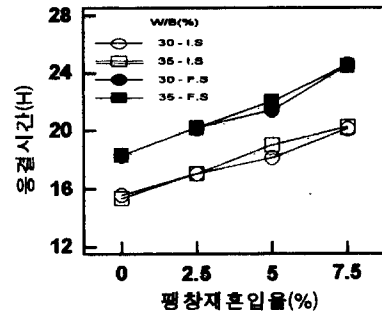


그림 5. 팽창제 혼입율에 따른 응결시간

험에 의한 재료분리 저항율을 직은선 그래프로 나타낸 것이다. 먼저, 충전높이는 팽창제 혼입율이 증가함에 따라 큰 차이없이 30cm 이상의 매우 양호한 것으로 나타났으며, 재료분리저항율은 팽창제 혼입율 2.5%에서 다소 작게 나타났으나, 전반적으로 90% 이상의 양호한 결과로 나타났다.

그림 5는 W/B 별 팽창제 혼입을 변화에 따른 관입저항치를 측정하여 콘크리트의 초결 및 종결시간을 나타낸 것이다. 초결과 종결 모두 팽창제를 첨가하지 않은 경우보다 팽창제 혼입율 2.5% 증가에 따라 1~2시간 정도 지연되는 것으로 나타났는데, 팽창제 혼입율 7.5%의 경우는 초결은 4시간 종결은 6시간 정도 지연 되는 것으로 나타났다. 이는 팽창제의 제품성분중 유동성향상 목적으로 첨가된 리그닌 및 기타 특수 첨가물의 영향에 의한 응결지연 효과가 나타난 것으로 분석되어 진다.

3.2 경화 콘크리트 특성

그림 6은 W/B 별 팽창제 혼입을 변화에 따른 압축강도와 28일 인장강도를 나타낸 그래프 이고, 그림 7은 그림 6을 또다른 각도에서 분석한 것으로 팽창제를 혼입하지 않은 경우의 강도 (100%)에 대한 혼

것으로 나타났다.

공기량은 팽창제 혼입율이 증가 할수록 W/B 30 및 35% 모두 증가하였는데 이는 팽창제의 제품 사용상 용도에 맞게 첨가한 AE제 성분의 함유 및 특정첨가물의 특성에 기인한 것으로 분석되어 진다. 또한 단위용적중량은 팽창제를 전혀 혼입하지 않은 경우보다 팽창제 혼입율이 증가할수록 단위용적중량은 감소하는 경향으로 나타났는데, 이는 공기량 증가 및 팽창제의 비중이 시멘트 보다 작은 것에 기인한 것으로 분석된다.

그림 4는 W/B 별 팽창제 혼입을 변화에 따른 충전높이 및 굵은골재 씻기시

입을 변화에 따른 압축 및 인장강도비를 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다.

당연한 결과이겠지만, 재령이 경과함에 따라 강도는 증진되었고, W/B가 작을수록 압축 및 인장강도는 큰 것으로 나타났으며, 팽창재 혼입율이 증가 할수록 W/B 30% 및 35%인 경우 강도는 저하되는 것으로 나타났다.

또한, 압축강도비는 28의 경우는 W/B 30%에서 팽창재 혼입율 2.5%, W/B 35%에서는 팽창재 혼입율 5%에서 재강도가 가장 큰 것으로 나타났으며, 인장강도비에서는 팽창재혼입율 증가에 따라 강도는 큰 차이는 아니지만, W/B 30% 경우 팽창재혼입율 2.5%에서 가장 양호하게 나타났다.

3.3 길이변화특성

그림 8은 7일까지 수중 양생한 다음 그 이후는 기중양생으로 건조시킨 길이 변화율을 W/B별 재령경과에 따른 길이변화율을 팽창재혼입율별 꺾은선 그래프로 나타낸 것이고, 그림 9는 그림 8에서의 7일 및 28일 재령에서의 길이변화율만을 팽창재혼입율 변화에 따라 또 다른 각도에서 비교한 그래프이다. 전반적인 경향으로는 수중양생 7일까지 팽창재의 팽창성분인 에트린가이트의 양호한 생성으로 꾸준히 팽창을 보이는 반면 7일 이후 기중양생에서는 급격히 수축하기 시작 하였는데, W/B 30% 및 35%인 경우에서 팽창재혼입율이 증가할수록 비례적으로 팽창이 큰 것을 알 수 있었는데, 그 경향은 W/B 30%인 경우가 W/B 35% 보다 팽창성능이 우수하였다.

또한, W/B 30% 및 W/B 35%

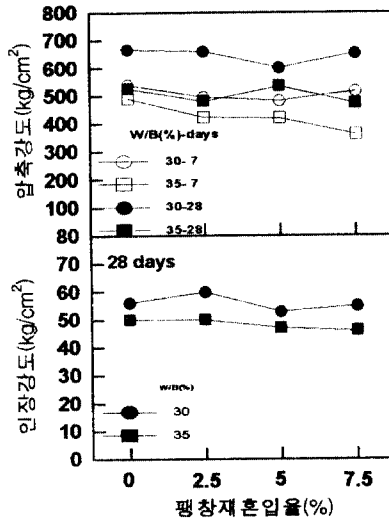


그림 6. 팽창재혼입율에 따른 압축 및 인장강도

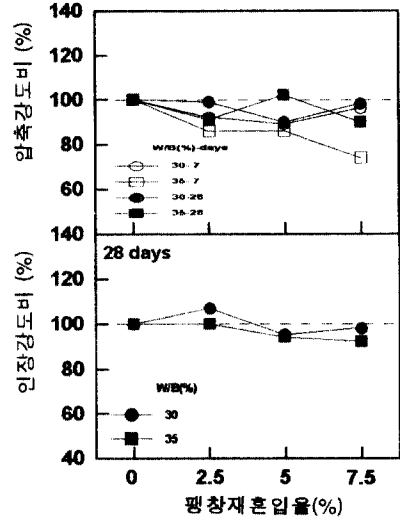


그림 7. 팽창재 혼입율에 따른 압축 및 인장강도비

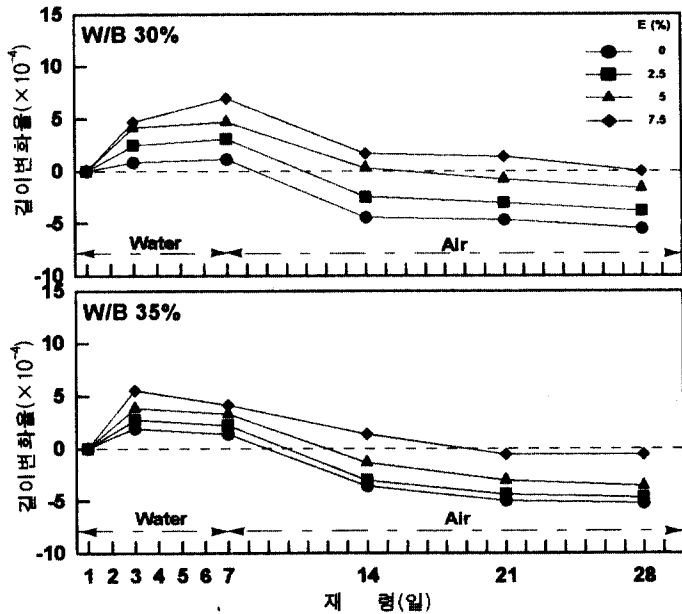


그림 8. 팽창재혼입율 변화에 따른 길이변화율

의 경우 재령 28일에서 건조수축이 완전히 보상되는 팽창재 혼입율은 약 7.5% 정도로 나타났지만, 팽창재가 과량 혼입되면, 유동성, 공기량 및 강도가 저하되는 것으로 나타나 유동성 및 강도특성이 양호하면서 수축 보상효과가 있는 팽창재 혼입율은 5%가 적정 한 것으로 분석된다.

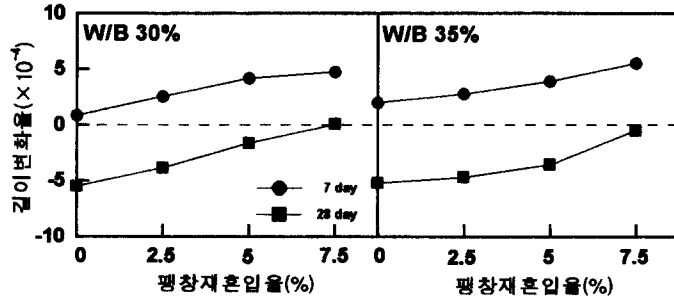


그림 9. 팽창재 혼입율 변화에 따른 팽창특성

4. 결 론

팽창재의 혼입율 변화에 따른 고성능콘크리트의 균지않은 콘크리트, 경화 콘크리트 및 건조수축에 의한 길이변화특성을 요약하면 다음과 같다.

1) 균지않은 콘크리트에서 슬럼프 및 슬럼프플로우는 팽창재혼입율 2.5%의 증가에 따라 슬럼프는 2%, 슬럼프플로우는 7~10%정도 감소하였으며, 공기량은 팽창재혼입율이 증가할수록 다소 증가하였고, 단위용적중량은 감소경향으로 나타났다. 또한 재료분리저항을 및 충전높이는 매우 양호한 것으로 나타났으며, 응결시간은 팽창재혼입율이 증가할수록 지연되는 것으로 나타났다.

2) 경화 콘크리트에서의 강도특성은 W/B 30% 및 W/B 35% 공히 팽창재 혼입율이 증가할수록 강도는 저하되는 것으로 나타났는데, 인장강도 특성에서는 팽창재혼입율 변화가 강도특성에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 나타났다.

3) 건조수축에 의한 길이변화율은 W/B 30%, 35%인 경우 팽창재 혼입율이 증가할수록 수축보상 성능이 큰 것으로 나타났는데, W/B 30%가 W/B 35%보다 우수하게 나타났다.

이상을 종합하여 볼 때 W/B 30% 및 35%에서 팽창재를 5% 혼입하게 되면 유동성 및 강도특성이 양호하면서 건조수축 보상효과가 있는 것으로 나타나 균열없는 고품질인 고성능 콘크리트의 제조가 가능한 것으로 판단된다.

끝으로, 본 연구는 중소기업청 및 충청북도의 97년도 「산·학·연 공동개발 지역 컨소시엄」 계획에 따라 충청도내 중부실업(대표이사:박재호)과의 컨소시엄 연구로 이루어졌음에 위 기관에 감사한다.

참 고 문 헌

- 1) 日本コンクリート工學協會; “自己收縮研究委員會報告書”, 1996.
- 2) 日本建築學會; 膨脹材を使用するコンクリートの調合設計・施工指針(案)・同解説, 1982.
- 3) 日本土木學會; 膨脹コンクリート設計施工指針, 1993.
- 4) セメント・コンクリート研究會; Behavior of Water in Cement and Concrete, 1993.
- 5) 한상기, 홍상희, 전병재, 반호용, 한천구; 팽창재 종류 및 혼입률 변화에 따른 시멘트 모르타르의 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회지, 제9권, 1호 pp.94~99, 1997.
- 6) 한천구, 박재호, 송명신, 홍상희; CSA계 팽창재를 이용한 시멘트 모르타르의 기초적 특성에 관한 실험 연구, 한국전자제시험연구원, 계간전자제, 1997.