

단위수량 변화에 따른 팽창재 혼입 콘크리트의 특성에 관한 연구

A Study on the Properties of Expansive Additives Concrete with the Variation of Unit Water

홍상희*
Hong, Sang Hee
전병채***
Jun, Byung Chea

이대주*
Lee, Dae Ju
한천구****
Han, Cheon Goo

신언구**
Shin, Eon Goo
반호용****
Bhan, ho yong

ABSTRACT

The objective of this study is to improve the quality of concrete, which has been getting worse with high amount of unit water, by using Expansive Additives. 6% of addition ratios of expansive additives with the combination of 45%, 55% of W/B are selected under various amount unit water for this experiment. According to the experimental results, less than 180kg/m³ of unit water has little influence on compressive strength and less length-change has been found in 45% of W/B.

1. 서론

건축물의 구조재료로서 콘크리트는 큰 압축강도를 받는 구조물을 싼가격으로 성취시킬 수 있고, 특히 내구성이 양호함에 따라 영구적 및 반영구적인 재료로 가장 많이 사용되어져 왔다.

그러나 이와같은 콘크리트의 경우는 최근에 고강도화 등으로 양호한 품질을 요구하는데 비하여 천연골재 자원의 고갈로 인한 재료의 열악과 3D기피 현상 등에 따른 시공 품질 관리 소홀 등으로 콘크리트 배합은 단위수량이 많은쪽으로 진행되어 결국 콘크리트 구조물에는 건조수축 균열등 품질상 어려운 문제점이 제기되고 있다.

따라서, 콘크리트 배합설계상 단위수량 증가로 불량해지는 콘크리트 품질을 팽창재를 활용하여 개선하는 방안으로서 즉, 콘크리트가 지니고 있는 근본적인 특성인 건조에 의한 수축을 보상하므로써 균열을 방지하고 강도, 내구성등의 제반품질도 향상시킬 수 있을것으로 추측된다.

그러므로, 본 연구에서는 비교적 양호한 팽창성과 안정성을 발휘하는 혼화제로 최근 충북지역의 혼화제 회사에서 개발한 칼슘 설편 알루미늄이트계(CSA) 팽창재를 사용한 콘크리트의 단위수량 변화요인과 조합시켜 굳지않은 콘크리트, 경화 콘크리트 및 길이변화등 제반특성을 실험하므로써 콘크리트의 균열방지 및 품질향상에 한 참고 자료로 제시하고자 한다.

* 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

** 정회원, 청주대학교 산업대학원 석사과정

*** 정회원, 청주대학교 대학원 박사과정

**** 정회원, 청주대학교 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 팽창재 혼입을 0%인 경우와 팽창재 혼입을 6%에서의 단위수량 변화에 따른 건조수축 특성을 분석하기 위하여 고성능감수제를 사용하지 않는 경우인 185kg/m³ (건축공사 표준 사양서의 최대값)을 기준으로 이보다 단위수량을 5kg/m³씩 감하는 5개 수준으로 목표 슬럼프 18±1cm를 만족하는 고성능감수제 첨가량을 결정하여 이 배합을 각 실험에 이용하는 것으로 한다. 또한 목표 공기량은 4.5±1.5%가 되도록 AE제량을 결정한다.

표 1. 실험계획

배 합 사 항				실 험 사 항		
W/B (%)	단 위 수 량 (kg/m ³)	팽창재 혼입율 (%)	목 표 슬럼프 (cm)	굳지않은 콘크리트	경 화 콘크리트	
45	185	0	18±1	· 슬럼프 · 슬럼프플로우	· 압축강도 · 인장강도 · 동탄성계수	
	185	6				-재령 7, 28일
	180					
	175					
	170					
	165					
55	185	0		· 공기량 · 단위용적중량	· 건조수축에 의한 길이변화 : 1, 3, 7, 14, 21, 28일 측정	
	185	6				
	180					
	175					
	170					
	165					

실험사항으로는 굳지않은 콘크리트에서 슬럼프 및 슬럼프 플로우, 공기량 및 단위용적중량을 측정하고, 경화 콘크리트에서 압축, 인장강도 및 동탄성계수를 실험계획된 재령에서 측정하며, 길이변화는 탈형 직후와 3일, 7일, 21일, 28일에서 측정한다.

2.2 사용재료

본 실험의 사용재료로 시멘트는 국내산 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하고, 골재로써 굵은골재는 대전산 20mm화강암 부순돌을 사용하며, 잔골재는 충남 병천산 강모래를 사용한다. 혼화재료로 CSA계 팽창재 및 고성능 감수제는 (주)중부산업에서 생산되는 노세라 및 JB-E41H(상품명)를 사용하며, 물은 음료 가능한 청주시 상수도를 사용한다.

시멘트의 물리적 성질은 표 2와 같고, 잔골재의 물리적성질 및 팽창재의 화학적 성질은 표 3, 4와 같으며, 골재의 입도곡선은 그림 1과 같다.

표 2. 시멘트의 물리적 성질

비 중	분말도 (cm ³ /g)	안정도 (%)	응결 시간(분)		압축 강도(kg/cm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.18	3,346	0.06	270	430	216	312	397

표 3. 골재의 물리적 성질

골재 종류	비 중	조립율 (F.M)	공극율 (%)	흡수율 (%)	단위용적량 (kg/m ³)	입실 형판적율 (%)
강모래	2.52	2.68	41.1	1.94	1482	53.8
부순돌	2.58	6.70	40.9	1.76	1511	57.5

표 4. 팽창제의 화학적 성질

CaO	Al ₂ O ₃	SO ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	SiO ₂	lg.loss	Total	f-CaO
52.28	13.46	28.26	0.21	0.73	0.12	3.82	1.03	99.91	15.90

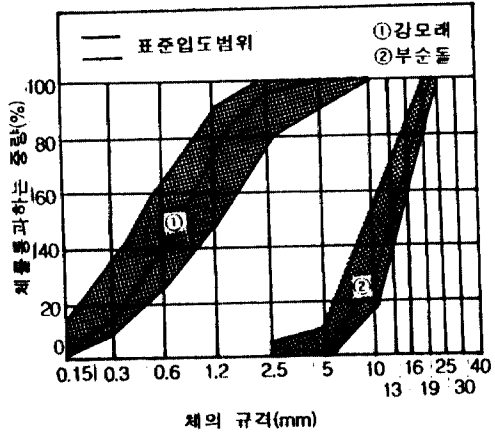


그림 1. 골재의 입도곡선

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 먼저, 시멘트, 잔골재 및 굵은골재의 물리적 성질시험은 KS 의 각 해당규격에 따라 표준적인 방법으로 실시한다. 또한, 콘크리트의 혼합은 강제식 팬 믹서를 이용하여 그림 2의 순서에 따라 실시한다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프 시험은 KS F 2402에 의한 표준적인 방법으로 실시한 후 슬럼프 플로우 시험을 실시하고, 공기량 시험은 KS F 2421 규정에 따라 실시한다.

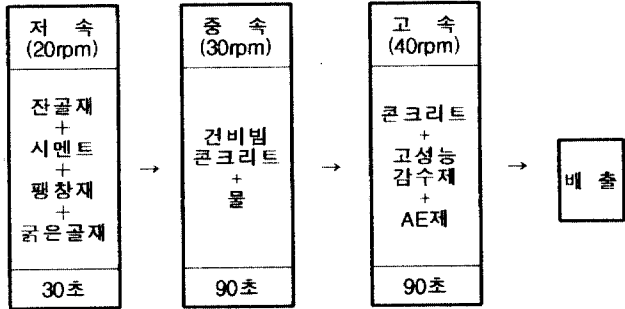


그림 2. 콘크리트의 배합

경화 콘크리트의 실험으로 압축, 인장강도 및 동탄성계수는 KS F 2405, 2423 및 2407의 표준적인 방법에 의거 실시하고, 길이변화 시험은 7일 까지는 수중양생한 다음 그 이후는 기중양생으로 건조시킨 후 KS F 2424 규정에 의한 다이알게이지 방법으로 한다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

단위수량 변화에 따른 CSA계 팽창제 혼입 콘크리트의 제반특성을 분석하기 위한 배합사항은 표 5과 같다.

그림 3은 동일한 유동성을 얻기 위하여 고성능 감수제 첨가량을 조정하여 배합설계한 것으로서 단위수량이 증가함에 따라 고성능 감수제 첨가량은 감소하는데, W/B 45%에서 W/B 55%보다 다소 고성능감수제 첨가량은 증가하였다.

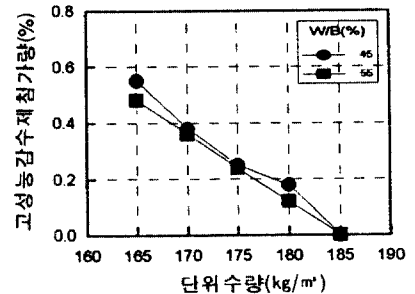


그림 3. 고성능감수제 첨가량 변화

표 5. 단위수량 변화에 따른 배합 결과표

W/C (%)	단위수량 (kg/m ³)	S/A (%)	SP/C (%)	AE/C (%)	팽창재 혼입율 (%)	용적배합 (ℓ/m ³)			
						C	S	G	E
45	185	40	0	0.05	6	126	256	385	0
	185		0			121	255	382	12
	180		0.18			118	258	387	12
	175		0.25			115	262	392	11
	170		0.38			112	265	397	11
	165		0.55			108	269	403	10
55	185	42	0	0.01	6	106	279	385	0
	185		0			99	278	383	10
	180		0.12			97	281	388	9
	175		0.24			94	284	393	9
	170		0.36			91	288	397	9
	165		0.48			89	291	402	8

그림 4는 W/B별 단위수량 변화에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로우치를 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다. 슬럼프는 실험계획에서 목표한 18±1cm 범위를 만족하고 있는데, 슬럼프 플로우는 실험방법의 특성상 약간의 변화 경향으로 나타났다. 그림 5는 그림 4와 동일한 방법으로 공기량 및 단위용적중량을 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다. 먼저, 공기량은 단위수량이 증가할수록 점성증가에 기인하여 약간 증가 하는 경향을 보였고, 단위용적중량은 약간의 증감경향은 있으나 전반적으로 감소하는 경향으로 나타났다.

3.2 경화 콘크리트 특성

그림 6은 W/B 및 단위수량 변화별 재령 경과에 따른 압축 및 인장강도, 동탄성계수를 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다.

당연한 결과이겠지만, 재령이 경과함에 따라 강도는 증진되었고, W/B가 작을수록 압축, 인장강도 및 동탄성 계수는 큰 것으로 나타났으며, 단위수량별로는 W/B 45% 및 55%인 경우 공히 단위수량 185kg/m³에서는 작게 나타났다.

그림 7은 그림 6을 또다른 각도에서 W/B 및 재령별로 단위수량 165kg/m³ 경우의 압축강도 100에 대한 단위수량 변화에 따른 각 강도비를 나타낸 것이다. 이론에 의하면 단위수량변화에 따른 강도차이는 없는 것으로알려지고 있으나, 본 연구에서는 단위수량 185kg/m³인 경우는 단위수량 165kg/m³보다 재료분리의 영향에 기인하여 강도가 감소하는 경향으로 나타나 지나친 단위수량은 내구성 뿐만아니라 강도

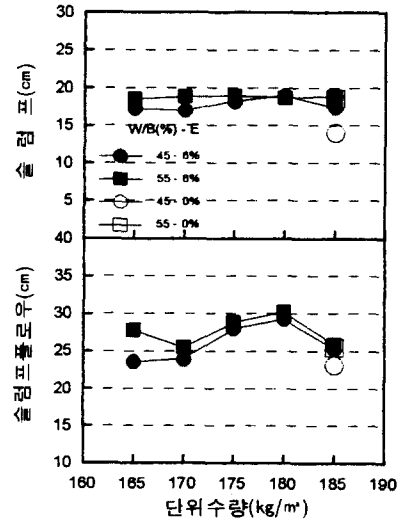


그림 4. 단위수량 변화에 따른 유동성

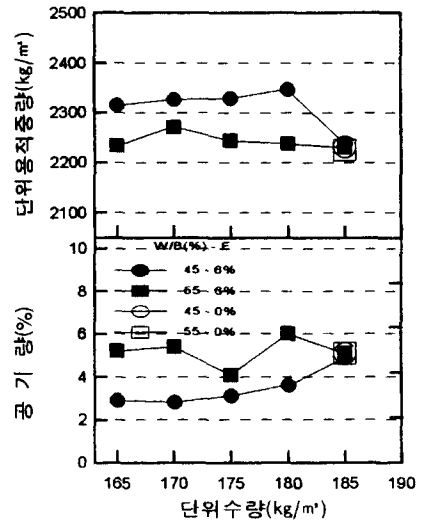


그림 5. 공기량 및 단위용적중량

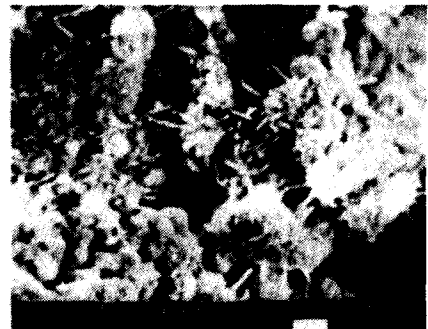


사진 1. CSA팽창재의 수화생물 SAM 사진

에도 영향이 큼을 시사하고 있다.

(3) 길이변화특성

그림 8은 W/B별 재령경과에 따른 길이변화율을 단위수량별로 꺾은선 그래프로 나타낸 것이고, 그림 9는 그림 8에서의 7일, 28일 길이변화율을 단위수량 변화에 따라 또다른 각도에서 비교한 꺾은선 그래프이다. 전반적인 경향으로는 수중양생 7일까지 사진1과 같이 팽창성분인 에트리타이트의 양호한 생성으로 꾸준하게 팽창을 보이는 반면 7일 이후 기중양생에서는 서서히 수축하기 시작하였는데, W/B 45% 및 55%인 경우에서 단위수량이 적은 범위에서 팽창성능이 우수한 것으로 나타났다. 특히 W/B 45%인 경우는 단위수량 170kg/m³, W/B 55%인 경우는 단위수량 165kg/m³ 전후에서 우수한 팽창특성을 보였는데 단위수량이 클수록 팽창이 작은 것으로 나타났다. 또한 재령 28일의 경우에는 W/B 45%인 경우 단위수량 180kg/m³, W/B 55%에서는 단위수량 170kg/m³에서 팽창재를 시멘트량에 6%를 치환할 경우 건조수축이 보상되는 것으로 나타났다. 또한 185kg/m³에서 팽창재 혼입을 0%보다 팽창재 6% 혼입하였을 경우 2~3×10⁴ 정도 수축이 보상된 결과도 나타났다.

4. 결 론

단위수량 변화에 따른 팽창재 혼입콘크리트의 굳지않은 상태, 경화 상태 및 길이변화 특성을 요약하면 다음과 같다.

1) 굳지않은 콘크리트에서 고성능 감수제의 첨가량은 단위수량 10kg/m³ 감소함에 따라 W/B 45%, 55%에서 0.24~0.3% 정도 첨가량은 증가하였고, 공기량 및 단위용적중량은 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

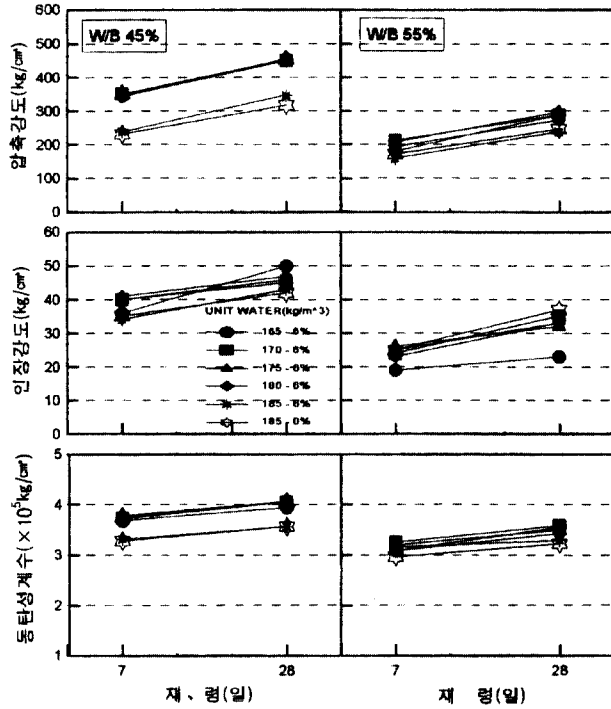


그림 6. 단위수량 변화에 따른 강도특성 및 동탄성계수

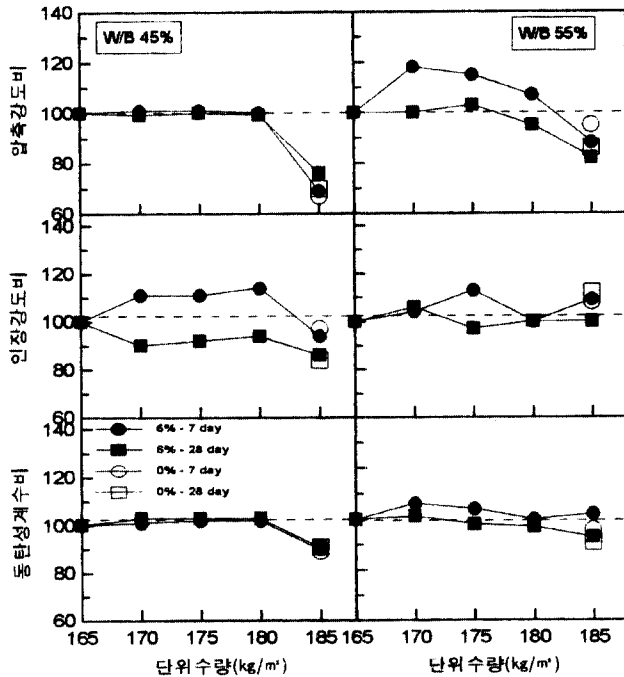


그림 7. 단위수량 감소에 따른 강도비 및 동탄성계수비

2) 경화 콘크리트에서의 강도특성은 단위수량 180kg/m³이하에서는 단위수량변화가 강도특성에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

3) 건조수축에 의한 길이변화는 W/B 45%인 경우에는 단위수량이 적은 범위에서 팽창성능이 우수한 것으로 나타났고, W/B 45%가 W/B 55%보다 팽창 성능이 크게 나타났다.

끝으로, 본 연구는 중소기업청 및 충청북도의 96년도 「산·학·연 공동개발 지역 컨소시엄」 계획에 따라 충청도내 중부실업(대표이사: 박재호, 기술담당이사: 송명신)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) セメント・コンクリート 研究會; Behavior of Water in Cementand Concrete, 1993.
- 3) 한만엽; “건조수축의 메카니즘과 물의 역할”, 한국콘크리트학회지, 제3권, 2호, pp. 46~52, 1991.
- 4) 한상기, 홍상희, 전병채, 반호용, 한천구; 팽창재 종류 및 혼입률 변화에 따른 시멘트 모르타르의 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회지, 제9권, 1호 pp,94~99, 1997.
- 5) 이대주, 전병채, 한상기, 반호용, 한천구; 배합요인에 따른 팽창재 혼입 시멘트 모르타르의 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회지, 제9권, 1호 pp,100~105, 1997.
- 6) 홍상희, 한상기, 전병채, 반호용, 한천구; 양생요인에 따른 팽창재 혼입 시멘트 모르타르의 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회지, 제9권, 1호 pp,112~117, 1997.
- 7) 한상기; CSA계 팽창재를 이용한 시멘트 모르타르의 특성에 관한 실험 연구,청주대학교 석사논문, 1997.
- 8) 한천구, 박재호, 송명신, 홍상희; CSA계 팽창재를 이용한 시멘트 모르타르의 기초적 특성에 관한 실험 연구, 한국건자재시험연구원, 계간건자재, 1997.

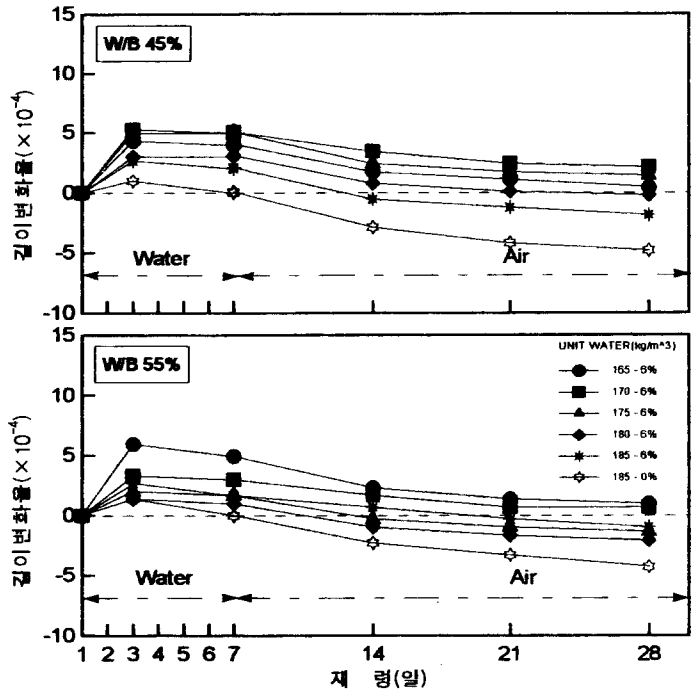


그림 8. 단위수량 변화에 따른 길이변화율

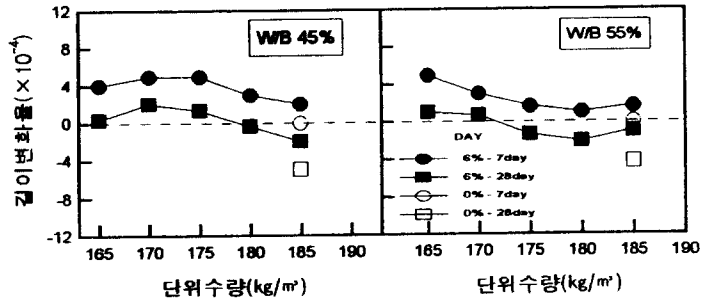


그림 9. 단위수량 변화에 따른 팽창특성