

팽창재를 이용한 콘크리트의 양생환경에 따른 팽창특성

Expansive Properties of Concrete with Variable Curing Condition Using Expansion Admixture

홍 상 희^{*} 김 정 진^{**} 강 두 용^{***} 류 현 기^{****} 한 천 구^{*****}
Hong, Sang Hee Kim, Jeong Jin Kang, Doo Yong Ryu, Hyun Ki Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This study is intended to investigate the properties of expansion of concrete under various curing environment with expansive additives. In construction field, expansive additives, which are available to prevent from the diverse cracks caused by drying shrinkage are not expected to accomplish the expansion we expected because of both the absence of the know ledge of expansive additives and poor curing condition. Test are carried out measuring length change, loss of weight and dynamic modulus of elasticity under various unit contents of expansive additives and curing condtion.

1. 서 론

최근 건설현장에서는 소비자의 요구수준 향상으로 고기능 및 고품질을 요구하며 특히, 각종 균열제어에 많은 관심을 기울이고 있다.

팽창제란 KS 규정에 따르면, 「시멘트 및 물을 함께 혼합하였을 경우 수화반응에 의하여 에트링가이트(Etringite) 또는 수산화 칼슘등을 생성하고, 모르타 또는 콘크리트를 팽창시키는 혼화재료」로 정의하고 있다. 그러나 균열제어 목적으로 사용되어지고 있는 팽창제는 시공자의 인식부족으로 인하여 과량 사용시 지나치게 체적팽창을 일으키는 경우 및 콘크리트를 타설한 후 양생방법의 불량으로 기대만큼의 효과를 얻지 못하는 경우도 있다.

그러므로 본 연구에서는 팽창콘크리트의 단위팽창재량 및 환경요인을 변화시켜 압축강도, 길이변화율, 질량감소율 및 동탄성계수 등을 분석하므로써 콘크리트의 팽창특성을 고찰하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

* 청주대학교 건축공학과 대학원, 박사과정
*** 충주대학교 건축공학과 대학원, 공학석사
***** 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 청주대학교 건축공학과 대학원, 석사과정
**** 충주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2.2 사용재료

본 실험의 사용재료로서 먼저, 시멘트는 국내산 1종 보통 포틀랜드 시멘트(비중 3.15)를 사용하며, 골재로써 굵은골재는 최대치수 20mm 부순돌(비중 2.57, 조립율 6.67), 잔골재는 강모래(비중 2.56, 조립율 2.62)를 사용한다.

혼화재료로서 팽창제는 국내 D사에서 판매하고 있는 CSA계를 사용하는데, 그 화학적 성질은 표 2와 같다. 물은 청주시 상수도를 사용한다.

표 1 실험계획

실험요인		수 준										
배합사항	W/B(%)	1	40%									
	단위팽창재량 (kg/m ³)	9	E.A(%)	0	5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25
			U.E(kg/m ³)	0	23	46	57	69	80	92	103	114
목표슬럼프	1	W/B에서 목표 슬럼프 15±1cm범위										
실험사항	경화 콘크리트	3	<ul style="list-style-type: none"> ■ 길이변화 ■ 동탄성계수 ■ 질량감소율 (탈형직후 2주간은 1일간격 4주까지는 2일 간격으로 측정)									
	양생방법	3	<ul style="list-style-type: none"> ■ 표준양생(20±2℃) - 수중7일 후 기중양생 ■ 기중양생(20±3℃) ■ 수중양생 -5℃, 10℃, 20℃, 30℃ 									

표 2. 팽창제의 화학적 성질(%)

CaO	Al ₂ O ₃	SO ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	Insol	SiO ₂	Ig. loss	f-CaO
52.5	10.0	28.3	0.6	1.2	1.4	4.0	1.0	15.9

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 이용하고, 굳지 않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 제반실험은 KS 및 기존에 알려진 표준적인 방법에 따라 실시한다. 길이변화 시험은 KS F 2424 규정의 다이알 게이지 방법으로 측정하며, 동탄성계수는 KS F 2450 규정으로 실시한다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 양생환경에 의한 길이변화 특성

그림 1은 단위팽창재량 변화에 있어 7일까지는 수중양생 후 기중양생을 실시하는 표준양생과 계속 기중양생을 실시하는 기중양생의 양생방법별 재령경과에 따른 길이변화율, 질량감소율 및 동탄성계수를 나타낸 그래프이다.

먼저 표준양생인 경우 수중양생 7일까지는 팽창제의 팽창성분인 에트링가이트의 양호한 생성으로 꾸준하게 팽창을 보이는 반면 7일 이후 기중양생에서는 수축하기 시작하였다. 특히, 단위팽창재량 46kg/m³ 이하에서는 거의 유사한 경향을 나타낸 반면, 단위팽창재량 69kg/m³ 이상에서는 크게 팽창하여 수중양생 3일 이후에서는 다이알게이지 방법으로는 도저히 측정 범위를 초과하므로 버니어캘리퍼스로 측정해야할 정도이었다.

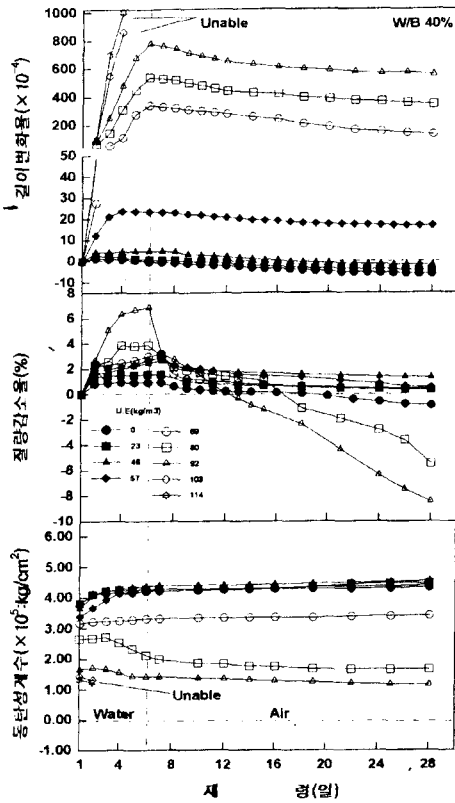
참고적으로 사진 1은 재령 7일에서 단위팽창재량 0kg/m³와 114kg/m³인 경우의 전자 현미경(SEM) 사진이다. 단위팽창재량 114kg/m³인 경우는 혼입된 과량의 팽창제에 기인하여 에트링가이트가 모노설페이트로 다량 전환된 것을 확인할수 있었다.

질량감소율은 단위팽창재량이 증가할수록 수중양생 기간동안은 큰 증가를 나타내었고, 건조시에는 커다란 감소로 나타났다. 이는 수중양생 기간동안 과팽창으로 인하여 이완된 조직속으로 물의 침입이 컸던것과, 또한 건조시는 수분유출로 증발이 컸을 뿐만아니라 콘크리트 표면이 탈락하는 것에 기인하여 크게 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 동탄성계수 특성에서는 팽창제를 사용하지 않을 경우 및 단위팽창재량 57kg/m³까지는 재령이 경과할수록 증가하는 것으로 나타났으나, 단위팽창재량 80kg/m³이상

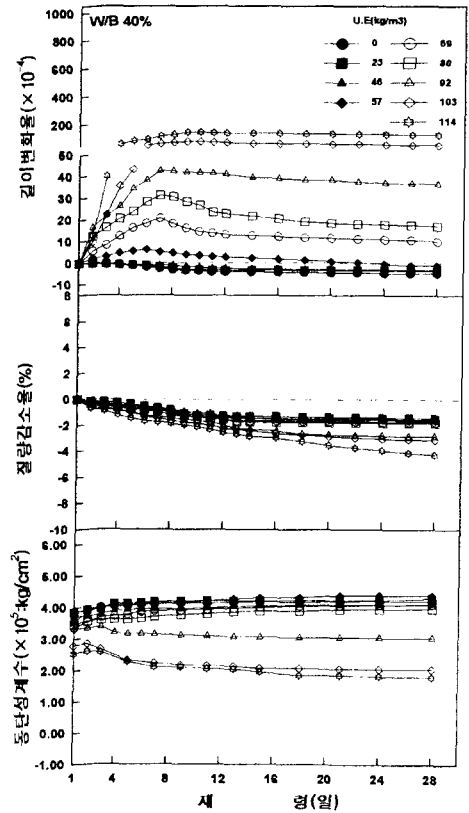
서는 초기 팽창 거동으로 인하여 콘크리트 조적이 밀실치 않아 재령 1일 및 3일 이후부터 계속 감소하는 경향으로 나타났다.

기중양생인 경우는 단위팽창재량 46kg/m^3 이하에서는 초기 수축이 적은 경향이 있지만 팽창재 사용여부와 관계없이 계속 수축하는 경향으로, 특히, 표준양생의 경우보다 팽창이 작은 경향으로 나타났는데 이는 팽창재를 혼입한 경우라도 에트링가이트의 수화반응 부족과 관련하여 거의 팽창작용을 발휘하지 못함에 기인한 것으로 사료된다.

그러므로, 팽창재의 양호한

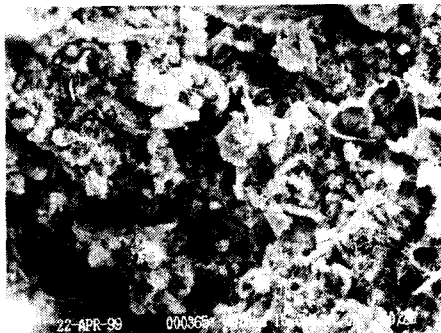


표준양생



기중양생

그림 1. 단위팽창재량 변화에 따른 길이변화율, 질량감소율 및 동탄성계수



단위팽창재량 0kg/m^3



단위팽창재량 114kg/m^3

사진 1. 표준양생일 경우 W/B 40%의 전자현미경 사진(재령 7일)

효력 발휘를 위하여는 충분한 수중양생이 매우 중요하게 작용함을 시사하고 있다. 또한, 질량감소율 및 동탄성계수는 수화반응 부족에 기인하여 표준양생에서 나타난 값보다 작은값의 변화로 나타났다.

3.2 온도변화에 따른 길이변화율

그림 2는 수중양생에서 각 온도별 길이변화율을 단위팽창재량 46kg/m^3 경우에서만 비교한 그래프이며, 그림 3은 3일, 7일 및 28일 길이변화율을 온도별로 비교한 그래프이다. 전반적으로 온도가 높을수록 초기에 팽창재의 양호한 수화반응으로 큰 팽창 경향을 보인 반면, 낮은 온도에서는 팽창재의 수화반응 부진으로 인하여 다소 작게 나타났다. 특히, 온도 20°C 및 30°C 에서는 초기의 높은 온도로 인한 수화생성물의 양호한 생성으로 3일에 최대 팽창을 보인 반면 낮은 온도인 5°C 및 10°C 에서는 7일 이후에서 최대 팽창이 나타났다.

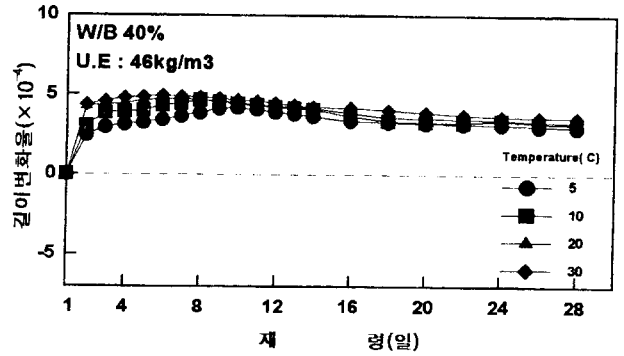


그림 2. 온도 환경변화에 따른 길이변화율 (수중양생)

3.3 압축강도비 및 동탄성계수비와 길이변화특성

그림 4는 단위팽창재량에 따른 압축강도비, 동탄성계수비 및 길이변화율을 나타낸 것이다. 콘크리트의 압축강도비 및 동탄성계수비는 단위팽창재량 $30\sim 50\text{kg/m}^3$ 에서는 약간 증가하지만 어느 한도를 넘어서는 팽창율이 급격히 증가하면서 압축강도비 및 동탄성계수비는 급속히 감소하는 현상을 보이고 있다. 이와 같은 강도저하는 과도한 팽창에 따른 콘크리트 내부조직의 이완 또는 파괴원인으로 사료된다.

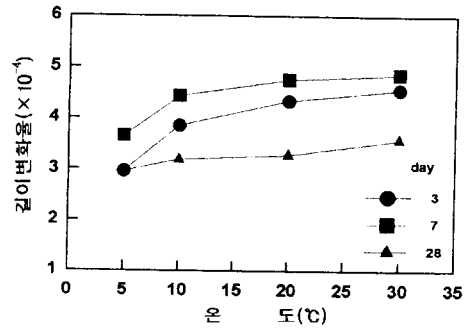


그림 3. 온도에 따른 길이변화율

4. 결론

팽창재를 이용한 콘크리트에 있어 단위팽창재량 및 양생 환경변화에 따른 압축강도, 길이변화율, 질량감소율 및 동탄성계수를 분석한 실험결과는 다음과 같다.

- 1) 단위팽창재량에 따른 압축강도비 및 동탄성계수는 단위팽창재량 $30\sim 50\text{kg/m}^3$ 에서는 약간 증가한 반면 그 이후에서는 급속히 감소하였으며, 길이변화는 반대의 경향으로 단위팽창재량 60kg/m^3 이상에서 큰 팽창으로 나타났다.
- 2) 표준양생보다 기중양생의 경우는 단위팽창재량이 증가하더라도 수화반응 부진에 기인하여 매우 작은 팽창량을 나타내고 있음에 팽창콘크리트의 습윤양생조건은 매우 중요함을 알 수 있었다. 질량감소율 및 동탄성계수도 단위팽창재량 증가에 따라 수화반응과 관련하여 표준양생에서 나타난 값보다 작은 값의 변화로 나타났다.
- 3) 양생온도 변화에 따른 길이변화율은 높은 온도에서 양호한 수화반응으로 큰 팽창 경향을 나타낸 반면 낮은 온도에서는 팽창재의 수화반응 부진으로 초기 팽창성능은 작게 나타났다.

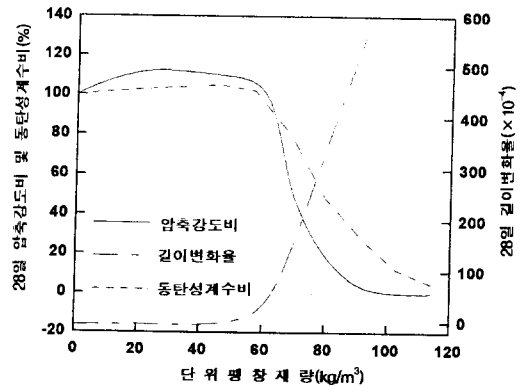


그림 4. 압축강도비, 동탄성계수비 및 길이변화율