

팽창성. 혼화제를 사용한 고강도콘크리트의 기초물성 및 동결융해저항특성

Strength Property and Freeze-Thaw Resistance of High Strength Concrete using Expansive Admixture

문 한 영* 김 병 권** 하 주 형***
Moon, Han-Young Kim, Byoung-Kwon Ha, Ju-Hyung

ABSTRACT

Up to now, many researches have been performed and verified that many properties of concrete can be improved by using mineral admixtures such as blast furnace slag, silica fume, and expansive admixture.

But it is not clear whether there is any need for entraining air to make a high strength concrete using expansive admixture and mineral admixtures to insure enough freeze-thaw resistance. this paper presents the strength and durability properties of high strength concrete using expansive admixtures and industrial by-products.

It was observed from the test results that very high strength concrete(W/B=20%) is not needed to be air entrained and high strength concrete(W/B=30%) using expansive admixture and mineral admixtures is needed to be entrained 2~4% air.

1. 서론

콘크리트 구조물에 발생하는 각종 수축균열을 제어할 목적으로 사용되는 팽창제는 수축보상효과 이외에도 화학적 프리스트레싱에 의한 내력 증진 및 수밀성 향상 등에 유용하다는 연구성과가 발표되고 있다(日本コンクリート工學協會 2003).

이러한 광물질혼화제를 혼합한 고강도콘크리트에 있어서 동결융해 저항성의 평가는 일정하지 않으며, 팽창제를 함께 혼합한 고강도콘크리트의 동결융해 저항성에 대해서는 충분한 실험결과가 필요한 실정이다.(Sellevold and Bakke 1997; Okada 1981) 이에 본 연구에서는 팽창제와 광물질혼화제 및 광물질혼화제를 혼합한 고강도 콘크리트의 공기량 및 산업부산물의 종류와 혼합률에 따른 내동해성을 평가하였다.

2. 실험개요

(1) 사용재료 : 본 실험에 사용된 재료의 물리적 성질은 표 1과 같으며, 고강도를 확보하기 위하여 굵은골재의 최대치수 13mm인 쇄석을 사용하였다.

* 정희원, 한양대학교 토목공학과 교수 ** 정희원, 현대건설(주) 기술연구소 선임연구원

*** 정희원, 현대건설(주) 기술연구소 주임연구원

(2) 콘크리트의 제조 : 산업부산물 4 종류의 혼합물과 목표 슬럼프플로우 60±10cm 및 잔골재율 39%로 고정시킨 고강도콘크리트의 배합은 표 2이다.

고강도콘크리트는 60ℓ용량의 강제식 믹서를 사용하여 잔·굵은 골재와 시멘트를 30초간 건식 비비기 한 후 혼합수와 고성능감수제를 투입하여 150초 동안 믹싱하여 제조하였다. 그리고 고강도콘크리트는 표 3과 같은 목표공기량을 가지도록 AE제의 혼합량을 달리하여 제조하였다.

표 1 사용재료의 물리적 성질

구분	특성
시멘트	비중 : 3.15, 분말도 : 3,366cm ² /g
교로슬래그	비중 : 2.90, 분말도 : 4,550cm ² /g
팽창재	비중 : 2.65, 분말도 : -
실리카흄	비중 : 2.30, 분말도 : 260,000cm ² /g
잔골재	비중 : 2.60, 흡수율 : 0.95, 조립률 : 2.80
굵은골재	비중 : 2.65, 흡수율 : 0.87, 조립률 : 6.33
유동화제	비중 : 1.05, Polycarboxylic
AE제	비중 : 1.02, Lignin sulphonate

표 2 콘크리트의 배합

Items Types	W/B (%)	Cement/SG /SF/SS (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m ³)						HRWR (C×%)	
				W	C	SG	SF	SS	S		G
G4F	30	55/40/5/0	39	165	302.5	220	27.5	0	632	1007	0.9
G4FS	30	48/40/5/7	39	165	264.0	220	27.5	38.5	642	1023	0.9
2-G4F	20	50/40/10/0	39	140	350.0	280	70	0	641	1022	1.5
2-G3FS	20	43/40/10/7	39	140	301.0	280	70	49.0	676	1065	1.5

(3) 동결융해시험 : 동결융해시험은 KS F 2456(급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험방법)에 근거하여 실시하였으며, 75×100×400mm의 시편을 제작하여 재령 14일에 초기동탄성계수를 측정 한 후 Marui회사의 전자동 동결융해 시험기내에 투입시켜 시편중심부의 온도를 최저 -18℃에서 최고 4℃로 반복시키면서 매 30사이클마다 동탄성계수를 측정 하였고 아래와 같은 항목으로 콘크리트 시편의 동결융해작용에 의한 성능저하를 평가하였다.

표 3 목표 공기량

Types	Target air content (%)
무표기	0~2
AE2	2~4
AE4	over 4

$$\text{상대동탄성계수 } P_c = \left(\frac{n_c^2}{n_o^2}\right) \times 100$$

$$\text{내구성지수 } DF = \frac{P \times N}{M}$$

여기서, P_c , P : c 사이클 후, N 사이클 후의 상대동탄성계수(%)

n_o , n_c : 동결융해 개시직전, c 사이클 후의 일차공명 진동수

N : 시험 종료시의 사이클 수

M : 동결융해 목표 사이클 수

3. 실험결과에 대한 고찰

3.1 기초물성

그림 1은 AE제의 사용량과 굳지 않은 콘크리트의 공기량의 관계를 나타낸 것으로 소요공기량을 얻

기 위한 AE제의 사용량은 물-결합재비가 30%에서 20%로 낮아질수록, 팽창재를 추가 혼합할수록 높아졌다.

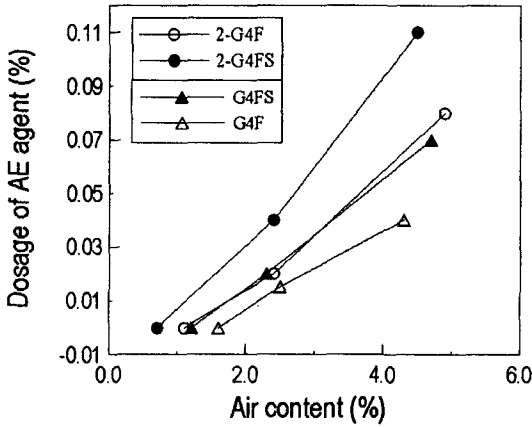


그림 1 AE제의 사용량과 굳지 않은 콘크리트의 공기량의 관계

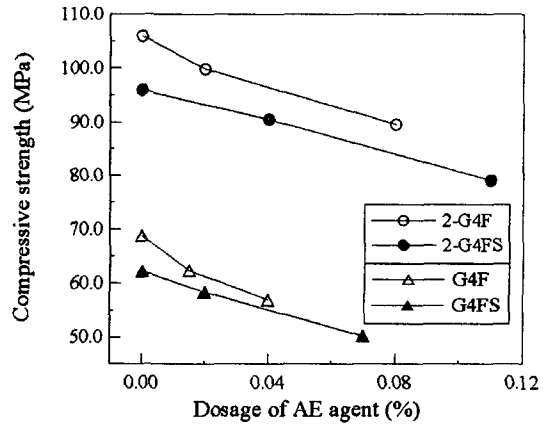


그림 2 AE제의 사용량에 따른 압축강도

Fig. 2는 AE사용량에 따른 재령 28일 압축강도값을 정리한 것이며, AE제 사용량이 증가할수록 압축강도는 감소하는 경향을 나타내었다.

3.2 동결융해 저항성

그림 3 및 그림 4는 2-G4F, 2-G4FS, G4F 및 G4FS 고강도 콘크리트의 공기연행에 따른 상대동탄성계수를 정리한 것으로, 물-결합재비 20% 고강도콘크리트의 상대동탄성계수는 1000사이클까지의 동결과 융해 작용을 반복한 후에도 연행공기량의 변수에 관계없이 거의 변화가 없는 우수한 내동해성을 나타내었다.

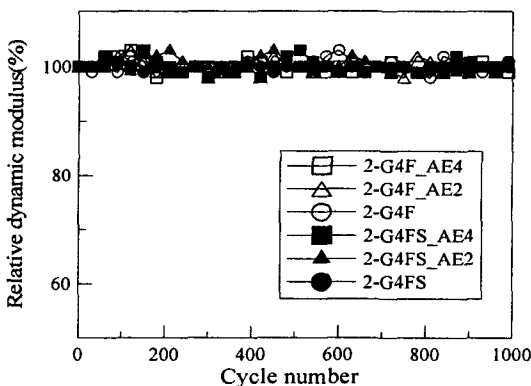


그림 3 공기량별 상대동탄성계수값의 변화 (W/B=20%)

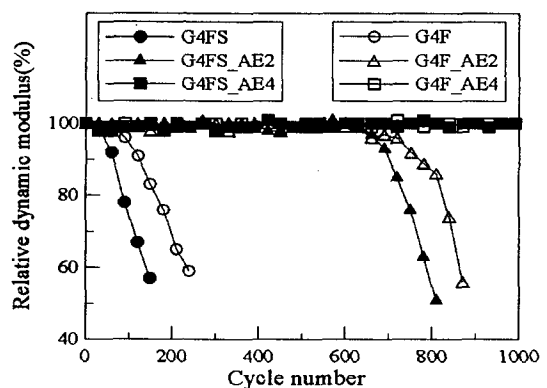


그림 4 공기량별 상대동탄성계수값의 변화 (W/B=30%)

한편, 물-결합재비 30% 고강도콘크리트의 경우, AE제에 의해 공기량을 4%이상 확보함으로써 동결

융해 1000사이클까지, 공기량을 2~4%정도로 확보한 경우는 동결융해 600사이클까지, 상대동탄성계수의 저하가 없는 것을 알 수 있었다. 하지만 공기연행을 하지 않은 G4F 및 G4FS 고강도콘크리트는 300사이클 이전에 동결융해의 손상을 입음으로 인해 실험이 종결되었으며, 팽창재를 혼합한 경우가 동결융해로 인한 동탄성계수의 저하속도가 빨랐다.

이러한 일련의 실험결과를 살펴보면 물-결합재비가 20%인 팽창재와 광물질혼화재 및 광물질혼화재를 혼합한 고강도콘크리트는 공기연행으로 인한 동결융해저항성에 미치는 영향이 미소하고, 공기량 증가에 따라 압축강도가 감소하므로, AE제에 의한 공기연행은 불필요한 것으로 판단되며, 물-결합재비가 30%인 팽창재와 광물질혼화재 및 광물질혼화재를 혼합한 고강도콘크리트는 적정량의 AE제에 의한 공기연행을 함으로 인해 동결융해저항성을 확보하는 것을 알 수 있었다.

5. 결론

팽창재를 혼합한 고강도콘크리트의 기초물성 및 동결융해 실험결과를 분석한 결과를 요약해 보면 다음과 같다.

1) 고강도콘크리트의 소요공기량을 얻기 위한 AE제 사용량은 W/B비가 낮아짐에 따라, 팽창재를 혼합함에 따라 늘어났다. 또한 AE사용량과 압축강도의 관계는 직선적인 역의 상관관계를 가진다는 것을 확인할 수 있었다.

2) 본 연구에서 물-결합재비 20%로 제조한 고강도콘크리트는 팽창재의 혼합 및 연행공기량에 관계 없이 동결융해 저항성이 우수하였다. 한편, 공기 연행을 시키는 것은 AE제 사용으로 인한 시공상의 비효율적인 면과 압축강도가 감소하는 단점이 있으므로 물-결합재비 20%의 고강도콘크리트에서 내동해성을 확보하기 위해 공기연행을 시킬 필요는 없는 것으로 판단되었다.

3) 물-결합재비 30%로 제조한 고강도콘크리트는 공기연행을 하지 않았을 경우, 팽창재를 혼합한 경우가 동결융해로 인한 동탄성계수의 저하속도가 빨랐으며, 동결융해에 대한 내구성을 확보하기 위해서는 어느 정도의 AE공기연행이 필요하며, 2~4%의 공기연행을 함으로써 동결융해저항성이 우수한 고강도콘크리트의 제조가 가능함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 日本コンクリート工學協會 膨脹コンクリートによる構造物の高機能化/高耐久化研究委員會 (2003), “膨脹コンクリートによる構造物の高機能化/高耐久化に関するシンポジウム-研究委員會報告書/論文集,” 콘크리트工學協會, pp. 1~62.
2. E.J. Sellevold and J.A. Bakke (1997), “High strength concrete without air entrainment:effect of rapid temperature cycling above and below 0°C”, *Freeze-Thaw Durability of Concrete*, E&FN SPON, pp. 43-50.
3. Okada, E. (1981), “Freeze-thaw Resistance of Superplasticized Concrete, in Development in the Use of Superplasticizers,” ACI Special Publication SP-68, ACI, Detroit, MI, pp. 215~233.