
고강도 경량골재콘크리트의 동결융해 저항성에 대한 실험적 연구

An Experimental Study on the Freeze-Thaw Resistance of
High-Strength Light Weight Aggregate Concrete



한상목*

Han, Sang Mook



최세규**

Choi, Se Gyu



김생빈***

Kim, Saeng Bin

ABSTRACT

Light weight aggregate(LWA) concrete is principally used for landscape architecture and artificial soil due to low recognition of durability and material costs in domestic country. In many countries of Europe and North America, High strength light weight concrete was used to long span bridges and high-rise buildings construction. For the particular bridge the use of LWA concrete resulted in some saving in material costs and longer side spans compared to a traditional type of bridge. They solved the problems of LWA properties. Because domestic LWA has many open pores rather than closed pores, it absorbs large amount of water relatively and has severe freeze-thaw problems.

This experiment is performed to look into the properties of the freeze-thaw and to find the method to enhance the freeze-thaw resistance of the high strength light weight aggregates concrete. For this purpose, we made 10 kinds of specimen of concrete mold. The

* 정회원, 금오공과대학교 토목공학과 부교수

** 정회원, 동국대학교 토목공학과 강사

*** 정회원, 동국대학교 토목공학과 교수

• 본 논문에 대한 토의를 1998년 4월 30일까지 학회로 보내주
시면 1998년 6월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

light weight coarse aggregate concrete which contained AE agent was appeared in good condition and its durability factor was more than 90% by the buffer action owing to entrained air. The light weight aggregates concrete which admixed with silica fume was appeared that the durability factor was 46.74% in spite of its high strength. It seems that the entrained air is the very important factor for freeze-thaw resistance of high strength light weight aggregate concrete.

Keywords : LWA concrete, freeze-thaw resistance, durability factor, silica fume

1. 서론

구조물이 대형화, 고층화, 장기간화되는 추세에 따라 부재의 자중을 감소시키면서 강도증진을 도모할 수 있는 고강도 경량골재 콘크리트는 그 특성상 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 새로운 건설재료의 본격적인 사용은 많은 시간을 요구하게 된다. 고강도 경량골재 콘크리트의 현장배합, 치기, 내구성 및 사용성에 있어서 많은 연구^{1)~3)}가 축적되었으나 그 사용에는 매우 적은 편이다. 최근 외국에서 건설되었던 몇 개의 교량은 경량골재 콘크리트의 사용에 커다란 지표 역할을 보여주고 있다. Norway의 SANDHORN Ø YA교량인 경우 경량골재를 사용하여 총재료 비용의 2% 감소 효과를 가져옴과 동시에 25m의 추가 장기간 효과⁴⁾를 보였다.

그러나 인공 경량골재를 사용한 경량골재 콘크리트는 몇 가지 기술적인 문제점을 가지고 있다. 500kg/cm²에서 600kg/cm² 정도의 압축강도에서 그 이상의 강도 증진 구현의 어려움, 치기 작업의 난점, 낮은 동결융해 저항성 등의 문제를 가지고 있다.

이러한 문제들을 해결할 수 있는 보편적인 방법에 대한 연구가 많이 진행되어 유럽 각국 및 미국에서 최근 경량골재 콘크리트 구조물이 많이 시공되고 있다. 미국에 건설된 5.014m의 Cooper River Bridge, 노르웨이의 320m Sundbru Bridge⁵⁾, 420m STØVSET Bridge⁶⁾ 등의 교량과 Chicago의 Marina City Twin Towers 등을 그 예로 들 수 있다. 지진이 많은 지역여건상 경량화가 필요한 일본에서도 약 40년 전부터 인공경량골재를 생산하여 콘크리트 구조용 재료로 활발히 사용하고 있다.

국내의 경우 경량콘크리트의 특성과 배합에 대한 연구^{7)~9)}가 있었고, 구조적 특성에 대한 연구로서는 고강도 경량콘크리트 보의 전단성능¹⁰⁾과 거동¹¹⁾에 관한 연구가 진행되었으나 경량골재 내구성, 배합, 구조적 특성 등을 규명한 실무적 활용에 대한 토대는 미비하다고 본다. 경량골재 생산의 낙후함과 경량골재에 대한 인식 부족으로 인해 구조적 내구성 및 신뢰도 면에서 인정받지 못하고 있는 실정이다. 경량골재는 경량화, 양호한 내진성, 낮은 열전도율 등 장점을 지니고 있으나¹²⁾, 본 실험에 의하면 열린 공극이 많아 수분 흡수율이 나 동결융해 저항성에 있어서 많은 문제점을 가지고 있다. 본 논문은 국내에서 생산된 집도팽창 인공경량골재를 사용한 고강도 경량콘크리트에 대해 물·시멘트비, AE제, 실리카 흡, 강섬유 등의 사용재료에 변화를 주어 동결융해실험을 수행하고 그에 대한 내구성을 개선시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 사용재료의 특성과 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

시멘트는 시중에서 구입한 S사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트이며 물리적 성질은 Table 1과 같다.

Table 1 Physical properties of portland cement

비중	비표면적 (cm ² /g)	응 결(시:분)		안정성	압축강도(kg/cm ²)		인장강도(kg/cm ²)	
		시 발	종 결		σ_c	σ_{28}	σ_t	σ_{ts}
3.15	3100	4:30	6:30	양호	207	312	24	38

2.1.2 잔골재

잔골재는 낙동강에서 채취한 모래를 사용하였으며

물리적 성질은 Table 2와 같다.

Table 2 Physical properties of fine aggregate

표준 비중	흡수율	각 체 통과량의 누가백분율(%)							조립율 (F.M)
		10mm	5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	
2.58	2.8	100	97	88	74	46	11	3	2.81

2.1.3 굵은골재

보통 굵은골재는 한강에서 채취된 강자갈을 사용하였으며, 굵은골재 최대치수는 19mm이며, 물리적 성질은 Table 3과 같다.

Table 3 Physical properties of coarse aggregate

G _{max} (mm)	비 중	흡수율 (%)	각 체 통과량의 누가백분율(%)				조립율 (F.M.)
			25mm	19mm	10mm	5mm	
19	2.68	1.5	100	97	14	1	6.81

2.1.4. 경량골재

경량골재는 K사에서 생산한 점토를 주원료로 1300℃로 고온 소성한 무기질의 경량골재로서 최대치수 19mm를 사용하였으며 골재의 화학성분표는 Table 4와 같으며 물리적 성질은 Table 5와 같다.

Table 4 Chemical components of light weight aggregate

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ig loss	내화도(SK)
57.8	18.4	8.81	0.96	0.65	1.00	2.82	0.63	8.2	10

Table 5 Physical properties of light weight aggregate

G _{max} (mm)	비 중	흡수율 (%)	각 체 통과량의 누가백분율(%)				조립율 (F.M.)
			25mm	19mm	10mm	5mm	
19	1.53	14.96	100	99	33	1	6.66

2.1.5 혼화재료

1) 실리카 흙

실리카 흙은 오스트리아 산으로 비중이 2.15인 것을 사용하였다.

2) 혼화제

혼화제는 Rheobuld-1000 고성능 감수제와 AE공기연행제를 사용하였으며 이들의 특성은 표 6과 같다.

Table 6 Properties of chemical admixtures

품 명	주요 성분	비 중	상 태	색깔
고성능감수제	나프탈렌 술폰산염제	1.2	액 제	암갈색
AE 제	니그린 술폰산염제	1.2	액 제	담갈색

3) 강섬유

강섬유는 C사에서 생산되는 제품으로 양끝단이 절곡된 지름 0.8mm 길이 60mm인 철선으로 콘크리트 용적의 1%를 사용하였다.

2.2 실험 개요와 방법

2.2.1 실험 개요

본 연구는 외부로부터 수분의 공급을 받으면서 동결융해의 반복 작용을 받는 고강도 경량골재 콘크리트에서 물·시멘트비, 공기량, 실리카 흙 및 강섬유의 사용이 동결융해의 저항성에 미치는 영향을 알아보고, 아울러 보통골재를 사용한 동일한 배합의 공시체와 비교 검토하였다.

고강도 경량 콘크리트의 압축강도는 500~600kg/cm²을 목표로 배합설계하였고, 보통골재와 경량골재의 사용에 따른 내구성의 차이점을 파악하기 위해 27%의 물·시멘트비에 실리카 흙을 사용하고 AE제를 첨가하지 않은 동일한 배합비에 대해 보통골재와 경량골재를 사용한 NNAES, LNAES를 제작하였고, NNAES와 LNAES에 각각 AE제를 첨가한 NAES와 LAES를 제작하였다. 실리카 흙의 영향을 파악하기 위해 LNAES와 LAES에 실리카 흙을 제외시킨 LNAE1, LAE1을 제작하였다. 보통의 물·시멘트비에 감수제를 사용하지 않고 배합시킨 경량콘크리트의 동결융해 저항성을 파악하기 위해 물·시멘트비 43%에 실리카 흙을 사용하지 않고 AE제를 첨가한 것과 하지 않은 것 등 2개의 공시체(LNAE2, LAE2)를 제작하였다. 강섬유의 동결융해 저항성에 대한 역할을 알아보기 위해 실리카 흙을 사용하지 않으면서 AE제를 첨가 하지 않은 것(LSF)과 실리카 흙을 사용하고 AE제를 첨가한 공시체(LAESF) 등 총 10종류의 공시체에 대하여 동결융해실험을 수행하였다. 실험의 변수인 AE제의 첨가량은 김⁽⁷⁾의 "고강도 콘크리트에서 기포조직 및 강도특성이 동결융해

Table 7 Mix proportions of concretes

공시 체명	W/C (%)	G _{max} (mm)	슬립 프 (cm)	s/a (%)	공기 량 (%)	단위량(kg/m ³)								
						물	시멘 트	보 통 골 재	굵은 골재	경량 골재	감수 제	강섬유 (%)	AE제 (%)	실리 카흙
NNAES	27	19	14	35	1.2	135	500	593	1072	15	-	-	85	
NAES														0.03
LNAES														1.0
LAES														6.2
LNAE1														1.0
LAE1														6.0
LNAE2														1.3
LAE2														6
LSF														1.2
LAESF														5.5
	43					179	416	698	517	-	-	-		
	27					135	500	593	612	15	1	0.03	85	

저항에 미치는 영향"에서 동결융해 저항성에 효과가 있는 공기량 중 5.5~6.0% 를 기준으로 첨가하였다. 이상에서 설명한 배합표는 Table 7에 나타내었다

2.2.2 공시체 제작

콘크리트 비비기는 40리터 강제식 믹서를 사용하고 고성능 감수제인 Rheobuld-1000을 불에 회석시킨 후 혼합용수로 사용하였다. 압축 강도는 $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ 의 원주형 공시체를 제작하여 수중양생 재령 14일, 28일 및 장기강도인 56일에 측정하였고, 동결융해시험은 $10\text{cm} \times 7.5\text{cm} \times 40\text{cm}$ 의 각주 공시체에 대해 수중양생 재령 14일(KS F 2456)⁶⁾에서부터 실시하였으며, 동결융해시험 중 공시체의 수분흡수의 변화를 알기 위해 중량을 측정하였다. 또한 굳지 않은 콘크리트의 성질을 알기 위하여 단위용적 중량, 슬럼프 및 공기량을 측정하였다.

3. 동결융해 시험

본 연구에서는 KS F 2456에 의거 공기중 급속동결 및 수중 급속융해 시험법을 사용하였으며 재령 14일에서 시험을 시작하였다⁶⁾. 이때 동결융해시험 시작 전에 초기 동탄성 계수를 측정하고 동결융해시험을 되풀이하면서 동탄성 계수를 측정하였다. 상대 동탄성계수는 초기 동탄성계수에 대한 시험 후 동탄성계수의 비를 뜻하며 사이클 수가 300이면 시험을 완료하며, 그 전이라도 상대 동탄성계수가 60% 이하이면 시험을 완료하였다.

시험에서 사용된 시험기기는 일본 Marui사 제품인 전자동 동결융해시험기를 사용하였으며, 공시체의 온도는 동결시 -18°C , 융해시 $+4^{\circ}\text{C}$ 가 되도록 1 사이클을 설정하였고, 동결융해 1 사이클을 수행하는데 소요된 시간은 평균 2.5시간이다.

콘크리트의 동탄성계수는 "초음파 속도에 의한 동탄성계수 시험법"⁷⁾에 의해서 전파시간을 측정하여 전파속도를 구하고 이것을 이용하여 동탄성계수를 계산하였다.

$$E_D = \frac{V_1^2 \times \rho \times 10^7}{g} \quad (1)$$

여기서, E_D : 동탄성 계수(Kg/cm²)

g : 중력가속도(cm/sec²)

ρ : 공시체의 밀도(Kg/cm³)

콘크리트의 동결융해에 대한 내구성 지수(Durability Factor : DF)는 다음 식으로 계산한다.

$$DF = \frac{C \times N}{M} \quad (2)$$

여기서, DF : 내구성 지수

C : N사이클에서의 상대 동탄성계수

N : 동결융해시험을 마친 사이클 수

M : 동결융해시험 목표 사이클 수

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 압축강도 실험 결과

동결융해실험을 위해 제조된 콘크리트의 물리적인 성질을 파악하기 위한 콘크리트의 재령 14일, 28일, 56일의 압축강도를 측정된 결과 Table 8과 같이 나타내었다. 굵은 골재에 있어서 보통골재와 경량골재만 다를 뿐 그외의 배합요소가 모두 같은 NNAES와 LNAES의 경우, 보통골재를 사용한 NNAES의 56일 강도가 LNAES보다 12.4%가 높은 것으로 나타났다. LNAES의 파괴형태는 시멘트 페이스트와 골재를 가르며 파괴되는 양상을 보였다. 공기량이 많은 LAES(6.2%)는 공기량이 적은 LNAES (1.0%)보다 재령 58일 강도가 30%정도 감소한 것으로 나타났다. 실리카 흡과 고성능 감수제를 사용하지 않고 물시멘트비가 43%인 LNAE2는 재령 28일에서는

Table 8 Compressive strength

공시체명	골재	W/C (%)	혼화재료			단위용적중량 (t/m ³)	압축강도 (kg/cm ²)		
			실리카흡	AE제	감수유		σ_c	σ_{cs}	σ_{cr}
NNAES	보통골재	27	17%	0.03%	-	2,466	471	577	772
NAES						2,402	547	573	603
LNAES						2,056	640	690	687
LAES						1,925	350	476	530
LNAE1	경량골재	43	-	-	-	2,056	383	548	508
LAE1						1,975	360	381	461
LNAE2						1,925	362	530	584
LAE2						1,975	314	354	428
LSF	27	-	-	-	-	2,144	506	559	570
LAESF						1,942	370	389	408

고강도(530 kg/cm²)를 구현하였으나 슬럼프 값은 7.5cm로 다른 공시체보다 작게 나타났다. LAE2의 재령 28일 강도는 (354 kg/cm²) 조금 떨어지나 슬럼프 값이 14cm로서 워어커빌리티가 크게 개선되었다. Zhang M. H.¹⁹⁾이 제시한 건조상태의 경량골재에 표면건조 포화상태에 필요한 추가 수량을 넣고 비비기를 한 결과, 이 방법에 의한 슬럼프 값이 표면건조 포화상태에서 배합한 경량골재 콘크리트의 슬럼프 값보다 더 많이 나타났다.

전반적으로 실리카 흡을 사용한 콘크리트는 장기강도가 큰 것으로 나타났으며, AE제를 넣은 콘크리트는 넣지 않은 콘크리트에 비해 강도가 떨어졌다. 강섬유를 사용한 콘크리트(LSF, LAESF)의 14일, 28일 강도의 증가율은 크게 나타났으나 56일 강도의 증가율은 미소하게 나타났으며 강도는 다른 공시체에 비해서 적게 측정되었다. 강섬유 콘크리트의 슬럼프 값은 12cm, 14cm로 강섬유를 사용하지 않은 공시체와 비교하여 워어커빌리티면에서 크게 차이나지 않았다.

4.2 동결융해실험의 결과

Table 7의 배합표에 따라 골재, 물·시멘트비, 혼화재료 등 사용재료의 변화에 따라 각각 제작된 10종류의 공시체에 대하여 동결융해실험을 실시한 결과 Table 9와 같이 동결융해 진행에 따른 상대 동탄성계수와 내구성지수에 대한 결과를 얻었다.

Table 9 Results of the Freeze-Thaw Test

공시체명	최종 Cycle 수	상대 동탄성계수 (%)	내구성 지수 (%)
NNAES	300	75.45	75.45
NAES	300	92.36	92.36
LNAES	235	60.0	47.0
LAES	300	92.10	91.10
LNAE1	141	60.0	28.2
LAE1	300	92.86	92.86
LNAE2	108	60.0	21.6
LAE2	300	95.27	95.27
LSF	300	91.42	91.42
LAESF	300	93.90	93.90

4.2.1 내동해성에 미치는 실리카흡의 영향에 대한 고찰

AE제를 첨가하지 않은 상태에서 실리카흡의 사용 유무에 따른 동결융해 저항성을 비교하기 위해 보통골재를 사용한 NNAES와 경량골재를 사용한 공시

체(LNAES, LNAE1, LNAE2)의 상대동탄성 계수의 변화를 Fig 1에 나타내었다. 공시체 4개 모두 콘크리트 표면에 근접한 경량골재 내의 열린 공극 속의 수분과 골재의 블리이팅현상에 의한 골재하면의 수막의 동결로 인하여 균열발생 및 표면이 떨어져 나갔으며, 동결융해가 반복됨에 따라 그 손상이 점점 내부로 발전되었다. 실리카 흡을 사용하지 않은 공시체(LNAE1, LNAE2)는 141 사이클 이내에 상대동탄성 계수가 60% 이하로 떨어져 동결융해 저항성이 상당히 취약함을 알 수 있고, 실리카 흡을 사용한 공시체(LNAES)는 235 사이클 이후에 상대 동탄성 계수가 60% 이하로 떨어졌다. 즉, 실리카 흡을 사용하지 않은 공시체보다 내동해성이 약간 향상되었으나, 300 사이클 이전에 상대동탄성 계수가 60% 이하로 저하되어 내동해성에 안전하다고 볼 수 없다. NNAES는 300 사이클에서 상대 동탄성계수가 75.5%로 어느 정도 내동해성이 있다고 볼 수 있다.

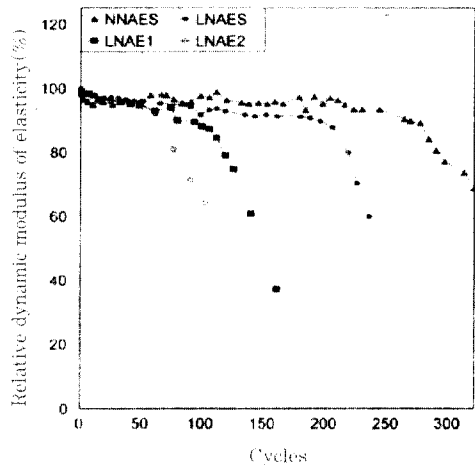


Fig.1 Effects of silica fume on relative dynamic modulus of elasticity (Non-AE concrete)

Fig 2와 같이 AE제를 첨가한 공시체들은 실리카 흡 사용여부와 관계없이 내동해성이 좋은 것으로 보아, 실리카 흡의 사용은 시멘트 페이스트의 강도를 크게 증진시켜 주었지만 공시체 표면에 근접한 부분의 경량골재를 덮고 있는 시멘트 페이스트 두께가 얇아 동결융해시 발생하는 팽창압에 저항하지 못하여 시멘트 페이스트의 강도를 증진시키는 것만으로는 동결융해에 대한 내구성 향상에 도움이 되지 않는 것으로 나타났다.

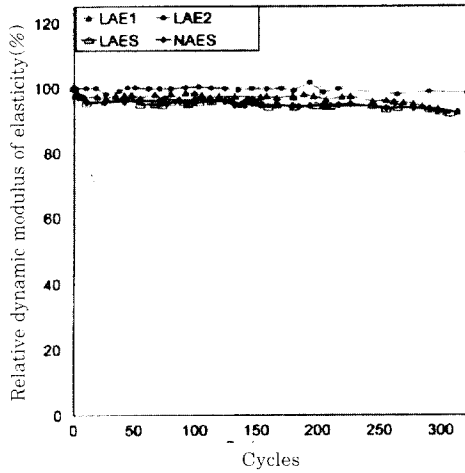


Fig. 2 Effects of silica fume on relative dynamic modulus of elasticity

4.2.2 내동해성에 미치는 AE제 및 물·시멘트비 영향에 대한 고찰

보통골재 및 경량골재 콘크리트 공시체 모두 AE제를 첨가한 경우(LAES, LAES)는 Fig 3과 같이 내동해성이 우수한 것으로 나타났으며, AE제를 첨가하지 않은 경우에는 보통골재 콘크리트 공시체(NNAES)가 경량골재 콘크리트 공시체(LNAES)보다 내동해성에 있어서 조금 양호하나 결과적으로 연형 공기량을 더 함유해야 충분한 저항성을 가지게 된다. Fig 4에서 보는 바와 같이 물·시멘트비가 다른 경우 AE제를 첨가한 경량골재 콘크리트(LAE1,

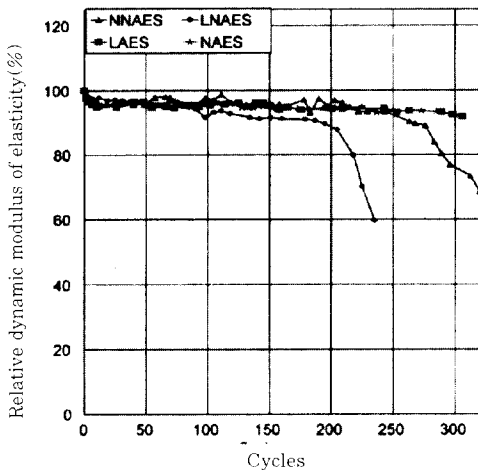


Fig. 3 Effects of AE agent on relative dynamic modulus of elasticity

LAE2)는 AE제에 의한 연형공기의 작용으로 물·시멘트비의 변화에 따른 동결융해 저항성에 미치는 영향은 파악하기 어려웠다. 그러나 AE제를 첨가하지 않은 경우(LNAE1, LNAE2)는 둘 다 내동해성에 매우 취약하며, 물·시멘트비가 27%인 LNAE1의 내구성지수는 28.2%, 물·시멘트비가 43%인 LNAE2의 내구성지수는 21.6%로 물·시멘트비가 높은 쪽이 상대적으로 콘크리트가 치밀하지 못하여 수분흡수가 빨라 동결융해의 반복에 의한 피해가 더 빨리 진행된 것으로 사료된다.

AE제를 첨가한 공시체는 부분적으로 균열이 발생하였으며, 경량골재를 중심으로 큰 모양으로 콘크리트가 떨어져나가는 현상을 보였고 이는 큰골재, 모서리, 표면에 접한 골재에 한하여 나타났으며, AE제를 첨가하여 공기량이 6% 이상으로 측정된 공시체는 내구성 지수가 90%이상으로 측정되어 동결융해에 대한 내구성이 크게 개선됨을 알 수 있었다.

4.2.3 내동해성에 미치는 강섬유(Steel fiber)의 영향에 대한 고찰

AE제, 실리카 흡을 사용하지 않고 1%의 강섬유를 첨가한 공시체 LSF는 그림 5와 같이 내구성지수가 91.42%로 내동해성에 매우 우수한 것으로 나타났으며, AE제, 실리카 흡을 사용하고 1%의 강섬유를 첨가한 공시체 LAESF 역시 내구성지수가 93.90%로 동결융해에 대한 내구성이 좋은 것으로 측정되었다.

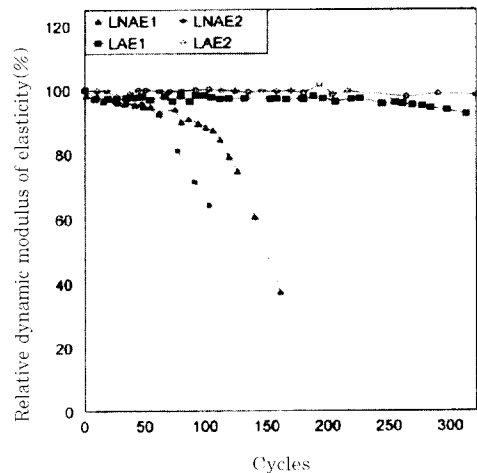


Fig. 4 Effects of water-cement ratio and AE agent on relative dynamic modulus of elasticity

LSF는 동결시 경량골재내의 수분에 의해 반복되는 팽창압으로 내구성이 급격히 저하될 것으로 예상했으나 강섬유에 의한 시멘트 페이스트의 구속력이 팽창압을 제어하여 내구성이 향상된 것으로 판단된다.

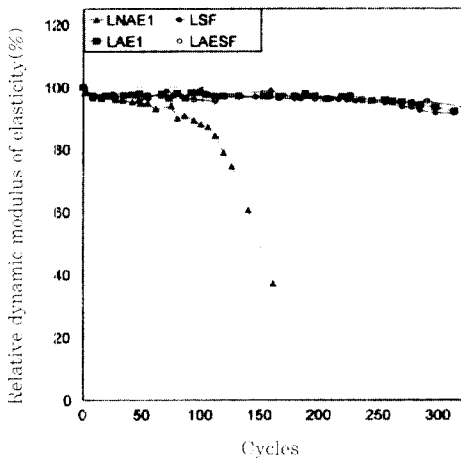


Fig. 5 Effects of steel fiber and AE agent on relative dynamic modulus of elasticity

4.2.4 공시체 중량의 변화

Fig 6에서 보는 바와 같이 AE제를 사용하지 않은 LNAE1은 50 사이클을 지나면서, LNAES는 160 사이클을 지나면서 공시체의 중량은 약간 증가하였다. 이는 열린 공극의 반복되는 수분흡수에 기인한 것이며, 이중 LNAES의 중량이 LNAE1의 중량 증가보다 작은 이유는 실리카 흙의 사용으로 시멘트 페이스트가 좀 더 치밀해져 상대적으로 수분흡수가 적었기

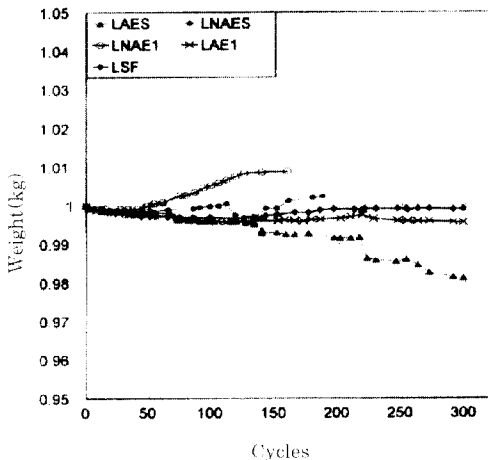


Fig. 6 Changes of LWA concrete specimen weight

때문으로 본다. LAES, LAE1, LSF등과 같이 300 사이클 이후에도 상대 동탄성계수가 95% 이상의 안정적인 내동해성을 가진 공시체의 중량은 약간 감소하는 경향을 보이는 데, 이는 동결융해가 반복되는 동안 수분흡수에 의한 중량증가는 거의 발생하지 않고 역으로 공시체 표피에 있는 경량골재의 일부분이 박리현상에 의해 떨어져 나가 중량이 감소되었다고 판단된다.

이상의 결과에서 국내에서 생산된 열린공극이 많은 열악한 상태의 즉, 동결융해에 취약한 경량골재를 함유한 콘크리트라 하더라도 연행공극을 첨가하여 내동해성을 개선시킬 수 있으며, 강섬유를 첨가하여 시멘트 페이스트의 인성을 강화시켜 동결로 인한 팽창압에 저항시킴으로써 내동해성을 강화시킬 수 있다고 사료된다.

5. 결론

본 연구는 경량골재를 사용한 고강도 콘크리트의 동결융해 특성을 파악하기 위해 실리카 흙, 물·시멘트 비, AE제, 강섬유 등의 사용재료를 변수로 하여 동결융해실험을 실시한 후 실험변수들에 따른 내동해성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 실리카흙을 사용하고 AE제를 첨가하지 않은 고강도 경량골재콘크리트는 시멘트 페이스트의 강도 증진에도 불구하고 경량골재의 열린공극의 수분흡수에 의해 동결시 팽창압을 완화하지 못하여 내동해성을 개선시키지 못한다.

2) AE제를 사용하지 않은 고강도 경량골재 콘크리트에서 물·시멘트비는 내동해성 향상에 커다란 영향을 주지 못한다.

3) AE제를 사용하지 않은 경량골재 콘크리트 공시체 모두 235 사이클 이내에 상대 동탄성계수가 60% 이하로 저하되는 등 동결융해에 상당히 취약하였으나, 실리카흙의 유무에 관계없이 AE제를 사용하여 공기량이 6% 이상 측정된 경량골재콘크리트는 내동해성이 개선되었다.

4) 강섬유를 넣어 보강한 경량골재 콘크리트는 동결융해에 대한 저항성이 크게 향상되었다. 강섬유는 시멘트 페이스트의 인성을 강화시켜 동결시 발생하는 팽창압을 구속시킴으로써 내동해성을 향상시키는 유효한 방법이 될 수 있다.

참고문헌

1. Laamanen, P.H., "High strength LWA concrete for bridge construction the new Sundbru bridge in Eidsvoll, Norway", Proceedings of High-Strength Concrete 1993, pp. 517-526.
2. Sandvik, M., "Utilization of High - Strength LWA Concrete in Norway", Proceedings of High-Strength Concrete 1993, pp. 590-598.
3. 대한토목학회, "강섬유 보강 콘크리트 설계 시공 지침 (안)", 1995. 10.
4. 김홍렬, 류택동, 서치호, "중공경량골재 콘크리트의 특성에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 제11권 제5호, 1995.5, pp.209-215.
5. 김진수, 박성무, "고강도 경량콘크리트보의 전단 성능에 관한 실험적 연구", 대한 건축학회논문집, 제10권 제5호, 1994. 5, pp. 149-158.
6. 신종렬, 권우현, 권기혁, 박윤근, 노희일, "경량고강도 콘크리트보의 전단거동에 관한 연구", 콘크리트 학회지, 제8권 제5호, pp. 149-159.
7. 김생빈, 문제길, 김동신, "고강도 콘크리트에서 기포조직 및 강도특성이 동결융해저항에 미치는 영향", 대한토목학회논문집, 제13권 제3호, pp.13-24.
8. 한국공업표준협회, "급속동결융해에 대한 콘크리트의 저항시험방법", KS F 2456
9. Neville, A.M., "Properties of Concrete", Great Britain, 1981, pp. 25-30.
10. Zhang Min-Hong, and Odd E. Gjorv, "Characteristics of lightweight aggregates for high-strength concrete," ACI Materials Journal, Vol. 88, No. 2, Mar-Apr, pp.150-158, 1991.
11. Zhang Min-Hong, and Odd E. Gjorv, "Mechanical properties of high-strength lightweight concrete," ACI Materials Journal, Vol. 88, No. 3, May-June, 1991, pp.240-247.
12. Zhang Min-Hong, and Odd E. Gjorv, "Permeability of high-strength lightweight concrete," ACI Materials Journal, Vol. 88, No. 5, Sep-Oct, 1991, pp.463-469.
13. G.C. Hoff "Observation on the fatigue behavior of high-strength lightweight concrete", Proceedings ACI International Conference Singapore, 1994, pp. 785-822.

요 약

경량골재 콘크리트의 내구성과 경제성에 대한 인식 부족으로 조경재료나 인공토양 등 구조부재 이외의 분야에 사용되고 있는 국내 실정에 비해서, 구미 여러나라에서는 고강도 경량골재를 장기간 교량과 고층건물 건설에 사용하고 있다. 경량골재 콘크리트는 구조물의 재료비 단순비교에 있어서도 경제성이 있을 뿐만 아니라, 자중감소로 인한 구조적, 기하학적 장점도 있으며, 또한 고강도 경량골재의 개발로 경량골재가 가지고 있는 여러 문제점을 해소하여 사용성과 내구성에 있어서 보통골재 콘크리트와 큰 차이가 없는 상황이다. 그러나 국내에서 생산된 경량골재는 단한 공극보다 열린 공극을 많이 내포하고 있어 수분흡수가 많고, 특히 동결융해에 대한 내구성에 취약한 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 내동해성 향상을 위해 10종류의 고강도 경량골재 콘크리트 공시체를 제작하여 실리카흙, 물·시멘트 비, AE제, 강섬유 등을 실험 변수로 하여 동결융해 실험을 수행하였다. 연구결과 실리카흙, 물·시멘트 비는 어느 정도 내동해성을 향상시키지만 근본적인 해결방안이 되지 못하며, AE제를 첨가한 공시체와 강섬유를 사용한 공시체는 동결융해 내구성 지수가 90% 이상으로 측정되어 내동해성을 개선시킬 수 있는 요소로 나타났다.

(접수일자 : 1997. 10. 20)