

ALC 블록성능의 기포콘크리트 배합설계 연구

Foamed Concrete with a New Mixture Proportioning Method Comparable to the Quality of Conventional ALC Block

양 근 혁*

Yang, Keun-Hyeok*

Department of Plant-Architectural Engineering, Kyonggi University, Suwon, Kyonggi-do, 443-760, Korea

Abstract

The objective of this study is to develop a high-performance foamed concrete made with a new mixture proportioning as an alternative of autoclaved lightweight concrete (ALC) block. For the early-strength gain of the foamed concrete under an atmospheric curing condition, the binders and chemical agents were specially contrived as follows: 3% anhydrous gypsum was added to ordinary portland cement (OPC) in which $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ content was controlled to be above 60%; and the content of polyethylene glycol alkylether in a polycarboxylate-based water-reducing agent was modified to be 28%. Using these binders and chemical agents, 11 mixes were prepared with the parameters of W/B ratio (30% to 20% in a interval of 2.5%) and unit binder content ($400\text{kg}/\text{m}^3$ to $650\text{kg}/\text{m}^3$ in a interval of $50\text{kg}/\text{m}^3$). The quality and availability of the mixed foamed concrete were examined according to the minimum requirements specified in the KS for ALC block and existed conventional foamed concrete. The measured properties satisfied the minimum requirement of KS for ALC block and proved that the developed high-performance foamed concrete had considerable potential for practical application.

Keywords : high-performance foamed concrete, ALC block, W/B ratio, unit binder content.

1. 서 론

국내의 건축물 냉·난방을 위한 유류소비는 연간 17.5 J/m^2 이며, 이로 인한 에너지소비는 국가 전체 소비량의 약 36%이다. 이에 대한 대책으로 정부는 2010년 11월에 ‘건축물의 설비기준 등에 관한 규칙’의 개정을 통하여 중부지방 공동주택 외벽의 열관류율 기준을 $0.27\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 로 낮추어 개정 전 값에 비해 40% 강화하였다. 이에 따라 건축물 벽체 및 슬래브를 통해 손실되는 에너지를 줄일 수 있는 건설 재료 및 공법에 대한 관심과 수요가 높아지고 있다.

석회에 시멘트와 알루미늄 파우더나 알루미늄 페이스트 등을 섞은 혼합물을 고온·고압(약 180°C 온도와 1MPa 의 압력)에서 화학반응을 일으켜 만드는 경량기포 콘크리트의 일종인 ALC(autoclaved lightweight concrete) 블록은 경량성, 내화성 및 고단열성의 장점을 갖는다[1]. 특히 고온·고압에 의한 프리캐스트 건식공법에 의한 강도발현은 습식제조된 기포콘크리트에 비해 높다. 최근 국내에서 ALC 블록의 사용은 과도한 설비투자로 인한 수요와 공급의 불균형 문제 및 장기 시장분석이나 제품에 대한 연구개발 투자의 부족으로 점차 하향세이다. 또한 ALC 블록의 제조산업은 에너지다소비 산업 (제조공정에서 약 $340\text{kWh}/\text{m}^3$ 전력소모)이며[2], 특히 블록제조를 위해 이용되는 원자재인 알루미늄 파우더와 석회의 CO_2 원단위는 각각 $5.15\text{kg}\text{-CO}_2/\text{kg}$ 과 $0.517\text{kg}\text{-CO}_2/\text{kg}$ 으로서 매우 높다[3]. ALC 블록의 생산단계에서 소비되는 높은 에너지 양 및 CO_2 배출량은 현재 중요하게 요구되고 있는 지속가능

Received : June 17, 2014

Revision received : August 10, 2014

Accepted : September 2, 2014

* Corresponding author : Yang, Keun-Hyeok

[Tel: 82-31-249-9703, E-mail: yangkh@kyonggi.ac.kr]

©2015 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

건설과는 다소 어긋난다. 이에 따라 독일에서는 ALC 블록 대체를 위해 제조단계에서 저에너지소비의 습식공정에 의한 기포콘크리트 블록개발 연구가 진행되고 있다[2].

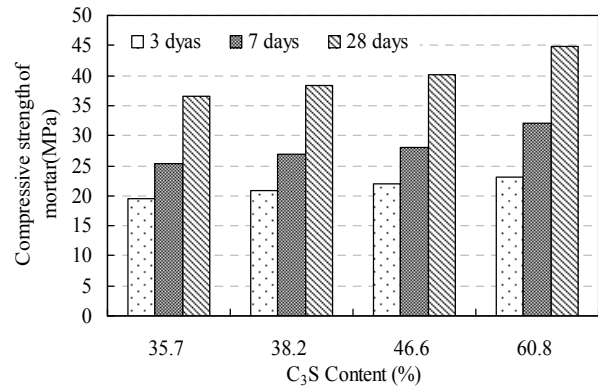
본 연구의 목적은 ALC 블록을 대체할 수 있는 습식제조형 기포콘크리트의 배합설계의 개발이다. 따라서 본 연구에서 정의하는 고성능 기포콘크리트는 습식제조형이면서 ALC 수준의 품질을 갖는 낮은 밀도에서 비교적 높은 강도 발현과 유동성을 갖는 콘크리트이다. 저밀도에서 ALC 블록 수준의 비교적 높은 강도를 발현시키기 위하여 결합재 및 혼화제에 대한 사전연구를 수행하였다[4]. 기포콘크리트의 배합에서 주요변수는 물-결합재비(W/B)와 단위결합재 양(B)이다. 각 시험체에서 측정된 밀도 및 압축강도는 KS F 2701 [5]에서 제시하는 ALC 블록의 품질등급 및 기존 일반 기포콘크리트 실험결과와 비교하였다.

2. 실험 상세

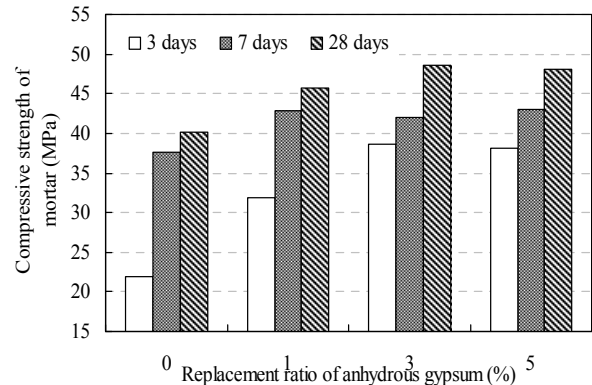
2.1 사용재료

일반적으로 습식제조된 기포콘크리트의 압축강도는 ALC에 비해 낮다[1]. 이 낮은 압축강도 발현특성을 개선하기 위하여 결합재 및 혼화제에 대한 사전연구를 수행하였다. ALC 블록의 요구 압축강도인 2~6MPa 수준에서 시멘트의 화합물조성은 기포콘크리트의 압축강도 변화에 매우 중요하다. 보통포틀랜드시멘트(ordinary portland cement, OPC)의 제조사에 따른 화학적조성을 X선 회절분석(X-Ray diffraction, XRD)을 이용하여 측정하고 그에 따른 모르타르 압축강도를 평가하였다. OPC의 화학적 조성은 Table 1에 나타낸바와 같이 제조사에 따라 약간의 차이가 있었으며, 그에 따라 Bogue법에 의하여 산정한 규산3칼슘($3CaO \cdot SiO_2$, C_3S)의 비율도 차이를 보였다. 일반적으로 C_3S 는 수화열을 동반하며 압축강도 발현이 높은 특성

을 갖는다. Figure 1(a)에 나타난 모르타르 압축강도에서도 C_3S 가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 따라서 기포콘크리트의 높은 압축강도 발현을 위한 OPC는 C_3S 가 약 60% 이상인 것을 선택하였다. 기포콘크리트의 초기 압축강도 발현을 높이기 위하여 C_3S 가 약 60%인 OPC에서 무수석고 치환율을 0~5%로 변화시켜 모르타르 압축강도를 측정하였다. 그 결과 무수석고 치환율이 3%까지는 압축강도가 약간 증가하지만 그 이상(5%)에서 압축강도 증가는 없었다(Figure 1 b).



(a) Effect of C_3S



(b) Effect of replacement ratio of anhydrous gypsum

Figure 1. Preliminary test results for binder selection

Table 1. Chemical composition of OPC according to domestic maker.

Classification	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₃	SO ₃	LOI*	C ₃ S**
C-1	19.6	5.1	2.9	62.8	3.9	0.89	0.17	0.18	2.5	1.96	60.8
C-2	21.83	5.64	3.45	62.24	2.86	0.75	-	-	2.13	1.10	38.2
C-3	22.13	5.49	3.59	61.98	2.51	1.09	-	-	2.14	1.07	35.7
C-4	21.27	3.68	5.21	60.57	3.02	0.78	0.13	-	2.08	3.26	46.6

* LOI = loss on ignition

** $C_3S = 4.071 \cdot CaO - (7.600 \cdot SiO_2 + 4.479 \cdot Al_2O_3 + 2.859 \cdot Fe_2O_3 + 2.852 \cdot SO_3)$

특히 재령 3일 강도는 무수석고 치환율에 의해 큰 영향을 받았는데, 3% 치환율일 때 가장 높은 값을 보였다. 이를 고려하여 본 연구에서는 기포콘크리트의 압축강도 증진을 위한 결합재로서 C₃S가 60%인 OPC에 무수석고를 3% 치환한 것을 이용하였다.

기포콘크리트의 강도발현 촉진 및 자기충전을 위한 고유동을 위해 폴리카르본산계 감수제에서 폴리알킬에테르 성분의 함유량을 변화시키는 예비실험[4]을 수행하였다. 예비실험으로부터 폴리알킬에테르 성분이 28%인 폴리카르본산계 감수제를 활용하였다.

선기포 방식에 의한 기포콘크리트의 제조를 위해 사용한 기포제는 가수분해형 단백질기반으로서 OPC와의 화학반응은 발생하지 않는다. 사용된 기포제의 비중은 1.06이다.

2.2 경량기포콘크리트 배합

기포 콘크리트의 압축강도에 영향을 미치는 주요 배합요인은 물-결합재비(W/B)와 단위결합재양(B)이다[6]. 이를 고려하여 본 연구에서는 Table 2에 나타낸바와 같이 시험체의 배합상세를 W/B 와 B 의 변화에 따라 두 그룹으로 구분하였다. 그룹 1에서는 B 를 500kg/m³으로 고정한 후 W/B 를 20%에서 30%까지 변화시켰다. 그룹 2에서는 그룹 1의 실험결과를 바탕으로 W/B 를 25%로 고정한 후 B 를 400kg/m³에서 600kg/m³까지 변화시켰다. 설계변수에 따른 기포양은 콘크리트 단위용적 개념과 함께 ASTM C 796-97[7]의 절차에 따라 산정하였다. 기포콘크리트의 자

기충진성을 위하여 초기 목표 플로우를 200mm 이상으로 설정하였으며, 이에 따라 예비실험에서 선정된 폴리카르본산계 감수제를 Table 2에 나타낸바와 같이 첨가하였다.

2.3 실험방법

선발포를 위하여 기포제를 1:32.3으로 희석한 후 압축공기와 연결된 기포발생기를 통하여 발포시켰다. 생성된 기포는 강제믹서기를 이용하여 미리 제조된 시멘트 페이스트와 함께 섞었다.

굳지 않은 기포콘크리트에서는 초기 플로우 및 소포깊이를 측정하였다. 굳은 기포 콘크리트에서는 ϕ 100×200mm 공시체를 이용하여 절건밀도, 압축강도 및 응력-변형률 관계를 측정하였다. 콘크리트의 열전도율은 300×300×50mm 시험체를 이용하여 절건상태에서 측정하였다. 압축강도는 재령 3일, 7일 28일에서 측정하였으며, 절건밀도, 응력-변형률 관계 및 열전도율은 재령 28일에서 측정하였다. 그룹 II에서 결합재양의 변화에 따른 내부 공극구조 및 공극분포는 각각 광학현미경과 수은압입법에 의해 평가하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 초기 플로우

모든 배합은 목표 플로우 값인 200mm 이상의 유동성을 보였다(Table 2). 물-결합재비의 감소와 함께 기포콘크리

Table 2. Mixture proportions of prepared concrete mixes and summary of the test results.

Group	Specimens*	W/B (%)	V_f (%)	Unit content (kg/m ³)			R_{sp} (%)	Flow (mm)	Defoamed depth (mm)	w_d (kg/m ³)	Compressive strength (MPa)			ϵ_0	λ (W/m·K)	R (m ² ·K/W)
				Water	Binder	Foam					3days	7days	28days			
I	G1-30	30		150		55.2	0.13	200	0	562	2.75	2.99	4.25	0.0024	0.157	0.318
	G1-27.5	27.5		137.5		56.2	0.23	200	0	570	2.88	3.41	4.32	0.0026	0.160	0.313
	G1-25	25		125	500	57.2	0.38	202	2	541	3.15	3.56	4.57	0.0022	0.153	0.327
	G1-22.5	22.5		112.5		58.2	0.56	266	3	545	3.11	3.04	4.17	0.0024	0.163	0.307
	G1-20	20		100		59.2	0.88	263	5	547	1.81	3.21	3.66	0.0026	0.159	0.314
II	G2-400		1250	100	400	61.8	0.4	235	3	425	1.57	2.01	2.07	0.0020	0.118	0.424
	G2-450			112.5	450	59.5	0.4	245	2	491	2.24	2.75	2.99	0.0025	0.139	0.360
	G2-500			125	500	57.2	0.4	248	2	531	2.57	3.07	3.42	0.0022	0.142	0.352
	G2-550			137.5	550	55.0	0.4	237	1	618	3.50	4.15	4.98	0.0024	0.176	0.285
	G2-600			150	600	52.7	0.4	240	0	674	4.83	4.90	5.88	0.0025	0.199	0.252
	G2-650			162.5	650	50.4	0.4	245	0	694	5.23	5.47	6.93	0.0026	0.184	0.272

* In specimen notation, the first and second parts refer to the affiliation group and test parameters in each group. For example, G1-30 is the specimen with W/B of 30% assigned in Group I, while G2-400 is the specimen with B of 400kg/m³ in Group II.

Notation] V_f = foaming volume rate of preformed foam, R_{sp} = polycarboxylate-based water-reducing agent-to-binder ratio by weight, w_d = dry density of concrete, ϵ_0 = strain at the peak stress, λ = thermal conductivity of concrete, and R = thermal resistivity.

트의 플로우는 감소하였는데, 이에 따라 감수제 첨가량이 증가하였다. 반면 단위결합재량이 기포 콘크리트의 유동성에 미치는 영향은 미미하였다. 일반적으로 B 의 증가는 단위 기포양을 감소시키는 반면, 페이스트의 점성을 증가시키는데, 이들은 기포콘크리트의 유동성에 상반적으로 작용한다. 이에 따라 기포콘크리트의 유동성은 일정한 W/B 에서 B 의 변화에 민감하지 않았다.

3.2 소포깊이

그룹 I의 시험체들에서 W/B 가 25% 이하일 때 소포가 발생하였는데, W/B 의 감소와 함께 그 깊이는 다소 증가하였다(Table 2). W/B 의 감소와 함께 기포 표면상의 수분은 OPC의 수화반응으로부터 생성된 겔공극 또는 미세 모세관공극으로 흡수되기 쉬운데, 이는 소포의 원인이 된다[8]. 과도한 소포는 기포 콘크리트의 강도 및 열전도율을 나쁘게 만들 수 있다. 소포의 최소화 및 OPC의 수화를 위해 필요한 최소 W/B (20~25%)를 고려하면, 고성능 기포콘크리트 제조를 위한 적절한 W/B 는 약 25%를 추천할 수 있다. 단위결합재 양 또한 소포에 영향을 미치는데, B 가 증가할수록 소포깊이는 감소하며, B 가 600kg/m^3 이상에서는 소포가 발생하지 않았다. 일반적으로 B 가 증가하면, 기포 콘크리트 내에서 페이스트 양은 증가하는 반면 기포체적은 감소한다. 이로 인해 높은 B 를 갖는 기포 콘크리트의 구조는 보다 안정하게 되며, 소포양은 감소하게 된다[8].

3.3 공극구조 및 공극율

모든 시험체는 Figure 2에 나타낸바와 같이 독립공극구조를 보였다. 독립공극의 크기는 W/B 의 감소와 함께 점차 작아지는 경향을 보였는데, W/B 가 25% 이하에서는 공극 크기들의 변화가 미미하였다. 한편 B 가 공극구조에 미치는 영향은 광학현미경 이미지상으로는 뚜렷하게 나타나지 않았지만 수은공극측정으로부터 산정한 공극분포에는 중요한 영향을 미쳤다(Figure 3). 시멘트계 재료의 공극시스템은 주로 겔공극($\phi < 10\text{nm}$), 마이크로 모세관공극($10\text{nm} \leq \phi < 50\text{nm}$) 및 매크로 모세관공극($50\text{nm} \leq \phi < 50\mu\text{m}$) 및 갭공극($50\mu\text{m} \leq \phi$)으로 구분될 수 있는데[9], 여기서 ϕ 는 공극직경이다. 기포콘크리트는 골재를 사용하지 않고 자기충전성으로 제조되기 때문에 갭공극의 양은 매우 적고, 모세관공극이 주를 이룬다. 단위결합재량의 증가와 함께 겔공극의 양은 증가하는 반면 매크로 모세관공극의

양은 감소하는 경향을 보였다. 이에 따라 기포콘크리트의 공극율은 B 의 증가와 함께 감소하였다.

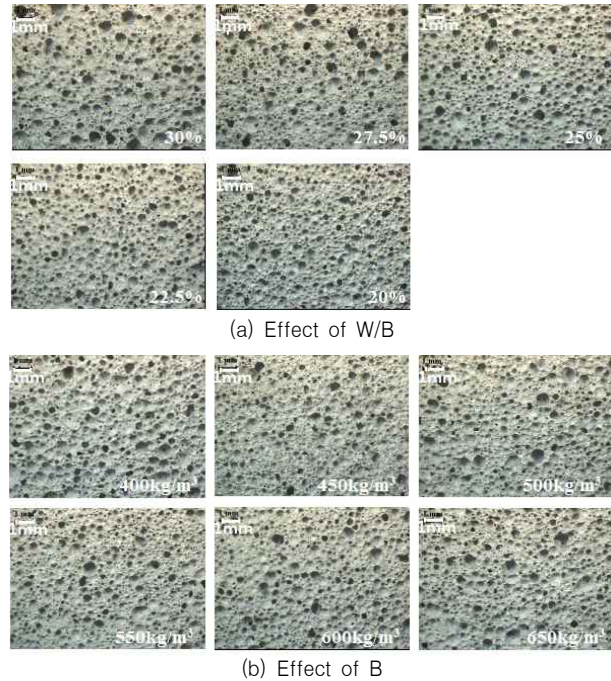


Figure 2. Air void structure of the foamed concrete ($\times 40$)

Designation	Unit binder content (kg/m^3)				
	400	450	500	550	600
Gel pores	0.13	1.61	2.59	4.12	10.19
Micro capillaries	22.09	17.58	23.31	28.33	15.22
Macro capillaries	45.06	44.69	35.24	28.60	35.58
Artificial air pores	2.24	1.33	0.99	1.16	0.22
Total porosity (%)	69.52	65.21	62.12	62.20	61.21

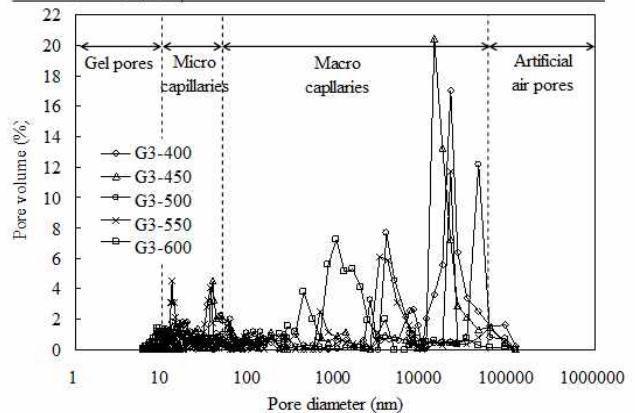


Figure 3. Effect of B on the pore size distribution

3.4 압축강도 발현

기포콘크리트의 압축강도는 B 의 증가와 함께 그리고 W/B 의 감소와 함께 증가하는데, W/B 가 25%보다 작을 경우에는 오히려 감소하였다(Table 2). 기포콘크리트의 압

축강도는 절건밀도 및 공극구조에 의해 중요한 영향을 받는다. 기포콘크리트의 절건밀도(w_d)와 28일 압축강도(f_{ck})의 관계를 Figure 4에 나타내었다. 동일 그림에 w_d 가 $350\sim 850\text{kg/m}^3$ 의 범위에서 실험된 기존 데이터[4]들을 함께 나타내었다. 차원해석을 위해 w_d 와 f_{ck} 는 각각 $1,000\text{kg/m}^3(=w_0)$ 와 $1\text{MPa}(=f_0)$ 의 기준값을 이용하여 무차원하였다. 동일 절건밀도에서 본 고성능 기포콘크리트의 압축강도는 기존의 일반 기포콘크리트에 비해 높았으며, 절건밀도에 따른 그 증가기울기도 높았다. 실험결과들을 회귀분석하여 나타내면 기포콘크리트의 f_{ck} 는 절건밀도의 함수로서 다음과 같이 나타낼 수 있었다.

$$f_{ck} = A_1(w_d/w_0)^{B_1}f_0 \quad (1)$$

실험상수인 A_1 과 B_1 은 고성능 기포콘크리트에서는 각각 18.3과 2.6으로, 일반 기포콘크리트에서는 5.95와 2.0으로 결정될 수 있었다.

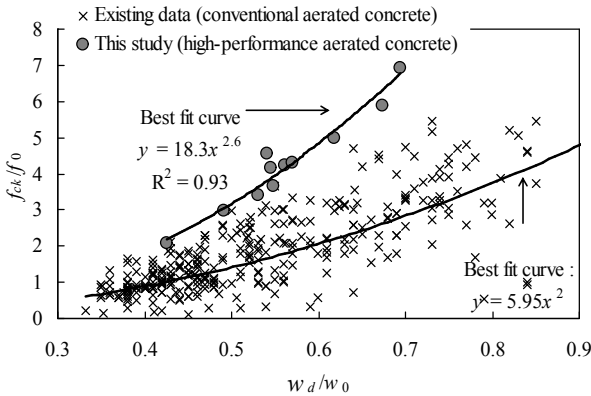


Figure 4. Relationship of density and compressive strength

본 연구의 고성능 기포콘크리트의 초기 압축강도 발현도 보통중량 보통강도콘크리트에 비해 높았다. 일반적으로 보통강도 콘크리트의 재령 3일강도와 7일강도는 28일 강도의 각각 40~50%와 60~75% 수준에 있다. 하지만 본 연구의 시험체들에서 얻은 압축강도비는 재령 3일과 7일에서 각각 50~82%와 70~97% 범위에 있었다(Table 2). 실험 변수에 따른 이 압축강도비의 변화는 미미하였다.

ALC 블록은 절건밀도와 압축강도에 따라 품질 등급이 구분된다. KS규격[5]에서는 0.5품의 경우 절건밀도가 $450\sim 550\text{kg/m}^3$ 의 범위에서 압축강도가 2.9MPa 이상을, 0.6품의 경우 $550\sim 650\text{kg/m}^3$ 에서 4.9MPa 이상을, 0.7품의 경우에는 $650\sim 750\text{kg/m}^3$ 에서 6.9MPa 이상을 요구

하고 있다. 본 연구의 실험결과와 KS 규격을 비교하면, G1-25, G1-22.5, G1-20, G2-450 및 G2-500은 0.5품, G2-550은 0.6품, 그리고 G2-650은 0.7품의 최소품 질조건을 만족하였다. 이는 본 연구에서 제시된 습식형 고성능 기포콘크리트의 품질이 ALC 블록의 성능에 대응할 수 있음을 보여준다.

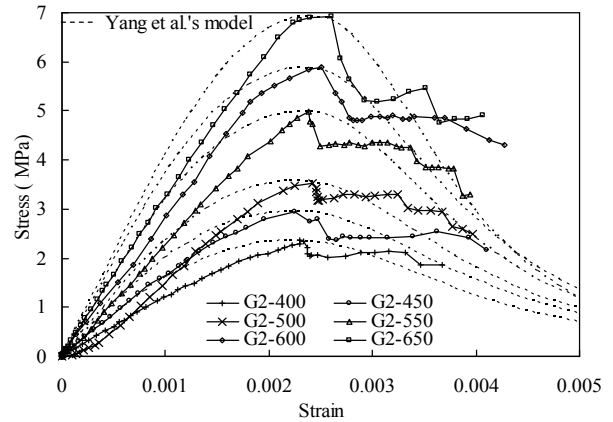


Figure 5. Stress-strain response of concrete tested

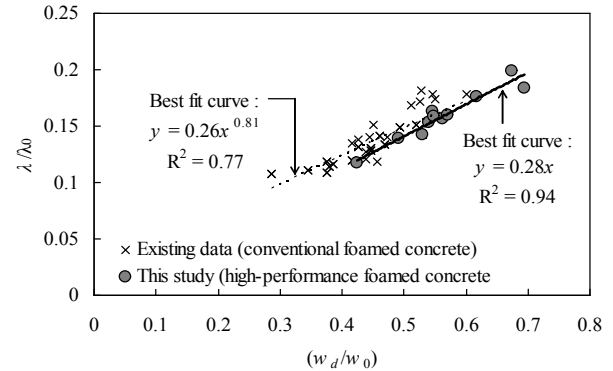


Figure 6. Relationship of density and thermal conductivity

3.5 응력-변형률 관계

기포콘크리트의 변형특성을 파악하기 위하여 측정한 응력-변형률 관계를 Figure 5에 나타내었다. 동일 그림에 보통중량콘크리트에서 압축강도 및 밀도의 함수로서 제시한 Yang et al.[10]의 모델을 함께 나타내었다. Group I의 시험체들은 비슷한 수준의 밀도와 압축강도를 가지므로 그 응력-변형률 관계를 나타내지 않았다. 기포콘크리트의 탄성계수 및 최대응력 시 변형률은 보통중량 콘크리트에서와 같이 압축강도의 증가와 함께 증가하였다(Table 2). 하지만 기포콘크리트의 응력증가 기울기는 예측모델에 비

해 상당히 낮았다. 이는 기포콘크리트의 구성특성 상 높은 공극율과 골재 비함유 때문이다. 한편 기포콘크리트의 최대응력 이후의 거동은 보통중량 콘크리트와는 다소 달랐는데, 최대응력 이후 응력은 최대응력의 약 80~90%까지 급격히 떨어진 후 일정한 값을 유지하면서 소성흐름 특성을 보였다. 따라서 기포콘크리트의 응력-변형률 특성은 보통중량 콘크리트 예측모델로는 합리적으로 평가하기 힘들며, 공극의 특성을 반영한 수정모델이 필요하다고 판단된다.

3.6 열 전도율

기포콘크리트의 열전도율(λ)은 절건밀도의 감소와 함께 감소하였는데(Table 2), 그 값은 w_d 가 $400\text{kg}/\text{m}^3$ 과 $600\text{kg}/\text{m}^3$ 일 때 각각 $0.118\text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 와 $0.199\text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 로 측정되었다. 기포콘크리트의 절건밀도와 열전도율의 관계를 Figure 6에 나타내었다. 기포콘크리트의 독립공극 구조는 연속공극 구조에 비해 열전달속도가 느리다[8]. 본 연구의 고성능 기포콘크리트는 Figure 2에 나타낸바와 같이 독립공극 구조를 형성한다. 이로 인해 고성능 기포콘크리트에서 측정된 열전도율은 동일 절건밀도를 갖는 기존의 일반 기포콘크리트에 비해 약 5% 정도 낮은 값을 보였다. 본 연구의 고성능 기포 콘크리트의 절건밀도와 열전도율의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있었다.

$$\lambda = 0.28(w_d/w_0)\lambda_0 \quad \text{-----} \quad (2)$$

여기서 $\lambda_0 (= 1\text{ W}/\text{m} \cdot \text{K})$ 는 열전도율의 기준값이다.

ALC 블록의 열저항값(R)에 대한 KS 규격은 시험체 패널의 두께(d , mm)의 함수로 제시하고 있다. 패널의 두께가 50mm인 경우 0.5품은 $0.265\text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, 0.7품은 $0.18\text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 이상의 열저항값을 요구하고 있다. 본 연구의 기포콘크리트에서 산정한 열저항값은 G2-600 시험체만 제외하면 최소 $0.272\text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 이상으로서 0.5품의 열저항 조건을 만족하였다. G2-600 시험체의 열저항값은 KS 규격의 ALC 블록 0.6품에 해당하였다.

4. 결 론

ALC 블록의 품질에 대응할 수 있는 습식형 고성능 기포콘크리트 제조를 위하여 사전연구에서 설계된 결합재 및 혼화제를 이용하여 물-결합재비(W/B)와 단위결합재양(B)을 변수로 11배합을 실험하였다. 결합재로는 C_3S 가

60%인 OPC에 무수석고 3%를 첨가한 것을 이용하였으며, 혼화제로는 폴리카르본산계 감수제에서 폴리알킬에테르 성분을 28%로 조절한 것을 이용하였다. 본 연구의 고성능 기포콘크리트에서 측정된 유동성, 압축강도 발현과 절건밀도의 관계 및 열저항값은 KS 규격에서 요구하는 ALC 블록의 품질조건을 만족하였지만 건조수축 및 내구성의 평가에 대해서는 추가 연구가 필요하다. 고성능 기포콘크리트의 배합설계 및 기초성능평가를 위한 본 연구의 실험범위 내에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 유동성, 소포의 최소화 및 압축강도 발현을 고려하면 고성능 기포콘크리트 제조를 위한 적절한 W/B 는 약 25%를 추천할 수 있었다.
- 2) 단위결합재양의 증가와 함께 쥘공극의 양은 증가하는 반면 매크로 모세관공극의 양은 감소하였다. 이에 따라 기포콘크리트의 공극율은 단위결합재양의 증가와 함께 감소하였다.
- 3) 동일 절건밀도에서 고성능 기포콘크리트의 압축강도는 기존의 일반 기포콘크리트에 비해 높았으며, 절건밀도에 따른 그 증가기울기도 높았다.
- 4) 고성능 기포콘크리트의 품질과 KS 규격의 ALC 블록의 품질등급과 비교할 때, 물-결합재비가 25%에서 단위결합재양이 $550\text{kg}/\text{m}^3$ 이면 0.6품을, $650\text{kg}/\text{m}^3$ 이면 0.7품을 만족하였다.
- 5) 기포콘크리트의 응력-변형률 관계는 공극구조 및 골재 비함유로 인해 보통중량 콘크리트의 실험결과에 기반한 예측모델과 상당한 차이를 보였다.
- 6) 고성능 기포콘크리트에서 측정된 열저항값은 대부분 0.5품의 요구조건 이상이였다.

요 약

본 연구의 목적은 ALC 블록대체를 위한 고성능 기포콘크리트 배합설계를 개발하는 것이다. 대기양생 하에서 기포콘크리트의 고강도 발현(특히 초기재령에서)을 위하여 결합재 및 혼화제를 사전연구에서 다음과 같이 설계하였다. 규산3칼슘이 60% 이상인 보통포틀랜드시멘트에 무수석고 3%를 첨가하였으며, 폴리카르본산계 감수제에서 폴리알킬에테르 성분을 28%로 조절하였다. 이들 재료를 사용하여 물-결합재비와 단위결합재양을 변수로 기포콘크리

트 11배합을 실험하였다. 배합된 기포콘크리트의 품질 및 실용성은 KS 규격의 ALC 블록의 요구조건 및 기존의 일반 기포콘크리트와 비교하였다. 실험결과 본 연구의 고성능 기포콘크리트는 ALC 블록의 요구조건을 만족하면서 높은 실용가능성을 보였다.

Journal, 2014 Jul;111(4):819-26.

키워드 : 고성능 기포콘크리트, ALC 블록, 물-결합재비, 단위결합재양

Acknowledgement

This work was supported by Kyonggi University Research Grant 2013.

References

1. Cha DW, Architecture with autoclaved lightweight concrete, Seoul (Korea):Baekho Publisher, 1994, 362 p.
2. Radhi H, Viability of autoclaved aerated concrete walls for the residential sector in the United Arab Emirates, Energy and Buildings 2011 Sep;43(9):2086-92.
3. Korea LCI Database Information Network, www.edp.or.kr(10 Feb 2014).
4. Yang KH, Development of high-insulation · high-performance foamed concrete block, Technical Report, Kyonggi University; 2014, 113 p.
5. KS F 2701, Autoclaved lightweight aerated concrete block(ALC block), Korean Standards Information Center 2006, 1-5
6. Yang KH, Lee KH, Song JK, Gong MH, Properties and sustainability of alkali-activated slag foamed concrete, Journal of Cleaner Production 2014 Apr;68:226-33.
7. ASTM C 796-97, Standard test method for foaming agents for use in producing cellular concrete using performed foam, Annual Book of ASTM Standards:V.4,02, ASTM International; 2012, 1-6.
8. Ramamurthy K, Nambiar EKK, Indu Siva Ranjani GA, A classification of studies on properties of foam concrete, Cement and Concrete Research, 2009 Jul;31(6):388-96.
9. Esmaily H, Nuranian H, Non-autoclaved high strength cellular concrete from alkali-activated slag, Construction and Building Materials, 2012 Jan;26(1):200-206.
10. Yang KH, Mun JH, Cho MS, Kang THK, A stress-strain model for various unconfined concrete in compression, ACI Structural