

팽창성 균열저감제를 이용한 고로슬래그 미분말 기반 경량기포 콘크리트의 특성 및 목업실험

Properties and Mock-up Test of Lightweight Foamed Concrete Based on Blast Furnace Slag by Crack Reducing Admixture

한 상 윤^{1*}

한 민 철²

Han, Sang-Yoon^{1*}

Han, Min-Cheol²

Hyosung Corporation, 9, Myungdal-Ro, Seocho-Gu, Seoul, 06714, Korea ¹

Department of Architectural Engineering, Cheongju University, Daesung-Ro, Cheongju, 28503, Korea ²

Abstract

This study is to develop a high quality lightweight foamed concrete that can be applied in the field using EXFG by cracking reducing agent combined with FGD and ALS. First, to increase the volume of foam, the flow and density of the mixture was increased and decreased, respectively. At this time, the effect of substitution ratio of EXFG on fluidity was negligible. The fraction of foam was the highest at EXFG 1%, and the settlement was found to be prevented by the expansion reaction at EXFG 1%. At this time, the ratio of foam was 65%. In the compressive strength, the strengths were similar or decreased when the substitution ratio of EXFG was more than 1%. The apparent density satisfied the KS 0.5 type at the bubble contents was 65%. In case of EXFG substitution, dry shrinkage was decreased by about 10%. As the substitution ratio of EXFG increased, the thermal conductivity increased proportionally.

Keywords : lightweight foamed concrete, blast furnace slag powder, aluminum slag, flue gas desulfurization

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

국내 공동주택의 일반적인 바닥 구조는 콘크리트 슬래브, 단열 및 차음을 위한 중간 완충재, 경량기포콘크리트 및 바닥 모르타르 등으로 구성된다. 특히 국내의 경우 온수를 이용하는 바닥난방(이하 온수난방)을 기본으로 하고 있으며, 이러한 온수난방 방식은 마감, 단열 및 난방파이프 고정 등의 목적으로 경량기포콘크리트를 타설한다.

그러나, 종전에 시공되는 경량기포콘크리트는 기능공의

숙련도 및 현장 제작에 따른 품질편차와 강도부족에 의한 파손 및 균열발생 등이 문제시 되고 있다. 또한, 혼합된 기포의 파포현상 등에 의한 경량기포콘크리트의 침하발생으로 후속 공정인 바닥 모르타르의 물량 증가와 균열에 의한 소음 발생, 단열성능 및 난방파이프 시공성 저하 등 많은 문제점들이 발생하고 있는 실정이다[1,2].

이에 국내 다양한 연구자들이 바닥구조의 기능 유지, 주거 환경의 보호, 시공성 및 경제성 등을 충족시키기 위해 메탈라스 및 섬유보강 등 물리적인 방법에 대한 연구를 진행한 바 있고, 생석회 및 석고 등을 이용하여 적절한 팽창 및 건조 수축 보상 등의 화학적인 방법 등을 검토하였는데, 이러한 방법들은 시공성 저하, 균열 억제 및 팽창 변형을 조절함에 있어 한계가 있다[3,4]. 즉, 단일 요인만을 제어하여 부분적인 균열개선 및 품질확보 방안만 있을 뿐, 근본적으로 복합적인 균열억제 대책에 이르지 못하고 있는 실정이다.

한편, 본 연구팀에서는 시멘트 사용량 저감을 목적으로

Received : September 22, 2017

Revision received : October 12, 2017

Accepted : October 12, 2017

* Corresponding author : Han, Sang-Yoon

[Tel: 82-2-707-5959, E-mail: sangyoon850@hyosung.com]

©2017 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

고로슬래그 미분말(이하 BS)을 기반으로 탈황석고(이하 FGD), 폐내화물 등을 활용하여 강도 증진 및 수축 저감에 대한 효과를 확인한 바 있는데, 이를 활용 시 전술한 문제의 해결과 시멘트 사용량 절감에 의한 독성 및 유해물질 저감 등의 효과를 확보할 수 있을 것으로 기대된다[5,6].

따라서 본 연구에서는 경량기포콘크리트의 강도개선, 품질확보 및 침하저감을 목적으로 산업부산물로 발생하는 BS와 FGD 및 알루미늄슬래그(이하 ALS)를 조합한 팽창재(이하 EXFG)를 활용하여 경량기포콘크리트의 제반 공학적 특성을 분석하고, Mock-up test 등을 통해 실제 현장 적용이 가능한 고품질의 경량기포콘크리트를 개발하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 경량기포콘크리트의 강도 개선 및 균열저감을 목적으로 보통 포틀랜드시멘트(이하 OPC)에 대한 BS의 배합비를 선정하고, 기포혼입물 및 EXFG의 치환율 변화에 따른 기초 물성 및 공학적 특성을 검토한다. 또한, 실현장 적용을 위하여 현재 공동주택 현장에서 일반적으로 사용하고 있는 0.5품(현장 타설용 기포콘크리트 KS F 4039)의 품질을 만족할 수 있게 연구 범위를 한정한다.(Table 1, 2)

한편, 경량기포콘크리트의 W/B, EXFG Type 및 치환율 등은 사전 예비실험을 통해 선정하였으며, Mock-up test 및 배합실험은 기존 현장에서 사용하고 있는 (OPC) 및 A사 제품을 비교 대상으로 하였다.

Table 1. Quality standard of concrete at fresh state

Type	Slurry density(g/cm ³)	Flow(mm)	Settlement(mm)
0.4	0.39		15 under
0.5	0.52	180 more	10 under
0.6	0.72		6 under

Table 2. Quality standard of concrete at hardened state

Type	Apparent Density (g/cm ³)	Compressive strength(MPa)		Thermal conductivity W/(m·k)	Drying shrinkage (%)
		7days	28days		
0.4	0.30 more 0.40 under	0.5 more	0.8 more	0.130 under	0.50 under
0.5	0.40 more 0.50 under	0.9 more	1.4 more	0.160 under	0.40 under
0.6	0.50 more 0.70 under	1.5 more	2.0 more	0.190 under	0.30 under

Table 3. Experimental plan

Factors		Levels
Mixture	W/B(%)	55
	Flow(mm)	225±25
	Binder(%)	OPC : BS = 35 : 65
	EXFG(%)	0, 1, 2, 3, 4
	Bubble(%)	60, 65, 70, 75
Experiment	Fresh concrete	· Flow · Slurry density · Bubble fraction · Settlement
	Hardened concrete	· Compressive strength (7days, 28days) · Apparent Density(28days) · Thermal conductivity(28days) · Drying shrinkage (1, 2 …… 180days)

Table 4. Mixing proportions

Type	Bubble (%)	EX FG (%)	W/B (%)	Unit weight(kg/m ³)						
				W	BS	OPC	Slurry	Bubble	EX FG	
Slurry	-	-	55	615	727	391	-	-	-	
		0			727	391			-	
		1			720	387			11.2	
	60	2			713	383	396	594	22.4	
		3			706	379			33.6	
		4			699	375			44.8	
Light weight Foamed Concrete		0			727	391			-	
		1			720	387			11.2	
	65	2			713	383	346	644	22.4	
		3			706	379			33.6	
		4			699	375			44.8	
		0		55	615	727	391		-	
		1				720	387		11.2	
	70	2				713	383	297	693	22.4
		3				706	379			33.6
		4				699	375			44.8
		0				727	391			-
		1				720	387			11.2
75	2				713	383	247	743	22.4	
	3				706	379			33.6	
	4				699	375			44.8	

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 3과 같고, 배합사항은 Table 4와 같다.

먼저, W/B 55% 1수준에 대하여 목표 플로치는 현장 시공성을 고려하여 $225 \pm 25\text{mm}$, 결합재는 35(OPC) : 65(BS) 2성분계 배합으로 계획하였으며, 침하방지를 위한 EXFG는 선행연구를 통해 도출된 10% Type을 선정하였다. 또한, EXFG 치환율은 총 결합재량에 대한 질량비로 0, 1, 2, 3, 4% 총 5수준을 치환 사용하는 것으로 계획하였다.

경량기포 콘크리트에 대한 기포 혼입율은 현장에서 일반적으로 사용하는 60%, 65%, 2수준에 70%, 75% 2수준을 추가하여 총 4수준으로 계획하였으며, 실험사항으로는 굳지 않은 콘크리트에서 플로, 기포슬러리 밀도 및 침하깊이, 경화 콘크리트에서는 압축강도, 겉보기밀도 및 길이변화율을 측정하였다.

2.2 사용재료

본 연구에 사용한 OPC는 국내 A사 제품을 사용하였고, BS는 국내 B사 3종을 사용하였으며, 그 물리·화학적 성질은 Table 5 및 6과 같다.

한편, EXFG의 물리·화학적 성질은 Table 7과 같은데, 사전 실험을 통해 FGD에 대한 ALS의 최적 치환율을 선정하여 EXFG를 제조 하였다.

기포제의 경우 식물성 계면활성 기포제를 사용하였으며 그 물리·화학적 성질은 Table 8과 같다.

Table 5. Physical properties of OPC

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	Setting time(min)		Compressive strength(MPa)		
		Initial	Final	3days	7days	28days
3.15	3 390	230	345	24.8	39.3	56.9

Table 6. Physical and chemical properties of BS

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	L.O.I (%)	Moisture content (%)	Chemical composition (%)						
				Cl ⁻	SO ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
2.90	4 254	1.91	0.23	0.002	1.95	5.26	34.2	42.5	0.55	15.79

Table 7. Physical and chemical properties of EXFG

Density (g/cm ³)	pH	L.O.I (%)	Moisture content (%)	Chemical composition(%)					
				CaO	SO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO
2.72	12.17	10.76	56.5	44.7	20.7	6.12	19.84	1.44	3.34

Table 8. Physical properties of foaming agent

Component	Type	Color	Density(g/cm ³)
Vegetability	Liquid	White	1.04

2.3 실험방법

경량기포콘크리트의 페이스트 혼합은 KS L 5109에 의거, 전동식 혼합 믹서를 사용하여 Figure 1과 같이 혼합하였으며, Figure 2와 같이 경량기포콘크리트를 제조하였다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 플로, 단위용적질량 및 침하깊이는 KS F 4039에 의거하여 실험을 실시하였다. 특히 경량기포콘크리트의 침하깊이 측정은 W 145×H 300mm 크기의 투명 아크릴 용기에 시료를 수평하게 상부 끝까지 채우고 2시간 후 상부 침하깊이를mm 단위로 측정하였다.

양생은 탈형된 공시체를 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 실내에서 실험계획의 재령기간 동안 봉합양생 하였다. 경화 콘크리트 실험으로 압축강도는 KS F 2405, 겉보기 밀도는 KS F 4039, 건조수축길이변화율은 KS F 2460에 의거하여 실시하였다.

한편, Mock-up test를 위한 부재는 전술한 바와 같은 크기로 제작하였는데, 특히, 현장과 동일한 조건을 갖추기 위해 30mm 두께의 EPS(Expanded Poly Styrene)재질의 완충재를 설치하고 타설하였다.

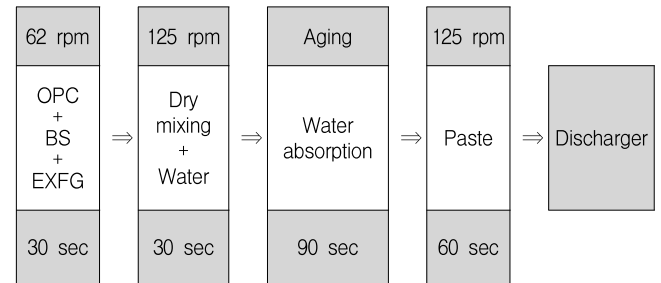


Figure 1. Mixing sequence



Figure 2. Manufacture of lightweight foamed concrete

2.4 Mock-up 실험계획

Table 9는 경량기포콘크리트의 Mock-up 계획이고, 배합사항은 Table 10과 같다. 먼저, 배합의 경우 기존 현장에서 사용하고 있는 OPC 100%, 시중에서 판매되고 있는 A사 제품과 마지막으로 연구를 통해 선정된 EXFG를 전체 결합재량에 1% 치환하여(이하 EXFG-1) 총 3수준을 비교 검토한다. 이때 기포혼입율은 실험을 통해 선정된 65% 1수준으로 진행한다.

한편, Mock-up에 사용되는 부재 사이즈는 Figure 3과 같이 1 000×1 000×150mm 크기의 코팅합판 재질의 거푸집에 실제 현장조건과 동일한 30mm 두께의 완충재를 설치하여 타설하고, 실내온도는 20±2℃를 유지하도록 계획하였다.

Table 9. Mock-up plan

Factors	Levels
Mixture	3 · EXFG-1 · OPC 100 · Existing technique(A)
Bubble Contents	1 · 65
Fresh concrete	4 · Flow · Slurry density · Bubble fraction · Settlement
Experiment	3 · Compressive strength(3, 7, 28days) · Apparent Density(28days) · Surface crack

Table 10. Mixing proportions

Type	Bubble Contents (%)	EXFG (%)	W/B (%)	Unit weight(kg/m ³)					
				W	BS	OPC	Slurry	Bubble-EXFG	
EXFG-1	65	1	55	615	720	387	366	624	11
OPC 100	65	-	55	628	-	1 142	-	-	-
Existing technique (A)	-	-	-	615	-	1 118	-	-	-



a) Mock-up size b) Mock-up equipment

Figure 3. Mock-up test equipment set up

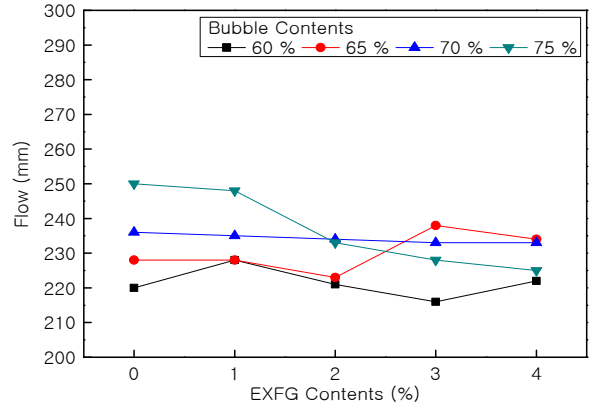


Figure 4. Flow with bubble and EXFG contents

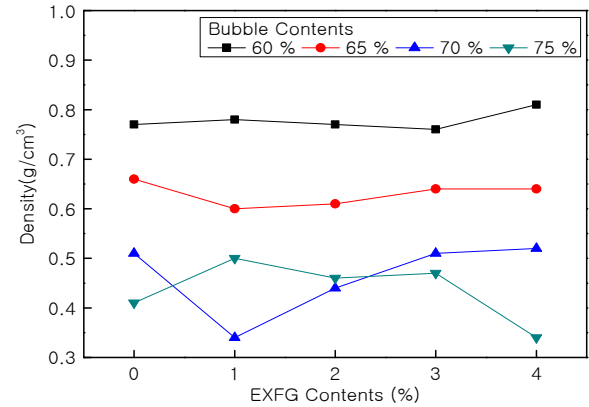


Figure 5. Slurry density with bubble and EXFG contents

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

3.1.1 플로

먼저, 플로의 경우 Figure 4와 같이 목표치인 225±25mm를 만족하였으며, 전반적으로 기포 혼입율이 증가할수록 플로치도 비례하게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 혼입된 기포에 의한 볼베어링 작용에 기인된 것으로 판단되며, EXFG의 치환율이 유동성에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다.

3.1.2 기포슬러리 밀도 및 기포율

Figure 5는 기포혼입율 및 EXFG 치환율 변화에 따른 기포 슬러리의 밀도를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 기포 혼입율이 증가할수록 EXFG의 치환율에 관계없이 기포 슬러리의 밀도는 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 기포에 의해 내부 공극량이 증가함에 따라 상대적으로 밀도는 작아

지는 것으로 판단된다. 한편, 경량기포콘크리트 시공의 주된 목적중 하나는 단열기능으로써, 기포슬러리 밀도의 경우 열전도율에 영향을 주는 가장 큰 요소임에 반드시 기준을 만족하여야 한다. 실험결과, 기포혼입율 60, 65%를 제외한 모든 배합에서 KS F 4039(0.5품 기준)에 규정된 $0.52\text{g}/\text{cm}^3$ 를 만족하지 못하는 것으로 나타남에 따라 경량기포콘크리트 제조 시 최적 기포혼입율은 약 60~65% 수준이 적정할 것으로 판단된다.

Figure 6은 기포혼입율 및 EXFG 치환율 변화에 따른 기포율을 나타낸 그래프이다. 기포율의 경우 기포혼입율과 유사하거나 다소 감소하는 경향을 나타내었으며, 기포혼입율에 관계없이 EXFG 1%의 경우에서 가장 높은 기포율을 나타내었다. 전반적으로 EXFG의 치환율이 증가 할수록 기포율은 다소 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 경량기포콘크리트 제조 중 소포에 의한 기포 손실과 EXFG에 포함되어 있는 주성분인 알루미늄과 시멘트의 알칼리가 과다 반응하여 파포 현상에 의해 기포가 손실된 것으로 사료된다.

3.1.3 침하깊이

Figure 7은 기포혼입율 및 EXFG 치환율 변화에 따른 침하깊이를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 기포혼입율과 관계없이 EXFG 치환 시 팽창반응에 의해 경량기포콘크리트의 침하가 방지되는 것으로 나타났다.

먼저, EXFG의 치환율이 0% 인 배합에서는 약 2~5mm 정도의 침하가 발생하였으나, EXFG를 치환한 배합에서는 침하가 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 즉, 기포혼입율 60%에서 EXFG 1% 배합의 경우 약 0.5~1mm 정도의 팽창이 발생하였으며, EXFG 2% 부터는 육안으로 관찰이 가능할 정도의 팽창이 발생하였다. 이는 전술한 바와 같이 EXFG에 포함되어 있는 알루미늄 성분이나 시멘트의 알칼리와 금속이온화 경향의 화학반응으로 수소가스 및 팽창을 발생시키고, EXFG의 주성분중 하나인 FGD 역시 콘크리트 내부에서 팽창반응을 일으킨 것으로 판단된다. 또한, 기포혼입율이 클수록 경량기포콘크리트의 팽창은 다소 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 콘크리트 조직 내 기포에 의한 완충작용에 기인 된 것으로 분석된다.

이를 종합하면, 과다 팽창에 의한 균열과 마감 및 후속공정 등을 고려할 때 전체 결합재에 대한 EXFG의 최적 치환율은 약 1%수준이 적정할 것으로 판단된다.

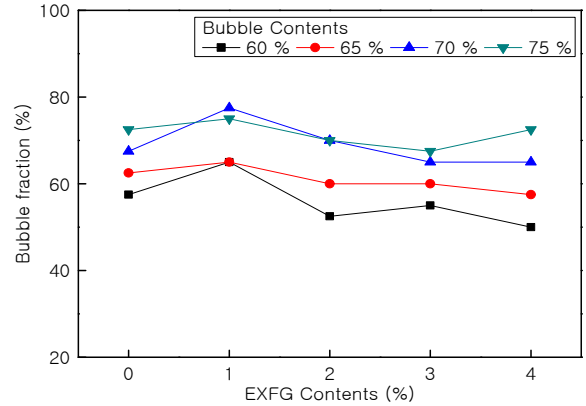


Figure 6. Bubble fraction with bubble and EXFG contents

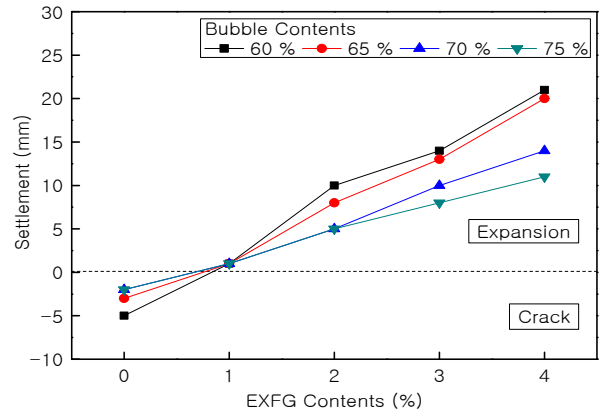


Figure 7. Settlement with bubble and EXFG contents

3.2 경화 콘크리트의 특성

3.2.1 압축강도 및 겉보기 밀도

Figure 8은 기포혼입율 및 EXFG 치환율 변화에 따른 경화 콘크리트의 재령별 압축강도를 나타낸 그래프이다.

먼저, 재령 7일에서 EXFG 치환율에 관계없이 기포혼입율이 증가할수록 압축강도는 감소하는 경향을 나타내었다. 특히, 기포혼입율 65%에서 강도저하가 가장 크게 나타났는데, 기포혼입율 60% 대비 약 40%~50% 정도 강도가 저하하였으며, 이후 기포혼입율 70%, 75%에서 감소율은 미미한 것으로 나타났다. 이와 같이 기포혼입율이 증가 할수록 압축강도가 감소하는 이유는 기포에 의한 공극으로 콘크리트 조직이 밀실하게 채워지지 못함에 따라 강도가 저하되는 것으로 판단된다.

한편, 재령 28일에서도 전반적으로 재령 7일과 유사한 강도 발현성상을 나타냈는데, 기포혼입율이 70% 이상일 경우 경량기포콘크리트 0.5품 기준인 0.9MPa (재령 7일), 1.4MPa (재령 28일)에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 특

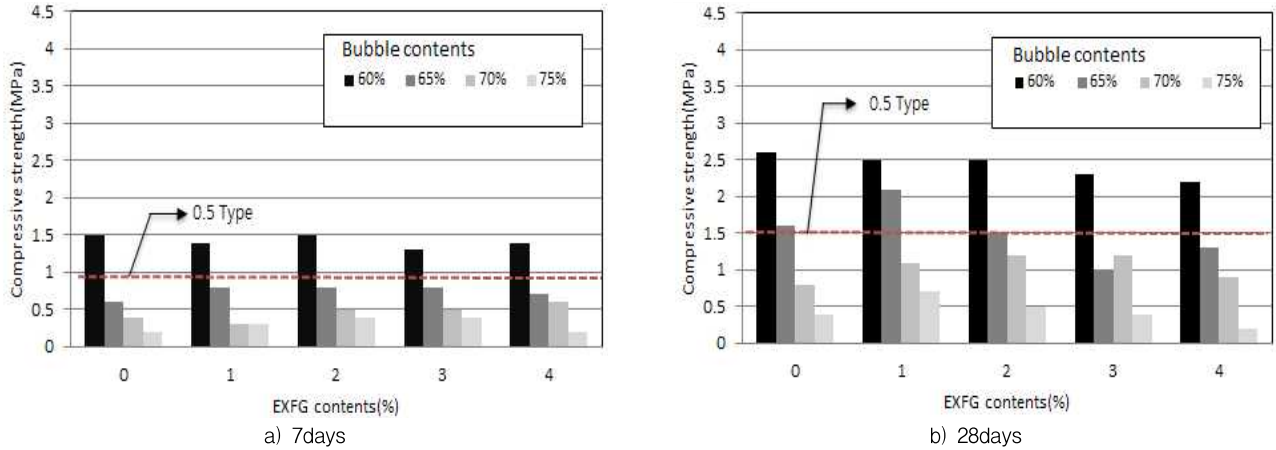


Figure 8. Compressive strength with bubble and EXFG contents

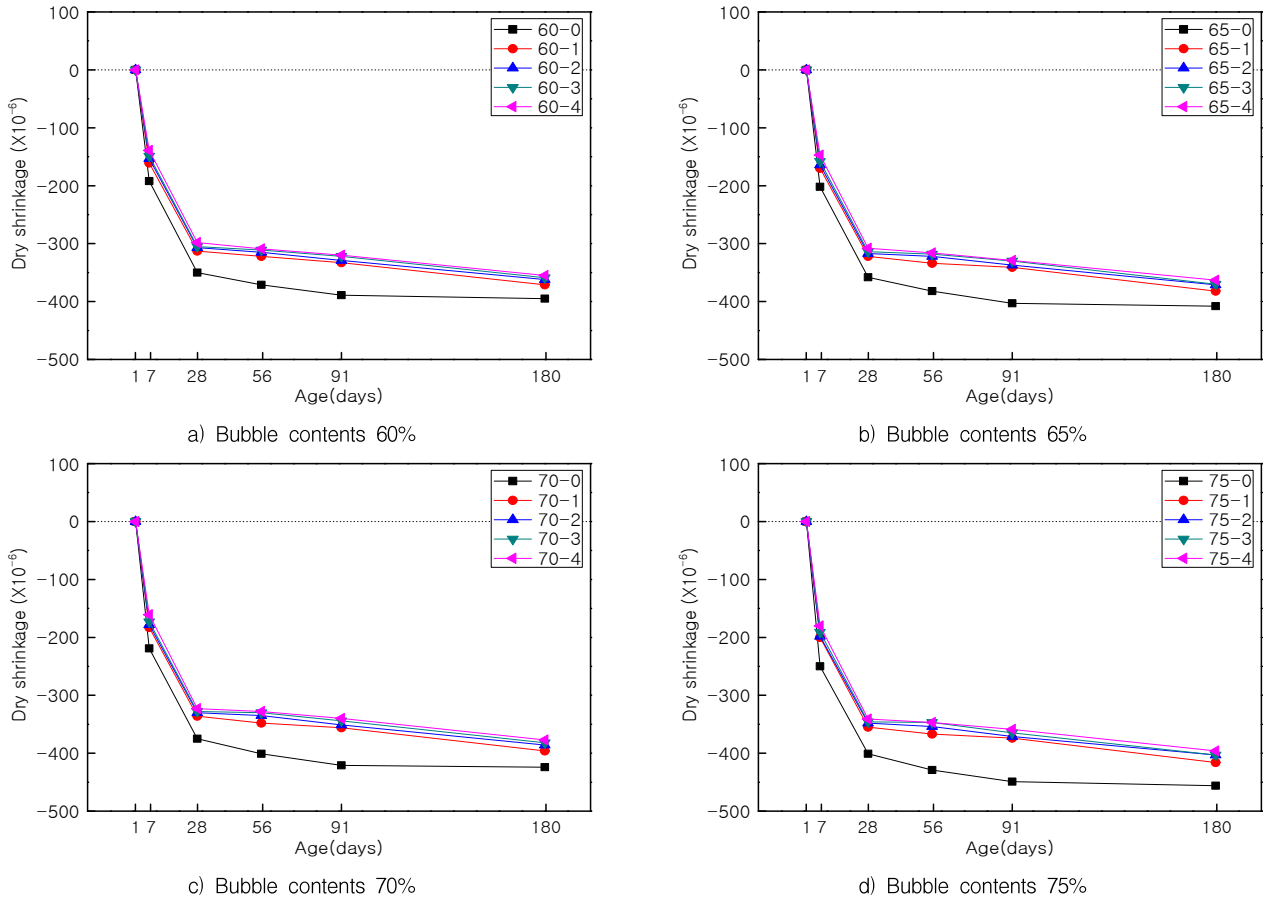


Figure 9. Drying shrinkage with bubble and EXFG contents

히, 재령 28일에서 EXFG의 치환율이 1% 이상일 때 강도는 유사하거나 다소 감소하는 경향을 나타냈는데, 이는 EXFG의 알루미늄 성분과 시멘트의 강알칼리 성분이 과다 반응함에 따라 수소가스가 생성되어 강도발현을 저하시킨 것으로 사료된다. 또한, 겉보기 밀도의 경우 기포혼입율 65%에서 목표치

인 0.40 이상, 0.50 미만을 만족하는 것으로 나타났다.

상기 결과를 종합적으로 분석하면 기포혼입율 65%, EXFG 1%를 치환 사용할 때 경량기포콘크리트의 강도발현에 효과가 있는 것으로 판단된다.

3.2.2 건조수축 길이변화율 및 열전도율

Figure 9는 기포혼입물 및 EXFG 치환율 변화에 따른 건조수축 길이변화율을 나타낸 그래프이다.

먼저, 기포 혼입물에 관계없이 전반적으로 유사한 길이변화율을 나타냈으며, EXFG의 치환율이 증가할수록 전술한 메커니즘에 의한 팽창반응으로 건조수축 길이변화는 감소하는 것으로 나타났다.

즉, 기포혼입물 65%의 경우 EXFG를 1% 치환한 65-1 배합은 EXFG를 치환하지 않은 65-0에 비해 건조수축길이 변화율이 약 10% 이상 감소하는 것으로 나타남에 따라 향후 EXFG 적용 시 경량기포콘크리트의 균열 및 침하 방지에 효과가 있을 것으로 판단된다.

한편, 경량기포콘크리트의 열전도율의 경우 기포혼입물 증가할수록 콘크리트 내 공극에 의해 열전도율은 낮아지는 것으로 나타났으며, 동일한 기포혼입물 일 때 EXFG의 치환율이 증가 할수록 열전도율도 비례하게 높아지는 것으로 나타났다. 이는 EXFG의 팽창반응으로 인해 콘크리트 내 조직이 치밀해 짐에 따라 열전도율이 다소 높아지는 것으로 분석된다.

3.3 Mock-up 결과 및 분석

Figure 10은 균지않은 콘크리트의 플로를 나타낸 그래프로, 전반적으로 기존 기술대비 유동성은 다소 감소하는 것으로 나타났으나 목표치인 $225 \pm 25\text{mm}$ 를 만족하였으며, 기포 슬러리밀도의 경우 모든 배합에서 KS 0.5품 기준을 만족시키는 것으로 나타났다. 또한, Figure 11에 나타난 침하깊이의 경우 EXFG-1을 제외한 전 배합에서 KS 기준인 1.0mm 이하를 충족시키지 못하는 것으로 나타났는데, 이는 EXFG-1의 팽창에 의한 수축보상효과에 기인된 것으로 판단된다.

한편, Figure 12는 경량기포콘크리트의 압축강도를 나타낸 그래프로 전반적으로 EXFG-1의 경우 기존 OPC 100 및 기존기술 대비 높은 강도 발현을 나타냈다. 즉, 재령 3일 EXFG-1 압축강도는 2.2MPa로써, KS 기준인 0.9MPa을 크게 상회하였으며, 재령 28일에서도 유사한 경향을 나타냈는데, 이는 EXFG-1의 경우 BS가 다량 치환됨에 따라 잠재수경성 반응에 의해 장기강도가 크게 상향된 것으로 판단된다.

Figure 13은 Mock-up 부재에 타설된 경량기포콘크리트 및 균열도를 나타낸 것이다. 본 실험의 경우 균열유발을

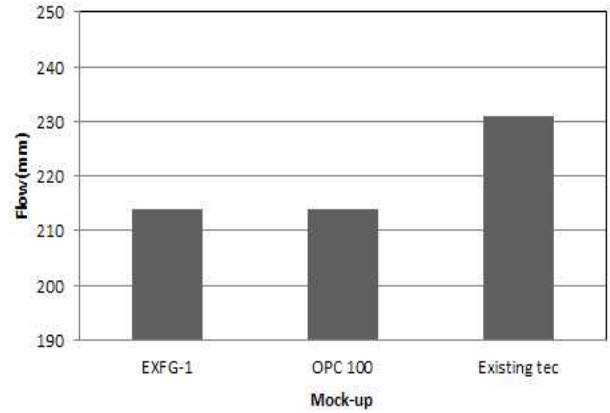


Figure 10. Flow

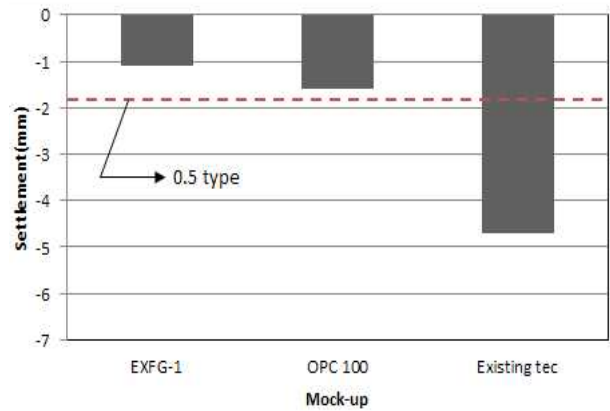


Figure 11. Settlement

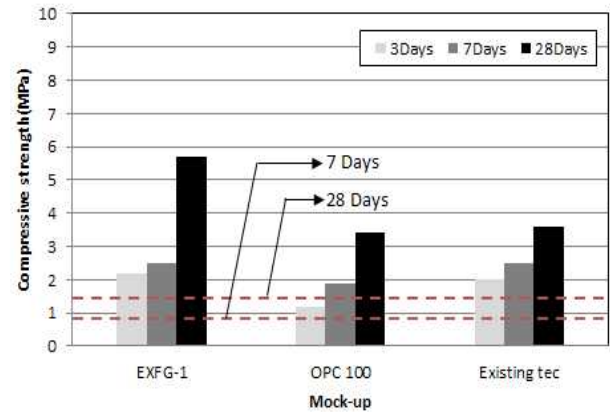


Figure 12. Compressive strength

위해 Figure 13과 같이 Mock-up 부재 중심부에 $\phi 200$ 의 PVC 파이프를 매설 및 고정하고 경량기포콘크리트를 타설하였는데, 전반적으로 모든 부재에서 PVC 파이프 중심으로 허용균열 폭 이하의 균열이 발생하였다.

먼저, 경화 콘크리트의 균열은 전반적으로 기존기술, OPC 100, EXFG-1 순으로 발생량이 감소하는 것으로 나

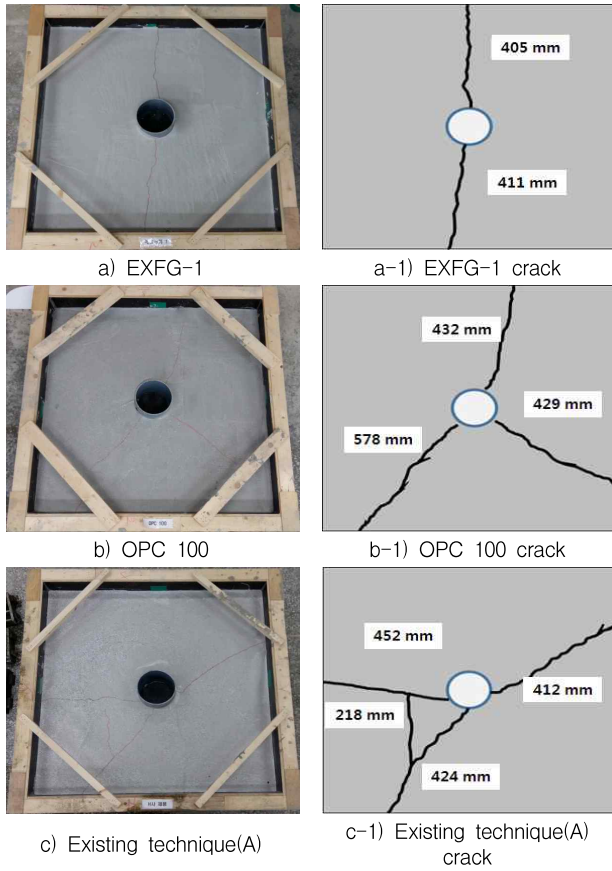


Figure 13. Surface crack

타났는데, 부재별 균열발생길이는 EXFG-1 816mm, OPC 100 1 439mm, 기존기술은 1 506mm가 발생하였다. 즉, EXFG-1의 경우 기존 기술 및 OPC 대비 약 50 % 이상 균열이 저감되는 효과를 나타냈는데, 이는 전술한 메커니즘과 같이 EXFG-1에 포함된 석고 및 알루미늄성분에 의한 내부 화학팽창으로 균열 발생이 비교적 저감된 것으로 판단되며, 균열 폭 역시 타 부재대비 작은 것으로 나타났다.

Figure 14는 부재 별 경량기포콘크리트의 재령 28일에서 주사식전자현미경(SEM)으로 촬영한 미세구조 분석 결과를 나타낸 것이다.

먼저, EXFG-1의 경우 초기수화생성물인 침상모양의 에트링가이트 결정 및 C-S-H겔의 수화 생성물인 망상 형태의 생성물이 다량 생성됨에 따라 콘크리트의 공극이 치밀하게 충전되어 압축강도 증진과 침하량 감소에 영향을 준 것으로 판단된다. 한편, OPC 100 및 기존기술의 경우에서도 에트링가이트 결정이 생성되었지만 EXFG-1 대비 결정이 많지 않고, 공극이 큰 조직을 갖고 있어 강도 저하에 영향을 준 것으로 사료된다.

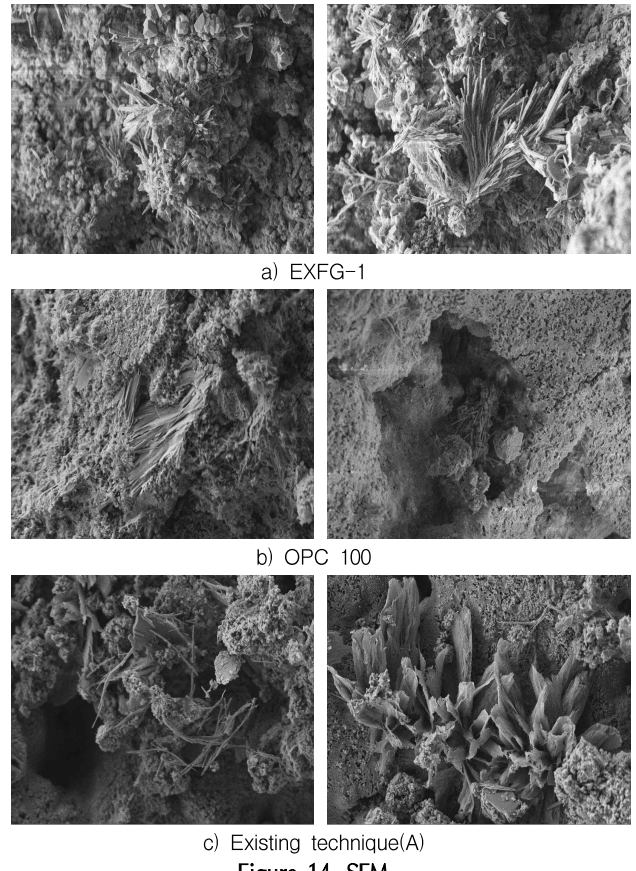


Figure 14. SEM

4. 결 론

본 연구에서는 경량기포콘크리트의 강도 및 품질개선, 침하저감을 목적으로 산업부산물로 발생하는 FGD와 ALS를 조합한 팽창성 균열저감제인 EXFG를 활용하여 경량기포콘크리트의 제반 공학적 특성을 분석하고, Mock-up test 등을 통해 실제 현장 적용이 가능한 고품질의 경량기포콘크리트를 개발하고자 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지 않은 콘크리트의 특성으로 기포혼입율이 증가할수록 플로치도 증가하였으며, 이와 반대로 기포슬러리 밀도는 감소하였다. 한편, EXFG의 치환율이 유동성에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다. 또한, 기포율의 경우 기포혼입율과 유사하거나 다소 감소하는 경향을 나타내었으며, 기포혼입율에 관계없이 EXFG 1%의 경우에서 가장 높은 기포율을 나타냈다.
- 2) 침하깊이의 경우 EXFG 치환 시 팽창반응에 의해 침하가 방지되는 것으로 나타났는데, EXFG 1% 치환 시

침하방지에 가장 효과가 우수한 것으로 나타났으며, 이때 적정 기포혼입율은 60% ~ 65% 수준인 것으로 나타났다.

- 3) 경화 콘크리트 특성으로 압축강도의 경우 EXFG 치환율에 관계없이 기포혼입율이 증가할수록 압축강도는 감소하는 경향을 나타내었으며, 특히, EXFG의 치환율이 1% 이상일 때 강도는 유사하거나 오히려 감소하는 경향을 나타냈다. 또한, 겉보기 밀도의 경우 기포혼입율 65%에서 KS 0.5품 기준을 만족하는 것으로 나타났다.
- 4) 건조수축 길이변화율의 경우 EXFG의 치환율이 증가할수록 화학적 팽창반응에 의해 감소하는 것으로 나타났는데, EXFG를 치환한 경우 이를 사용하지 않는 배합 대비 건조수축길이변화율이 약 10% 이상 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 열전도율의 경우 기포혼입율이 증가할수록 콘크리트 내 다수의 공극에 의해 열전도율은 낮아지는 것으로 나타났으며, 동일한 기포혼입율에서 EXFG의 치환율이 증가할수록 열전도율도 비례하게 커지는 것으로 나타났다.
- 5) Mock-up 실험결과 균열발생의 경우 기존기술, OPC 100, EXFG-1 순으로 균열발생량은 감소하는 것으로 나타났는데, EXFG-1의 경우 기존기술 및 OPC 배합 대비 약 50% 이상 균열이 저감되는 효과를 나타냈다.

이상의 결과를 종합하면, 경량기포콘크리트의 강도개선, 균열 및 침하 저감을 위해 기포혼입율 65%, EXFG 1%를 치환하여 활용할 경우 경량기포 콘크리트의 품질 향상과 더불어 폐기물 처리 및 경제성 측면에서도 효과가 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 EXFG를 활용하여 실제 현장 적용이 가능한 고품질의 경량기포콘크리트를 개발하고자 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저, 기포혼입율이 증가할수록 플로치도 증가하였으며, 반대로 기포슬러리 밀도는 감소하는 것으로 나타났다. 이때, EXFG의 치환율이 유동성에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다. 기포율은 EXFG 1%에서 가장 높은 기포율을 나

타냈으며, 침하깊이 역시 EXFG 1% 치환 시 팽창반응에 의해 침하가 방지되는 것으로 나타났다. 이때 기포혼입율은 65% 가 적정한 것으로 나타났다.

압축강도의 경우 EXFG의 치환율이 1% 이상일 때 강도는 유사하거나 오히려 감소하는 경향을 나타냈으며, 겉보기 밀도는 기포혼입율 65%에서 KS 0.5품 기준을 만족하였다. 건조수축길이변화율의 경우 EXFG를 치환한 경우 이를 사용하지 않는 배합 대비 건조수축길이변화율이 약 10% 이상 감소하는 것으로 나타났으며, EXFG의 치환율이 증가할수록 열전도율도 비례하게 높아지는 것으로 나타났다.

한편, Mock-up 실험에서 균열발생의 경우 EXFG-1의 경우 기존기술 및 OPC 배합대비 약 50% 이상 균열이 저감되는 효과를 나타냈다.

키워드 : 경량기포콘크리트, 고로슬래그미분말, 알루미늄슬래그, 탈황석고

References

1. Kim HS, Physical properties of lightweight foamed concrete according to lightweight aggregate types and foaming agent types, Journal of the Korea Concrete Institute, 2016 Aug;28(4):435-44.
2. Kim C, Reduction of floor impact sound and research subjects, Journal of the Korea institute of Building construction, 2003 Jun;3(3):43-7.
3. Yim G, Preparation of lightweight aerated concrete and characteristic analysis of foaming agent, Journal of Engineering Paichai University Korea, 2006 Mar;8(1):31-50.
4. Han JS, An improvement method on the using probleme of the ground granulate blast-furnace slag as a concrete admixture in ready-mixed concrete plant, Journal of Architectural Institute of Korea, 2003 Mar;15(2):6-7.
5. Kim MS, Effect of changes of bubble-based leavening agent and bubble mixing ratio on quality of lightweight concrete, Journal of the Korea institute of Building construction, 2016 May;16(1):189-90.
6. Han CG, Quality of high volume blast furnace slag mortar depending on desulfurization gypsum treating methods and fine aggregate type, Journal of the Korea Recycled Construction Resources Institute, 2016 Jun;4(2):157-64.