

유리섬유 혼입 기포콘크리트의 배합변화에 따른 압축강도 특성에 관한 연구

The Study on Compressive-Strength Property of the Aerated Concrete using Glass Fiber by Mixing Ratio

허재원*

Her, Jae-Won

김효열**

Kim, Hyo-Youl

임남기***

Lim, Nam-Gi

Abstract

The purpose of this study was to analyze the compression strength research by aerated concrete as mixing ratio. This study used foaming-agent and produced aerated concrete by pre-foam way that is used in construction site. An experiment changes unit cement amount, w/c and the glass fiber mixing rate and measured capacity change, unit capacity weight and compressive strength. The results obtained from experimental study are as following; Research to reduce unit capacity weight in condition more than unit cement amount 500kgf is considered should be gone side by side. The highest compressive strength result appeared in aerated concrete that cement amount 600kgf and w/c ratio 45%, 50%. compressive strength was increased maximum 34% when glass fiber 0.7% addition cause by coherence enlargement to enlargement of cement paste and glass fiber addition per unit volume

키워드 : 기포콘크리트, 유리섬유, 기포제, 선기포방식, 압축강도

Keywords : aerated concrete, glass fiber, foaming-agent, pre-foam way, compression strength

1. 서론

1.1 연구의 목적

기포콘크리트는 기포제를 이용하여 시멘트 경화체 내부에 다량의 공극을 발생시켜 제조한 경량콘크리트의 일종이다. 기포콘크리트는 건축물에 있어 바닥 난방 구성층의 축열층 및 단열층 재료로서 널리 활용되고 있으며 또한 경량패널의 내부충전재, 연약지반 보강재 등의 재료로서 그 활용의 폭을 넓혀 가고 있다.

일반적으로 기포콘크리트는 경화체 내부에 다량의 공극을 내포한 다공질 구조체로서, 그 조직구조에 기인하여 경량성을 비롯한 단열성, 방음성, 내화성 등의 다양한 효과를 발휘하는 것으로 보고되고 있다. 그러나 현재 기포콘크리트는 그 품질에 대한 규준과 배합설계에 관한 표준화 및 시방화가 확립되어 있지 않아 기포콘크리트의 품질관리에 어려움이 있으며 제조 및 이용에 많은 문제점을 내포하고 있다. 또한 타설 후 건조수축의 발생량이 커 경화체 내에 다량의 균열을 발생시키며, 이러한 균열은 기포콘크리트가 소요의 성능 및 품질을 확보하는 데 있어 큰 문제로 작용하고 있다. 이와 더불어 기포콘크리트는 70% 이상의 많은 공극을 내포함에 따라 있어

소요의 강도를 확보하는 데도 많은 어려움이 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 동물성 단백질계 기포제를 사용하여 선기포 방식으로 제조한 기포콘크리트를 대상으로 배합비에 따른 물성을 검토하고 또한 유리섬유의 혼입에 따른 압축강도 변화 특성을 검토하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

기포콘크리트의 제조 배합비에 따른 물성을 검토하기 위하여 본 연구에서는 기포콘크리트의 단위시멘트량, 물시멘트비 및 유리섬유 첨가율을 변화한 기포콘크리트를 제작하였다. 기포콘크리트의 단위시멘트량은 400~600kg의 범위에서 50kg의 구간으로 변화하였으며, 물시멘트비는 각각 35%, 40%, 45%, 50%의 4수준으로 설정하였다. 또한 유리섬유의 첨가율은 시멘트에 대하여 각각 0.36%, 0.5%, 0.7%의 3수준으로 설정하였다. 본 연구에서 사용한 기포제는 동물성 단백질계 기포제를 사용하였으며, 이를 이용하여 기포콘크리트는 현재 건축공사 현장에서 주로 실시되고 있는 선기포 방식으로 제작하였다.

실험은 기포콘크리트의 단위 시멘트량, 물시멘트비 및 유리섬유 혼입율에 따라 제작한 기포콘크리트의 용적변화, 단위용적중량 및 압축강도를 측정하였다.

이상의 시험결과를 비교분석하여 기포콘크리트의 제조 배합비에 따른 압축강도 발현특성을 고찰함과 동시에 기포콘크리트의 압축강도 증가재료로서 유리섬유의 활용가능성을 제시하는 것을 본 연구의 범위로 하였다.

* 건축대학원 석사과정

** 건축대학 건축공학과 겸임교수

*** 건축대학 건축공학과 조교수

2. 실험

2.1 실험개요

실험 인자 및 수준은 표 1과 같다.

표 1. 실험인자 및 수준

실험 인자	수 준
단위시멘트량(kg/m ³)	400, 450, 500, 550, 600
물시멘트비(%)	35, 40, 45, 50
기포액 치환율(%)	4%
유리섬유 첨가율(%)	0.36, 0.5, 0.7

2.2 사용재료

1) 시멘트

시멘트는 S사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2. 시멘트의 화학조성 및 물리적 성질

화학 조성	화학성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Ig.loss
	함량(%)	21.95	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58
물리적 성질	비표면적 (cm ² /g)	비중	응결시간		압축강도(kgf/cm ²)			
			초결	종결	3일	7일	28일	
	3.112	3.14	4시간	6시간	198	272	389	

2) 기포제

본 실험에 사용한 기포제는 동물성 단백질계 기포제로서 물리적 성질 및 화학적 성분은 표 3과 같다.

표 3. 동물성 기포제의 물리적 성질 및 화학적 성분

물리적 성질	색상	점도 (CPS)	pH	황산염 (%)	빙점 (°C)	비 중	
	암갈색	20-50	7	0.01-0.1	-18		1.2-1.26
화학적 성분	물	단백질	NaCl	NH ₄ Cl	CaCl	MgCl	FeSO ₄
	36	32	10	1	6	5	10

2.3 기포콘크리트의 배합

경량기포콘크리트의 배합은 표 4와 같다.

2.4 실험방법 및 측정

1) 기포콘크리트의 배합 및 시험체 제작

기포콘크리트의 배합은 기포콘크리트 제조설비를 이용하여 실시하였으며, 시멘트와 배합수를 투입한 후 60초간 배합하여 시멘트 페이스트를 제작한 후 기포를 투입하여 180초 동안 배합하여 기포콘크리트를 제작하였다.

기포콘크리트 제작 과정은 그림 1과 같다.

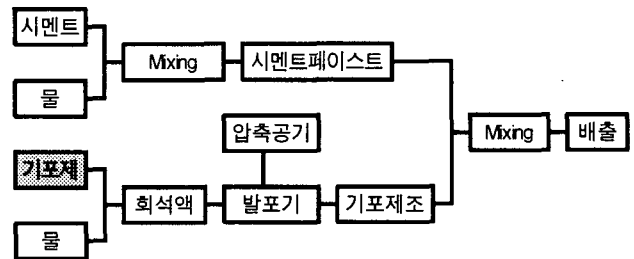


그림 1. 기포콘크리트의 제조

용적변화 및 단위용적중량 시험체는 15×15×50cm 크기의 콘크리트 휨강도 시험용 몰드, 압축강도 시험용 공기체는 φ 10×20cm 크기의 원주형 몰드를 이용하여 제작하였다. 제작된 시험체는 기중에서 24시간 동안 양생한 후 탈형하여, 온도 20±3°C에서 소요재령까지 봉합 양생하였다.

2) 측정

① 용적변화

기포콘크리트의 용적변화는 몰드에 기포콘크리트를 충전하여 24시간이 경과한 후 목측(目測)하였다.

② 플로우

기포콘크리트의 플로우는 플로우 테이블을 이용하여 KS F 5102에 준하여 실시하였다.

③ 단위용적중량

기포콘크리트의 단위용적중량은 15×15×55cm의 공기체의 중량을 측정하여 단위용적에 대한 중량을 산정하였다.

표 4. 기포콘크리트의 배합

C (kg/m ³)	W/C (%)	W (kg/m ³)	배합량					GF (C×%)	C (kg/m ³)	W/C (%)	W (kg/m ³)	배합량					GF (C×%)
			1 m ³		40 l							1 m ³		40 l			
			C.P	기포	C (kg)	W (kg)	기포량 (L)					C.P	F	C (kg)	W (kg)	F (L)	
400	35	140	267.39	732.61	16	5.6	29.3	550	35	192.5	367.66	632.34	22	7.7	25.3	0.36	
	40	160	287.39	712.61		6.4	28.5		40	220	395.16	604.84		8.8	24.2		
	45	180	307.39	692.61		7.2	27.7		45	247.5	422.66	577.34		9.9	23.1		
	50	200	327.39	672.61		8	26.9		50	275	450.16	549.84		11	22		
450	35	157.5	300.81	699.19	18	6.3	27.97	600	35	210	401.08	598.92	24	8.4	23.96	0.50	
	40	180	323.31	676.69		7.2	27.07		40	240	431.08	568.92		9.6	22.76		
	45	202.5	345.81	654.19		8.1	26.17		45	270	461.08	538.92		10.8	21.56		
	50	225	368.31	631.69		9	25.27		50	300	491.08	508.92		12	20.36		
500	35	175	334.24	665.76	20	7	26.63	GF 0.70									
	40	200	359.24	640.76		8	25.63										
	45	225	384.24	615.76		9	24.63										
	50	250	409.24	590.76		10	23.63										

※ C : 시멘트, W/C : 물시멘트비, W : 물, C.P. : 시멘트 페이스트, F : 기포, GF : 유리섬유

④ 압축강도

압축강도 시험은 KS F 2459에 준하여 실시하였다.

시험을 실시한 결과는 표 5와 같다.

3. 실험결과 및 분석

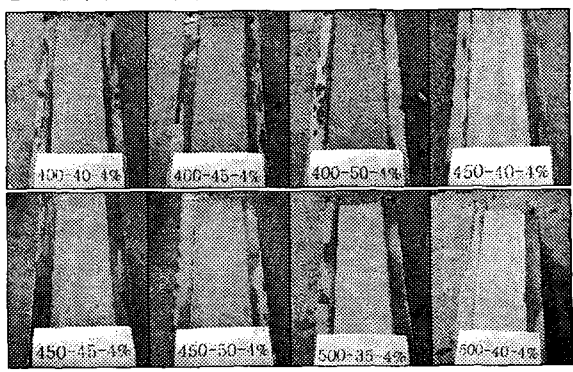
기포콘크리트의 제조 배합비 및 유리섬유의 첨가율에 따라 제작한 기포콘크리트의 플로우, 단위용적 중량 및 압축강도

3.1 플로우

기포콘크리트의 배합비 및 유리섬유 첨가율에 따른 슬럼프 시험 결과는 그림 2와 같다.

기포콘크리트의 플로우는 단위시멘트량 및 물시멘트비가 증가함에 따라 증가하는 양상을 나타내었으나, 유리섬유 혼입율에 따른 플로우는 단위시멘트량 및 물시멘트비에 따라 다

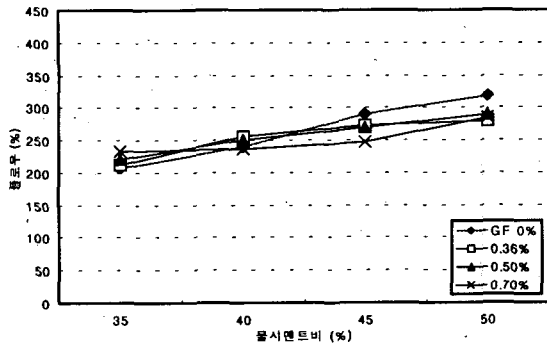
표 5. 실험결과

C (kg/m ³)	W/C (%)	유리섬유 첨가율 (%)	플로우 (cm)	단위용적중량 (tf/m ³)	압축강도 (MPa)	C (kg/m ³)	W/C (%)	유리섬유 첨가율 (%)	플로우 (cm)	단위용적중량 (tf/m ³)	압축강도 (MPa)
400	35	0	20.7	0.35	0.86	550	35	0	25.4	0.58	2.27
		0.36	21.2	0.34	0.96			0.36	22.8	0.57	2.08
		0.5	22	0.36	1.08			0.5	24.3	0.59	2.68
		0.7	23.2	0.34	1.23			0.7	26	0.61	3.19
	40	0	24	0.47	1.26		40	0	29.1	0.69	2.31
		0.36	25.5	0.46	1.39			0.36	29.4	0.69	1.81
		0.5	25	0.49	1.62			0.5	27.2	0.7	3.35
		0.7	23.7	0.51	1.8			0.7	28	0.71	4.49
	45	0	29.1	0.6	1.81		45	0	34.3	0.73	3.88
		0.36	27.3	0.61	1.84			0.36	33.6	0.74	3.9
		0.5	27	0.63	1.8			0.5	29.7	0.74	4.14
		0.7	24.6	0.64	1.89			0.7	27.6	0.75	4.46
50	0	31.8	0.57	1.99	50	0	37.5	0.77	4.19		
	0.36	27.9	0.59	2.02		0.36	39	0.78	4.44		
	0.5	29	0.61	1.93		0.5	33.2	0.77	4.8		
	0.7	28.5	0.63	2.04		0.7	33.4	0.76	4.71		
450	35	0	22.5	0.56	1.05	600	35	0	29.8	0.69	2.9
		0.36	23	0.56	1.02			0.36	28	0.68	2.81
		0.5	22.8	0.56	1.51			0.5	25	0.7	3.25
		0.7	21.5	0.61	1.67			0.7	25.3	0.72	3.75
	40	0	25.7	0.63	2.19		40	0	31.2	0.8	3.21
		0.36	26.7	0.61	2.21			0.36	33.1	0.79	3.21
		0.5	24.7	0.64	2.2			0.5	28.5	0.81	3.88
		0.7	25.7	0.67	2.31			0.7	28.4	0.83	5.07
	45	0	32.4	0.68	2.78		45	0	35.8	0.86	3.6
		0.36	30.1	0.69	2.92			0.36	36.6	0.85	3.72
		0.5	26.1	0.7	3.3			0.5	29.8	0.86	5.15
		0.7	26.2	0.7	3.41			0.7	31	0.9	6.38
50	0	34	0.64	3.01	50	0	39.2	0.84	4.58		
	0.36	36.9	0.65	2.52		0.36	38.9	0.84	4.63		
	0.5	27.1	0.64	2.6		0.5	31	0.85	5.45		
	0.7	27.3	0.66	2.72		0.7	34	0.87	6.36		
500	35	0	25.6	0.66	1.55	※ 기포콘크리트의 배합비 및 유리섬유의 혼입율에 따른 용적변화는 전 조건에서 발생하지 않았음.					
		0.36	24.7	0.68	1.69						
		0.5	24	0.67	1.99						
		0.7	22.3	0.69	2.28						
	40	0	28.3	0.82	2.62						
		0.36	25.9	0.7	2.53						
		0.5	25	0.74	3.15						
		0.7	26.7	0.73	3.26						
	45	0	33.9	0.73	2.71						
		0.36	31.5	0.73	2.04						
		0.5	27.9	0.74	3.27						
		0.7	28	0.75	4.26						
50	0	35.7	0.73	3.05							
	0.36	35.6	0.75	3.06							
	0.5	30.3	0.76	3.52							
	0.7	29	0.74	3.39							

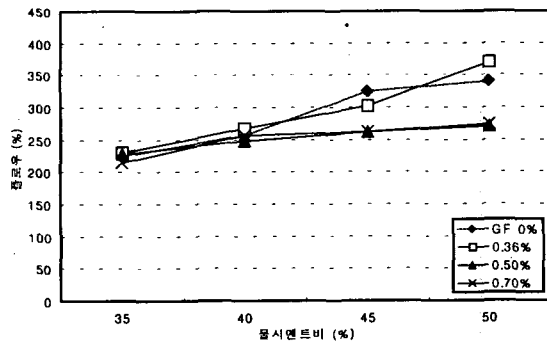
소 차이를 나타내었다.

단위시멘트량 400kgf의 경우는 유리섬유 혼입율의 증가에 따른 플로우의 변화는 적었으며, 단위시멘트량 450~550kg의 범위에서는 물시멘트비 35%와 40%는 플레인 콘크리트와 유사한 것으로 나타났으나, 그 이상의 범위에서는 유리섬유 혼입율 0.5%이상에서 플로우의 감소가 현저히 발생하였다. 단위시멘트량 600kgf의 경우, 유리섬유 혼입율 0.36%의 경우는 플레인 콘크리트와 유사하였으나, 혼입율 0.5%와 0.7%의 경우는 플로우가 감소하는 것으로 측정되었다.

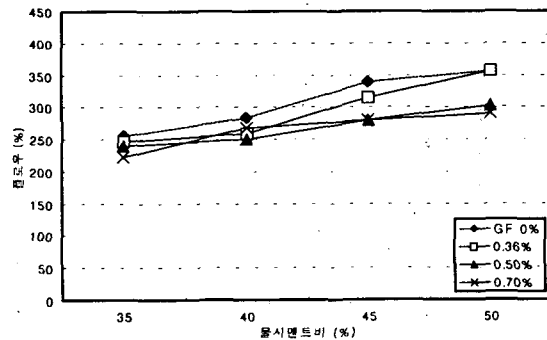
이상의 결과에서 기포콘크리트의 플로우는 단위시멘트량과 물시멘트비가 높아짐에 따라 증가하는 것으로 나타났으나, 유리섬유 첨가량이 증가함에 따라 플로우 감소하는 것으로 측정되었다. 이는 매우 가늘고 긴 선상의 재료가 영킹으로 인하여 기포콘크리트 내에서 유동성을 저해하는 요인으로 작용하기 때문으로 판단되며, 기포콘크리트에 유리섬유 첨가하여 활용할 경우에는 기포콘크리트의 유동성 확보를 위한 방안이 수립되어야 할 것으로 판단된다.



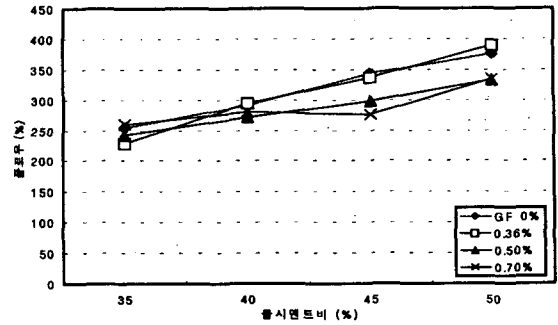
(가) 단위시멘트량 400kgf/m³



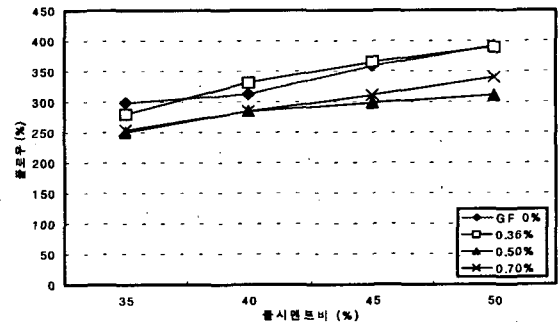
(나) 단위시멘트량 450kgf/m³



(다) 단위시멘트량 550kgf/m³



(라) 단위시멘트량 550kgf/m³

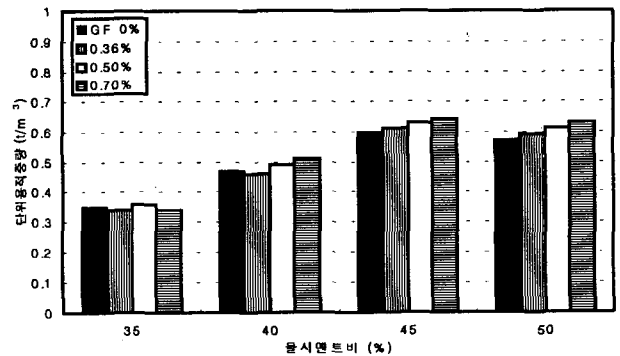


(마) 단위시멘트량 600kgf/m³

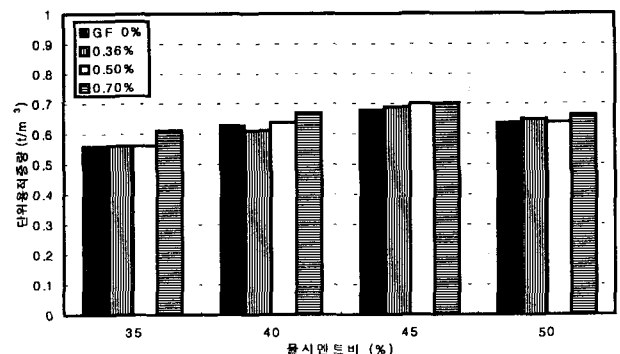
그림 2. 플로우

3.2 단위용적중량

기포콘크리트의 배합비 및 유리섬유 첨가율에 따른 단위용적중량은 그림 3과 같다.

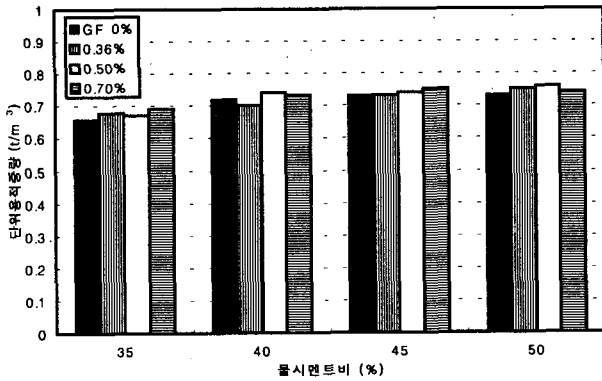


(가) 단위시멘트량 400kgf/m³

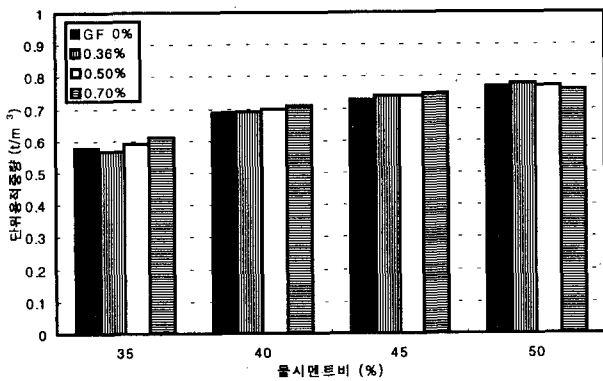


(나) 단위시멘트량 450kgf/m³

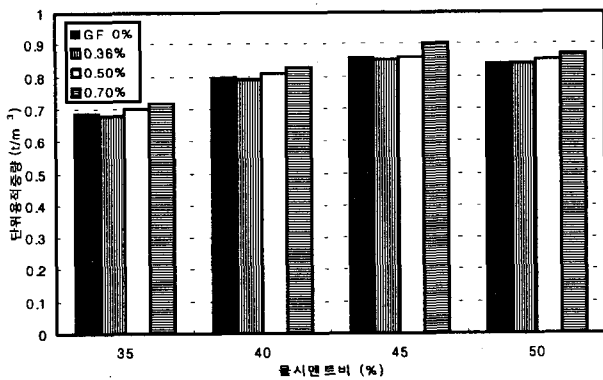
그림 3. 단위용적중량



(다) 단위시멘트량 450kg/m³



(라) 단위시멘트량 550kg/m³



(마) 단위시멘트량 600kg/m³

그림 3. 단위용적중량

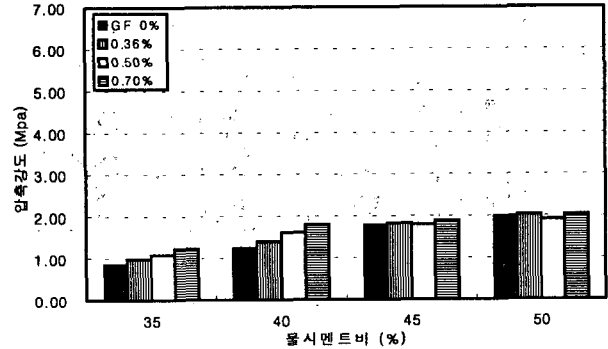
기포콘크리트의 단위용적중량은 단위시멘트량과 물시멘트비의 변화에 따라 다소 차이를 나타내었으나, 유리섬유의 혼입율의 변화에 따른 차이는 매우 적은 것으로 나타났다.

KS F 4039 「경화한 기포콘크리트의 품질 규정」에서는 기포콘크리트의 단위용적중량이 0.3~0.4의 범위를 나타내는 것은 0.4품, 0.4~0.5는 0.5품 및 0.5~0.7은 0.6품으로 규정하고 있다.

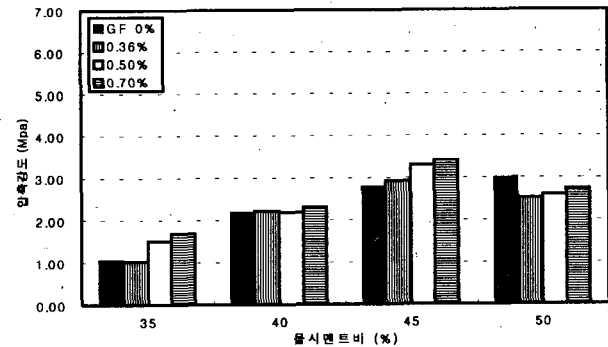
시험결과 단위시멘트량 400kg과 450kg의 범위에서는 모든 물시멘트비 및 유리섬유 혼입율에서 기포콘크리트 0.6품의 규준에 부합되는 것으로 나타났으나, 그 이상의 단위시멘트량에서는 기포콘크리트 소요 품질 규준을 상회하는 것으로 나타났다.

3.3 압축강도

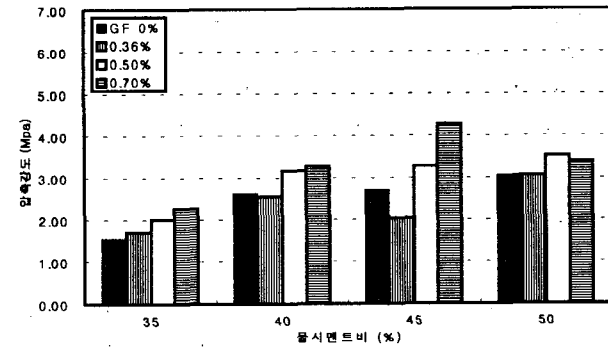
배합비에 따른 기포콘크리트의 압축강도 시험결과는 그림 4와 같다



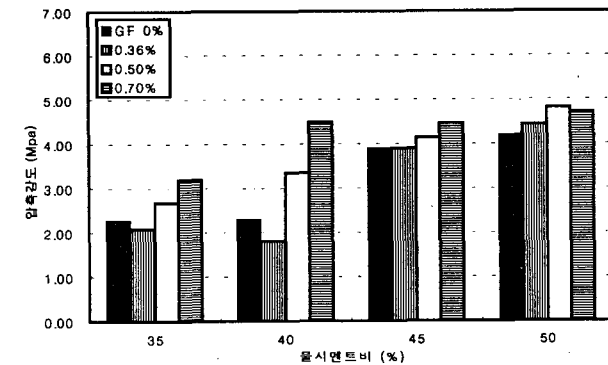
(가) 단위시멘트량 400kg/m³



(나) 단위시멘트량 450kg/m³

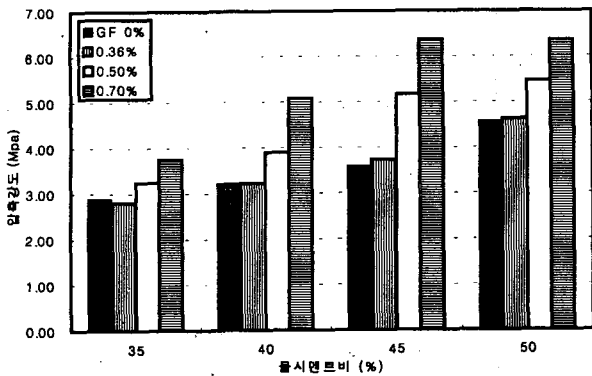


(다) 단위시멘트량 450kg/m³



(라) 단위시멘트량 550kg/m³

그림 4. 압축강도



(마) 단위시멘트량 600kgf/m³
그림 4. 압축강도

기포콘크리트의 압축강도는 단위시멘트량 및 물결합재비가 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 일반적으로 콘크리트의 물/결합재비가 증가함에 따라 압축강도가 감소하게 되나 오히려 기포콘크리트의 압축강도가 증가하는 현상은 시멘트 페이스트의 증가에 의하여 기포량이 감소하였기 때문으로 판단된다.

유리섬유 혼입율의 변화에 따른 기포콘크리트의 압축강도는 혼입율이 증가함에 따라 높아지는 것으로 측정되었으며, 이러한 양상은 물시멘트비 40% 이상의 변화에서 현저한 것으로 나타났다.

따라서 유리섬유는 기포콘크리트의 압축강도를 개선하는 효과를 발휘하는 것으로 나타났으며, 이를 활용한다면 기포콘크리트의 강도부족으로 인하여 발생하는 문제의 해결이 가능할 것으로 판단된다. 또한 기포콘크리트에 유리섬유를 혼입함에 따라 기포율의 감소와 건조수축으로 인하여 발생하는 균열을 상당부분 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결 론

동물성 단백질계 기포제를 사용하여 선기포 방식으로 제조한 기포콘크리트를 대상으로 배합비에 따른 물성을 검토하고 또한 유리섬유의 혼입에 따른 압축강도 변화 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 단위시멘트량 400kg/m³이상의 범위로 제작한 기포콘크리트에서는 용적변화가 발생하지 않았다. 따라서 기포콘크리트의 체적변화에 의한 균열발생을 억제하기 위해서는 기포콘크리트의 최소 단위시멘트량은 400kg이상이 되어야 할 것으로 판단된다.
- 2) 기포콘크리트의 플로우는 단위시멘트량과 물시멘트비가 높아짐에 따라 증가하는 것으로 나타났으나, 유리섬유 첨가량이 증가함에 따라 플로우가 감소하는 것으로 측정되었다. 이는 매우 가늘고 긴 선상의 재료가 영킴으로 인하여 기포콘크리트 내에서 유동성을 저해하는 요인으로 작용하기 때문으로 판단된다.

3) 기포콘크리트의 단위용적중량은 단위시멘트량과 물시멘트비의 변화에 따라 다소 차이를 나타내었으나, 유리섬유의 혼입율의 변화에 따른 차이는 매우 미세한 것으로 나타났다.

4) 기포콘크리트의 압축강도는 단위시멘트량, 물시멘트비 및 유리섬유의 혼입율이 증가함에 따라 현저히 증가하는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 기포콘크리트의 플로우, 단위용적중량 및 압축강도는 단위시멘트량 및 물시멘트비가 증가함에 따라 향상되는 것으로 나타났으며, 유리섬유를 혼입함에 따라 압축강도의 향상비율은 배가되는 것으로 나타났다. 그러나 유리섬유를 혼입함에 따라 기포콘크리트의 유동성이 감소하는 것으로 나타나 이에 대한 적절한 고려가 수반되어야 할 것으로 판단된다.

따라서 유리섬유는 기포콘크리트의 압축강도 증가재로서 활용성이 매우 우수한 것으로 판단되며, 이의 실용화를 위하여 다양한 조건에서 기포콘크리트에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 경량기포 콘크리트 재료개발 연구, 동아건설기술연구소, 1997.
2. 박상순, 고분자 기포제를 이용한 경량기포콘크리트의 개발과 역학적 특성, 연세대학교 토목공학과 석사학위 논문, 1996.
3. 서치호, 경량콘크리트의 성태에 관한 실험적 연구, 한양대학교 박사학위 논문, 1985.
4. 정동학, 퍼라이트를 이용한 경량물탈의 강도에 관한 실험적 연구, 건국대학교 석사학위 논문, 1988.
5. 오세출, 혼화제를 사용한 기포콘크리트의 특성에 관한 연구, 건국대학교 박사학위 논문, 2001.
6. 정재동, 콘크리트 재료공학, 2002.
7. Watson, K.L., Eden, N.b. and Farrant, J.R., The Effect of Admixture on the Relationship between Compressive Strength and Density of Autoclaved Aerated Concrete made from Slate Powder and Portland Cement, Silicates Industrials, Vol. 43, 1978, pp. 57~64
8. 山田哲夫, 超輕量コンクリート開發, セメント・コンクリート, No. 577, 1995, pp. 32-36
9. 森範行, 佐勝常雄, 桑原正彦, 氣泡混合補強土工法, 特集輕量盛土工法, 1994, pp. 28-36
10. Isu, N., Teramura S. and Mitsuda T., Mechanical Property Evaluation during Autoclaved Process of Aerated Concrete using Slag : II Fracture Toughness and Microstructure, Journal of the American Ceramic Society, 1994, pp. 2093-2096
11. Edan, N.b., Manthorpe, A.R., Autoclaved Aerated Concrete from Slate Waste Part 1 : Some Property/Density Relationships, The International Journal of Lightweight Concrete, Vol. 2, No. 2, 1980, pp. 95-100