

마이크로기포제를 사용한 콘크리트의 열적 특성에 관한 연구

Study on the Thermal Characteristics of Concrete Using Micro Form Admixture

박 영 신^{1)*} 김 정 호²⁾ 전 현 규³⁾ 서 치 호⁴⁾
Park, Young Shin Kim, Jung Ho Jeon, Hyun Kyu Seo, Chee Ho

Abstract

Recently, it is certain that the increase of heating and cooling energy consumption by radical change in climate condition has caused serious problems related to environmental and energy concerns associated with increase of fossil fuel usage and carbon dioxide production as well as global warming. So, various actions to reduce greenhouse gas exhaustion and energy consumption have been prepared by world developed countries. Our government has also been trying to seek energy control methods for houses and buildings by proclaiming political policies on low-carbon green growth and construction and performance standards for environment-friendly housing. The energy consumption by buildings approximately reaches 25% of total Korea energy consumption, and the increasing rate of energy consumption by buildings is stiffer than the rate by the other industries. The greatest part in the buildings of the energy consumption is building facade. While lots of research projects for reducing energy consumption of the facade have been conducted, but a few research projects on concrete comprising more than 70% of outsider of buildings has been tried. This research presents here a study to improve the insulation property of structural concrete formed by micro form admixture (MFA) with experimentally reviewing the physical, mechanical and thermal characteristics of the concrete. As the results of this experiment, in the case of concrete mixed with MFA, slump loss has been improved. As the mixing ratio of MFA increases, the compressive strength is decreased and thermal conductivity is increased. Also it was found that water-cement ratio increases, the compressive strength is decreased and thermal conductivity is increased. but, there was not big influence by the change of fine aggregate ratio.

Keywords : Energy reduction, Micro foam admixture, Thermal conductivity, Air voids

1. 서론

최근 전세계는 기후조건과 환경의 급격한 변화에 의해 냉난방 에너지 사용이 증가되고 있으며, 이는 화석 연료 사용량 증가, CO₂ 배출량 상승, 지구 온난화 등 환경과 에너지에 대한 수많은 문제를 유발하고 있는 실정이다. 따라서 세계 각국은 온실가스 배출 및 에너지 소비 감소를 위한 대응책을 마련하고 있으며, 우리나라 또한 정부의 ‘저탄소 녹색 성장’ 및 ‘친환경 주택 건설기준 및 성능’ 등의 정책을 선포하는 등 건물 부문에 있어 환경과 에너지 관리에 대한 노력을 하고 있다.

우리나라의 총 에너지 소비량 중 건물 부문이 차지하는 비율은 약 25%에 달하며 다른 산업 분야에 비해 연간 에너지 소비 증가율이 높은 편이다.

건물에서 에너지 손실이 가장 큰 부위는 외피로서 이 부분의 에너지 손실을 감소하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 이는 대부분 창호 및 단열재에 대한 연구이며 건물 외피의 70% 이상을 차지하고 있는 콘크리트에 대한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 건물의 에너지 손실을 최소화 하기 위해서는 콘크리트 자체에서 단열성능을 확보할 수 있어야 하며 이에 대한 연구가 필요하다.

1) 정회원, 한라ENCOM(주) 기술연구소 책임연구원, 교신저자
2) 정회원, 한라ENCOM(주) 기술연구소 주임연구원
3) 정회원, GS건설 기술연구소 책임연구원
4) 정회원, 건국대학교 건축대학 건축학부 교수

* Corresponding author : buckshy@hallaencom.com

• 본 논문에 대한 토의를 2013년 4월 30일까지 학회로 보내주시면 2013년 5월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

콘크리트의 단열성능 향상을 위한 선행 연구로는 발포제 및 기포제를 사용한 기포콘크리트와 ALC 블록, 발포폴리스티렌비드를 사용한 발포폴리스티렌 콘크리트, 합성수지로 경량골재를 사용한 경량EPS콘크리트 등이 있다. 이는 경량 및 단열성능이 일반콘크리트보다 향상되나 구조용으로 사용하지 못하고 비구조용 또는 2차 제품으로 사용되어지고 있다.

따라서 본 연구는 콘크리트의 단열성능을 향상시키면서 구조용으로 사용이 가능한 콘크리트를 만들기 위한 연구로써 콘크리트 내부에 100 μ m 이하 크기의 공극을 생성하고 공극 유지력을 개선한 마이크로기포제를 사용하여 콘크리트의 물리, 역학 및 열적 특성에 대해 검토하고자 한다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 연구의 실험계획은 Table 1에 나타난 바와 같다.

Table 1 Plan of experiment

	Factors	Levels	Test items
Test 1	Percent of MFA (%)	0, 2, 4, 6	<ul style="list-style-type: none"> • Air content • Unit weight • Air Voids analysis
	Percent of MFA (%)	5	
Test 2	W/B (%)	25, 30, 35	<ul style="list-style-type: none"> • Compressive strength • Ultrasonic pulse velocity • Thermal conductivity
	S/A (%)	70, 80	

Table 3 Mixing design of experiment

Types	Percent of MFA (%)	W/B (%)	S/A (%)	Water (kg/m ³)	Admixture (kg/m ³)			Unit volume (l/m ³)				Unit weight (kg/m ³)				
					AA ⁽¹⁾	HPA ⁽²⁾	MFA ⁽³⁾	PC ⁽⁴⁾	GGBS ⁽⁵⁾	Sand	Gravel	PC	GGBS	Sand	Gravel	
Test 1	M-0	0	38.5	55.0	168	0	0	0	126	15	354	287	398	44	920	752
	M-2	2			137	0	1.1	7.7	109	13	305	248	345	38	792	648
	M-4	4			129	0	1.1	15.2								
	M-6	6			121	0	1.1	22.9								
Test 2	PL	0	30.0	80.0	177	0	0	0								
	M-AA	5	25.0	70.0	124	15.9	2.0	35.4	183	60	231	99	576	132	601	259
	M-AB		25.0	80.0	124	15.9	2.0	35.4	183	60	264	66	576	132	686	173
	M-BA		30.0	70.0	133	13.3	1.7	29.5	152	50	260	111	479	110	675	292
	M-BB		30.0	80.0	133	13.3	1.7	29.5	152	50	297	74	479	110	772	194
	M-CA		35.0	70.0	139	11.4	1.5	25.3	131	42	280	120	413	92	728	314
	M-CB		35.0	80.0	139	11.4	1.5	25.3	131	42	320	80	413	92	832	210

⁽¹⁾AA : Accelerating Admixture,

⁽²⁾HPA : High Performance Admixture,

⁽³⁾MFA : Micro Form Admixture,

⁽⁴⁾PC : Portland Cement,

⁽⁵⁾GGBS : Ground Granulated Blast-Furnace Slag

※ Symbol of Test 2 : M-○○



Test 1에서는 마이크로기포제의 혼입을 변화에 따라 콘크리트에 미치는 영향을 파악하기 위하여 마이크로기포제를 0%, 2%, 4%, 6% 증가시켜 혼입하였다.

Test 2에서는 단열성능을 향상시킨 구조용 콘크리트를 제조할 목적으로 낮은 물시멘트비와 높은 잔골재율을 계획하였으며 MFA는 높은 단위 시멘트량에 의해 감소되어지는 기포량을 고려하여 5%로 계획하였고 단위수량에 혼화제량을 포함하였다. 또한, 물시멘트비는 25%, 30%, 35%, 잔골재율은 70%, 80%로 변경하여 이에 따른 콘크리트의 특성을 분석하였다.

30%, 35%, 잔골재율은 70%, 80%로 변경하여 이에 따른 콘크리트의 특성을 분석하였다.

2.2 사용 재료

본 실험은 KS L 5201의 보통 포틀랜드 시멘트와 KS F 2563의 고로슬래그 미분말을 사용하였으며, 표건 밀도 2.6의 세척사와 2.62의 부순 굵은 골재를 사용하였다. 또한, 혼화제는 G사의 경화촉진제 (이하 HPA), 고성능AE감수제 (이하 AA), 마이크로기포제 (이하 MFA)를 사용하였으며, MFA의

Table 2 Physical of MFA

Type	Density (g/cm ³)	pH	Poise (g/cm · s)	Color
MFA	1.03	6.97	80	White

물리적 특성은 Table 2와 같다. 본 실험에 사용된 MFA는 점도를 증가시켜 공극 유지력을 향상시켰다.

2.3 실험 방법

2.3.1 비빔 방법

미세공극인 마이크로기포셀 (Micro form cell)은 MF A가 골재와 충분히 혼합될 경우 생성된다. 이에 본 연구는 마이크로기포셀 생성을 위해 MFA와 골재를 5분간 혼합하여 주었으며 전체 비빔 방법은 Fig. 1과 같다.

1차 혼합으로 잔골재와 굵은골재를 40초간 건비빔한 후 2차 혼합으로 배합수 1/2, MFA, 고성능혼화제를 넣고 고속에서 5분간 혼합하였다. 3차 혼합으로 분체, 배합수 1/2, 경화 촉진제를 넣고 고속에서 2분 40초 혼합하여 콘크리트를 제조하였다.

2.3.2 양생 방법

본 실험에서의 압축강도 측정 시험체는 측정일까지 수중 양생을 실시하였으며, 열전도율 측정 시험체는 7일간 수중양생 후 온도 20±2℃, 습도 60±5% 조건의 항온항습실에서 21일간 기건양생하였다.

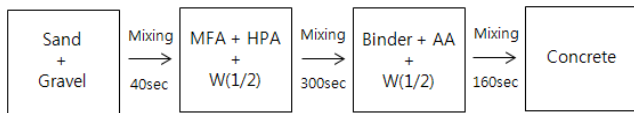


Fig. 1 Mixing method

2.3.3 시험 방법

굳지않은 콘크리트의 공기량 및 단위용적질량 시험은 KS F 2409, 슬럼프 시험은 KS F 2402에 의해 측정하였으며, 굳은 콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2405, 초음파속도 시험은 KS F 2731에 의해 측정하였다. 또한, 열적 특성 분석을 위하여 ASTM 1113-90에 기초하여 열전도율 시험을 진행하였고, 공극 분석은 SEM촬영 후 이미지 분석 프로그램 (GAIA Program)을 이용하여 분석하였다. 열전도율 측정에 사용된 측정장비는 QuickLine-30으로 K-type 열전대가 내장된 프로브를 이용하여 빠른 시간 내에 측정이 가능하고 열전도율 측정범위는 0.3~2.0 W/mK 이내이다.

3. 실험 결과 및 고찰

MFA의 혼입율, 물시멘트비, 잔골재율 변화에 따른 실험 결과는 Table 4와 같다.

3.1 유동성

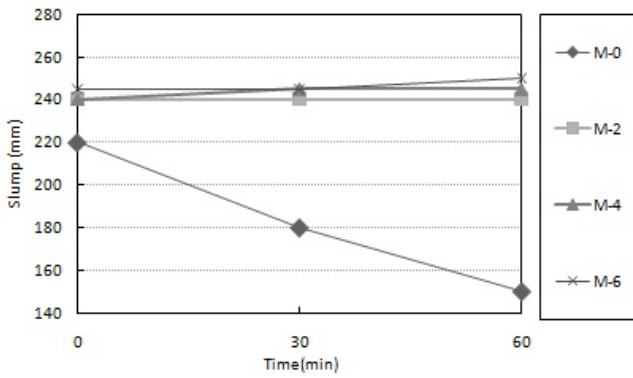
Fig. 2는 콘크리트의 유동 특성인 슬럼프 경시변화를 나타낸 것이다.

Test 1에서는 MFA를 사용하지 않은 M-0을 제외한 전 배합에서 60분 경과시 슬럼프 경시변화가 미미하게 나타났다.

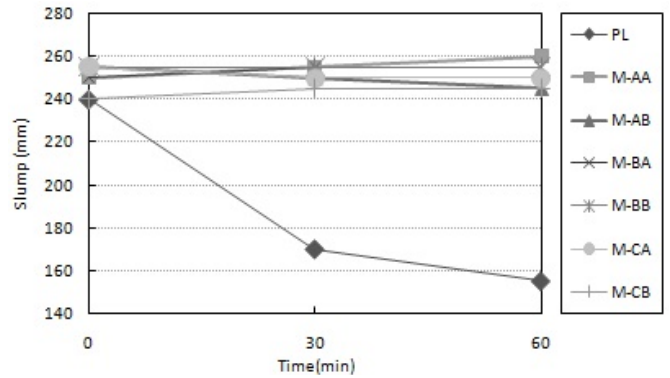
Test 2에서의 물시멘트비 및 잔골재율 변화에 따른 결과에서는 PL을 제외한 전 배합에서 슬럼프 경시변화가 미미하였는데 이는 콘크리트 내부에 미세기포가 상당수 연행되어 콘크리트의 유동성을 개선시키기 때문으로 판단된다.

Table 4 Results of experiment

Type	Air content (%)	Slump (mm)			Unit weight (t/m ³)				Compressive strength (MPa)			Pulse velocity (km/sec)	Thermal conductivity (W/mK)	
		0min	30min	60min	0min	30min	60min	24hour	3day	7day	28day			
Test 1	M-0	4.2	220	180	150	2.31	2.31	2.30	2.31	22.2	31.2	36.8	4.45	1.61
	M-2	10 ↑	240	240	240	2.02	2.04	2.06	2.09	21.4	28.5	30.2	4.38	1.41
	M-4	10 ↑	240	245	245	1.95	1.96	1.98	2.02	19.9	26.9	28.3	4.26	1.27
	M-6	10 ↑	245	245	250	1.94	1.96	1.97	2.01	18.2	22.4	25.0	4.24	1.26
Test 2	PL	4.3	240	170	155	2.23	2.24	2.24	2.26	36.6	42.5	44.7	4.50	1.64
	M-AA	10 ↑	250	255	260	2.05	2.06	2.09	2.12	44.4	47.3	48.1	4.37	1.52
	M-AB	10 ↑	255	250	245	2.05	2.07	2.10	2.12	38.3	43.8	46.0	4.29	1.47
	M-BA	10 ↑	250	255	255	1.98	2.01	2.01	2.05	33.0	38.0	39.6	4.21	1.29
	M-BB	10 ↑	255	255	255	1.99	2.02	2.03	2.04	32.7	37.6	41.2	4.19	1.25
	M-CA	10 ↑	255	250	250	1.97	1.98	2.02	2.04	34.2	37.0	38.2	4.16	1.22
M-CB	10 ↑	240	245	245	1.98	2.01	2.02	2.03	31.2	36.6	37.8	4.15	1.21	

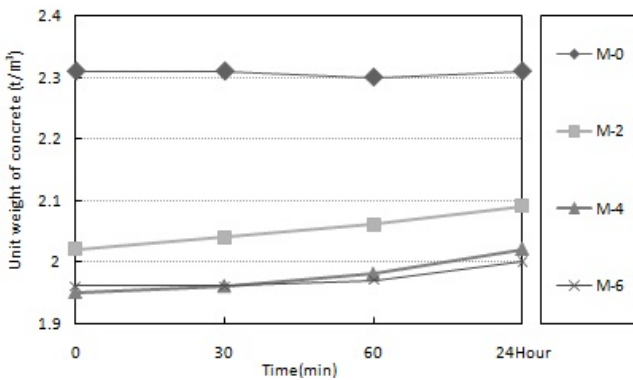


(a) Slump result of Test 1

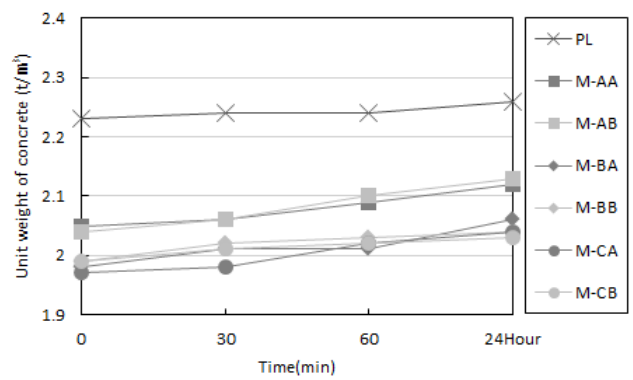


(b) Slump result of Test 2

Fig. 2 Slump result



(a) Unit weight result of Test 1



(b) Unit weight result of Test 2

Fig. 3 Unit weight result

3.2 단위용적질량

시간 경과에 따른 콘크리트의 단위용적질량 결과는 Fig. 3과 같다.

Test 1의 실험결과로서 MFA 혼입율 변화에 따라 단위용적질량은 M-0의 2.31 t/m³에서 M-6의 1.94 t/m³까지 혼입율이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다.

Test 2에서는 단위용적질량이 1.97~2.26 t/m³으로 나타내었으며, 물시멘트비 변화에 대한 결과로 물시멘트비 25%가 PL대비 약 0.14 t/m³, 30%가 약 0.22 t/m³로 다소 크게 감소하다가 35%에서 약 0.23 t/m³로 미미하게 감소하였다. 잔골재율 변화에서는 잔골재율 70%에서 80%로 증가시 단위용적질량이 감소하는 경향을 나타내었으나 그 차이는 미미하였다.

또한, 24시간 경화 후 단위용적질량은 전 배합이 약 0.06 t/m³ 증가하는 경향을 나타내었는데, 이는 혼합시 생성된 마이크로기포셀이 시간 경과시 일정 부분 소멸되기 때문으로

판단된다.

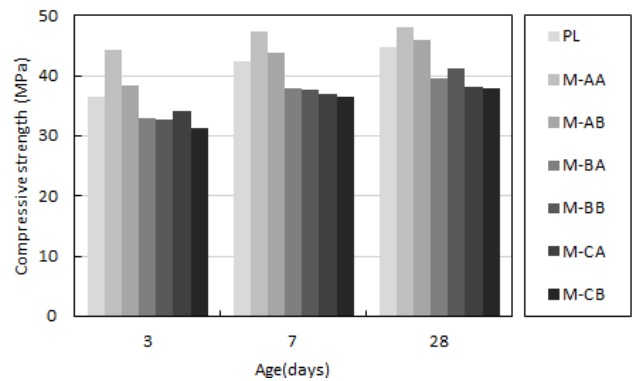
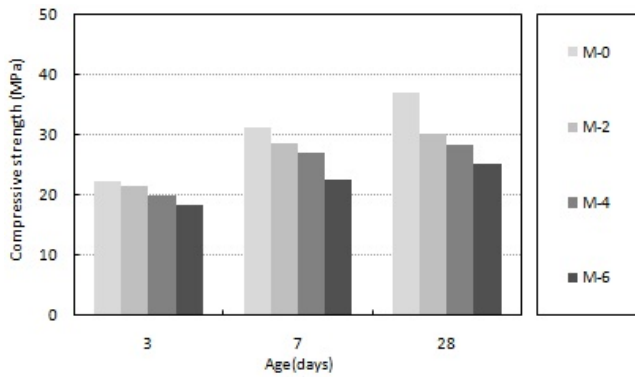
3.3 압축강도

Fig. 4는 압축강도 결과를 나타낸 것이다.

Test 1의 압축강도는 M-0의 36.8 MPa에서 M-6의 25 MPa까지 혼입율 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, M-2에서 6.6 MPa로 크게 감소하였고 M-4와 M-6에서는 감소 폭이 약 2.5 MPa로 다소 낮은 감소를 나타내었다.

Test 2에서의 압축강도는 37.8~48.1 MPa의 결과를 나타내었으며, 물시멘트비 변화에 대한 결과로 PL대비 25%에서 약 2.5MPa 증가하였고 30%와 35%에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 잔골재율 변화에서는 압축강도 차이가 미미한 것으로 나타났다. 이에 MFA를 사용한 콘크리트의 강도 유지를 위한 적정 물시멘트비는 25%가 적합하다고 판단된다.

Fig. 5는 단위용적질량과 압축강도와의 상관관계를 나타낸 것으로 단위용적질량이 증가할수록 압축강도가 증가되는 것



(a) Compressive strength result of Test 1

(b) Compressive strength result of Test 2

Fig. 4 Compressive strength result

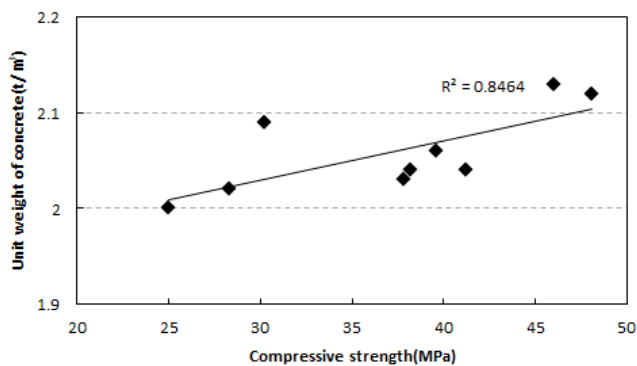


Fig. 5 Relationship between unit weight of concrete and compressive strength

으로 나타났다.

3.4 공극특성

3.4.1 공극형상 및 분포

콘크리트 내부의 공극형상 및 분포를 알아보기 위하여 SEM 촬영을 실시하였으며 배합별 공극형상 및 분포는 Photo 1과 같다.

Test 1의 MFA 혼입을 증가시 공극은 증가되는 것으로 관찰되었으며 M-4와 M-6의 공극 분포가 유사한 것으로 나타났다. 또한, M-4까지는 독립공극을 형성하였으나 M-6에서는 독립공극을 형성하지 못하고 서로 합쳐져서 연속공극이 생성되는 결과를 나타내었는데 이는 혼입율이 증가할수록 독립공극수와 분포가 증가되어 서로 합쳐지기 때문이다. 이와 같이 연속공극을 보유한 M-6은 독립공극을 보유한 M-4와 비교하여 열전도율 및 초음파속도, 단위용적질량은 서로 유사하나 압축강도가 저하되는 결과를 나타내었는데, 이는 연속공극이 독립공극보다 공극 단면에 집중되는 응력저항이

떨어지기 때문에 발생한 원인으로 판단된다. 따라서 Test 1 배합에서의 MFA 최적 혼입율은 4%로 판단된다.

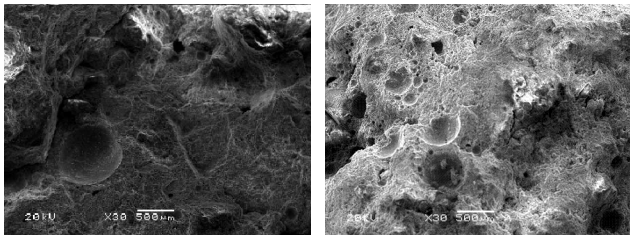
Test 2에서는 물시멘트비 및 잔골재를 증가에 따라 공극 발생이 증가되면서 고르게 분포되는 것으로 관찰되었다. 이는 콘크리트 제조시 단위수량의 증가 및 굵은골재의 감소가 콘크리트의 밀도를 감소시켜서 마이크로기포셀의 생성을 원활하게 하기 때문이라 판단된다.

3.4.2 공극의 정량적 분석

공극 특성을 알아보기 위하여 배합별로 시료를 평활하게 연마한 후 이미지 분석 프로그램인 GAIA 프로그램을 이용하여 공극에 대한 배합별 공극 지름 (Diameter), 공극 개수 (Air voids), 공극 면적 (Per area)에 대하여 분석하였다. 또한 Test 1의 M-0과 Test 2의 PL은 콘크리트 내부에 공극이 거의 없으므로 정량적 분석에서 제외하였다.

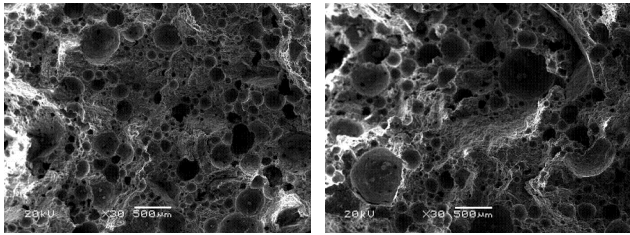
Fig. 6은 배합별 평균 공극직경을 나타낸 것으로서 Test 1에서는 평균 공극직경이 M-2가 198 μ m로 가장 컸으며 M-4에서 92 μ m로 감소하였고 M-6에서는 95 μ m로 그 차이가 미미하였다. 또한, 물시멘트비와 잔골재율 변화에서는 물시멘트비 25%에서 30%로 증가시 평균 공극직경이 93 μ m에서 67 μ m로 약 26 μ m 작아졌으며, 30%에서 35%로 증가시에는 그 차이가 미미하였다. 잔골재율 변화에서는 잔골재율 70%와 80%에 대한 공극직경 차이는 미미한 것으로 나타났다. Fig. 7의 배합별 공극 개수 및 공극 면적에서는 Test 1의 M-2 공극 개수가 82개로 가장 적었으며 M-4는 227개, M-6은 228개로 나타내었고 공극 면적에서는 M-2가 16.9%, M-4가 34.7%, M-6이 35.9%로 나타났다.

Test 2에서는 물시멘트비가 증가할수록 공극 개수 및 공극 면적이 증가되었으며 잔골재율 변화에서는 80%가 70%보다



M-0

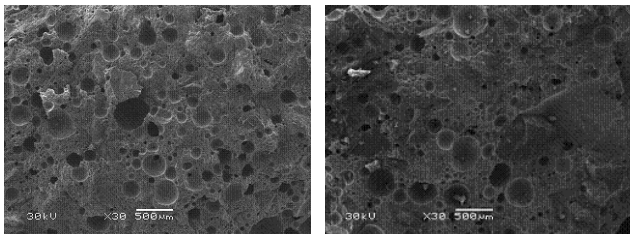
M-2



M-4

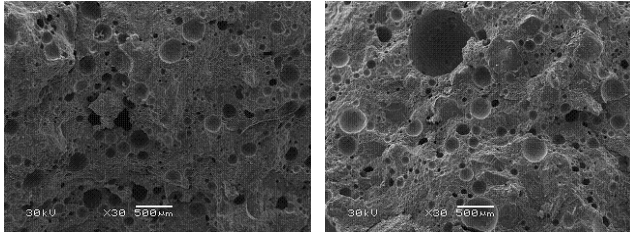
M-6

(a) SEM image (×30) of Test 1



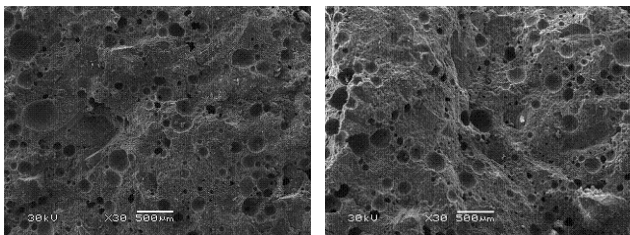
M-AA

M-AB



M-BA

M-BB



M-CA

M-CB

(b) SEM image (×30) of Test 2

Photo 1 Air voids and distribution

다소 증가된 결과를 나타내었다.

상기와 같이 MFA를 사용할 경우 공극이 많이 생성, 분포 되는 것은 혼합시 기포 유지력이 개선된 마이크로기포셀이 계면활성 작용을 통해 발생되고 이를 유지하여 미세 공극이 많이 생성되기 때문이라 판단된다.

Table 5 Image analysis of air voids

Type		Diameter (μm)			Air voids (EA)	Per area (%)
		Max	Min	Mean		
Test 1	M-2	447	20	198	82	16.9
	M-4	422	16	92	227	34.7
	M-6	424	24	95	228	35.9
Test 2	M-AA	465	21	91	249	26.7
	M-AB	492	17	95	263	27.2
	M-BA	471	25	71	287	28.9
	M-BB	402	19	63	295	30.7
	M-CA	463	19	69	285	30.6
	M-CB	455	18	72	312	33.3

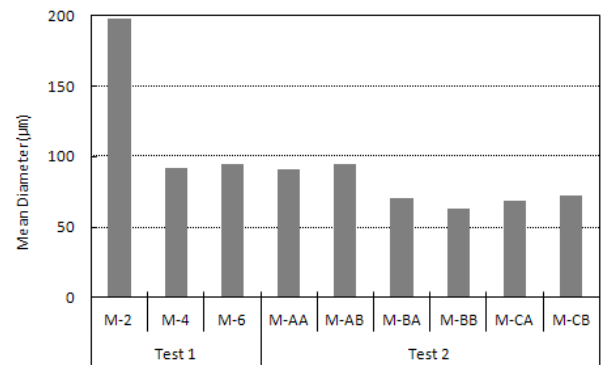


Fig. 6 Mean Diameter result

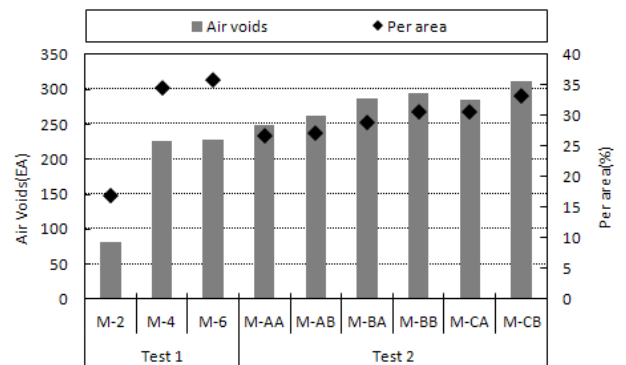


Fig. 7 Air voids and per area result

3.5 초음파 속도

본 연구의 초음파 속도 결과는 Fig. 8과 같다.

Test 1의 MFA 혼입율 증가에 따른 초음파 속도는 M-0에서 M-6까지 각각 4.45, 4.38, 4.26, 4.23 km/s의 결과를 나타내었다. M-4까지는 평균 0.08 km/s 감소하다가 M-6에서 0.02 km/s로 미미하게 감소되었다.

Test 2에서 물시멘트비 변화에 따른 결과에서는 PL이 4.5

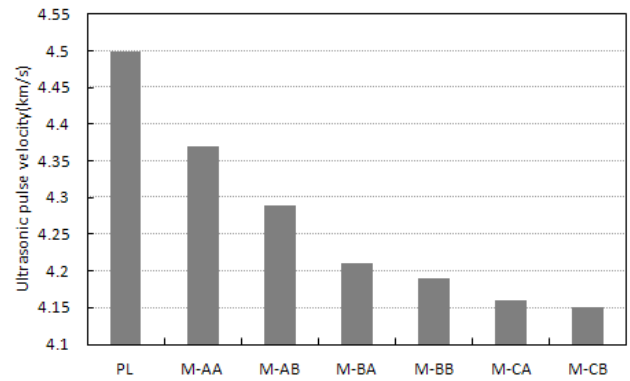
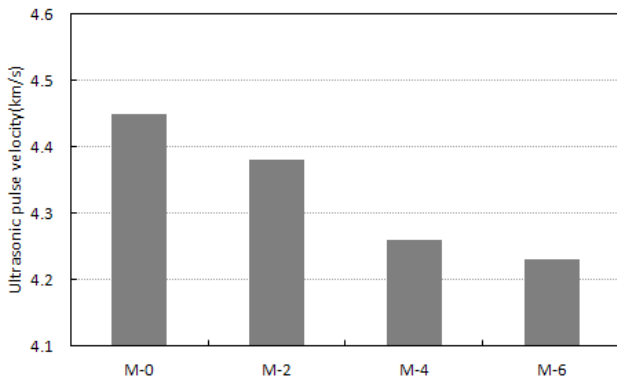


Fig. 8 Ultrasonic pulse velocity result

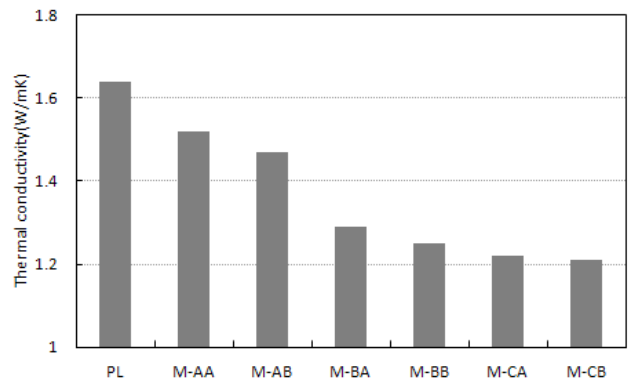
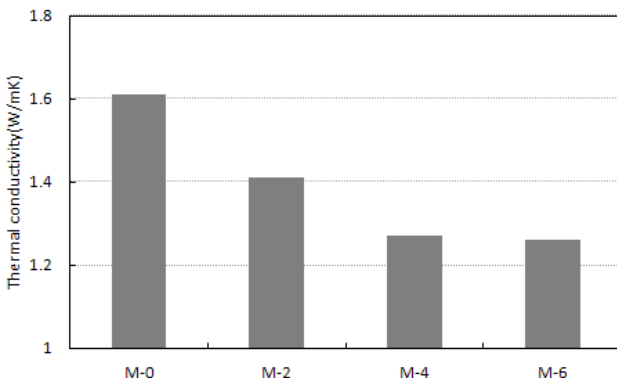


Fig. 9 Thermal conductivity result

km/s로 가장 높게 나타났으며 물시멘트비 25%에서 0.17 km/s, 30%에서 0.30 km/s로 큰 폭으로 감소하다가 35%에서 0.34 km/s로 다소 미미하게 감소하였다. 잔골재율 변화에서는 80%가 70%보다 약 0.06 km/s 낮은 값을 나타내었다.

이와 같이 MFA 혼입율, 물시멘트비, 잔골재율 증가에 따른 초음파 속도 감소는 압축강도 및 공극량과 상관성이 있는 것으로 판단된다.

3.6 열전도율

본 실험에서는 열전도율을 측정하기 전에 100°C로 건조시켜 절대건조상태로 만든 후 상온에 일정시간 보관 후 측정하였는데, 이는 콘크리트 내부에 있는 수증기나 물에 의한 영향을 최소화시키기 위한 목적으로 실시하였다.

Fig. 9는 열전도율을 측정한 결과이다. Test 1에서는 MFA의 혼입율이 증가할수록 열전도율이 감소하는 경향을 보였는데 M-0에서 M-4까지 열전도율이 큰 폭으로 감소하다가

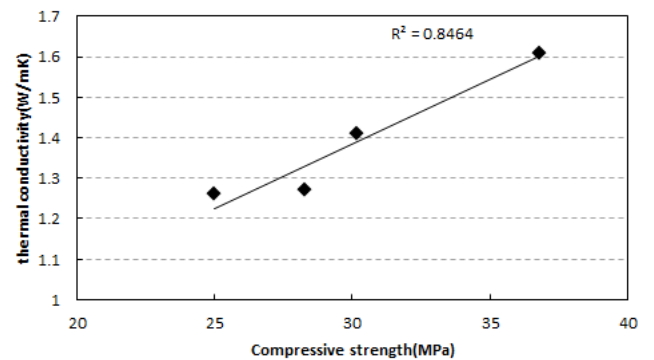


Fig. 10 Relationship between of thermal conductivity and compressive strength

M-6에서 미미하게 감소하였다. 이는 공극 개수와 상관성이 있는 것으로 판단된다.

Test 2에서는 물시멘트비가 증가할수록 열전도율이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 물시멘트비가 증가할수록 콘크리트 밀도가 감소하여 콘크리트 내부에서의 공극이 원활하게 생성되기 때문이라 판단된다. 잔골재율 변화에 대한 결

과에서는 잔골재율 80%가 70%보다 열전도율이 최대 0.04 W/mK 감소되는 결과를 나타내었는데, 이는 밀실한 굵은골재의 사용량 감소 및 공극량 증가에 따른 결과로 판단된다. Fig. 10은 압축강도와 열전도율간의 상관관계를 나타낸 것으로 압축강도가 증가할수록 열전도율이 증가되는 것으로 나타났다.

4. 결론

MFA를 사용한 콘크리트의 물리, 역학 및 열전도 특성에 관한 실험적 연구 결과, 본 연구의 범위에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 유동 특성에서는 MFA를 사용할 경우 혼입율에 상관없이 전 배합에서 60분 경시변화시 슬럼프 경시변화가 발생되지 않고 유동성이 지속적으로 유지되는 것으로 나타났으며, 단위용적질량에서는 경화까지 전 배합이 약 0.06 t/m³ 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 혼합시 생성된 마이크로기포셀이 시간 경과시 일정 부분 소멸되기 때문으로 판단된다.
- (2) 압축강도는 MFA 혼입율이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 물시멘트비 변화에서는 물시멘트비 25%가 PL대비 약 2.5MPa 증가하였고 30%와 35%에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 잔골재율 변화에서는 압축강도 차이가 미미하게 나타났다. 이에 MFA를 사용한 콘크리트의 강도 유지를 위한 적정 물시멘트비는 25%가 적합하다고 판단된다.
- (3) 공극특성에서는 M-4가 마이크로기포셀이 안정적으로 생성, 분포되는 것으로 나타났으며 이에 적정 혼입율이 4%로 판단된다. 또한, 물시멘트비, 잔골재율 증가에 따라 공극량 및 공극분포가 증가되는 경향을 나타내었는데, 이는 콘크리트 제조시 단위수량의 증가, 굵은골재의 감소에 의해 콘크리트의 밀도가 감소되어서 마이크로기포셀의 생성이 원활하게 이루어지기 때문이라 판단된다.
- (4) 콘크리트의 밀실도를 나타내는 초음파 속도와 단열성능을 나타내는 열전도율은 MFA 혼입율, 물시멘트비, 잔골재율 증가시 감소하는 경향을 나타내었다. 이는

콘크리트 밀도가 감소되고 이에 공극량 및 공극분포가 원활하게 이루어져서 콘크리트 내부에 공극이 증가되기 때문으로 판단된다.

상기의 결과, MFA를 사용한 구조용 콘크리트는 압축강도 27MPa 이상에서 열전도율이 일반 콘크리트 대비 최대 26% 향상된 결과를 나타내었다. 후속연구로써 MFA와 단열성능을 향상시키는 분체류 또는 골재류를 복합적으로 사용할 경우 구조용 콘크리트의 단열성능이 향상될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원(11기술혁신F04)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Celik Ozyildirim. Durability of structural lightweight concrete, LWC bridges Workshop 2009 IBC.
2. Jason weiss, Tommy nantung, "Internal Curaing - From the laboratory to Implementation", LWC Bridges Workshop 2009 IBC.
3. John P. Ries and Thomas A. Holm. A holistic approach to sustainability for the concrete community light weight concrete - Two Millennia of Proven Performance, ESCSI information sheet 7700.1, 2000.
4. Kim, J, M., "An Experimental Study on the Pore Structure and Thermal Properties of Lightweight Foamed Concrete by Foaming Agent Type", Journal of the Korea Institute of Building Construction, vol. 9, No. 4, 2009, pp.63-73.
5. Lee, M, H., "A Study on the Development of Cast-In-Place Aerated Concrete Panel for Sandwiches Panel Alternation", Journal of the Architectural Institute of Korea, vol. 26, No. 1, 2006, pp.389-392.
6. Min, T, B., "study on estimating compressive strength and physical characteristic of lightweight concrete for structure with foam agent", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection vol. 15, No. 1, 2011, pp.190-193.
7. Zhang Gjorv. Development of High Strength Light weight Concrete, 1990, pp.20-23.

Received : 01/16/2013

Revised : 02/27/2013

Accepted : 03/14/2013

요 지

최근 전세계는 급격한 기후조건과 환경변화에 의해 냉난방 에너지 사용이 증가되고 있으며 이는 화석 연료 사용량 증가와 함께 CO₂ 배출량 상승, 지구 온난화 등 환경과 에너지에 대한 수많은 문제를 유발하고 있어 세계 각국은 온실가스 배출 및 에너지 소비 감소를 위한 대응책을 마련하고 있다. 우리나라 또한 정부의 ‘저탄소 녹색 성장’ 및 ‘친환경 주택 건설기준 및 성능’ 등의 정책을 선포하는 등 건물 부문에 있어 환경과 에너지 관리에 대한 노력을 하고 있다.

우리나라의 총 에너지 소비량 중 건물 부문이 차지하는 비율은 약 25%에 달하며 다른 산업 분야에 비해 연간 에너지 소비 증가율이 높은 편이다. 건물에서 에너지 손실이 가장 큰 부위는 외피로서, 이 부분의 에너지 손실을 감소하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으나 이는 대부분 창호 및 단열재를 사용한 연구이며 건물 외피의 70% 이상을 차지하고 있는 콘크리트에 대한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 건물의 에너지 손실을 최소화하기 위해서는 콘크리트 자체에서 단열성능을 확보할 수 있어야 하며 이에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 콘크리트의 단열성능을 확보하면서 구조용으로 사용이 가능한 콘크리트를 개발하기 위한 실험을 진행하였다.

Test 1의 실험결과로써, Micro Foam Admixture (MFA)를 사용한 콘크리트는 슬럼프 경시변화가 개선되었으며, MFA의 혼입율을 증가할 경우 압축강도는 감소되고 열전도율은 증가되는 결과를 나타내었다. Test 2의 실험결과에서는 물시멘트비 변화시 물시멘트비 증가에 따라 압축강도는 감소하였고 열전도율은 증가하였다. 그러나 잔골재율 변화에 대한 물성 및 열적 특성은 큰 차이를 나타내지 않았다.

핵심 용어 : 에너지 감소, 마이크로 기포제, 열전도, 공극
