

난연성 EPS 폐기물을 혼입한 경량기포 콘크리트의 물리적 특성

어석홍^{1*}, 손지운²

¹창원대학교 토목환경화공융합공학부, ²창원대학교 토목공학과

Physical Properties of Lightweight Foamed Concrete with Flame Resistant EPS Waste

Seok-Hong Eo^{1*}, Ji-Woon Son²

¹School of Civil, Environmental and Chemical Engineering, Changwon National University

²Department of Civil Engineering, Changwon National University

요약 본 논문에서는 경량기포 콘크리트에 EPS 폐기물과 난연성 EPS 폐기물 보강재를 각각 혼입해 물성 특성을 연구하였다. 물시멘트비는 50%로 고정시켰으며 단위시멘트량은 300, 400kgf/m³으로 설정하였다. 독립기포용 기포제를 사용하였고, 희석농도는 10%로 설정하여 혼합하였다. 혼입률은 0, 10, 20, 30, 40%로 혼입하였으며, 선 기포 방식으로 제조하였다. 상기 배합조건 별로 제작된 경량기포 콘크리트 시험체의 겉보기 밀도, 휨강도, 열전도율 및 흡수율을 측정하고 분석하였다. 실험결과, 겉보기 밀도는 단위시멘트량에 관계없이 2~3% 내외의 차이를 보였고 각각 KS F 4039 겉보기 밀도의 0.5품, 0.6품을 만족시켰다. 휨강도는 압축강도를 통해 치환하여 압축강도 기준 0.4품, 0.5품, 0.6품을 만족 시켰으며, 열전도율은 난연성 EPS 폐기물 보다 EPS 폐기물이 보강제일 경우가 3~5% 정도 높게 나왔지만 두 보강제 모두 KS F 4039 0.4품 기준을 만족하였다. 흡수율 측면에서는 EPS 폐기물과 난연성 EPS 폐기물 보강재를 혼입한 경우 1~3%정도의 차이를 보였지만 모두 20%가 넘는 높은 수치를 보여 추가적인 보강제나 배합비가 필요할 것으로 판단된다.

Abstract The physical properties of lightweight foamed concrete mixed with EPS waste and flame resistant EPS waste were investigated. For this purpose, the main variables considered were a cement content of 300 and 400kgf/m³ and an EPS replacement ratio of 0, 10, 20, 30, and 40% by the volume ratio of the foam. The water-cement ratio and the dilution concentration were fixed to 0.5 and 10% respectively. The test results showed that the apparent density meets degrees 0.5 and 0.6 of KS F4039, and they showed little difference between the two mixes of Type A and Type B, regardless of the unit cement content. The bending strength obtained through the compressive strength also met the degree of KS F 4039. The thermal conductivity was 1~3% higher for the mixes of EPS than the case of flame resistant EPS, but both mixes met the 0.4 degree of KS F4039. The absorption ratio showed the values above 20% with a 1~3% difference for the two mixes, which mean further studies will be needed to reduce the absorption ratio.

Keywords : Apparent density, Bending strength, Flame resistant EPS waste, Lightweight foamed concrete, Thermal conductivity, Water absorption ratio

1. 서론

최근, 콘크리트 구조물이 날로 고층화, 대형화하는 현
대에 있어서 콘크리트 재료의 고강도화와 함께 고기능화

는 필수적이다. 특히, 건축물의 성능면에서의 다양한 재
료설계 요구에 따라 구조물의 고정하중 감소, 단열성능
및 흡음성능 등의 기능성을 가진 경량콘크리트 개발의
필요성이 대두되고 있다[1].

본 논문은 2015~2016년도 창원대학교 자율연구과제 연구비 지원으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Seok-Hong Eo(Changwon National Univ.)

Tel: +82-55-213-3771 email: esh@changwon.ac.kr

Received September 27, 2016

Revised (1st October 24, 2016, 2nd November 1, 2016)

Accepted February 3, 2017

Published February 28, 2017

그러나 경량기포 콘크리트는 소포에 의한 체적감소, 강도발현 미흡, 건조수축 균열 발생, 높은 흡수율 등의 많은 문제점들이 끊임없이 대두되고 있는 실정으로, 이러한 문제점들은 경량기포 콘크리트의 폭 넓은 활용을 가로막는 저해요인으로 대두되어 시급히 해결해야할 사항으로 인식되고 있다.

최근에는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 기포콘크리트에 여러 가지 첨가제를 혼입하여 성능을 향상시키기 위한 연구가 일부에서 진행되고 있다[2-8]. 선행연구로써 재활용률이 낮아 환경오염을 가중시키고 있는 산업 폐기물의 일종인 EPS 폐기물을 적용하여 현장 타설 기포콘크리트의 물리적 특성을 향상시키기 위한 기초적 실험을 진행한 바 있으며, EPS 폐기물을 기포 대체제로 적당량 혼입할 경우 압축강도 및 흡수율, 겉보기 밀도 등의 물리적 특성을 개선시킬 수 있는 것으로 조사되었다[2][9].

본 연구에서는 EPS 폐기물을 이용한 선행연구에 이어 불연 및 난연 성질로 인해 재활용이 되지 않고 있는 난연성 EPS 폐기물을 일정하게 가공한 뒤 혼입하여 배합비에 따른 경량기포 콘크리트의 물리적 특성을 분석하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

시멘트는 KS L 5201에 적합한 D사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

2.1.2 기포제

기포제는 기포막이 단단하여 압송능력이 우수하고 균일성이 좋아 강도와 단열성능에 뛰어난 독립기포용 기포제를 사용하여 실험을 진행하였다. 그 물리적 성질은 Table 1과 같다.

Table 1. Physical properties of independence foaming agent

Type	Independence foaming agent (HIFA)
Color	Dark brown
Ingredients	Poly peptide
Shape	Independence foam
pH	7±1
Apparent density	1±0.5

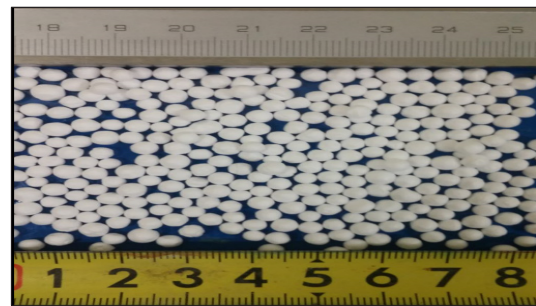
2.1.3 발포 폴리스티렌(EPS)

본 연구에서 보강재로 사용된 발포폴리스티렌(EPS)은 발포 폴리스티렌 수지에 펜탄 또는 부탄 등 탄화수소 가스를 주입해 이를 증기로 부풀린 소재로 체적의 98%가 공기로 나머지가 2%가 수지인 자원 절약형 소재로서 완충성, 방수성, 보온성, 경량성 등이 뛰어나 단열재, 내장재, 포장재 등으로 사용된다.

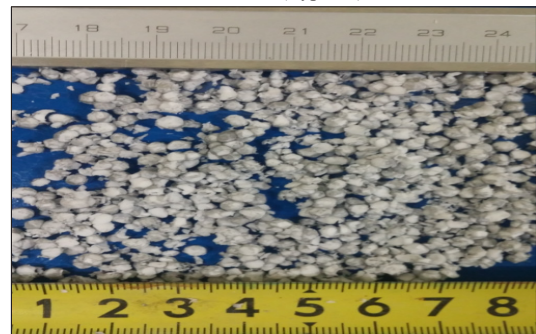
난연성 EPS는 자체 재질이 열가소성 발포 수지체로 내열성 및 난연성을 보완하고자 스티로폼 제조 원료인 EPS 표면에 난연 피막을 코팅한 것이다. 1, 2차 코팅제에 의해 내화단열 코팅막이 피복되면, 형성된 난연 피막으로 인해 내화 단열도가 종래의 경우보다 월등하게 개선되는 효과를 가진다.

이러한 두 종류의 EPS 폐기물을 분쇄기를 통해 분쇄 과정을 거쳐 경량기포 콘크리트에 혼입하여 물리적인 특성을 연구하였다.

본 실험에서 사용한 EPS의 가공 형태는 Fig. 1에 보이는 것과 같이 직경 3~5mm 정도의 둥근 형태를 보이는 EPS 폐기물(Type A)과 직경 2~3mm 정도의 모난 형태를 보이는 난연성 EPS 폐기물(Type B)로 그 물리적 성질은 Table 2와 같다.



EPS waste(Type A)



Flame resistant EPS waste(Type B)

Fig. 1. Shape states of EPS waste(Type A) and flame resistant EPS waste(Type B)

Table 2. Physical properties of stiffener

	EPS waste (Type A)	Flame resistant EPS waste (Type B)
Apparent density	0.02	0.02
Thermal conductivity	Below 0.0039	Below 0.0031
Grain diameter	3~5mm	2~3mm
Color	White	Pale gray

2.2 경량기포 콘크리트 배합계획

분쇄 과정을 거친 EPS 폐기물(Type A)과 난연성 EPS 폐기물(Type B) 두 가지 보강재의 혼입률과 배합비에 따른 경량기포 콘크리트의 물리적 특성을 파악하기 위해 크게 2단계로 구분하여 진행하였다.

먼저 본 실험은 물시멘트비는 50%, 기포제의 희석농도는 10%로 고정시키고 보강재의 혼입률은 기포가 차지하는 용적대비 대체율을 나타내는 것으로 각각 0, 10, 20, 30, 40%로 설정하여 진행하였다.

1단계는 단위시멘트량을 300kgf/m^3 로 고정하고 보강재의 혼입률을 조정하여 경량기포 콘크리트를 제조 후 물리적 특성을 비교하였다.

2단계는 단위시멘트량을 400kgf/m^3 로 고정하고 보강재의 혼입률을 조정하여 경량기포 콘크리트를 제조 후 물리적 특성을 비교하였다.

배합인자 수준은 Table 3과 같으며 배합설계는 Table 4와 같다

Table 3. The factor of mixing design in lightweight foamed concrete

Factor	Variable
Unit weight of cement	300, 400kgf/m^3
Foaming agent type	HIFA
Dilution ratio of foam agent	10%
W/C	50%
Shape of stiffener	EPS waste(Type A) Flame resistant EPS waste(Type B)
Replacement ratio	0, 10, 20, 30, 40%

Table 4. Mixing design table in lightweight foamed concrete

	Unit weight of cement (kgf/m^3)	W/C (%)	Foam agent	Dilution factor (%)	Stiffener	Volume contents ratio (%)
1	300	50	HIFA	10	-	-
2	300	50	HIFA	10	Type A	10
3	300	50	HIFA	10	Type A	20
4	300	50	HIFA	10	Type A	30
5	300	50	HIFA	10	Type A	40
6	300	50	HIFA	10	Type B	10
7	300	50	HIFA	10	Type B	20
8	300	50	HIFA	10	Type B	30
9	300	50	HIFA	10	Type B	40
10	400	50	HIFA	10	-	-
11	400	50	HIFA	10	Type A	10
12	400	50	HIFA	10	Type A	20
13	400	50	HIFA	10	Type A	30
14	400	50	HIFA	10	Type A	40
15	400	50	HIFA	10	Type B	10
16	400	50	HIFA	10	Type B	20
17	400	50	HIFA	10	Type B	30
18	400	50	HIFA	10	Type B	40

2.3 측정항목 및 기준

경량기포 콘크리트의 기본 물성실험은 KS F 2459(기포 콘크리트의 시험방법)에 따라서 겉보기 밀도, 압축강도, 흡수율을 측정하였다.

또한 KS F 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 따라서 3등분 하중 재하법으로 휨강도 실험을 실시하였다.

열전도율 실험은 KS L 9016(보온재의 열전도율 측정방법)으로 한국화학융합시험연구원에 의뢰하여 측정하였다. 이러한 경량기포 콘크리트는 KS F 4039(현장 타설용 기포 콘크리트 기준)에 따라 평가하였으며 Table 5는 기술 표준원에서 정한 한국 산업 규격 현장 타설용 기포 콘크리트 기준이다.

Table 5. Foamed concrete for cast-in-site(KS F 4039)

Specimen	Apparent density	Compression strength (N/mm^2)		Thermal conductivity ($\text{W/(m}\cdot\text{K)}$)
		7day	28day	
0.4	0.30 ~ 0.40	Above 0.5	Above 0.8	Below 0.130
0.5	0.40 ~ 0.50	Above 0.9	Above 1.4	Below 0.160
0.6	0.50 ~ 0.70	Above 1.5	Above 2.0	Below 0.190

2.4 시험체 제작 및 실험 방법

2.4.1 난연성 EPS 폐기물 분쇄 과정

EPS 재활용의 시작은 폐기 처분 후 재활용을 위한 재 처리에 있다. 또한 본래의 쓰임새와 모양새가 다양하기 때문에 재활용에 앞서 분류와 분쇄의 필요성이 매우 크다. 마찬가지로 본 실험에 앞서 Fig. 2와 같이 폐기 처분 된 난연성 EPS 폐기물을 1차, 2차 분쇄 과정을 거쳐 입 도크기를 조절하였다.



Fig. 2. Flame resistant EPS waste grinding process

2.4.2 시험체 제작

Fig. 3과 Fig. 4는 경량기포 콘크리트를 제조하기 위한 혼합과정을 나타낸 것으로 선 기포 방식으로 제조하였다. 선 기포 방식은 기포제를 고압공기와 함께 기포발 생기에 주입하여 기포를 발생시키고, 이를 시멘트 슬러 리에 첨가하여 혼합해 제조하는 방식으로 기포의 양을 조절하기 쉽고 시공성이 좋고 균일한 독립기포가 형성된 다는 장점이 있다. 이러한 선 기포 방식으로 보강재를 첨 가하고 시험체를 제작하여 실험을 진행하였다.

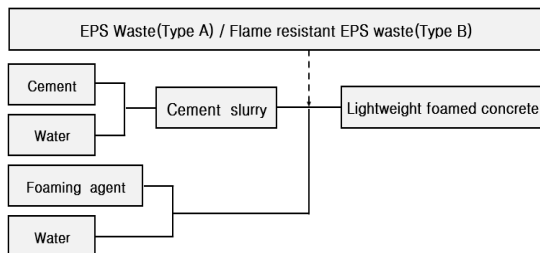


Fig. 3. Lightweight foamed concrete manufacturing process manufacturing

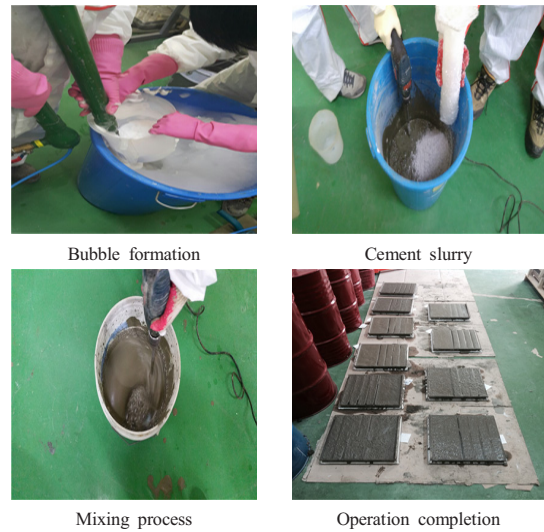


Fig. 4. Manufacturing process of lightweight foamed concrete test specimen

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험결과

단위시멘트량과 보강재의 종류 및 혼입률을 매개변수 로 나누어 실험을 진행한 결과, 겉보기 밀도, 휨강도, 열 전도율 및 흡수율 측정결과를 Table. 6에 나타내었다.

Table 6. Result of experiment

no.	Apparent density (kgf/m ³)	Bending strength (MPa)	Thermal conductivity (W/(m·K))	Water absorption ratio (%)
1	0.49	0.62	0.118	33
2	0.48	0.61	0.111	35
3	0.46	0.58	0.102	36
4	0.44	0.55	0.096	37
5	0.38	0.51	0.086	38
6	0.49	0.55	0.106	34
7	0.46	0.53	0.098	36
8	0.41	0.50	0.092	38
9	0.36	0.48	0.081	39
10	0.61	0.92	0.125	23
11	0.59	0.87	0.122	26
12	0.56	0.80	0.118	29
13	0.51	0.75	0.115	32
14	0.48	0.68	0.112	33
15	0.56	0.83	0.119	25
16	0.54	0.78	0.115	30
17	0.51	0.72	0.111	33
18	0.46	0.65	0.108	35

3.2 겉보기 밀도

Fig. 5와 Fig. 6은 각각 EPS 폐기물과 난연성 EPS 폐기물 보강재의 단위시멘트량에 따른 겉보기 밀도의 결과로 단위시멘트량이 300kgf/m^3 일 때 혼입률 10, 20, 30% 구간에서 KS F 4039규정 기준 0.5품에 해당하였다. 단위시멘트량이 400kgf/m^3 일 때는 혼입률 10, 20, 30% 구간에서 기준 0.6품에 해당하여 경량을 요하는 충전재 기능에 부합하는 것으로 나타났다.

Fig. 7은 단위시멘트량이 300kgf/m^3 일 경우 보강재의 종류에 따른 겉보기 밀도 결과이다. EPS 폐기물을 보강재로 한 경우, 혼입률 0%를 제외한 평균 겉보기 밀도는 0.44kgf/m^3 이고 난연성 EPS 폐기물 경우 평균 겉보기 밀도는 0.43kgf/m^3 으로 EPS 폐기물을 보강재로 혼합했을 경우가 약 2% 정도 높게 나온 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 8은 단위시멘트량 400kgf/m^3 일 경우 보강재의 종류에 따른 겉보기 밀도 결과이다. EPS 폐기물의 평균 겉보기 밀도는 0.54kgf/m^3 이고 난연성 EPS 폐기물은 0.52kgf/m^3 으로 EPS 폐기물의 평균 겉보기 밀도가 약 3% 높게 나왔다. 이는 Fig. 1에서 살펴본 바와 같이 난연성 EPS 분쇄 과정에서 입자의 파괴로 인한 공극률 증가에 기인한 것으로 분석된다.

두 보강재 모두 혼입률이 증가할수록 겉보기 밀도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 공시체 내의 보강재의 혼입률이 증가할수록 시멘트와 기포의 양이 상대적으로 감소한 것으로 해석된다. 또한 동일한 단위시멘트량으로 두 가지 보강재에 따른 겉보기 밀도의 차이가 2~3%내로 경량성 측면에서 난연성 EPS 폐기물이 EPS 폐기물과 같이 경량기포 콘크리트의 보강재로 사용될 수 있는 것으로 나타났다.

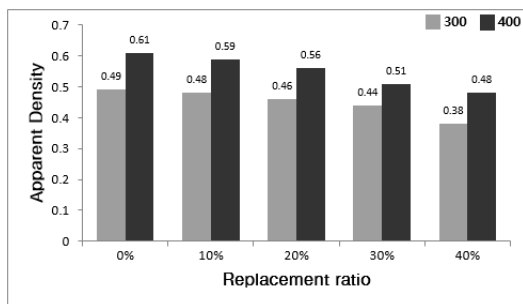


Fig. 5. Apparent density by EPS waste replacement ratio

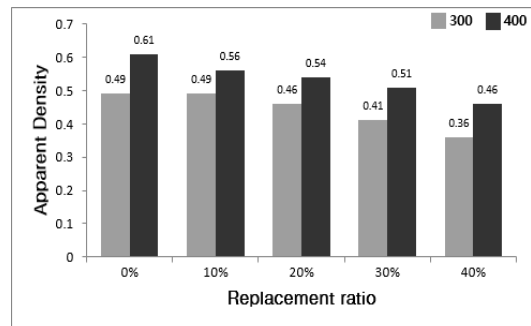


Fig. 6. Apparent density by flame resistant EPS waste replacement ratio

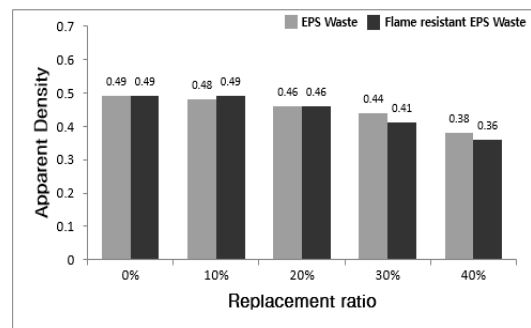


Fig. 7. Apparent density obtained in case of C = 300kgf/m^3

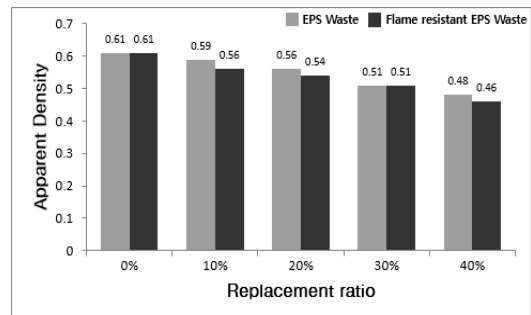


Fig. 8. Apparent density obtained in case of C = 400kgf/m^3

3.3 휨강도

일반적으로 보통콘크리트의 압축강도에 대한 휨강도의 비는 0.14~0.2 정도이다. 경량기포 콘크리트의 휨강도는 단위체적중량에 따라 0.3~1.4 MPa의 범위에 있고, 압축강도에 대한 휨강도 비는 0.3~0.6으로 보통 콘크리트보다 높은 특성을 가지고 있다. Fig. 9는 압축강도와 휨강도의 상관관계를 도시한 것이다. Fig. 9에 나타난 경

량기포콘크리트의 압축강도와 휨강도 (f_b)와의 회귀분석 관계식은 다음과 같다.

$$f_b = 1.74 \sqrt{f_c} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

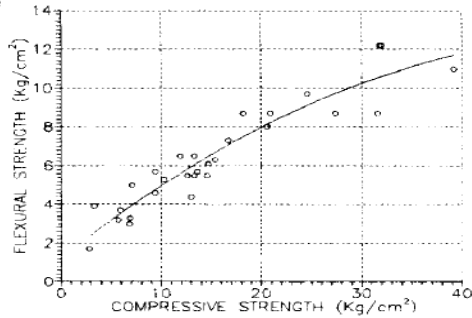


Fig. 9. Correlation between compression strength and bending strength[10]

기포콘크리트는 겉보기밀도에 따라 0.4, 0.5, 0.6품이 있으며, 0.4~0.5품은 압축강도가 0.8~1.4MPa 이상이 요구되고 있다.(KS F 4039, 현장 타설용 기포콘크리트)

위 식에 따라 압축강도를 휨강도로 환산할 때 0.4, 0.5 품에 해당하는 휨강도는 각각 0.5MPa, 0.66MPa로 본 실험에서 단위시멘트량이 300kgf/m³일 경우 EPS 폐기물과 난연성 EPS 폐기물 각각 0.51~0.61MPa, 0.38~0.61MPa로 기준에 부합했고 단위시멘트량이 400kgf/m³일 경우는 0.68~0.87MPa, 0.65~0.83MPa로 0.6품 기준에 만족하는 것으로 나타났다. 비록 휨강도를 간접적으로 추정된 압축강도를 근거로 관련 KS 기준의 적합성을 판단하였으나 단위시멘트량을 적절히 조절할 경우 경량기포 콘크리트의 기능과 활용 목적에 따른 적절한 등급을 만족시키는 것은 충분히 가능할 것으로 판단된다.

강도는 경량기포 콘크리트의 밀도와 매우 밀접한 관계가 있다[11]. 즉, 겉보기 밀도가 높다는 것은 단위시멘트량이 상대적으로 많다는 것으로써 공극률이 낮아져 강도에 직접적인 영향을 미치게 되는데 본 실험 결과 Fig. 5와 Fig. 6에서 살펴본 바와 같이 두 보강재의 혼입률에 따른 겉보기 밀도와 Fig. 10과 Fig. 11의 휨강도의 결과 그래프에서도 유사하게 감소하는 경향을 확인할 수 있다. 한편 Fig. 12와 Fig. 13은 각각 단위시멘트량이 300kgf/m³와 400kgf/m³인 경우의 두 보강재의 혼입률에 따른 휨강도의 변화를 나타낸다.

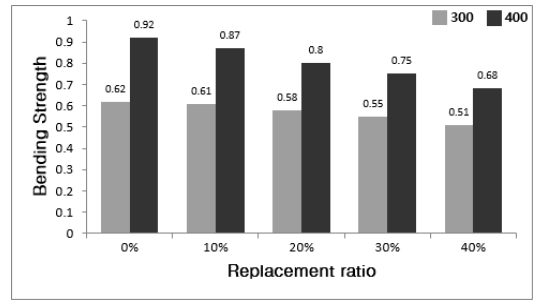


Fig. 10. Bending strength by EPS waste replacement ratio

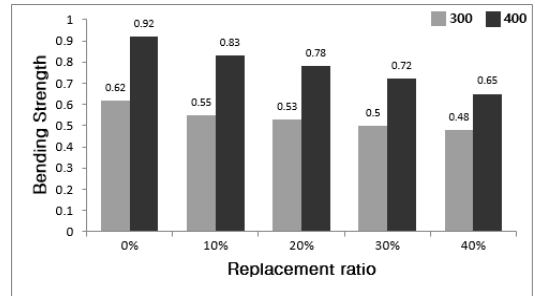


Fig. 11. Bending strength by flame resistant EPS waste replacement ratio

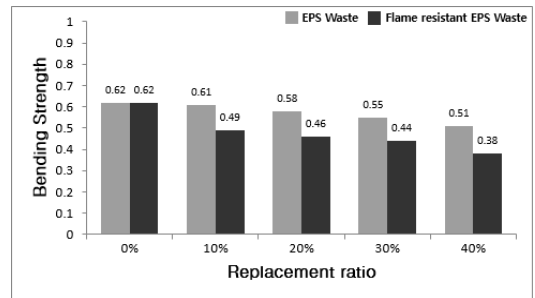


Fig. 12. Bending strength obtained in case of C = 300kgf/m³

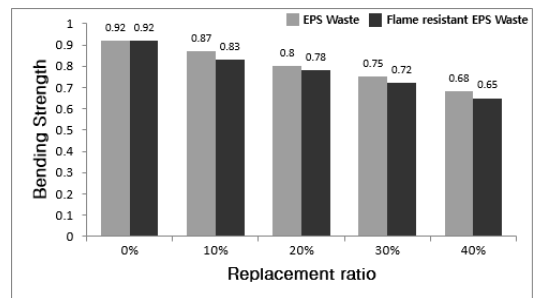


Fig. 13. Bending strength obtained in case of C = 400kgf/m³

3.4 열전도율

단열 성능을 평가하기 위하여 열전도율을 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 14~Fig. 17에 나타내었다.

Fig. 14와 Fig. 15는 각각 EPS 폐기물과 난연성 EPS 폐기물 보강재의 단위시멘트량에 따른 열전도율 결과이다. 보강재의 종류와 단위시멘트량과 상관없이 실험배합 모두 0.4푼에 해당하는 0.130W/(m·K)이하로 나타났고 보강재 모두 단위시멘트량이 400kgf/m³일 때 300kgf/m³보다 약 16% 정도 높은 수치를 보였다.

Fig. 16와 Fig. 17은 단위시멘트량이 각각 다를 경우의 보강재 종류에 따른 열전도율 측정결과를 비교한 것이다. Fig. 16은 단위시멘트량이 300kgf/m³일 때 두 보강재의 혼입률에 따른 결과로 혼입률 0%를 제외한 평균 열전도율은 0.098W/(m·K)로 난연성 EPS 폐기물 보강재의 열전도율 평균 0.094W/(m·K)보다 5% 정도 높은 수치를 확인할 수 있었다. Fig. 17은 단위시멘트량이 400kgf/m³일 경우에 두 보강재의 혼입률에 따른 결과이다. EPS 폐기물을 보강재로 한 경우는 혼입률 0%를 제외하고 평균 0.117W/(m·K)이고 난연성 EPS 폐기물 보강재의 열전도율 평균 0.113W/(m·K)으로 3% 정도 높은 수치를 보였다. 이는 Table 2에서 나타난 바와 같이 보강재로 쓰인 난연성 EPS 자체의 상대적으로 낮은 열전도율에 기인하는 것으로 분석된다.

공통적으로 두 가지 보강재의 혼입률이 증가할수록 열전도율은 감소하는 것을 확인할 수 있다. 단열성 측면에서는 보강재의 혼입률이 높을수록 유리하지만 겉보기 밀도와 휨강도 실험결과와 비교했을 때 강도는 반비례하여 감소하기 때문에 적절한 배합비에 따른 활용이 요구될 것이다.

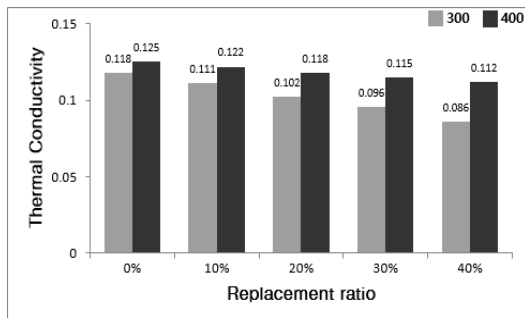


Fig. 14. Thermal conductivity with EPS waste replacement ratio

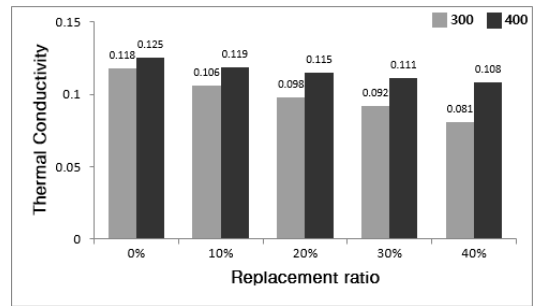


Fig. 15. Thermal conductivity by flame resistant EPS waste replacement ratio

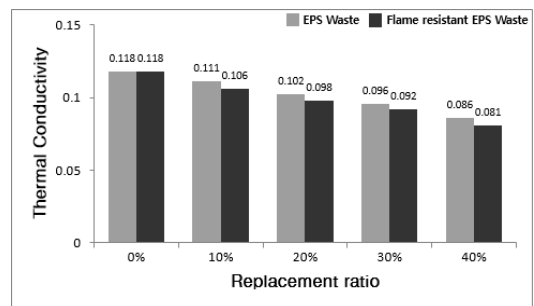


Fig. 16. Thermal conductivity obtained in case of C = 300kgf/m³

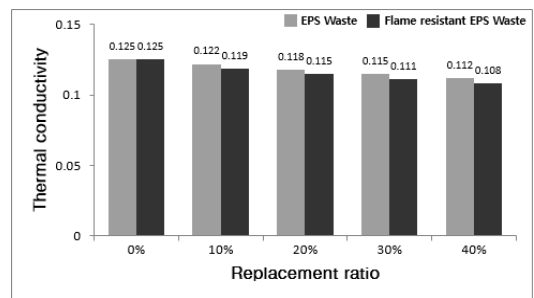


Fig. 17. Thermal conductivity obtained in case of C = 400kgf/m³

3.5 흡수율

Fig. 18과 Fig. 19는 각각 EPS 폐기물과 난연성 EPS 폐기물 보강재의 단위시멘트량에 따른 흡수율 측정 결과이다. 흡수율은 빈배합일 경우, 즉 단위시멘트량이 낮거나 보강재의 혼입률이 증가할 때 증가하는 추세를 보였다.

한편, Fig. 20과 Fig. 21는 각각 단위시멘트량이 300kgf/m³, 400kgf/m³일 때 보강재에 따른 흡수율 측정결과를 비교한 것이다. 일반적으로 EPS 폐기물과 난연성 EPS 폐기물의 흡수율 차이는 1~3% 차이로 거의 없

지만 폐기물 분쇄 과정에서 입자의 파괴로 인한 공극률이 높아져 EPS 폐기물보다 난연성 EPS 폐기물의 흡수율이 약간 높게 나타난 것으로 이러한 공극률의 증가는 경량기포 콘크리트의 경화 후 치밀성의 저하로 나타나 앞서 살펴본 Fig. 12와 Fig. 13의 휨강도의 감소로 나타난 것으로 분석된다.

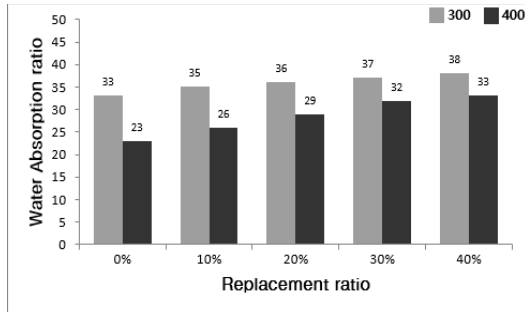


Fig. 18. Water absorption ratio by EPS waste replacement ratio

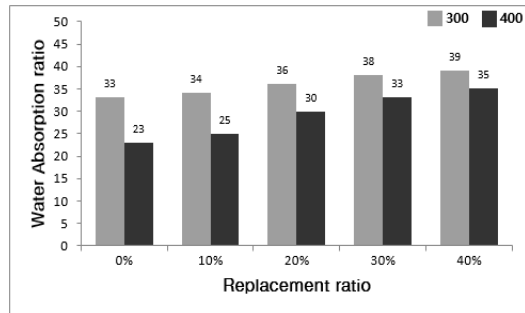


Fig. 19. Water absorption ratio by flame resistant EPS waste replacement ratio

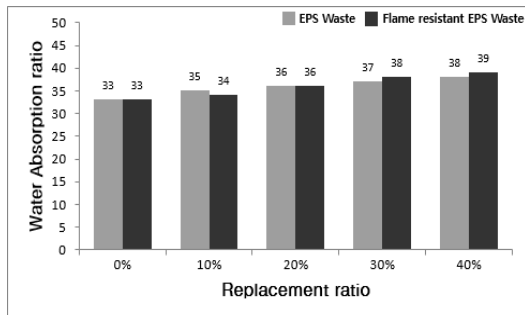


Fig. 20. Water absorption ratio obtained in case of $C = 300\text{kgf/m}^3$

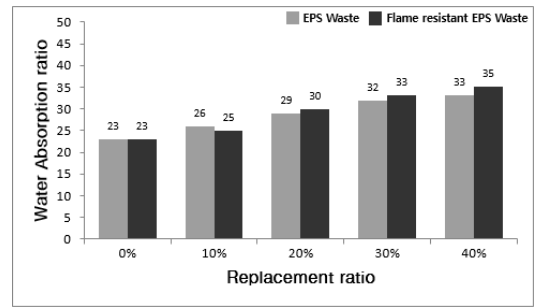


Fig. 21. Water absorption ratio obtained in case of $C = 400\text{kgf/m}^3$

4. 결론

본 실험은 충전재로서 사용되는 경량기포 콘크리트의 체적감소, 강도발현 미흡, 높은 흡수율 등의 문제점에 대한 성능 개선을 위해 난연 EPS 폐기물과 일반 EPS 폐기물을 각각 첨가하여 물성특성을 비교·분석한 것이다.

- 1) 본 실험의 겉보기 밀도 결과는 동일한 단위시멘트량일 경우 EPS 폐기물과 난연성 EPS 폐기물 보강재의 겉보기 밀도의 차이가 약 2~3%로 거의 동일하여 보강재의 종류보다 단위시멘트량의 영향이 큰 것으로 나타났다. 따라서 경량성 측면에서 재활용성을 검토할 경우 난연성 EPS 폐기물이 EPS 폐기물을 대체할 수 있을 것으로 사료된다.
- 2) 보강재의 종류와 혼입률에 따른 휨강도는 겉보기 밀도의 결과 패턴과 유사한 경향을 보였다. 두 보강재 모두 혼입률이 높을수록 휨강도는 감소하였고 난연성 EPS 폐기물이 EPS 폐기물보다 5~8% 정도 낮은 값을 보였다.
- 3) 단열성 성능을 확보하기 위한 열전도율에서 단위시멘트량에 관계없이 EPS 폐기물이 난연성 EPS 폐기물을 보강재로 사용했을 경우 보다 3~5% 높게 확인되었고 모두 0.4품의 0.130W/(m·K)이하를 만족하는 단열재 성능을 보였다.
- 4) 흡수율 결과는 두 보강재의 혼입률이 증가할수록 흡수율도 같이 증가하는 결과를 보였으며 두 보강재의 혼입률로 인한 결과는 1~3%로 큰 차이를 보이지 않았지만 전체적으로 흡수율이 20~40%를 넘는 결과로 나타났는데 이는 경량기포 콘크리트의 특성상 기포의 공극과 EPS의 공극으로 인해 높은 수치를 보인 것으로 판단된다.

References

- [1] Hyun-Cheol Tak, Min-soo Jung, Jae-Cheol Ahn, Byeung-Hee Kang, "A Study on the Pore Structure of Recycled Aggregates Made of EPS Waste and Insulation performance of Lightweight Concrete," *The Korean Institute of Building Construction*, vol. 2, no. 1, p. 91-96, 2002.
- [2] Se-Chul Oh, Chi-Ho Seo, Sang-Tae Shin, Seok-Won Ji, Bong-Ju Kim "Physical Properties of Foamed Concreteup In the Manufacturing Waste Expanded Poly-Styrene," *Journal of the Korea Concrete Institute*, vol. 14, no. 2, pp. 207-215, 2002.
- [3] Sang-Sun Park, Ha-Won Song, Geun-Ju Byeon "Mechanical Properties of Lightweight Foamed Concrete Using Polymer Foam Agent," *Journal of the Korea Concrete Institute*, vol. 9, no. 1, pp. 173-181, 1997.
- [4] Kwang-hyn Cho, Ji-Hyun Kim, Chul-Woo Chung, Jea-Yong Lee, Soo-Yong Lee, "The Physical Properties of the Block Using Flame Resistant EPS Wastes," *The Korean Institute of Building Construction*, vol. 13, no. 2, pp. 152-153, 2013.
- [5] Jung-Koo Lee, Eun-Hye Jung, Cheol Gang, Sung-Hyun Cho, Gab-Cheol Jeong, Jin-Man Kim, "An Experimental Study on the Properties of EPS Concrete according to the Variation of Mix Design," *Journal of the Korea Concrete Institute*, vol. 18, no. 2, pp. 833-836, 2006-11.
- [6] Jung-Hyun Ahn, Woo-Young Chun, Sang-An Lee, Wha-Jung Kim "A Study on the Optimum Mixture of Sandwich Panel Core Using Lightweight Foamed Concrete," *Journal of the Korea Concrete Institute*, vol. 21, no. 1, pp. 447-448, 2009-05.
- [7] Se-Chul Oh, Chee-Ho Seo, Sang-Tae Shin, Bong-Ju Kim, "Mechanical Property of Foamed Light Weight Concrete with Wasted Expanded Poly-Styrene," *Journal of the Korea Concrete Institute*, vol. 13, no. 3, pp. 285-293, 2001.
- [8] Jong-Chan Lee, Chee-Ho Seo, "An Experimental Study for the Structural Lightweight Aggregate Concrete with Expanded Polystyrene Beads," *Journal of the architectural institute of Korea : Structure & construction*, vol. 20, no. 6, pp. 91-98, 2004.
- [9] Chang-Hyun Lee, Seok-Hong Eo, "An Experimental Study on the Physical Properties of Lightweight Foamed Concrete According to the Mix Proportions," *Construction and Environment Research Institute*, vol. 9, no. 2, pp. 52-63, 2014.
- [10] Geun-Ju Byeon, Sang-Sun Park, Ha-Won Song "Development of Lightweight Foamed Concrete Using Polymer Foam Agent and its Mechanical Properties," *Journal of the Korea Concrete Institute*, vol. 8, no. 2, pp. 358-365, 1996-11.
- [11] Mehta, P.K and Monteiro, P.J.M, concrete : Microstructure, ProPerties, and Materials, *McGraw - Hill, San Francisco*, pp. 49-67, 2004.

어 석 홍(Seok-Hong Eo)

[정회원]



- 1987년 2월 : 한국과학기술원 토목 공학과 (공학석사)
- 1991년 8월 : 한국과학기술원 토목 공학과 (공학박사)
- 1992년 3월 ~ 1993년 2월 : 미국 일리노이대학교 토목공학과 Post-Doc.
- 1993년 3월 ~ 현재 : 창원대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

콘크리트구조, 장기거동 및 성능평가

손 지 윤(Ji-Woon Son)

[준회원]



- 2016년 2월 : 창원대학교 토목공학과 (공학사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 창원대학교 일반대학원 (석사과정)

<관심분야>

콘크리트구조