

폐 발포폴리스티렌과 발포폴리스티렌 비드를 활용한 경량 모르타르의 특성

Characteristic of Light Weight Mortar using Waste Expanded Polystyrene and Expanded Polystyrene Beads

강 석 표

황 병 일*

Kang, Suk-Pyo

Hwang, Byoung-II*

Department of Construction Engineering, Woosuk University, Jincheon-gun, Jeollabuk-do, 55338, Korea

Abstract

This study presents an evaluation of basic properties of light weight mortar with expanded polystyrene bead(EPB) and waste expanded polystyrene(WEP) by varying replacement ratios. In order to evaluate the basic properties of the light weight mortar with EPB and WEP, unit weight, compressive strength, flexural strength, water absorption ratio, thermal conductivity and distribution of polystyrene (EPB and WEP) in hardened mortar were performed. As a result, unit volume, compressive strength, bending strength, water absorption and thermal conductivity of light weight mortar were increased, but area distribution of polystyrene decreased with increasing the replacement ratio of WEP

Keywords : waste expanded polystyrene, expanded polystyrene, light weight mortar, particle distribution, thermal conductivity

1. 서 론

최근 콘크리트 구조물이 날로 고층화, 대형화하는 현대에 있어 콘크리트 재료의 고강도화와 함께 고기능화는 필수적이다. 건축물의 성능 면에서 다양한 재료설계 요구에 따라 구조물의 고정하중 감소, 단열성능 및 흡음성능 등의 성능을 가진 경량콘크리트 개발의 필요성이 대두되고 있다. 또한 국제적으로 기후변화 협약이후 에너지고갈과 환경오염문제가 중요한 이슈로 대두되고 있으며, 전체 에너지 소비량의 40%를 차지하고 있는 건물부문에서의 에너지 소비량을 줄이기 위한 제도적 규제가 진행되고 있다[1].

구조물의 주된 재료로 사용되는 콘크리트는 경제성과 우

수한 성능을 가지고 있어 가장 많이 사용되는 건설재료임에도 불구하고 강도에 비해 중량이 크기 때문에 구조물의 자중을 증가시키는 결함을 가지고 있다. 이러한 결함을 개선함과 동시에 여러 우수한 성능을 부여 할 수 있는 방안으로서 발포폴리스티렌을 활용해 경량콘크리트를 개발하는 연구가 국내에서 이루어지고 있다. 대표적인 Lee et al.[2]의 연구에서는 EPSB(Expanded Polystyrene Beads) 대체율 10%는 경제성이 없어 연구범위에서는 제외하였고 대체율 20~60%까지는 압축강도 0.4~14.8MPa로 구조용이나 비구조용 재료로 사용가능성이 있고 대체율 70%이상에서는 압축강도 0.1~0.9MPa로 단열용 재료로 사용할 수 있을 것으로 제안하였다.

본 논문에서 사용한 폐 발포폴리스티렌은 매년 사용량이 급증하여, 연간 5만 톤 이상의 폐기물로 발생되고 있으나 난분해성 복합재료로 처리가 어려우며 아직 재활용률이 50% 수준에 그치고 있다. 그러나 EPS 수지 사용업체를 중심으로 재활용협회를 결성하여 정부차원의 지원을 받아

Received : July 19, 2017

Revision received : August 16, 2017

Accepted : September 21, 2017

* Corresponding author : Hwang, Byoung-II

[Tel: 82-42-531-2903, E-mail: hbi0819@naver.com]

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

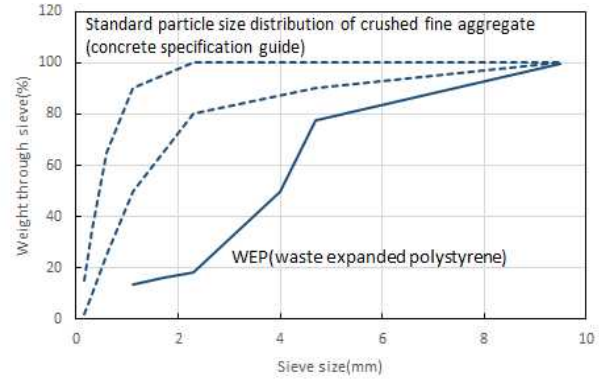
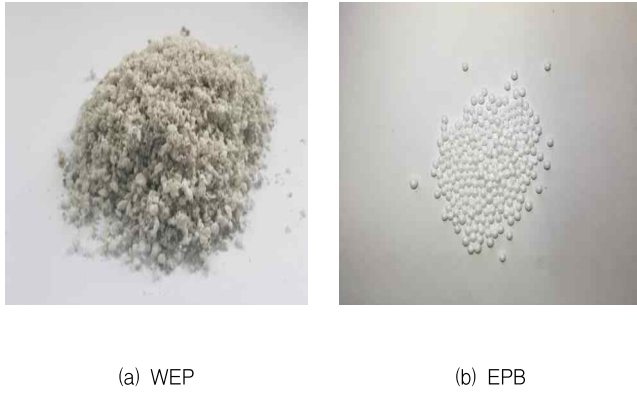


Figure 1. Waste expanded polystyrene and expanded polystyrene

Figure 2. Particle size distribution of waste expanded polystyrene

재활용 촉진 사업을 추진하고 있다. 폐 발포폴리스티렌수지를 발포하여 제작된 발포폴리스티렌은 내부에 미세한 독립 기포 구조를 형성하고 있어 중량에 비해 강도가 크고 흡수성이 매우 작아 단열성 흡음성 등 성능이 우수해 건설자재로서의 재활용이 가능한 결과를 도출하였다[3].

이와 같은 발포폴리스티렌과 폐 발포폴리스티렌의 우수한 단열성 및 흡음성을 활용한 건설자재 용도로서는 주로 단열 모르타르와 같이 한정된 분야에서 검토가 이루어졌다. 하지만 단열성과 흡음성 뿐만 아니라 역학적 특성을 향상시키게 되면 건축용 내외장 마감재 및 벽체 패널과 같이 다양한 용도로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 논문에서는 경량모르타르를 다양한 건축자재로 활용하기 위하여 경량골재로서 단열 재료인 발포폴리스티렌 비드와 폐기물인 폐 발포폴리스티렌의 혼합비율에 따른 단위용적질량, 압축강도, 휨강도, 흡수율, 열전도율 및 재료분리 저항성을 비교 검토 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

폐 발포폴리스티렌(Waste Expanded Polystyrene, WEP)과 발포폴리스티렌 비드(Expanded Polystyrene Beads, EPB)를 활용한 경량 모르타르의 특성을 검토하고자 하는 실험계획을 Table 1에 나타내었다. 실험 항목으로는 단위용적질량, 압축강도, 휨강도, 흡수율, 열전도율, 재료분리 저항성을 실시하였다.

2.2 사용재료

2.2.1 결합재

본 논문에서 사용한 결합재는 보통 포틀랜드 시멘트로 물리·화학적 성분을 Table 2에 나타내었다. 본 논문에서 사

Table 1. Experimental plan and mix design

Type	Polystyrene(%)		W/C (%)	Water (kg/m ³)	Unit weight (kg/m ³)				Test items
	EBP	WEP			C	S	EBP	WEP	
E0W0	0	0	70	280	400	400	0	0	- Unit Weight - Compressive strength - Flexural strength - Water absorption ratio - Thermal Conductivity - Segregation resistance (except E0W0)
E0W100	0	100	70	280	400	400	0	13.2	
E25W75	25	25	70	280	400	400	1.8	9.9	
E50W50	50	50	70	280	400	400	3.6	6.6	
E75W25	75	25	70	280	400	400	5.4	3.3	
E100W0	100	0	70	280	400	400	7.2	0	

Table 2. Physical properties and chemical composition of binder

Type of binder	Specific surface area(cm ² /g)	Density (g/cm ³)	lg. loss	Chemical composition (%)					
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
OPC ¹⁾	3,144	3.15	1.32	21.7	5.7	3.2	63.1	2.8	2.2

1) OPC : Ordinary portland cement

Table 3. Properties of sand

Type	Density (g/cm ³)	Absorption(%)	0.08mm sieve passing(%)	Fineness modulus	Solid volume percentage(%)	Amount of clay mass(%)	Stability (%)
Sand	2.59	1.31	1.18	2.92	58.92	-	5.6

Table 4. Properties of waste expanded polystyrene and expanded polystyrene

Type	Density(g/cm ³)	Absolute volume(%)	Water absorption ratio(%)	Thermal conductivity (kcal/mh °C)	Particle size(mm)
Waste expanded polystyrene (WEP)	0.033	0.3	12.92	Not measurable	0.5~5
Expanded polystyrene beads (EPB)	0.018	64.46	about 0	0.03	2~4

용한 결합재는 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

2.2.2 골재

본 논문에서 사용한 부순 잔골재의 물리적 특성을 Table 3에 나타내었다.

2.2.3 폐 발포폴리스티렌

본 논문에서 사용한 폐 발포폴리스티렌은 충북 충주시에 위치하고 있는 S사에서 재활용 되는 제품으로서 그 제조과정을 Figure 3에 나타내었다. 제조과정은 수집되어진 폐 발포폴리스티렌을 1차 및 2차 분쇄 후 입도 선별하여 사일로에 저장하게 되는데 본 논문에서 사용한 제품은 직경 0.5~5mm 제품을 사용하였으며, 형상과 물리적 성질을 Figure 1 (a), Table 4에 나타내었다. 또한 KS F 2502(굵은골재 및 잔 골재의 체가름 시험방법)에 따라 폐 발포폴리스티렌의 입도특성을 평가 하였으며 그 결과를 Figure 2에 나타내었다.

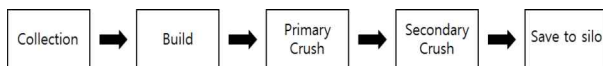


Figure 3. Manufacturing process of waste expanded polystyrene

2.2.4 발포폴리스티렌

본 논문에서 사용한 발포폴리스티렌은 입자표면에 비중독성 화학제가 코팅되어 다른 발포폴리스티렌에 비하여 콘크리트와 혼합시 재료분리가 없으며 형상과 물리적 성질을 Figure 1 (b), Table 4에 나타내었다.

2.3 실험방법

2.3.1 비빔방법

경량 모르타르 배합은 보통 포틀랜드 시멘트를 결합재로 사용하여 W/C 70%, 시멘트량 400kg/m³ 으로 설정하여 전체 모르타르 용적(1m³)에 대하여 골재 용적을 40%로 설정하였다. 또한 폐 발포폴리스티렌 : 발포폴리스티렌을 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0의 비율로 혼합하여 Figure 4와 같이 경량 모르타르를 제작 하였다.

2.3.2 실험방법

1) 단위용적질량

단위용적질량은 KS F 2409(굳지 않은 콘크리트의 단위용적질량 및 공기량 시험방법)에 따라 시료를 용기의 약 1/3 까지 넣고 고른 후 다짐봉으로 균등하게 다지며, 다짐 구멍이 없어지고 콘크리트 표면에 큰 기포가 보이지 않을 때 까지

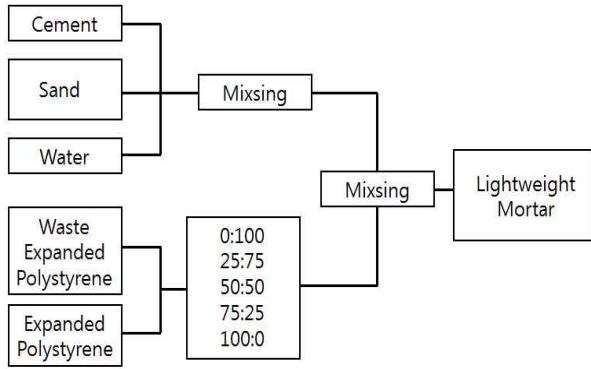


Figure 4. Manufacture process of lightweight mortar

용기의 바깥쪽을 10회~15회 고무망치로 두들겨 주었다. 완성된 용기의 무게를 측정하기 위해 시험전 미리 측정해 놓은 용기의 질량을 이용하여 아래 식 (1)과 같이 용기 중의 시료의 질량을 측정하였다.

$$M = \frac{W}{V} \text{-----} (1)$$

여기서, M 은 콘크리트의 단위용적질량(kg/m^3)이며, W 는 용기 중의 시료의 질량(kg)이며, V 는 용기의 용적(m^3)이다.

2) 압축강도

경량 단열 모르타르의 압축강도 시험체는 KS F 2403(콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법)에 의해 각 배합별로 3개를 제작하였고, $\varnothing 10 \times 20\text{cm}$ 의 몰드에 타설 후 모르타르를 균일하게 다진 후 몰드 윗면에 올라온 모르타르는 흡손으로 밀어 넣어 평평한 면을 몰드의 길이 방향에 대해 직각으로 깎아 내어 몰드의 높이와 일치하도록 공시체를 제작 하였다. 경량 단열 모르타르의 압축강도 측정은 초기 재령부터 강도 증진 정도를 확인하기 위해 KS L 5105(수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법)에 따라 재령 3일, 7일, 28일에 측정 하였다.

3) 휨강도

휨강도 시험체는 KS F 2403(콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법)에 준하여 제작 하였으며 KS F 2408(콘크리트의 휨 강도 시험방법)에 따라 재령 3일, 7일, 28일에 측정 하였다.

4) 흡수율

흡수율 시험은 KS F 2609(건축 재료의 물 흡수계수 측정 방법)에 따라 제작된 시험체를 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대 습도 $65 \pm 5\%$ 의 표준 상태에서 항량이 될 때까지 건조하였다. 건조된 시험체의 측면은 에폭시로 실링 처리하고, 약 20°C 의 물에 2~10mm 정도의 깊이로 담근 후 10분, 30분, 1시간, 6시간, 24시간에 시험체의 물 흡수량을 측정하였으며 물 흡수량을 시험체 질량으로 나누어 흡수율을 산정하였다.

5) 열전도율

열전도율은 표면 온도를 측정하기 위해 KS L 9016(보온재의 열전도율 측정방법)에 규정된 평판열류계법에 따라 열전도율 시험기에 장착하여 측정하였다.

6) 재료분리 저항성

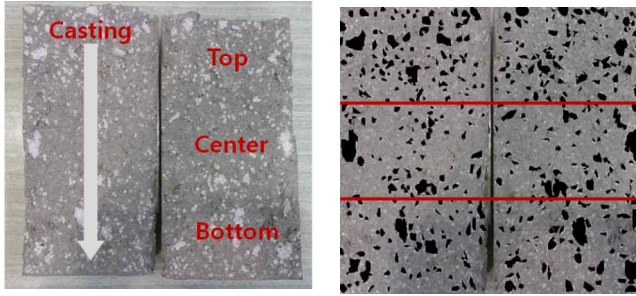
재료분리 저항성은 $\varnothing 10 \times 20\text{cm}$ 공시체 제작 후 종방향으로 할렬인장 하였다. 할렬인장된 양면을 페인트넷 프로그램으로 화상처리한 후 시험체의 윗면부터 상부, 중앙부, 하부 3구간으로 나누었으며 Figure 5 (b)에 나타낸바와 같이 화상처리 하여 재료분리 여부를 확인하였다.

3. 실험결과 및 분석

본 논문의 단위용적질량, 압축강도, 휨강도, 흡수율 및 열전도율 측정결과를 Table 5에 나타내었다.

3.1 단위용적질량

경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 단위용적질량은 Figure 6에 나타낸 바와 같이 WEP의 혼합비율이 증가할수록 단위용적질량은 증가하였다. 폐기물인 WEP 100% 사용한 EOW100의 단위용적질량은 EPB 100% 사용한 E100W0과 비교해서 29.6% 증가하는 것으로 나타났다. 다양한 밀도의 발포폴리스티렌과 이물질이 붙어 있는 폐기물을 분쇄하여 재활용한 본 논문에서 사용한 WEP의 밀도는 $0.033\text{g}/\text{cm}^3$ 로서 단열재의 원재료인 균질한 EPB의 밀도 $0.018\text{g}/\text{cm}^3$ 과 비교하여 약 1.8배 높다. 따라서 상대적으로 밀도가 큰 WEP의 혼합비율이 증가할수록 경량 모르타르의 단위용적 질량이 증가하였다. 하지만 EOW100의 단위용적질량은 경량골재를 사용하지 않은 EOW0와 비교하여 약 20% 감소하는 것으로 나타났다.



(a) Original (b) Image processing result

Figure 5. Particle distribution area test

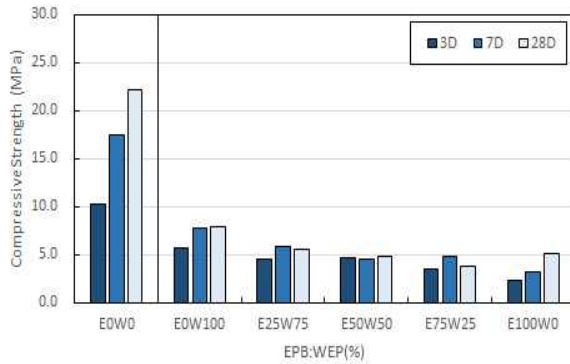


Figure 7. Compressive strength

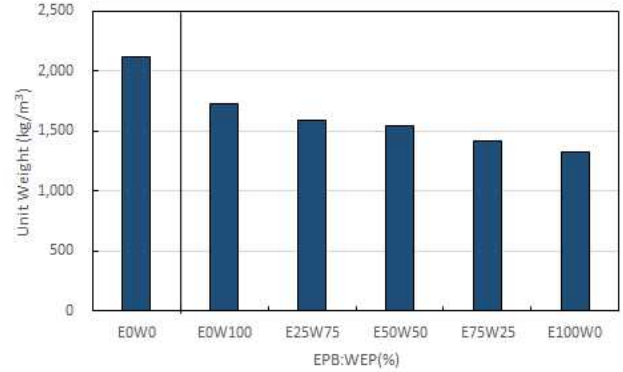


Figure 6. Unit weight

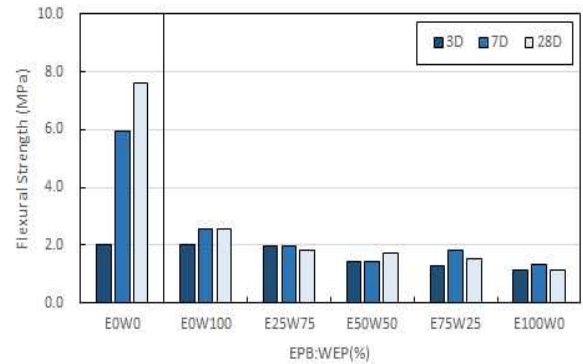


Figure 8. Flexural strength

3.2 압축강도

경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 압축강도는 Figure 7에 나타난 바와 같이 WEP의 혼합비율이 증가할수록 압축강도는 증가하였다. 폐기물인 WEP 100% 사용한 EOW100의 28일 압축강도는 EPB 100% 사용한 E100W0과 비교해서 52.9% 높은 것으로 나타났다. 이는 폐기물인 폐 발포폴리스티렌을 분쇄 선별하여 재활용한 제품으로 제조된 WEP의 입도가 0.5~5mm 사이에서 다양하

게 있고 표면이 거칠기 때문에 밀도가 상대적으로 작으며, 2~4mm의 특정 입도로 구성되어 있는 EPB와 비교하여 경량 모르타르의 내부 충전과 매트릭스와의 부착력이 상대적으로 양호하였기 때문으로 사료된다.

경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 28일 압축강도는 3.8~7.8MPa로서 경량골재를 사용하지 않은 EOW0의 22.2MPa와 비교하여 약 70% 이상 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 폐 발포폴리스티렌 경량골재를 활

Table 5. Experiment results

Item	Unit Weight(kg/m ³)	Compressive strength(MPa)			Flexural strength(MPa)			Water absorption ratio(%)	Thermal Conductivity (kcal/mh℃)
		3D	7D	28D	3D	7D	28D		
EOW0	2,145	10.2	17.5	22.2	1.9	5.9	7.6	2.28	1.45
EOW100	1,725	5.7	7.7	7.8	1.9	2.5	2.5	3.85	0.30
E25W75	1,589	4.4	5.8	5.5	1.9	1.9	1.8	3.44	0.37
E50W50	1,538	4.6	4.4	4.8	1.4	1.4	1.7	2.56	0.32
E75W25	1,415	3.4	4.7	3.8	1.2	1.8	1.5	2.28	0.21
E100W0	1,331	2.3	3.2	5.1	1.1	1.3	1.1	1.26	0.20

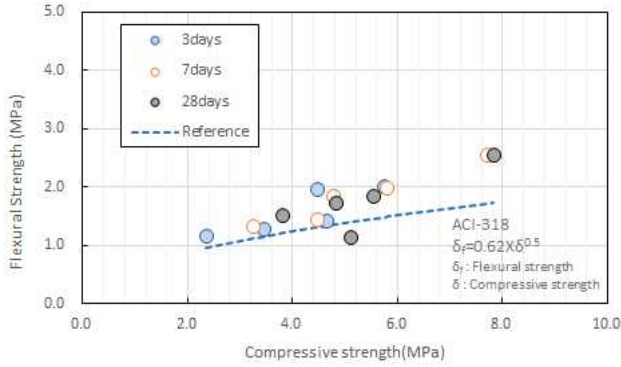


Figure 9. Compressive strength and flexural strength

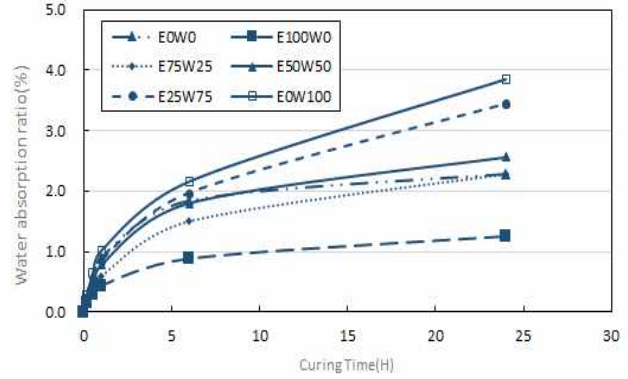


Figure 10. Water absorption ratio

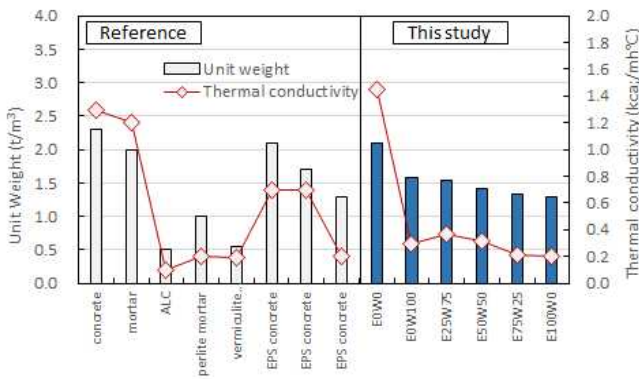


Figure 11. Thermal conductivity

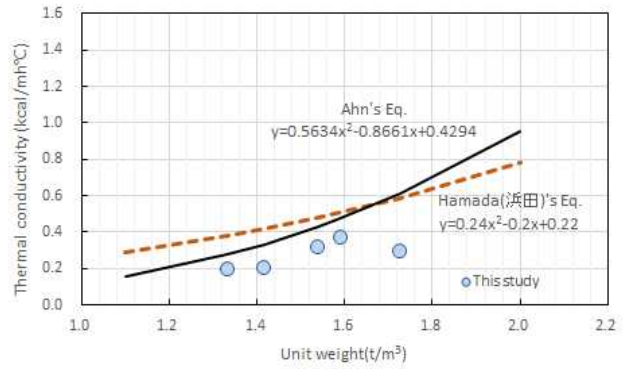


Figure 12. Unit weight and thermal conductivity

용하여 단열성이 향상된 경량의 다양한 건축자재로 활용하기 위해서는 강도 증진에 대한 방안이 강구되어야 할 것으로 판단되어진다.

3.3 휨강도

경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 휨강도는 Figure 8에 나타난 바와 같이 WEP의 혼합비율이 증가할수록 휨강도는 증가하였다. 폐기물인 WEP를 100% 사용한 E0W100의 28일 휨강도는 EPB 100% 사용한 E100W0과 비교해서 127% 높은 것으로 나타났다. WEP를 100% 사용한 시험체의 경우 EPB를 100% 사용한 시험체와 비교하여 압축강도는 52.9% 증가한 반면 휨강도는 127%로 크게 증가하였다. 이는 EPB가 일정한 사이즈의 편입도 완전 구형의 형상으로 이루어진 반면 WEP는 0.5~5mm 사이의 다양한 사이즈의 세장한 형태로서 매트릭스 내부에서 섬유적인 가교특성을 나타내었기 때문으로 사료된다.

이러한 결과는 본 논문에서 도출된 경량 모르타르의 휨강

도 증진 효과는 압축강도와 휨강도와의 관계를 나타내고 있는 ACI-318(1995) 제안식과 비교한 Figure 9에서 명확하게 알 수 있다. ACI-318(1995)의 기존 연구에서 제안한 콘크리트의 압축강도와 휨강도의 상관관계는 아래의 식 (2)와 같다[6].

$$\delta_f = 0.62 \times \delta_c^{0.5} \text{-----} (2)$$

여기서, σ_f 는 휨강도(MPa) 이고 σ_c 는 압축강도(MPa)이다.

본 논문에서의 WEP 및 EPB를 사용한 경량 모르타르의 휨강도는 일반 콘크리트와 비교하여 동일한 압축강도에서 높은 경향을 나타내고 있다.

3.4 흡수율

다공질의 친수성을 갖고 있는 건축 재료가 물과 접촉하면

모세관 현상을 통해 기공의 내부로 물이 흡수 된다. 물론 표면 장력의 대소에 따라 흡수되는 물의 양이 달라지지만 일반적으로 초기에는 많은 양의 물이 흡수되고 시간의 흐름에 따라 점차 감소하는 경향을 나타낸다[4]. 흡수율은 무기질 건설재료의 수밀성을 평가하는 지표로 사용되고 있다.

경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 흡수율은 Figure 10에 나타난 바와 같이 WEP의 혼합비율이 증가할수록 흡수율은 증가하였다. 폐기물 WEP를 100% 사용한 EOW100의 흡수율은 EPB를 100% 사용한 E100W0과 비교해서 300% 높은 것으로 나타났다. 이는 EPB가 일반 경량 골재와 달리 미세균열이 없는 독립기포와 많은 공극을 포함하고 있으며 WEP의 흡수율 12%과 EPB의 흡수율 약 0%와 비교하여 약 12배 높다[1]. 따라서 WEP에 비해 흡수율이 낮고, EPB의 비율이 감소하면서 경량 모르타르의 흡수율이 높게 나타난 것으로 사료된다.

경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르 배합 중 WEP가 50%, 75%, 100% 혼합된 경량 모르타르의 흡수율은 2.56~3.85%로서 경량골재를 사용하지 않은 EOW0의 2.28%와 비교하여 12% 이상 높게 나타났다. 그러나 WEP의 비율이 50%이하로 감소하고 EPB의 비율이 75%, 100% 혼합된 경량 모르타르의 흡수율은 1.26~2.58%로서 경량 골재를 사용하지 않은 EOW0의 2.28%와 비교하여 최대 80% 이상 낮게 나타났다.

3.5 열전도율

경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 열전도율은 Figure 11에 나타난 바와 같이 WEP의 혼합비율이 증가할수록 열전도율은 증가하였다. 폐기물 WEP를 100% 사용한 EOW100의 열전도율은 EPB를 100% 사용한 E100W0과 비교해서 50% 높은 것으로 나타났다.

본 논문에서 사용한 폴리스티렌 EPB의 열전도율은 0.03kcal/mh^oC로 나타났으며 WEP는 원형의 구 모양으로 생긴 EPB와 다르게 불규칙한 형상과 일정하지 않은 입자 크기를 나타내고 있어 정량적인 열전도율을 측정하지 못하였다. 그러나 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 열전도율 측정결과 WEP의 비율이 감소하고 EPB의 비율이 증가할수록 열전도율은 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 WEP의 열전도율이 EPB보다 높기 때문에 WEP비의 대체율이 높을수록 경량모르타르의 열전도율이 높아진 것으로 판단된다.

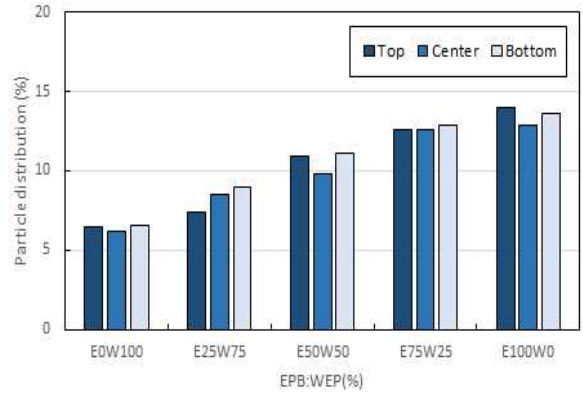


Figure 13. Segregation resistance

본 논문에서의 WEP와 EPB를 사용한 경량모르타르 열전도율 측정 결과와 기존 건축재료의 열전도율과 비교하여 Figure 11에 나타내었다. 본 논문에서의 경량모르타르 열전도율 0.20~0.37kcal/mh^oC은 ALC 0.11kcal/mh^oC, 펄라이트(perlite, 진주암) 모르타르 0.18kcal/mh^oC, 버미큘라이트(vermiculite, 질석) 모르타르 0.17kcal/mh^oC와 비교하여 다소 높은 수준을 보이고 있으며 단위용적질량도 높게 나타났다. 또한 기존 발포폴리스티렌 콘크리트 (EPS Concrte)와 비교하면 열전도율과 단위용적질량은 유사하게 나타난 것으로 판단된다.

본 논문의 단위용적질량과 열전도율과의 관계를 기존 연구결과와 비교하여 Figure 12에 나타내었다. 기존 발포폴리스티렌 경량골재를 사용한 연구결과에서 열전도율은 단위용적질량의 제곱에 비례하는 것으로 보고하고 있다[5]. 본 논문의 측정결과는 기존 연구결과와 비교하여 동일 단위용적질량에서 열전도율이 상대적으로 낮게 나타났으며, 기존 Hamada의 결과보다는 Ahn의 결과에 상대적으로 유사하게 나타났다.

3.6 재료분리 저항성

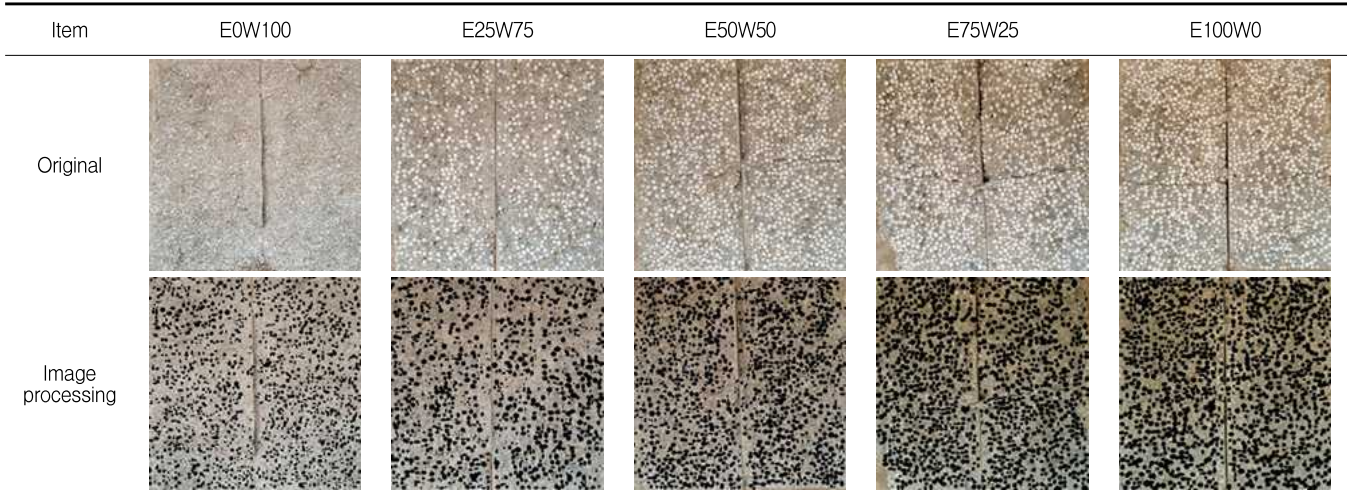
폴리스티렌을 사용한 모르타르 및 콘크리트의 경우 다른 재료와 비교하여 상대적으로 매우 작은 밀도값을 나타내고 있기 때문에 혼합과 굳지 않은 성상에서 밀도차에 따른 재료 분리 가능성이 높아지게 된다. 따라서 본 논문에서는 경화 후 시험체를 할렬하여 내부에 있는 WEP 및 EPB의 입자 분포를 정량화하여 재료분리 유무를 확인하고자 하였다.

WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 발포 폴리스티렌 면적분포 산출결과를 Table 6, 및 화상처리결과를 Table

Table 6. Segregation resistance result

Item	Polystyrene(%)		Particle distribution area(%)			Total(%)
	Expanded polystyrene beads(EPB)	Waste Expanded Polystyrene(WEP)	Top	Center	Bottom	
E0W100	0	100	6.5	6.2	6.6	19.3
E25W75	25	75	7.4	8.5	9.0	25.0
E50W50	50	50	10.9	9.8	11.1	31.8
E75W25	75	25	12.6	12.6	12.9	38.0
E100W0	100	0	14.0	12.9	13.6	40.4

Table 7. Image processing



7에 나타내었다.

발포 폴리스티렌 면적은 EPB를 100% 사용한 배합 (E100W0)에서 계획된 폴리스티렌 용적 40%에 근접한 값을 나타내고 있지만 WEP의 혼합율이 증가할수록 감소하고 있다. 이는 WEP인 폐 발포폴리스티렌을 재활용한 제품으로 입도 0.5~5mm의 미세한 입자가 포함되고 오염물질들이 표면에 부착되어 있어 흰색의 EPB와 비교하여 면적산출시 계산에서 누락되었기 때문으로 사료된다.

할렬된 경량 모르타르에서 WEP와 EPB의 입자 분포 면적을 상부, 중앙부, 하부 3구간으로 구분하여 분석한 결과를 Figure 13에 나타내었다. 모든 배합에서 상, 중, 하부 3구간에 따른 입자 분포 면적의 차이는 나타나고 있지 않아 재료 분리 현상은 보여지지 않고 있다. 특히 밀도가 가장 작은 EPB 100%를 사용한 배합에서도 상 14.0%, 중 12.9%, 하 13.6%로서 고르게 분포하고 있는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

경량모르타르를 다양한 건축자재로 활용하기 위하여 단열

재료인 발포폴리스티렌 비드와 폐기물인 폐 발포폴리스티렌의 혼합비율에 따른 경량모르타르의 다양한 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 단위용적질량은 WEP의 혼합비율이 증가할수록 단위용적질량은 증가하였으며, 폐기물인 WEP 100%사용한 E0W100의 단위용적질량은 EPB 100%사용한 E100W0과 비교해서 29.6% 증가하는 것으로 나타났다.
- 2) 경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 압축강도 및 휨강도는 WEP의 혼합비율이 증가할수록 압축강도 및 휨강도는 증가하였으며, WEP 100%사용한 시험체의 경우 EPB 100% 사용한 시험체와 비교하여 압축강도는 52.9% 증가한 반면 휨강도는 127%로 크게 증가하였다.
- 3) 경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 열전도율은 WEP의 혼합비율이 증가할수록 열전도율이 증가하였으며, 폐기물인 WEP 100%사용한 E0W100의 열전도율은 EPB 100%사용한 E100W0과 비교해서

50.0% 증가하는 것으로 나타났다.

- 4) 경량골재로서 WEP 및 EPB를 활용한 경량 모르타르의 재료분리 저항성은 경화체 내부의 발포폴리스티렌 면적으로 산출해본 결과 상중하 고르게 분포되어 있어 재료분리위험성은 없는 것으로 판단된다.

이상의 결과로서 폐 발포폴리스티렌을 재활용하여 단열성이 향상된 경량의 건축자재로 활용하기 위하여 기초 검토를 수행한 결과 폴리스티렌비드와 비교하여 단위용적질량은 높고, 열전도율은 높아진 반면 압축강도 및 휨강도와 같은 역학적 성능은 높은 것으로 나타났다. 특히 휨강도 특성이 우수한 것으로 나타났다. 폐 발포폴리스티렌의 건축용 재활용 용도로서 기존에는 단열모르타르와 같은 제한된 영역에서 연구되고 있었으나 향후 내외장 마감재 또는 비내력 벽체와 같은 다양한 용도로 검토하고자 한다.

요 약

본 논문에서는 발포폴리스티렌 비드 (EPB)와 폐 발포폴리스티렌 (WEP)의 대체율에 따른 경량 모르타르의 기초 특성을 평가하였다. EPB 및 WEP를 이용한 경량 모르타르의 기초 특성으로서 단위용적중량, 압축 강도, 휨강도, 흡수율, 열전도율 및 폴리스티렌 (EPB 및 WEP) 분포를 분석하였다. 그 결과 경량 모르타르는 WEP의 대체율이 증가할수록 단위용적중량, 압축 강도, 휨강도, 흡수율 및 열전도율은 증가하고, 폴리스티렌 면적 분포는 감소하였다.

키워드 : 폐발포폴리스티렌, 발포폴리스티렌, 경량 모르타르, 입자분포도, 열전도율

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP). (No. 2017R1A2B2007967)

References

1. Ju JK, Lee JC, Oh SC, Yoo TD, Jung KR, Seo CH. An experimental study on the mechanical properties of lightweight concrete within

expanded polystyrene beads. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 2003 Apr;23(1):243-6.

2. Lee JC, Kim DH, Ji SW, Chung KR, Seo CH. An experimental study on the properties of lightweight concrete contained expanded polystyrene beads. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 2003 Jul;19(7):111-8.
3. Sim JB. Generation of expanded polystyrene and recycling status in geo-technical engineering. Korean Geo-Environmental Engineering. 2003 Jun;4(2):41-48.
4. Lee MS. Concrete's water tightness evaluation based on water absorption coefficient theory. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 2001 Feb;17(2):75-83.
5. Ahn JC. Pore structure of recycled aggregate made of EPS waste and insulation performance of lightweight concrete. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 2001 Apr;19(4):89-96.
6. Rabbat BG. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95)and Commentary (ACI 318R-95). American concrete institute; 1995.