

페스티로폼을 혼입한 경량기포콘크리트의 역학적 특성

오세출^{1)*} · 서치호¹⁾ · 신상태²⁾ · 김봉주³⁾

¹⁾건국대학교 ²⁾수원과학대학 ³⁾천안공업대학

(2001년 3월 5일 원고접수, 2001년 5월 3일 심사완료)

Mechanical Property of Foamed Light Weight Concrete with Wasted Expanded Poly-Styrene

Se-Chul Oh^{1)*}, Chee-Ho Seo¹⁾, Sang-Tae Shin²⁾, and Bong-Ju Kim³⁾

¹⁾Dept. of Architectural Engineering, Kon-kuk University, Seoul, 143-701, Korea

²⁾Dept. of Architectural Engineering, Su-won Science College, Su-won, 445-960, Korea

³⁾Dept. of Architectural Engineering, Chon-an National Technical College, Chon-an, 330-717, Korea

(Received on March 5, 2001, Revised on May 3, 2001)

ABSTRACT

To improve the vulnerable point and the mechanical property of the existing lightweight foamed concrete, this study was intend to manufacture the lightweight foamed concrete with wasted expanded poly-styrene, examine and analyze the mechanical property of its. The experiment was being processed with mixing the wasted expanded poly-styrene maximum 40 % by stages and which was mainly basis on the practical mixture.

The results of the experiment are following. The flow value is most affected by the mixtured rate of the wasted expanded poly-styrene. The more the mixtured ratio, the less the flow value and the more the more the unit quantity of cement and the W/C, the more the flow value. The apparent specific gravity indicated 0.31~0.54 and which is seemed to be mainly included in the 0.4degree and 0.5degree that are regulated in the KS F 4039. The more the mixtured wasted poly-styrene ratio, the less the apparent specific gravity. The absorbing ratio which was depend on the mixture condition indicated 11~46 % and the more the mixtured ratio of the wasted expanded poly-styrene, the less the absorbing ratio remarkably. The compressive strength of the lightweight foamed concrete had a tendency to increase as the mixtured ratio of the wasted poly-styrene, the ratio quantity of cement and the apparent specific gravity increasing but as the ratio of bubble decreasing. The W/C affected little.

Keyword : foamed concrete, waste expanded poly-styrene, foamed ratio, bulk specific gravity

1. 서 론

공동주택의 온돌층 구성재료로서 종래의 콩자갈 등을 대신한 경량기포콘크리트는 경제성 및 시공의 용이성으로 인하여 80년대 중반 건설경기의 활성화와 더불어 현재까지 공동주택 온돌층 단열 및 채움층의 용도로 가장 많이 사용되는 재료이다. 그러나 이러한 경량기포콘크리트는 건설경기의 활황에 힘입어 양적인 팽창은 이루어졌으나 적용이 확대되는 과정에서 사용되는 재료, 시공방법, 제조 및 타설 장비, 배합에 따른 역학적 특성 등에 관한 체계적인 연구가 미흡하여, 최근에는 낮은 압축강도나 과대한 흡수율, 초기 수축변형, 불확실한 배합 등으로 인한 온돌층 시공하자의

주된 요인으로 지목되고 있다. 또한 경량기포콘크리트와 관련한 공사의 품질관리에 활용할 지침이나 기존의 관련 자료가 미흡한 것도 문제점으로 지적할 수 있다^{1,2)}.

따라서 본 연구에서는 이러한 경량기포콘크리트의 문제점 및 성능개선을 위하여 기존의 기포체를 이용한 선기포 방식의 현장타설 기포콘크리트에 산업폐기물인 페스티로폼을 사용하여 그 역학적 특성에 관한 기초적인 자료를 제시하고자 하였다.

특히 페스티로폼은 1999년의 경우 49,896톤이 발생한 반면 재활용량은 24,371톤으로 재활용율은 48.8 %에 불과한 실정이어서³⁾ 환경오염을 가중시키고 있으며, 따라서 재활용 기술개발이 절실한 실정이다. 따라서 본 연구는 페스티로폼을 활용한 경량기포콘크리트의 품질개선 및 산업폐기물의 유효한 활용범위 확대란 측면에 의미를 부여할 수 있을 것이다.

* Corresponding author

Tel : 02-3436-7898 Fax : 02-3436-7897

E-mail : sohal998@dreamwiz.com

2. 실험

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에서는 KS L 5201에 규정된 H사 제품인 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

2.1.2 페스티로폼

페스티로폼(wasted expanded poly-styrene; 이하 W-EPS)은 국내 S사에서 생산되는 것으로 단열재나 포장재용으로 사용되는 발포폴리스티렌을 분쇄기를 통하여 입도를 임의로 조정하여 사용하였으며⁴⁾, 페스티로폼의 형상 및 경량기포콘크리트에 혼입된 상태는 Fig 1에 나타내었으며, 물리적 성질은 Table 1과 같다.

2.1.3 기포제

본 실험에 사용한 기포제는 국내 S사에서 생산되는 동물성 단백질계 기포제로 다른 기포제에 비하여 탄력이 좋고 발생된 기포의 안정성도 우수하여 많이 사용되고 있으며, 그 물리적 성질 및 화학적 성분은 Table 2, 3과 같다.

Table 1 The physical properties of the W-EPS

Grading (mm)	Density (g/cm ³)	Gravity (kg/l)	Thermal con (kcal/mh°C)	Absorbtion (%)
2~5	0.033	0.026	0.03	0.3

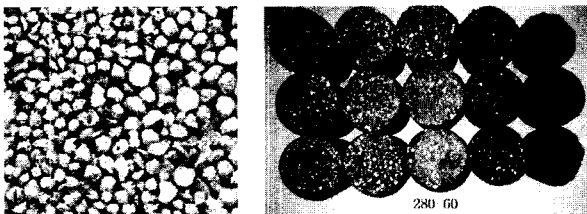


Fig. 1 The shape and mixtured state of the W-EPS

Table 2 The physical properties of the animal protein foaming agent

Color	Viscosity (CPS)	pH	Sulfate (%)	Freezing point (°C)	Specific gravity
Dark brown	20~50	7	0.01~0.1	-18	1.2~1.26

Table 3 The chemical ingredients of the animal protein foaming agent (%)

H ₂ O	Protein	NaCl	NH ₄ Cl	CaCl ₂	MgCl ₂	FeSO ₄
36	32	10	1	6	5	10

2.2 배합계획

일반적으로 현장에서 타설하는 경량기포콘크리트의 경우 그 배합을 정확하게 유지한다는 것은 매우 어려운 일이다.

따라서 본 연구에서는 수회의 현장 조사 및 업체를 방문 조사한 자료를 기초로 현장 여건을 고려하여 일반적으로 사용되어지고 있는 범위의 배합을 연구의 범위로 설정하였으며, 구체적으로는 단위시멘트량을 240, 280, 320 kg/m³, 물시멘트비는 60, 65, 70%의 3수준으로 하였다.

페스티로폼은 기포콘크리트 전체의 용적에서 10%단위로 기포의 용적에 대체하여 혼입하는 방법으로 페스티로폼을 혼입하지 않은 배합과 10, 20, 30, 40%의 단계적으로 혼입량을 증가시킨 5수준으로 혼입하였다.

기포제의 희석비율은 제조회사의 시방과 시험비법을 통하여 물과의 희석비가 2.5%가 되도록 하여 사용하였으며, 기포발생기를 통해 발생된 기포의 상태가 균일하도록 하여 실험을 진행하였다⁵⁾. 배합인자 및 수준은 Table 4와 같다.

2.3 실험방법

2.3.1 기포콘크리트의 제조

페스티로폼을 혼입한 경량기포콘크리트는 Fig 2와 같이 시멘트와 물을 믹서에 투입하여 1차 혼합한 슬러리를 제조하고, 기포희석액을 기포발생기를 통하여 설정된 범위에 적합하도록 기포를 발생시킨 후, 제조된 기포와 페스티로폼을 혼합된 시멘트 슬러리에 혼입하여 균일하게 혼합되도록 약 2분간 강제식 믹서를 이용하여 혼합하였다.

Table 4 Experimental factors and levels

Item	Unit cement (kg/m ³)	Water-cement ratio (%)	Mixture ratio of W-EPS (%)	Dilution ratio of agent (%)
Factor	240, 280, 320	60, 65, 70	0, 10, 20, 30, 40	2.5
Level	3	3	5	1
Symbol	A, B, C	a, b, c	1, 2, 3, 4, 5	

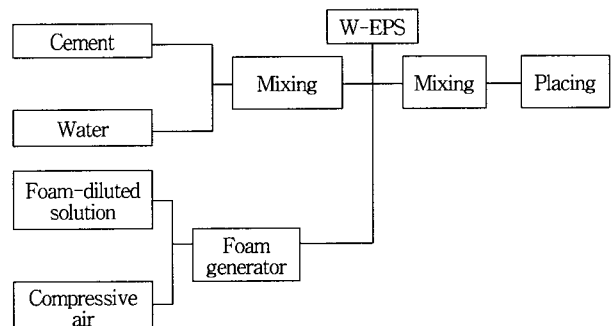


Fig. 2 Manufacture process of foamed concrete

2.3.2 측정항목

혼합이 완료된 경량기포콘크리트에 대하여 KS F 4039에 따라 플로우 및 기포슬러리 비중을 측정하였으며, 경화된 경량기포콘크리트에 대하여 KS F 2459에 따라 겉보기 비중 및 흡수율, 재령별 압축강도를 측정하였다. 압축강도는 재령 3일, 7일, 28일로 3회에 걸쳐 측정하여 재령별 압축강도 발현정도에 대하여 알아보고자 하였다.

3. 실험결과 및 분석

페스티로폼을 혼입한 경량기포콘크리트에 대한 일련의 실험을 통하여 Table 5와 같은 결과를 도출하였으며, 각각의 실험결과 및 분석은 다음과 같다.

3.1 플로우

플로우값은 현장 타설 경량기포콘크리트의 시공성 및 마무리 정도를 나타내는 척도로서 매우 중요한 인자로 취급되어져야 한다.

본 연구에서의 플로우값은 Fig. 3과 같이 배합에 따라 130~231 mm의 범위를 나타내었다. 페스티로폼의 혼입율에 따라 플로우값에 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 페스티로폼의 혼입량이 줄어들수록, 단위시멘트량과 물시멘트비가 증가할수록 플로우값이 증가하는 경향을 나타내었다.

특히 페스티로폼의 혼입율 20%까지는 플로우값의 저하가 완만하다가 그 이상 혼입할 경우에는 비교적 큰 폭으로 저하하는 것을 볼 수 있다.

KS F 4039에 제시되어 있는 플로우값은 180 mm 이상으로 Fig. 4와 같이 본 연구에서는 단위시멘트량이 280 kg/m³일 경우에는 20%, 320 kg/m³일 경우에는 최대 30% 까지 페스티로폼을 혼입할 수 있는 것으로 나타났으며, 이는 페스티로폼의 입형이 비교적 불규칙하고 혼입량이 증가할수록 시멘트 슬러리와 접착력이 증가하며, 상대적으로

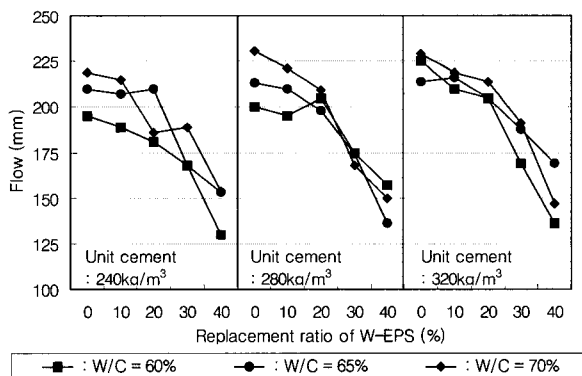


Fig. 3 Flow values depend on the replacement of W-EPS

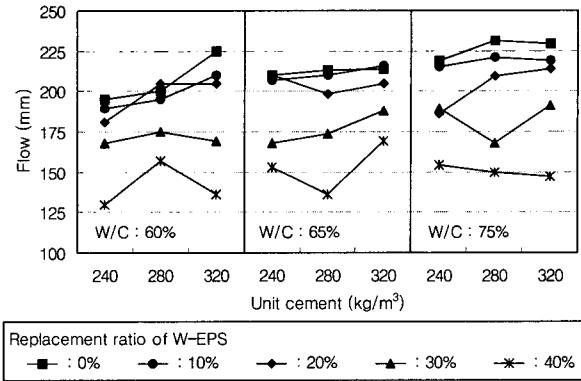


Fig. 4 Flow values depend on the unit quantity of cement

기포의 양이 줄어들어 유동성에 좋지 않은 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 향후 페스티로폼 혼입율에 따른 플로우값과 현장 타설시의 시공성에 대한 관계가 구체적으로 파악되어져야 하며, 재료의 특성에 따른 단계별 플로우값의 규정도 고려해야 할 것으로 판단된다.

3.2 겉보기 비중

본 연구에서 나타난 겉보기 비중은 단위시멘트량 240 kg/m³일 경우 0.31~0.39, 280 kg/m³일 경우 0.38~0.45, 320 kg/m³일 경우 0.41~0.54의 범위를 나타내어 대부분이 KS F 4039에 규정되어 있는 0.4품과 0.5품에 속하는 것으로 나타났다.

Fig. 5와 같이 페스티로폼의 혼입율이 증가할수록 겉보기 비중은 저하하는 경향을 나타내었다.

이는 페스티로폼의 혼입율이 증가할수록 상대적으로 기포의 양이 줄어들어 공시체의 성형중이나 양생 중에 기포의 소포작용이 감소된데에 기인한다고 생각된다. 반대로 기포의 양이 증가할 경우에는 소포되는 기포의 양도 많아지므로 공극으로 존재해야 할 부분이 비중이 큰 시멘트 슬러

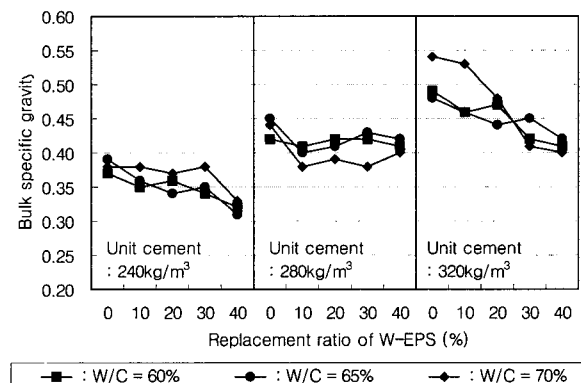


Fig. 5 Bulk specific gravity depend on the replacement ratio of W-EPS

Table 5 Test result

No	Unit cement (kg/m ³)	W/C (%)	W-EPS (%)	Slurry gravity	Flow (mm)	Bulk specific gravity	Absorption (%)	Comp. strength (kgf/cm ²)		
								3days	7days	28days
A-a-1	240	60	0	0.42	195	0.37	44.0	3.5	4.8	5.6
A-a-2			10	0.41	189	0.35	42.2	3.8	4.9	5.6
A-a-3			20	0.39	181	0.36	32.3	4.0	5.7	6.5
A-a-4			30	0.40	168	0.34	22.4	4.8	6.9	7.7
A-a-5			40	0.41	130	0.32	15.8	5.3	6.8	8.0
A-b-1		65	0	0.47	210	0.39	43.0	3.4	4.6	5.1
A-b-2			10	0.44	207	0.36	39.1	2.9	5.0	6.5
A-b-3			20	0.44	210	0.34	28.5	3.6	5.2	6.3
A-b-4			30	0.44	168	0.35	20.7	3.1	5.3	6.5
A-b-5			40	0.42	153	0.31	15.0	3.9	5.2	7.7
A-c-1		70	0	0.47	219	0.38	46.4	3.1	4.2	4.6
A-c-2			10	0.48	215	0.38	39.0	3.2	5.2	5.5
A-c-3			20	0.46	186	0.37	27.9	3.2	5.6	5.7
A-c-4			30	0.46	189	0.38	23.5	3.8	5.3	6.2
A-c-5			40	0.45	154	0.33	17.0	4.1	5.9	6.8
B-a-1	280	60	0	0.48	200	0.42	41.4	3.2	4.4	7.2
B-a-2			10	0.49	195	0.41	39.8	3.5	4.9	8.1
B-a-3			20	0.47	205	0.42	29.5	5.4	7.3	10.0
B-a-4			30	0.47	175	0.42	22.3	5.6	7.3	10.4
B-a-5			40	0.48	157	0.41	15.6	6.4	9.8	12.3
B-b-1		65	0	0.50	213	0.45	38.5	2.6	4.6	6.1
B-b-2			10	0.50	210	0.40	36.8	3.3	4.8	8.2
B-b-3			20	0.48	198	0.41	28.3	4.4	5.2	9.1
B-b-4			30	0.49	174	0.43	17.4	4.5	6.2	9.4
B-b-5			40	0.47	136	0.42	11.5	5.6	5.9	9.5
B-c-1		70	0	0.55	231	0.44	36.0	2.6	4.8	5.4
B-c-2			10	0.52	221	0.38	35.4	4.1	5.8	7.6
B-c-3			20	0.51	209	0.39	26.5	4.3	6.3	8.3
B-c-4			30	0.53	168	0.38	23.7	4.6	5.5	8.3
B-c-5			40	0.51	150	0.40	12.8	4.1	6.0	8.9
C-a-1	320	60	0	0.58	225	0.49	38.2	3.5	7.6	9.4
C-a-2			10	0.55	210	0.46	33.7	4.8	7.4	11.3
C-a-3			20	0.55	205	0.47	24.9	4.5	7.9	11.3
C-a-4			30	0.52	169	0.42	17.8	6.2	8.4	13.2
C-a-5			40	0.52	136	0.41	13.5	7.9	11.8	14.9
C-b-1		65	0	0.55	214	0.48	41.1	4.1	6.5	8.5
C-b-2			10	0.57	216	0.46	37.8	5.2	7.3	10.0
C-b-3			20	0.56	205	0.44	23.9	6.0	7.4	11.3
C-b-4			30	0.55	188	0.45	18.5	5.1	8.2	11.9
C-b-5			40	0.53	169	0.42	14.3	6.7	8.6	12.6
C-c-1		70	0	0.59	229	0.54	31.4	4.4	6.3	8.8
C-c-2			10	0.60	219	0.53	33.7	5.4	7.7	9.8
C-c-3			20	0.54	214	0.48	25.8	5.6	8.0	9.7
C-c-4			30	0.56	191	0.41	21.1	5.8	9.0	11.9
C-c-5			40	0.54	147	0.40	13.2	5.5	9.3	11.4

리로 채워지기 때문에 겉보기 비중도 증가하는 것으로 판단된다. 이러한 현상은 실험결과표(Table. 5)의 기포슬러리의 비중값을 참고하여 유추할 수 있는 것으로 비빔 직후의 기포슬러리의 비중값은 페스티로폼의 혼입율이 증가함에 따라 감소폭이 작은 반면 겉보기 비중은 혼입율에 따라 그

감소폭이 큰 것을 알 수 있다. 따라서 현장에서의 작업시에는 비빔시간, 압송길이 및 압력, 타설지연시간 등이 기포의 소포작용과 관련이 있으므로 향후 이러한 시공조건이 경량 기포콘크리트의 품질에 미치는 영향에 대하여 정량적으로 연구해야 할 필요성이 있다고 사료된다.

또한 Fig. 6, 7에서 보는 바와 같이 경량기포콘크리트의 겉보기 비중은 단위시멘트량과 직선적인 비례관계에 있는 것으로 나타났다.

이와 같은 현상은 경량기포콘크리트를 구성하고 있는 각각의 재료들 중에서 시멘트가 타 재료에 비하여 비중이 월등히 높기 때문이며, 물시멘트비에 따라서는 큰 차이를 보이지 않았다.

따라서 경량기포콘크리트에 페스티로폼을 혼입함으로써 기포의 소포에 의한 품질의 편차를 줄일 수 있으며, 더욱 경량의 기포콘크리트를 효과적으로 제조할 수 있을 것이다.

3.3 흡수율

본 연구에서 나타난 흡수율의 범위는 단위시멘트량 240 kg/m³인 경우 15~46%, 280 kg/m³인 경우 11~41%, 320 kg/m³인 경우 13~41%의 범위로 나타났으며 Fig. 8에서 보는 바와 같이 페스티로폼의 혼입율이 증가할수록 흡수율이 현저하게 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 기포량을 대체하는 페스티로폼이 경량되면서 재료 자체의 흡수율이 약 0.3%로 매우 낮은 것에 기인한다고 할 수 있겠다.

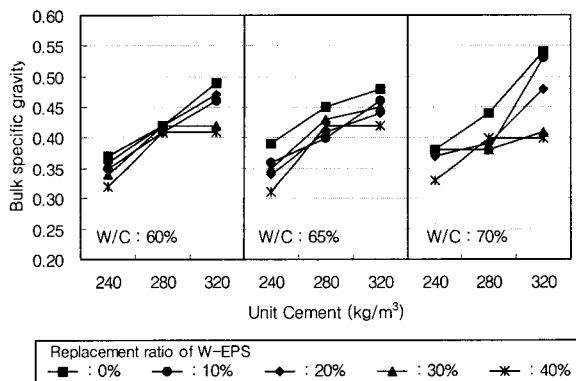


Fig. 6 Bulk specific gravity depend on the unit quantity of cement

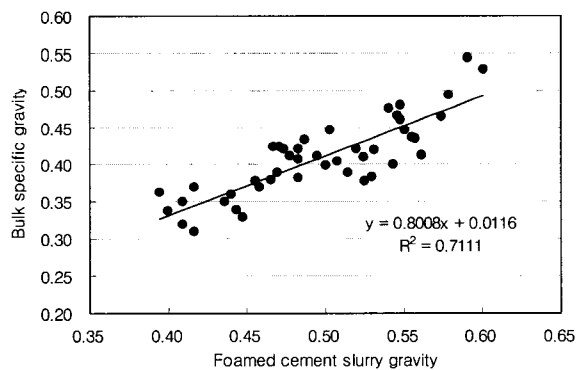


Fig. 7 Bulk specific and foamed cement slurry gravity

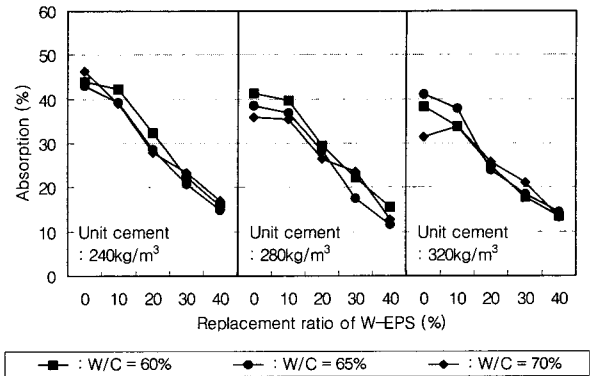


Fig. 8 The absorbing ratio depend on the replacement ratio of W-EPS

또한 단위시멘트량이나 물시멘트비의 변화에 따른 흡수율의 변동은 비교적 미약하며, Fig. 8에서 보는 바와 같이 단위시멘트량이나 물시멘트비의 증가에 따라 경량기포콘크리트의 기포율이 다소 감소하는 것에 따라 흡수율도 소폭 감소하는 경향을 나타내었다.

일반적으로 경량기포콘크리트는 다공질의 기포조직으로 이루어져 다른 시멘트 수화물에 비하여 높은 흡수율을 나타내고 있으며, 수분 흡수율이 높아질수록 강도저하는 물론 단열성능의 저하를 초래하며, 이질 재료와의 흡수율 차이에 의한 수분의 이동으로 균열 발생의 원인이 되기도 한다. 따라서 본 실험의 결과에서 나타나는 바와 같이 기존의 경량기포콘크리트에 페스티로폼을 혼입함으로써 흡수율을 효과적으로 개선할 수 있을 것이다.

3.4 압축강도

페스티로폼을 혼입한 경량기포콘크리트의 압축강도 시험을 통하여 도출되어진 압축강도는 재령 7일에서 단위시멘트량이 240, 280, 320 kg/m³로 증가됨에 따라 4.2~6.9 kgf/cm², 4.4~9.7 kgf/cm², 6.3~11.0 kgf/cm²의 범위를 나타내었으며, 재령 28일의 경우 각각 4.6~8.0 kgf/cm², 6.1~12.3 kgf/cm², 8.5~14.9 kgf/cm²의 범위를 나타내었다.

3.4.1 페스티로폼 혼입율에 따른 압축강도

기존의 경량기포콘크리트에 페스티로폼의 혼입량을 증가시키면서 혼입한 결과 Fig. 9에서 보여지듯이 연구의 범위인 혼입율 40%까지 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 단위시멘트량 240 kg/m³인 경우 무혼입에 비하여 페스티로폼을 10%에서 40%까지 증가시켜 혼입한 결과 약 15~47% 정도의 강도 증진효과를 얻을 수 있었다. 또한 단위시멘트량 280, 320 kg/m³에서도 각각 29~64%, 17~46% 정도의 강도 증진 효과를 나타내었다. 이에 대한 원인으로서는 페스티로폼의 혼입량이 증가함에 따라 상대적으로 기

포의 양이 줄어들어 경화 후의 경량기포콘크리트의 기포공극이 감소한데 따른 것으로 보이며, 페스티로폼 자체의 내충격성과 시멘트 매트릭스와의 부착력에 기인한 점도 있다고 판단된다. 또한 Fig. 10~11에서 보여지듯이 페스티로폼이 경량기포콘크리트 내부에 고루 분포되어 있어 기포의 소포로 인한 연속공극을 감소시키며, 수분의 이동이 자유롭지 못하여 초기 생성된 기포 포막을 경화할 때까지 안정적으로 유지시키는데 기여하는 데에도 그 원인이 있다고 하겠다.

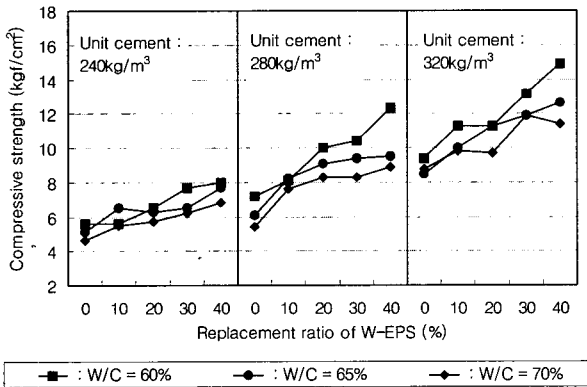


Fig. 9 The compressive strength depend on the replacement ratio of W-EPS

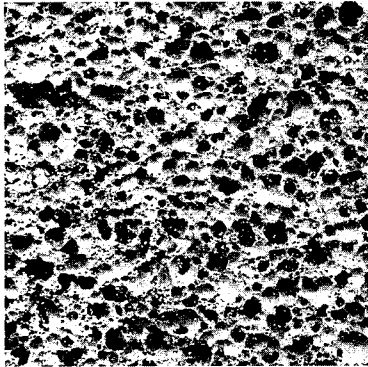


Fig. 10 The section without W-EPS

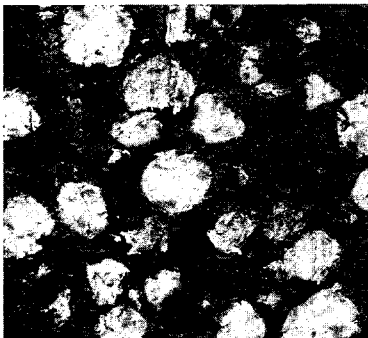


Fig. 11 The section with W-EPS(40%)

이와 같이 적당량의 페스티로폼의 혼입으로 인한 강도증진 효과는 기존 경량기포콘크리트의 단위시멘트량을 줄여 경제성 향상에 기여할 것으로 판단되며, 본 연구를 통하여서도 단위시멘트량이 320 kg/m³일 때 페스티로폼 무혼입의 압축강도값은 약 8~9 kgf/cm²의 범위로서 이는 단위시멘트량 280 kg/m³일 때 페스티로폼을 20% 혼입한 경우와 유사한 것을 확인할 수 있었다.

3.4.2 단위시멘트량에 따른 압축강도

Fig. 12와 같이 단위시멘트량이 증가하면 압축강도도 비례적으로 증가하는 경향을 나타내는데, 단위시멘트량이 40 kg/m³씩 단계적으로 증가함에 따라 평균 25~43% 정도의 압축강도 증진효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 단위시멘트량이 증가하면서 경량기포콘크리트의 기포율이 감소하는데 따른 것으로 기존의 연구보고와 동일한 경향을 나타내었다.

3.4.3 물시멘트비에 따른 압축강도

Fig. 12에서 보듯이 동일한 단위시멘트량일 경우 물시멘트비의 증가에 따라 압축강도도 다소 감소하는 경향을 나타내는 것을 볼 수 있으나 이는 페스티로폼의 혼입량이 증가하면서 상대적으로 기포의 양이 적어져 비교적 안정된 경향을 보이는 것으로 볼 수 있으며, 일반적인 경량기포콘크리트의 경우 물시멘트비에 따른 압축강도의 영향은 일관된 경향을 나타내지 않는 것으로 보고되고 있다⁶⁾.

3.4.4 겉보기 비중과 압축강도

경량기포콘크리트의 겉보기 비중은 압축강도와 매우 밀접한 상관성이 있는 항목으로 간주되고 있으며, 본 실험에서도 비교적 양호한 상관관계가 성립하는 것으로 나타났다.

Fig. 13은 페스티로폼 혼입율별로 겉보기 비중과 압축강도의 상관관계를 나타낸 것으로 상호간에 직선적인 비례관계를 갖는 것을 확인 할 수 있다. 또한 다소 상관계수가 낮아지는 것은 페스티로폼의 혼입량이 증가함에 따라 겉보기

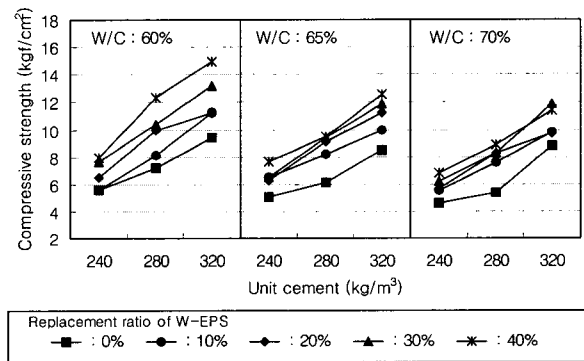


Fig. 12 Compressive strength depend on the unit quantity of cement

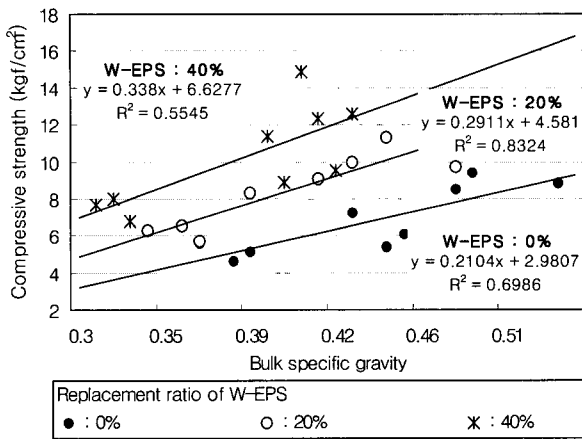


Fig. 13 Bulk specific gravity and compressive strength

비중은 다소 감소하는 경향을 나타내나 압축강도는 반대로 증가하는 경향을 나타내기 때문이다.

따라서 겔보기 비중은 경량기포콘크리트의 강도특성, 흡수특성, 단열특성 등과 같은 역학적 성질을 추정하는 주요한 변수로 기포율 등과 함께 활용되어질 수 있으며, 향후 다양한 혼입 재료에 따른 역학적인 특성에 관한 연구도 지속되어 품질의 안정을 기해야 할 것으로 사료된다.

3.4.5 기포슬러리 비중과 압축강도

기포슬러리 비중은 겔보기 비중과 양호한 상관관계를 가지고 있으므로 압축강도와도 Fig. 14에서 보는 바와 같이 비교적 양호한 상관관계를 나타낸다.

이는 타설 직전의 굳지않은 경량기포콘크리트의 품질특성을 파악할 수 있는 중요한 자료로 활용되어야 하며, 아울러 슬러리 상태의 경량기포콘크리트의 품질을 좀 더 정확하게 예측할 수 있는 방법에 관련된 연구도 향후 진행되어야 할 것으로 사료된다.

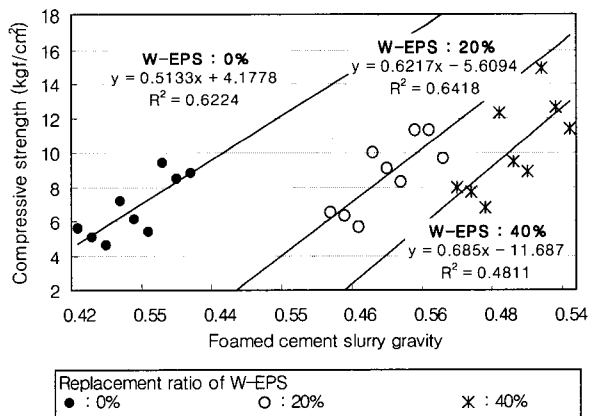


Fig. 14 Foamed cement slurry gravity and compressive strength

3.4.6 기포율과 압축강도

기포는 경량기포콘크리트의 대부분의 용적을 차지하고 있는 부분으로 역학적인 특성과 가장 밀접한 관계를 가지는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 기포율이 증가할수록 압축강도는 저하하는 경향을 나타내며^{7,8)}, 본 연구에서도 Fig. 15의 페스티로폼 혼입량별 기포율과 압축강도는 직선적인 반비례의 관계를 갖는 것으로 나타났다. 단 기포율에서 페스티로폼의 혼입량은 제외하였다.

3.4.7 재령별 압축강도

본 연구를 통하여 나타난 페스티로폼을 혼입한 경량기포콘크리트의 재령에 따른 압축강도 발현정도는 Fig. 16과 Table 6에 나타난 바와 같이 초기재령에 비하여 재령 28일의 압축강도 증진율이 비교적 낮은 것으로 나타났다.

이러한 현상은 일반적인 콘크리트의 강도발현 정도와는 약간 상이한 결과이며, 경량기포콘크리트의 압축강도가 낮은 것에 기인하는 것으로 판단된다.

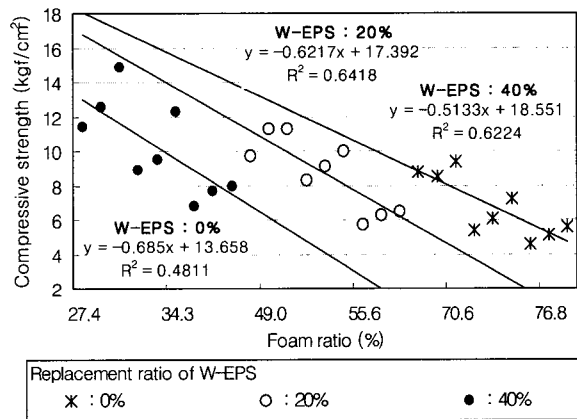


Fig. 15 Foam ratio and compressive strength

Table 6 Compressive strength depend on the ages

Ages		3days	7days	28days
240 (kg/m ³)	Comp-str (kgf/cm ²)	3.7	5.4	6.3
	ratio (%)	59	86	100
280 (kg/m ³)	Comp-str (kgf/cm ²)	4.3	5.9	8.6
	ratio (%)	50	69	100
320 (kg/m ³)	Comp-str (kgf/cm ²)	5.4	8.1	11.1
	ratio (%)	49	73	100

Notes : 1. Compressive strength is an average value.
2. Ratio is the ratio of 28 days compressive strength.

4. 결 론

페스티로폼을 혼입한 경량기포콘크리트의 역학적 특성에 관한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1) 플로우값의 경우 페스티로폼 혼입율에 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났으며, 혼입량이 증가할수록 플로우값이 저하되었으며, 단위시멘트량과 물시멘트비가 증가할수록 플로우값도 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 혼입율 20%까지는 KS F 4039에 규정된 값을 만족하는 수준이며, 그 이상의 혼입율에 대하여는 비교적 큰 폭으로 저하하는 경향을 나타내었다.

2) 겉보기 비중은 0.31~0.54의 범위로 대부분이 KS F 4039에 규정되어 있는 0.4품과 0.5품에 속하는 것을 나타냈으며, 페스티로폼의 혼입율이 증가할수록 저하하는 경향을 나타내었다. 또한 단위시멘트량과 밀접한 비례관계를 나타내며, 물시멘트비의 영향은 적은 것으로 나타났다.

3) 흡수율은 배합조건에 따라 11~46%의 범위를 나타내었으며, 페스티로폼의 혼입율이 증가할수록 현저하게 저하되는 경향을 나타내었다. 따라서 기존의 경량기포콘크리트에 페스티로폼을 혼입함으로써 흡수율을 효과적으로 개선할 수 있을 것이다.

4) 페스티로폼의 혼입량이 증가하면서 상대적으로 기포의 양이 줄어들고, 페스티로폼 자체의 내충격성과 부착성능의 개선되어 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 페스티로폼을 혼입함으로써 생성된 기포의 포막을 안정적으로 유지하는데 유리하게 작용하는 원인이었으며, 결과적으로 기존 경량기포콘크리트의 단위시멘트량을 줄여 경제성 향상에도 기여할 것으로 판단된다.

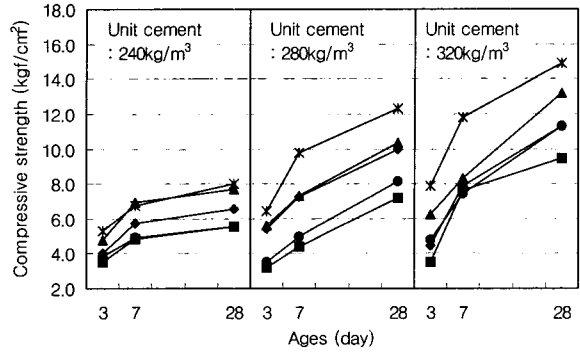
5) 페스티로폼을 혼입한 경량기포콘크리트의 압축강도는 페스티로폼의 혼입량이 증가할수록, 단위시멘트량이 증가할수록, 겉보기 비중이 증가할수록, 기포율이 감소할수록 증가하는 경향을 나타내며, 물시멘트비의 영향은 적은 것으로 나타났다.

6) 재령에 따른 압축강도의 경우 경량기포콘크리트의 낮은 압축강도로 인하여 초기 재령 3일의 압축강도에 비하여 재령 28일의 압축강도의 증진이 비교적 낮은 것으로 나타났으며, 향후 초기 강도 확보 및 장기강도의 증진을 위한 연구가 지속되어야 할 것이다.

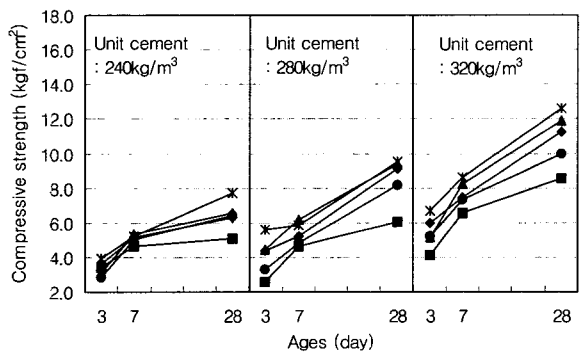
참고문헌

1. 건설교통부, "경량기포콘크리트 재료개발 연구," 1996.
2. 대한주택공사, "은돌채움용 경량기포콘크리트의 품질관리 방안 개선 연구," 1999.
3. 한국발포폴리스티렌 재활용협회, "스티로폼 포장재와 재활용에 대하여," 1999.

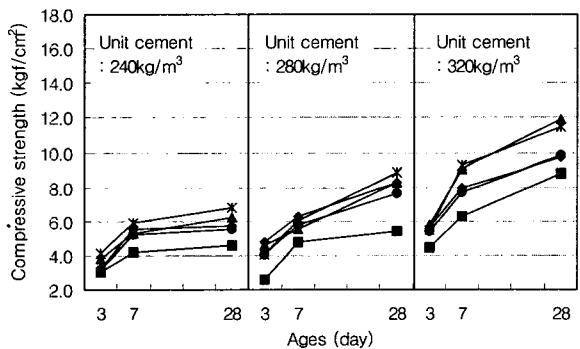
특히 초기강도의 확보는 현장 시공시 공사기간과 밀접한 관련이 있는 것으로 다음 공정으로 신속하게 이행하기 위하여 높은 초기 압축강도를 확보하는 것은 중요한 의미를 가지며, 이를 위한 다각적인 연구 및 장기 강도를 더욱 증진시킬 수 있는 방안에 관하여 지속적으로 연구되어야 할 것으로 사료된다.



Replacement ratio of W-EPS
 ■ : 0% ● : 10% ◆ : 20% ▲ : 30% * : 40%
 <Water-cement ratio : 60%>



Replacement ratio of W-EPS
 ■ : 0% ● : 10% ◆ : 20% ▲ : 30% * : 40%
 Water-cement ratio : 65%



Replacement ratio of W-EPS
 ■ : 0% ● : 10% ◆ : 20% ▲ : 30% * : 40%
 Water-cement ratio : 70%

Fig. 16 Compressive strength depend on the ages

4. 김문희, “페발포플라스틱을 이용한 단열경량모르터의 특성에 관한 실험적 연구,” 건국대학교 대학원 석사학위논문, 1997.
5. ASTM C 796-87, “Standard Test Method for Foaming Agents Use in Producing Cellular Using Preformed Foam”.
6. 구해식, “경량기포콘크리트의 압축강도에 관한 실험적 연구,” 대한건축학회 논문집, 제14권 1호, 1998, p383~390
7. 박상순, “고분자기포제를 이용한 기포콘크리트의 개발과 역학적 특성,” 연세대학교 대학원 석사학위논문, 1996.
8. 임진규, “경량단열기포콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구,” 건국대학교 대학원 석사학위논문, 1996.

요 약

본 연구는 기존 경량기포콘크리트의 문제점 및 역학적 성질의 개선을 위하여 산업폐기물인 페스티로폼을 사용하여 경량기포콘크리트를 제조하고, 그 역학적 성질을 조사·분석하기 위한 것으로, 현장에서 주로 사용하는 배합을 기초로 하여 페스티로폼의 혼입율을 최대 40%까지 단계별로 혼입하여 실험을 진행하였다. 또한 배합조건에 따른 경량기포콘크리트의 역학적 특성에 관한 상관관계를 분석하고자 하였다.

실험결과 페스티로폼의 혼입율이 증가할수록 압축강도 증진에 효과적인 것으로 나타났으며, 현저한 흡수율 개선의 효과를 확인하였다. 그러나 플로우값의 경우 혼입율이 증가하면서 감소하여 해결해야 할 과제로 나타났다. 또한 단위시멘트량의 증가에 따라 압축강도도 증가하는 경향을 보였으며, 물시멘트비의 변화에 따른 압축강도의 변화는 미미한 것으로 나타났다. 또한 재령별 압축강도에 있어서는 초기의 압축강도 확보 및 장기강도의 증진을 위한 연구가 지속되어야 할 것으로 나타났다.

결과적으로 페스티로폼을 사용하여 경량기포콘크리트를 제조할 경우, 산업폐기물의 재활용이라는 측면 뿐만 아니라, 경제적이고 안정된 품질의 경량기포콘크리트를 생산할 수 있음을 확인하였다.

핵심용어 : 경량기포콘크리트, 페스티로폼, 기포율, 겉보기비중