

廢 EPS 再生骨材의 空隙構造와 輕量骨材콘크리트의 斷熱性能에 관한 研究

A Study on the Pore Structure of Recycled Aggregates Made of EPS Waste and Insulation Performance of Lightweight Concrete

○ 탁 현 철* 정 민 수** 안 재 철*** 강 범 희****
Tak, Hyun-Cheol Jung, Min-Soo Ahn, Jae-Cheol Kang, Byeung-Hee

Abstract

This study is to investigate the insulation performance of lightweight concrete using recycled lightweight aggregate, to develop lightweight concrete products which have an excellence on the insulation performance are satisfied with properties of building materials.

As a result of this study, recycled EPS aggregate is considered to have an independent pores which is closed by dense partitions. So, it is showed that the insulation performance of lightweight concrete using recycled EPS aggregate are excellent.

Especially, in the case of lightweight concrete under conditions of replacement ratio over 100%, it is considered that insulation performance is very excellent as thermal conductivity is showed about 0.2kcal/mh°C.

According to considering the relation between ultrasonic pulse velocity, unit weight and thermal conductivity through the graph, the result of relation between ultrasonic pulse velocity, unit weight and thermal conductivity on the graph expressed their high interaction shown as direct proportion on the graph. So that it is possible to extract the insulation performance of lightweight concrete using recycled EPS aggregate by ultrasonic pulse velocity and unit weight.

키워드 : 폐 EPS 재생골재, 경량콘크리트, 공극구조, 단열성능

keywords : recycled aggregate using EPS waste, lightweight concrete, pore structure, insulation performance

1. 서론

최근, 콘크리트 구조물이 날로 고층화, 대형화하는 현대에 있어서 콘크리트 재료의 고강도화와 함께 고기능화는 필수적이다. 특히, 건축물의 성능면에서의 다양한 재료설계 요구에 따라 구조물의 고정하중 감소, 단열성능 및 흡음성능 등의 성능을 가진 경량콘크리트 개발의 필요성이 대두되고 있다.

또한, 최근의 기후변화협약 이후 에너지 고소비형 건축물이 사회적으로 큰 문제로 부각됨에 따라 건축물 Life cycle 전과정에서 발생하는 에너지 소비량을 정량적으로 평가하고 에너지 효율성을 최적화시킬 수 있는 시스템의 개발이 필요하며, 건축물의 가치와 수명, 그리고 성능을 증대시키기 위한 기술개발이 시급하다.

따라서, 건축재료의 개발에 있어서도 기존의 고강도화, 고내구화의 개발방향에서 재활용성, 경량성, 단열성 등이 우수한 환경친화적 다기능 건축재료의 기술개발 및 실용화에 관한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 폐 EPS 재생골재를 이용한 경량콘크리트의 단열성능을 고찰하기 위하여 열전도율을 측정하여

배합조건과 재생골재 치환율에 따라 비교분석하였으며, 그 결과를 기존 경량소재와 비교하였다.

또한, 콘크리트의 내부 균열 및 공극량 추정에 유효한 초음파전파속도를 이용한 비파괴시험 결과와 열전도율의 상관성 분석을 통하여 경량골재의 공극구조가 경량콘크리트의 제반물성에 미치는 영향을 분석하였다.

그리고, 향후 구조물 적용시 단열효과를 평가하기 위하여 보통콘크리트 및 경량콘크리트 1종, 2종과 폐 EPS 재생골재를 이용한 경량콘크리트의 열관류율을 비교·분석하였다. 상기의 결과를 바탕으로 폐 EPS 재생골재를 이용한 콘크리트의 단열성능 및 에너지 절약효과에 대한 물성 자료를 제공하는 것을 본 연구의 범위로 하였다.

2. 폐 EPS 재생 경량골재의 물성

본 연구에서 사용한 재생골재는 Fig. 1과 같이 폐 EPS를 용융·압출한 후 분쇄한 초경량골재이다.

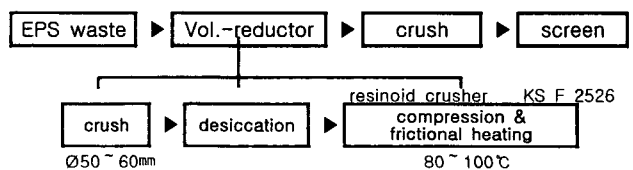


Fig. 1. Manufacture process of recycled agg. using EPS waste

* 정희원, 동아대 대학원 석사과정
** 정희원, 동아대 대학원 박사과정
*** 정희원, 동아대 건설기술연구소 특별연구원, 공학박사
**** 정희원, 동아대 건축학부 교수, 공학박사

2.1 비중 및 단위용적중량

경량골재는 다공성 내부구조로 인하여 보통골재에 비하여 비중이 낮다. 특히 골재의 비중은 생산되는 각종 경량콘크리트 제품의 단위용적중량과 단열성능에 가장 직접적인 영향이 있으므로 골재의 비중을 적정 수준 이하로 해야 한다.

그러나 초경량골재와 같이 비중이 지나치게 작을 경우, 단열성능은 우수하나 골재의 강도가 약하고 콘크리트의 강도, 강성, 내구성도 저하하는 경향을 나타내며, 재료분리 현상이 생겨 콘크리트의 균질성을 잃게 된다.

본 연구에서 사용한 폐 EPS 재생 경량골재와 각종 경량골재의 비중과 단위용적중량은 Fig. 2, 3과 같다.

2.2 흡수율

경량골재의 흡수율은 보통골재에 비하여 대단히 크며, 이는 골재속에 다량의 연속된 공극이 있기 때문이다.

이러한 경량골재의 흡수율은 콘크리트의 펌프압송시 배합수의 일부가 골재 중에 흡수되어 콘크리트의 컨시스턴스를 불안정하게 하며, 경량콘크리트의 실용화에 있어 가장 큰 문제점으로 작용하고 있다.

본 연구에 이용한 폐 EPS 재생골재와 기존의 경량골재의 흡수율은 Fig. 4와 같이 재생 잔골재는 12.92%, 재생 굵은골재는 1.98%로 나타났다. 특히, 재생 굵은골재는 본 연구에서 사용한 일반 쇄석골재의 흡수율 1.21%와 거의 유사한 결과이며, 경량 잔골재의 경우 흡수율이 다소 높게 나타났으나 기존의 경량골재와 비교하면 크게 낮다.

이는 EPS 재생골재의 경우 내부 공극구조가 대부분 독립공극이며, 표면부위의 공극에서만 흡수가 이루어지기 때문에 타 경량골재보다 흡수율이 낮으며, 기존의 경량콘크리트 제품의 품질관리에 문제가 되었던 흡수율의 관리에 있어 문제가 없을 것으로 판단된다.

폐 EPS 재생골재의 시간변화에 따른 흡수율은 Fig. 5와 같이 6시간 흡수율 1.63%, 24시간 1.98%, 48시간 2.46%, 최대 흡수율 3.52%로 나타났다.

폐 EPS 재생 경량골재의 초기 흡수가 빠르고 그 이후 그 속도가 감소하는 것은 24시간 흡수량의 대부분이 일반 골재와 같이 골재표면에서 나타나기 때문인 것으로 판단되며, 내부의 흡수는 독립공극에 의해 속도가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 모세관 공극으로 이루어져 24시간에 거의 모든 흡수를 하는 기존의 경량골재에 비하여 그 성능이 우수한 것으로 판단된다.

그러나 비중이 다른 골재를 단순히 중량비인 흡수율로 비교하는 것은 문제가 있을 것으로 판단되므로, 보다 정확한 분석을 위해 단위체적당 흡수량으로 비교한 결과는 Fig. 6과 같다.

이상과 같은 결과는 물과 얼음의 열전도율이 각각 0.52, 1.9kcal/mh²로 공기의 열전도율 0.019kcal/mh²에 비하여 24~90배인 점을 감안한다면, 재생 경량골재를 이용한 경량콘크리트의 단열성능이 타 경량소재에 비하여 우수할 것으로 예측할 수 있다. 또한, 경량콘크리트의 흡수율은 증성화 및 동결융해저항성 등 내구성에도 많은 영향을 미치기 때문에 독립공극형 경량콘크리트를 이용한 건축물의 장수명화도 가능할 것으로 판단된다.

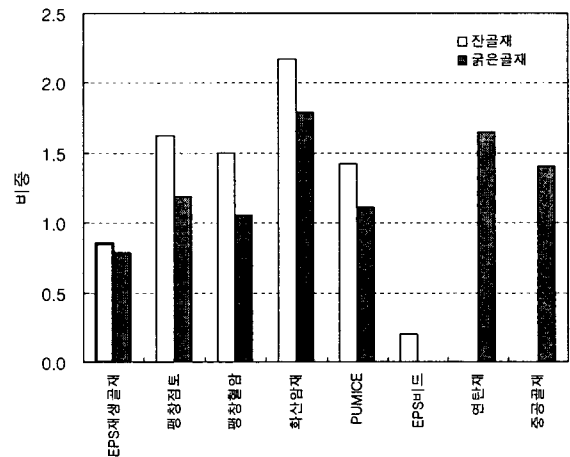


Fig. 2. Specific gravity of various L-agg.

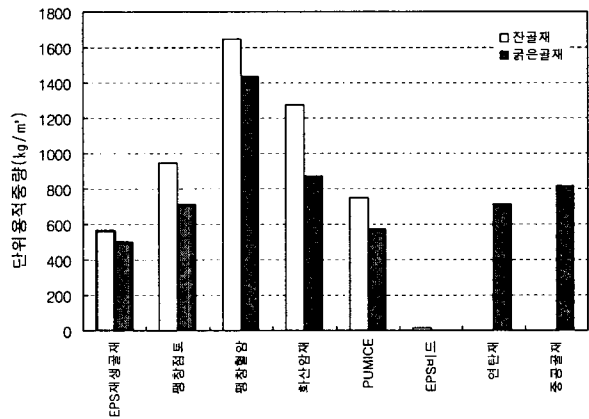


Fig. 3. Unit weight of various L-agg.

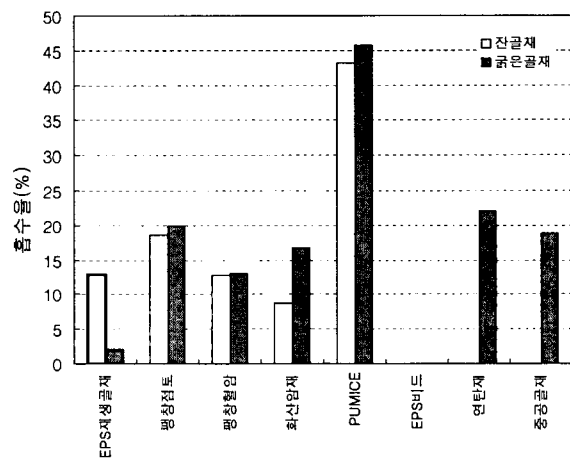


Fig. 4. Absorption rate of various L-agg.

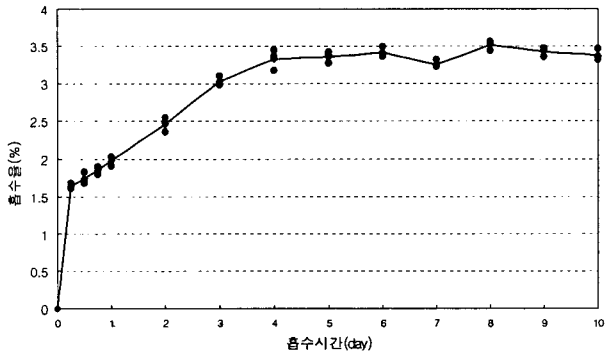
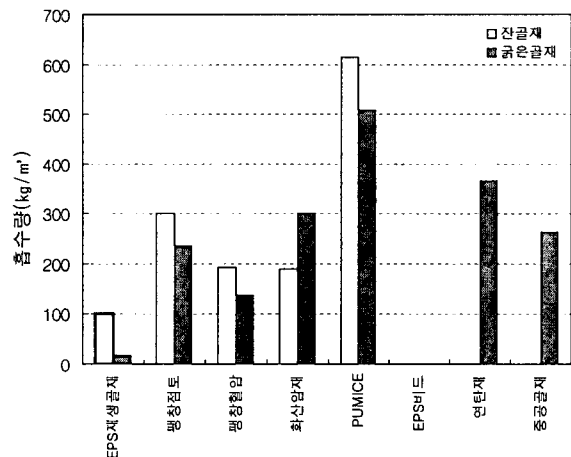


Fig. 5. Absorption rate of EPS agg. as absorption period



잔 골 재	100.7	301.3	192.0	188.1	613.4	0.00	-	-
굵은골재	15.5	236.1	136.7	299.6	507.3	-	364.5	263.2

Fig. 6. Absorption quantity per unit vol. of various L-agg.

2.3 경량골재의 내부공극 구조

이상과 같이, 경량골재로서의 요구성능 중 경량성과 단열성능에 가장 중요한 영향인자는 독립공극이다.

그러나 독립된 공극으로 이루어져 있더라도 기존의 경량골재와 같이 공극구조 사이의 격벽(隔壁; septum)의 강도가 낮을 경우 강도와 내구성상에 결점으로 작용하게 된다. 본 연구에서 사용한 폐 EPS 재생골재의 경우 골재의 압축강도를 측정된 결과 300kgf/cm² 이상²⁾으로 나타나, 그 내부구조가 독립공극으로 이루어져 있으면서, 그 격벽구조가 치밀하고 강한 것으로 판단된다.

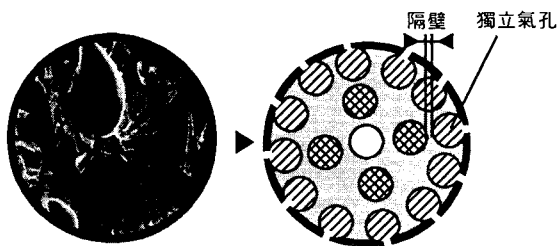


Fig. 7. SEM($\times 400$) & diagrammatic representation of EPS agg.

2) 압축강도는 압출한 폐 EPS를 $\phi 10 \times 20$ cm 몰드에 충전하여 측정하였음

3. 실험

3.1 실험인자 및 수준

Table 1. The factor of mixing design in lightweight concrete

인자	단위시멘트량 (kg/m ³)	W/C (%)	s/a (%)	치환대상	재생 경량골재 치환율(./vol)	계
수준	400	45	45	잔골재 굵은골재 혼	0	20
	450	50 55			40 80	60 100
수준수	2	3	1	3	6	108

3.2 배합설계

Table 2. Mixing design Table in lightweight concrete

재생 잔골재 치환율 (%)	단위 시멘트 량 (kg/m ³)	W/C (%)	S/A (%)	물 (kg/m ³)	잔골재치환 (kg/m ³)		굵은골재치환 (kg/m ³)			
					S		G			
					일반	EPS	일반	EPS		
0	400	45	45	180	826	0	1025	826	1025	0
0	400	50	45	200	803	0	996	803	996	0
0	400	55	45	220	779	0	966	779	966	0
0	450	45	45	203	781	0	969	781	969	0
0	450	50	45	225	754	0	935	754	935	0
0	450	55	45	248	727	0	902	727	902	0
20	400	45	45	180	661	53	1025	826	820	59
20	400	50	45	200	642	51	996	803	797	58
20	400	55	45	220	623	50	966	779	773	56
20	450	45	45	203	625	50	969	781	775	56
20	450	50	45	225	603	48	935	754	748	54
20	450	55	45	248	582	47	902	727	722	52
40	400	45	45	180	496	106	1025	826	615	119
40	400	50	45	200	482	103	996	803	597	115
40	400	55	45	220	467	100	966	779	580	112
40	450	45	45	203	468	100	969	781	581	112
40	450	50	45	225	452	97	935	754	561	108
40	450	55	45	248	436	93	902	727	541	105
60	400	45	45	180	331	159	1025	826	410	178
60	400	50	45	200	321	154	996	803	398	173
60	400	55	45	220	311	150	966	779	386	168
60	450	45	45	203	312	150	969	781	387	169
60	450	50	45	225	302	145	935	754	374	163
60	450	55	45	248	291	140	902	727	361	157
80	400	45	45	180	165	212	1025	826	205	238
80	400	50	45	200	161	206	996	803	199	231
80	400	55	45	220	156	200	966	779	193	224
80	450	45	45	203	156	200	969	781	194	225
80	450	50	45	225	151	193	935	754	187	217
80	450	55	45	248	145	187	902	727	180	209
100	400	45	45	180	0	265	1025	826	0	297
100	400	50	45	200	0	257	996	803	0	289
100	400	55	45	220	0	250	966	779	0	280
100	450	45	45	203	0	250	969	781	0	281
100	450	50	45	225	0	242	935	754	0	271
100	450	55	45	248	0	233	902	727	0	262

3.3 사용재료

본 실험에서 사용한 각 재료의 물리적 특성은 Table 3 과 같다.

Table 3. Properties of materials for experiment

사용재료		물성
보통포틀랜드시멘트		비중 : 3.15 비표면적(Braire) : 3260(cm ² /g)
잔골재	자연산 잔골재	혼합사 (낙동사 : 세척사 = 1 : 2) 표건비중 : 2.65 최대치수 : 5mm 흡수율 : 2.16% F.M. : 2.68
	폐 EPS 재생 잔골재	표건비중 : 0.85 최대치수 : 5mm 흡수율 : 12.92% F.M. : 2.77
굵은골재	자연산 굵은골재	경남 용원산 쇄석골재 표건비중 : 2.69 Gmax : 20mm 흡수율 : 1.21% F.M. : 6.53
	폐 EPS 재생 굵은골재	표건비중 : 0.78 Gmax : 20mm 흡수율 : 1.98% F.M. : 6.51

Table 5. The result of experiment

재생골재 치환율 (%)	단위 시멘트량 (kg/m ³)	W/C (%)	재생 잔골재 치환				재생 굵은골재 치환				all-lightweight con'c			
			unit weight (t/m ³)	초음파 전파속도 (km/sec)	열전도율 (kcal/mh°C)	열관류율 (kcal/m ² h°C)	unit weight (t/m ³)	초음파 전파속도 (km/sec)	열전도율 (kcal/mh°C)	열관류율 (kcal/m ² h°C)	unit weight (t/m ³)	초음파 전파속도 (km/sec)	열전도율 (kcal/mh°C)	열관류율 (kcal/m ² h°C)
0	400	50	2.34	4.61	1.52	3.23	2.34	4.61	1.52	3.23	2.34	4.61	1.52	3.23
0	400	55	2.34	4.56	1.45	3.18	2.34	4.56	1.45	3.18	2.34	4.56	1.45	3.18
0	450	45	2.35	4.64	1.48	3.20	2.35	4.64	1.48	3.20	2.35	4.64	1.48	3.20
0	450	50	2.33	4.61	1.49	3.21	2.33	4.61	1.49	3.21	2.33	4.61	1.49	3.21
0	450	55	2.32	4.60	1.43	3.17	2.32	4.60	1.43	3.17	2.32	4.60	1.43	3.17
20	400	50	2.09	4.43	1.42	3.16	2.10	4.45	1.45	3.18	2.14	4.29	1.31	3.07
20	400	55	2.27	4.39	1.37	3.12	2.18	4.36	1.39	3.14	2.12	4.20	1.02	2.79
20	450	45	2.28	4.51	1.41	3.15	2.23	4.52	1.49	3.21	2.18	4.33	1.24	3.01
20	450	50	2.28	4.49	1.37	3.12	2.23	4.50	1.41	3.15	2.18	4.35	1.19	2.97
20	450	55	2.27	4.37	1.32	3.08	2.21	4.47	1.35	3.10	2.15	4.20	1.11	2.89
40	400	50	2.21	4.21	1.28	3.05	2.11	4.37	1.29	3.06	1.97	3.92	0.90	2.65
40	400	55	2.21	4.17	1.15	2.93	2.10	4.32	1.20	2.98	1.95	3.76	0.75	2.43
40	450	45	2.21	4.30	1.31	3.07	2.12	4.34	1.30	3.06	1.98	3.85	0.97	2.73
40	450	50	2.22	4.28	1.26	3.03	2.09	4.32	1.26	3.03	1.97	3.81	0.90	2.65
40	450	55	2.20	4.22	1.18	2.96	2.08	4.19	1.18	2.96	1.96	3.74	0.73	2.40
60	400	50	2.13	4.05	1.22	2.99	1.99	4.17	1.05	2.83	1.72	3.31	0.78	2.48
60	400	55	2.14	4.02	1.02	2.79	1.96	3.99	0.91	2.66	1.70	3.28	0.50	1.96
60	450	45	2.16	4.16	1.08	2.86	1.98	4.05	0.98	2.75	1.75	3.33	0.74	2.42
60	450	50	2.15	4.12	1.11	2.89	1.93	3.87	1.00	2.77	1.74	3.21	0.69	2.33
60	450	55	2.13	4.00	1.07	2.85	1.90	3.85	0.94	2.70	1.73	2.99	0.61	2.19
80	400	50	2.06	3.88	0.90	2.65	1.83	3.67	0.79	2.49	1.48	2.82	0.35	1.56
80	400	55	2.03	3.81	0.85	2.58	1.83	3.57	0.75	2.43	1.46	2.79	0.33	1.50
80	450	45	2.10	4.01	1.01	2.78	1.92	3.91	0.96	2.72	1.52	2.91	0.40	1.71
80	450	50	2.07	3.89	0.94	2.70	1.88	3.86	0.83	2.55	1.53	2.86	0.31	1.44
80	450	55	2.07	3.85	0.88	2.62	1.84	3.72	0.71	2.37	1.50	2.81	0.33	1.50
100	400	50	1.93	3.41	0.62	2.21	1.73	3.50	0.78	2.48	-	-	-	-
100	400	55	1.90	3.37	0.64	2.25	1.72	3.42	0.68	2.32	1.24	2.29	0.20	1.04
100	450	45	2.00	3.58	0.73	2.40	1.73	3.47	0.85	2.58	-	-	-	-
100	450	50	2.00	3.49	0.65	2.26	1.73	3.45	0.73	2.40	1.28	2.39	0.26	1.27
100	450	55	1.96	3.46	0.60	2.17	1.71	3.38	0.67	2.30	1.26	2.25	0.21	1.08

* 단위시멘트량 400kgf/cm³, 물시멘트비 45%의 경우는 실험결과 슬럼프 5cm 이하로 나타나 제외하였음.
 * 열관류율은 α₀=20, α_r=8 일 때, 두께 15cm, 모르타 20mm내외의미장인 외벽체로 가정하여 산출하였음.

3.4 실험방법 및 측정

시험체 제작방법 및 측정은 Fig. 8과 Table 4와 같다.

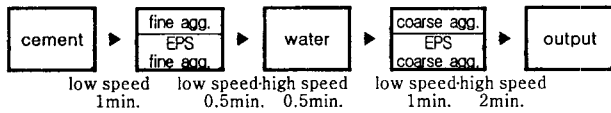


Fig. 8. Mixing method for lightweight concrete

Table 4. The item of measurement

측정 항목	비 고
기전단위용적중량	KS F 2462
열전도율	ASTM D 2326, JIS R 2618
초음파 전파속도에 의한 비파괴 검사	중파를 이용한 대칭법

4. 실험결과 및 고찰

4.1 경량콘크리트의 열전도율

Fig. 9, 10은 페 EPS 재생골재를 이용한 경량콘크리트의 치환율에 따른 열전도율 측정결과를 나타낸 것이다.

전술한 바와 같이 내부가 많은 독립공극으로 이루어진 재생골재를 이용한 경량콘크리트는 뛰어난 단열성능을 나타내었으며, 잔골재를 치환한 경우와 굵은골재를 치환한 경우는 모두 치환율 20% 증가함에 따라 약 10~11% 감소하는 결과를 나타내었다.

따라서, 경량콘크리트 1종의 범위를 만족하는 잔골재 치환율 100%에서 열전도율은 평균 0.65kcal/mh°C로 나타났으며, 경량콘크리트 2종의 범위인 굵은골재 치환율 100%에서는 평균 0.74kcal/mh°C로 나타나 큰 차이가 없었다.

잔골재와 굵은골재를 혼합치환한 경우, 치환율 20% 증가함에 따라 경량콘크리트의 열전도율은 17~18%씩 급격히 감소하는 것으로 나타났으며, 잔골재를 경량골재

를 이용한 all-lightweight concrete는 열전도율이 약 0.2 kcal/mh°C로 크게 낮게 나타났다.

이러한 결과를 Fig. 11과 같이 기존 경량소재의 열전도율과 비교하면 ALC 0.11 kcal/mh°C에 비해서는 다소 높았으나, 단열재로 널리 사용되는 퍼라이트(perlite, 진주암), 버미큘라이트(vermiculite, 질석) 모르타와 유사한 것으로 나타났다.

이는 재료의 열전도율과 비중이 비례하는 결과를 나타내며, 밀도가 낮은 경량골재내 열전도율 0.001kcal/mh°C의 정지공극이 단열효과를 높이는 역할을 하기 때문이다.

따라서 페 EPS 재생골재를 사용한 경량콘크리트는 기존의 경량콘크리트에 비하여 경량성이 크게 우수하면서, 이에 비례하여 단열재와 유사한 열적성능이 있는 것으로 나타나 전체적인 물성이 우수한 것으로 판단된다.

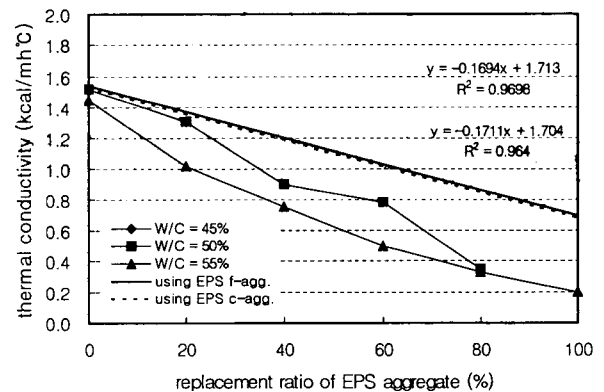


Fig. 9. Influence of replacement ratio of EPS aggregate on the thermal conductivity of lightweight concrete (C = 400kg/m³)

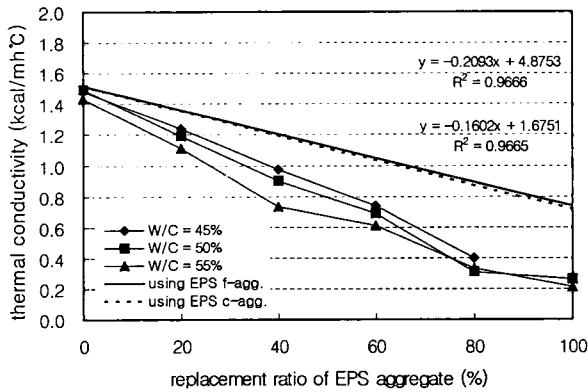


Fig. 10. Influence of replacement ratio of EPS aggregate on the thermal conductivity of lightweight concrete (C = 450kg/m³)

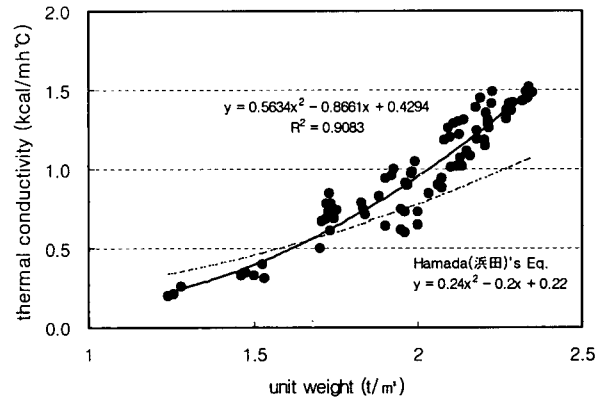


Fig. 12. Relation between unit weight and thermal conductivity of lightweight concrete using EPS agg.

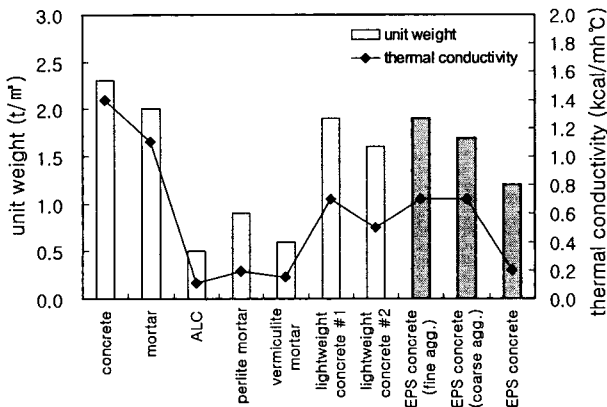


Fig. 11. Unit weight & thermal conductivity of building materials

Source : 日本 通産省 公表資料, 小野博宣 外, 建築材料-その選擇から施工まで- (理工圖書, 2001. 4., pp218 ~ 219)

4.2 경량콘크리트의 경량성과 단열성능의 상관성 분석

Fig. 12는 폐 EPS 재생골재를 이용한 경량콘크리트의 단위용적중량과 열전도율 측정결과를 이용하여 경량성과 단열성능의 상호 물성간의 관계를 회귀분석 한 것으로서 94% 이상의 높은 결정계수를 나타내고 있다.

따라서, 현재 국내 『건축공사표준시방서』 및 일본의 『JASS-5』, 미국의 『ASTM』에서는 계획배합시 단위용적중량의 추정에 관한 식을 제안하고 있으나, 본 연구에서의 분석결과를 이용한다면 단열성능 및 에너지 절약효과의 예측이 가능한 것으로 판단된다.

폐 EPS 재생골재를 이용한 경량콘크리트의 단열성능은 Eq. 1과 같이 나타내어 질 수 있다.

$$T = 0.5634 D^2 - 0.8661 D + 0.4294 \quad (R^2 = 0.9083) \quad (\text{Eq. 1.})$$

여기서, T : 열전도율 (kcal/mh°C)
D : 단위용적중량 (kg/m³)

4.3 초음파전파속도와 열전도율의 상관성 회귀분석

종파를 이용한 대칭법을 이용하여 초음파전파속도와 단열성능의 상관성을 분석한 결과는 Fig. 13과 같다. 콘크리트 구조물의 균열·공동부 측정에 유효한 초음파전파속도는 내부가 다공질인 경량콘크리트의 제반 물성과의 상관성이 높은 비파괴 시험법인 것으로 나타났다.

$$T = 0.13 V^2 - 0.35 V + 0.3392 \quad (R^2 = 0.9665) \quad (\text{Eq. 2.})$$

여기서, V : 초음파전파속도 (km/sec)
T : 경량콘크리트의 열전도율 (kcal/mh°C)

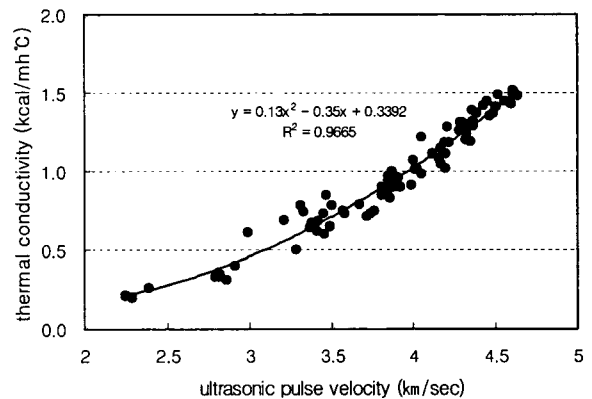


Fig. 13. Relation between ultrasonic pulse velocity and thermal conductivity of lightweight concrete using EPS agg.

4.4 경량콘크리트의 단열성능 평가

벽체를 통과하는 열의 이동은 열전달 → 열전도 → 열전달의 과정을 지나게 된다.

따라서, 열관류율은 열관류저항의 역수로서 다음 식으로 표시된다.

$$K = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_o + \sum R + R_i} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_o} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_i}} \quad (\text{Eq. 3})$$

여기서, R_t : 열관류저항 ($m^2 \cdot ^\circ C / kcal$)

$R_o + R_i$: 벽체 양측의 표면열전달저항 ($m^2 \cdot ^\circ C / kcal$)

R : 재료의 열전도저항 ($= d / \lambda$, $m^2 \cdot ^\circ C / kcal$)

α_o : 벽체 외부표면의 열전달율 ($kcal / m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$)

d : 재료의 두께 λ : 재료의 열전도율

α_i : 벽체 내부표면의 열전달율 ($kcal / m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$)

따라서 $\alpha_o = 20$, $\alpha_i = 8$ 일 때, 두께 15cm, 모르타 20mm 내외미장인 외벽체의 열관류율을 통해 단열효과를 검토한 결과는 Fig. 14, 15와 같다.

Fig. 14는 본 연구에서의 실험결과와 열전도율을 적용하여 계산한 벽체의 열관류율과 경량콘크리트의 단위용적중량과의 관계를 나타낸 것이다.

벽체에 사용한 경량콘크리트의 단위용적중량이 증가함에 따라 열관류율은 증가하는 것으로 나타났으며, 폐 EPS 재생 잔골재 또는 굵은골재만을 이용한 경량콘크리트의 단열성능은 기존의 경량콘크리트 1종, 2종과 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 대부분의 경량콘크리트 1종과 2종은 잔골재와 굵은골재 모두를 경량골재로 사용하기 때문에 폐 EPS 재생골재의 단열성능은 기존 경량골재에 비하여 월등히 우수한 것으로 판단된다.

벽체 두께 증가에 따른 열관류율의 변화는 Fig. 15와 같다. 보통콘크리트의 두께 15cm와 동일한 열적성능을 지닌 폐 EPS 재생 잔골재를 이용한 경량콘크리트의 두께는 약 6.4cm이며, 재생 굵은골재를 이용할 경우 약 7.2cm가 된다.

특히, 잔골재와 굵은골재 모두를 폐 EPS 재생골재를 이용한 두께 15cm의 경량콘크리트 벽체는 보통콘크리트 105cm의 단열성능과 유사하며, 이는 두께 15cm의 보통콘크리트 벽체에 열전도율 0.032kcal/mh $^\circ C$ 의 폴리스티렌폼 보온판(비중 0.025~0.029) 20mm를 부착한 벽체와 동일한 단열성능을 나타내는 결과이다.

이상과 같은 결과에서 경량콘크리트의 두께와 같은 보통콘크리트 벽체(두께 15cm, 모르타 20mm내외미장)와 비교하여 보면 폐 EPS 재생 잔골재를 이용할 경우 약 34%, 굵은골재를 이용할 경우 약 30%의 단열효과가 있는 것으로 나타났으며, 잔골재를 폐 EPS 재생골재를 이용할 경우 약 70%의 단열효과가 있어 에너지 절약효과가 우수한 것으로 나타났다.

5. 결론

폐 EPS 재생골재를 이용한 경량콘크리트의 단열성능에 관한 연구를 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 독립공극형 초경량골재인 폐 EPS 재생골재를 이용한 경량골재 콘크리트는 열전도율은 약 0.2kcal/mh $^\circ C$ 로 단열성능이 우수한 것으로 나타났다.
- (2) 비파괴시험 중 초음파전파속도법은 콘크리트 내부의 공극량의 추정에 유효하였으며, 경량콘크리트의 제반물성과의 상관성이 높은 것으로 나타났다.
- (3) 열관류율을 통해 폐 EPS 재생골재를 이용한 경량콘크리트의 단열효과를 분석한 결과, 보통콘크리트에 비하여 약 70%의 단열효과가 있는 것으로 나타났다.

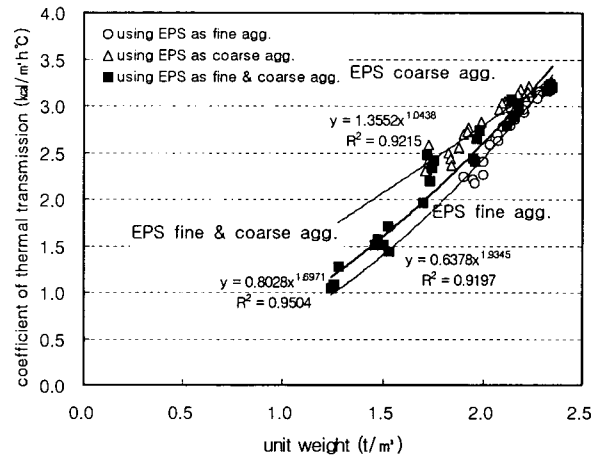


Fig. 14. Relation between unit weight and coefficient of thermal transmission of lightweight concrete

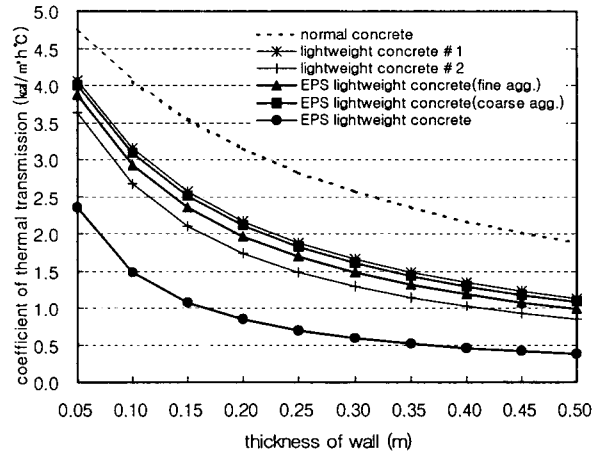


Fig. 15. Relation between thickness of wall and coefficient of thermal transmission of lightweight concrete

(4) 본 연구의 분석결과를 이용한다면 단열성능 및 에너지 절약효과의 예측이 가능한 것으로 판단된다.

이러한 결과는, 최근 건축물 에너지 성능개선을 위한 각종 외피시스템의 개발에 있어 경량콘크리트 계획배합시 건축물의 단열성능을 예측할 수 있는 자료가 될 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. 서치호, 경량콘크리트의 성상에 관한 실험적 연구, 한양대학교 박사학위논문, 1985. 12.
2. 강병희외, 재생 경량골재 콘크리트의 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2001. 03
3. 日本コンクリート工學協會, 高性能輕量コンクリート研究委員會報告書, 2000. 8
4. 小野博宣外, 建築材料-その選擇から施工まで-, 理工圖書, 2001. 4.
5. 友澤史紀ほか2人, 高強度輕量コンクリート造研究開發プロジェクト研究成 果報告集1編, 1988. 8.