

친환경 점토질 다공블럭 벽체의 열성능 분석 연구

A Study on Thermal Performance Analysis of the Sustainable Clayed Hollow Block Wall

장용성* 박효순**
Jang, Yong-Sung Park, Hyo-Soon

Abstract

The purpose of this study is to analysis the thermal performance of the clayed hollow block wall. Its thermal performance was evaluated comparison with the cement block wall, it was generally used in building envelope. To that end, we conducted a insulation performance experiment and heating and cooling load simulation for a respective wall. In addition, we calculated a construction cost for each other's wall.

The results of this study can be summarized as follows. (1) According to experiment of a insulation performance, coefficient of overall heat transmission of the cement block wall and clayed hollow block wall was calculated respectively $2.72\text{W/m}^2\text{K}$ and $1.42\text{W/m}^2\text{K}$. (2) The annular load saving of the clayed hollow block wall was evaluated 1.5% larger than its of the cement block wall. (3) The construction cost of the clayed hollow block wall was calculated 73% more expensive than its of the cement block wall. (4) The construction cost of the clayed hollow block composite wall was calculated 13.7% more expensive than its of the cement block composite wall.

Keywords : Clayed hollow block wall, insulation performance experiment, heating and cooling load simulation

1. 서 론

1.1 연구의 필요성

일반적으로 건물에 많이 사용되는 자재는 시멘트를 이용한 자재와 점토질(황토) 자재를 들 수 있는데 시멘트를 이용한 콘크리트 자재는 환경친화형 재료로 판단하기에는 무리가 있다. 현재 대부분의 건설현장에서 점토질 건축자재보다 시멘트 이용 건축자재를 선호하는 이유는 점토질 자재보다 가격이 저렴하기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 콘크리트 자재의 심각한 문제점은 급격한 산업화의 여파로 강이나 하천오염이 심화되어 양질의 모래나 자갈을 구하기 어려운 상황이고 또한 건물에 사용할 경우 실내오염을 발생시키는 원인을 제공하기 때문에 우리나라의 경우 자재를 구하기 쉽고 자원이 풍부한 점토를 이용하여 다공 블럭을 개발하게 된다면 자원의 효율적 이용과 단열 보강재로서 에너지절감에 기여하게 될 것이며 아울러 치장재로서, 차음재로서 그리고 경량구조재로서 폭넓게 이용될 것이다.

아울러 생산과정에서도 불량품이거나 절단하는 과정에서 발생하는 자투리를 재 수거, 분쇄하여 원자재에 30%를 섞어 사용하기 때문에 완벽하게 재활용이 될 뿐만 아

니라 건물수명이 다하여 폐기되었을 때에도 분쇄 재가공이 가능하여 거의 대부분을 재사용할 수 있기 때문에 콘크리트 폐기물의 오염성과 비교하여 환경보존측면에서도 완벽한 재활용 자재라고 할 수 있으므로 조속히 개발되어야 할 것이라 판단된다.

그러나 현재 국내의 벽돌생산업체는 영세성을 면치 못하고 있는데다 IMF 이후에 급격히 소비량이 감소하여 점토질 다공블럭이나 벽돌개발은 전혀 고려치 못하고 있는 실정이나 개발의 필요성과 중요성을 크게 인식하고 있으며 개발을 통하여 점토질 건축자재의 사용 활성화에 적극 노력하고 있다.

따라서 현재 보유하고 있는 제작기술을 바탕으로 점토질 재료에 기포발생 가능재료(툽밥, 폐지 등)의 혼합기술과 내·외부 사용부위에 따른 적정 소성온도 추출, 그리고 다공화를 위한 자동화기술 개발과 압축강도의 증대기술이 추가적으로 연구, 제시된다면 충분히 예상되는 양질의 점토질 다공 블럭을 개발할 수 있으리라 판단된다. 그리고 건축폐기물의 환경파괴를 최소화할 수 있는 기술개발이 중요하며 이와 같은 친환경 재료가 시급히 개발, 보급되는 것이 필요하다.

1.2 연구목적 및 내용

본 연구는 건축물 외벽에 적용할 수 있는 친환경 점토

* 인하대학교 건축학부 박사과정

** 한국에너지기술연구원 책임연구원, 공학박사

질 다공블럭 벽체의 열적 성능을 분석하는 것이 목적이다. 이를 위해 본 연구에서는 점토질 다공블럭 벽체시편을 제작하였고, 벽체시편에 대한 열적 물성값은 열관류율 시험을 통해 산출하였다. 그리고 점토질 다공블럭 복합벽체를 구성하여 주택 및 학교 건축물의 외벽에 적용한 후 냉난방 시뮬레이션을 수행하였고, 냉난방부하 절감량과 절감율은 건축물 외벽에 일반적으로 사용되는 시멘트벽돌 복합벽체의 시뮬레이션 결과와의 비교를 통해 분석되었다. 이외에 추가로 점토질 다공블럭 벽체와 시멘트벽돌 벽체의 시공비를 비교·검토하였다.

2. 점토질 다공블럭 벽체 시편 제작

점토질 다공블럭 벽체를 구성하는 점토질 다공블럭 시편은 12개의 구멍과 살로 구성되어 있다. 그리고 다공블럭 시편의 전체 및 구멍 크기, 살두께는 그림1과 같다.

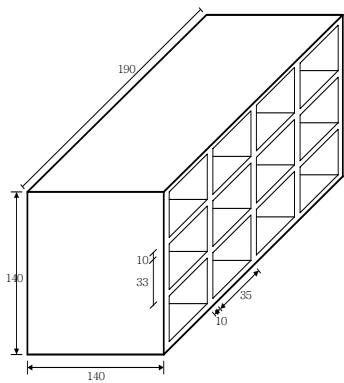


그림1. 점토질 다공블럭 시편 상세

점토질 다공블럭 벽체의 열적 성능 분석을 위해 그림2와 같은 벽체시편을 제작하였고, 현재 건축물에 일반적으로 사용되는 시멘트벽돌 벽체와의 열적 성능 및 경제성 비교를 위해 그림3과 같은 시멘트벽돌 벽체시편 또한 제작하였다. 그리고 각 벽체시편의 사양은 표1과 같다.

표 1. 점토블럭 및 시멘트벽돌 벽체시편사양

구분	점토블럭벽체	시멘트벽돌벽체	비 고
벽체 구성	테라코트 5mm 점토질블럭 190mm 테라코트 5mm	시멘트몰탈 18mm 시멘트벽돌 190mm 시멘트몰탈 18mm	
크기	1,000mm×1,000mm	1,000mm×1,000mm	
무게	182.4kg	444.8Kg	시편제작 7일 경과시
부피	0.2m³	0.226m³	
단위부피당 무게	912kg/m³	1,968.1kg/m³	

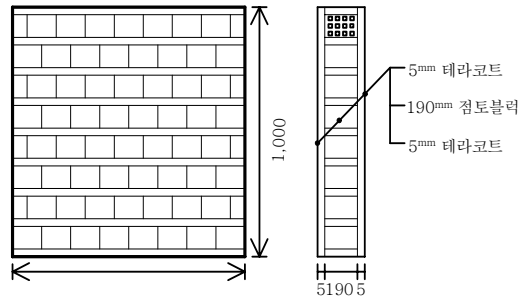


그림 2. 점토질 다공블럭 벽체시편

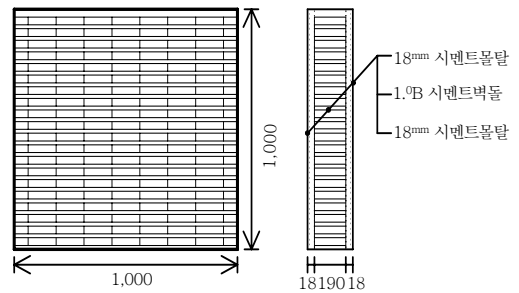


그림 3. 시멘트벽돌 벽체 시편

벽체 시편은 가로 세로 각각 1,000mm의 정방형이며 점토질 다공블럭 벽체는 190mm 두께의 점토블럭을 황토몰탈을 이용하여 조적하였고 양 표면에 테라코트 5mm 두께로 마감처리 하여 총 벽체 두께는 200mm이다. 황토몰탈은 운모석과 황토 그리고 백시멘트를 1:3:1 비율로 배합한 재료를 사용하였다. 한편, 시멘트벽돌 벽체 시편은 190mm (1.0B) 두께의 시멘트벽돌을 쌓고 양 표면에 각각 18mm 두께의 시멘트몰탈을 시공하였으며 총 벽체 두께는 226mm이다. 그림 4 및 그림 5는 시편 제작과정을 나타낸 것이다.



그림 4. 점토질 다공블럭 벽체시편



그림 5. 시멘트벽돌 벽체시편

3. 점토질 다공블럭 벽체의 열성능 시험

3.1 시험개요

점토질 다공블럭 벽체시편 및 시멘트벽돌 벽체시편에 대한 열관류시험은 그림6의 열관류시험 장치를 이용하여 실험이 이루어졌다. 그림7은 시료 지그에 각각의 시편을 설치한 것을 나타낸 것으로 지그의 내경은 1,500mm×1,500mm로 되어 있는데 반해 시편의 크기는 1,000mm×1,000mm이므로 나머지 부분을 열저항 값이 큰 단열재 250mm 두께의 스티로폼을 밀실하게 채워 넣어 보강하였다.



그림 6. 열관류 시험장치



그림 7. 벽체시편 지그 설치

3.2 시험방법

열관류저항 측정에는 KS F2278(창호의 단열성 시험 방법-1998)에서 규정한 방법에 의하여 가열상자와 저온실 간의 개구부에 시험체를 설치, 규정된 온도 조건에서 정상상태에 도달한 후 가열상자 및 저온상자의 공기온도, 가열상자 공급량 등을 측정하고, 표면 열전달저항을 보정하여 주어진 계산식에 의하여 측정하였다.

가열상자 및 저온실의 기류조건은 표준관에 의한 표면 열전달저항의 설정시와 동일하게 하며, 이 때 표면 열전달저항의 보정값은 표2와 같다. 그리고 향온실, 가열상자 및 저온실의 온도설정에는 표3과 같다.

표 2. 표면 열전달저항 보정값

구분	기준값	표준관 측정값	표면 열전달저항 보정값(ΔR, m ² K/W)
가열상자	0.11	0.116	ΔR=0.16-(0.116+0.046)
저 온 실	0.05	0.046	=-0.002

표 3. 온도설정

구 분	설 정 온 도(℃)
향온실, 가열상자	20±1.0
저 온 실	0±1.0

온도측정은 그림8과 같이 가열상자 공기, 향온실 공기, 저온실 공기 및 시험체 각 부분에 대하여 측정하되 향온실 공기온도는 5개소, 가열상자, 저온실 공기 및 시험체 표면온도는 각 9개소를 측정하였다.

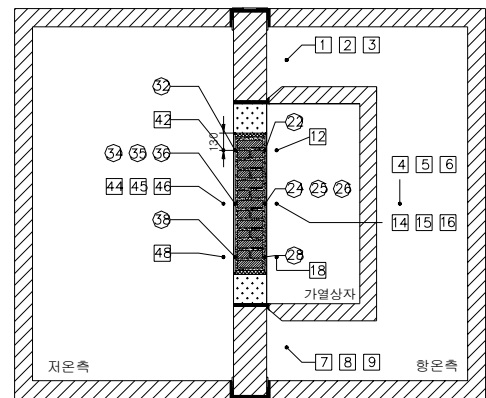


그림 8. 가열상자내의 온도측정 센서 위치 (○ : 시험체 표면온도, □ : 공기온도측정)

3.3 시험결과

점토질 다공블럭 벽체(220mm)와 시멘트벽돌 벽체(226mm)에 대한 단열성능 시험 결과는 표4 및 표5와 같다. 온도 및 열량의 측정횟수는 정상상태가 된 후, 30분 간격을 3회 측정하였고 열관류저항은 3회의 측정결과를 이용하여 식(1)에 따라 각각 구하여 평균값을 구하였다. 점토질 다공블럭과 시멘트벽돌 벽체시편의 열관류율은 각각 1.42(W/m²K)와 2.72(W/m²K)로 점토질 다공블럭 벽체시편의 단열성능이 1.5배 이상 우수한 것으로 평가되었다. 이는 본 연구에서 제작한 벽체시편에 대한 산출값으로 크기와 건축물 벽체로 사용되는 경우에는 다소 상이할 수 있다.

표 4. 단열성능 시험결과(점토질 다공블럭 벽체)

	횟 수	열 량 (W)	가열상자공 기온도 (℃)	저온실 공기온도 (℃)	향온실 공기온도 (℃)	열관 류율 (W/m ² K)
측정 결과	1	31.89	20.01	0.05	20.14	1.42
	2	32.14	19.93	0.04	20.13	1.43
	3	31.65	19.86	0.06	20.13	1.42
열관류저항(R, m ² K/W)						0.70
열관류율(K, W/m ² K)						1.42

표 5. 단열성능 시험결과(시멘트벽돌 벽체)

	횃수	열량 (W)	가열상자공 기온도 (°C)	저온실 공기온도 (°C)	항온실 공기온도 (°C)	열관류율 (W/m²K)
측정 결과	1	60.58	20.04	0.21	20.16	2.71
	2	60.33	19.97	0.23	20.13	2.72
	3	60.58	19.96	0.17	20.13	2.72
열관류저항(R, m²K/W)						0.37
열관류율(K, W/m²K)						2.72

$$R = \frac{1}{K} = \frac{(\theta_{ha} - \theta_{ca}) \times A}{Q} + \Delta R \quad (1)$$

4. 열성능 냉난방부하 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 개요

점토질 다공블록 벽체의 열성능을 검토하기 위한 시뮬레이션 프로그램으로는 비정상 열해석이 가능하며, 태양열 및 건물 에너지해석 분야에서 신뢰성이 입증되어 범용적으로 사용되고 있는 미국 Wisconsin 대학의 SEL(Solar Energy Lab.)에서 개발한 TRNSYS 15.3을 사용하였다.

시뮬레이션에서 사용되는 외기온, 상대습도, 일사량, 풍속 및 풍향등과 같은 기상데이터는 기상청에서 제공된 대전 지방의 30년치 평균값을 사용하였다.

4.2 재료의 물성치

본 연구의 시뮬레이션에 사용된 건축재료의 물성치는 표6 및 표7과 같다. 여기서, 시멘트 벽돌벽체는 점토질 다공블록 벽체의 열성능을 정량적으로 계산하는데 있어 기준이 되는 벽체이다.

표 6 시멘트 벽돌 벽체의 물성치

재료명	열전도율 (W/mK)	밀도 (kg/m³)	비열 (J/kgK)	두께 (mm)	열관류율 (W/m²K)
적벽돌	0.78	1.650	840	90	0.374
스치로폼	0.036	30	1.250	75	
시멘트벽돌	0.62	1.600	840	190	

표 7. 점토질 다공블록 벽체 물성치

재료명	열전도율 (W/mK)	밀도 (kg/m³)	비열 (J/kgK)	두께 (mm)	열관류율 (W/m²K)
적벽돌	0.78	1.650	840	90	0.364
스치로폼	0.036	30	1.250	75	
다공블록	0.5	1,800	880	190	

4.3 냉난방부하 시뮬레이션 조건

주택(2층 주택, 157.24m²) 및 학교(5층 규모, 11,785.32 m²)을 대상으로 시멘트 벽돌 벽체 대비 점토질 다공블록 벽체의 열성능을 계산하기 위한 시뮬레이션 조건은 표8과 같다. 주택의 경우 내부발열을 고려하지 않았으며, 학교 건물의 경우 수업용 목적으로 사용되는 실과 이 외의 기타 실에서는 내부발열 및 공조스케줄을 별도로 작성하여 냉·난방부하를 계산하여야 하나 본 연구에서는 두 외벽체의 열적성능만을 비교하기 위해 고려하지 않았다.

표 8. 냉·난방 시뮬레이션 조건

설정항목	주택	학교
난방설정온도	20°C	20°C
냉방설정온도	26°C	26°C
환기 횃수	0.5회/h	1.0회/h
내부발열	미고려	미고려
스케줄	24시간 냉·난방	24시간 냉·난방

4.4 냉난방부하 시뮬레이션 결과

표9는 주택을 대상으로 하여 시멘트 벽돌 벽체와 점토질 다공블록 벽체의 월 냉·난방부하를 비교한 것이다. 시멘트벽돌 벽체 대비 점토질 다공블록 벽체 주택의 총 부하 절감율은 약 1.3%, 즉 연간 총 부하 절감량은 218(kWh)로 나타났다.

표 9. 냉난방부하 절감량 비교(주택)

냉·난방부하(kWh)		절감량 (kWh)
시멘트벽돌	점토질 다공블록	
-3,052	-2,989	-63
-2,258	-2,222	-36
-1,420	-1,396	-24
-288	-277	-11
308	307	-1
877	872	-5
1,387	1,382	-5
1,886	1,880	-7
809	815	6
210	227	18
-1,091	-1,049	-43
-2,567	-2,519	-48

(-) 기호는 난방부하를 나타냄

표10은 학교건물을 대상으로 하여 시멘트벽돌 벽체와 점토질 다공블록 벽체의 월 냉·난방부하를 비교한 것이다. 시멘트 벽돌 벽체 대비 점토질 다공블록 벽체 학교의 총 부하 절감율은 대략 1.0%, 즉 연간 총 부하 절감량은 6,110(kWh)로 나타났다.

표 10. 냉난방부하 절감량 비교(학교)

냉 · 난방부하(kWh)		절감량 (kWh)
시멘트벽돌	점토질 다공블럭	
-130,983	-130,390	-1,593
-105,897	-104,977	-920
-76,807	-76,246	-561
-31,088	-31,000	-88
-5,467	-5,473	6
9,546	9,362	-185
21,498	21,272	-225
31,547	31,252	-295
7,107	7,279	172
-16,838	-16,408	-430
-65,384	-64,591	-793
-114,807	-113,609	-1,198

(-) 기호는 난방부하를 나타냄

이상의 결과를 고려해 볼 때 기존의 시멘트벽돌 벽체 대신 점토질 다공블럭 벽체를 사용하는 경우 미미는 하나 냉난방부하를 절감시킬 수 있는 것으로 분석되었다. 주택과 학교 건축물의 절감량은 상당한 차이가 있으나 이는 규모의 차이로 발생하는 결과일 뿐 절감율은 유사한 것으로 평가되었다. 또한 친환경적이면서도 재활용이 가능한 건축재료의 대체로 인해서 시멘트 재료에서 발생되는 유독가스량을 감소시킬 수 있다. 그러므로 최근 사회적으로 문제가 되고 있는 “병든건물증후군(Sick Building Syndrome)” 등의 원인을 근본적으로 해결할 수 있을 것이라 판단된다.

5. 경제성비교

5.1 단일벽체 시공비 비교

기존의 시멘트벽돌 벽체와 본 연구에서 개발된 점토질 다공블럭 벽체의 경제성을 비교해 보기 위해 시공비를 산출하였다. 표11 및 표12 는 각각 시멘트벽돌 벽체 및 점토질 다공블럭 벽체의 단위면적 당 시공비 계산 결과를 보여 주고 있다. 점토질 다공블럭은 현재 국내에서 생산되지 않아서 단가의 파악이 불가능하므로 이의 보완책으로 추정치를 산출하였다. 시멘트 벽돌, 시멘트 블럭(8인치) 및 점토벽돌의 단가를 조사한 후 다음과 같은 비례식으로 점토질 다공블럭의 단가를 추정 산출하였다.

시멘트 벽돌(43원/장) : 시멘트 블럭(620원/장)
 = 점토벽돌(240원/장) : X

이와 같은 방법으로 산출한 시공비는 시멘트 벽돌 벽체 38,950원/m², 점토질 다공블럭 벽체 67,968원/m²으로 약 73% 만큼 점토질 다공블럭 벽체의 시공단가가 고가인 것으로 분석되었다. 그러나 향후 점토질 다공블럭의 양산에 따른 정확한 단가에 의한 정밀 계산이 필요한 것으로 판단된다.

표 11. 시멘트벽돌 벽체(1.0B, 200mm) 면적당(m²) 시공비

품명	단위	단가	재료비		인건비	
			수량	비용	수량	비용
시멘트벽돌	매	43	149	6,407	-	-
시멘트	kg	90.9	25,077	2,279.5	-	-
모래	m ³	20,000	0.054	1,080	-	-
조적공	인	83,651	-	-	0.238	19,908.9
보통인부	인	50,683	-	-	0.183	9,274.9
합계	-	-	-	9,766.5	-	29,183.8

* 2003년 5월 물가자료 참고

표 12. 점토질 다공블럭 벽체(1.0B, 200mm) 면적당(m²) 시공비

품명	단위	단가	재료비		인건비	
			수량	비용	수량	비용
점토블럭	매	3,460	13	44,980	-	-
시멘트	kg	90.9	5.1	463.5	-	-
모래	m ³	20,000	0.011	220	-	-
조적공	인	83,651	-	-	0.2	16,730.2
보통인부	인	50,683	-	-	0.11	5,575.1
합계	-	-	-	45,663.5	-	22,305.3

5.2 복합벽체 시공비 비교

복합벽체로 구성되었을 때의 시공비 비교를 위한 기타 건축 재료별 시공비는 표13과 같다.

표 13. 복합벽체 구성재료의 시공비

품명	단위	단가	재료비		인건비		
			수량	비용	수량	비용	
적벽돌 (0.5B)	적벽돌	매	240	75	18,000	-	-
	시멘트	kg	90.9	12.432	1,130	-	-
	모래	m ³	20,000	0.023	460	-	-
	치장벽돌공	인	81,817	-	-	0.2175	17,759.1
	줄눈공	인	77,158	-	-	0.0675	5,208.1
	보통인부	인	50,683	-	-	0.156	7,906.5
단열재	스티로폼(50mm)	m ²	1,851	1.1	2,036.1	-	-
	접착제	kg	2500	0.035	87.5	-	-
	조적공	인	83,651	-	-	0.028	2342.2
시멘트물탈	시멘트	kg	90.9	10.557	959.6	-	-
	모래	m ³	20,000	0.0227	454	-	-
	미장공	인	89,051	-	-	0.13	11,576.6
	보통인부	인	50,683	-	-	0.148	7,501
합계	-	-	-	23,127.2	-	52,329.5	

* 2003년 5월 물가자료 참고

시멘트벽돌 복합벽체는 외부로부터 적벽돌 0.5B, 스티로폴 50mm, 시멘트벽돌 1.0B 및 시멘트몰탈 18mm로 구성되어 있으며, 점토질 다공블럭 복합벽체는 외부로부터 적벽돌 0.5B, 스티로폴 50mm, 점토질 다공블럭 200mm 및 시멘트몰탈 18mm로 되어 있다. 시멘트벽돌 및 점토질 다공블럭 복합벽체의 시공비는 114,729원/㎡ 및 130,435원/㎡으로 산출되었다. 즉 점토질 다공블럭 복합벽체가 약 13.7%만큼 고가인 것으로 분석되었다. 점토질 다공블럭의 친환경성을 살리기 위해서는 내부 마감재로서 시멘트몰탈을 대체할 수 있는 재료의 선택과 개발이 필요하다.

5.3 벽체 대안별 시공비 비교

단독주택(157.24㎡) 및 학교건물(11,785.32㎡)을 대상으로 하여 일반 벽체를 기준으로 벽체 구성을 변경시킨 대안-1, 대안-2 및 대안-3에 대해 시공비를 산출하였고, 계산결과를 표14와 표15에 비교하여 나타내었다.

표 14. 벽체 대안별 시공비 비교(주택)

구분	기존 건물	대안-1	대안-2	대안-3
벽체 구성	시멘트몰탈 (18mm)	점토블럭 (200mm)	점토블럭 (200mm)	점토블럭 (200mm)
	시멘트벽돌 (1.0B)	스티로폴 (75mm)	스티로폴 (50mm)	스티로폴 (50mm)
	스티로폴 (50mm)	적벽돌 (0.5B)	마감재	점토블럭 (90mm)
	마감재			수지몰탈 (15mm)
시공비	32,595천원	56,114천원	40,660천원	56,416천원

표 15. 벽체 대안별 시공비 비교(학교건물)

구분	기존 건물	대안-1	대안-2
벽체 구성	시멘트몰탈 (18mm)	점토블럭 (200mm)	점토블럭 (200mm)
	시멘트벽돌 (1.0B)	스티로폴 (75mm)	스티로폴 (50mm)
	스티로폴 (50mm)	적벽돌 (0.5B)	마감재
	마감재		
시공비	472,396천원	634,718천원	518,681천원

기준이 되는 일반 벽체는 시멘트 벽돌 1.B 쌓기에 외단열 시스템을 채용하고 있으며 대안-1 방식은 내측 점토블럭 200mm 및 외측 적벽돌 0.5B 쌓기에 중단열 시스템이 적용되었다. 그리고 대안-2 방식은 점토블럭 200mm 쌓기에 외단열 시스템으로 되어 있으며 대안-3 방식은 내외부 각각 점토블럭 200mm 및 90mm 쌓기에 중단열 50mm로 계획되어 있다. 여기서 건물 구조 및 기타 부문은 동일한 조건으로 가정하였기 때문에 시공비는 순수 벽체 구성의 변화에 따른 증감을 나타내고 있다. 점토블럭으로 구성된 벽체가 일반 벽체에 비해 고가인 것으로 분석되었고, 점토블럭의 단가 산출이 부정확하고 또한 대량 생산에 따른 단가 조절의 예측이 불가능함을 감안할 때, 향후 이에 대한 정밀 분석이 요구된다.

6. 결 론

본 연구에서는 시멘트벽돌 벽체시편과 점토질 다공블럭 벽체 시편을 제작한 후 각 벽체의 열성능을 열관류시험을 통해 평가하였다. 그리고 주택 및 학교 건축물의 외벽에 두 단일벽체를 복합벽체로 구성하여 적용한 후 냉난방부하 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 시멘트벽돌 벽체와 점토질 다공블럭 벽체의 시공비를 단일벽체와 복합벽체로 구성된 경우로 나누어 검토하였다. 이상의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 시멘트벽돌 및 점토질 다공블럭 벽체 시편의 열관류율은 각각 2.72(W/㎡K)과 1.42(W/㎡K)로 점토질 다공블럭 벽체 시편의 열성능이 1.5배 이상 우수한 것으로 평가되었다.

(2) 시멘트벽돌 벽체 대비 점토질 다공블럭 벽체 주택의 연간부하 점감율은 약 1.3%, 연간부하 절감량은 218(kWh)로 나타났고, 학교의 연간부하 절감율은 1.0%, 연간부하 절감량은 6,110(kWh)로 나타났다.

(3) 시멘트 벽돌 벽체와 점토질 다공블럭 벽체의 시공비는 각각 38,950원/㎡과 67,968원/㎡로 73% 만큼 점토질 다공블럭 벽체의 시공단가가 고가인 것으로 분석되었다.

(4) 시멘트벽돌 복합벽체와 점토질 다공블럭 복합벽체의 시공비는 각각 114,729원/㎡과 130,435원/㎡로 산출되었고, 점토질 다공블럭 복합벽체가 약 13.7%만큼 고가인 것으로 분석되었다.

기호설명

- A 전열 개구면적(㎡)
- θ_{ia} 가열 상자내 평균 공기온도(K)
- θ_{ca} 저온 실내 평균 공기온도(K)
- Q 가열 상자내 공급열량(W)

참고문헌

1. R.C. Valore, Jr., 'Calculation of U-value of hollow concrete masonry', American concrete institute, 1980.
2. H.S. Carslaw and J.C. Jaeger, 'Conduction of Heat in Solids', Oxford University Press., Oxford, 1959.
3. Rohsenow, Hartnett. Ganic, 'Handbook of Heat Transfer Fundamentals', McGraw-hill, 1985.
4. Rules THK77, Rules for calculating practical thermal properties of structural components, SCTB, 1977.
5. J. Fricker, 'Computational Analysis Of Reflective Air Spaces', AIRAH Journal, 1997.
6. ASHRAE Handbook - 1993 Fundamentals, Chapter 20.7 - Thermal Insulation and Vapor Retarders- Fundamentals, Factors Affecting Heat Transfer Across Air Spaces, American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers, Inc.
7. ASTM C 518-98, "Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus", 2001 Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.06, 2001, pp.174-185.