

스틸 하우스 적용 스틸 스티드의 형상에 따른 단열성능 비교 연구

장철용*, 이나은**, 엄은정***

*한국에너지기술연구원(cyjang@kier.re.kr), **충남대학교 건축학과(qwert0708@hanmail.net),
***충남대학교 건축학과(omunjong@nate.com)

A Comparison Analysis on Thermal Performance According to Shape of Steel Stud Applied to Steel House

Jang, Cheol-Yong*, Lee, Na-Eun**, Um, Eun-Jung***

*Dept. of Building Energy, Korea Institute of Energy Research(cyjang@kier.re.kr),
**Dept. of Architectural Design, Chungnam National University(qwert0708@hanmail.net),
***Dept. of Architectural Design, Chungnam National University(omunjong@nate.com)

Abstract

The dry wall using steel stud is used to buildings in the inside and outside of the country because it has the merit that application is possible to various architecture. The purpose of this study is to measure thermal performance of dry wall which uses steel stud transformed one by using measurement equipment to decrease heat bridge of steel stud and ensure heat performance as dry wall. As a comparative performance test result, dry wall which uses steel stud transformed one has a performance enhancement compare with the dry wall using general steel stud.

Keywords : 스틸 스티드(Steel stud), 단열성능(Thermal performance), 건식벽체(Dry wall), 열관류율(U-Value)

기 호 설 명

R	: 열관류저항 [$m^2 \cdot K/W$]
K	: 열관류율 [$W/m^2 \cdot K$]
A	: 전열 개구 면적 [m^2]
Θ_{Ha}	: 가열 상자 내 평균 공기 온도 [K]
Θ_{Ca}	: 저온실 내 평균 공기 온도 [K]
Q_H	: 가열 장치 공급 열량 [W]
Q_F	: 기류 교환 장치 공급 열량 [W]
Q_l	: 교정 열량 [W]

1. 서 론

건물에서 발생하는 에너지손실은 건물의 벽체나 지붕, 그리고 창 등을 통해 이루어진다. 현재 우리나라의 건축법과 에너지이용합리화법에서 규정하고 있는 건물외피에 대한 열관류율은 외벽이 $0.3 \sim 0.5 W/m^2K$ 이지만, 이보다 나은 열관류율의 성능을 확보할 수 있는 외피 개발 기술 수요는 증대하고 있다.

경량철골 건축물인 스틸하우스는 약 1mm의 아연도금 강판을 C자형으로 냉간성형하여 만든 내력벽식 구조체로 주요 구조체가 건식공법으로 설계되어 공사기간 단축과 이에 따른 경제성 확보에 유리하다.

스틸 스티드를 사용한 건식벽체는 다양한 건축물에 적용이 가능한 장점을 가지고 있어, 빠른 속도로 국내외에서 건축물에 사용되고 있다. 그러나 스틸 스티드 건식벽체 시스템은 구조체로서 강재인 스틸 스티드를 사용하기 때문에 스틸의 열전도율이 커 기존의 콘크리트조나 조적조 등의 벽체와는 다른 열적 특성을 나타내고 있다.

따라서 스틸 스티드 건식벽체 시스템의 단열성능을 향상시키기 위해서는 열교현상을 저감시키는 것이 필요하며 이를 위한 방법으로서 부재 자체의 단열 성능을 향상시킨 자재를 사용한다면 벽체에 부착되는 단열재의 양을 줄일 수 있어 보다 경제적인 벽체를 만들 수 있게 된다.

본 연구는 스틸 하우스에 적용되는 스틸 스티드의 열교현상을 줄이고 건식벽체로써의 열성능을 확보하기 위해서 스틸 스티드의 형상을 변화시켜 단열성능을 측정하고자 한다.

2. 국내 단열성능 기준

건축법상의 부위별 단열기준은 벽체의 열관류율이나 단열재의 두께를 제한하는 방법으로, 작성이나 확인과정이 간편하다는 장점이 있으나 건물의 종합적인 열성능 및 설계의 융통성을 보장하기 힘든 문제점이 있어 에너지 절약을 위한 최소기준으로 이용되고 있다. 특히, 스틸 스티드 벽체의 경우는 스틸 스티드의 열교현상으로 인하여 단열재 두께 기준을 그대로 적용하기에는 무리가 따른다. 지역별 건축물 부위의 열관류율은 표 1과 같다.

표 1. 지역별 건축물 부위의 열관류율표
(단위 W/m^2K)

지역		중부	남부	제주
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우	0.47	0.58	0.76
	외기에 간접 면하는 경우	0.64	0.81	1.10
공동주택의 축벽		0.35	0.47	0.58

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

실험장치는 KS F 2277에 준하여 Cooling AHU, 저온실, 가열실, 향온실로 구성되어 있으며 가열실 내부기류 교환장치, 저온실 냉풍취출장치, 온도측정장치, 전력측정장치 등을 갖추고 있다. 실험장치의 구성과 외형은 그림 1과 같다.

저온실은 Cooling AHU로부터 냉풍을 공급받아서 취출하는 냉풍취출장치를 갖추고 있으며 시험체를 사이에 두고 향온실과 인접하고 있다.



그림 1. 열관류율 측정장치

저온실은 0℃ ~ -20℃ 전후의 일정온도로 제어할 수 있고 그 온도분포가 저온실내의 온도측정위치에 대해서 1℃ 이상의 오차가 발생하지 않도록 하였다.

냉풍취출장치는 저온실의 공기를 시험체 표면에 균일하게 흐를 수 있도록 하고 소정의 표면 열전달 저항이 얻어질 수 있도록 덕트의 개도를 조절하거나 인버터를 이용하여 팬의 회전수를 조절하는 방법으로 풍속을 조정할 수 있도록 하였다.

가열실은 가열실내의 공기온도를 0~40℃ 전후로 설정할 수 있으며 그 온도분포는 가열실내의 온도측정위치에 대해서 1℃ 이상의 오차가 발생하지 않는 가열장치 및 기류교반장치를 갖추고 있으며 가열실의 외벽은 열 및 공기의 출입이 최소화되도록 단열된 기밀한 구조로 하였으며 주위 벽은 폴리스틸렌폼 100mm를 삽입한 패널을 사용하여 열저항은 3.4W/m²K로 하였다.

가열장치로는 그 표면온도를 가능한 한 낮게 유지할 수 있는 것을 이용하였고, 발열체로부터의 복사를 방지하기 위하여 복사차단판을 사용하였다. 또한 가열장치의 온도제어는 PID controller를 이용하였다.

기류교반 장치는 가열장치에서 발생된 열을 신속하게 가열실 내부로 이동 시켜서 실내의 온도편차를 감소시키기 위하여 가열장치의 직하부에 설치하였다.

향온실은 가열실을 수용할 수 있고, 가열실과의 간격이 800mm가 되는 크기로 하였다. 또한 가열실과의 열출입이 없도록 가열실과

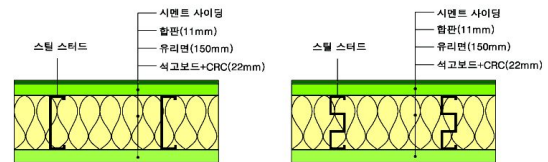
동일한 20℃ 전후의 일정온도로 유지시키고 1℃ 이상의 오차가 발생하지 않도록 설계하였으며 그리고 온도분포가 균일하게 되도록 배려하였다.

온도측정센서는 교정용 bath를 이용하여 0.1℃ 이내까지 교정한 0.25mm의 T-type 열전대를 사용하였으며 온도기록은 데이터로거(HP 34970A)를 사용하였다.

3.2 시험체

본 연구에서는 기존의 스틸하우스에서 일반적으로 사용되고 있는 스틸 스티드 건식벽체와 스티드의 형상을 변화시킨 건식벽체를 시험체로 선정하였다.

시험체는 열관류율 측정장치 개구부(2000×2000mm)에 설치하기 위하여 가로세로 각 50mm의 공간의 여유를 두고 1950mm×1950mm의 크기로 제작하였다. 시험체의 단면구성은 그림 2와 같다.



a) 건식벽체의 단면구성



b) 건식벽체 사진

그림 2. 스틸 스티드 분석을 위한 건식벽체

3.3 실험방법

본 연구에서 실내·외 기후조건을 조성하기 위하여 KS F 2277 ‘건축용 구성재의 단열성 측정 방법’의 교정 열상자법을 이용하였다.

열관류율 계산법은 다층의 레이어로 구성

된 벽체의 경우 각 레이어의 두께와 열전도율을 대입하여 전체 벽체의 열관류율을 계산하는 방법으로서 시험체의 열관류율은 식(1)과 같다.

$$R = \frac{1}{K} = \frac{(\theta_{Ha} - \theta_{Ca})A}{Q_H + Q_F - Q_I} + \Delta R \dots \dots \dots (1)$$

- K: 열관류율(W/m² · K) {Kcal/m² · h · °C}
- A: 전열 개구 면적(m²)
- θ_{Ha} : 가열상자 내 평균 공기 온도(K) {°C}
- θ_{Ca} : 저온실내 평균 공기 온도(K) {°C}
- Q_H : 가열 장치 공급 열량(W) {Kcal/h}
- Q_F : 기류 교환 장치 공급 열량(W) {Kcal/h}
- Q_I : 교정 열량(W) {Kcal/h}

그림 3은 벽체의 열관류율을 측정하기 위해 시험체를 시험 장치에 설치한 모습이다.



그림 3. 건식벽체 설치모습

온도측정은 그림 3에서 나타낸 바와 같이 가열실 공기, 향온실 공기, 저온실 공기에 대해서 수행한다. 가열실 공기온도 및 저온실 공기온도의 측정위치는 시험체의 크기에 관계없이 동일면 9점으로 한다. 또한 향온실의 경우 9점에서 공기온도를 측정하였다.

측정을 위하여 향온실, 가열실 및 저온실의 목표 설정온도는 표 2와 같다.

표 2. 설정온도조건

가열실	저온실	향온실
20°C	0°C	20°C

4. 실험결과 및 고찰

스터드의 형태별로 구분한 건식벽체를 열관류율 측정기기에 설치하여 측정한 결과 시험체별 열관류율은 표 3과 같이 나타났다.

Type1의 경우 스틸하우스에서 사용하는 일반적인 스틸 스테드 건식벽체의 열관류율을 측정한 것이고 Type2의 경우 스틸 스테드의 웹길이를 늘림으로써 스테드 자체의 형상을 변형시킨 건식벽체의 열관류율을 측정한 것이다.

표 3. 벽체의 단열성능 측정결과

구분	Type1	Type2
스터드 형상		
열관류율(W/m ² K)	0.48	0.33

그림 4는 열관류율 측정장치에 시험체를 설치하는 사진으로 측정장치의 틀에 시험체를 맞춘 후 단열성을 유지시키기 위해 열관류율 측정장치와 시험체의 틈새에 보온재를 삽입한 뒤 테이핑 작업을 하는 모습이다. 이 작업이 완료되면 벽체의 양면에 센서를 달고 열관류율을 측정한다.



그림 4. 시험체 설치모습

그림 5는 스테드 형상에 따른 열관류율을 도식화 한 것으로 비교 성능 시험결과 스테드의 자체 형상을 변형시킨 건식벽체의 열관류율은 0.33W/m²K로 열관류율값이 0.48W/m²K로 측정된 일반 건식벽체에 비해 32.4%

의 성능향상이 있었다. 이것은 스티드의 웹 길이를 늘려줌으로써 실내에서 실외로 열이 빠져나가는 시간을 지연시켜 벽체의 단열 성능을 향상시켜주는 것으로 생각된다.

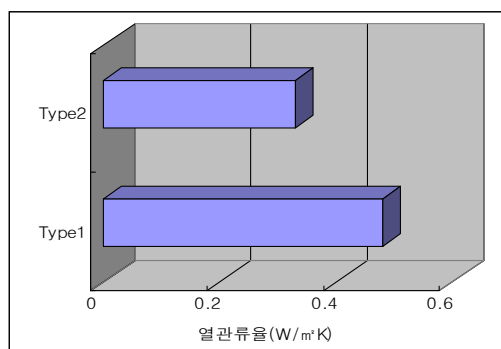


그림 5. 스티드 형상에 따른 열관류율

5. 결론

스틸 스티드를 사용한 건식벽체는 다양한 건축물에 적용이 가능한 장점을 가지고 있어, 빠른 속도로 국내외에서 건축물에 사용되고 있다.

본 연구는 스티드하우스에 적용되는 스티드 스티드의 단열성능을 향상시킬 수 있도록 스티드의 형상을 개발하여 평가한 연구로서 그 결과는 아래와 같다.

스티드의 형태별로 구분한 건식벽체를 열관류율 측정기에 설치하여 측정한 결과 스티드의 형상을 변형시킨 건식벽체 Type2의 열관류율은 $0.33\text{W/m}^2\text{K}$ 이고 일반 스티드 적용 건식벽체 Type1은 열관류율값이 $0.48\text{W/m}^2\text{K}$ 로 측정되었다. 일반 스티드 적용 건식벽체에 비해 스티드 형상을 변형시킨 건식벽체의 단열성능이 약 32.4% 향상 되었다.

형상 변형 스티드 스티드는 스티드하우스와 같은 건식 내력벽체의 단열설계 뿐만 아니라 초고층 공동주택과 주상복합이나 오피스용으로 사용되고 있는 비내력 벽체용 건식벽체의 설계에도 적용이 가능할 것으로 예상된다.

후 기

본 연구는 지식경제부 에너지 자원 기술 개발 사업인 “건물에너지 절약을 위한 단열 성능 향상 건식벽체 단열스티드 대량생산 기술개발 및 시범사업 적용연구” 지원 사업으로 수행되었음을 알려드립니다.

참고문헌

1. 장철용, 초단열 슈퍼윈도우의 열성능평가 연구, 태양에너지학회 춘계학술발표대회, 2008.4.
2. 유영동, 스티드 스티드 건식벽체의 벽체 구조에 따른 단열성능에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 25권 6호, 2009.6.
3. Kosny, J. and J. E. Christian, 1995, Thermal evaluation of several configurations of insulation and structural materials for some metal stud walls, Energy and Buildings.
4. H. A. Trethewen, 1988, Thermal insulation and contact resistance in metal-framed panels, ASHRAE transactions, 94(2).
5. ASHRAE, 1993, ASHRAE HANDBOOK-FUNDAMENTALS, SI edition, Atlanta
6. AISI, 1998, Student Manual Residential Steel Framing, 1st ed, Washington.
7. AISI, 1995, Technical Data - Thermal Design Guide for Exterior Walls.