

## 여름철 엠보싱 샌드위치 패널의 열적 성능에 관한 연구 - 평판 샌드위치 패널과 비교를 중심으로 -

손 철 수

계명대학교 건축공학과

### A Study on the Thermal Performance of Embossing Surface Sandwich Panel During the Summer

Cheol Soo Son

Department of Architectural Engineering, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

(Received February 21, 2000; revision received August 29, 2000)

**ABSTRACT:** The purpose of this research is to investigate the thermal performance of embossing surface sandwich panel and flat surface sandwich panel during the summer. To do this research, thermal performances in summer season at the six points of embossing surface sandwich panel and flat surface sandwich panel are investigated focusing on the temperature. Three kinds of embossing surface sandwich panel and one kind of flat surface sandwich panel are used for this research. At the same size of sandwich panel, the average temperature differences of flat surface sandwich panel between average temperature at the 0.5 mm below copper plate and average outside air temperature and surface temperature are higher than those of embossing surface sandwich panel. The average heat transfer rate of flat surface sandwich panel is higher than that of embossing surface sandwich panel.

More study will be needed about the size of diameter and height of embossing, and materials of embossing surface sandwich panel.

**Key words:** Embossing surface sandwich panel(엠보싱 샌드위치 패널), Flat surface sandwich panel(평판 샌드위치 패널), Thermal performance(열적 성능), Heat transfer rate(열 전류율)

#### 1. 서 론

최근 콘크리트 구조물보다는 비중과 중량이 작은 경량재를 사용하는 추세에 따라 건축구조물에서 많이 사용되고 있는 패널은 여러 유형이 있으나, 그 중에 평판 샌드위치 패널이 건축 자재로

많이 사용되고 있다.

평판 샌드위치 패널은 시공시 미끄럼으로 인한 문제점, 실내누수현상 및 단열재와의 박리 현상이 나타나는 문제점이 있다. 개발될 샌드위치 패널은 여러 가지 비효율적인 문제를 해소할 수 있고 열적 성능이 우수한 합리적이고 경제성이 있는 패널 형식이어야 한다.

본 연구에서는 여름철 엠보싱 샌드위치 패널에 대한 성능의 규명을 목적으로 성능평가를 위해 건물의 물리적 성능요소 중에서 열적 성능에 관

\* Corresponding author

Tel.: +82-53-580-5341; fax: +82-53-580-5928

E-mail address: sonc@kmucc.keimyung.ac.kr

한 일반적 사항과 성능 향상을 위하여 고려하여야 할 사항에 대하여 검토·고찰할 것이다. 세 가지 종류의, 각 엠보싱을 연결하는 통로를 가진 엠보싱 샌드위치 패널과 한 종류의 평판 샌드위치 패널을 제작하여 각 종류에 대한 열적 성능의 평가를 시행하고자 한다. 이 평가를 바탕으로 열적 성능과 경제성이 우수한 합리적인 새로운 샌드위치 패널을 개발함에 목적이 있다.

## 2. 시험체의 개요 및 특성

### 2.1 시험체의 개요

개발, 제품화되어야 할 새로운 샌드위치 패널은 샌드위치 패널의 적합한 형상 및 두께를 결정하는 문제에서부터 이 제품을 사용한 경우의 최종적인 합성 패널 형식의 성능 및 성과를 논리적으로 평가하여, 설계에 필요한 자료를 준비하여야 할 필요성이 있다. 따라서, 개발되는 제품의 형상적 특성과 함께 개발된 본 제품을 실제 설계에서 용이하게 활용할 수 있도록 제품에 대한 성능 및 사용 가능한 패널의 범위 등에 관한 연구도 필요하다. 이를 위하여 먼저 세 가지 종류의, 각 엠보싱을 연결하는 통로를 가진 엠보싱 샌드위치 패널과 한 종류의 평판 샌드위치 패널의 열적 성능을 평가하기로 한다.

이론적 측면에서 개발될 샌드위치 패널의 규격과 효율적인 샌드위치 패널의 형상 결정, 그리고 이 샌드위치 패널을 사용한 건축물의 열적 성능을 검토하여 최적의 패널 형식을 개발하는 것이 필요하다.

효율성을 극대화하기 위하여 기존과 달리 패널 표면에 다양한 돌기 모양과 각 돌기를 연결하는 연결 통로를 가진 새로운 샌드위치 패널은 건축 문화를 선도하며 각종 주택 및 창고 기타 건물들의 건축 발전에 널리 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

### 2.2 규격 및 특성

실험체의 열적 성능을 비교 및 평가하기 위하여 샌드위치 패널의 표면에 엠보싱을 가지고 각 엠보싱을 연결하는 연결 통로를 가진 세 가지 종류의 샌드위치 패널의 실험체와 엠보싱이 없으며

단순히 평탄한 표면을 가진 한 종류의 평판 샌드위치 패널 실험체를 크기와 접합부의 형상별로 제작한다.

#### 2.2.1 EP형 샌드위치 패널(EMBOSSING PANEL)

EP형 샌드위치 패널은 Table 1에서와 같이 EP 1과 EP 2와 EP 3 시리즈로 나누어 각각 3개씩 총 18개의 시험체를 제작한다. 이 세 가지 시리즈는 시험체의 재료적 성질과 표면 상태는 동일한 가운데, EP 1, 2, 3 -1시리즈는 접합부에 한번의 굴곡이 있으며, EP 1, 2, 3 -2시리즈는 접합부에서 직각으로 되어 있어 단지 접합부의 형상이 다르다.

Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3에서와 같이 EP 1, EP 2, EP 3 시리즈는 길이가 일정한 패널의 표면 위에 엠보싱의 간격이나 크기는 동일하고 단지 시험체의 폭이 다르다.

#### 2.2.2 FP형 샌드위치 패널(FLAT PANEL)

FP형 샌드위치 패널은 Table 2에서와 같이 FP 1-1, 2-1, 3-1 시리즈로 나누어 각각 3개씩 총 9

Table 1 EP type sandwich panel

Test NO.	width×length (mm)	diameter of embossing (mm)	insulating material used
EP 1 -1	190×1000	diameter: 20 mm	Copper plate: thickness: 0.5 mm
	190×1000		
EP 2 -1	290×1000	height: 5 mm	Styrofoam: 50.0 mm
	290×1000		
EP 3 -1	490×1000	Zinc plate: 0.5 mm	
	490×1000		

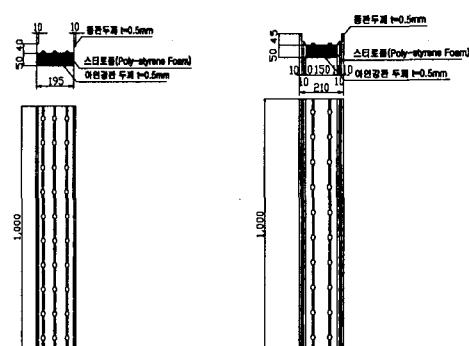


Fig. 1 EP 1-1 and EP 1-2.

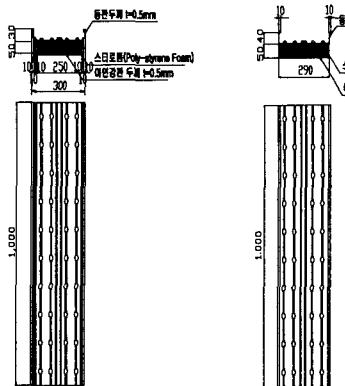


Fig. 2 EP 2-1 and EP 2-2.

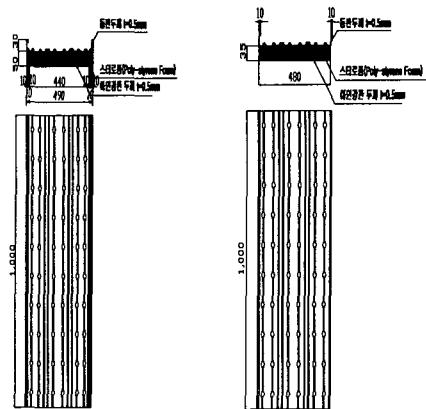


Fig. 3 EP 3-1 and EP 3-2.

개의 시험체를 제작하였다. 이 시리즈는 시험체의 재료적 성질과 표면 상태는 동일한 가운데, FP시리즈는 접합부에 삼각형의 형상으로 되어 있어 접합부의 형상이 다르다. FP시리즈는 표면에 엠보싱이 없으므로 앞에서 언급한 EP시리즈와 비교·분석할 수 있을 것으로 사료된다.

Fig. 4에서와 같이 FP형은 길이가 일정한 패널로서 표면은 평탄하고 단지 시험체의 폭이 다르다. EP형 샌드위치 패널과는 접합부의 형상과 표

면의 상태가 다르다. 접합부는 삼각형의 형태로 결합하게 되어 있으며, 표면은 엠보싱이 전혀 없는 평평한 상태이다.

### 3. EP형과 FP형 샌드위치 패널의 하절기에서의 특성

#### 3.1 시험체의 설치 및 측정

본 실험에 EP형과 FP형 샌드위치 패널의 6개 지점에 센서를 설치여 온도의 변화를 Remote Scanner(NEC) Potable Environment Meter를 사용하여 측정한다. 측정조건은 여름철 자연 환경을 사용한다. 이에 일사량이 많은 오후 1시에서 2시까지 30초 간격으로 120회 측정한다. 동일한 조건 아래에서 각각의 시험체를 실험 함으로써 그

Test NO.	width×length (mm)	insulating material used
FP 1-1	190×1000	Copper plate thickness: 0.5 mm
FP 2-1	290×1000	Styrofoam: 50.0 mm
FP 3-1	490×1000	Zinc plate: 0.5 mm

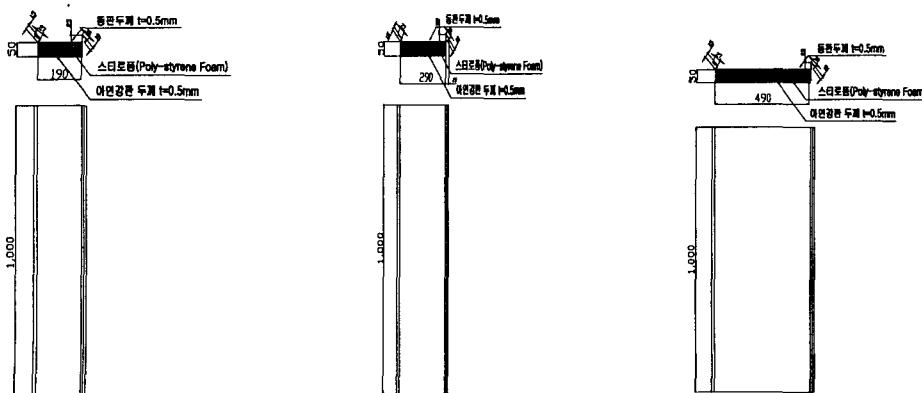


Fig. 4 FP 1-1, FP 2-1, and FP 3-1.

Table 3 Sensor position of Test type

Tool Sensor \ Sensor	Remote-Scanner (NEC) Portable environmetal meter					
Positon NO. distance (mm)	1 0.0	2 0.5	3 25.0	4 50.0	5 -100	6 100
Sensor Position	outside surface	below copper	inside material	inside surface	outside space	inside space

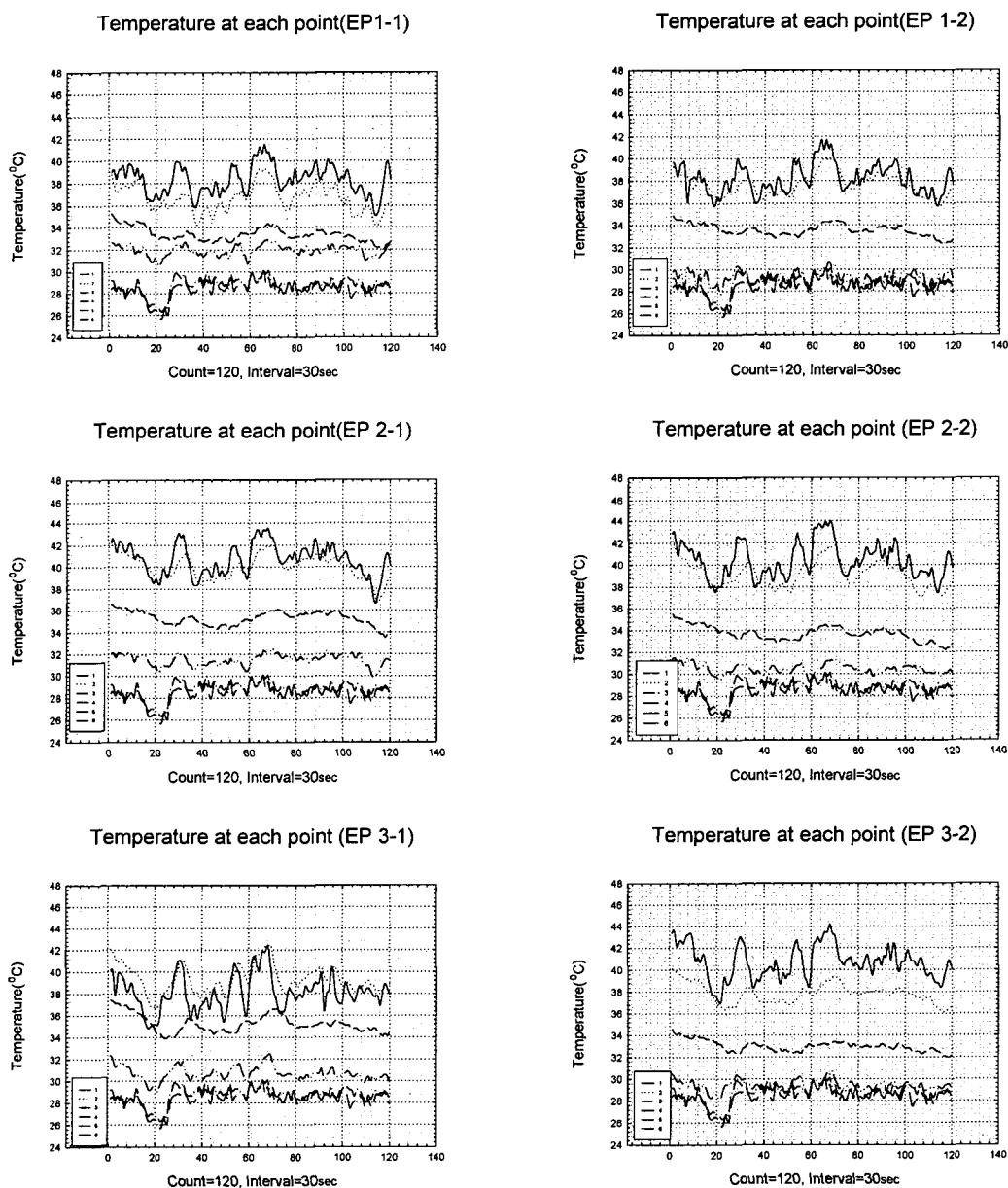


Fig. 5 Temperature at each point.

측정 오차도 동일할 것으로 추정된다.

### 3.2 각 지점에서 온도에 대한 비교 평가

Fig. 5, 6에서와 같이 EP형 샌드위치 패널을 위한 한 시간 동안 30초 간격의 120회 측정 평균 외기온도는  $28.4^{\circ}\text{C}$ 이고 최고 외기 온도와 최저 외기 온도는 각각  $30.1^{\circ}\text{C}$ 와  $25.7^{\circ}\text{C}$ 이다.

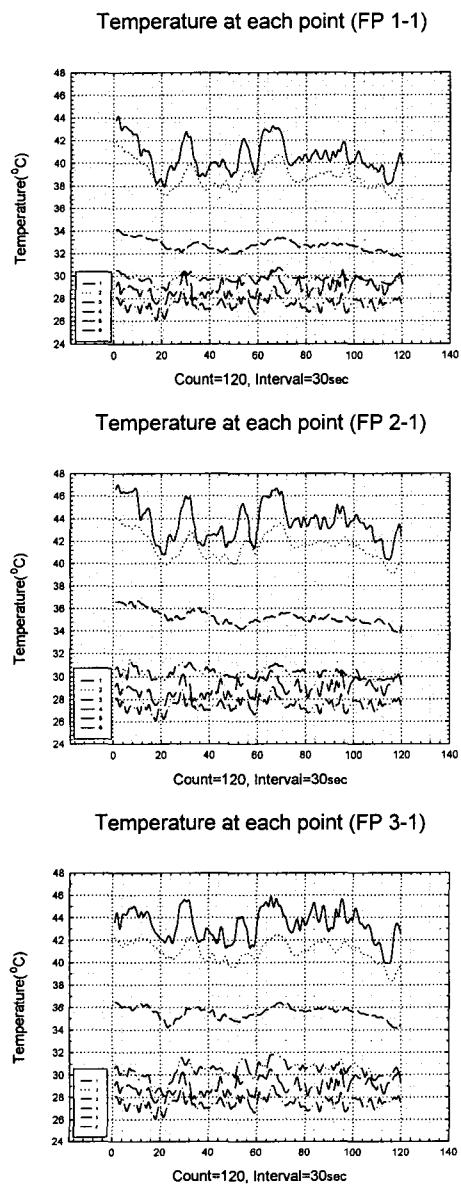


Fig. 6 Temperature at each point.

#### 3.2.1 패널 유형별 외부 표면 온도

측정 지점 1(실험체 외부 표면)에서의 패널 유형별 실험체의 한 시간 동안 30초 간격의 120회 측정 평균 온도는 다음의 Table 4와 같다.

Table 4에서 측정 지점 1(실험체 외부 표면)에서의 EP1-1 실험체와 EP1-2 실험체의 한 시간 동안 30초 간격의 120회 측정 외부 표면 평균 온도 차이는  $0.1^{\circ}\text{C}$ 이고 EP2-1 실험체와 EP2-2 실험체의 측정 외부 표면 평균 온도 차이는  $0.3^{\circ}\text{C}$ 이며 EP3-1 실험체와 EP3-2 실험체의 측정 외부 표면 평균 온도 차이는  $2.6^{\circ}\text{C}$ 이며 FP1-1 실험체와 FP3-1 실험체의 측정 외부 표면 평균 온도 차이는  $2.8^{\circ}\text{C}$ 이며 FP2-1 실험체와 FP3-1 실험체의 측정 외부 표면 평균 온도 차이는  $0.3^{\circ}\text{C}$ 이다.

위의 결과로 접합부의 형상은 외부 표면 평균 온도 차이에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 또한 FP형의 평균 외부 표면 온도는 EP형의 외부 표면 평균 온도와 비교하여 상대적으로 높게 나타난다.

#### 3.2.2 패널 유형별 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점에서의 온도

Fig. 5에서와 같이 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점에서의 패널 유형별 실험체의 한 시간 동안 30초 간격의 120회 측정 평균 온도는 다음의 Table 5와 같다.

Table 5에서 측정 지점 2(0.5 mm 구리판 바로 아래 지점)에서의 EP1-1 실험체와 EP1-2 실험체의 한 시간 동안 30초 간격의 120회 측정 평균

Table 4 Average outside surface temperature

	외부표면 평균온도(°C)
EP 1-1	38.3
EP 1-2	38.2
EP 2-1	40.7
EP 2-2	40.4
EP 3-1	38.1
EP 3-2	40.7
FP 1-1	40.6
FP 2-1	43.7
FP 3-1	43.4

Table 5 Average temperature at the 0.5 mm below copper plate

	측정 평균온도(°C)
EP 1-1	36.7
EP 1-2	37.7
EP 2-1	40.0
EP 2-2	39.2
EP 3-1	39.3
EP 3-2	37.8
FP 1-1	38.8
FP 2-1	41.5
FP 3-1	41.0

온도 차이는 1.0°C이고 EP2-1 실험체와 EP2-2 실험체의 측정 평균 온도 차이는 0.8°C이며 EP3-1 실험체와 EP3-2 실험체의 측정 평균 온도 차이는 1.5°C이며 FP1-1 실험체와 FP2-1 실험체의 측정 평균 온도 차이는 2.7°C이며 FP1-1 실험체와 FP3-1 실험체의 측정 평균 온도 차이는 2.2°C이며 FP2-1 실험체와 FP3-1 실험체의 측정 평균 온도 차이는 0.5°C이다.

위의 결과로 측정 지점 2(0.5 mm 구리판 바로 아래 지점)에서의 FP형의 측정 평균 온도는 EP 형의 측정 평균 온도와 비교하여 상대적으로 높게 나타난다.

### 3.2.3 패널 유형별 평균 표면 온도와 외기 온도와의 차이

패널 유형별 측정 평균 온도와 측정 평균 외기 온도와의 차이는 다음의 Table 6과 같다.

Table 6에서 접합부의 형상은 평균 표면 온도와 평균 외기 온도와의 차이에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료되며 같은 크기의 실험체에서 평균 표면 온도와 평균 외기 온도와의 차이는 EP형 패널과 비교하여 FP형 패널에서 상대적으로 크게 나타난다.

### 3.2.4 패널 유형별 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점에서의 평균 온도와 외기 온도와의 차이

패널 유형별 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점에서의 평균 온도와 외기 온도와의 차이는 다음의 Table 7과 같다.

Table 7에서 같은 크기의 실험체에서 0.5 mm

Table 6 Temperature difference between average outside surface temperature and average outside air temperature

평균표면 온도(°C)	평균외기 온도(°C)	온도차이 (°C)
EP 1-1	38.3	28.5 9.8
EP 1-2	38.2	28.5 9.7
FP 1-1	40.6	28.9 11.7

(a) 패널 크기 190 mm × 1,000 mm

평균표면 온도(°C)	평균외기 온도(°C)	온도차이 (°C)
EP 2-1	40.7	28.5 12.2
EP 2-2	40.4	28.5 11.9
FP 2-1	43.7	28.9 14.8

(b) 패널 크기 290 mm × 1,000 mm

평균표면 온도(°C)	평균외기 온도(°C)	온도차이 (°C)
EP 3-1	38.1	28.5 9.6
EP 3-2	40.7	28.5 12.2
FP 3-1	43.4	28.9 14.5

(c) 패널 크기 490 mm × 1,000 mm

구리판 바로 아래 지점에서의 평균 온도와 외기 온도와의 차이는 EP형 패널과 비교하여 FP형 패널에서 상대적으로 크게 나타난다.

### 3.2.5 패널 평균 표면 온도와 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점에서의 평균 온도와의 차이

패널 평균 표면 온도와 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점에서의 평균 온도와의 차이는 다음의 Table 8과 같다.

Table 8에서 같은 크기의 실험체에서 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점에서의 평균 온도와 패널 표면 온도와의 차이는 EP형 패널과 비교하여 FP형 패널에서 상대적으로 크게 나타난다.

### 3.2.6 패널 표면과 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점 사이의 평균 열 관류율

EP형 패널과 FP형 패널에서 패널 표면(지점 1)과 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점(지점 2) 사이의 평균 열 관류율을 산출하기 위하여 평균 표

Table 7 Temperature difference between average outside air temperature and average temperature at the 0.5 mm below copper plate

	평균측정 온도(°C)	평균외기 온도(°C)	온도차이 (°C)
EP 1-1	36.7	28.5	8.2
EP 1-2	37.7	28.5	9.2
FP 1-1	38.8	28.9	9.9

(a) 패널 크기 190 mm × 1,000 mm

	평균측정 온도(°C)	평균외기 온도(°C)	온도차이 (°C)
EP 2-1	40.0	28.5	11.5
EP 2-2	39.2	28.5	10.7
FP 2-1	41.5	28.9	12.6

(b) 패널 크기 290 mm × 1,000 mm

	평균측정 온도(°C)	평균외기 온도(°C)	온도차이 (°C)
EP 3-1	39.3	28.5	10.8
EP 3-2	37.8	28.5	9.3
FP 3-1	41.0	28.9	12.1

(c) 패널 크기 490 mm × 1,000 mm

Table 8 Temperature difference between average surface temperature and average temperature at the 0.5 mm below copper plate

	평균표면 온도(°C)	평균측정 온도(°C)	온도차이 (°C)
EP 1-1	38.3	36.7	1.6
EP 1-2	38.2	37.7	0.5
FP 1-1	40.6	38.8	1.8
EP 2-1	40.7	40.0	0.7
EP 2-2	40.4	39.2	1.2
FP 2-1	43.7	41.5	2.2

면 온도와 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점에서의 평균 온도를 사용하며 1차원 정적 해석 방법을 이용하기로 한다. Fourier 법칙인  $q = -kAdT/dx$ 를 이용하여 여기서 구리의 열전도율  $k$ 는 385.0  $\text{W}/\text{m}$ 를 공기의 열전도율  $k$ 는 0.024  $\text{W}/\text{m}$ 를 사용한

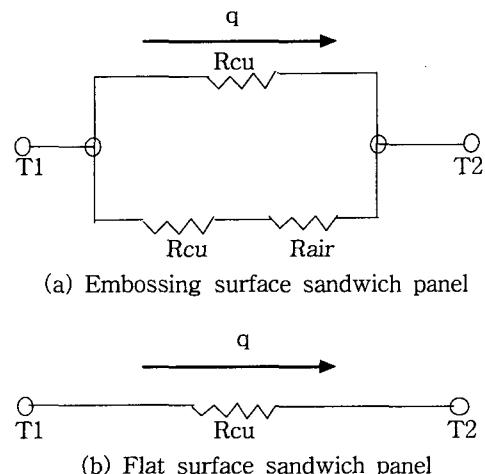


Fig. 7 Electrical analog.

Table 9 Heat transfer rate between panel surface and 0.5 mm below copper plate

	열관류율(w)		열관류율(w)
EP1	153,615.0	EP2	212,135.0
FP1-1	263,340.0	FP2-1	491,260.0

다. 실험체에서 구리판 두께는 0.0005 m이고 EP형 패널의 공기층 두께는 0.0005 m이다. EP1-1, EP1-2, EP2-1, EP2-2, FP1-1, FP2-1 실험체에서의 구리판 면적은 각각  $0.19 \text{ m}^2$ ,  $0.19 \text{ m}^2$ ,  $0.29 \text{ m}^2$ ,  $0.29 \text{ m}^2$ ,  $0.19 \text{ m}^2$ ,  $0.29 \text{ m}^2$ 이고 EP1-1, EP1-2, EP2-1, EP2-2 실험체에서의 공기 통로 면적은 각각  $0.06 \text{ m}^2$ ,  $0.04 \text{ m}^2$ ,  $0.08 \text{ m}^2$ 이다. EP형 패널과 FP형 패널에서 패널 표면과 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점사이의 평균온도 차이는 Table 8과 같다. EP형 패널(a)과 FP형 패널(b)의 열 저항을 도식화하면 다음의 Fig. 7의 (a), (b)와 같다.

Fig. 7에서 (a)의 엠보싱 샌드위치 패널의 경우

$$R_{eff} = \frac{1}{\frac{1}{R_u} + \frac{1}{R_{cu} + R_{air}}} \quad \text{이고, (b)의 평판 샌드위치 패널의 경우 } R_{eff} = R_{cu} \text{이다.}$$

(a)와 (b)의 경우 평균 열관류율  $q = \frac{\Delta T}{R_{eff}}$ 인데, EP형 패널과 FP형 패널에서 패널 표면과 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점 사이의 평균 열관류율의 결과는 Table 9와 같다.

FP형 패널의 평균 열관류율이 EP형 패널의 평

균 열관류율보다 상대적으로 크게 나타난다. 이는 구리의 열전도율이 공기의 열전도율보다 상대적으로 큰 것이 원인이라고 사료된다.

#### 4. 결 론

본 연구는 샌드위치 패널의 설계 및 시공시 효율적으로 활용될 수 있는 엠보싱을 표면 처리하고 각 엠보싱을 연결하는 연결 통로를 가진 샌드위치 패널을 개발하고, 실험을 통하여 각 엠보싱을 연결하는 연결 통로를 가진 엠보싱 샌드위치 패널과 평면 샌드위치 패널에서의 열적 성능을 파악하였다. 그리고 건축물의 열적 성능의 향상을 위해서는 각 엠보싱을 연결하는 연결 통로를 가진 엠보싱 샌드위치 패널의 열적 성능을 분석하고 그 타당성을 검증하는 것을 목표로 하였다.

실험을 통하여 표면이 평평한 평판 샌드위치 패널과 각 엠보싱을 연결하는 연결 통로를 가진 엠보싱 샌드위치 패널에 대한 열적 성능을 평가하였다. 실험 결과로부터 개발된 각 엠보싱을 연결하는 연결 통로를 가진 엠보싱 샌드위치 패널의 열적 성능은 다음과 같이 요약된다.

(1) 접합부의 형상은 외부 표면 평균 온도 차이에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 또한 평판 샌드위치 패널의 평균 외부 표면온도는 엠보싱 샌드위치 패널의 외부 표면 평균 온도와 비교하여 상대적으로 높게 나타난다.

(2) 측정 지점 2(0.5 mm 구리판 바로 아래 지점)에서의 평판 샌드위치 패널의 측정 평균 온도는 엠보싱 샌드위치 패널의 측정 평균 온도와 비교하여 상대적으로 높게 나타난다.

(3) 접합부의 형상은 평균 표면 온도와 평균 외기 온도와의 차이에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료되며 같은 크기의 실험체에서 평균 표면 온도와 평균 외기 온도와의 차이는 엠보싱 샌드위치 패널과 비교하여 평판 샌드위치 패널에서 상대적으로 크게 나타난다.

(4) 같은 크기의 실험체에서 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점에서의 평균 온도와 외기 온도와의 차이는 엠보싱 샌드위치 패널과 비교하여 평판 샌드위치 패널에서 상대적으로 크게 나타난다.

(5) 같은 크기의 실험체에서 0.5 mm 구리판 바로 아래 지점에서의 평균 온도와 패널 표면 온도와의 차이는 엠보싱 샌드위치 패널과 비교하여 평판 샌드위치 패널에서 상대적으로 크게 나타난다.

(6) 평판 샌드위치 패널의 평균 열관류율이 엠보싱 샌드위치 패널의 평균 열관류율보다 상대적으로 크게 나타난다. 이는 구리의 열전도율이 공기의 열전도율보다 상대적으로 큰 것이 원인이라고 사료된다.

본 연구를 통하여 각 엠보싱을 연결하는 연결 통로를 가진 엠보싱 샌드위치 패널의 열적 성능이 표면이 평평한 평판 샌드위치 패널의 열적 성능보다 우수한 것(열관류율이 적은 것)으로 나타난 바 앞으로 엠보싱 샌드위치 패널의 재료와 엠보싱의 크기 및 각 엠보싱을 연결하는 연결 통로의 크기에 관하여 심도 있는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

#### 후 기

본 연구는 1999년도 중소기업청 및 계명대학교 산업연구소 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문현

1. Son, Cheol Soo, 1999, Development of Sandwich panel in roof and wall, Consortium final report, Keimyung University, pp. 31-74
2. Hecht, Eugene, 1996, Physics: Calculus, Brooks/Cole Publishing Company, California.
3. Benjamin Stein, John S. Reynolds, William J. McGuinness, 1992, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 8th ed, John Wiley & Sons, New York.
4. Faye C. McQuiston, Jerald D. Parker, 1988, Heating, Ventilating, and Air Conditioning 3rd ed, John Wiley & Sons, New York.
5. Holman, J. P., 1986, Heat Transfer 6th ed, McGraw-Hill Book Company, New York.