

이중금속융출형 온돌판넬을 이용한 바닥온수난방시스템의 난방성능과 에너지소비량에 관한 실험적 연구

배대권^{1*}, 김진봉², 김환성³

¹(주)세기경영기술연구원, ²(주)중합건축사사무소 산, ³(주)유일엔지니어링중합건축사사무소

Experimental Study on Consumption of Energy and Heating Efficiency in Floor Water Heating System on Using Ondol Panel of Double Metal Rendering

Dai-Kwon Bai^{1*}, Jin-Bong Kim² and Hwan-Sung Kim³

¹Century Management Technical Institute, President

²San Architects & Engineering, President

³Yooil Architects & Engineering, Chairman

요 약 본 연구는 개발된 온돌판넬을 이용한 바닥난방공법의 품질검증을 위한 실험적 연구이다. 이를 위해 현행기술인 표준바닥구조에 의한 난방시스템과 본 개발기술의 난방성능을 측정비교 하였다. 그 결과, 온수온도 45℃, 8시간 공급시 개발기술의 몰탈표면부 온도는 49.4℃, 배관사이 중앙부는 44.1℃, 공기층은 25.3℃로 나타났다. 반면, 현행기술의 몰탈표면부는 46.2℃, 배관사이 중앙부는 37.7℃, 공기층은 24.7℃로 나타났다. 한편, 온수온도 45℃일 때 개발기술의 누적 에너지소비량은 4,646 kcal, 현행기술은 4,814 kcal로써 개발기술이 기존 기술보다 적게 나타났다.

Abstract This study is experimental analysis to verify heating efficiency of Ondol in floor heating panel developed. For this one, an experiment tests producing an each test specimen and measuring heating efficiency. The result of an experiment, supplying hot water temperature is 45℃ and the result of measuring on parts temperature of test specimen on supplying for 8 hours, mortar surface that is superstructure plumbing of heating system developed is 49.4℃, the gap of piping on center of mortar surface is 44.1℃ and airspace is proved 25.3℃. In floor structure of standards, mortar surface is 46.2℃, the gap of piping on center of mortar surface 37.7℃ and airspace is 24.7℃. On the other hand, energy consumption accumulating of development technology is identified, in case of hot-water supply on 45℃ as 4,646 kcal and in existing technology, as 4,814 kcal. developing technology is verified and lower than existing technology.

Key Words : Energy consumption, Floor heating system, Heating efficiency, Test specimen

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 우리나라에서 대표적으로 채택되는 공동주택의 바닥난방시스템은 대부분 콘크리트슬라브 위에 완충재를

깔고 소정두께의 기포콘크리트를 타설한 후 그 위에 온수용 난방배관과 시멘트모르타르로 마감하는 공법을 채택하고 있다. 이 시스템은 바닥을 통한 복사난방방식을 이용하고 있기 때문에 재실자에게 저온의 복사열을 방출하게 함으로써 다른 난방방식에 비해 신체의 쾌적성이

본 논문은 (주)유일엔지니어링중합건축사사무소 건설신기술개발 지원과제로 수행되었음

*Corresponding Author : Dai-Kwon Bai (Century Management Technical Institute, President)

Tel: +82-2-521-8655 email: ckciso@unitel.co.kr

Received November 5, 2012 Revised November 23, 2012 Accepted December 6, 2012

우수한 방식이라 할 수 있다.[1] 그러나 이 방식은 기포콘크리트의 배합강도 유지가 어렵고 과중한 하중분담과 복잡한 시공과정 및 마감모르타르 양생에 필요한 시간이 소요되므로 공기단축에도 어려움이 있다. 또한 이 방식은 기포콘크리트를 축열층으로 하는 구조이기 때문에 재실자가 없는 공간에도 난방가동을 하게 되어 에너지손실과 이로 인해 난방가동의 효율성이 떨어지는 문제점이 있다.[2]

뿐만아니라 슬라브 상부에서 발생하는 바닥충격음(경량, 중량)을 흡수하는 구조가 없기 때문에 난방층의 누적 충격이 지속될 수 있으며 이로 인해 바닥면에 크랙이 발생하며 층간소음이 커지는 문제점이 있다.[3] 또한 난방 배관용으로 사용하는 재료가 종전에는 철재파이프로 사용하였으나 이 재료를 장기간 사용할 경우 파이프 내부에 스케일이 생성되어 온수의 흐름을 저해시키는 문제점 때문에 합성수지로 된 배관을 사용하고 있다. 그러나 이 또한 난방배관 연결부를 결합하거나 별도의 연결 관으로 이어야 함으로 시공이 번거러울 뿐만 아니라 공사비가 증대된다. 이러한 문제점 때문에 최근에는 건식으로 된 온돌판넬 제작과 현장설치과정을 분리하여 적용하고 있으나, 이 역시 슬라브의 평활도확보 등 구조체 시공에 어려움이 있다.

본 연구는 현행 표준바닥난방시스템의 경량기포콘크리트 시공시의 하중부담과 공사비 증가, 난방에너지소모량 증가 등 문제점을 해결하기 위하여 반 건식의 온돌판넬난방시스템을 개발, 품질검증을 위하여 시제품을 활용한 난방시험체를 제작, 품질성능을 측정하고 이를 분석하여 사업화의 기초자료를 제시하는데 목적이 있다.

2. 난방시스템의 일반현황

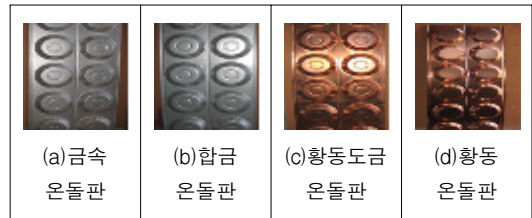
2.1 일반현황

현재, 우리나라에서 적용되는 주거건축의 바닥난방시스템은 지난 2005년 표준바닥구조가 도입된 이후 수도권 신도시 건설과 주택건설 경기활성화 시책의 일환으로 널리 적용되었다. 그 이후 다양하고 새로운 난방 설비기기의 개발로 바닥 난방기술의 진보와 품질개선이 이루어져 난방공사의 시공성과 쾌적성 및 에너지의 효율적 사용면에서도 기술적인 발전을 이루었다. 특히, 바닥온수난방시스템은 전통적인 좌식문화에 대한 선호경향이 확대되면서 더욱 고성능화된 기술로 발전하여 왔다. 그러나 이러한 공법기술도 현장 시공시 요구품질확보의 어려움과 난방효율성에 대한 검증미비, 공사비 절감효과 미흡, 층간

소음 문제 등이 해결되지 않아 시장의 활성화를 어렵게 하고 있다.

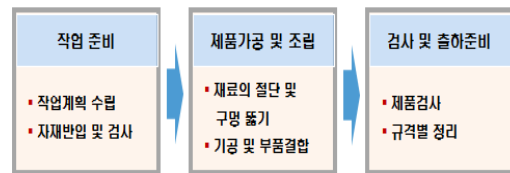
2.2 개발기술의 공법현황

본 연구에 활용된 온돌판의 구성재료는 Fig. 1과 같이 일반금속, 합금, 황동, 황동도금을 이용하여 제품화한 온돌판이다.



[Fig. 1] The kinds of heating panel

이러한 온돌판은 Fig. 2와 같이 제품의 가공과정을 거쳐 완성되고 완제품 검사에 합격한 경우, 제품을 출하하여 시공현장으로 운반, 바닥난방공사에 활용된다.



[Fig. 2] Procedure of Ondol panel work

본 기술의 현장시공순서는 Fig. 3과 같이 먼저 바닥난방공사의 작업준비가 완료되면 온돌판을 시공현장으로 이동하여 반입하고, 준비된 콘크리트 슬라브에 단열완충재의 설치와 함께 온돌판과 온수배관을 시공한 후 그 위에 모르타르로 마감한다.



[Fig. 3] Ondol of floor heating work procedure

3. 난방실험 계획 및 방법

3.1 실험계획

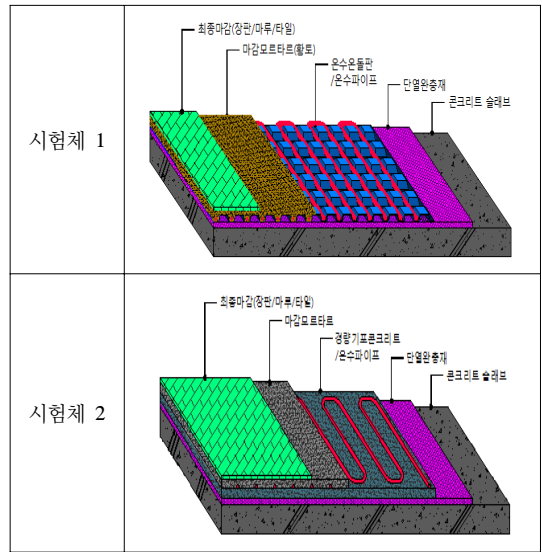
본 시험을 위한 실험실은 충청북도 오창에 소재한 공인시험기관인 한국건설생활환경시험연구원의 시험실을 이용하였다. 또 시험체는 난방성능을 발휘할 수 있는 상태를 유지하기 위하여 시험실 외부의 야적장에서 제작하여 시험실로 이동, 배치하고 시험환경조건에 부합하도록 하였다. 또한 실험실에는 실제의 자연환경조건을 유지할 수 있는 시험장치와 측정장비를 구비하였다, 시험체의 크기는 4.0M × 4.5M, 천장높이 2.2 M의 난방시험규격기준에 부합되도록 하는 것이 원칙이나, 개발된 온돌판의 특성상 실험실과 시험체 배치 및 시험환경의 구비가 어려워 시험체의 크기를 2.0M × 2.0M, 천장높이 2.0 M 로 2 개 제작하였다. 이 중 하나는 기존기술에 의한 습식난방공법을, 다른 하나는 개발기술에 의한 반 습식공법으로 제작하여 외실의 내부에 설치하였다. 실험실의 바닥, 벽, 천장의 구조는 “주택건설기준” 등에 관한 규정에 따라 기밀이 되고 내면은 평활하게 다듬질 되어있으며, 시험실은 환기를 하지 않는 것으로 하며 자연순환류 이외의 공기의 유동이 없도록 유지하였다. 시험실내에 온돌판의 설치 는 제조사 및 시공표준방법에 따라 시공하되 팬넬과 팬넬의 간극은 2 mm이내, 단차는 0.5mm 이하, 평탄도는 2mm 이하로 설치하였다.

3.2 시험체의 구조

시험체1과 시험체2의 단면구성은 다음 Table 1 및 Fig. 4와 같다. 즉, 시험체1은 표준바닥난방구조로서, 슬라브 위에 완충재와 경량기포콘크리트를 타설한 후 온수배관과 함께 미장모르타르로 마감하는 구조이고, 시험체 2는 이중금속융출형온돌판을 완충재와 함께 슬라브 위에 깔면서 온수배관과 미장모르타르로 마감하는 구조이다.

[Table 1] The section structure of experiment test

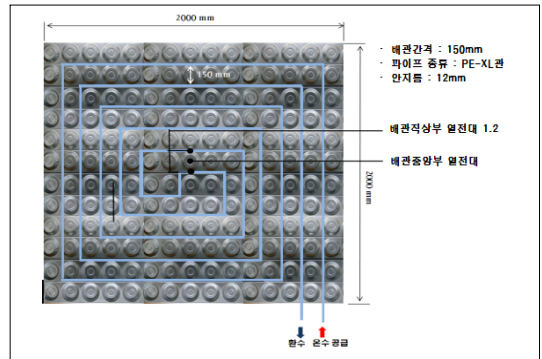
구분	바닥 구조
시험체1	슬라브(180mm)+완충재(30mm)+{온돌판+온수배관+마감몰탈(45mm)}
시험체2	슬라브(180mm)+완충재(20mm)+경량기포(30mm)+온수배관+마감몰탈(45mm)



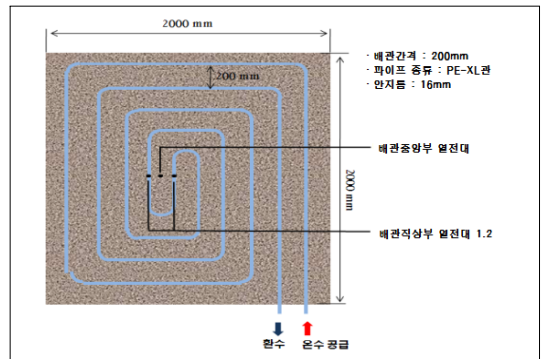
[Fig. 4] The section of experiment test

3.3 온수배관 및 열전대

Fig. 5는 시험체의 온수배관과 열전대의 위치를 나타낸 것이다.



(a) 시험체 1



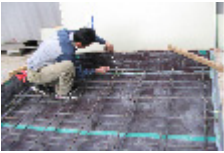




(b) 시험체 2




[Fig. 5] Heating hours and thermocouple position

즉, 시험체 1은 이중금속용출형온돌판넬 위에 설치하는 온수배관은 안지름 12mm, PE-XL관으로서 150mm 간격으로 배관하였고, 시험체 2는 안지름이 16mm, 배관간격은 200mm, PE-XL관으로 배관하였다. 또 시험체1의 열전대는 배관의 직상부와 배관사이 중앙부로 온수의 공급과 환수가 이루어지도록 하였다.

3.4 시험체의 제작

시험체의 제작절차는 다음 Fig. 6에 따라 제작용 규격(2,000×2,000mm)의 거푸집을 설치하여 철근을 배근하고 그 위에 콘크리트를 타설, 4주간 양생한다. 다음으로 단열완충재 설치와 온돌판시공, 온수배관, 모르타르 마감마감 순으로 시공하였다. 시험체는 외기온도평균 17.6℃, 재령 4주간 자연양생 후, 클레인과 지게차로 실험실로 이동, 배치하여 시험장치와 연결하였다.

순서	난방시험체 제작 장면	비 고
1		철근배근
2		콘크리트타설
3		콘크리트마감
4		완충재시공
5		온돌판깔기

6		온수배관
7		완성된 시험체1
8		완성된 시험체2

[Fig. 6] Experiment test work process

3.5 실험실 환경 및 측정 장비

난방온수공급은 대형향온수조, 유량 2L/min 를 활용하고, 상부 아크릴커버의 사양은 2,000(W) × 2,000(D) × 1,000(H) mm, 두께는 10mm로 한다. 또, Table 2와 같이 시험체 측면과 하부 전면은 단열재로 마감하고 두께는 100mm로 하였으며, 향온향습실의 크기는 12,000(D) × 9,000 (L) × 3,200(H) mm로 하며, 향온향습실의 온습도 조건은 온도 20℃ (±0.2℃), 상대습도 50 % (±0.5 %)로 한다. 또한 본 실험을 위한 실험장치 및 측정설비는 Fig. 7과 같다.

[Table 2] Environment of experiment test room

구 성 항 목	내 용
시험체의 크기	2,000×2,000(L)mm
시험체의 수량	각 1세트
반방방식	온수식 바닥난방 적용
시험체표면	몰탈 마감
온수공급방식	대형향온수조,유량 1L/mm
상부아크릴사양	2,00(W)0×1,000(h)×Th 10mm
단열재마감	Th 100mm

구 분	설 치 사 진
향온향습실	
정밀향온수조	
온수분배장치 및 적산열량계	
적외선열화상 카메라	

[Fig. 7] Measurement instrument

3.6 시험기준 및 항목

본 실험을 위한 기준은 표준바닥난방시스템 [국토해양 부고시 제2009-1217호 제26조 관련 표준바닥구조(1)]의 난방성능을 측정하는 방법이 있다. 이 시험방법은 KS B 8025 (온수난방용 바닥패널, 2010년 개정)에 따라 실험실 내 온수배관을 통해 일정온도의 온수를 공급한 후 시험체의 자동 온도기록 장치에 의해 실내온도 및 바닥표면 온도분포, 온수공급 및 환수온도를 측정하고, 또한 적외선 열화상 측정 장치로 열화상의 형상과 열분포도를, 열유량계를 통해 바닥표면방열량과 공급유량, 에너지소비량 (kwh)을 측정할 수 있다. [4]

그러나 본 기술이 반건식 공법으로서 실험실과 시험체의 구비조건의 특성상 KS B 8025규격의 측정항목 중 실제로 시험체 제작이 가능한 규격으로 정형화하여 각 시험체에 공급되는 온도별 시간대별 부위별 온도와 적산열량 및 실내온도분포현황을 측정항목으로 하였다.

3.7 측정방법

본 실험의 측정방법은 다음의 Table 3과 같이 외부에서 공급되는 온수온도 (2type)를 45 ℃, 75 ℃로 유지하고, 각 Layer별 온도센서의 측정위치는 몰탈표면온도 (배관

직상부 몰탈표면 - 2 point, 배관사이 중앙부 몰탈표면 -1 point), 공기층온도(시험체 중앙부 800 mm 높이 -1 point), 온수공급 주기는 On Time 4시간, Off Time 4시간, 온도의 측정 주기는 1분마다 시행한다.

이 시험에 사용되는 센서 및 데이터 로거는 미국 Omega사, Logger - DA100, Sensor - TK30를 사용하고, 적산 열량 측정 장비는 독일 MT500 heat consumption meter 를 적용한다.

[Table 3] Measurement item and method

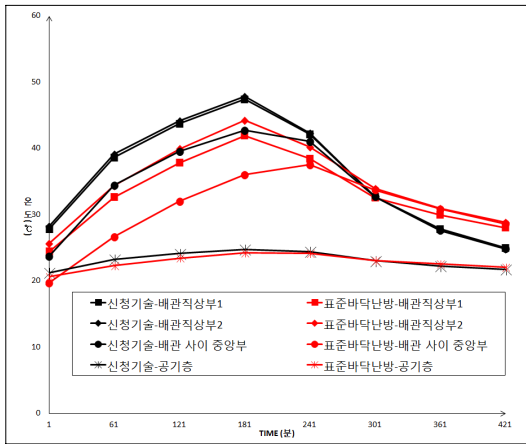
구 성 항 목	내 용
공급온수온도	45 ℃, 75 ℃
각 Layer별 온도센서 측정위치	몰탈표면온도 (배관직상부- 2point, 배관사이중앙부-1point, 공기층온도(시험체 중앙부 800mm높이-1point)
온수공급주기	On Time 4시간, Off Time 4시간
온도측정주기	1분

5. 난방성능 실험결과

5.1 몰탈표면과 공기층의 온도 (45 ℃, 8시간 온수공급)

본 실험의 결과는 실험기관에서 측정하여 제시한 시험 성적서를 분석한 것이다. [5] 즉, 온수공급 온도를 45 ℃, 8시간 동안 공급하면서 각 난방시스템별 몰탈의 표면부와 공기층의 온도를 측정한 결과, Fig. 8에서와 같이 개발기술은 배관직상부의 몰탈표면부의 최고온도는 49.4 ℃, 배관사이 중앙부 몰탈 표면부의 최고온도는 44.1 ℃, 공기층의 최고온도는 25.3 ℃로 나타났다. 반면, 표준바닥구조의 기존기술에서의 온수공급온도는 배관의 직상부 몰탈표면부의 최고온도는 46.2 ℃, 배관사이 중앙부 몰탈 표면부의 최고온도는 37.7 ℃, 공기층최고온도: 24.7 ℃로 나타났다.

이 같은 현상은 아래의 Table 4 와 같이 개발기술인 시험체1이 기존기술인 시험체2 보다 몰탈표면부에서는 3.2℃, 배관사이중앙부에서는 6.4℃, 공기층에서는 0.6℃의 높은 온도차를 나타내고 있어 개발기술이 기존기술보다 훨씬 실내온도를 높게 하는 특성이 있음을 나타내고 있음을 보여준다.



[Fig. 8] Temperature distribution curve of mortar surface

[Table 4] Comparable Temperature on parts

구분 (측정부위)	시험체 1	시험체 2	비 고 (온도차)
몰탈 표면부	49.4 °C	46.2 °C	3.2°C
배관사이 중앙부	44.1 °C	37.7 °C	6.4°C
공기층 최고온도	25.3 °C	24.7 °C	0.6°C

또 온수공급온도를 45°C로 공급하면서 난방시간을 4 시간 동안 유지하여 각 난방시스템의 누적되는 에너지소 비량을 적산열량계(독일Omega사 MT500 heat consumption mete)로 측정하였다.

$$Q = (T_{in} - T_{out}) \times F \times C$$

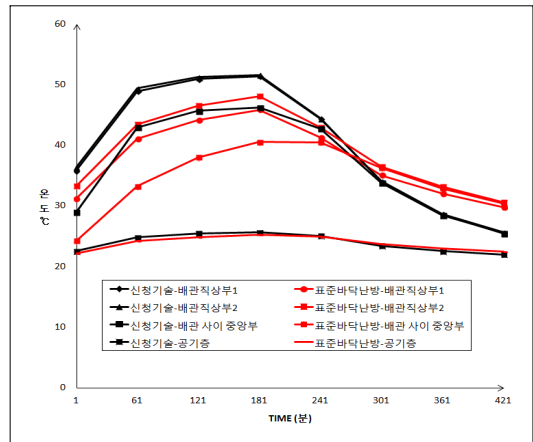
- Q : 투입된 열량
- T_{in} : 공급온수온도
- T_{out}: 환수온도
- F : 순환유량(lpm)
- C : 물의 비열(Kcal/kg°C)

이 산식에 의해 누적에너지 소모량을 산출한 결과, 본 개발기술의 바닥난방시스템에서는 4,646 kcal, 기존기술 인 표준바닥구조의 난방시스템 에서는 4,814 kcal로 나타났다. 따라서 본 개발기술이 기존기술을 적용한 것 보다 난방에너지의 효율성이 커다는 것을 알 수 있다.

5.2 몰탈표면과 공기층의 온도 (75 °C, 8시간 온수공급)

한편, 온수의 공급온도를 75 °C, 8시간 동안 각 난방하면서 각 시험체의 몰탈 표면과 공기층의 온도를 측정한 결과, 다음 Fig. 9와 같이 개발기술의 바닥난방시스템에서는 배관직상부 몰탈표면부 최고온도가 51.8°C, 배관사이 중앙부 몰탈표면부 최고온도는 46.6°C로 나타났고, 공기층의 최고온도는 26.3 °C로 나타났다. 이에 비해 시험체2인 표준바닥난방시스템에서는 온수배관의 직상부인 몰탈 표면부의 최고온도는 48.8°C, 배관 사이 중앙부 몰탈 표면의 최고온도는 41.4°C, 공기층 최고온도는 25.7°C로 나타났다.

이 같은 현상은 아래의 Table 5와 같이 신청기술이 기존기술보다 몰탈표면부에서는 3.2°C, 배관사이중앙부에서는 6.4°C, 공기층에서는 0.6°C의 온도차를 나타내고 있어 신청기술이 기존기술보다 현저히 온수공급온도에 대한 에너지의 실내온도를 높게 하는 특성이 있음을 나타내고 있음을 보여준다.



[Fig. 9] Temperature distribution curve of mortar surface

[Table 5] Comparable Temperature on parts

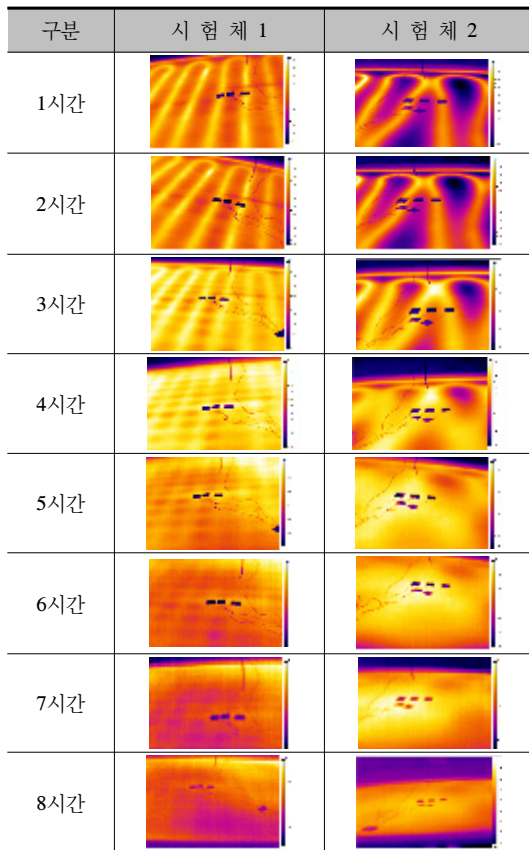
구분 (측정부위)	시험체 1	시험체 2	비 고 (온도차)
몰탈 표면부	49.4 °C	46.2 °C	3.2°C
배관사이 중앙부	44.1 °C	37.7 °C	6.4°C
공기층 최고온도	25.3 °C	24.7 °C	0.6°C

또한 온수공급온도를 75℃로 공급하면서 난방시간을 4시간 동안 유지하여 각 난방시스템의 누적되는 에너지 소비량을 측정한 결과 개발기술의 바닥난방시스템에서는 5,643 kcal, 표준바닥난방시스템에서는 5,860 kcal로 나타나, 개발기술이 또한 기존기술보다 에너지의 효율성이 커다는 것을 알 수 있다.

5.3 표면온도분포현황

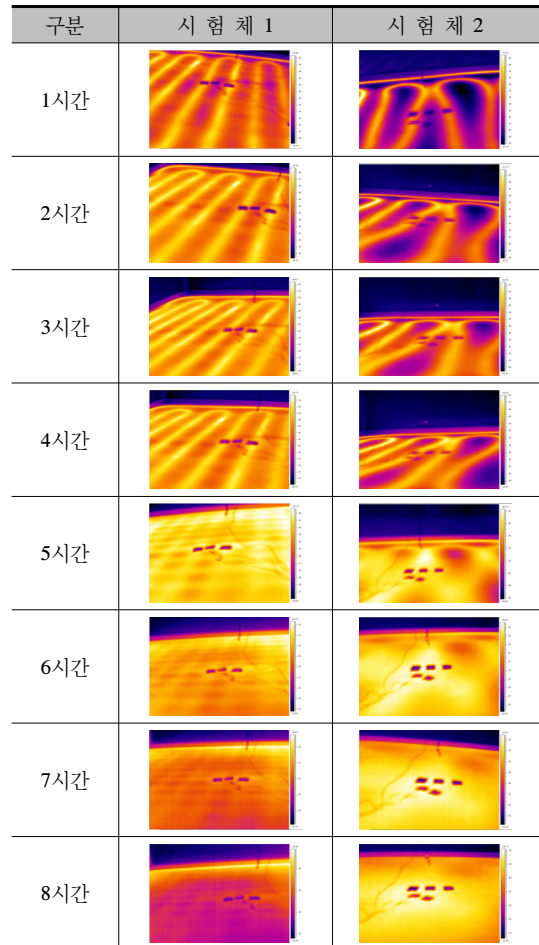
외부에서 온수배관을 통해 공급되는 온수온 45℃에서 4시간 및 8시간 시험체에 머무는 동안 시험체내 수직공간부에 적외선 열화상 카메라를 이용하여 온도분포상태를 확인하였다.

그 결과 Fig. 10과 같이 시험체 1(개발기술)의 실내에서는 온수공급 초기 1시간 경과 시에도 시험체표면의 온도분포상태가 골고루 균형 있게 분포되고 있는 반면, 시험체 2 (기존기술)에서는 온수가 공급된 후 약 2-3시간이 경과할 때까지 실내온도가 천천히 그리고 불균형 되게 분포되고 있음을 알 수 있다.



[Fig. 10] Temperature distribution on space

즉, 시험체 1의 이중급속용출형온돌판은 온수배관과 결합하면서 열전도 현상에 의해 온수관의 열이 온돌판에 빠르게 전도되면서 발산하는 열적에너지가 전체적인 실내온도의 조기상승 및 유지와 지속적 온도상승효과를 발휘할 뿐 만 아니라 실내 공간 전체에 균형있게 분포시키는데 도움을 주고 있기 때문으로 판단된다. 또 온수배관을 통한 온수공급 온도를 75 ℃로 유지하면서 4시간 및 8시간이 경과하는 동안, 실내 각 난방시스템 의 온도 분포상태를 확인한 결과, 아래의 Fig. 11과 같다.



[Fig. 11] Temperature distribution on space

즉, 시험체1은 온수가 공급되는 초기 1시간 부터 8시간까지 전체적으로 고른 열적분포가 나타난 반면, 시험체 2는 초기 4-5시간이 경과하는 동안에도 불균형 된 실내 온도의 열적 분포상태가 나타나고 있다. 따라서 개발기술이 기존기술에 비하여 실내의 열적환경이 매우 안정되어 있음을 알 수 있다.

7. 결론

본 실험의 결과는 다음과 같다.

- (1) 온수온도를 45 ℃, 8시간 동안 공급하면서 난방실의 몰탈표면부와 배관사이중양부 및 공기층의 온도를 측정된 결과, 시험체1은 배관직상부인 몰탈 표면부의 최고온도는 49.4 ℃, 배관사이 중양부 몰탈 표면부의 최고온도는 44.1 ℃, 공기층의 최고온도는 25.3 ℃로 나타났다. 반면 시험체2에서는 배관직상부인 몰탈 표면부에는 최고온도가 46.2 ℃, 배관사이 중양부의 몰탈표면부 최고온도는 37.7 ℃, 공기층 최고온도: 24.7 ℃로 나타났다. 이 같은 현상은 시험체 1의 기술이 시험체 2의 기존기술보다 내온도를 높게 하는 특성이 있음을 나타내고 있음을 보여준다.
- (2) 온수공급온도를 45℃, 난방시간을 4시간 동안 유지하면서 각 난방시스템별 누적 에너지소비량을 측정된 결과 시험체 1에서는 4,646 kcal, 표준바닥 난방시스템 에서는 4,814 kcal로 나타났으며, 온수 공급온도 75℃, 난방 4시간동안 각 난방시스템의 누적에너지소비량은 시험체1은 5,643 kcal, 시험체 2는 5,860 kcal로 나타났다. 이로서 개발기술이 기존기술보다 에너지의 효율성이 커다는 것을 알 수 있다.
- (3) 한편, 온수의 공급온도를 75 ℃로 높이고 8시간 동안 유지한 경우에도 시험체1의 배관직상부 몰탈표면 최고온도는 51.8 ℃, 배관사이 중양부 몰탈표면 최고온도는 46.6 ℃, 공기층의 최고온도는 26.3 ℃로 나타났다. 반면 시험체2는 몰탈 표면의 최고온도는 48.8 ℃, 배관사이 중양부 몰탈 표면의 최고온도는 41.4 ℃, 공기층 최고온도는 25.7 ℃로 나타나 역시 개발기술이 기존기술보다 훨씬 실내온도를 높게 하는 특성이 있음을 나타낸다.
- (4) 공급온수온도가 45℃로서 실내바닥에 머무는 동안 에너지의 열적 분포상태를 확인한 결과 시험체1의 실내에서는 초기 1시간의 경과 시에도 실내 공간면이 골고루 균형 있게 온도가 분포되고 있는 반면, 시험체2는 온수공급 후 약 2-3시간이 경과할 때까지 실내온도가 천천히, 불균형 하게 분포되었다. 이는 시험체1의 금속형 판넬이 온수배관과 결합하면서 온수관의 열이 온돌판에 빠르게 전도되면서 발산하는 열적에너지가 실내 공간에 장시간 머물며 균형있게 분포시키는데 도움을 주고 있기 때문으로 판단된다.

References

- [1] Young Jue-Oh, Issue consideration of Indoor Heating system using Heat Pipe, Boo-Kyung University, 2007.
- [2] Hae-Kwon Jeong, Dong-Woo Cho, Kee-Hyoung Yoo, Study on comparative evaluation of heating transfer characteristics of dry-process and wet-process Ondol, Journal of Architectural Institute of Korea, vol, 25, No.11, pp 81-88, 2004.
- [3] Dong-Woo Cho, Development practical use of the multi-functional Ondol System to improve the grate for Housing performance Indication System, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs
- [4] Notification No.2009-1217 of the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2009. 12.
- [5] Korea Environment & Merchandise Testing Institute, Experimental Report on Consumption of Energy and heating Efficiency in Indoor water Heating system on using Ondol pannel, 2012. 06.

배 대 권(Dai-Kwon Bai)

[정회원]



- 1994년 2월 : 한양대 건축공학과 (석사)
- 2007년 2월 : 한양대 건축공학과 (박사)
- 2008년 1월 ~ 현재 : (주)세기경영기술연구원 대표이사
- 1997년 1월 ~ 현재 : 세기 코리 아컨설팅 대표
- 건축시공기술사

<관심분야>

건축재료 및 시공관리, 원가관리, 시스템과 프로세스관리, Quality validation

김 진 봉(Jin-Bong Kim)

[정회원]



- 1995년 8월 : 한양대 건축공학과 (석사)
- 2008년 2월 : 강원대 건축공학과 (박사)
- 1994년 1월 ~ 현재 : 종합건축사사무소 산 대표이사
- 건축시공기술사

<관심분야>

건설업 원-하청기업 간 상생관계 모델, 시공관리

김 환 성(Hwan-Sung Kim)

[정회원]



- 1984년 2월 : 홍익대 건축 공학
과 (학사)
- 1999년 2월 : 한양대 건축공학과
(석사)
- 1995년 1월 ~ 현재 : (주)유일엔
지니어링종합건축사사무소 대표
이사, 회장
- 2007년 2월 ~ 현재 : 한국
건설감리협회이사
- 건축사

<관심분야>

주거건축, 병원건축, 열환경 및 에너지