1. 신기술의 내용 및 범위 ---------- 1

가. 기술개발 배경 ---------- 1

나. 신기술의 내용 ---------- 2

(1) 신기술의 내용 ---------- 2

(가) 재료적 성질 및 특징

(나) 석재마감단열블록의 제조방법

(다) 석재마감단열블럭의 시공

(2) 핵심기술의 내용 ---------- 6

(3) 기존기술과의 비교 ---------- 6

(가) 총괄적 비교 (신청기술 VS 기존공법)

(나) 성능 비교 (열관류율 등)

(다) 구조적 성능 비교

다. 신기술의 범위 ---------- 17

2. 신기술 요지 및 지정요건 설명서 ---------- 18

가. 신기술의 요지 ---------- 18

나. 지정요건 설명서 ---------- 19

(1) 신규성 ---------- 19

▪ 유사 및 선행기술과의 비교

(2) 진보성 ---------- 23

(가) 시공품질

① 탁월한 외단열, 방열, 방습 및 방음 효과

② 내력벽 축조 가능

③ 공기 및 공비 절감

④ 의장의 다양화

⑤ 공간 활용성 증대

⑥ 시공성 및 시공품질 향상

(나) 공사비

(다) 공사기간

(3) 현장적용성 ---------- 35

(가) 시공성

(나) 안전성

(다) 환경친화성

(라) 유지관리편리성

3. 품질검사 전문기관의 시험결과 ---------- 38

가. 시험성적 ---------- 38

나. 열교현상 ---------- 42

1. 신기술의 내용 및 범위

가. 기술개발 배경

인류는 건축물을 시공하기 위한 건축 재료로써 가장 오랫동안 벽돌을 사용하여 왔다. 통상적으로 건축 재료로 사용되는 벽돌은 크게 시각적으로 치장용벽돌(외장재용)과 내장벽돌(벽체용)로 분류할 수 있다. 이러한 벽돌을 적층하여 건물의 벽체(조적벽)를 형성하게 되는데, 이때 서로 이웃한 벽돌은 시멘트몰탈 등으로 서로 부착되어 벽체를 이루게 된다.

그러나 이러한 벽돌에 의해 축조된 건물은 각각의 벽돌 사이에 틈새가 발생하게 되고, 이 틈새를 통해 우천 시 외부의 수분이 건물 내부로 쉽게 유입되게 된다. 또한 벽돌 자체의 단열성이 저하되어 이러한 벽돌만으로 축조된 건물은 내부에 습기가 많이 차게 되며 백화현상이 발생하게 되어 미관을 해치게 된다.

또 종래에는 이러한 벽돌의 단열 및 방습성능 저하를 방지하기 위해 축조된 벽체 내측에 별도의 단열재를 대고, 이 단열재 바깥쪽에 불연성 석고보드를 설치하여 마감 처리하는 등의 별도의 작업을 시행하였다. 그러나 이러한 별도작업은 공기 및 시공비를 증가시키는 요인이 되었다.

이 외에도 이러한 벽돌에 의해 축조된 건물은 화재 시 석고보드가 외부의 충격에 의해 쉽게 파손되어 그 내측에 위치된 단열재가 외부로 노출되면서 화재의 위험성이 증가되는 문제점이 있다. 또한 상기 벽돌은 서로 이웃하는 벽돌이 시멘트몰탈의 부착력에 의해서만 접착되게 되므로 벽체의 구조적 강도가 저하된다.

또 고급스러운 건물 축조를 위해 석재(대리석)등의 별도 외장용마감재 시공 공정이 추가 되어 공기를 증가시키게 된다.

또한 이러한 벽돌에 의해 형성되는 조적벽은 현대에 와서 구조적 의미보다는 의장적 측면이 더 강조되어 시공됨으로써, 벽의 두께가 구조와 관계없이 과도하게 얇아지게 되어 외부적 환경, 즉 온도의 변화, 소음 등 외력에 더욱 민감히 반응하게 되었다. 따라서 이러한 조적벽에 대한 외부적 환경에 대응하고자 조적, 단열공사, 외장재 공사 등 복잡한 공정이 필수불가결하게 진행되어 왔으며, 이로 인해 발생하는 공사기간의 연장, 각 공정마다의 건축폐기물 양산, 인건비 등 많은 공사비는 소비자의 몫으로 남게 됨으로써 거품(Burble)공사가 주를 이루었다고 하여도 과언이 아니다.

이러한 현실적인 문제점을 해결하기 위해 콘크리트블럭으로 이루어진 <u>내벽체부</u>, 석재로 이루어진 <u>외장마감부</u> 및 내벽체부와 외장마감부 사이에 발포성 폴리우레탄으로 충전되는 <u>단열부</u>로 이루어진 '석재마감단열블럭'을 격자식의 끼워넣기 방식으로 조적하고,

결합되는 블럭과 블럭 사이의 틈새는 줄눈마감 등의 방식으로 마감 처리함으로써 블럭과 블럭

사이에는 어떠한 틈새도 발생되지 않아 외부수분 및 습기가 내부로 유입되지 않고, 외단열 효과를 기대할 수 있으며, 방습, 방음, 및 방수 효과가 탁월하고, 한번의 조적 공정으로 모든 벽체 시공이 이루어져 공기 및 공비를 절감할 수 있는 '석재마감단열블럭을 이용한 조적공법'(이하 신청기술 또는 SIB공법[1]이라 칭함)을 개발하게 되었다.

나. 신기술의 내용

(1) 신기술의 내용

본 신기술은 콘크리트블럭으로 이루어진 내벽체부, 석재로 이루어진 외장마감부 및 내벽체부와 외장마감부 사이에 발포성 폴리우레탄으로 충전되는 단열부로 이루어진 '석재마감단열블럭'을 격자식의 끼워넣기 방식으로 조적하고, 결합되는 블럭과 블럭 사이 틈새는 줄눈마감 등의 방식으로 마감 처리하는 공법이다.

이때 석재마감단열블럭의 단열부(발포성 폴리우레탄)는 벽체부(콘크리트블럭) 및 마감부(석재)의 상하좌우 4방향 둘레면보다 돌출되며 맞닿는 벽체부(콘크리트블럭) 및 마감부(석재)의 일부가 묻히도록 충전된다.

(가) 재료적 성질 및 특징

① 석재마감단열블록의 벽체부는 제작하고자 하는 블록 형태의 형틀에 콘크리트를 타설 및 양생함으로써 형성된다. 이때 벽체부는 시멘트 응결이 시작되는 시기에 20℃/h/ 이내의 온도변화를 주지 않고, 양생실 최고 온도를 65℃를 초과하지 않도록 한다. 또한 양생 및 보존기간 중에 초기 동해를 입지 않게 한다.

② 석재마감단열블록의 마감부는 제작하고자 하는 블록 형태에 맞게 석재를 재단하여 형성되며, 녹석영, 백석소암, 반수암, 비단석 일반, 소미황, 자사암, 장미석영, 청석영, 도홍옥, 백석영, 비단석, 오로라 핑크 등의 다양한 종류의 석재로 구성된다. 따라서 기존의 획일화된 적벽돌이나 대리석, 유리등의 제품에 비해서 다양한 건축주의 취향을 만족시킬 수 있고, 선택의 폭을 넓힐 수 있으며, 아울러 주변환경과 조화롭고 외관이 미려한 건축물을 완성할 수 있다.

③ 석재마감단열블록의 단열부로는 발포성 폴리우레탄이 사용된다.[2]

---

1) Stone Insulation Brick의 약자로서, 마감용 석재 및 단열재가 일체화된 콘크리트블록(석재마감단열블록) 제조 및 조적공법을 지칭함.

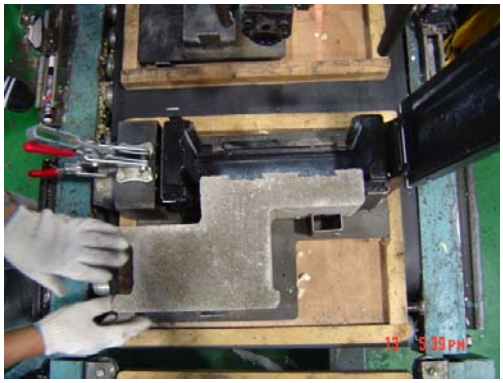
2) 본 신기술에서 사용되는 발포성 폴리우레탄은 기존공법에서 사용되던 재료와 동일한 것이다. 다만, 본 신기술의 발포성 폴리우레탄은 충전되는 방식 및 형태 측면에서 기존공법과 차이가 있다. 이러한 발포성 폴리우레탄의 충전 방식 및 형태에 대해서는 후술되는 석재마감단열블록의 제조방법'에 상세히 기술되어 있다.

(나) 석재마감단열블록의 제조방법

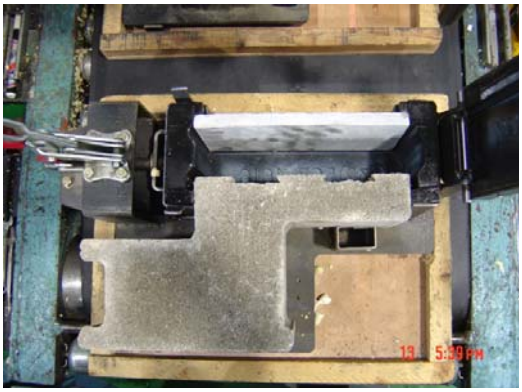
위 와 같은 재료적 특징을 갖고 있는 석재마감단열블록은 다음과 같은 방법으로 제작된다.

① 제작하고자 하는 블록 형태의 형틀에 콘크리트를 타설하고 양생하여 성형하고, 상기 콘크리트블록의 크기에 맞는 석재를 재단하여 준비한다.

② 준비된 콘크리트블록 및 석재를 금형틀에 삽입한다. 이때 콘크리트블록과 석재는 발포성 폴리우레탄 규격인 70mm 간격으로 이격되어 위치된다.



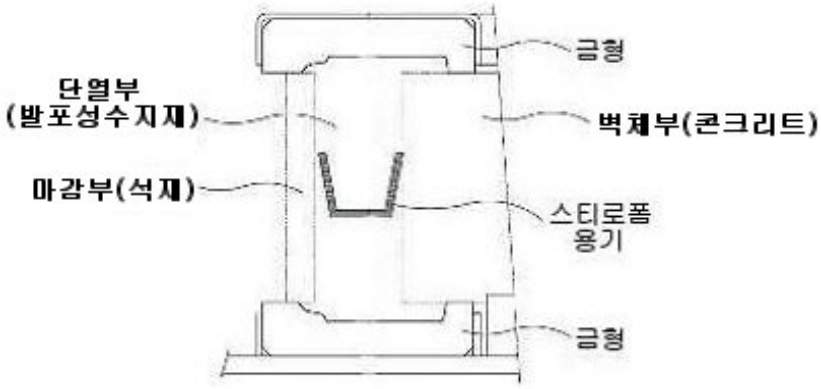
콘크리트블럭을 금형틀에 삽입한다

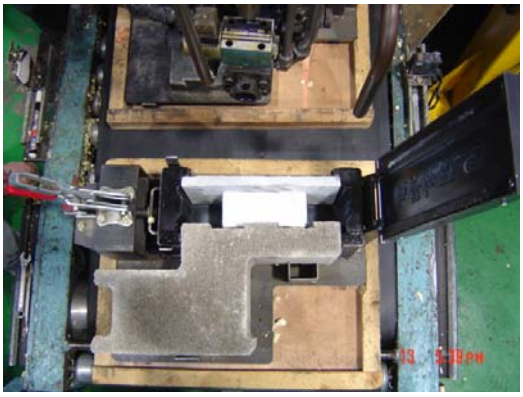


석재를 금형틀에 삽입한다

③ 콘크리트블록과 석재 사이에 스티로폼 재질의 용기를 삽입한다.

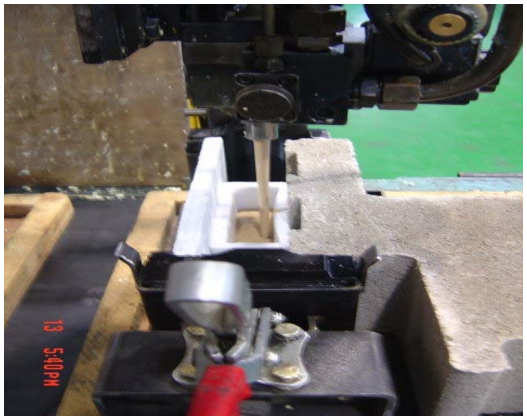
스티로폼 재질의 용기는 추후 충전되는 발포성 폴리우레탄이 담길 수 있도록 일정크기의 내부공간이 형성되어 있다. 이러한 스티로폼 용기는 발포성 폴리우레탄(단열부)이 내벽체부(콘크리트블록)와 외장마감부(석재) 사이에서 발포 및 경화될 수 있도록 하는 가이드 역할을 한다.



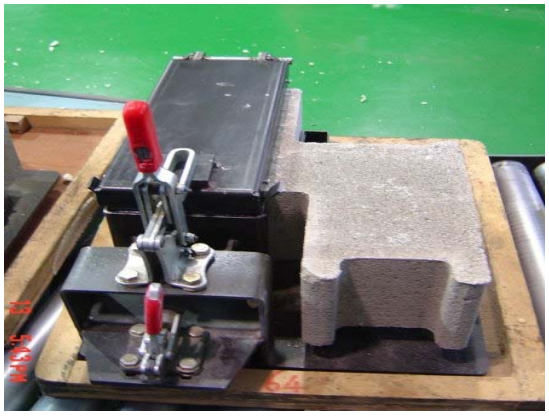


석재마감단열블록의 제작상태를 도시한 단면도

④ 석재마감단열블록 제작을 위한 셋팅이 완료된 후 콘크리트블록과 석재 사이의 스티로폼 용기에 발포성 폴리우레탄을 주입한 후 금형뚜껑을 닫는다.



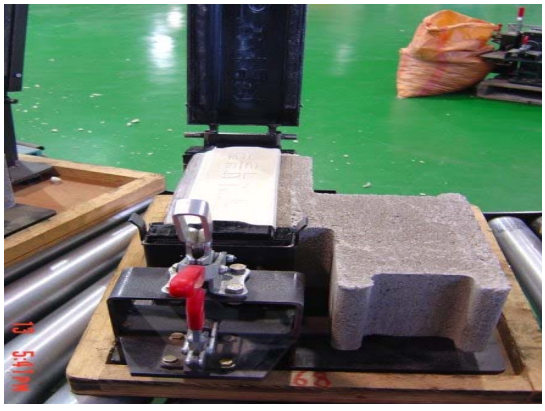
폴리우레탄을 주입한다



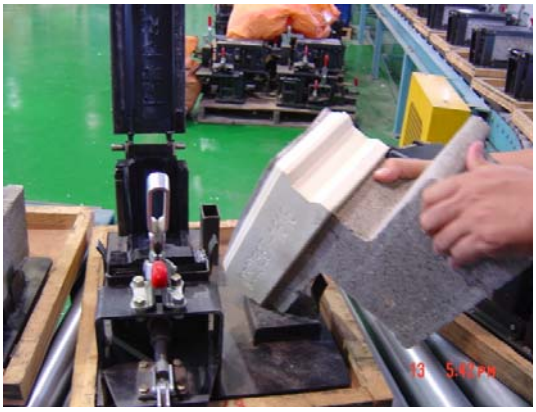
금형뚜껑을 닫는다

⑤ 우레탄이 응고되는 시간(15분)동안 컨베어로 이동시킨 후 뚜껑을 열어 제품을 꺼내고 파렛에 적재한다.

우레탄 응고시간 동안 컨베어 이동



금형 뚜껑을 연다



제품을 꺼낸다

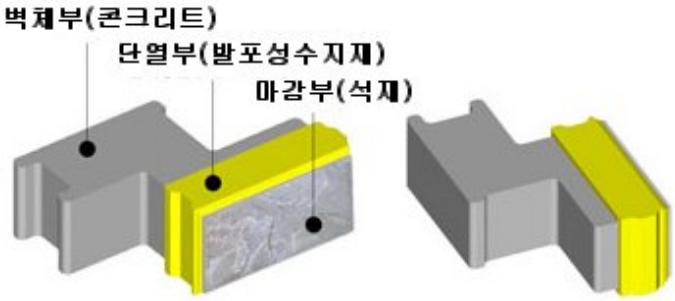
파렛에 적재한다.

⑥ 상기와 같은 방법으로 제작되는 석재마감단열블록은

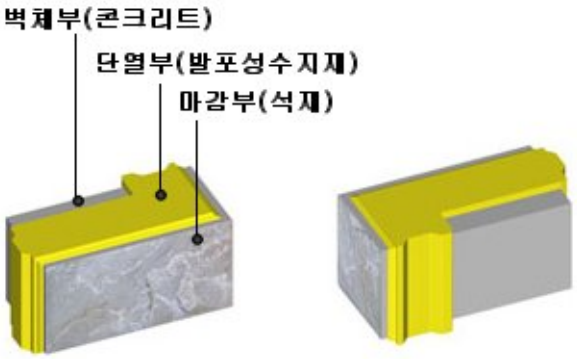
- 벽체부(콘크리트블록) : 11.0㎏
- 마감부(석재) : 1.2㎏
- 단열부(발포성 폴리우레탄) : 0.3㎏로 구성되어

총 12.5㎏(한 장당)의 무게를 갖는다.[3)]

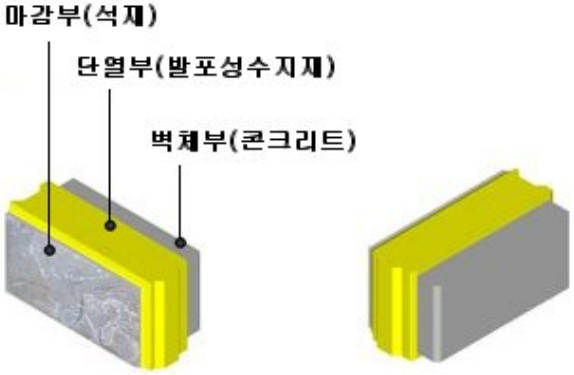
또한 본 석재마감단열블록은 다음과 같은 3가지 타입(S형, I형, 코너형)으로 제작되어 시공위치에 맞게 취사선택되어 사용된다.



석재마감단열블럭 (S형)



석재마감단열블럭 (코너형)



석재마감단열블럭 (I형)

(다) 석재마감단열블럭의 시공 : 작업시방서 참조

3) 참고적으로 일반적인 콘크리트 블록의 무게는 두께에 따라 다소 차이는 있지만 10.8㎏(두께 100㎜ (4″)), 13.8㎏(두께 150㎜ (6″)), 18.5㎏(두께 190㎜ (80″))이다. 따라서 본 신기술의 석재마감단열블록은 기존의 콘크리트블록보다 최대 약 1.2배 정도 무게가 더 나가지만, 작업자가 운반 및 취급하기에는 큰 어려움이 없다.

(2) 핵심기술의 내용

■ 본 신기술은 석재마감단열블록을 조적 할 때 인접하는 블록과 블록의 단열부(발포성 폴리우레탄)가 서로 맞닿게 하여 사이 틈새를 밀실하게 차단하고, 그 틈새를 줄눈마감 등의 방식으로 마감 처리하여 완벽하게 차단함으로써 외단열 효과가 향상되고, 방습, 방음, 및 방습효과가 뛰어나게 된다.

특히 본 신기술의 단열부(발포성 폴리우레탄)는 내벽체부 및 외장마감부의 둘레면에 대해 일측 및 타측으로 암수결합되는 연결돌기가 각각 형성되어 있어 시공 시 이웃하는 블록과 블록이 견고하게 맞물리게 된다. 따라서 블록과 블록 사이에는 어떠한 틈새도 발생되지 않게 되고 단열, 방음, 및 방습효과가 탁월하게 되며, 온도와 습기로 인한 벽체의 균열과 결로로 인한 백화현상이 방지되어 미관을 해하지 않고 구조적으로 안정된다.

■ 본 신기술은 석재마감단열블록 자체에 내벽체부를 형성하는 콘크리트블록, 외장마감부를 형성하는 석재 및 발포성 폴리우레탄으로 충전되는 단열부가 일체로 형성되어 있어, 단 한번의 격자의 조적공정으로 내벽 시공, 단열재 시공 및 외벽 시공이 모두 이루어지게 된다. 따라서 본 신기술은 기존의 공법보다 공정이 대폭 감소되고 이로 인한 작업인력 및 작업시간을 획기적으로 단축할 수 있으며 전체적인 공기 및 공비를 크게 절감할 수 있다.

■ 본 신기술은 석재마감단열블록의 압축강도가 기준치인 8N/㎟[4]을 훨씬 초과하는 18.2 ~18.6 N/㎟(별첨 17 '압축강도 및 흡수율 시험성적서'참조)이므로 내력벽 시공이 가능하다. 다만 내력벽 시공은 3층 이하의 건축물에 한하며, 3층 이상 10층 이하의 건축물에서는 H빔 또는 철근콘크리트기둥을 구축한 뒤 H빔 또는 철근콘크리트기둥에 S형 및 I형 석재마감단열블록을 적절히 배치하여 감아쌓기 공법으로 시공함으로써 종전의 조적식 건물이 갖고 있던 축조높이의 한계를 극복할 수 있다.

(3) 기존기술과의 비교

본 신기술은 벽체부(콘크리트블록) + 단열부(발포성 폴리우레탄) + 마감부(석재)로 이루어진 석재마감단열블록을 이용한 조적공법에 관한 것으로, 이와 유사한 기존공법으로는 콘크리트블록을 이용한 조적공법을 들 수 있다.

또한 본 신기술은 석재마감단열블록을 조적하여 3층 이하의 내력벽으로 시공 가능하므로, 기존의 내력벽을 시공하는 철근콘크리트조 시공공법과도 공법의 특성상 그 유사점이 있다고 할 수 있다.

---

4) KS F 4002 : 1997

따라서 다음과 같이

* 본 신기술과
* 기존공법 1: 조적조 - 콘크리트블록(1.0B)쌓기 + 스티로폼단열 + 적벽돌(0.5B)
* 기존공법 2(철근콘크리트조)를 비교하였다.

(가) 총괄적 비교 (신청기술 VS 기존공법)

① 기존공법 1 (조적조 - 콘크리트블록)

일반적으로 콘크리트블록으로 이루어지는 조적벽체는 콘크리트블록을 적층하여 건물의 벽체를 형성하고, 이웃하는 블록들은 시멘트몰탈 등으로 서로 부착되어 벽체를 형성하게 된다. 그러나 이러한 조적공사(기존공법 1)는 다음과 같은 문제점을 갖고 있다.

- 기술적

* 조적벽을 구성하고 있는 두 기본자재는 콘크리트블록과 몰탈이다. 이러한 콘크리트블록과 시멘트몰탈은 온도변화에 의해 스스로 수축 및 팽창을 반복하게 된다. 블록의 흡수율은 KS 규정으로 10% 이하가 되도록 되어있어 수분침투가 극히 미약하나 일반 몰탈의 경우는 비빔의 정도와 그 배합비에 따라 흡수율이 증가될 수 있다.

* 따라서 몰탈에 흡수된 수분에 의해 블록으로 침투된 수분은 벽체 축조 시 설치되는 철선을 부식시켜 구조적 성능을 잃게 하며 조적벽을 도괴시킬 수 있고, 또 조적벽에 동파를 일으킬 수 있게 된다.

* 또한 기존의 콘크리트블록에 의해 축조된 건물은 각각의 블록 사이에 틈새가 발생되어, 이 틈새를 통해 우천 시 외부의 수분이 건물 내부로 쉽게 유입됨은 물론 벽돌 자체의 단열성이 저하되어 이러한 벽돌만으로 축조된 건물은 내부에 습기가 많이 차는 등의 문제점이 있다.

- 시공방법

* 기존공법은 내벽시공, 외벽시공, 단열 등의 3공정을 거쳐 조적 벽체를 이루게 되므로 공기 및 공비의 증가를 피할 수 없게 된다.

* 현재 조적공과 줄눈공으로 직능분야가 나누어져 조적시공이 이루어지는 상태에서는 줄눈 및 몰탈 부분에서 시공하자가 쉽게 발생되어 수분이 벽돌 내부로 침투함으로서 철선을 부식할 수 있는 상황이 발생한다.

* 현재 대부분의 경우 #8번 철선을 내·외벽을 연결하는 구조재를 사용하고 있으나 강도가 약하고 쉽게 구부러져 풍압 등 외부의 수평력을 지지하지 못한다.

* 현재 대부분의 조적벽은 배수구와 환기구가 없이 조적시공하고 있어 내부에 수분이 침투 시 배출이 되지 않아 동파 및 백화의 요인이 된다.

* 조적벽체를 형성하는 콘크리트블록은 단열 및 방음효과가 떨어지기 때문에, 축조된 벽체 내측에 별도의 단열재를 대고, 이 단열재 바깥쪽에 불연성 석고보드를 설치하여 마감 처리하는 등 별도의 작업이 필요하게 된다.

* 콘크리트블록은 서로 이웃하는 블록이 시멘트몰탈에 의해서만 부착되게 됨으로 벽체의 구조적 강도가 저하되고, 고급스러운 건물을 축조하기 위해서는 석재 등의 별도 외장용 마감재를 부착하는 공정이 수반되게 된다.

- 유지 및 관리

* 조적 벽면은 색상이 미려하고 관리가 거의 필요 없는 재료적 특징을 가지고 있으나 구조적으로 불안정한 상태에서 균열 등이 발생하면 부분적으로 보수가 어렵고 또 전체 재시공으로 비용이 많이 소요되는 문제점이 있다.

* 조적용 몰탈이 부실하거나 조적 방법에 문제가 있어 습기가 벽 내부에 침투하였을 경우 벽체 표면에 백화가 발생하거나 내벽이 침수되는 경우가 있어 유지, 보수에 어려움과 비용이 소요되는 문제점이 있다.

* 국내와 같이 계절별로 온도차가 많은 지역에서는 외부 벽면에 수축팽창에 의한 균열현상이 많이 발생되므로 미리 신축줄눈을 설치해 놓지 않으면 별도의 비용이 소요된다.

* 그 외에도 콘크리트블록에 의해 축조된 벽체는 화재 시 상기 석고보드가 외부의 충격에 의해 쉽게 파손되어 그 내측에 위치한 단열재가 외부로 노출되면서 화재의 위험성이 증가되는 문제점이 있다.

* 콘크리트블록 내부에 공간부를 형성하고, 이 공간부에 단열재를 충전하여 단열 및 방음효과를 향상시키기 위한 블록이 개발되기도 하였으나, 이러한 블록도 단열재 둘레에는 시멘트몰탈이나 석재 등의 비 단열재로 둘러싸기 때문에, 이 시멘트몰탈 등을 따라 냉기나 소음이 여전히 건축물 내, 외부로 전달되는 문제점이 있다.

② 기존공법 2 (철근콘크리트조)

내력벽 시공을 위한 철근콘크리트공사(기존공법 2)는 거푸집 속에 철근을 조립한 후 콘크리트를 부어넣어 양생함으로써 벽체를 완성하는 공법으로, 콘크리트의 양생시간이 필수적으로 수반되어야 함으로 공기가 길고, 재료의 재사용 및 균일한 시공이 곤란하며, 전음도가 커 균열이 발생하게 되고 재료의 한계성으로 인한 부분적인 파손이 발생하게 된다.

③ 본 신청기술

본 신기술은 구조적 강성체인 내벽체부(콘크리트블록)와 외장마감부(석재) 및 외장마감부와 내벽체부 사이에 충전되는 단열부(발포성 폴리우레탄)로 구성되는 석재마감단열블록을 격자 방식으로 조적하여 내력벽체를 형성하고,

상기 석재마감단열블록과 블록사이는 줄눈마감 등의 방식으로 마감처리함으로써, 벽체의 균열 및 백화현상을 미연에 방지하여 구조적으로 안정되고 미관이 저해되지 않는 벽체를 형성하며,

조적 벽체의 시공 시 한번의 공정으로 내벽 및 외벽의 시공이 이루어지게 되어 공기 및 공비를 절감할 수 있어 경제적이며, 기존의 조적 벽두께보다 80㎜ 감소된 벽체를 형성함으로써 실내 실사용 면적이 증가되는 조적 공법이다.

(나) 성능 비교 (신기술 VS 기존공법 1 : 조적조 - 콘크리트블록)

① 열관류율 비교 (별첨 12 '구조기술사 자문서 - 2차'참조)

현행 건축법은 건축물의 열손실을 줄이고 에너지를 합리적으로 이용하기 위해 표 1.8과 같이 지역에 따른 열관류율을 제한하고 있다.

지역에 따른 열관류율

건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 /
별표 4 (제21조관련) [개정 2001.1.17, 2002.8.31] 지역별 건축물 부위의 열관류율표

(단위 : W/m²·K, 괄호안은 단위 : Kcal/m²·h·℃)

건축물의 부위 \ 지 역			중부지역 1)	남부지역 2)	제주도
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		0.47이하 (0.40)이하	0.58이하 (0.50)이하	0.76이하 (0.65)이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.64이하 (0.55)이하	0.81이하 (0.70)이하	1.10이하 (0.95)이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.29이하 (0.25)이하	0.35이하 (0.30)이하	0.41이하 (0.35)이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.41이하 (0.35)이하	0.52이하 (0.45)이하	0.58이하 (0.50)이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.35이하 (0.30)이하	0.41이하 (0.35)이하	0.47이하 (0.40)이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.41이하 (0.35)이하	0.47이하 (0.40)이하	0.52이하 (0.45)이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.52이하 (0.45)이하	0.58이하 (0.50)이하	0.64이하 (0.55)이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.58이하 (0.50)이하	0.64이하 (0.55)이하	0.76이하 (0.65)이하
공동주택의 측벽			0.35이하 (0.30)이하	0.47이하 (0.40)이하	0.58이하 (0.50)이하
공동주택의 층간 바닥	바닥난방인 경우		0.81이하 (0.70)이하	0.81이하 (0.70)이하	0.81이하 (0.70)이하
	그밖의 경우		1.16이하 (1.0)이하	1.16이하 (1.0)이하	1.16이하 (1.0)이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우		3.84이하 (3.30)이하	4.19이하 (3.60)이하	5.23이하 (4.50)이하
	외기에 간접 면하는 경우		5.47이하 (4.70)이하	6.05이하 (5.20)이하	7.56이하 (6.50)이하

1) 중부지역 : 서울특별시, 인천광역시, 경기도, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군 제외), 충청북도(영동군 제외), 충청남도(천안시), 경상북도(청송군)
2) 남부지역 : 부산광역시, 대구광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군), 충청북도(영동군), 충청남도(천안시 제외), 전라북도, 전라남도, 경상북도(청송군 제외), 경상남도

- 신청기술 및 기존공법 1 (조적조 - 콘크리트블록)의 열관류율 계산

본 신청기술과 기존공법 1(조적조 - 콘크리트블록)의 물성

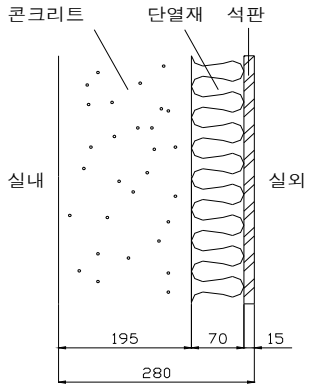
재 료 명	두 께 (mm)	열전도율λ (kcal/m.h.°c)	저항 Ri (m^2.h.°c/kcal)
1 실내측표면(전달률)	-	8	0.125
2 콘 크 리 트	195	0.946	0.206
3 단 열 재(우레탄폼)	70	0.021	3.333
4 단 열 재	70	0.033	2.121
5 천 연 석	15	1.489	0.010
6 공 기 층(정지)	140		0.190
7 붉 은 벽 돌	90	0.59	0.153
8 실외측표면(전달률)	-	20	0.050

* 신기술(석재마감단열블록)의 열관류율 계산

열관류율 $k_r = \dfrac{1}{R_{s1} + \sum_{i=1}^{n} R_i + R_{s2}}$

$$k_r = \frac{1}{0.125 + 0.206 + 3.333 + 0.010 + 0.05} = 0.277$$

$k_r = 0.277$ Kcal/㎡·h·℃

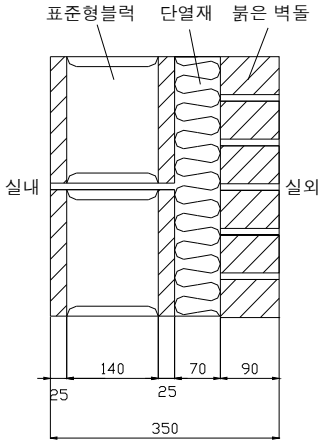


본 신기술
단면도(개념화)

* 기존공법 1(조적조 - 콘크리트블록)의 열관류율 계산

$$k_r = \frac{1}{R_{s1} + \sum_{i=1}^{n} R_i + R_{s2}}$$

$$k_r = \frac{1}{0.125 + 0.026 + 0.190 + 0.026 + 2.121 + 0.153 + 0.05} \fallingdotseq 0.372$$



기존공법(조적조) 단면도

- 신기술과 기존공법의 열관류율 비교

위의 ②의 ㉮ 및 ㉯에서 보는 바와 같이 벽체의 총 열관류율은 신기술이 $k_r=0.277$ Kcal/㎡·h·℃, 기존공법이 $k_r=0.372$ Kcal/㎡·h·℃로서 신기술은 기존공법에 비해 그 벽두께가 80%로 얇은 반면에 열관류율은 기존공법보다 1.34배 더 우수한 성능을 보이고 있다.

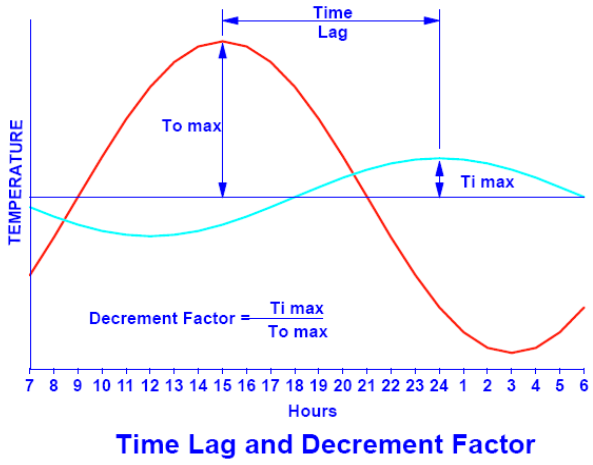
② 외단열로 인한 열용량 증대 효과(별첨 12 '구조기술사 자문서 - 2차'참조)

- 벽체의 열용량

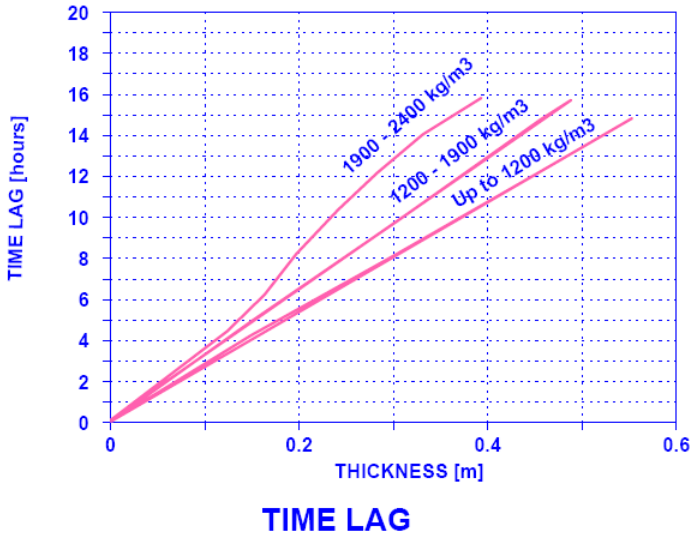
대개의 건축재료는 열전달을 억제하는 성질과 지연시키는 성질을 동시에 가지고 있으며 이 중 한 가지 성질이 우수하면 다른 것은 그렇지 못한 게 일반적이다. 예를 들어 벽돌이나 콘크리트는 많은 양의 열을 흡수할 수 있으나 열전달을 억제하는 능력은 극히 작으며, 반면에 유리섬유와 같은 단열재는 열전도를 억제하는 능력은 매우 크지만, 열에너지를 흡수하거나 열전달을 지연시키는 능력은 그 반대이다. 벽체에 이러한 두 가지 재료를 같이 사용했을 때, 그 벽체의 전열특성이 정해지는데, 열전달을 억제하는 것은 단열성능이라 하고 열전달을 지연시키는 것은 벽체의 축열성능이라 한다. 여기서 벽체가 지니는 축열성능(열용량)을 타임랙(time-lag)과 디크리먼트팩터(decrement factor)로서 설명하면 다음과 같다.

* 타임랙(time-lag)

타임랙이란 열용량이 0인 벽체 내에서 발생하는 열류의 피크에 대하여 주어진 구조체에서 일어나는 피크의 지연시간을 말한다.



Time Lag and Decrement Factor



TIME LAG

위 그림에서 타임랙은 벽체두께와 벽체의 단위중량에 따라 변화하며 벽두께가 두꺼울수록, 벽체 단위중량이 클수록 커진다.

* 디크리먼트 팩터(decrement factor)

아래 그림 1.58과 같이 외벽 표면의 부위는 일사량에 따라 주야간의 온도차가 급변하지만, 내벽 표면은 벽체가 가지는 열용량으로 인하여 그 온도변화가 완만하게 변화한다. 이러한 열에너지 확산성(energy diffusion) 정도를 나타내주는 지표가 바로 디크리먼트 팩터이다.

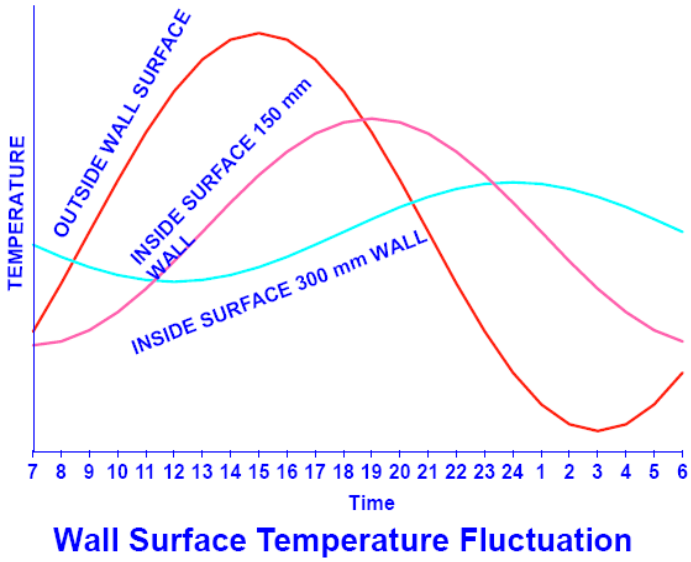


그림 1.58 Wall Surface Temperature Fluctuation

위 그림 1.58에서 보는 바와 같이 벽체의 열 확산성을 나타내는 디크리먼트 팩터는 벽체두께가 100mm에서 300mm로 두꺼워질 때 급감하며, 그 이상은 완만한 상태를 보여준다. 따라서 대체적으로 벽체 두께 30cm정도는 양호한 열확산성(decrement factor)을 갖는다. 신기술의 벽체두께 280mm는 이러한 열적성질을 보여줄 수 있는 최적의 벽두께라 할 수 있다.

* 벽체의 외표면에서의 깊이에 따른 온도 변화

그림 1.58에서와 같이 벽체가 외기에 접한 부위에서 내부로 깊어짐에 따라 시간에 따른 온도변화가 상당히 작아짐을 알 수 있다. 이런 효과는 벽체를 구성하는 재료가 어떻게 배치되어야 쾌적한 열적 성능을 발휘할 수 있는지를 보여준다. 신기술 벽체의 경우, 외표면은 석재(천역석) 마감으로 열전달을 가능한 줄이며 대신 내부에는 열용량이 큰 콘크리트를 사용함으로써 쾌적한 열환경을 구현한다. 외표면에 축열성능이 비교적 큰 붉은 벽돌을 배치하고, 내부엔 열용량이 작은 블록을 쌓는 기존공법으로는 이러한 장점을 얻기 어렵다.

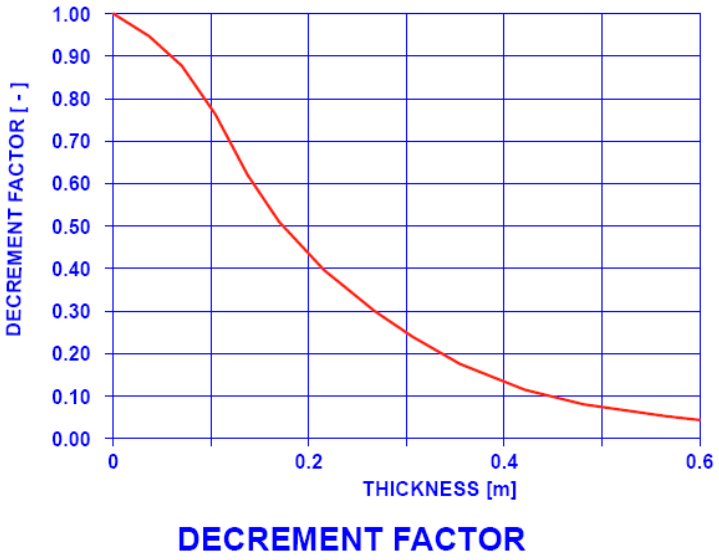


그림 1.59 DECREMENT FACTOR

③ 방습성 증대 (별첨 12 '구조기술사 자문서 - 2차'참조)

기존공법 1(조적조 - 콘크리트블록)의 경우, 외표면의 벽돌은 방수성능이 거의 없어 흡수성이 크며 내부에 배치된 블록도 마찬가지이다. 이러한 흡수성은 벽체 구성재료의 전열성능을 증대시켜 단열효과를 저하시킨다. 그러나 본 신기술의 경우 외표면은 석재(천연석)로 마감할 뿐만 아니라, 그 틈새를 코킹으로 처리하며, 발포성 폴리우레탄이 석재(천연석)와 콘크리트블록에 밀착되어 있어 탁월한 방수, 방습성능을 가진다.

④ 차음 및 방음효과(별첨 12 '구조기술사 자문서 - 2차'참조)

신기술의 경우, 외표면이 밀도가 큰 석재(천연석) 마감이므로, 기존공법(조적조)의 적벽돌에 비해 반사율이 크고, 벽체 내부는 콘크리트블록으로 되어 있어, 기존공법의 블록의 경우보다 투과손실이 크므로, 차음 및 방음면에서 신기술이 기존공법보다 그 효율성이 높다.

(다) 구조적 성능 비교 (신기술 VS 기존공법 1: 조적조 - 콘크리트블록)

① 압축강도

- 압축강도 시험실시

■ 본 신기술을 그대로 적용하여 시공된 일정크기의 시험체를 대상으로 압축강도시험을 시행하였다. 그 결과 표 1.20에 나타나듯이 본 신기술의 압축강도는 18.2~18.6N/㎟로써 압축강도 기준치인 8 N/㎟ 이상[5]을 만족하고 있음을 알 수 있었다(`압축강도 및 흡수율 시험성적서' 참조).

표 1.20 압축강도시험 시험결과

시료구분 / 시험항목	결과		시험방법
	1	2	
압축강도 [NPa(=N/㎟)]	18.2	18.6	KCIC 001-'02

- 압축강도 구조계산

구조기술사의 자문을 얻어 본 신기술의 압축강도에 대한 구조계산을 시행하였다 (별첨 11 '구조기술사 자문서 - 1차' 참조).

㉮ 석재마감단열블록 전체(벽체부:콘크리트블록 + 단열부:발포성 폴리우레탄 + 마감부: 석재)를 기준으로 한 경우 (별첨 11 '구조기술사 자문서 - 1차' 참조).

㉠ 조적체의 설계 기준 압축강도 (f'm)

ⓐ 블록개체의 압축강도 = 185 kgf/㎠ (별첨 17 참조)

ⓑ 조적체의 설계용 기준 압축강도(계산치) f'm = 185x0.5= 92.5 kgf/㎠

ⓒ 조적체의 설계용 기준 압축강도 f'm = 80 kgf/㎠ (기준 4.1 ③항)

5) 한국산업규격, KS F 4002 : 1997

㉡ 콘크리트블록 조적기둥의 허용압축응력도 (Fa)계산의 예

ⓐ Fa = 0.20 x f'm x $[1-(\frac{h'}{42t})^3]$

= 0.2 x 80 x$[1-(\frac{270}{42\times28})^3]$ = 15.8 kgf/㎠

단, 여기서

Fa = 중심 축하중만 받는 부재의 허용 평균 압축응력도 (kgf/㎠)

f'm = 재령 28일 조적체의 기준압축강도 (kgf/㎠)

h' = 벽 또는 기둥의 유효높이 (2.7m 가정)

t = 벽 또는 기둥의 유효두께 (28cm 가정)

㉯ 석재마감단열블록의 벽체부(콘크리트블록) 만을 기준으로 한 경우

원래 본 석재마감단열블록은 벽체부(콘크리트블록) + 단열부(발포성 폴리우레탄) + 마감부(석재)가 완전히 밀착되어 일체화된 하나의 블록 단위체이다.
그러나 단열부(발포성 폴리우레탄) 및 마감부(석재)는 내력벽체 두께에서 제외되어야 하고 벽체부(콘크리트블록)만을 가지고 비교 검토하여야 한다는 심사위원님의 지적에 따라 다음과 같이 석재마감단열블록의 압축강도의 계산을 시행하였다(별첨 12 '구조기술사 자문서 - 2차' 참조).

㉠ 조적체의 설계 기준 압축강도 (f'm)

ⓐ 블록개체의 압축강도 = 185 kgf/㎠ (별첨 17 참조)

ⓑ 조적체의 설계용 기준 압축강도(계산치) f'm = 185x0.5= 92.5 kgf/㎠

ⓒ 조적체의 설계용 기준 압축강도 f'm = 80 kgf/㎠ (기준 4.1 ③항)

㉡ 콘크리트블록 조적기둥의 허용압축응력도 (Fa)계산의 예

ⓐ Fa = 0.20 x f'm x $[1-(\frac{h'}{42t})^3]$

= 0.2 x 80 x$[1-(\frac{270}{42\times19})^3]$ = 15.4 kgf/㎠

단, 여기서

Fa = 중심 축하중만 받는 부재의 허용 평균 압축응력도 (kgf/㎠)

f'm = 재령 28일 조적체의 기준압축강도 (kgf/㎠)

h' = 벽 또는 기둥의 유효높이 (2.7m 가정)

t = 벽 또는 기둥의 유효두께 (19cm 가정)

㉰ 위의 ㉮ 및 ㉯ 계산 예에서 보는 바와 같이, 신기술 블록의 경우 마감부와 단열부분을 제외할 경우 허용압축응력도(Fa)는 다소 감소한다.

② 전단접착강도

■ 본 신기술을 그대로 적용하여 시공된 일정크기의 시험체를 대상으로 압축강도시험을 시행하였다. 그 결과 표 1.21에 나타나듯이 본 신기술의 전단접착강도는 0.19N/㎟로써 기준치인 0.15 N/㎟ 이상[6]을 만족하고 있음을 알 수 있었다(별첨 22 '전단접착강도 및 투수성 시험성적서' 참조).

표 1.21 전단접착강도시험 시험결과

시험항목 \ 시료구분	결과	시험방법
전단접착강도(N/㎟)	0.19	KS F 4932 - '02

③ 수평하중 (별첨 11 '구조기술사 자문서 - 1차'참조)

- 표준형 블록(390x190x190)과 석재마감단열블록의 물리적 특성

* 표준형 블록의 도심과 회전강성

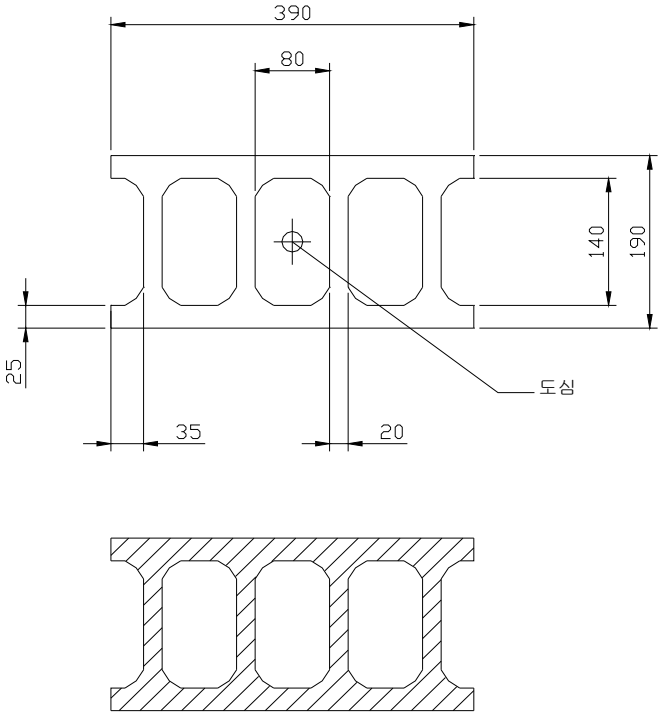


그림 1.60 표준형 블록의 치수

회전강성 I ≒ $\frac{1}{12}\{39\times19^3-8\times14^3\times4\}$ ≒ 14,974 cm^4

6) 한국산업규격, KS F 4932 : 2002

* 석재마감단열블록의 단면의 도심과 회전강성

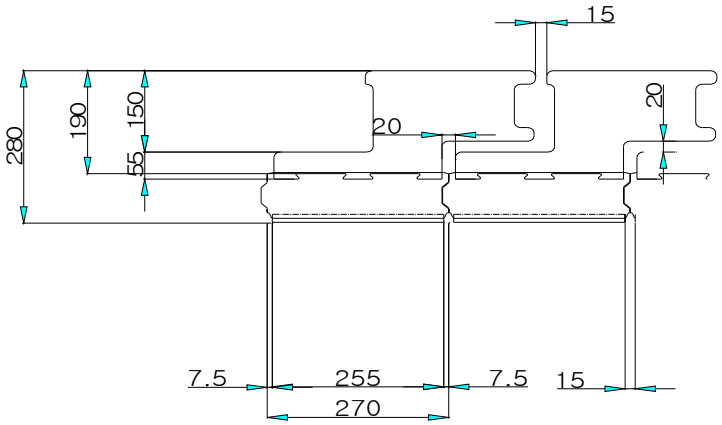


그림 1.61 석재마감단열블록의 치수

회전강성 I ≒ $\frac{1}{3}\{23\times13^3+21\times13^3\}$ ≒ 32,223 cm^4

- 수평하중에 대한 차이

위 개략계산에서 보는 바와 같이 종래의 표준형 블록(390x190x190)과 석재마감단열블록을 비교하여 보면, 대략 석재마감단열블록이 회전강성면에서 2배정도 값이 크다는 것을 알 수 있다.
또한 블록 조적벽의 경우 수평하중에 대한 저항력은 개체의 회전강성 뿐만 아니라 수직기울기의 정도, 접착제인 붙임 몰탈의 특성에 크게 좌우되므로 이러한 요인을 종합적으로 고려하여야 할 것이다.

다. 신기술의 범위

본 신기술의 범위는 벽체부 콘크리트블록과 석재 마감부 사이를 발포성 폴리우레탄 단열재로 충전하여 일체화한 단열 콘크리트블록을 생산하고, 석재마감 단열블록을 격자식의 끼워 넣기 방식을 조적하여 그 블록과 블록사이의 외부틈새를 줄눈마감 등의 방식으로 처리하는 조적공법까지이다.

상기 본 신기술의 구체적인 범위에 대해 서술하면 다음과 같다.

벽체부 콘크리트 블록과 석재 마감부 사이를 발포성 폴리우레탄 단열재로 충전하여 일체화한 단열 콘크리트블록 생산기술.

1항의 석재마감 단열블록을 격자식의 끼워넣기 방식으로 조적하고, 그 블록과 블록사이의 외부틈새를 줄눈마감 등의 방식으로 처리하는 조적공법.

2. 신기술 요지 및 지정요건 설명서

가. 신기술의 요지

■ 본 신기술은 콘크리트블록으로 이루어진 내벽체부, 석재로 이루어진 외장마감부 및 벽체부와 마감부 사이에 발포성 폴리우레탄으로 충전되는 단열부로 이루어진 석재마감단열블록을 격자식의 끼워넣기 방식으로 조적하고, 결합되는 블록과 블록 사이 틈새는 줄눈마감 등의 방식으로 마감처리하는 공법이다.

이때 석재마감단열블록의 단열부는 내벽체부 및 외장마감부의 상하좌우 4방향 둘레면보다 돌출되며 맞닿는 내벽체부 및 외장마감부의 일부가 묻히도록 충전되고, 석재마감단열블록의 단열부에는 연결돌기가 형성되어 있다.

■ 이러한 본 신기술은 외단열 방식을 띄고 있기 때문에 실내의 온기가 외부로 유출되지 않고, 어떠한 외부의 냉기도 구조체 내부로 투입되지 못하게 되며, 또한 이러한 효과로 실내측 벽의 온도가 공기 중의 노점온도보다 높아지게 되므로 결로(내부결로 및 표면결로)가 발생되지 않아 단열, 방열, 방수, 방습 효과가 탁월하게 된다(별첨 30 '열교시험보고서' 참조).

■ 본 신기술은 단열성이 우수한 단열부(발포성 폴리우레탄)가 석재마감단열블록에 일체로 형성되어 있으므로 블록 자체의 단열성능이 우수하게 되고, 특히 시공 시에는 일렬로 조적되는 블록과 블록 사이 틈새가 상하좌우 4방향으로 돌출된 단열부(발포성 폴리우레탄)로 서로 맞물리게 설치됨으로써 밀실하게 차단된다.

또한 돌출된 단열부(발포성 폴리우레탄)가 서로 맞물리면서 자연스럽게 형성되는 연결홈에 줄눈마감 등의 방식으로 마감처리가 이루어져 다시 한번 블록과 블록 사이 틈새가 견고하게 차단되며 어떠한 외부 습기나 수분이 블록 내로 유입되지 않게 된다.

따라서 외부의 습기나 수분 또는 외기와 내기 온도차로 인한 결로가 발생되지 않고, 온도변화와 습기 등으로 인한 벽체 균열 및 백화현상을 억제할 수 있어 구조적으로 안정되고 미관이 미려한 고품질의 건축물 축조가 가능하게 된다.

■ 또한 본 신기술은 자기 접착력이 강해 재질에 관계없이 반영구적으로 접착력을 유지하는 단열부가 전술된 바와 같이 내벽체부와 외장마감부 사이에 충전되 내벽체부 및 외장마감부의 일부가 묻히도록 충전됨으로써 내벽체부와 외장마감부의 접착성이 향상되며 석재마감단열블록을 구성하는 재료간의 분리가 쉽게 일어나지 않고, 서로 견고하게 부착되어 완벽한 하나의 유닛을 이루게 된다.

■ 본 신기술은 내벽체부와 외장마감부 그리고 단열부가 일체로 형성되어 있어, 단 한번의 격자의 끼워넣기 방식의 조적공정으로 내벽 시공, 단열재 시공 및 외벽 시공이 모두 이루어지게 된다. 따라서 본 신기술은 기존의 공법보다 공정이 대폭 감소되고, 이로 인한 작업인력 및 작업시간을 획기적으로 단축할 수 있으며, 전체적인 공기 및 공비를 크게 절감할 수 있다.

■ 본 신기술은 마감부를 형성하는 석재를 녹석영, 박석소암, 반수암, 비단석 일반, 소미황, 자사암, 장미석영, 청석영, 도홍옥, 백석영, 비단석, 오로라 핑크 등의 다양한 종류로 구성할 수 있어, 건축주의 취향에 맞게 취사선택할 수 있으므로 기존의 한 가지의 패턴만을 이루던 외장재의 식상함을 배제 할 수 있으며, 본 신기술에 의해 시공되는 건축물의 외관을 더욱 미려하고, 자연과 조화로운 건축물을 완성할 수 있게 한다.

■ 본 신기술은 석재마감단열블록 자체에 단열재 역할을 하는 발포성 폴리우레탄이 설치되어 있으므로 단열재 시공을 위한 별도의 공간쌓기가 생략된다. 따라서 내력벽 시공 시 본 신기술은 석재마감단열블록의 폭 자체가 벽 두께가 되어 기존의 360㎜의 벽두께보다 80㎜ 감소된 280㎜가 벽두께로 형성되어 건축물의 실내사용면적을 증가시키고 공간 활용성을 향상시킨다.(별첨 5 '석재마감단열블록 도면' 참조)

나. 지정요건 설명서

(1) 신규성

■ 본 신기술은 압축강도의 기준치 8N/㎟ 이상을 뛰어넘은 18.2~18.6 N/㎟의 압축강도를 가지므로 3층 이하의 내력벽으로 시공되어도 전혀 손색이 없다

따라서 기존의 조적식 공법이 비내력벽만을 형성하던가 아니면 철근콘크리트 벽체의 외장을 치장하기 위한 조적방식으로 시공되던 것과는 달리 본 신기술은

- 한번의 공정으로 내벽시공, 단열재 시공, 및 외벽 시공이 모두 이루어지게 됨으로 공기 및 공비를 크게 절감할 수 있으며
- 한번의 조적 공정으로 내력벽 축조가 가능하게 되고, 뿐 만 아니라,
- 완변한 외단열 효과를 기대할 수 있는

국내 최초의 유일한 기술이다.

▪ **유사 및 선행기술과의 비교** (별첨 '선행기술조사서'참조)

한국특허정보원에서 조사한 '선행기술'과 본 신기술을 비교하면 다음과 같다. 표 2.1에 기술된 바와 같이 본 신기술과 유사한 선행기술은 장식 또는 자연석을 사용하는 블록, 합성수지 발포재의 단열재를 사용하는 블록, 및 S자형의 블록으로 구분되어 조사되었다.

• 선행기술1(일본공개실용 소57-110222)은 F형 및 S형 블록을 적의 배설하여 구성된 다목적 블록집합체로써, 블록의 전체적인 형상이 S형으로 본 신기술과 유사하긴 하나 재료 및 사용목적에 차이가 있다.

• 선행기술2(한국공개실용 1995-023444)는 벽돌의 중앙에 단열재(스티로폼)를 내장하되 서로 밀착 삽입할 수 있게 된 돌출부와 요입부를 형성하고 내장된 철근에 의하여 외장재, 외벽돌, 내벽돌이 서로 일체형으로 결합된 단열벽돌로써, 외장재, 단열재, 내벽이 순차 적층된 구조가 본 신기술의 석재마감단열블록과 유사하긴 하나 내벽을 형성하는 재료가 벽돌이므로 조적시 건축물의 내구성 확보에 그 한계가 있고, 블록을 형성하는 세부적인 재료에 있어 본 신기술과 차이가 있다.

• 선행기술3(일본공개특허 소58-082739)은 장식타일과 콘크리트 블록의 사이에 발포합성수지재를 충진, 발포시켜 형성된 외단열, 장식블록의 제조방법으로, 상기 제조방법에 의해 제작되는 블록은 외장재, 단열재, 콘크리트 블록이 순차 적층됨으로 그 구조가 본 신기술의 석재마감단열블록과 유사하긴 하나 선행기술3의 블록은 단일의 일자 형상만으로 이루어짐으로 S형과 I형을 이루는 본 신기술과는 차이가 있으며, 조적시 블록과 블록 사이에 발포성수지재로 자연스럽게 형성되는 연결홈에 실리콘과 치장줄눈이 시공되는 본 신기술과는 시공방법 상에 차이가 있다.

• 선행기술4(한국공고실용 1981-000269)는 블록체의 중공부 내측으로 받침턱을 돌설하고, 할개부에 대향토록 측면벽을 연설한 블록체 타측면의 일부를 돌출면으로 형성하고 중공부에 발포성수지층을 충진한 방음을 겸한 단열재 블록으로, 본 신기술의 석재마감단열블록과는 달리 할개부가 형성되어 있으며, 조적 시 벽체부와 마감부 사이에 형성되는 발포성수지재로 블록과 블록 사이가 밀실하게 부착되어 어떠한 틈새도 발생되지 않는 본 신기술의 석재마감단열블록과는 달리 발포성수지재가 블록체 내부에 형성되어 있으므로 블록과 블록 조적 시 틈새가 발생될 여지가 많으며, 별도의 외장재를 설치하여야 함으로 공정상의 번거로움이 있다.

• 선행기술5(일본공개실용 소55-021172)는 건축용 공동콘크리트 블록의 적어도 일측 표면에 천연석을 시멘트모르타르로 고착한 건축용 블록으로, 본 신기술과 같이 자연석을 사용하고 있긴 하나, 재료 및 형상이 본 신기술과 차이가 있으며, 별도의 단열재 공사를 시행하여야 함으로 공정상의 번거로움이 있고 단열 및 방습 효과를 보장하기 어렵다.

• 선행기술6(유럽특허 41417,A1)은 전면블록과 후면블록에 홈이 형성되고 단열판에 돌기가 형성되어 결합되는 단열블록으로, 층간 결합구조가 본 신기술과 유사하나 전체적인 재료와 형상에 차이가 있다.

표 2.1 신기술과 선행기술의 비교 - 계속

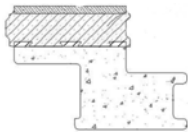
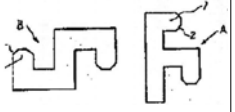
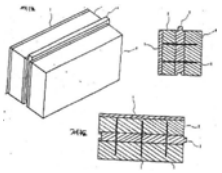
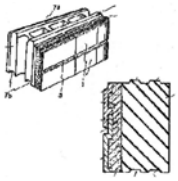
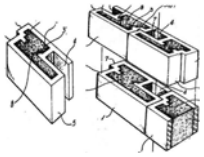
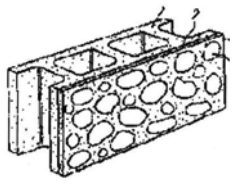
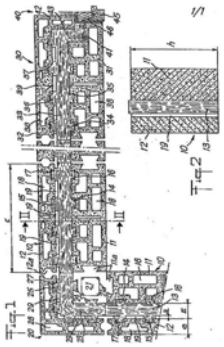
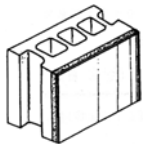
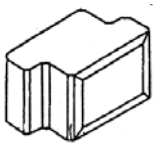
	신기술	선행기술1 (일본공개실용소57-110222)	선행기술2 (한국공개실용 1995-023444)	선행기술3 (일본공개특허 소58-082739)	선행기술4 (한국공고실용 1981-000269)
도면					
기술적 구성	① 'S'자형 콘크리트 블록 벽체부; ② 석재 마감부; ③ 벽체부와 마감부 사이에서 벽체부와 마감부의 상하좌우 4방향 둘레면 보다 돌출되고, 벽체부 및 마감부부의 일부가 묻히도록 충전되는 단열재 역할의 발포성 폴리우레탄으로 구성된 블록	블록이 S, F자 모양으로 형성되어 상호 결합할 수 있는 구조	벽돌의 중앙에 단열재(스티로폼)를 내장하되 서로 밀착 삽입할 수 있게 된 돌출부와 요입부를 형성하고 내장된 철근에 의하여 외장재, 외벽돌, 내벽돌이 서로 일체형으로 결합된 단열벽돌	① 타일 ② 성형 콘크리트 블록 ③ 사이에 발포 합성 수지재 충전발포하여 제조한 블록	블록체의 중공부 내측으로 받침턱을 돌설하고, 할개부에 대향토록 측면벽을 연설한 블록체 타측면의 일부를 돌출면으로 형성하고 중공부에 발포성 수지층을 충진한 방음을 겸한 단열재
비고	벽체부(콘크리트블록)가 S자형을 구성되어 쌓기에서 기류차단, 단열부(발포성 폴리우레탄)가 벽체부(콘크리트블록)를 감싸 안으며 돌출되어 결합성을 높이고 단열재의 기밀을 유지함.	구조벽체를 형성할 수 있는 또른 구조를 가진 블록임. 신기술과 다른 기술임.	외장재, 단열재, 내벽돌이 순차 적층된 구조로서 본 신기술과 세부적인 재료에 있어 차이가 있음	마감재료로 타일 사용, 성형 콘크리트 블록을 사용하여 신기술과 같은 S자형, 돌출형 단열층이 없음. 즉, 재료, 재료의 결합구조가 다름. 이로 인하여 블록부분과 마감 부분의 중간에 있는 단열층의 접합 상태가 불안전함. 좌측과 우측 결합시 틈새가 벌어져 단열 및 결로 방수 효과가 떨어짐.	중공부와 할개부로 구성된 중공블록으로 본 신기술의 S자형 블록과 할개부에 차이가 있음

표 2.1 신기술과 선행기술의 비교

	선행기술5 (일본공개실용 소55-021172)	선행기술6 (유럽특허 41417,A1)	선행기술7 (일본 공개특허 소58-041142)	선행기술8 (일본 공개특허 평2-035146)
도면				
기술적 구성	건축용 공동콘크리트 블록의 적어도 일측 표면에 천연석을 시멘트모르타르로 고착한 건축용 블록	전면블록과 후면블록에 홈이 형성되고 단열판에 돌기가 형성되어 결합되는 단열블록	① 유리섬유 강화 콘크리트 ② 발포 합성 수지재를 충전 발포한 단열 패널재 ③ 콘크리트 다짐하여 제조된 블록	S자형 모양을 가진 블록
비고	자연석을 사용하고 있긴 하나, 재료 및 형상이 본 신기술과 차이가 있음	층간 결합구조가 본 신기술과 유사하나 전체적인 재료와 형상에 차이가 있음	마감 재료를 GRC 사용하고, GRC를 콘크리트와 결합하기 위해 앵커를 설치하고 콘크리트를 부어 넣어 제조함. 재료, 재료의 결합방법, 제조 방법이 다름. 신기술과 같은 기류차단, 부착성 증대효과 기대할 수 없음.	신기술 중 벽체부의 구조와 유사한 블록 자체임. 신기술은 S자형 벽체부+돌출부를 가진 단열부+마감부(석재)로 결합된 것으로 S자형 블록 자체에 대하여 신청하는 것이 아님.

(2) 진보성

(가) 시공품질

① 탁월한 외단열, 방열, 방습 및 방음 효과

■ 본 신기술은 그림 2.1에 도시된 바와 같이 석재마감단열블록의 단열부(발포성 폴리우레탄)가 실외측을 향하여 내벽체부와 외장마감부 사이에 위치된다. 따라서 궁극적으로 본 신기술로 시공되는 건축물은 외단열 방식을 이루게 된다.

일반적으로 건물의 단열은 단열재의 위치에 따라 외단열, 중단열 및 내단열로 구분 될 수 있다. 이렇게 구분되는 단열재는 time-lag의 차이가 발생하게 된다. 즉 동일한 시공 조건에서 외단열이나 중단열, 내단열의 단열성능을 비교하여 보면, 모두 열관류값이 동일하게 되지만 time-lag이 많게는 5시간 정도 차이가 나게 된다.

특히 외단열의 경우 단열재가 구조체로의 열류 유입을 차단하여 time-lag이 길어지며 이로 인해 우수한 단열효과를 가질 수 있다. 따라서 외단열은 건물의 외측면을 감싸기 때문에 내단열이나 중단열에 비해 단열성능이 좋고, 내부 조건에 상관없이 건물 구조체 전체를 감싸게 되므로 열교가 잘 발생되지 않으며, 외기온에 구조체가 직접 노출되지 않으므로 구조체의 수축팽창 정도를 줄여줌으로써 열화를 방지하고, 균열 발생을 억제한다.

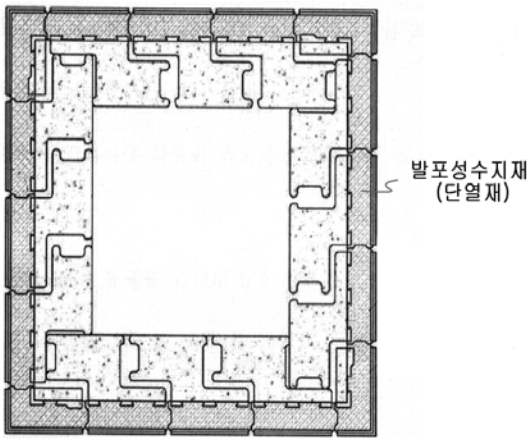


그림 2.1 석재마감단열블록의 시공 단면(외단열)

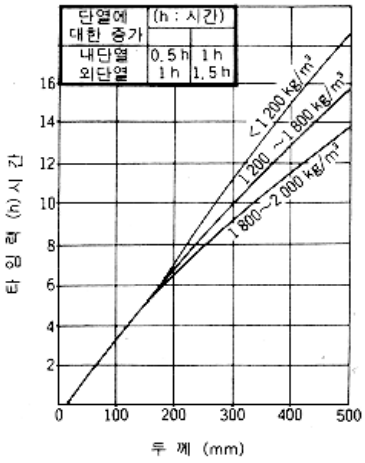


그림 2.2 단열방법에 따른time-lag의 차이

이러한 외단열 방식으로 시공되는 본 신기술은 실내의 온기가 외부로 유출되지 않고 어떠한 외부의 냉기도 구조체 내부로 투입되지 못하게 되므로 단열 및 방열효과가 탁월하게 된다.

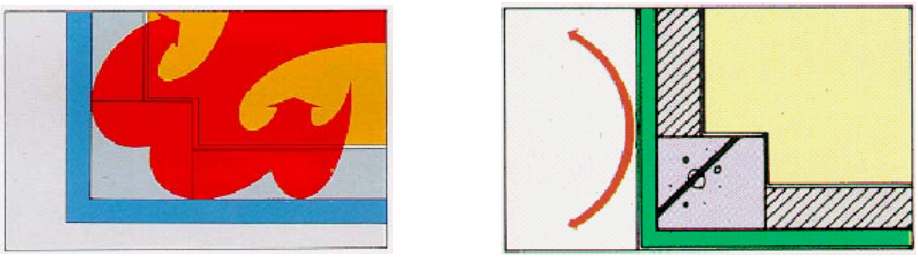
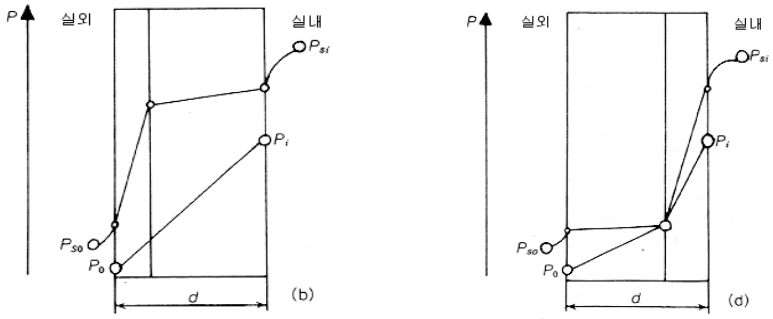


그림 2.3 외단열의 열교현상 개념도

또한 벽의 단열성과 투습저항이 적은 경우, 즉 습한 공기가 실내의 벽, 천장, 바닥의 표면에 접촉할 때 그 부위의 표면 온도가 실내 공기의 노점 이하일 경우 공기 중의 수분이 그 표면에서 결로 현상으로 나타나고, 표면에 결로한 수분 또는 수증기는 벽의 틈과 같은 내부 공간으로 침투되어 벽 내면에 내부결로를 발생시킨다.

이러한 표면결로와 내부결로는 건축 재료의 습윤에 의한 열전도율을 상승시켜 단열, 방열, 방습 효과를 저하시키고 도막재의 박리를 가져오며 건축 재료의 습윤 및 결빙에 의해 수축, 휨, 동해 등이 일어나게 되어 건축물의 균열을 야기 시킨다.

이러한 표면결로 및 내부결로를 방지하기 위한 방법으로는 공기가 노점 이하가 되지 않도록 건물 표면을 보온 단열하며, 실내의 온도 변화를 작게 하고 각 실의 온도차를 균일하게 하는 것이 가장 중요하며, 특히 열교가 발생되지 않는 외단열 공법이 가장 효과적이다(그림 2.4 참조).



(a) 외단열(결로 발생없음)　　(b) 내단열(결로 발생)

그림 2.4 단열방식에 따른 구조체의 노점온도 구배 곡선

이러한 측면에서 볼 때 외단열 방식으로 시공되는 본 신기술은 단열 및 방습 성능이 우수하여 실내측 벽의 온도가 공기 중의 노점온도보다 높아지게 됨으로 결로가 발생되지 않는다.

■ 또한 그림 2.5에서 알 수 있듯이 벽체의 열관류율이 K=2 일 때 실내의 상대습도가 55%이면 실내외 온도차가 40℃가 되어 표면결로가 발생하게 되고, K=2일 때 실내의 상대습도가 80%이면 실내외 온도차가 15℃가 되어 표면결로가 발생하게 된다. 따라서 결로는 습도가 높으면 높을수록 쉽게 발생됨으로, 건축물 구조체의 열저항이 1.3㎡.℃/W 이상 (열관류율 K=0.662kcal/㎡.h.℃ 이하) 되어야 하고, 구조적인 이유로 냉교가 생기더라도 최소 0.6㎡.℃/W 이상(열관류율 K=1.43kcal/㎡.h.℃ 이하)되어야만 결로가 발생되지 않는다.

본 신기술은 열관류율이 0.36W/㎡k (별첨 18 '열관류율 시험성적서'참조)이므로 단열 및 방습 효과가 뛰어나게 되고 외부의 냉기나 습기가 실내로 쉽게 침투하지 못하게 되어 어떠한 결로도 발생되지 않으며 완벽한 외단열을 수행할 수 있게 된다.

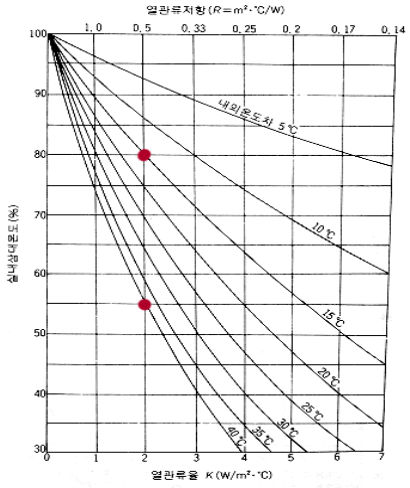


그림 2.5 표면결로 방지에
필요한 벽체의 열관류율

■ 본 신기술을 대상으로 범용 유체해석프로그램을 이용하여 열교현상 및 결로에 대해 시험하였다. 그 결과 p 117~127'4.1.13 열교시험'에 기술된 바와 같이 본 신기술은 적극적인 외단열의 효과로 외벽표면으로부터 수평적으로 약 8㎝ 정도 떨어진 지점부터 18℃ 이상의 높은 온도값을 나타내고 있었고, 실내측 표면온도와 노점온도를 비교 해 본 결과 실내 상대습도 80% 범위 내에서는 표면결로가 발생되지 않는 것으로 나타났다(별첨 30 '열교시험 보고서' 참조).

따라서 상기와 같은 본 신기술은 단열, 방음 및 방열효과가 향상되고 온도 변화 및 습기에 의한 벽체의 균열 및 백화현상이 방지되며 벽체의 구조적 강도가 저하되지 않는다.

■ 표 2.2에 나타나듯이 본 신기술은 방음시험결과 43.7~45.1㏈(500㎐ 기준)로써 기준치인 25㏈ 이상(500㎐ 기준)[1]을 만족시키고 있다.
또한 본 신기술은 각종 여러 가지 성능시험(부착강도, 압축강도, 투수성, 흡수율, 열관류율, 전단접착강도, 내후성, 충격강도, 동결융해저항성, 내마모성, 방음, 차염성 및 차열성 시험)을 실시한 결과, 그 결과가 기준치를 모두 상회하고 있다.

따라서 상기와 같은 본 신기술은 단열, 방열, 방습, 방음, 내후성, 내마모성, 차염성, 차열성 및 동결융해저항성이 우수한 고품질의 벽체 시공이 가능하다. 이때 본 신기술에서 핵심 자재라고 할 수 있는 석재마감단열블록은 기존의 국내에서 통용되던 일반적인 구조를 가지는 자재가 아니고, 본 신청인이 개발한 신규 구조의 자재이다. 이러한 까닭에 본 신기술에 적용될 수 있는 한국산업규격(KS)은 아직 정립되지 않은 상태이다. 따라서 본 신기술과 유사한 자재와 공법들의 한국산업규격(KS) 및 각종 관련 법규와 고시를 각종 성능시험의 기준으로 삼았다.

1) 환경부 고시 제1998-150호, KS F 2808

표 2.2 본 신기술의 성능표(별첨 17 ~ 별첨 28 참조)

시험항목	본 신기술	기준치	비고
부착강도 (벽체부(콘크리트블록)와 단열부(발포성폴리우레탄)	0.8~0.9 N/㎟	0.8 이상 N/㎟ (저온양생)	KS F 4716 : 2001
부착강도 (마감부(석재)와 단열부 (발포성 폴리우레탄)	1.0~1.1 N/㎟	0.8 이상 N/㎟ (저온양생)	KS F 4716 : 2001
압축강도	18.2~18.6 N/㎟	8 N/㎟ 이상	KCIC 001 - '02
흡수율	6.8~7.4 %	10% 이하	KCIC 001 - '02
투수성	투수되지 않음	투수 여부	KS F 2451 -'99
열관류율	0.36 W/㎡K	-건축법 별표4 (제21조 관련) '지역별 건축물 부위의 열관류율표' 참조	
전단접착강도	0.19 N/㎟	0.15 N/㎟ 이상	KS F 4932 : 2002
내후성 (Xenon, 790시간)	외관(갈라짐) 이상없음	외관 이상 여부	KS F 2274-'02
충격강도 (샤르피흡수에너지 :20℃)	0.4~0.5 J	-	KS B 0810 : 2003
동결융해저항성	부분탈락, 잔금, 파손 등 이상없음	외관 이상 여부	KS L 1001 : 2003
내마모성	0.02 g	0.1 g 이하	KS L 1001 : 2003
방음	43.7~45.1dB (500Hz 기준)	25dB 이상 (500Hz 기준)	환경부 고시 제1998-150호, KS F 2808
차염성	관통사항 없음	균열게이지 관통되지 않을 것	KS F 2257-8 : 2004
	착화사항 없음	면패드 착화 되지 않을 것	
	발생사항 없음	화염발생 없을 것(10초 이상)	
차열성	13℃	비 가열면 평균온도 (151℃ 미만)	KS F 2257-8 : 2004
	17℃	비 가열면 최고온도 (191℃ 미만)	

② 내력벽 축조 가능

■ 본 신기술은 압축강도가 18.2~18.6N/㎟으로 기준치인 8 N/㎟ 이상[2]을 만족하고 있고, 전단접착강도 역시 0.19N/㎟로써 기준치인 0.15 N/㎟ 이상[3]을 만족하고 있기에, 본 신기술은 석재마감 단열블록만을 이용하여 3층 이하의 내력벽 축조가 가능하다.

■ 본 신기술은 내력벽 축조 시 다음과 같은 내력벽 규준을 준수하여 시공된다.

◈ 「건축물의 구조내력에 관한 기준 (제3장 조적식 구조), 건교부 고시 제1996-043호」에서 본 내력벽의 길이, 높이 등 기타 제한기준

- 조적조 건축물 중 2층 또는 3층인 건축물의 경우 최상층 내력벽의 높이는 4m를 넘을 수 없다.
- 조적조 구조의 내력벽의 길이는 최대 10m 이하로 한다.
- 조적조 구조의 내력벽으로 둘러쌓인 부분의 바닥면적은 최대 80㎡ 이하로 한다.
- 조적조 내력벽의 두께는 그 건축물의 층수·높이 및 벽의 길이에 따라 각각 다음 표의 두께 이상으로 하되, 조적재가 벽돌인 경우에는 당해 벽 높이의 20분의 1이상, 블록의 경우에는 16분의 1이상으로 하여야 한다.

건축물의 높이	5m 미만		5m 이상 11m 미만	
층별/벽의 길이	8m 미만	8m 이상	8m 미만	8m 이상
1층	15cm	19cm	19cm	29cm
2층	-	-	19cm	19cm
3층	-	-	19cm	19cm

- 하나의 층에 있어, 개구부와 그 바로 윗 층에 있는 개구부와의 수직거리는 60cm 이상으로 하여야 한다. 같은 층의 벽에 상하 개구부가 분리되어 있는 경우, 그 개구부 사이의 거리 또한 같다.
- 폭 1.8m를 넘는 개구부의 상부에는 철근콘크리트구조의 웃인방을 설치하여야 한다.

◈ 콘크리트블록 조적조 구조기준 (건설부 고시 제1992-565호)에서 본 내력벽의 길이, 높이 등 기타 제한기준

- 콘크리트블록 내력벽 조적용 모르터의 배합비는 용적으로 정하고 적당한 시공연도가 유지되도록 물로 조정하며 특기시방, 기타 책임기술자의 특별한 지시가 없을 경우 다음 표에 의하여 결정한다.

2) 한국산업규격, KS F 4002 : 1997
3) 한국산업규격, KS F 4932 : 2002

구 분		포틀랜드 시멘트	소 석 회	모 래
1급	외부내력벽 쌓기	1	0	3
2급	내부내력벽 쌓기	1	0.25	3.75
3급	비내력벽 쌓기	1	1	6
4급	경미한 내력벽 쌓기	1	2	9

- 조적조 구조물의 내력벽 상부와 수평하중에 대하여 구조일체성을 높일 필요가 있는 곳에는 춤이 벽두께 이상인 테두리보를 설치하여야 한다.
- 테두리보는 벽체를 일체화하고 휨력에 의한 벽의 균열을 방지하며 수직철근을 정착하고 분산된 벽체를 일체로 연결하여 하중을 균등히 분산시킬 수 있도록 설치하여야 한다.
- 보강블록조로 된 내력벽의 기초는 연속기초로 하여야 한다.
- 보강콘크리트블록 조적조로 된 내력벽 구조방식의 반응수정계수(R)의 값은 3.0으로 한다.
- 보강콘크리트블록 조적조 건축물에 작용하는 수평력은 이에 저항하는 전체 내력벽의 강심(剛心)에 대한 각 내력벽의 위치와 강성을 고려하여 분배되어야 한다.
- 보강콘크리트블록 조적조 건축물의 내력벽은 편재되지 아니하도록 균형있게 배치되어야 한다.
- 외주와 모서리 부분의 내력벽은 L형이나 T형이 되도록 배치함을 원칙으로 한다.

◈ 콘크리트블록 조적조 구조기준 (건설부 고시 제1992-565호)에서 본 내력벽의 길이, 높이 등에 관한 추정치

- 조적체의 설계 기준 압축강도 (f'm)

㉠ 블록개체의 압축강도 = 185 kgf/㎠ (신청서 62쪽, KCIC 001-'02)
㉡ 조적체의 설계용 기준 압축강도(계산치) f'm = 185x0.5= 92.5 kgf/㎠
㉢ 조적체의 설계용 기준 압축강도 f'm = 80 kgf/㎠ (기준 4.1 ③항)

- 콘크리트블록 조적기둥의 허용압축응력도 (Fa)계산의 예

㉠ Fa = 0.20 x f'm x $[1-(\frac{h'}{42t})^3]$

$= 0.2 \times 80 \times [1-(\frac{270}{42 \times 28})^3] = 15.8$ kgf/㎠

단, 여기서

Fa = 중심 축하중만 받는 부재의 허용 평균 압축응력도 (kgf/㎠)
f'm = 재령 28일 조적체의 기준압축강도 (kgf/㎠)
h' = 벽 또는 기둥의 유효높이 (2.7m 가정)
t = 벽 또는 기둥의 유효두께 (28cm 가정)

■ 이러한 규정을 준수하여 시공되는 본 신기술은 그림 2.6에 도시된 바와 같이 벽체 두께가 280㎜이 되도록 시공된다. 이 수치는 석재마감단열블록의 특성상 벽체부(콘크리트블록), 단열부(발포성 폴리우레탄) 및 마감부(석재)가 모두 더해진 두께이다. 그러나 본 석재마감단열블록의 단열부(발포성 폴리우레탄) 및 마감부(석재)의 두께를 제외한 벽체부(콘크리트블록) 두께만으로도 190㎜가 되므로 조적조 내력벽의 최소 두께는 만족된다고 할 수 있다.

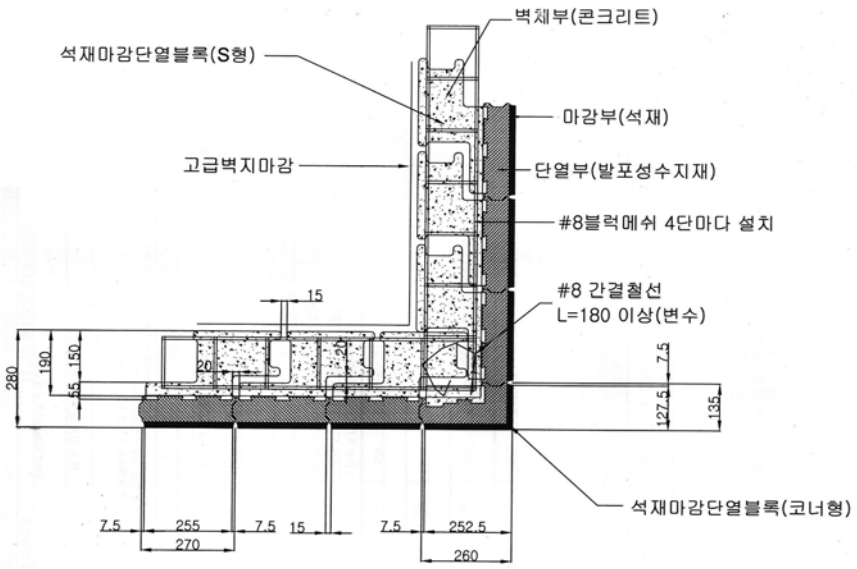


그림 2.6 본 신기술의 시공단면도

■ 또한 상기와 같은 내력벽 규준(「건축물의 구조내력에 관한 기준 (제3장 조적식 구조), 건교부 고시 제1996-043호」,「콘크리트블록 조적조 구조기준 (건설부 고시 제1992-565호)」)을 준수하여 시공된 본 신기술의 적용 사례는 다음과 같다.

표 2.3 각 현장별 내력벽 규준 적용사항

내력벽 규준 / 현장명 (시공규모)	최상층 내력벽 높이	내력벽 두께	층간 개구부의 수직거리
	4m 이하	벽 높이의 1/16 이상	60㎝ 이상
공주현장 (94m²)	3m	280mm	-
안성현장 (120.6m²)	3m	280mm	-
당진현장 (99.1m²)	3m	280mm	-
양평현장 (158.5m²)	3m	280mm	200cm
영종도현장 (99.1m²)	3m	280mm	-
함양현장 (198.3m²)	3m	280mm	120cm
화성현장 (165.3m²)	3m	280mm	180cm

• 또한 본 신기술은 전술된 바와 같이 '콘크리트블록 조적조 구조기준 (건설부 고시 제1992-565호)'을 근거로 한 내력벽으로의 구조적 성능을 만족하고 있다. 그러나 다만 기타 조적벽체 내력기준의 블록 조적벽의 경우 역학적 성능은, 개체의 강도 외에 벽체의 축조과정에서의 수직도 유지 여부, 접착제인 붙임 몰탈의 부착강도등과 복합적으로 관련되어 있으므로 건물 설계 시에 설계 상황에 따라 건축구조기술사에 의한 사전 검토가 필요하다 (별첨 2 '구조기술사 자문서 - 2차' 참조).

• 또한 상기와 같은 본 신기술은 내력벽 규준을 준수하며 3층 이하의 내력벽 축조가 가능하다. 그러나 3층 이상 10층 이하의 건물을 축조할 경우(비내력벽)에는 H빔 또는 철근콘크리트 기둥을 축조한 뒤 H빔 또는 철근콘크리트기둥에 S형과 I형의 석재마감단열블록을 적절히 배치하여 감아 쌓기 공법으로 시공할 수 있고, 이로써 종전의 조적식 건물이 갖고 있던 축조높이의 한계를 극복할 수 있다.

③ 공기 및 공비 절감

■ 본 신기술은 한번의 시공으로 내벽 시공, 단열재 시공, 외벽 시공이 모두 이루어지게 되므로 공정이 대폭 감소되고 작업시간 및 작업인력이 크게 절감되어 전체적인 공기를 단축할 수 있고, 공비를 절감할 수 있는 경제적인 공법이다. 이러한 사항은 후술되는 '공사비' 및 '공사기간'에 상세히 기술되어 있다.

④ 의장의 다양화

■ 본 신기술은 석재마감단열블록의 마감부(석재)를 그림 2.7에 도시된 바와 같은 다양한 종류의 석재로 구성할 수 있어 건축주의 기호를 만족시키고, 주변 경관과 조화로우며 외관이 미려한 건축물을 시공할 수 있다.

그림 2.7 석재마감단열블록에 적용될 수 있는 마감부(석재) 자재

⑤ 공간 활용성 증대

■ 본 신기술은 석재마감단열블록 자체에 발포성 폴리우레탄으로 충전되는 단열부가 형성되어 있어 기존 공법에서 시행되던 단열재 설치를 위한 공간쌓기가 불필요하게 된다. 따라서 시공 후 석재마감단열블록 자체의 폭 280㎜(별첨 5 '석재마감단열블록 도면' 참조)이 벽 두께가 됨으로 종전의 360㎜이었던 벽 두께가 80㎜ 감소됨으로 실내 사용 면적이 증가하게 되고 공간 활용성이 향상된다.

⑥ 시공성 및 시공품질 향상

■ 본 신기술의 석재마감단열블록은 S형, I형, 코너형 등 3가지 형태의 석재마감단열블록으로 제작되어 사용된다. 따라서 본 신기술은 S형을 기본으로 벽체를 축조하되 기둥이 있는 위치나 코너부분, 슬래브 부분, 및 인방 부분에서는 S 형과 I형, 및 코너형 등을 적절히 배치하며 시공위치에 따른 어떠한 제약 없이 자유로이 벽체 시공을 할 수 있다.

■ 기존공법에서는 인방공사 시 시멘트벽돌이 온도 및 습기로 인한 수축, 팽창을 스스로 반복하게 됨으로 상부 하중을 제대로 견디지 못해 개구부 틀이 손상되거나 인방부분에 균열이 발생되었다.

그러나 본 신기술은 석재마감단열블록이 그 자체로 탁월한 단열 및 방수 효과를 가지고 있으므로 온도 및 습기로 인한 수축, 팽창이 발생되지 않아 충분히 상부 하중을 감당할 수 있으며, 내구성이 우수하게 된다. 또한 본 신기술은 구조적으로 안정된 격자방식의 조적공법이므로 어떠한 균열도 발생되지 않고 개구부의 틀을 손상시키지 않게 된다.

(나) 공사비

본 신기술은 석재마감단열블록을 이용한 조적공법에 관한 것으로, 이와 가장 유사한 기존공법으로는 콘크리트블록을 이용한 조적공법을 들 수 있으며, 또한 본 신기술은 석재마감단열블록을 조적하여 3층 이하의 내력벽으로 시공 가능하므로, 기존의 내력벽을 시공하는 철근콘크리트조 시공공법과도 공법의 특성상 그 유사점이 있다고 할 수 있다.

따라서 다음과 같이 본 신기술과 기존공법 1(조적조 - 콘크리트블록) 및 기존공법 2(철근콘크리트조)를 중심으로 공사비를 비교하였다.

이때 일반적인 시공 예는 아니지만, 심사위원님의 지적에 따라 기존공법 1(조적조 - 콘크리트블록) 및 기존공법 2(철근콘크리트조)는 본 신기술과 마찬가지로 천연석으로 마감되는 것을 기준으로 하였으며, 본 신기술과 기존공법 2(철근콘크리트조)의 대등한 시공조건을 위해 기존공법 2(철근콘크리트조)에서는 철근에 대한 부분은 제외하였다.

표 2.4 신기술 및 기존공법의 공비 비교

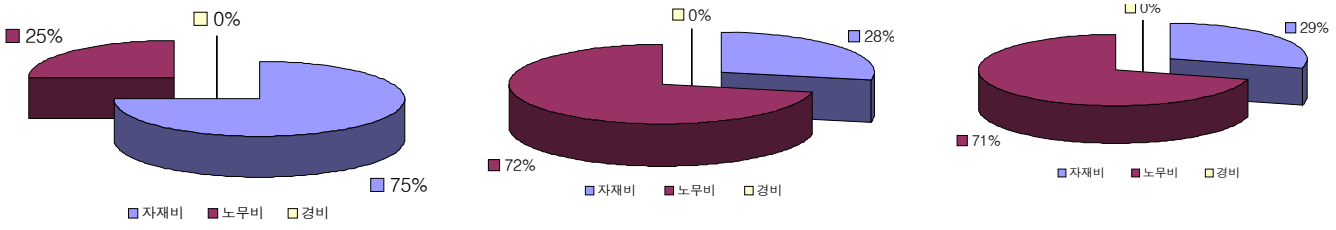
구 분	본 신기술	기존공법 1 (조적조-콘크리트블록)	기존공법 2 (철근콘크리트조)
자재비 (㎡ 당)	109,414.1 원	47,251.2 원	48,145.3 원
노무비 (㎡ 당)	36,230.2 원	120,222.3 원	117,534.1 원
경 비 (㎡ 당)	-	-	546.7 원
합 계	**145,644.3 원**	**167,473.5 원**	**166,226.1 원**

■ 경제성 검토결과

본 신기술의 공사비를 항목별로 살펴보면, 전체 공사비 중 자재비가 75% 를 차지하고, 노무비가 25%를 차지하고 있다.

이러한 현상은 한번의 공정으로 벽체 시공, 단열재 시공 및 외장재 시공이 모두 이루어지게 됨으로써 공기 및 공비를 획기적으로 단축할 수 있는것에 기인하며, 기존공법에 비해 크게 절감된다.

또한 본 신기술은 석재마감단열블록을 공장에서 제작 생산함으로 거의 일정한 자재비가 소요되고, 현장여건이나 물가변동 등에 따라 변동성이 큰 노무비는 기존공법에 비해 대폭 감소됨으로 결론적으로 경제성이 높은 공법이라 할 수 있다.



(a) 신기술

(b) 기존공법 1
(조적조 - 콘크리트블록)

(c) 기존공법 2
(철근콘크리트조)

그림 2.8 항목별 공사비 비교

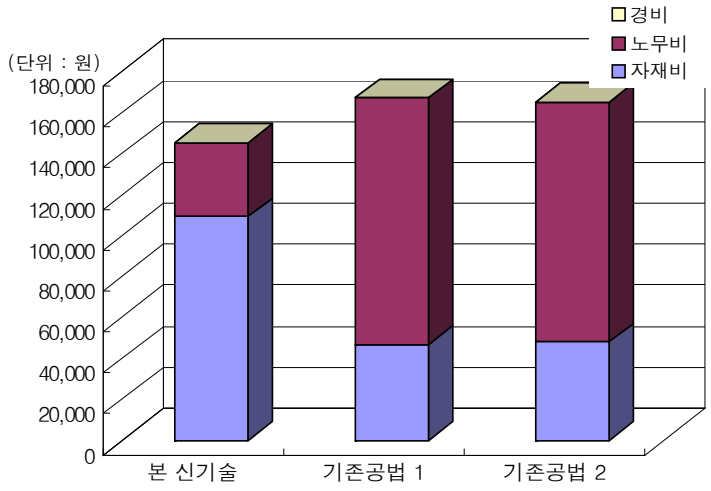


그림 2.9 신기술 및 기존공법의 공사비 비교

그림 2.9는 신기술 및 기존공법의 공사비를 비교한 것으로, 기존공법보다 신기술의 공사비가 낮음을 알 수 있다. 그 비율은 기존공법을 100%로 기준했을 때 본 신기술은 기존공법 1(조적조 - 콘크리트블록) 및 기존공법 2(철근콘크리트조)보다 약 13%의 공비가 절약되는 것으로 나타났다.

(다) 공사기간

기존공법은 기초 공사 후 철근콘크리트 등으로 구조를 만든 후 내벽을 쌓고, 단열재(스티로폼 등)를 대고, 외벽(치장블록이나 대리석 등)을 조적하고, 이후 매질과 내부 미장을 하는 것이 일반적이다. 따라서 이러한 다단계의 복잡한 공정을 거쳐 조적벽체가 시공됨으로 시공자의 작업은 매우 번거롭게 되고 많은 작업 시간을 요하게 되어 공사기간의 증가는 불가피하였다.

그러나 본 신기술은 한번의 공정으로 내벽시공, 단열시공, 및 외부시공 등이 모두 이루어져 조적벽체가 형성됨으로 시공이 간편하게 이루어지고, 작업시간이 크게 절감되어 획기적으로 공기가 단축된다.

다음과 같이 30평 주택의 외벽(벽면적 : 110.7㎡) 시공 사례를 기준으로 본 신기술과 기존공법 1(조적조-콘크리트블록) 및 기존공법 2(철근콘크리트조)의 공기를 비교하였다.

표 2.7에서도 알 수 있듯이 동일한 면적을 시공할 경우 본 신기술은 기존공법 1(조적조-콘크리트블록)에 비해 대략 **13.3일이 단축**되며, 기존공법 2(철근콘크리트조)에 비해 대략 **12.7일이 단축된**다.

- 본 신기술: 석재마감단열블록
- 기존공법 1(조적조): 콘크리트블록(1.0B) 쌓기+스티로폼단열+천연석 붙임
- 기존공법 2(철근콘크리트조): 콘크리트벽 150t+스티로폼단열+천연석 붙임

표 2.7 신기술과 기존공법의 공기 비교(별첨 10 참조)

구 분	본 신기술	기존공법 1 (조적조 - 콘크리트블록)	기존공법 2 (철근콘크리트조)
표 준 품 셈 기 준 (㎡당)	-조적공 0.1785명	-콘크리트블록 쌓기 0.1785명 -스티로폼(벽공간)넣기 0.028명 -천연석붙임 0.57명	-유로폼 설치 0.127명 -펌프카붐타설 0.0106명 -스티로폼 설치 0.04명 -천연석 붙임 0.57명
전 체 시공 시 소요인력	-19.8명 (110.7㎡ x 0.1785명)	-콘크리트블록 쌓기 19.8명 (110.7㎡ X 0.1785명) -스티로폼 3.1명 (110.7㎡ X 0.028명) -천연석 붙임 63.1명 (110.7㎡ X 0.57명)	-유로폼 설치 14.1명 -펌프카붐타설 1.173명 -스티로폼 설치 4.43명 -천연석 붙임 63.1명
	19.8명	86명	82.8 명
1일 5명 투입 시	3.96일 소요	17.2일 소요	16.6일 소요
상대비	1	4.35	4.18

(3) 현장적용성

(가) 시공성

■ 본 신기술은 3층 이하의 저층 건물에 적용할 경우 별다른 보강재의 설치 없이 상기와 같은 석재마감단열블록을 이용하여 기초 공사 후 바로 격자 쌓기 방식으로 조적할 수 있어 공기가 단축되며, 조적 시 모서리(건물의 끝부분)에서는 I형과 S형의 석재마감단열블록을 적절히 배치해가며 동시에 조적이 이루어지게 되므로 시공위치에 따른 어떠한 제약도 받지 않는다.
또한 본 신기술은 시공 시 슬래브 부분은 I형의 건축용 블록으로 마무리를 짓기 때문에 층과 층 사이가 매끄럽게 마무리된다.

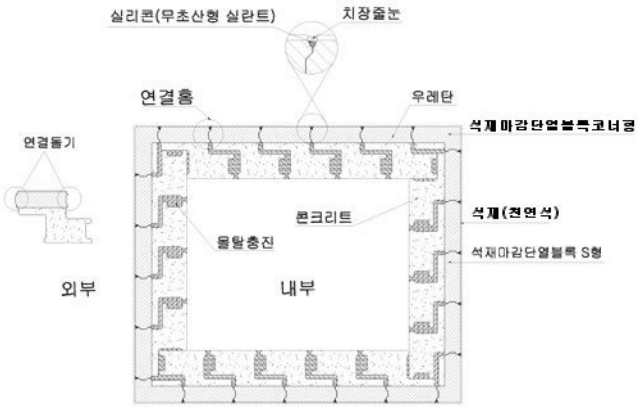


그림 2.10 시공평면도

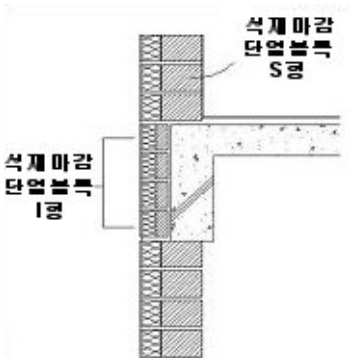


그림 2.11
시공단면상세도(슬래브)

■ 본 신기술의 석재마감단열블록의 한 장당 무게는 12.5㎏으로써, 기존의 콘크리트블록이나 적벽돌 보다 다소 무겁다. 이는 본 신기술의 특성상 석재마감단열블록이 단일의 재료로 구성되는 것이 아니라 ① 벽체부(콘크리트블록), ② 마감부(석재), ③ 단열부(발포성 폴리우레탄)로 구성되기 때문에 3가지의 무게가 합산되어 있기 때문이다.

그렇다고 해서 상기 석재마감단열블록의 운반 및 취급이 시공에 장애를 줄 만큼 어렵지는 않고, 단지 기존의 콘크리트블록보다 최대 약 1.2배 정도 중량이 더 나갈 뿐이며, 운반 및 취급 시에는 다음과 같은 주의만 기울이면 된다.

① 공사 시 석재마감단열블록은 기초위의 벽체 위치를 표시한 먹줄을 피하여 위치시킨다. 이때 석재마감단열블록은 그 무게가 일반 조적용 벽돌이나 블록보다 다소 무겁기 때문에 항상 두 손으로 안전하게 쥐어 시공 하며 낙하 안전에 유의한다.

② 2층 이상의 공사 시에는 하이랜더나 크레인 등의 장비를 이용하여 내부벽을 피한 위치에 적재한 후 시공한다. 또한 높은 곳에 올려놓을 때는 비계 위에 석재마감단열블록을 올려놓고 시공하며 낙하하여 발생되는 안전사고에 주의한다.

③ 조적공이 시공을 원활하게 할 수 있도록 작업자의 최소 반경 내에 석재마감단열블록을 적재하도록 한다.

그림 2.12 석재마감단열블록의 적재 광경-1

그림 2.13 석재마감단열블록의 적재 광경-2

(나) 안전성

■ 본 신기술은 석재마감단열블록과 블록 사이가 단열부(발포성 폴리우레탄)로 밀실하게 차단되고 줄눈마감 등의 방식으로 마감 처리됨으로써, 블록과 블록 사이에 틈새가 발생되지 않게 된다.
따라서 본 신기술은 같이 열교현상 및 표면결로 현상이 발생되지 않으며 단열 및 방습효과가 탁월하게 되어 벽체의 균열 및 백화현상이 방지됨으로 벽체의 구조적인 강도가 저하되지 않는다.

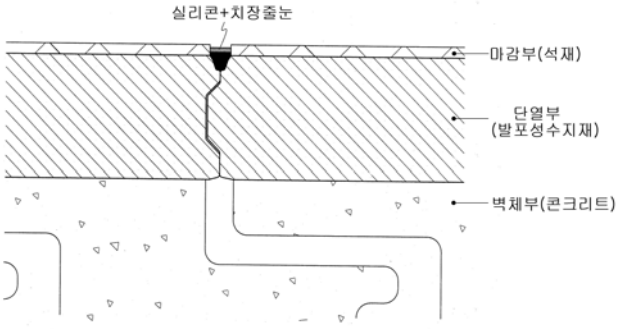


그림 2.14 블록과 블록의 이음새 부분상세도

■ 본 신기술은 압축강도가 기준치 8N/㎟ 이상을 뛰어넘은 18.2~18.6 N/㎟ 이상임으로 내구성이 좋고, 시공 시 상기와 같은 건축용 블록이 격자 방식으로 조적됨으로 기존의 공법으로 시공되는 조적벽체보다 구조적으로 안전하다.

표 2.10 석재마감단열블록의 압축강도 시험결과(별첨 17 참조)

시료구분 / 시험항목	결과		시험방법
	1	2	
압축강도 (MPa = N/㎟)	18.2	18.6	KCIC 001 - '02

(다) 환경친화성

■ 기존공법은 시공 시 블록의 현장 재단이 불가피하게 되어 많은 건축폐자재가 양산되었고, 블록, 단열재 및 외장재의 폐기물 또한 불가피하게 양산되었다.
그러나 본 신기술은 시공 시 해당건축공사의 설계도면에 따라 미리 정확한 석재마감단열블록의 개수가 산정되어 현장에 투입됨으로 시공 완료 후 남은 재료의 회수가 거의 발생되지 않으며, 블록, 단열재 및 외장재와 관련한 건축폐기물 또한 발생되지 않는다.

따라서 본 신기술은 기존공법에 비해 건축폐기물 양산을 크게 줄이는 친환경적인 공법이라 할 수 있다.

(라) 유지관리편리성

■ 본 신기술은 석재마감단열블록과 블록 사이가 단열부(발포성 폴리우레탄)로 견고히 밀착되고, 줄눈마감 등의 방식으로 마감 처리됨으로써 어떠한 틈새도 발생되지 않게 된다
따라서 열교현상 및 표면결로가 발생되지 않게 되어 단열 및 방습 효과가 탁월하게 되고, 벽체에 균열 및 백화현상이 방지되며, 벽체의 강도를 저하시키지 않고 미관을 해치지 않게 된다. 따라서 이러한 신기술을 적용하여 조적 벽체를 시공할 경우, 특별한 유지관리는 필요하지 않게 된다.

3. 품질검사 전문기관의 시험결과

가. 시험성적서

(1) 부착강도

■ 본 신기술의 석재마감단열블록의 부착강도를 시험한 결과, 석재마감단열블록은 한국산업규격 기준인 부착강도 0.8 이상(저온양생 기준)[1]을 만족시켰다. 따라서 본 석재마감단열블록을 구성하는 재료간의 부착성능은 양호하며, 재료간 분리될 염려는 없다고 사료된다.

- 시료의 크기 : 40 X 40 ㎜
- 접착제 종류 : 세머다인(2액형 접착제 사용), 요철면 접착 보수용
- 단열재의 탈락 패턴 : 우레탄 부분에서 떨어짐

표 4.1 벽체부(콘크리트블록)와 단열부(발포성 폴리우레탄)의 부착강도

시 험 명	시료구분	단 위	시험결과	비 고
부착강도	1	N/㎟	0.8	- 시멘트계 바탕바름재 방법으로 시험함. - 시험방법은 KS 규격 참조.
	2		0.9	
	3		0.9	

표 4.2 석재마감단열블록의 마감부(석재)와 단열부(발포성 폴리우레탄)의 부착강도

시험명	시료구분	단위	시험결과	비고
부착강도	1	N/㎟	1.1	- 시멘트계 바탕바름재 방법으로 시험함. - 접착제 종류 : 세메다인(2액형접착제 사용), 요철면 접착 보수용 - 단열제 탈락 패턴 : 우레탄 부분에서 떨어짐 - 시료크기 : 40 X 40㎜
	2		1.0	
	3		1.1	

(2) 압축강도

표 4.3 압축강도 시험결과

시료구분 / 시험항목	결 과		시험방법
	1	2	
압축강도 [NPa = N/㎟]	18.2	18.6	KCIC 001-'02

1) 한국산업규격 F 4716 : 2001

(3) 전단접착강도

■ 본 신기술을 그대로 적용하여 시공된 일정크기의 시험체를 대상으로 전단접착강도 시험을 시행하였다. 그 결과 본 신기술의 압축강도 18.2~18.6N/㎟은 기준치인 8 N/㎟ 이상[2)]을 만족하고 있음을 알 수 있다.

표 4.4 전단접착강도 시험결과

시료구분 / 시험항목	결과		시험방법
	1	2	
전단접착강도(N/㎟)	0.19		KS F 4932 - '02

(4) 충격강도

표 4.5 충격강도(샤르피식)

시험항목	단위	결과치	시험방법
충격시험 (샤르피흡수에너지 : 20℃)	J	0.5	KS B 0810 : 2003
	J	0.4	KS B 0810 : 2003
	J	0.5	KS B 0810 : 2003

* 충격시험편 : U-Notch, Notch 깊이 : 2㎜

(5) 파괴시험

■ KS F 2236 : 1999 (문 세트의 모래주머니에 의한 내충격성 시험방법)의 시험방법으로 본 신기술의 파괴시험을 시행하였다

그 결과는 총 질량인 50± 1㎏, 80± 1㎏의 충격시험에서 마감부(석재) 부위가 쪼개짐으로 인한 균열이 발생되었고, 특히 가해진 충격으로 인한 마감부(석재)의 일부분이 약 3~5㎜ 정도 마감부(석재)의 함몰(오목함)됨이 확인되었지만 마감부(석재)의 쪼개짐으로 인한 탈락 및 자리 이탈현상은 발생되지 않았다.

또한 마감부(석재)의 충격에 의한 쪼개짐에 따른 내부의 블록 부위를 확인한 결과 단열부(발포성 폴리우레탄)가 가해진 충격을 흡수하여 내부의 블록 부위를 보호하는 기능적 성능이 있는 것으로 나타났다.

2) 한국산업규격, KS F 4002 : 1997

표 4.6 파괴시험 시험결과

시험항목		단위	결과치	시험방법
모래시험에 의한 내충격시험 (50± 1㎏)	겉모양	-	균열발생 (외장석재 Crack 발생)	- KS F 2236 : 1999, 의뢰자 제공 - 시험조건 : 의뢰자 제공
	변위량	㎜	0.87	
	충격하중	kN	11.95	
모래시험에 의한 내충격시험 (80± 1㎏)	겉모양	-	균열발생 (외장석재 Crack 발생)	- KS F 2236 : 1999, 의뢰자 제공 - 시험조건 : 의뢰자 제공
	변위량	㎜	1.02	
	충격하중	kN	13.95	

(6) 투수성

투수시험은 본 신기술을 그대로 적용하여 시공된 일정크기의 시험체를 대상으로 시행되었다. 그 시험결과는 표 4.7과 같다.

표 4.7 투수시험 시험결과

시험항목	결 과	시험방법
투수시험	**투수안됨**	KS F 2451 -'99

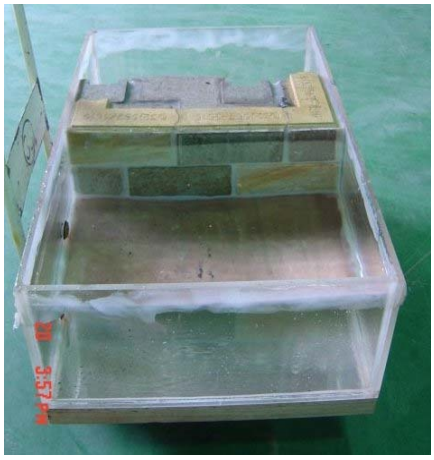


그림 4.1 방수시험 전경 - 1

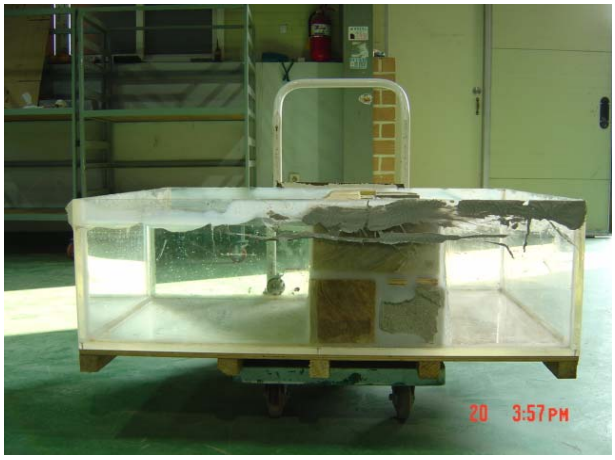


그림 4.2 방수시험 전경 - 2

(7) 내화성

본 신기술의 내화시험을 다음과 같이 시행하였다. 그 결과는 마감부(석재)의 탈리 현상이 발생되지 않은 것으로 나타났다.

표 4.8 내화시험 시험결과

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">성능기준</th><th colspan="2">측정결과</th><th>내화성능</th></tr>
<tr><td rowspan="3">차염성</td><td colspan="2">균열게이지 관통 되지 않을 것</td><td colspan="2">관통사항 없음</td><td rowspan="3">120분</td><td rowspan="9">120분</td></tr>
<tr><td colspan="2">면패드 착화 되지 않을 것</td><td colspan="2">착화사항 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">화염발생 없을 것(10초 이상)</td><td colspan="2">발생사항 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="6">차열성</td><td>초기 평균온도</td><td>11 ℃</td><td colspan="2">-</td><td></td></tr>
<tr><td>비 가열면 평균온도</td><td>151 ℃ 미만</td><td colspan="2">13 ℃</td><td>120분</td></tr>
<tr><td>비 가열면 최고온도</td><td>191 ℃ 미만</td><td colspan="2">17 ℃</td><td>120분</td></tr>
<tr><td>이동열전대</td><td>191 ℃ 미만</td><td colspan="2">-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>특기사항</td><td colspan="2">외장 석재 탈리 여부</td><td colspan="2">외장 석재 탈리 현상 없음</td><td>120분</td></tr>
</table>

(8) 내후성

표 4.9 내후성시험 시험결과

시험항목		시험결과	시험방법
촉진내후성시험 (Xenon, 790시간)	외관 (갈라짐)	이상없음	KS F 2274-'02
	외관(사진촬영)	별첨 26 참조	

(9) 내마모성

본 신기술의 내마모성은 0.02g 이다. 이 수치는 마모감량이 0.1g 이하이어야 한다는 내마모성 규정[3]을 만족시키는 값이다.

표 4.10 내마모성시험 시험결과

시험항목		내마모성(g)	시험방법
구분	1	0.02	의뢰자 제시방법 (KS L 1001 : 2003)
	2	0.02	
	3	0.02	

3) 한국산업규격, 내마모성, KS L 1001:2003
".....5.2.4 내마모성 바닥 타일 및 바닥타일 이외로서 옥내외의 바닥에 사용하는 타일은 6.8에 규정하는 마모시험을 하였을때, 마모감량이 0.1g 이하이어야 한다. 또한 흡수율 1% 이하의 자기질 타일의 경우는 시험을 생략할 수 있다....."

(10) 흡수율

표 4.11 흡수율 시험결과

시료구분 / 시험항목	결과		시험방법
	1	2	
흡수율(%)	7.4	6.8	

(11) 동결융해저항성

표 4.12 동결융해시험 시험결과

시험항목 / 시험체	동결융해 후 겉모양 (200 cycles)
①	부분탈락, 잔금, 파손 등 이상없음
②	부분탈락, 잔금, 파손 등 이상없음
③	부분탈락, 잔금, 파손 등 이상없음
시험방법	KS F 2456-'03[B법]

(12) 열관류율

열관류율 시험은 본 신기술을 그대로 적용하여 시공된 일정크기의 벽체를 대상으로 시행되었다. 그 시험결과는 표 4.13과 같다.

표 4.13 열관류율시험 시험결과

시험항목	시험결과	단위	시험방법	시료구분
열관류율	0.36	W/㎡K	KS F 2277	석재마감단열블럭

나. 열교현상

범용 유체해석프로그램인 FLUENT 4.5를 통한 시뮬레이션으로 본 신기술의 열교현상을 시험하였다. 본 신기술의 열교현상에 대한 내용은 다음과 같다.

(1) 평가 개요

범용 유체해석프로그램을 이용하여 다음과 같은 내용을 중심으로 단열성능 평가를 실시

- 신기술에서 제시한 석재마감단열블록과 다른 공법들의 비교평가
- 동계조건에서 모서리 부위를 포함한 외벽체의 단열성능 평가

- 구조체 내부에서의 3차원적인 열류 흐름을 계산하여 열교현상의 발생가능성 검토
- 실내측 표면온도 산출을 통해 표면결로의 발생 가능성 검토
- 종합적인 해석결과를 토대로 구조체 내부의 결로발생 가능성 검토

(2) 단열성능 평가도구

범용 유체해석프로그램인 FLUENT 4.5

(3) 단열성능 평가를 위한 시뮬레이션 조건

- 기후 조건 : 동계
- 비교대상 : 석재마감단열블록 vs 다른 공법(2건)
- 시뮬레이션 대상모델 크기 : 가로(1m) × 세로(1m) × 높이(1m)

(가) 석재마감단열블록의 시뮬레이션 조건(case 1)

그림 4.3은 시뮬레이션을 위한 석재마감단열블록의 구조체 상세조건을 나타낸 것이며, 표 4.14와 표 4.15에는 시뮬레이션 입력치인 실내·외 설정온도와 열전달율 그리고 구조체의 재료물성을 나타내었다.

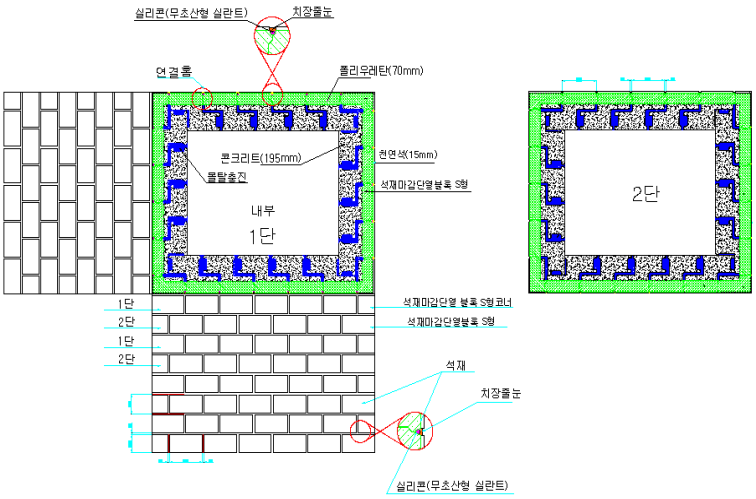


그림 4.3 구조체 상세조건(석재마감단열블록)

표 4.14 실내・외 조건(동계)

구분	설정온도[℃]	벽체표면의 열전달율[kcal/m2hoC]
실내조건	22	8
실외조건	-10	20

표 4.15 석재마감단열블록의 재료물성(case 1)

재료명	열전도율[W/mK]	비중량[kg/m3]	비열[J/kgK]
천연석	1.73	2640	820
폴리우레탄	0.025	40	1300
보통 콘크리트	1.1	2200	880
몰탈	1.3	2000	800

그림 4.4는 시뮬레이션을 위해 전처리 프로그램인 Gambit에서 생성한 모서리를 포함한 외벽체의 격자구조를 나타낸 것이다.

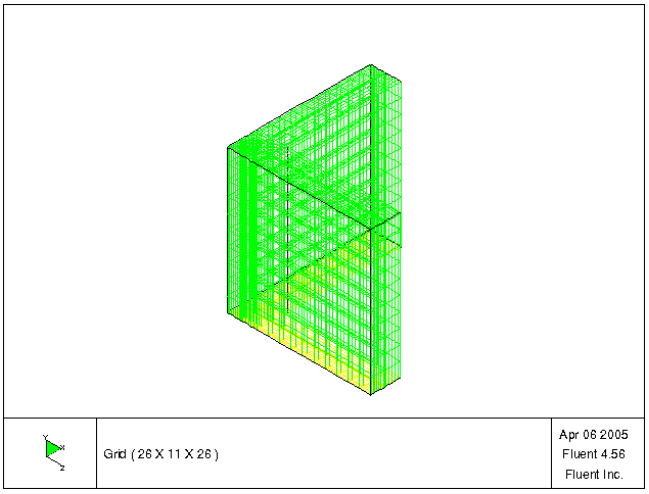


그림 4.4 시뮬레이션 격자구조(석재마감단열블록)

(나) 철근콘크리트 공법의 시뮬레이션 조건(case 2)

그림 4.5는 시뮬레이션을 위한 철근콘크리트 구조체의 단면조건을 나타낸 것이며, 표 4.16에는 시뮬레이션 입력치인 구조체의 재료물성을 나타내었다.
실내 · 외 설정온도와 열전달율은 case 1의 표 4.14와 동일하며, 시뮬레이션 격자구조도 그림 4.4와 유사하다.

표 4.16 구조체의 재료물성(case 2)

재료명	열전도율 [W/mK]	비중량 [kg/m3]	비열 [J/kgK]
천연석	1.73	2640	820
단열재	0.038	16	930
보통 콘크리트	1.1	2200	880
공기층	중공층 30mm의 열저항 0.18[m2K/W] 기준		

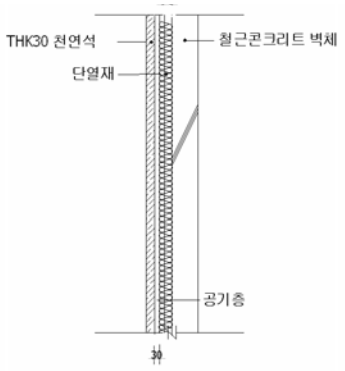


그림 4.5철근콘크리트 구조체의 단면조건

(다) 콘크리트 블록 공법의 시뮬레이션 조건(case 3)

그림 4.6은 시뮬레이션을 위한 콘크리트블록 구조체의 단면조건을 나타낸 것이며, 표 4.17에는 시뮬레이션 입력치인 구조체의 재료물성을 나타내었다.
실내 · 외 설정온도와 열전달율은 case 1의 표 4.14와 동일하며, 시뮬레이션 격자구조도 그림 4.4와 유사하다.

그림 4.6 콘크리트블록 구조체의 단면조건

표 4.17 구조체의 재료물성(case 3)

재료명	열전도율[W/mK]	비중량[kg/m3]	비열[J/kgK]
벽돌	0.62	1650	840
단열재	0.038	16	930
콘크리트블록	콘크리트블록(ASHRAE24.6) 열저항 0.45[m2K/W] 기준		
공기층	중공층 30mm의 열저항 0.18[m2K/W] 기준		

(라) 시뮬레이션 결과 및 평가

① 단열성능 평가

그림 4.7은 외벽체 내부에서의 수평적인 열류흐름을 나타낸 것으로, 그림 4.8에 확대하여 표현하였다. 그림 4.8에 나타낸 열류흐름을 통해 알 수 있듯이 case 1 - case 3 모두 벽체 모서리 부위에서 열교현상이 발생하여 모서리 부위가 모서리에서 멀리 떨어진 지점에 비해 낮은 온도값을 보였으나, 실제 표면온도 값들은 모든 경우에서 19.5℃를 상회하여 후술되는 '(2) 표면 결로 가능성 검토'에 나타낸바와 같이 표면 결로로는 이어지지 않는 것으로 나타났다.

case별 표면온도 값은 case 1인 '석재마감단열블록'이 가장 높게 나타나, 단열성능 측면에서 case 2와 case 3보다 우수한 것으로 나타났다.
그림 4.9와 그림 4.10은 외벽체 내부의 온도구배를 나타낸 것으로 case 1인 '석재마감단열블록'의 경우는 적극적인 외단열의 효과로 외벽표면으로부터 수평적으로 약 8cm 정도 떨어진 지점부터 18℃ 이상의 높은 온도값을 나타내고 있고, case 2는 약 13cm, case 3은 약 30cm 지점부터 18℃ 이상의 온도 값을 갖는 것으로 나타났다.
따라서 외벽체 내부에서의 열적성능 유지도 case 1인 석재마감단열블록이 case 2와 case 3보다 우수한 것으로 나타났다.

② 표면 결로 발생가능성 검토

표면 결로의 발생은 실내측 벽체의 표면온도와 실내공기의 온습도 상태에 따라 산출된 노점온도와의 비교를 통해 산출할 수 있다.

그림 4.11은 외벽체 실내측 표면온도 분포를 나타낸 것으로 case1인 석재마감단열블록의 경우가 case 2, case 3에 비해 전반적으로 높은 값을 갖는 것으로 나타났다.

표 4.18은 시뮬레이션을 통해 얻어진 벽체의 실내측 대표점의 표면온도를 나타낸 것이다. A 지점은 벽체의 실내표면측 모서리 부위이고 B 지점은 모서리에서 수평으로 1m 떨어진 부위이다.
표 4.19는 상대습도 30% - 80%의 범위에서 산출한 노점온도를 나타낸 것이다. 이때 실내온도(건구온도)는 시뮬레이션 실내온도조건인 22oC를 기준한 것이다.

표 4.18의 실내측 표면온도와 표 4.19의 노점온도를 비교해 본 결과, case 1 - case 3 모두 실내 상대습도 80% 범위 내에서는 표면 결로가 발생하지 않는 것으로 나타났다.

표 4.18 실내측 표면온도[℃], (산출지점: 그림 4.7 참조)

산출지점	case 1	case 2	case 3
A	19.95	19.53	19.54
B	20.84	20.48	20.71

표 4.19 노점온도[℃]

구 분	30%	40%	50%	60%	70%	80%
노점온도	3.6	7.7	11.0	13.8	16	18.7

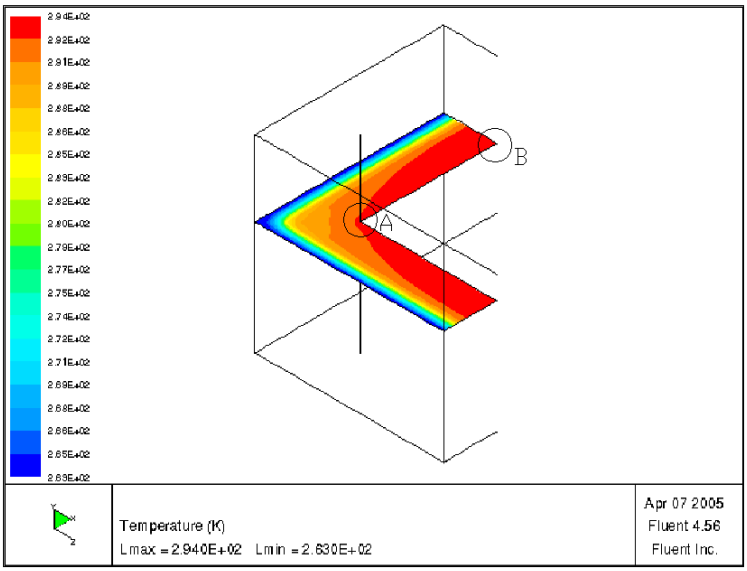
③ 내부 결로 발생가능성 검토

내부 결로의 발생가능성을 예측할 수 있는 가장 좋은 방법 중의 하나는 실험체를 제작하여 투습저항 실험을 실시하고, 그 실험결과 값을 근거로 결로 유무를 판정하는 것이다.

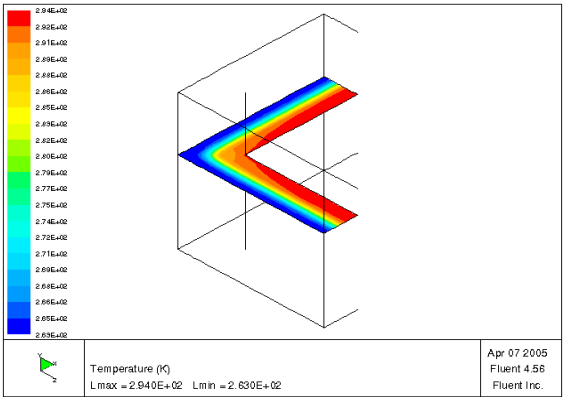
본 성능평가의 경우는 컴퓨터를 이용한 열성능 시뮬레이션으로 case 1인 석재마감단열블록의 투

습저항을 알 수 없기 때문에 내부 결로 발생에 대한 정확한 예측은 어렵다. 그러나 시뮬레이션 결과, case1인 석재마감단열블록의 경우는 적극적인 외단열을 채용하고 있기 때문에 case 2와 case 3에서 나타난 결과들에 비해 그림 4.7 내지 그림 4.10에 나타난 바와 같이 외벽체 내부에서의 온도가 전체적으로 높게 유지되어, 다른 공법들에 비해 내부 결로의 발생가능성은 적을 것으로 추정할 수 있다.

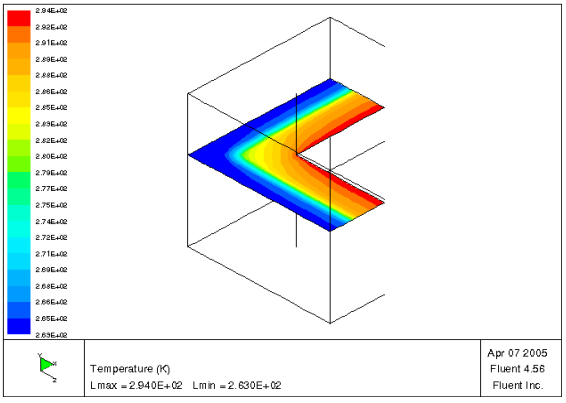
나아가 case 1인 석재마감단열블록이 외부 접합부에 실리콘을 충진하고 있기 때문에 시공 시 밀실 충진이 되고 석재마감단열블록의 단열부(폴리우레탄)부위가 서로 압착되어 밀착시공이 이루어진다면 투습에 대한 부분도 우려할 바는 아니라고 판단되어 내부 결로는 발생치 않을 것으로 추정된다.



case1(신기술)

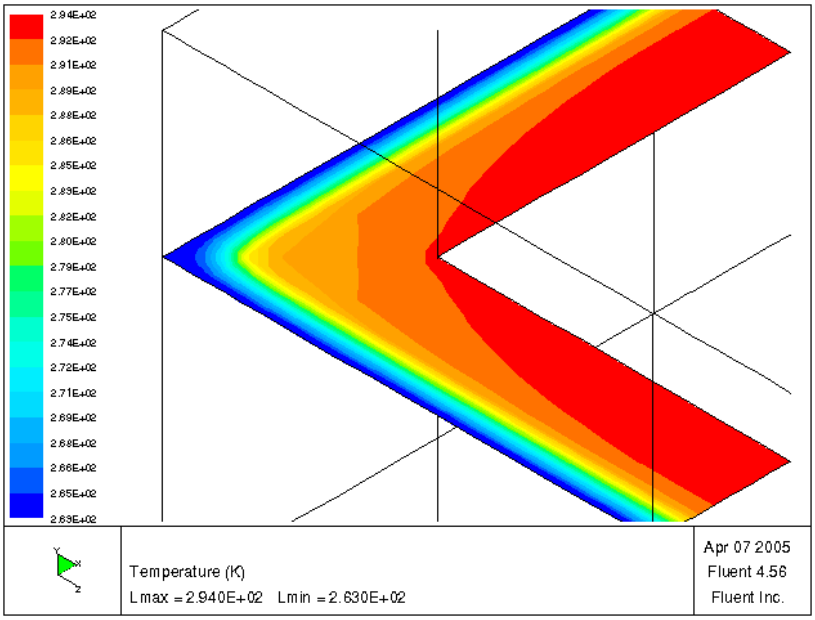


case2(철근콘크리트조)

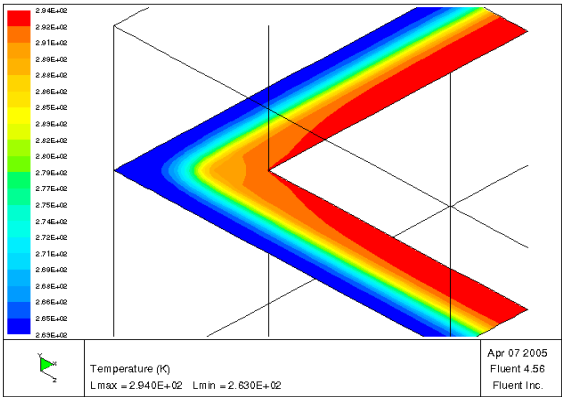


case3(조적조-콘크리트블록)

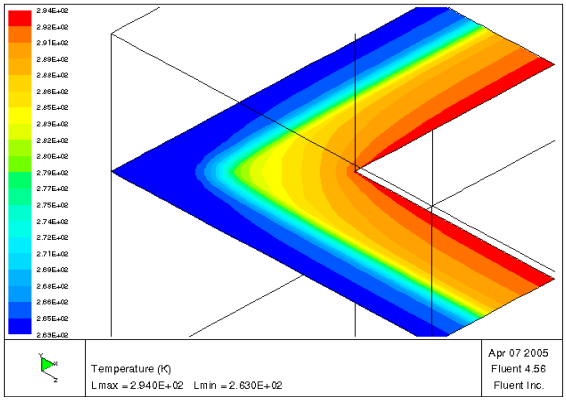
그림 4.7 외벽체 내부에서의 수평적인 열류흐름



case1(신기술)

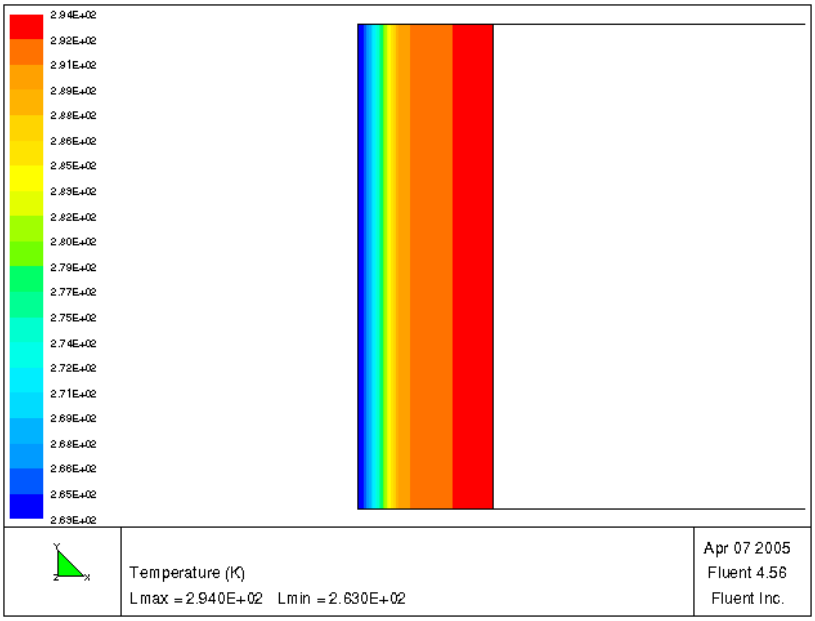


case2(철근콘크리트조)

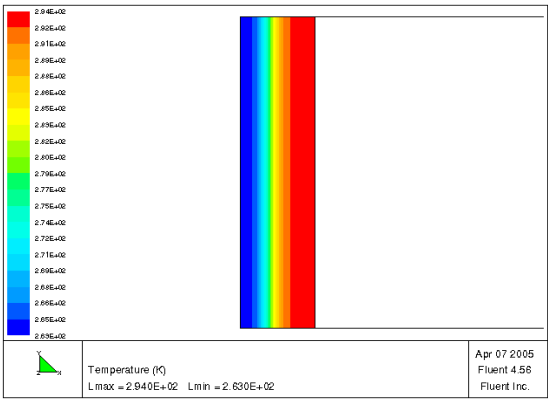


case3(조적조-콘크리트블록)

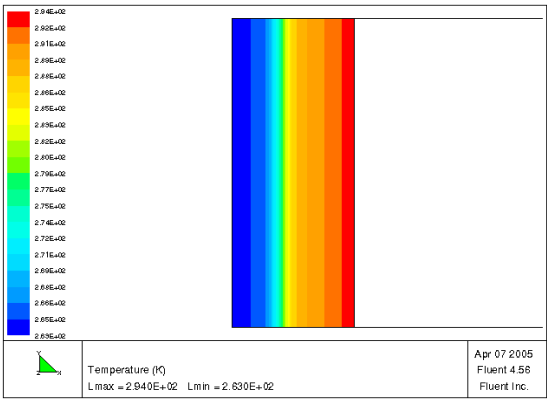
그림 4.8 외벽체 내부에서의 수평적인 열류흐름(확대)



case1(신기술)

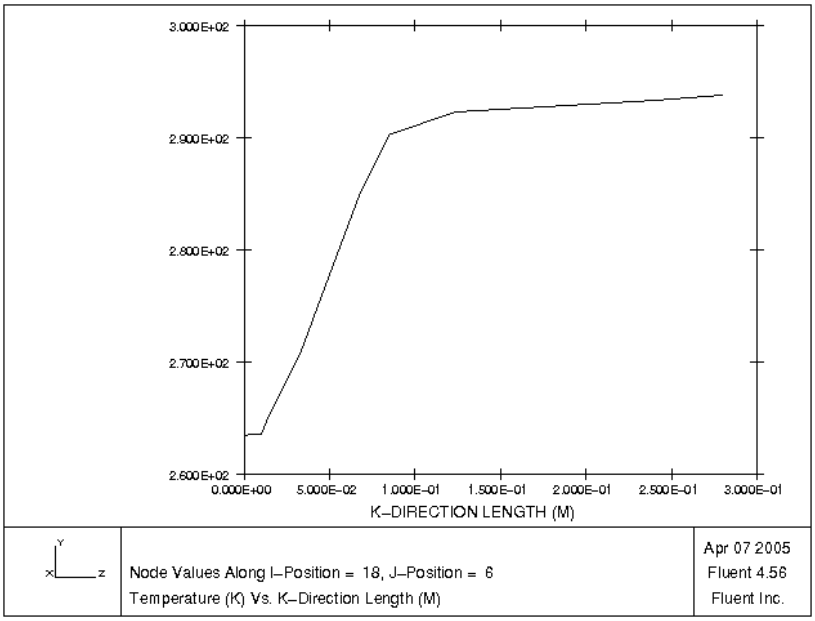


case2(철근콘크리트조)

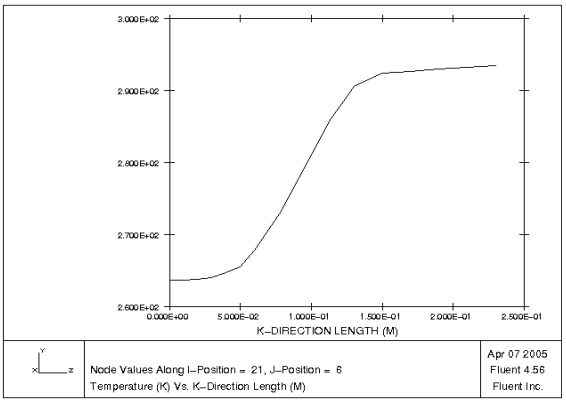


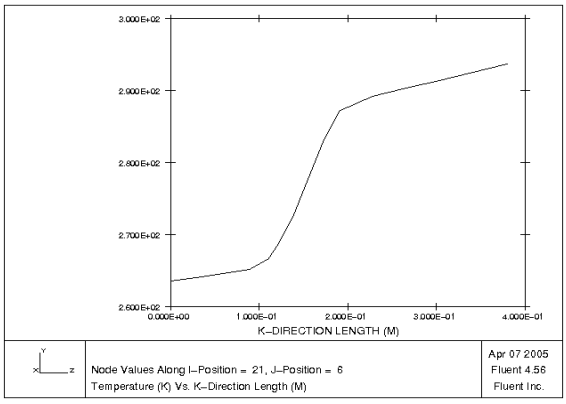
case3(조적조-콘크리트블록)

그림 4.9 외벽체 내부의 단면 온도분포



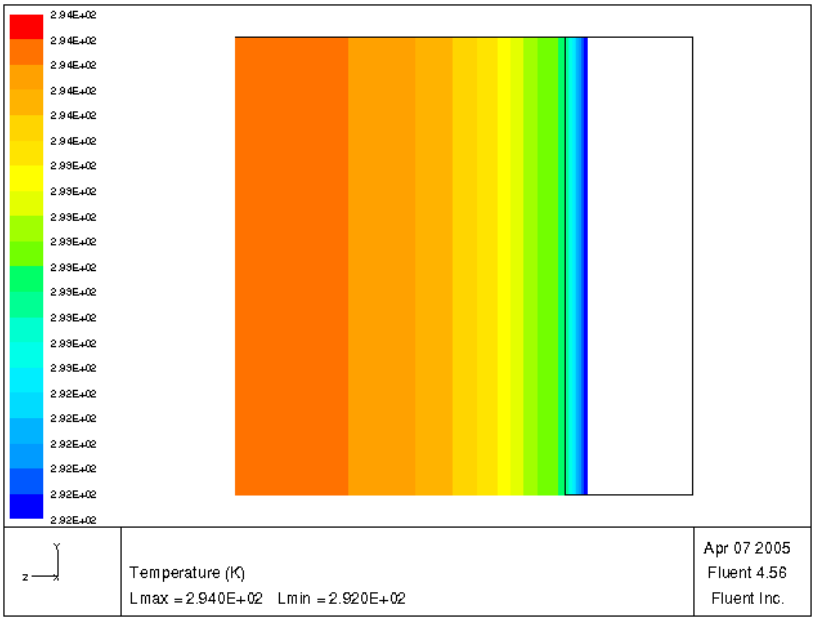
case1(신기술)



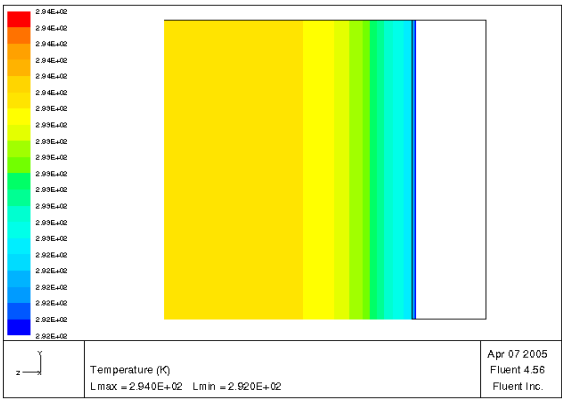


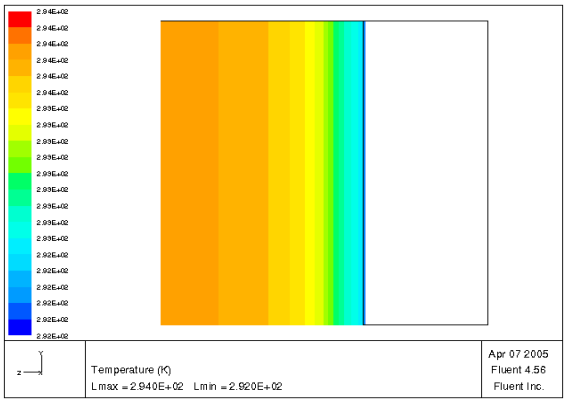
case2(철근콘크리트조)　　case3(조적조-콘크리트블록)

그림 4.10 외벽체 내부의 수평 온도구배



case1(신기술)





case2(철근콘크리트조) case3(조적조-콘크리트블록)

그림 4.11 벽체 실내측 표면온도 분포