

자연환기 · 단열 · 투습기능을 지닌 “숨쉬는 건축부재”의 소개

본고에서는 일본에서 개발 중인 웰빙건축을 지향한 “숨쉬는 건축부재”의 개요 및 특징을 소개하고 우리나라에서 앞으로 새로운 건물-환기시스템을 개발함에 있어서 기초 정보로 활용하고자 한다.

윤성환

부산대학교 공과대학 건축학부(yoon@pusan.ac.kr)

머리말

최근 에너지절약정책에 힘입어 건축분야에서도 에너지절약화가 전국적으로 퍼져가고 있다. 자원의 고갈, 지구환경문제의 대두로 건물의 단열·기밀화는 앞으로도 더욱 추진될 것으로 여겨진다.

건물에 있어서 에너지절약에 대한 기본 생각은 건물을 단열·기밀화 시킴으로써 관련 에너지효율을 높이고자 하는 데 있다. 상대적으로 기밀성이 떨어지는 부위에서는 결로발생 위험성이 높아지는데, 이의 해결방안으로 방습시트를 사용하게 되었고, 건물의 기밀성이 더욱 보강되는 결과를 낳았다. 이러한 건물의 고기밀화 경향은 환기계획을 필수조건으로 한다. 그러나 건물의 고단열·고기밀화와 비교해 계획적으로 실내 환기량을 확보하고자 하는 노력이 부족하였으며, 그 결과 최근 병든빌딩증후군, 새집증후군 등과 같은 실내공기질문제가 심각한 사회적 이슈로 등장하게 되었다.

환기는 실내의 오염된 공기를 옥외의 청정한 공기로 교체하는 것이며 쾌적한 열환경에 대한 요구와 위생상의 요구를 동시에 충족시킬 수 있는 것이어야 한다. 열환경에 대한 요구는 거주공간의 온도, 습도, 기류를 쾌적한 상태로 유지하고자 하는 것이고, 위생상의 요구는 인간의 호흡기능에 필요한 신선한 외기를 공급하는 것과 유해물질, 불쾌물질을 함유한 오염된 실내공기를 배출하는 것이다. 환기방식은 환

기를 일으키는 원동력에 따라 실내외 온도차 및 외부 풍압을 이용한 자연환기와 기계력을 이용한 기계환기로 나눌 수 있다.

에너지 효율만을 생각한다면, 건축물을 완전 단열·기밀화하여, 필요최소한의 환기를 기계의 힘으로 일정하게 확보하는 것이 가장 효과적일 것이다.

우리나라와 기후조건이 유사한 일본에서도 건축분야의 “차세대 에너지절약 기준”에서 기밀화를 전국적으로 의무화하고 계획적인 기계환기를 추천하고 있다. 하지만 일부 연구자들 사이에 온난지역에 있어서는 획일적 고단열·고기밀화가 적합하지 않다는 지적이 있었고, 지역성을 고려한 친환경 건축부재·건물시스템에 관한 몇 가지 제안이 있었다. 그 중 하나가 저자도 개발에 참여한 “숨쉬는 건축부재”인데, 이것은 온난지역에서는 건물이 필요한 단열성능을 만족시키고 있으면 기계에 의존하지 않고 연간에 걸쳐 항상 건물의 외피 전면을 통해 공기의 출입을 발생시켜, 실내외가 연결되도록 하는 개방형 시스템, 자연과 교감하는 건물시스템으로써 자연환기를 도모하는 것을 기본 생각으로 하는 것이다. 본고에서는 “숨쉬는 건축부재”의 개요 및 특징을 소개하고 우리나라에서 앞으로 새로운 환기-건물시스템을 개발함에 있어서 기초 정보로 활용하고자 한다.



“숨쉬는 건축부재”의 개요

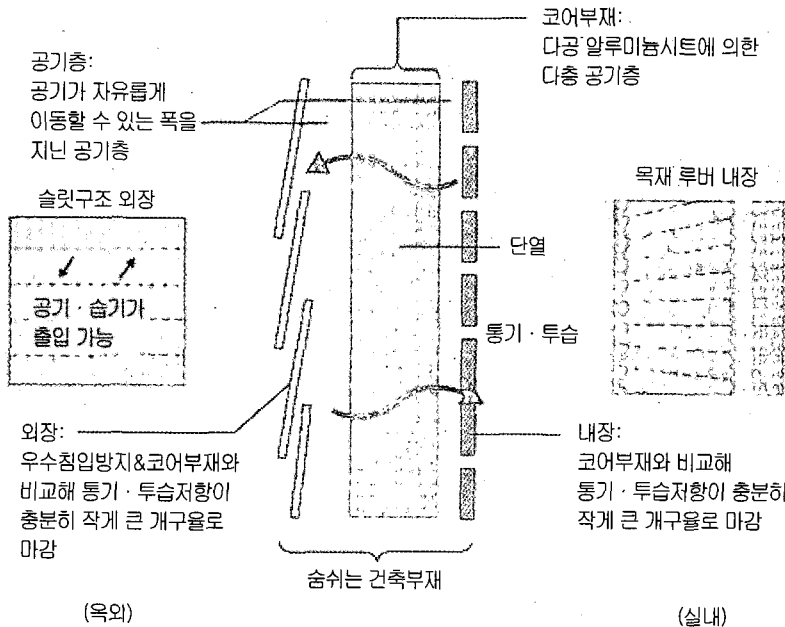
기후가 비교적 온난하지만 하기, 동기에 더위, 추위의 대책은 필요하고, 온습도의 연변화가 큰 지역을 대상으로 벽과 지붕, 천정 등의 주거공간을 구성하는 넓은 면 전체에서 열·공기·습기의 이동을 패시브적으로 컨트롤하는 건물시스템, 그리고 그것을 실현하기 위한 부재를 “숨쉬는 건축부재”로 칭하고 있다. **그림 1**은 “숨쉬는 건축부재”를 도식화한 것을 나타내고 있다.

“숨쉬는 건축부재”의 주요 목표 기능(설계 목표)은 다음과 같다.

- 1) 공조설비를 이용하지 않고, 자연 상태에서 실내에서 필요한 최소한의 환기량이 “숨쉬는 건축부재”를 통해서 항상 얻어진다.
- 2) 가능한 넓은 면에서 환기, 투습을 행한다.
- 3) 대상지역에서 요구되는 충분한 단열성능을 지닌다.
- 4) 내부결로에 의한 해를 발생시키지 않는다.
- 5) 쾌적한 실내기후 형성에 도움을 준다.

“숨쉬는 건축부재”는 자연환기 수법으로써 그 구동력은 외부풍으로부터 받는 풍압과 실내의 온도차에서 발생하는 부력이다(**그림 2**). “숨쉬는 건축부재”는 창을 닫고 폐쇄적 라이프스타일이 되기 쉬운 겨울철에 필요 환기량을 얻는 것을 설계 목표로 하고 있다. 하지만 자연에너지를 이용하는 패시브수법으로써 언제나 동일한 성능을 목표로 하고 있지는 않다. 냉난방이 필요없는 봄, 가을 등의 중간기에는 인위적인 창의 개폐로 온도조절과 환기를 행하고, 실내의 온도차가 거의 없는 경우에도 풍압에 의해 적당한 통기성을 유지하고자 하는 패시브적 사고방식을 기본으로 한다.

이러한 기능을 구체화하기 위해 2가지 타입의 “숨쉬는 건축부재”의 코어재가 개발되었다. 그 하나는 다공 알미늄시트에 의한 다층 공기층 구조에 의한 “숨쉬는 건축부재”이고, 또 다른 하나가 환경조화형 부재를 지향하는 것으로써 탄화재료를 이용한 “숨쉬는 건축부재”이다. 본고에서는 다공 알미늄시트에 의한 다층 공기층 구조에 의한 “숨쉬는 건축부재”에 대하여 구체적으로 설명하고자 한다.

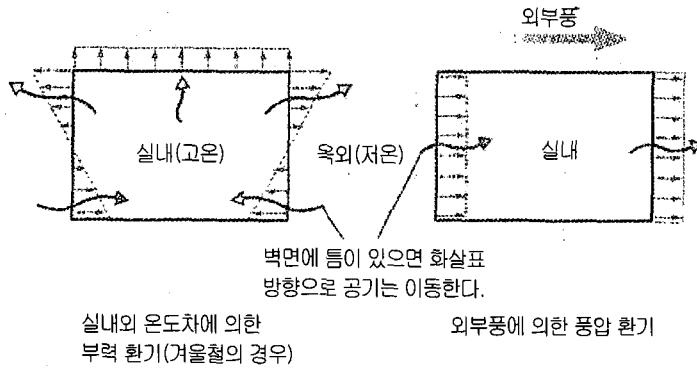


[그림 1] “숨쉬는 건축부재”의 개념(외벽에 적용한 경우)

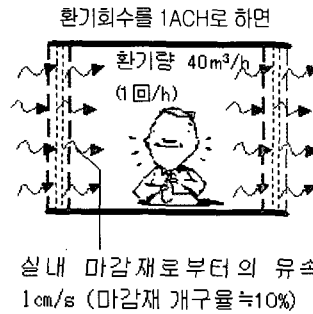
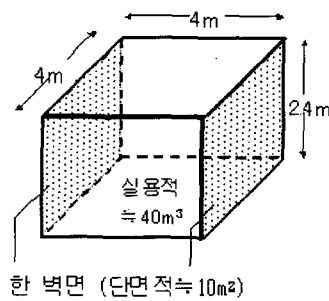
“숨쉬는 건축부재”의 특징

“숨쉬는 건축부재”의 구조 및 성능을 설명하기 전에, 이 건축부재가 팬을 이용한 일반적 기계환기와

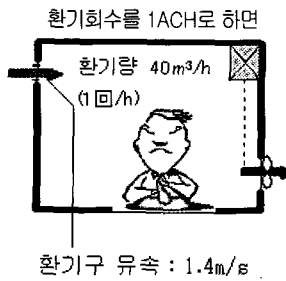
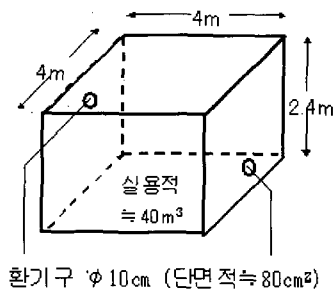
는 그 발상에서 크게 다른 점, 즉 패시브 수법의 장점인 큰 면적으로써 환기를 행하는 개념적 특징을 겨울철 외벽에 이용했을 때의 사례로 들어 보겠다 (그림 3):



[그림 2] 자연환기의 구동력



a) “숨쉬는 건축부재”에 의한 자연환기



b) 환기팬에 의한 기계환기

[그림 3] “숨쉬는 건축부재”에 의한 자연환기와 환기팬에 의한 기계환기



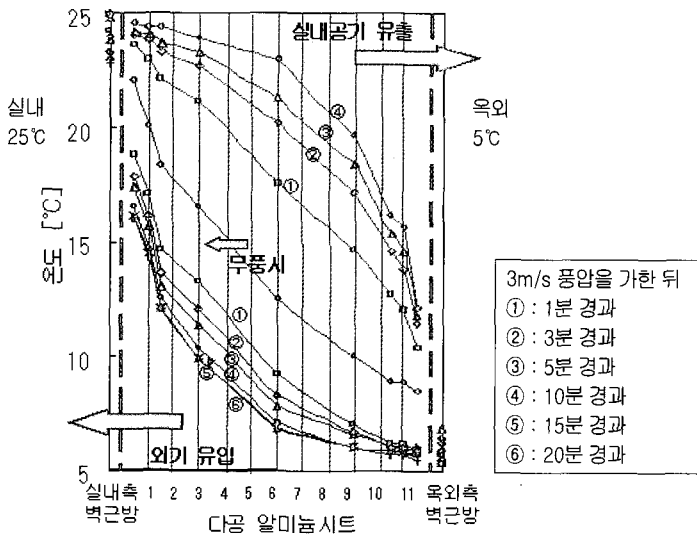
- 1) 먼 전체에서 환기를 행할 경우, 먼 전체부터의 공기 흐름은 대단히 느리게 된다. 통상 벽면으로부터의 공기 흐름이라면 틈새바람을 떠올리기 쉽다. 틈새바람의 경우 시공상태가 나쁜 부위로부터 제트기류와 같이 냉기가 뿜어져 나와 콜드드래프트 현상을 유발시켜 실내 온열환경에 나쁜 영향을 미친다. 예를 들면 **그림 3**과 같이 바닥면적 16 m²의 방에서, 2중 환기에 의해 환기가 행해진다고 가정하면, 직경 10 cm의 환기구로부터는 1 m/s 이상의 기류가 실내로 뿜어져 들어오게 된다. 한편, “숨쉬는 건축부재”를 2 벽면에 설치해 같은 양의 신선외기를 도입할 경우, 실내의 벽체 마감재의 개구율을 10% 정도로 하면 개구부를 출입하는 공기의 속도는 약 1 cm/s 정도가 된다. 실내에서 0.1~0.3 cm/s 정도의 기류가 통상 존재하는 것을 고려하면, 외기유입이 실내 온도분포에 미치는 영향은 거의 없다고 볼 수 있는 것이다.
- 2) 부재 자체를 이용한 환기에 의해 열적 성능에 있어서의 메리트도 발생한다. 실내공기가 옥외로 유출 되어지는 부분에서는 실내의 따뜻한 공기에 의해 실내측 표면온도가 상승해 거의 실온에 가까워진다. 이에 따라 실내표면에서의 대

류·방사에 의한 열전달량은 대단히 작게 되고 실내 온열환경의 쾌적성 향상에도 도움이 된다. 외기가 실내로 유입되는 부분에서는 옥외로부터 느린 유속으로 실내로 유입되는 외기가 “숨쉬는 건축부재”의 코어부를 거치면서 열교환을 일으켜 옥외로 빠져나가는 열의 일부를 회수하여 따뜻하게 데워진 상태로 실내로 유입되어, 그 결과 환기부하의 절감효과를 기대할 수 있다 (**그림 4**).

- 3) 부재 자체를 이용한 환기에 의해 수증기도 이동하여 공기 뿐만 아니라 습기에 대해서도 개방형의 건물시스템이 된다. 공기·습기의 이동 방향과 이동량이 시간에 따라 다르므로 내부 온습도는 비교적 크게 변화하지만, 정상적 상태에서는 내부결로가 발생하지 않는다.

다공 알미늄시트를 이용한 “숨쉬는 건축부재”

그림 5는 다공 알미늄시트에 의한 다층 공기층 구조의 “숨쉬는 벽체”를 나타내고 있다. **그림 6**은 그 내부 구조를 나타내고 있는데, 10 μm 정도 두께의 알미늄시트에 100 μm 전후의 구멍을 1 mm 정도 간격으로 뚫어, 5 mm 간격으로 10층의 공기층을 나열한



[그림 4] 통기시 “숨쉬는 건축부재”의 내부 단면온도 변화

것이다. 이는 일본 관동지역을 대상으로 설계된 것으로, 대상 지역의 단열 성능과 환기 성능, 결로방지 성능의 관점에서 부재 전체 두께와 개구율, 평균 구멍크기 등의 구체적 설계치가 열·공기·습기 동시 이동에 관한 수치시뮬레이션에 의해 결정된 것이다. 알미늄시트를 이용한 다층 공기층이 지니고 있는 반사단열 효과에, 100 μm 정도의 미세한 구멍은 공기에 있어서는 저항이 되지만 습기는 잘 통과시키는 성질

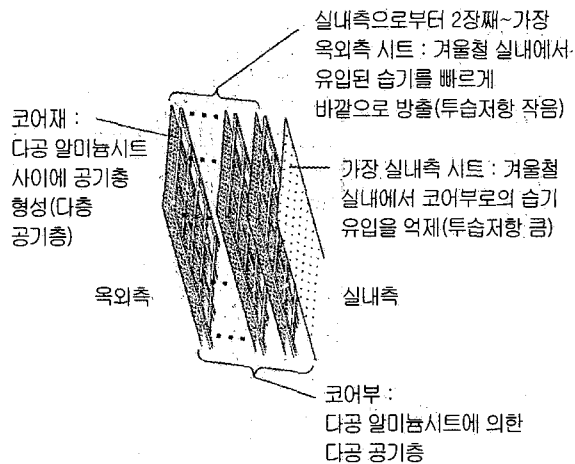
을 이용한 것이 “숨쉬는 건축부재”라 할 수 있다.

반사단열 효과

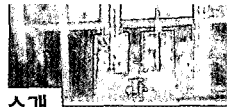
방사율이 아주 작은 알미늄시트를 다층의 공기층 구조로 만들어 반사단열효과가 얻어진다. 알미늄시트 11장을 이용해 공기층 한층의 두께가 5 mm인 다층 공기층 구조를 만들면, 공기층 내 공기가 흐르지 않는 상태에서 열컨덕턴스는 0.4 W/m²℃ 이하의



[그림 5] 실험가옥 남북측 벽면에 코어부를 설치하는 광경



[그림 6] 다공 알미늄시트에 의한 다층 공기층 구조



값이 된다. 알루미늄시트 사이의 공기층 한층의 두께를 5 mm로 하면 부재 전체의 두께는 50 mm가 되는데, 공기가 흐르지 않는 상태에서는 일반 단열재 100 mm에 상당하는 단열성능을 지니게 된다”.

환기량의 컨트롤

가장 실내측 다공 알루미늄시트로부터 가장 옥외측 다공 알루미늄시트에 이르기까지의 구멍 크기와 개구율을 변화시킴으로써 목표한 환기성능을 얻을 수 있다. 다공 알루미늄시트에 의한 “숨쉬는 건축부재”에서는 주로 내부결로방지의 관점에서, 구멍 크기와 개구율이 다른 2타입의 다공 알루미늄시트를 이용하고 있다.

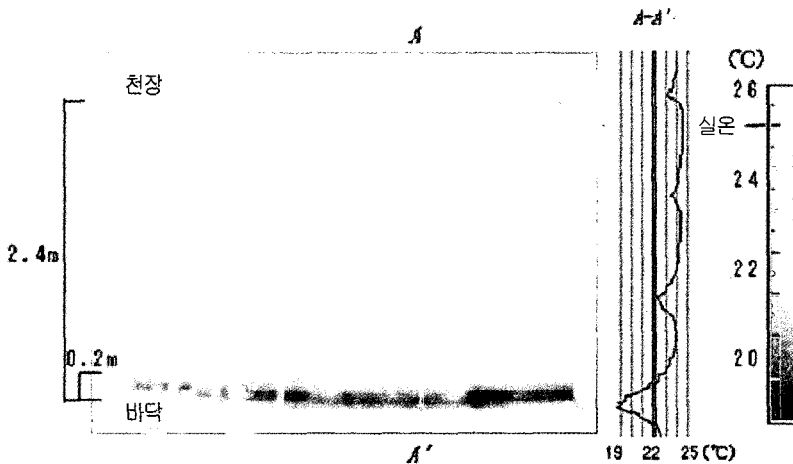
습류의 컨트롤

구멍이 뚫린 시트재료에 있어서 투습계수는 단순히 구멍 면적에 정비례 하지 않는다. 동일 개구율일 경우, 구멍크기가 작을수록 투습계수는 크게 된다. “숨쉬는 건축부재”에서는 이와 같은 성질을 이용하여 각각의 다공 알루미늄시트의 평균 구멍 크기와 개구율을 결정함으로써, 내부결로방지를 위한 습류의 컨트롤이 가능하게 된다”.

“숨쉬는 건축부재”에 있어서 내부결로발생이 가장

염려되는 경우는 실내의 온도차가 큰 겨울철에 옥외보다 절대습도가 높은 실내 공기가 바깥을 향해 흐르는 경우이다. “숨쉬는 건축부재”에서는 그 대책으로써 가장 실내측 다공 알루미늄시트의 투습저항을 크게 하고 실내에서 벽 내부로의 습기유입을 가능한한 억제하고, 그 이외의 시트에 대해서는 투습저항을 작게 해 외기로 빠르게 습기를 배출하는 구조를 채택하고 있다. 즉 가장 실내측 다공 알루미늄시트(시트 1)의 개구율을 필요 환기량이 확보되는 선에서 최소한으로 줄이고 투습계수도 가능한한 작게 되는 구멍 크기로 한다. 그 이외의 시트(시트 2-11)에서는 방습을 우선시키기 위해 개구율을 크게 두어 정상상태에 있어서 내부결로 발생을 방지한다.

다공 알루미늄시트에 의한 다층 공기층을 “숨쉬는 건축부재” 코어부의 구조로써 채택함으로써 실내의 간의 열 · 공기 · 습기이동이 균형 있게 컨트롤되고 목표로 한 자연환기 · 단열 · 투습성능을 확보할 수 있었는데, 현재까지 인공기후실에서 실물대실험을 실시하여 기본성능에 관한 확인을 마쳤다^{3,5)}. 또한 일본 동경공업대학 캠퍼스 내에 실험가옥을 건설하여 실 2면에 시험체를 설치하여 연간을 통한 성능을 평가하였다. 그 결과 일본 관동지방에서 이용할 경우, 동기에 있어서 단열성능, 결로의 위험성은 적은 사



[그림 7] 동기 난방시 풍상측의 “숨쉬는 건축부재” 실내표면 열화상 (외기온 : 3°C, 외부풍속 : 4 m/s, 환기량 : 1.2 ACH, 실내기류 : 0.2~0.3 m/s)

실과 강풍시를 제외하면 연간에 걸쳐 0.5 ACH 이상의 환기량을 안정적으로 얻을 수 있는 사실을 확인하였다⁶⁾. 또한 실험가옥에서 겨울철 벽면을 통해 외기가 유입되어도 실내측 온열환경에 나쁜 영향을 미치지 않는 사실이 확인되었다⁶⁾(그림 7).

금후의 과제

자연환기의 적극적 이용을 위한 최대의 난관은 자연의 불확정성이다. 다공 알미늄시트를 이용한 “숨쉬는 건축부재”의 경우, 몇 가지 다른 크기의 구멍과 개구율을 가지는 다공 알미늄시트를 조합함으로써 풍력환기시의 풍압변동을 완화할 수 있는 구조가 될 가능성도 충분히 있다고 생각한다. 또한 외부 마감재의 하이브리드화를 통하여 강풍시의 과도환기에 대응해 나가는 것도 하나의 방법일 것이다.

이 벽은 면전체가 통기성을 지니고 있기 때문에 보통의 벽과 같이, 분진, 소음, 악취를 다이렉트로 차단하는 것은 어려우나, 환기팬과 같은 일정 방향의 공기 흐름이 아닌 점이 구멍에 먼지가 끼는 현상을 완화하는 방향으로 작용하리라 여겨진다.

맺음말

일본의 기후특성은 비교적 온화한 지역으로써 살기 좋은 지역이라고 일컬어 지고 있다. 그러나 온습도의 연변화는 비교적 광범위에 걸쳐 변화하여, 건물에서는 여름철의 고온다습과 겨울철의 추위에 대한 대책이 요구되고 있다. 일본의 전통 민가에서는 연간에 걸친 온습도의 큰 변화에 대한 대응책으로 자연의 힘을 농축하지 않고 옹고 넓고 골고루 이용하는 건물 만들기를 시도해 왔었다고 한다. 그것을 현대판으로 재배열하고 실내의 쾌적성을 추구하는 것이 “숨쉬는 건축부재”의 발상이다.

일본과 마찬가지로 온난기후대에 속하는 우리나라에서도 이러한 건물시스템 및 생각방식이 보급되어 나아가는 것을 기대하며, 자연과 교감하는 웰빙건축

을 지향한 한국형 “숨쉬는 건축부재”의 개발이 시도 되었으면 하는 바람이다.

참고문헌

1. 梅干野晁, 菅原正則, 佐藤繪里, 安形昇司, アルミ箔による多層空氣層の建築部材としての再評價とその熱的特性「息をする壁體」の開発(1), 日本建築學會計劃系論文集, 第475號, pp9-15, 1995.9
2. 菅原正則, 梅干野晁, 佐藤繪里, 作間秀樹, 孔あきアルミシートで構成された多層空氣層による建築部材の提案と空氣・熱・濕氣透過量の計算方法に關する檢討「息をする壁體」の開発(2), 日本建築學會計劃系論文集, 第499號, pp43-48, 1997. 9.
3. Seong-Hwan Yoon and Akira Hoyano, Passive Ventilation System That Incorporates a Pitched Roof Constructed of Breathing Walls for Use In a Passive Solar House, Solar Energy, Volume 64, No. 4-6, pp. 189-195, 1998.12.
4. 尹聖皖, 梅干野晁, 五内川和正, 外部風壓が「息をする壁體」内部の熱, 濕氣移動に與える影響「息をする壁體」の自然換氣・斷熱・透濕性能に關する研究その1, 日本建築學會計劃系論文集, No.531, pp.67-74, 2000. 5.
5. 尹聖皖, 梅干野晁, 五内川和正, 「息をする壁體」の住宅への適用に關する研究 外壁及び天井に用いたケーススタディーによる年間換氣性能と冬季熱性能の評価, 太陽エネルギー, Vol. 26, No. 6, pp.35-42, 2000.11.
6. 尹聖皖, 梅干野晁, 屋外における實物大實驗による「息をする壁體」のパンプ換氣機能の有効性の確認「息をする壁體」の自然換氣・斷熱・透濕性能に關する研究その2, 日本建築學會計劃論文集, No.556, pp.115-122, 2002. 6. (㉔)