

# 경량 벽체용 MgO 보드의 물리적 특성에 관한 실험적 연구

## A Study on the Physical Properties of MgO Board for Wall System

김 순 호\*                      김 홍 용\*\*  
Soon-Ho Kim,                Hong-Yong Kim,

### Abstract

In this study we settled the trouble of the MgO board of existence by this research. We changed the wooden one of the main ingredient of a board to a perlite and a mineral particle in the aluminum hydroxide group and proceeded with a study to physical character and fire resistance efficiency improvement. The result yellowing phenomenon could be improved and it was possible to reduce size decrease of pin hole and the frequency of occurrence. We found out that the in case of absorbed amount added 5~8% corresponding to the weight decreases the acrylic group emulsion suddenly. So this product is improved with the bending strength and water-resistance. After behavior stop time measurement of a mouse for experiments was measured at the time of a gas harmful effect test, an improved MgO board appeared more highly for an average of 138 seconds compared with a board of existence.

키워드 : 경량벽체시스템, MgO 보드, 물리적 특성, 내화특성, 가스유해성 시험

Key words : Wall system, MgO board, Physical properties, Flame retardance Gas harmful effect test

### 1. 서 론

현재 벽체용, 칸막이 충전용 등의 용도에 사용되어지고 있는 석고보드는 석고에 혼화제를 혼합하여 판상으로 제조한 후 종이를 상·하면에 부착한 형태로 사용되고 있는데, 강도가 약하여 시공시 조심해서 다루어야 한다. 또한 주원료인 석고가 수분을 다량 흡수하고 강도를 보강하기 위해 상·하면에 부착한 보드용 원지도 수분에 대한 저항력이 약하며 습기가 많은 부위에는 사용하지 못하고, 주원료가 연질의 석고기 때문에 나사못 유지력이 약하여 벽체용으로 사용할 때에는 나사못을 박거나 기타 재료를 부착하기 위한 가공이 필요한 부위에는 사용상 많은 문제점들이 있다. 이에 기존의 석고보드를 대체할 수 있는 강도, 난연성 및 내수성이 우수한 새로운 건축용 난연 보드의 개발이 요구되어 왔다<sup>1)~2)</sup>.

석고보드 이외의 종래의 판넬은 멜라민수지등의 유기물 수지가 주된 바인더(binder)로 사용되어 왔으며<sup>3)</sup>, 그 첨가량이 최소한 10% 이상 요구되고 있다. 이러한 종래의 판넬은 유기물의 특성상 내열성 및 내화성에 한계가 있고, 화재 발생시 유독가스의 발생 위험성이 있으며, 고온에서 판재의 강도를 유지하지 못하는 단점을 가지고 있다.

강도 및 내열 성능의 문제점과 지적된 점들을 보완하는

새로운 건축용 판넬인 마그네슘보드가 개발 및 제조가 되었다. 마그네슘보드는 불연성, 내화성, 방수성 및 보온성을 갖는 산화마그네슘(MgO)을 주성분으로 하여 압축 성형되는 제품으로 화재 발생으로 인한 인명 및 물적 피해손실을 최소화하고, 온도 및 수분으로 인한 수축 팽창되는 것을 방지하여 반영구적으로 사용할 수 있어 건축물의 장수명 및 건축물의 경량화에 기여 할 수 있도록 제작된 판넬이다. 일반적으로 산화마그네슘(MgO)은 용점(2,800℃)이 높고, 고온에서 내염기성 및 전기절연성이 뛰어나고 열팽창계수 및 열전도율이 크며, 특히 빛의 투과율이 높고 값이 저렴하다. 이로 인해 내열재료, 고온절연재료, 고온광학, 조명재료 등으로서 널리 사용되고 있다.

마그네슘판은 물, 목분 및 MgO와 MgCl<sub>2</sub>가 주성분이며 보강재로서 각종 섬유가 첨가되는 것으로 알려져 있다<sup>4~6)</sup>.

따라서 시공 후 6개월 이상 경과시 백화현상이 발생하고 변형이 일어나며 내부의 수분과 염분으로 인하여 고정 못에 녹이 발생하는 등의 문제점이 있다. 또한 가열시 많은 연기와 유독가스의 발생이 단점으로 지적되고 있다.

따라서 본 연구에서는 위와 같은 단점을 해결하고자 마그네슘 판넬의 주성분인 목분을 필라이트 무기질 미립자로 대체하여 물리적 특성과 내화성능 개선에 대한 연구를 진행하였다.

\* 교신저자, 대동이엔씨 기술연구소(shkims@paran.com)

\*\* 삼우종합건축사사무소 기술연구소

## 2. 실험방법

표 1.은 본 연구에 사용한 각 보드의 종류별 화학조성을 나타낸 결과이다. 기존에 생산되는 마그네슘보드의 성분은 표에 나타난 바와 같이 주성분이 목분과 MgO로 구성되어 있다. 따라서 본 연구에서는 충전제인 목분을 펠라이트와 수산화 알루미늄계 무기질 미립자로 일정부분 대체한 후 충전제를 포함한 고품분에 바인더용 혼합용액(아크릴계 에멀전)과 유리섬유 메쉬를 적층시킨 다음 톨러나 가압프레스를 이용하여 제조하였으며, 사용목적에 따라 소정의 두께와 크기를 갖는 판상체로 압축·성형하였다. 이때 압축·성형과정에서 충전물이 잘 분산될 수 있도록 금형에 진동을 가하였다.

제조 판넬 표면의 미세조직을 관찰하기 위하여 주사전 자현미경 관찰을 행하였으며, 제조되어진 마그네슘보드의 기본 물성을 확인하기 위하여 측색도 시험, 흡수율, 굽힘 파괴하중 시험, 표면박리강도, 나사못 유지력 시험을 실시하였다. 또한 내화성능 향상 여부를 판단하기 위하여 간이내화시험과, 실험용 쥐를 이용하여 가스유해성 테스트를 실시하였다.

- ① 측색도 시험 : 기존의 마그네슘보드와 개발제품의 상대 백색도 비교 시험으로 x-rite사의 SP62 모델을 사용하여 측정하였다.
- ② 흡수율(KS F 3504) : 시편을 건조한 후 수평으로 유지하고 윗면에 약 60mm의 유리판 또는 금속판을 놓고, 시편과 접촉하는 부분의 바깥 둘레부를 실링재를 사용하여 물이 새지 않도록 막는다. 높이 50mm가 되도록 물을 채운 후 3시간을 놓아둔 후 표면의 수

- 분을 닦아내고 무게를 측정한다.
- ③ 굽힘 파괴 하중시험(KS F 3504) : 스패를 350mm로 하고, 집중 하중을 스패 중앙의 전체 나비에 가하여 시험을 진행한다.
- ④ 표면박리강도(KS F 3200) : 강 또는 알루미늄 블록에 시험편을 접착하고, 시험편의 표면에 수직으로 인장하중을 가하여 박리파괴시 최대하중을 측정한다.
- ⑤ 나사못 유지력 시험(KS F 3200) : 지름 2.7mm, 길이 16mm의 나사못을 시험체에 수직으로 나사부 11mm를 박아 넣고 시험편을 고정하여 나사못을 수직을 잡아당겨 측정한다.

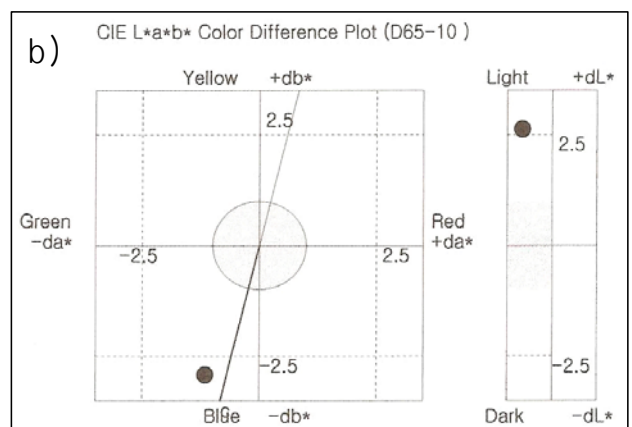
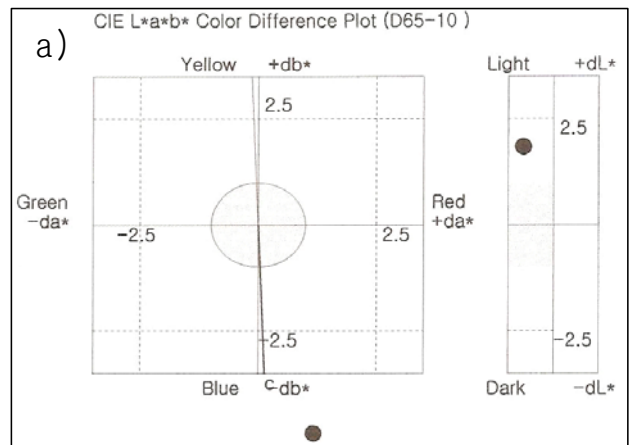
## 3. 결과 및 고찰

현재 사용되고 있는 일반적인 마그네슘보드는 위의 표 1과 같은 성분함량으로 생산되고 있다. 이러한 일반적인 마그네슘보드는 성분표에서 보는 바와 같이 목분 함량이 50%에 정도이며, 이러한 목분의 영향으로 장기간 습윤 조건하에서는 Yellowing 현상이 발생하며, 다른 성분에 비해 상대적으로 무거워 부피당 무게 비중을 많이 차지하고 있다. 또한, 입자가 큰 목분은 보드표면에 큰 편홀(Pin Hole)을 만들어 외관 및 외장 도장 후 이러한 편홀

표 1. 실험 보드의 화학조성

성분 (%)	N9 <sup>i)</sup>	K9 <sup>ii)</sup>	G9 <sup>iii)</sup>	개발제품
SiO <sub>2</sub>	5.8	6.2	-	5.5
CaO	1.8	1.5	-	1.7
MgO	38.5	27.0	-	37.0
Na <sub>2</sub> O	0.5	0.4	-	0.3
MnO	0.1	0.1	-	0.1
MgCl <sub>2</sub>	-	10.5	-	-
CaSO <sub>4</sub>	-	-	75.0	-
Cellulose	-	-	5.0	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	0.5	-
목분	52.3	32.3	-	-
펠라이트	-	22.0	-	52.4
실리카	-	-	0.75	-
파라핀	-	-	0.25	-
유리섬유	-	-	0.25	-
전분	-	-	0.4	-
Al(OH) <sub>3</sub>				3.0

i) N9:기존 마그네슘 보드, ii) K9:개선마그네슘 보드, iii) G9:석고보드



a) 기존 보드에 대한 개발제품의 측색도 결과, b) 500시간 폭뢰후(자연방치)

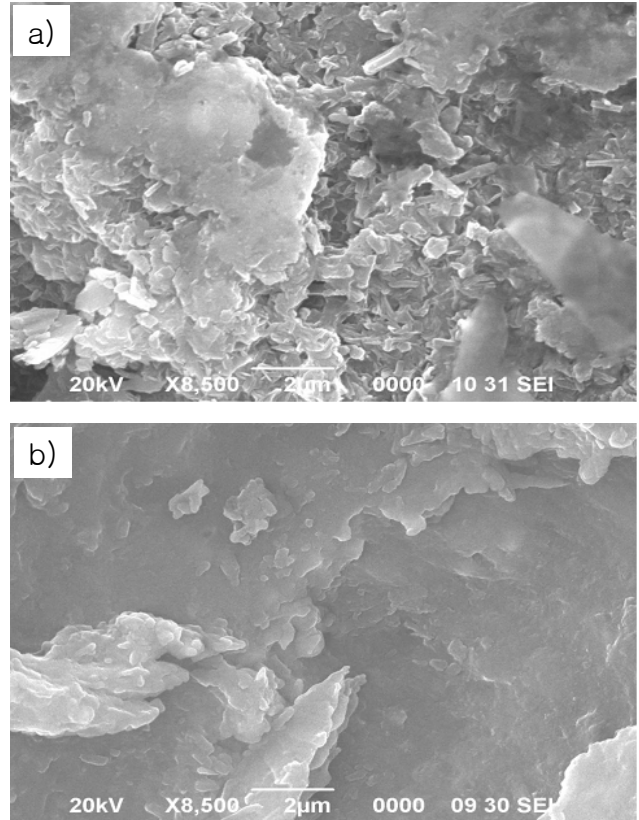
그림 1. 기존 마그네슘 보드에 대한 측색도 시험 결과

로 인한 외관상의 문제점을 발생시킨다.

근래에 와서는 건축물의 외장부분에서 강도가 향상된 마그네슘보드에 대한 필요성이 제기되었다. 따라서, 기존 마그네슘보드의 단점을 보완하는 마그네슘보드의 개발 및 생산을 연구한 결과 새로운 마그네슘보드를 만들게 되었다.

그림 1은 기존 마그네슘보드에 대한 개발 마그네슘보드의 측색도 결과를 나타낸 것이다. 종래의 일반적인 마그네슘보드는 표 1의 성분함량에서 볼 수 있듯이 목분에 의한 Yellowing 현상이 일어난다. 이는 목분이 장기적으로 노출될 때 대기중의 수분을 흡수하여 발생하는 현상으로 세라믹 코팅제를 외장으로 시공하지 않을 경우에는 이러한 Yellowing 현상으로 외관에 나쁜 영향을 미치게 된다. 또 기존의 마그네슘보드는 목분으로 인해 생산된 제품의 표면 색상이 옅은 황색을 띤다. 이러한 표면의 색상으로 인해 옅은 색의 색상 코팅시에 보드 표면 색상의 은폐와 코팅후의 표면 색상차이라는 문제를 일으킨다. 따라서 종래의 마그네슘보드 함량에 나타나 있는 목분의 일정량을 펄라이트와 수산화알루미늄계 무기질 미립자로 대체함으로써 장기적인 Yellowing 현상과 제조시에 나타나는 표면 색상을 그림 1과 같이 개선할 수 있었다. 그림 a)에서 관찰되는 바와 같이 개발 마그네슘 보드의 경우 기존의 마그네슘 보드에 비하여 Yellow 색상의 반대편에 위치하였으며 밝기 또한 더 밝게 측정되었다. 그림 b)는 기존의 마그네슘 보드와 개발제품을 자연 상태의 광에 500시간 방치한 후 보드의 색도를 측정된 결과로 기존 제품에 비하여 밝기가 더 밝고 Yellowing 현상도 훨씬 저감되었음을 알 수 있다. 여기에 사용된 무기계 경량 미립자는 크기가 0.1mm~1mm 이하인 것을 사용하며, 그 사용량은 용도에 따라 목분량의 25%~60% 정도로 조정해서 사용한다.

마그네슘보드는 경량보드란 말로도 사용할 수 있듯이 기존의 보드와 비교 하여 볼 때 자체 무게의 경량화라는 장점을 가지고 있다. 그러나 현재 사용되고 있는 보드보다 더욱더 무게가 가벼운 마그네슘보드의 요구와 함께 기존 마그네슘보드에서 나타나는 Pin Hole에 대한 개선 요구도 함께 나타났다. 보드 자중의 경감은 건축물의 초고층화의 실현이라는 점에서 필요하며, Pin Hole의 개선은 외관개선과 제품의 수명 연장에도 관계가 있어, 장수명 주택 및 일반 건축물의 내·외장 부분에도 기여할 수 있다. 따라서 목분의 일정량을 펄라이트와 경량의 무기질 미립자를 사용함으로써 두께 6mm 보드 기준으로 m<sup>2</sup>당 15% 이상의 자중 경감을 가져 올 수 있었고, 위의 그림 2의 주사전자현미경 사진에서 볼 수 있는 바와 같이 Pin Hole의 크기 감소 및 발생 빈도를 줄일 수 있었다. 따라서 페인트나 기타 바름재 도포시 기존의 보드에 비하여 작업성이 더 우수할 것이라 사료되며, 또한 Pin Hole의 개선으로 인해 보드 표면에 바름재 도포시 하자 발생의 빈도를 줄일 수 있을 것이다.



a) 기존 마그네슘보드 b) 개선 마그네슘보드  
그림 2. 마그네슘 보드의 주사전자현미경 관찰 결과

마그네슘보드는 일반적으로 석고보다 뛰어난 강도 및 내수성을 가지고 있다. 그러나 건축물의 장수명화 및 초고층화에 따라 굽힘강도와 내수성이 향상된 제품에 대한 요구가 나타났다. 강도 및 내수성 향상을 위해 마그네슘보드의 제조 과정에서 아크릴계 에멀전<sup>7)</sup>을 투입시킴으로써 이 두 가지 사항에 대한 개선 효과를 나타낼 수 있다. 아크릴계 에멀전은 섬유강화 시멘트 판넬 제작과정에서도 투입시 굽힘강도 향상이 나타나는 것이 일반적이며, 개발 마그네슘보드 제조시 사용되는 아크릴계 에멀전은 laurate 계열로 우수한 내수성을 지니고 있는 에멀전이다.

아래 그림 3은 중량대비 에멀전 첨가량에 따른 흡수량을 시험기간에 따라 그래프로 나타낸 것이다. 그림 3에서 보는 바와 같이 에멀전을 중량대비 5% 첨가하였을 경우 흡수량이 급격히 감소함을 알 수 있으며, 5%와 8% 첨가시 흡수율에 큰 차이를 나타내지 않음을 알 수 있다. 따라서 아크릴 에멀전을 5% 이상 첨가시 방수능 향상에는 큰 의미가 없을 것을 알 수 있다. 표 2는 아크릴 에멀전을 5% 첨가함에 따라 향상된 제품의 흡수량과 흡수율을 나타내었다. 흡수량의 경우 개선 마그네슘보드가 기존 마그네슘보드에 비하여 약 66.67% 적음을 알 수 있었다. 또한 표면 흡수율의 경우도 개발 마그네슘보드의 수치가 현격히 적음을 관찰 할 수 있다. 이러한 현상은 바인더로 첨가된 아크릴 에멀전의 표면 피막 형성과 방수능이 우수한 수산화알루미늄 미립자의 복합적인 효과 때문인 것

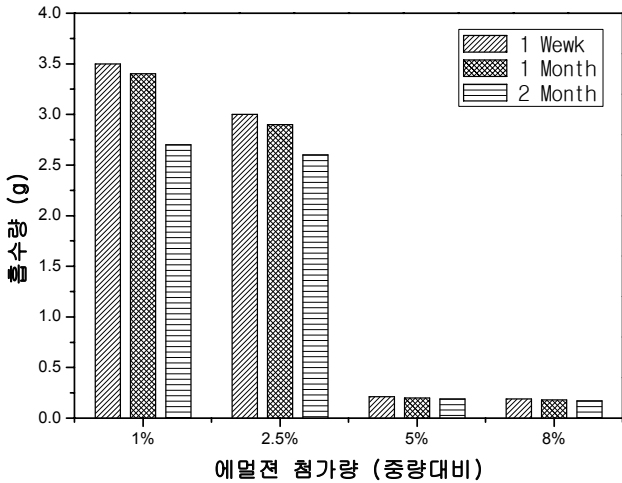


그림 3. 아크릴 에멀전 첨가량에 따른 개선 마그네슘보드의 흡수량 변화

으로 사료된다. 수산화알루미늄은 그 자체로 방수성<sup>8)</sup>을 지니고 있을 뿐만 아니라 수  $\mu\text{m}$ 에 이르는 미분이므로 보드 제조를 위해 압착시 공극 충전 효과 극대화로 인한 방수 효과도 있을 것으로 사료된다.

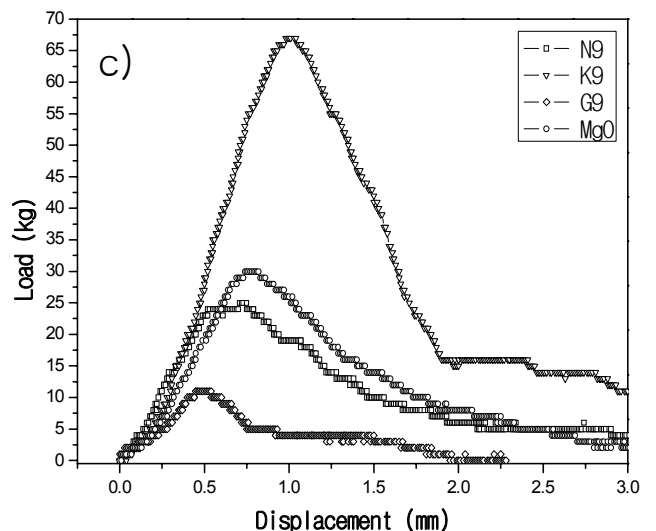
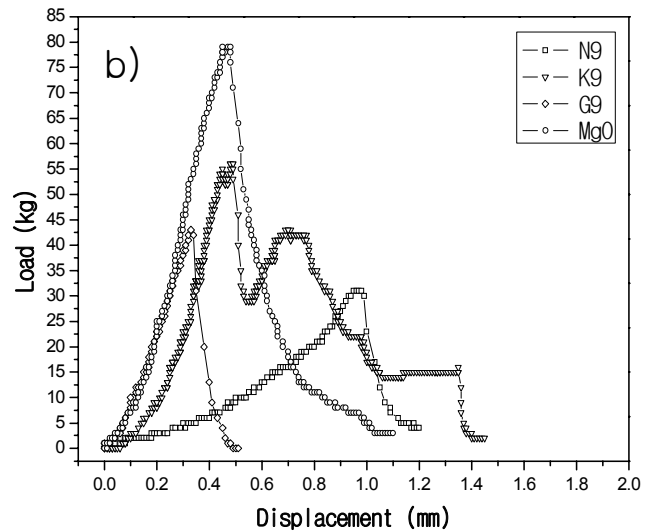
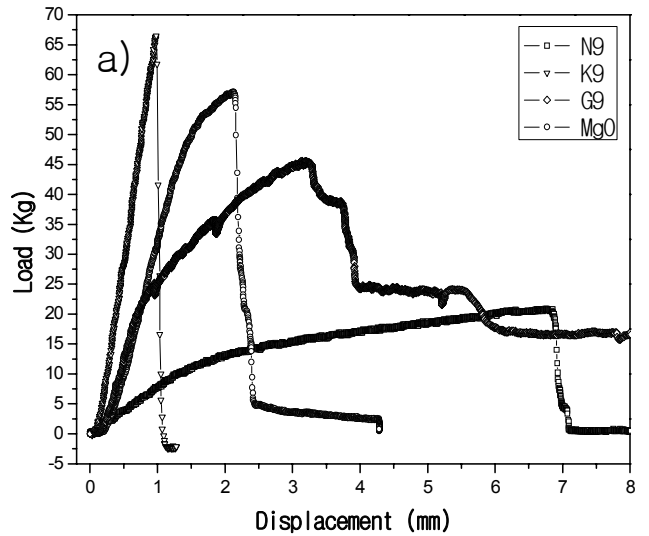
그림 4는 국내에 공급되는 9mm 두께 N9, K9 보드와 석고보드(G9), 개발 마그네슘보드의 물성시험 결과를 그래프로 나타낸 것이다. a)의 경우 각 보드 종류별 굽힘파괴하중을 나타낸 것이다. 그림에서 관찰되는 바와 같이 개발 마그네슘보드가 약 57kg으로 비교적 높은 굽힘파괴하중을 나타내었으며, K9형 보드가 가장 높은 수치의 굽힘파괴하중을 나타내었으나, 보드의 변형량은 가장 적은 수치를 나타내었다. 이는 비교적 강도는 좋은 편이나 취성이 강하여 약간의 충격에도 보드가 파괴될 수 있을 것으로 판단되어 취급시 주의를 요하는 제품이라 할 수 있다. 개발 마그네슘 보드의 경우 변형량이 파괴시까지 비교적 양호한 수치를 나타내었다. N9형 보드의 경우 굽힘파괴 강도는 약한 편이나 변형율이 매우 우수함을 알 수 있다.

석고보드는 파괴시 양면에 부착되어져 있는 보드용 원지와 석고면의 분리가 완전히 이루어지지 않았기 때문에 하중에 따른 변형이 큰 것으로 관측되었다.

b)는 각 보드의 부착강도를 그래프로 나타낸 것으로 개발 마그네슘 보드가 가장 높은 부착강도 값을 나타내었다. K9형 보드의 경우 부착강도가 최고치에서 하락하다가 다시 증가되었다 하락함을 알 수 있다. 이는 보드 내

표 2. 5% 아크릴 에멀전 첨가에 따른 개발 마그네슘보드의 표면 흡수량 · 흡수율 시험결과

시험 항목	시험 방법	시험 결과	
		기존	개선
표면 흡수량 (g)	KS F 3504	3	1
표면 흡수율 (%)	자체시험	0.8~0.9	0.68이하



a) 굽힘파괴하중 시험 b) 부착강도 시험 c) 나사못 유지력 시험  
그림 4. 각 보드 종류별 물리적 특성 시험 결과

부에 존재하는 섬유 메시로 인해 초기 탈락 이후 2차적으로 강도를 발현하기 때문인 것으로 사료된다. 석고보드의 경우 비교적 낮은 강도와 낮은 변형에도 쉽게 탈락현

상이 일어남을 관찰할 수 있다.

c)는 각 보드의 나사못 유지력을 나타낸 그래프로 K9형 보드가 가장 높은 수치를 나타내었다. 이는 K9형 보드의 주성분인 목분과 필라이트, MgCl<sub>2</sub>의 복합적 영향 때문인 것으로 사료된다. 석고보드는 가장 낮은 값을 나타내었으며, 개발 마그네슘 보드는 최고 약 30kg을 나타내었다. 나사못 유지력의 경우 시공 후 보드가 얼마나 시공면에 잘 부착되어 있는가를 단적으로 나타내는 것으로 개발 마그네슘보드의 경우 석고보드에 대비하여 그 성능이 우수함을 알 수 있었다.

위에서 설명한 바와 같이 개발 마그네슘보드의 경우 대부분 표준 비교 대상인 석고보드에 비하여 그 물리적 성능이 우수함을 관찰할 수 있었다.

그림 5는 9mm G9보드, 9mm N9보드, 3mm, 6mm, 9mm 개발 마그네슘 보드에 30분간 산소 토치를 이용하여 가열하면서 표면의 온도변화를 나타낸 간이내화시험 결과이다. a)는 각 보드의 전면부와 후면부의 온도변화를 가열시간에 따라 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 3mm 마그네슘보드의 전면부 표면온도가 단시간에 가장 높게 관측됨을 알 수 있었으며, 전면부와 후면부의 온도편차는 보드 종류와 두께에 따라 유사하게 나타났다. 석고보드는 후면부의 온도가 약 300℃ 정도였으며 3mm 마그네슘보드는 이보다 높게 관측되었다. 하지만 6mm와 9mm 개선 마그네슘보드의 경우는 석고보드보다 후면부의 온도가 낮아 우수한 단열성능을 보였다. 또한 석고보드의 경우는 가열시간 약 9분 경과 후 보드에 균열이 발생하여 실험이 불가하였다. 6mm와 9mm 마그네슘보드는 30분 동안 거의 일정한 단열 특성을 나타내었으며, 균열의 발생이 전혀 관찰되지 않았다. 따라서 석고보드에 비하여 우수한 단열특성과 내화성능을 가진 것은 6mm 이상의 개발 마그네슘보드인 것으로 사료된다.

b)는 보드의 전면부와 후면부의 최고온도 편차를 비교한 것이다. 그림에서 관찰되는 바와 같이 3mm 마그네슘보드가 가장 온도 편차가 적음을 알 수 있었으며, 석고보드에 비하여 6mm와 9mm 개선 마그네슘보드의 온도편차가 높음을 알 수 있었다. 위 두 가지 결과로 볼 때 6mm와 9mm의 마그네슘 보드가 9mm 석고보드와 비교하여 내열 성능과 단열성능이 월등히 우수함을 관찰 할 수 있었다.

기존의 마그네슘보드는 화재 발생시 화염과 유독가스가 발생한다. 이것은 마그네슘보드에 함유되어 있는 목분에 의해 발생하는 것으로 목분량이 많을수록 그 발생 빈도와 유독가스량은 증가하는 경향을 보인다. 이러한 발생 경향은 KS F 2271의 난연성 시험시 충분히 그 기준은 통과하지만 제품의 보다 나은 품질요구에 따른 개발이 필요하다.

그림 6은 마그네슘보드 연소시 8마리 실험용 쥐의 행동

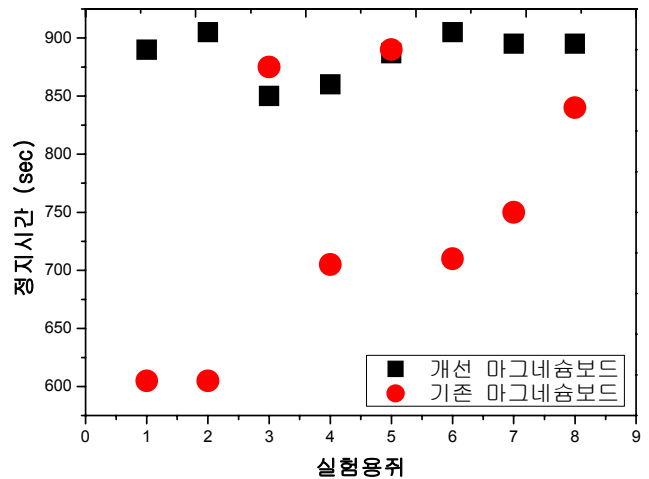
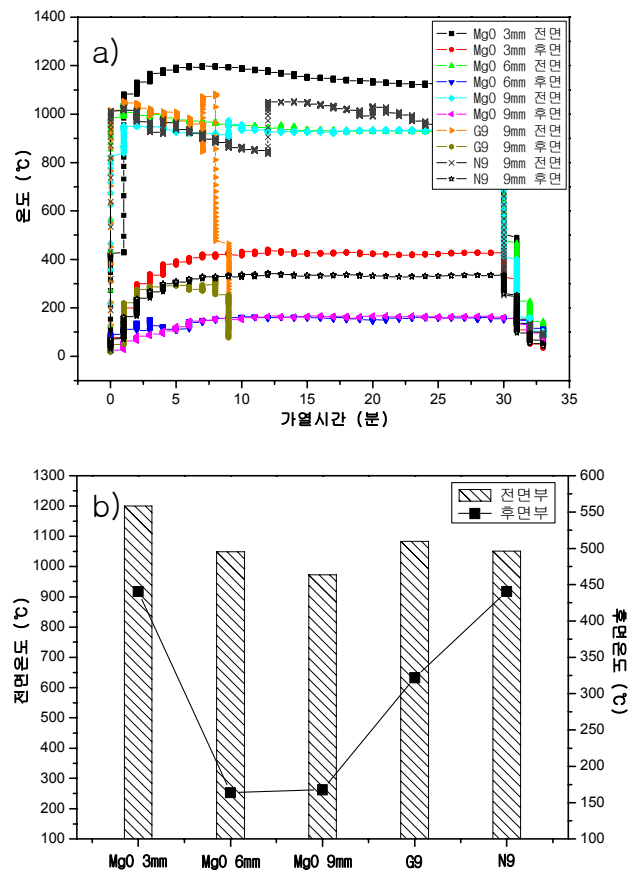


그림 6. 마그네슘보드 연소에 따른 실험용 쥐의 행동정지 시간 시험 결과



a) 가열시간에 따른 보드의 표면 온도변화 b) 보드 종류별 최고 온도변화

그림 5. 각 보드 종류별 간이내화시험 결과

정지시간을 그래프로 나타낸 것이다. 기존 보드의 경우 실험용 쥐의 행동정지시간이 약 600~880초 까지 다양하게 분포하고 있음을 알 수 있으며, 평균 747초의 행동정지시간을 나타내었다. 개선 마그네슘보드의 경우는 약 850~900초 까지 거의 균일하게 쥐의 행동정지시간이 분

표 3. 마그네슘보드의 가스유해성 시험

시험 항목		결 과 (sec)		국내기준 KS F 2271
		기존 보드	개발 보드	
가스 유해성 시험 (실험용 쥐의 행동정지 시간 측정)	8마리 행동 정지시간 (평균)	747	885	540sec 이상
	표준편차	105	19	

포하고 있음을 관찰할 수 있었으며, 평균 885초를 나타내었다.

따라서 기존의 마그네슘보드에 비하여 가스유해성이 크게 개선되었음을 알 수 있었다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 목분을 대체하여 무기질의 펠라이트와 수산화알루미늄계 미립자를 사용함으로써 화염 및 유독가스의 발생량을 줄일 수 있었기 때문이다.

이러한 수산화알루미늄계 미립자는 SiO<sub>2</sub> 62.0~68.0 중량%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 18.0~23.0 중량%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.3~2.5 중량%, MnO 0.1~1.9 중량%, Na<sub>2</sub>O 0.05~8.0 중량%로 이루어진 군에서 선택한 제품을 사용하며, 그 입자의 크기는 0.01~0.05mm 인 것을 사용한다. 이러한 수산화알루미늄계 미립자를 사용하면 그림5와 표 3과 같이 제품의 가스유해성능이 향상됨을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

경량 벽체용 마그네슘보드를 개선하여 물리적 특성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 목분의 일정량을 펠라이트와 이와 같은 계열의 수산화알루미늄계 무기질 미립자로 대체함으로써 장기적인 Yellowing 현상과 제조시에 나타나는 표면 색상을 개선할 수 있었다.
- 2) 목분의 일정량을 펠라이트 및 수산화알루미늄계의 무기질 미립자를 사용함으로써 Pin Hole의 크기감소 및 발생 빈도를 줄일 수 있다.
- 3) 바인더로 아크릴 에멀전을 5% 첨가함에 따라 흡수량의 경우 개선 마그네슘보드가 기존 마그네슘보드에 비하여 약 66.67% 적음을 알 수 있었으며, 표면 흡수율의 경우도 개선 마그네슘보드의 수치가 현격히 적음을 관찰 할 수 있었다.
- 4) 개선 마그네슘보드의 경우 표준 비교 대상인 석고보드에 비하여 굽힘파괴하중의 경우 약 20% 향상되었음을 알 수 있었으며, 부착강도와 나사못 인발특성도 향상되었음을 알 수 있었다.

5) 3mm 마그네슘보드가 전면부와 후면부의 온도 편차가 가장 적음을 알 수 있었으며, 석고보드에 비하여 6mm와 9mm 마그네슘보드의 온도편차가 높음을 알 수 있었다. 또한 6mm와 9mm의 마그네슘보드가 9mm 석고보드와 비교하여 내열성능과 단열성능이 월등히 우수함을 관찰 할 수 있었다.

6) 펠라이트와 수산화알루미늄계 무기질 미립자를 첨가한 개선 마그네슘 보드의 경우 기존의 마그네슘보드에 비하여 가스유해성이 크게 개선되었음을 알 수 있었다.

#### 후 기

본 연구는 2006년도 건설교통부 건설기술연구개발중 “장수명 공동주택 기술개발”사업의 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

1. 김구대. 신주택기술개발; 신주택자재용 무기질 복합재료의 개발. 과학기술처 최종보고서. 1993.
2. 김충환, 김종훈, 김운형, 하동명, 이수경. 건물내장재(석고보드, 합판)의 화재성능평가, 한국화재소방학회논문지, Vol.15 No.3 2001.
3. 최상구, 서원동, 박인숙, 엘라스토머. 목분 및 폴리부타디엔 고무를 혼합한 멜라민 수지의 물성, 고무학회지, Vol.29 .No.5 1994.
4. 정인화, 정현생, 조성욱. 국내광물을 이용한 내열·내화소재 기술개발. 산업자원부 최종보고서. 2005.
5. 김홍용, 김순호. 벽체용 경량 콘크리트의 제조 및 흡차음 특성에 관한 연구. 한국생태환경건축학회 논문집, Vol.6 No.1 2006.
6. 이성일, 이해준. 실리콘 복합체의 내화 및 전기 특성에 관한 연구. 엘라스토머, Vol.38 No.3 2003.
7. 서영옥, 설수덕. 4원 아크릴계 박리형 점착제의 제조와 특성에 관한 연구. 엘라스토머, Vol.36 No.4 2001.