



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

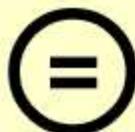
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位請求論文

공간구조물의 불연성판넬 제조에
관한 연구



2007年 12月

釜慶大學校大學院

安全工學科

金元珠

工學碩士 學位請求論文

공간구조물의 불연성판넬 제조에
관한 연구

指導教授：崔 載 旭

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2007年 12月

釜慶大學校 大學院

安全工學科

金 元 珠

金元珠의 學碩士 學位論文을 認准함

2007年 12月



主 審 工學博士 權 五 憲 (印)

委 員 工學博士 李 來 雨 (印)

委 員 工學博士 崔 載 旭 (印)

목 차

1. 서 론	1
2. 이 론	3
2-1 실험시료	3
2-1-1 Finecell의 특성	3
2-1-2 Zeolite의 특성	6
2-1-3 멜라민 수지의 특성	9
2-2 산소지수농도	10
2-3 강도평가	11
3. 실험장치 및 실험방법	12
3-1 Hot press	12
3-2 강도평가	14
3-3 산소지수농도측정	16
3-4 시편제조	20

4. 실험결과 및 고찰	22
4-1 불연성 판넬	22
4-2 강도평가	27
4-3 산소지수농도 측정	31
5. 결 론	56
참 고 문 헌	58
Abstract	60



1. 서 론

산업의 발달로 인하여 단열, 보온, 차음 등의 특성을 지니는 내장재와 단열재의 생산이 증가하고 있으며 고유한 특성을 지닌 내장재들은 쾌적한 환경을 조성하기 위해서 친환경적인 내장재의 개발이 이루어지고 있다. 그러나 일부 내장재들은 고분자 화학물질 등을 재료로 하고 있으므로 화재발생시 화염의 확산이 쉽고, 연소 시 유독가스가 발생하게 되어 물적 인적 손실이 크다. 이는 고분자재료가 가지는 단점인 열안정성이 낮아 재료의 연소에 따라 분출되는 열, 연기, 유해가스로 인한 화재위험 요인으로 나타나고 있다.¹⁻²⁾ 화재통계에 따르면 지난 10년간 화재건수는 매년 평균 2.3%씩 증가하여 1996년도에는 28,665건이던 화재발생이 2005년도에는 32,340건의 화재가 발생하여 1996년보다 2.3% 증가한 것으로 나타났다.³⁾ 피해사례 중 2003. 02. 18 대구 중앙역에서 발생한 지하 공간 화재의 경우는 전동차의 내장재로 인하여 엄청난 유독가스를 배출하게 되어 인명피해가 많은 사건이 발생하였다. 내장재를 사용하는 지하공간에서 화재가 발생하게 되면 급속한 연기확산과 온도상승으로 피난통로가 제한되고 화재가 빠르게 전파되어 인명피해가 더 큰 규모로 확산될 수 있다. 따라서 지하공간에 사용되는 내장재는 지상의 시설물보다 그 선정과정이 더욱 엄격해야 한다.⁴⁾ 이러한 건축물의 내부를 구성하고 있는 건축물의 내장재 및 마감 재료는 화재 시 직접 노출되어 제일 먼저 착화 및 연소 확대되는 주요 매체이기 때문에 이들 마감 재료는 착화가 잘되지 않고 착화

되더라도 연소 확대가 잘 되지 않도록 난연제품들을 사용하여야 한다. 내장재의 문제점을 보완하기 위하여 난연제품 중 가장 많이 사용되는 유리섬유, 석면 등을 사용하여 왔다. 유리섬유, 석면, 암연 등은 난연1등급으로 분류되지만, 화재 발생 시 지속적으로 높은 온도의 화염에는 견디지 못하고 용융하게 된다. 특히 화재가 발생하면 유리섬유의 경우 시간경과에 따라 화염의 온도가 상승하여 화재에 견딜 수 있는 한계 초과로 이 물질은 공기 중에 비산되어 호흡기를 통해 인체에 흡입된다.⁵⁾ 또한 건축용 자재의 충전제로 사용하고 있는 석면은 시간이 지남에 따라 균열된 틈 사이로 비산되어 먼지와 함께 호흡기로 침투하여 암을 유발시키는 위험성을 가지고 있다.⁶⁾ 최근 마스크를 통해 석면이 인체에 미치는 영향에 대해 많은 관심을 가지게 되었고 결국 석면사용금지과 석면 대체품, 그리고 사후처리 문제 등 대안을 찾고 있다. 최근 석면의 유해성이 밝혀지면서 다양한 형태의 대체품 개발을 위한 연구가 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 1100℃에서 소성된 Fine cell과 다공성이 풍부한 Nature zeolite를 혼합하여 가볍고, 강도와 내열성이 우수하며, 불연성으로 인체에 무해한 친환경적인 소재를 개발하였다.

2. 이 론

2-1. 실험시료

2-1-1 Fine cell의 특성

Fine cell general series는 백색의 Cellular glass filler로서 코킹실링제, 플라스틱 복합재, 페인트 코팅제, 시멘트계 복합재, 저융점 금속 등의 범용소재와 혼용되어진 복합재료를 경량화 시키고, 제조원가를 줄일 수 있는 Bubble type filler이다. Fine cell은 팽창 퍼라이트의 비중, 강도, 구조, 입도 등을 용도별로 다르게 설계하여 물성이 유지되도록 제조하는 경량 소재이다. 단열성과 경량성 등 팽창 퍼라이트가 지니는 여러 가지 특성을 활용하여 각종 건물의 내외장재, 마감재 및 부피증대를 요하는 다양한 제품의 증량제 등으로 사용되는 이 제품은 다방면의 산업분야에서 다양하게 적용된다. Table 1은 Fine cell의 화학성분비를 나타낸 것이며, Fine cell의 특성은 (1)~(6)에 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of fine cell

Component	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O(%)	K ₂ O(%)	MgO(%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO(%)
Fine cell general series	70 ~ 75	12 ~ 16	2.5 ~ 5.0	1.0 ~ 4.0	0.2 ~ 0.5	0.15 ~ 1.5	0.1 ~ 2.

(1) 경량성

Fin cell general series는 입자내부 공극의 영향으로 비중이 탄산칼슘, 탈크 등의 1/10로서 가장 가벼운 순수 무기질의 Filler이다.

(2) 화학적 성질

1,100℃의 고온에서 특수열처리를 함으로서 안전성이 뛰어나고, pH 7의 순수 무기질로 불활성, 내산, 내알칼리성이 우수하다.

(3) 경제성

탄산칼슘이나 탈크에 비해 약 10배 정도의 증량 효과가 있으며, 복합재료의 제조원가 절감과 물성향상을 통한 고부가가치의 제품을 얻을 수 있다.

(4) 곁합

입자가 구상이고 표면 평활성이 우수하여 수성, 유성, 분말상의 타재료와 쉽게 혼합 분산되어 충전제로서 최적 효과를 발휘한다.

(5) 단열성

기포상의 입자로 구성되어 열차단 효과가 크고, 열전도율은 0.05kcal/mh℃로서 단열성이 우수하다.

(6) 내열성

고온에서 특수 열처리한 순수 무기재료이므로 용점이 1,250~1,350℃로서 대단히 높고, 내열성이 우수하다.



2-1-2 Zeolite의 특성

Zeolite라는 이름은 끓는(zein) 돌(litos)이라는 그리스어에서 유래되었다. Zeolite는 고체 산화물이어서 가열하여도 끓지 않으나, 가열할 때 수증기가 발생하는 모양이 마치 끓는 것처럼 보여 붙여진 이름이다. Zeolite는 천연에서 광물로 산출되는 것이 대부분이며 합성한 Zeolite와 자연에서 채취하는 천연 Zeolite로 구분한다. Zeolite는 생성조건에 따라 종류와 함량이 다르고, 섞여 있는 성분도 다르다. 천연 Zeolite는 보통 점토나 장석이 섞여 있으므로 순수하지 않고 세공 크기가 작아서 촉매나 흡착제로 쓰는 데 제한이 많다. 그러나 양이온 교환 능력, 흡착 능력, 분자체 효과 등이 있으면서 가격이 저렴하여 농업 분야나 폐수 처리 분야, 건축재 분야에서도 여러 용도로 사용된다. Table 2에는 천연 Zeolite의 성분을 나타내었다.

Table 2 Chemical compositions of nature zeolite

Component	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O(%)	Na ₂ O(%)	CaO(%)	MgO(%)
Zeolite	75.03	14.82	1.62	3.30	1.26	2.62	1.35

(1) 양이온교환 특성

통상 CEC(Cation exchange capacity)라고 잘 알려져 있는 Zeolite의 양이온 교환특성은 다른 양이온들의 용액으로 단순히 씻어주는 정도의 처리로도 공동내의 양이온들이 쉽게 이온교환이 일어난다. 일반적으로 Zeolite의 양이온 교환능력은 100g 당 200~400 meq정도로서 유사한 용도로 사용되는 몬모릴로나이트의 양이온 교환능력(80~100 meq/g)보다 2배 이상의 높은 값을 유지한다.

(2) 흡착 및 분자체 특성

정상 조건에서는 Zeolite 구조상 공동내에는 양이온 주위에 많은 양의 물이 존재하지만 350~400℃로 몇시간 가열하면 쉽게 탈수된다. 이 탈수된 Zeolite는 적합한 크기와 형태의 무기 및 유기분자들을 선택적으로 흡착하므로써 결과적으로 서로 다른 분자들을 각각 분리할 수 있는 뛰어난 분자체능의 특성을 갖게 된다. 선택적 흡착특성은 Zeolite 크기와 형태에 주로 의존되므로 종류에 따라 다른 양상을 보이며 작용하는 분자의 극성 정도에 따라서도 지배된다.⁷⁾

(3) 천연 Zeolite의 생성과 분포

Zeolite는 알칼리성 염분이 많이 녹아 있는 호수에 쌓인 화산재의 주성분이다. 건기와 우기를 거치면서 일부는 대기 중의 이산화탄소와 반응하여 알칼리

탄산염이 되고, 화산재 일부는 물에 녹아서 염이 많이 녹은 강한 알칼리성 용액을 만든다. 위에 쌓여 대기에 노출된 화산재층은 알칼리 탄산염이 되지만, 내부의 퇴적물 층은 위에서 가하는 압력과 내부 열에 의해 압력과 온도가 높아져 Zeolite의 결정화 반응이 진행된다. 땅 속을 들어가면서 필립사이트 (phillipsite), 클리놉타이로라이트, 에리오나이트, 아날사임 등 여러 종류 Zeolite가 생성되는데 이는 화산재와 반응하는 용액의 염분 농도나 pH 등 반응조건이 위치와 시간에 따라 다르기 때문이다. 주변에서 지표수가 흘러들어 오면 호수의 가운데와 바깥 사이에도 염분의 농도가 달라진다. 이로 인해 수평 방향으로 Zeolite의 종류별 함량이 달라진다. 우리나라의 천연 Zeolite 분포 지역은 백두산, 한라산을 제외하고는 화산 활동지역이 없어서 Zeolite의 부존 지역이 많지는 않지만, 제3기 화산 퇴적암이 집중적으로 분포되어 있는 경상북도 영일군, 포항, 경주 등지에서 천연 Zeolite가 산출되고 있으며 대부분 클리놉타이로라이트계의 Zeolite가 생산된다. 클리놉타이로라이트는 Na⁺, K⁺ 등 알칼리 금속 이온이 많이 들어있고 물에 녹아 있는 암모니아성 질소 성분의 제거에 효과적이다. Zeolite는 열전도도가 낮은 공기가 채워진 세공이 많아 단열효과가 우수할 뿐만 아니라 습할 때는 수분을 흡착하고 건조하면 수분을 방출하는 습도 조절 기능이 있기 때문에 이를 이용한 건축 재료로 이용된다.⁸⁾

2-1-3 멜라민수지의 특성

멜라민 수지는 아미노기(-NH₂)를 가지므로, 요소수지와 함께 아미노플라스틱이라 통칭된다. 용도에 따라 약간의 차이는 있으나, 약알칼리성으로 포르말린(포름알데히드 수용액)에 적당량의 멜라민을 가하여 가온 반응시켜 시럽 모양의 제1차 수지를 얻는다. 수지는 일반적으로 무색 투명하여 아름다운 착색을 할 수 있으며, 열·산·용제에 대하여 강하고, 전기적 성질도 뛰어나다.



2-2. 산소지수농도

고분자 재료는 우리들의 생활공간 중에서 중요한 역할을 하고 있으며 대단히 편리한 재료이다. 그러나 단 한가지 불에 약한 결점이 있으며 이 재료가 어떤 착화원에 의해 착화한 후의 연소단계로서 정상적 연소, 화재의 성장과정이 있다. 이 과정에서 재료의 결점을 측정하고자 하는 것이 연소시험이며 여기에서 대표적인 시험법인 산소지수법이며 참고문헌으로는 KS M3032¹⁰⁾, JIS K7201¹¹⁾ 등이 있다.

산소지수법은 측정시에 재현성이 높고 고분자물질의 확인방법으로도 응용할 수 있다. 또한 다른 연소시험법도 많이 있으나 이들은 정성적으로 재료의 연소성을 등급으로 나누는데 그치고 있는 반면 산소지수법은 연소성을 정량적인 수치로 측정할 수 있다. 산소지수 (Oxygen Index, O.I.)는 이 시험방법에 의해 시험편의 연소시간이 3분이상 계속하여 연소하든가, 착염후의 연소길이 50mm 이상으로 계속 타는데 필요한 최저의 산소유량(O₂)를 측정하고 이로부터 질소유량(N₂)를 산출하며, 다음식에 의하여 구한다.¹²⁾

$$\text{산소지수 (O.I.)} = \frac{(O_2)}{(O_2) + (N_2)} \times 100$$

2-3. 강도평가

대부분의 구조물은 사용중에 하중을 받게 됨으로 구조물 재료의 특성을 파악하여 과도한 변형이나 파괴가 일어나지 않도록 하여야 한다. 재료의 기계적 거동인 외부하중에 대한 재료의 반응정도로서 외부의 힘과 이에 따른 재료의 변형 관계를 나타낸다. 재료 시험은 작용하는 하중상태 및 조건에 따라 정적 시험(Static test)과 동적시험(Dynamic test)로 분류된다. 정적시험은 정적하중을 가하는 시험으로서 정하중 시험이라고도 하며 인장, 압축, 굽힘 및 비틀림 등의 강도 시험을 총칭한다. 본 연구에서는 Fine cell, Zeolite, Binder를 혼합하여 제작한 시험편의 실 구조물에 적용시 강도를 평가하기 위해 3점 굽힘 실험을 실시하였다.

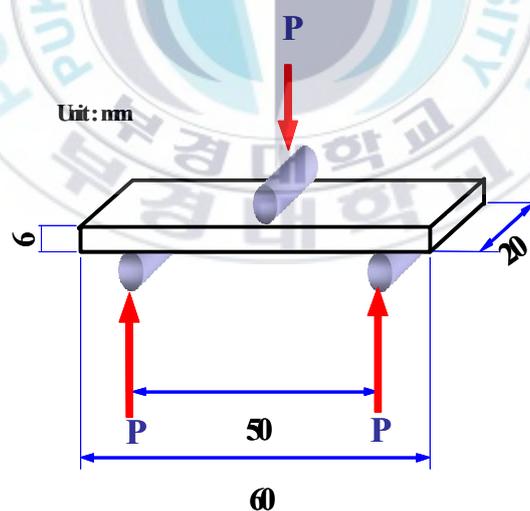


Fig. 1 Specimen configuration.

3. 실험장치 및 실험방법

3-1. Hot press

불연성 판넬을 제조하기 위하여 사용된 Hot press는 국내 D사(50MPa)에서 제작된 열성형기로서 Photo 1에 나타내었다. 시험편은 12×24×0.6cm의 크기로 제조하였고 10kg/cm²의 압력과 170℃의 온도로 30분동안 성형을 하였으며, 냉각시의 시험편의 변형 및 균열발생을 방지하기 위해 오븐에서 130℃로 30분 동안 숙성시킨 다음 대기상에서 30분동안 공냉과 수냉으로 냉각시켰다.





Photo 1 Hot press & Oven.

3-2. 강도평가

실험재료의 강도를 평가하기 위하여 3점 굽힘 시험에 의한 하중측정을 행하였다. 본 실험에 사용된 시험기는 만능동적시험기(H사, 50kN)로써¹³⁾ 계략도를 Fig. 2에 표시하였다. A,B및 C시험편은 12×24×0.6cm로 성형한 후 3점 굽힘실험을 위해 6×2×0.6cm로 절단하여 시험편을 제작하였다. 시험은 0.2mm/min의 변위제어로 행하여 졌다.



3-3. 산소지수농도측정

산소와 질소가 혼합된 상승기류속에서 착화된 물질이 연소를 지속하는데 필요한 최저산소농도(vol %)를 측정하여 재료의 상대적인 연소성을 판단하는 실험이다. 최소산소농도지수 실험은 ASTM D 2863¹⁴⁾ 기준에서 규정하고 있으며 본 연구에 사용된 실험장치는 photo 2에 나타내었으며 그 개략도를 Fig. 3에 나타내었다. 산소지수농도 실험의 기준들은 성능실험 절차가 거의 유사하나 재료의 종류에 따라 실험체 양생조건을 세분화하고 있는 KS M 3032를 성능평가 기준으로 적용하였다. 실험방법은 실험편에 6~25mm의 불꽃을 점화기로 점화시켜 연소시간이 3분 이상이거나 연소길이가 50mm 이상이 되는데 필요한 최저의 산소지수를 구하고, 3개의 실험편에 대한 평균치를 산소지수값으로 하였다.¹⁵⁾ 실험장치는 가스공급부, 연소부, 측정부 및 점화기로 구성되어 있다. 가스공급부는 질소, 산소로 구성되어 있다. 질소, 산소가 밸브를 통해 측정부에서 정해진 O.I값에 맞는 양을 일정하게 공급하도록 되어 있다. 측정부는 측정하고자 하는 질소와 산소의 양을 일정량만큼 지속적으로 연소부로 공급한다. 연소부는 시편받침기·유리조각·유리기둥·금속망으로 구성되어 있다.

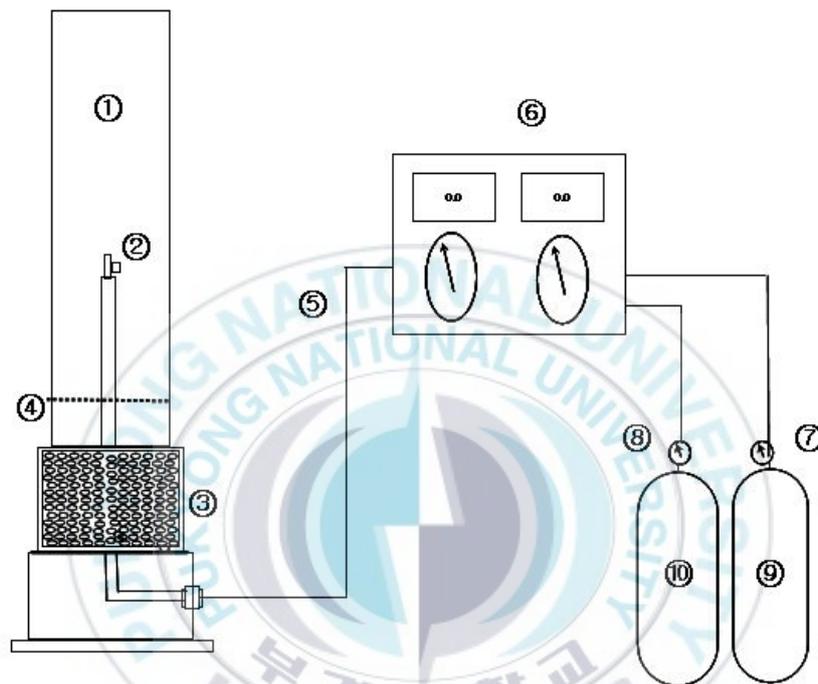
실험에 사용되어질 각 A, B, C시편을 가로×세로 60mm×120mm로 제작한 뒤 Oxygen index의 값을 결정한다. 실험에서 사용된 재료는 합판, MDF, 판넬 시편A, B, C를 사용하였다. 산소지수측정 장치방법은 산소분배통과 질소분배통을 각각 Oxygen index 측정장치에 연결한 후 시편을 시료지지대에 고정

시켜 구하고자 하는 산소지수값을 결정한다. 산소지수값을 결정한 다음 각각의 산소, 질소분배에 연결되어있는 유량계를 보면서 밸브를 조절한다. 점화기에 착화하여 화염의 길이를 6~25mm로 조절하여, 화염이 시료에 붙을 때까지 때지 않는다. 3분 이내에 불이 붙지 않는다면 불완전연소로 본다. 3분 이내에 화염이 착화되어 시편을 3분에 상당하는 때 50mm타 들어가는 시점이 최소산소농도값으로 결정한다.





Photo 2 Schematic diagram of oxygen index concentration.



- | | |
|-------------------|---------------------------------------|
| ① Glass chimney | ⑥ Oxygen index experimental apparatus |
| ② Sample pill | ⑦ Oxygen pressure gage bomb |
| ③ Glass beads | ⑧ Nitrogen pressure gage |
| ④ Metal net | ⑨ Oxygen bomb |
| ⑤ Gas mixing line | ⑩ Nitrogen bomb |

Fig. 3 Schematic diagram of oxygen index concentration.

3-4. 시편 제조

먼저 준비된 Mold는 상판, 하판으로 제작하였으며 Photo 3에 나타내었다. 시편 제조시에 제조된 판넬이 Mold에 부착되는 것을 방지하기 위하여 Mold 안에 이형제(離形劑)를 발라준다. 이형제는 Mold에 혼합물이 눌러 붙지 않게 해주는 역할을 할뿐만 아니라, 혼합물질의 겉부분에 코팅역할을 함으로서 시편의 형상을 좋게하는 역할을 한다. 본 연구에 사용될 시편의 제조를 위하여 Mold에 이형제를 바르고 오븐을 이용하여 고온에서 20분동안 이형제를 녹인 후 Mold를 냉각시킨다. 이때 주의할 점은 Fine cell, Zeolite와 Binder의 균형 있는 분포에 따라 전체적으로 강도가 높아진다. Mold에 혼합물을 넣은 후에 Hot press에 Mold를 넣고 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압력으로 Mold를 압착시켜 170°C 로 30분 동안 열을 가한다.



Photo 3 Mold of panel.

4. 결과 및 고찰

4-1. 불연성 판넬

불연성 판넬을 제조하기 위하여 압력을 10kg/cm²으로 하고, 170℃에서 30분 동안 성형하였다. 각 시료별로 Binder을 25%, 30%, 35%로 5%씩 증가시키고 Finecell 10%, 12.5%, 15%로 2.5%씩 증가시켰으며, Zeolite는 65%, 58.5%, 50%로 7.5%씩 증가시켰다. 각 시료별로 비율을 조절하여 제조한 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3 Mixing rate of panel sample

	Finecell(%)	Zeolite(%)	Binder(%)
A 시편	10	65	25
B 시편	12.5	57.5	30
C 시편	15	50	35

Photo 4는 Fine cell 10%, Zeolite 65%, Binder 25%인 A시편으로서 Zeolite의 비율이 높아 견고하며 Fine cell의 비율이 낮기 때문에 접착제와 접착이 잘 이루어졌다.

Photo 5는 Fine cell 12.5%, Zeolite 57.5%, Binder 30%인 B시편으로서 Zeolite의 비율보다 Fine cell과 접착제의 비율이 증가하여 견고성은 떨어졌으나 무게는 가벼워졌다. Fine cell의 비율이 증가함에 따라 부피가 커져 접착할 부피가 증가하였기 때문에 접착제의 비율도 증가하였다.

Photo 6은 Fine cell 15%, Zeolite 50%, Binder 35%인 C시편으로서 Fine-cell과 접착제의 비율이 높아졌고 Zeolite의 비율이 낮아져서 무게가 3개의 시편중에서 제일 가볍게 나타났다.

이와 같이 Zeolite의 비율이 Fine cell의 비율보다 높아지면 견고한 상태로 제작되는데, 이는 Fine cell의 표면적이 Zeolite보다 접착제와 접착하기 어렵기 때문에 적은 양으로 혼합하게 되면 접착이 잘 이루어지는 것으로 사료된다. 또한 밀도가 상대적으로 큰 Zeolite의 비율을 감소시키면 Fine cell의 비율과 접착제의 비율이 증가하게 되어 시편이 가볍게 제작되어졌다.

그러나, 시편을 제작하는 과정 중 Fine cell과 Zeolite의 비율에 따라 접착제의 비율을 결정하게 되며 이로 인해 견고성이 다르게 나타났다. 따라서 Binder의 접착성능에 따라 시편의 견고성이 다르게 나타난 것으로 사료된다.



Photo 4 Mixture of sample A(Fine cell 10%+Zeolite 65%+Binder 25%).



Photo 5 Mixture of sample B(Fine cell 12.5%+Zeolite 57.5%+Binder 30%).



Photo 6 Mixture of sample C(Fine cell 15%+Zeolite 50%+Binder 35%).

4-2. 강도평가

제작된 시편의 강도를 측정하기 위하여 시편에 하중 실험을 행하였다. 실험조건은 0.2mm/min의 하중으로 측정하였고, 시편은 가로 6cm × 세로 2cm로 제작된 A, B, C의 시편을 이용하였다.

Fig. 4는 Fine cell 10% Zeolite 65% Binder 25% 비율로 제작한 시편 A를 이용하여 실험한 결과 A의 시편이 파열되기까지 소요 시간은 약 5분가량이었으며 하중이 가해지기 시작하여 최대하중인 24.658kgf까지 증가한 후 급격하게 감소하였으며, 변위 1.069mm지점에서 파열하였다.

Fig. 5는 Fine cell 12.5% Zeolite 57.5% Binder 30%의 비율로 제작된 시편을 이용한 B시편은 최대하중인 15.538kgf까지 증가하였으며, 변위 0.919mm지점에서 파열되었다.

Fig. 6은 Fine cell 15%, Zeolite 50%, Binder 35%인 C시편은 최대하중인 9.869kgf까지 증가한 후 변위 0.729mm지점에서 파열되었으며, 파열되기까지의 소요시간은 약 3분이다.

Fig. 4~6에서 그래프에서 A의 시편의 그래프 곡선이 B와 C시편 보다 증가한 이유는 Fine cell 보다 Zeolite함유량이 많이 혼합되어 있기 때문이고 C시편은 3개의 시편 중에서 Zeolite의 비중이 가장 적게 함유된 시편임으로 최대하중이 낮게 나타났다.

따라서 Zeolite의 함유량이 많은 A의 시편의 최대하중값이 가장 높게 나타났으며, Zeolite의 함유량에 따라 A>B>C순으로 강도가 높다는 것을 알 수 있다.

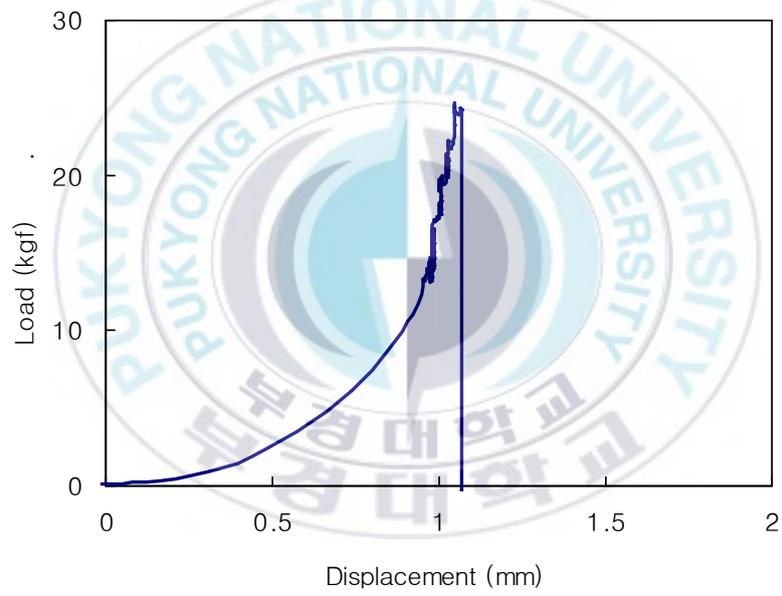


Fig. 4 The relationship between load and displacement at sample A.

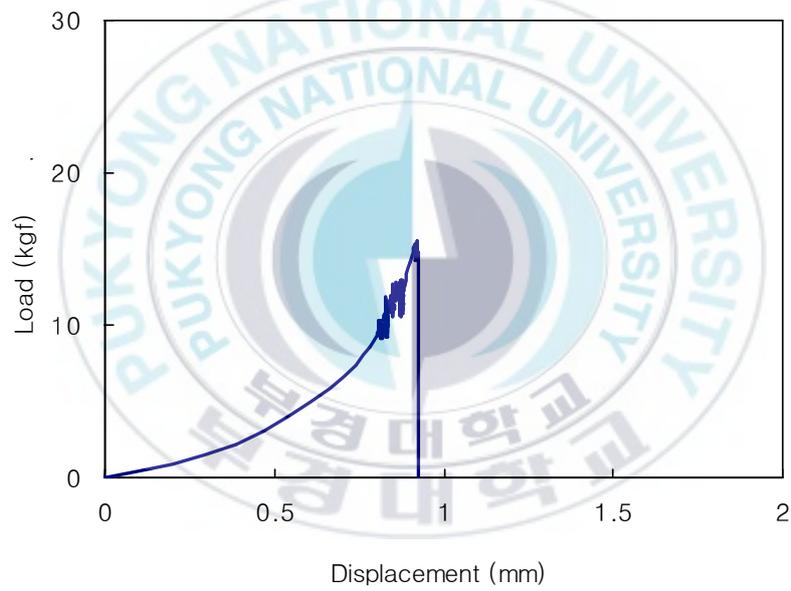


Fig. 5 The relationship between load and displacement at sample B.

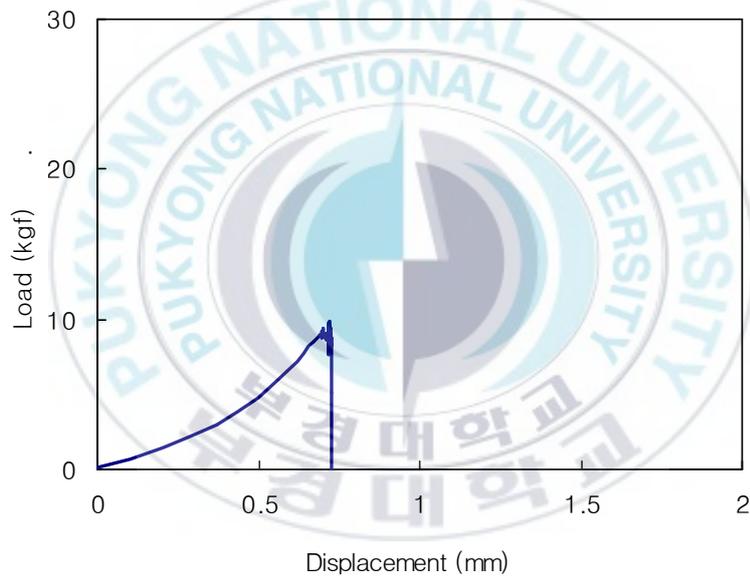


Fig. 6 The relationship between load and displacement at sample C.

4-3. 산소지수농도측정

4-3-1 합 판

본 연구에서 개발한 불연내장 시편 A, B, C와 함께 합판과 MDF를 난연성 실험항목으로 추가하였다. 그 이유는 과거 우리나라의 건축 내장제는 주로 합판을 많이 이용하여 왔으나, 산업화로 인하여 일반 상점과 음식점 등에서는 인테리어 미관을 보기 좋은 환경을 구축하기 위하여, MDF를 많이 이용하였다. 따라서 이러한 과거의 마감 내장재와 새로 개발한 시편과의 연소특성에 따른 차이를 알아보기 위하여 합판과 MDF를 추가로 실험 하였다. 본 실험에서는 먼저 합판과 MDF의 산소지수에 대한 결과와 고찰을 먼저 제시하겠다.

Table 4는 합판의 산소지수 값에 대한 결과를 나타낸 것으로 산소지수에 따라서 연소길이, 연소시간의 변화와 연소성에 대한 판정을 하였다. 먼저 일반대기중의 산소농도인 산소 21%에서부터 산소농도를 1%씩 올리면서 산소지수 값을 검토한 결과 산소농도 21~24%까지는 착화는 되었으나 연소가 진행되지 못하였고, 산소농도 25% 이상부터는 착화와 함께 연소가 진행되었다.

합판의 산소지수농도 측정에 있어서 특이한 점은 산소농도 24%미만에서는 연소가 어려웠던 합판재질의 시료가 산소농도 25%를 넘어가면서 완전히 연소하는 현상으로 나타났으며, 연소시간은 산소의 농도가 증가함에 따라서 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

이러한 결과물의 현상을 Photo 7의 A와 B에 나타내었으며, A는 산소농도 24% 이하에서 연소된 현상을 나타내었고, B는 산소농도 25%이상에서 산소지

수 측정기 내부에서 완전히 연소가 되는 과정을 나타내었다.

Fig. 7은 산소농도에 따른 화염전파길이를 나타낸 것으로, 산소농도 25% 이상에서는 화염의 전파길이가 시료의 길이인 120mm까지 완전히 연소하는 형태를 나타내었으며, 산소농도 24%이하에서는 산소농도에 따라서 미소한 증가가 있으나 큰 영향성을 나타내지는 못 하였다.

Fig. 8은 산소농도에 따른 화염전파시간을 나타낸 것으로 화염의 전파시간은 산소농도에 반비례해서 나타났다. 이것은 산소농도가 증가함에 따라서 가연성 고체의 산화력을 증대시켜 화염이 보다 빨리 이동할 수 있는 조건을 제공하였기 때문으로 사료된다.



Table 4 Result of oxygen index with plywood

산소농도	연소길이(mm)	연소시간(sec)	판 정
21	1.0	12	×
22	1.2	16	×
23	1.4	29	×
24	1.8	39	×
25	120	623	○
26	120	465	○
27	120	310	○

○: Combustion ×: Incombustibility



O.I. at 24%



O.I. at 25%

Photo 7 Combustion phenomena of plywood.

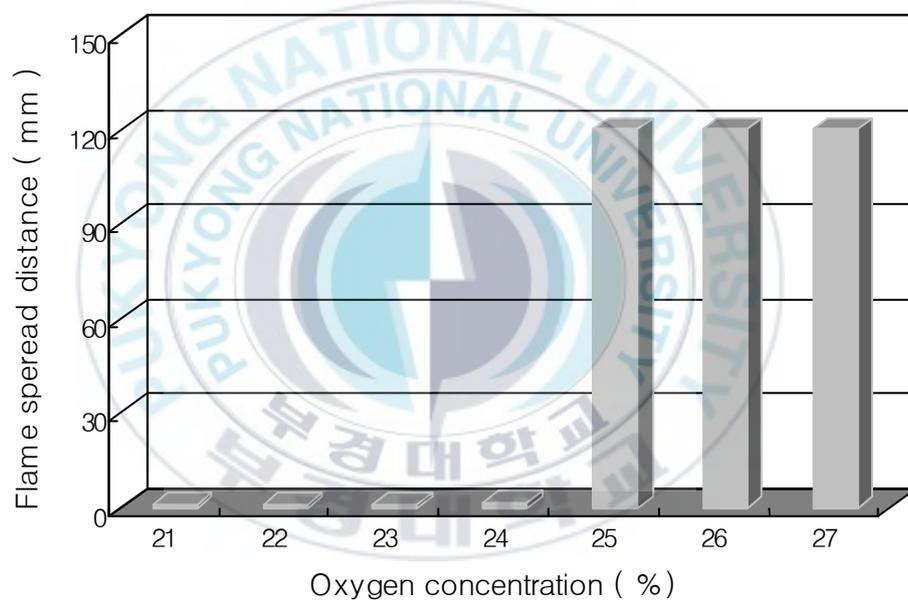


Fig. 7 Flame spread distance of plywood.

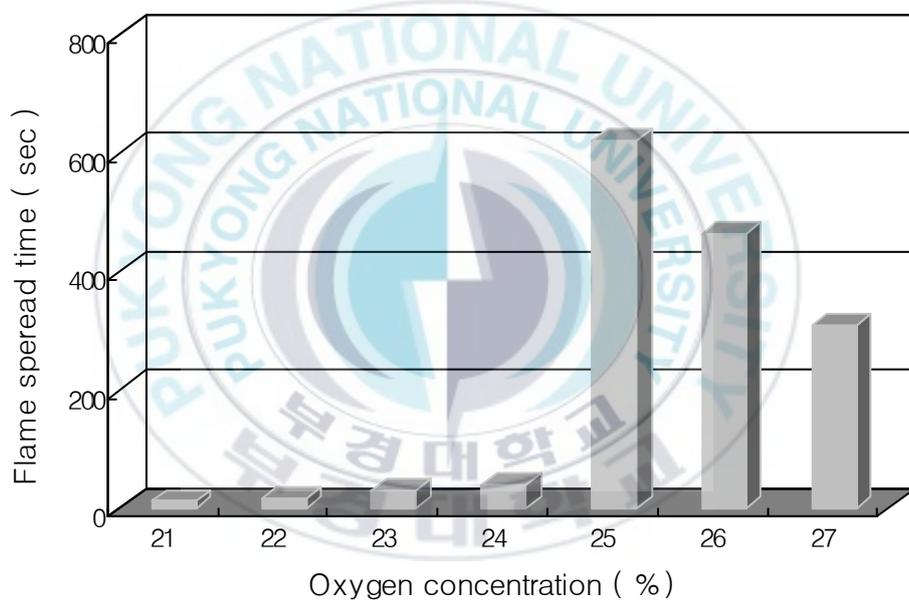


Fig. 8 Flame spread time of plywood.

4-3-2 MDF

목재를 잘게 쪼개어서 합성수지와 혼합하여 만들어진 MDF(medium density fiber)는 성형과정에서 고압으로 압축시켜서 만들어지기 때문에 일반 목재 가공품에 비해서 흡습성도 거의 없기 때문에 생활용품 중에서도 주방용품의 기본재료로 많이 사용되고 있다. 물론 이러한 MDF는 일반 목재보다 가격이 비싸지만 표면이 매끄럽고 일정한 형태의 가공성이 있기 때문에 건축내장재의 마감 장식 재료로 많이 사용된다. 따라서 본 연구에서는 현재에도 많이 사용되고 있는 MDF 재료의 연소특성을 파악함으로써 새로이 개발되는 시편과의 비교를 하고자 한다.

MDF시험에서 산소농도를 21%부터, 1%씩 증가시키면서 실험을 하였다. Table 5에는 MDF의 산소지수에 대한 결과를 나타내었다. 여기서 나타내어진 결과는 21%에서 25%까지는 착화시에 점화원과 접촉된 부위만 약간의 연소흔이 있을 뿐 연소의 현상이 전혀 일어나지 않아서 제외하고, 26%부터 나타난 연소흔에 대한 기록들을 나타내었다.

또한 산소농도 26%부터 29%까지는 화염전과길이 미세하게 증가하는 경향을 나타내었으나, 산소농도 30% 이상부터는 완전히 연소하는 것으로 나타났다. 따라서, 산소농도 29%까지는 전체 면적의 50%에 해당하는 연소가 일어나지 않았기 때문에 정상적인 연소로 판정 할 수 없었으며, 산소지수농도 점인 30%는 완전히 연소가 되었기 때문에 연소로 판정을 하였다.

Photo 8은 이러한 결과의 대표적인 형태인 산소농도 25%와 30%에서의 연

소상태를 나타내었다.

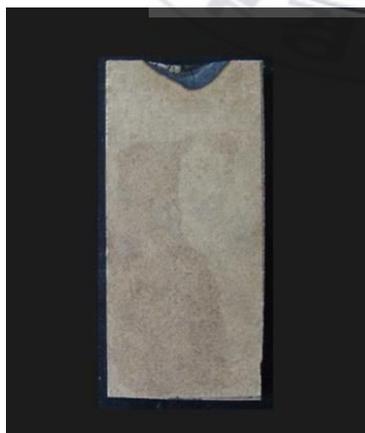
Fig. 9는 산소농도변화에 따른 화염전파길이의 결과 값들을 나타낸 것으로 산소농도 26%에서부터 산소농도가 증가할 수록 서서히 화염전파길이가 증가하다가, 산소농도 30% 이상에서부터는 최초로 착화되어 화염이 유지되면서 계속해서 연소하는 현상으로 나타났다.

Fig. 10은 산소농도의 증가에 따른 화염전파지속시간을 나타낸 것으로, 연소현상이 나타난 농도 26%에서부터 29%까지는 화염전파지속시간이 길어졌다. 이는 25% 이하에서는 연소가 되지않았던 것이 26%부터 연소의 현상을 나타내며 서서히 화염의 체류시간이 증가하였기 때문에 나타난 현상인 것으로 사료된다. 이 후 30%에서부터 31%, 32%로 산소농도가 증가함에 따라서 완전연소시간이 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 5 Result of oxygen index with MDF

산소농도	연소길이(mm)	연소시간(sec)	판 정
25	6.0	35	×
26	8.0	56	×
27	9.0	58	×
28	10.0	63	×
29	12.0	74	×
30	120	627	○
31	120	604	○
32	120	592	○

○: Combustion ×: Incombustibility



O.I. at 29%



O.I. at 30%

Photo 8 Combustion phenomena of MDF.

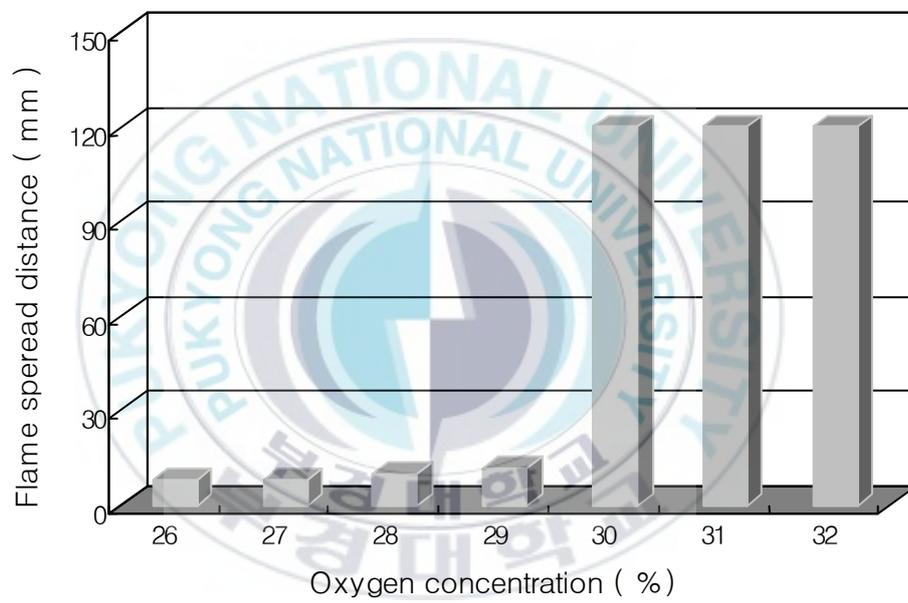


Fig. 9 Flame spread distance of MDF.

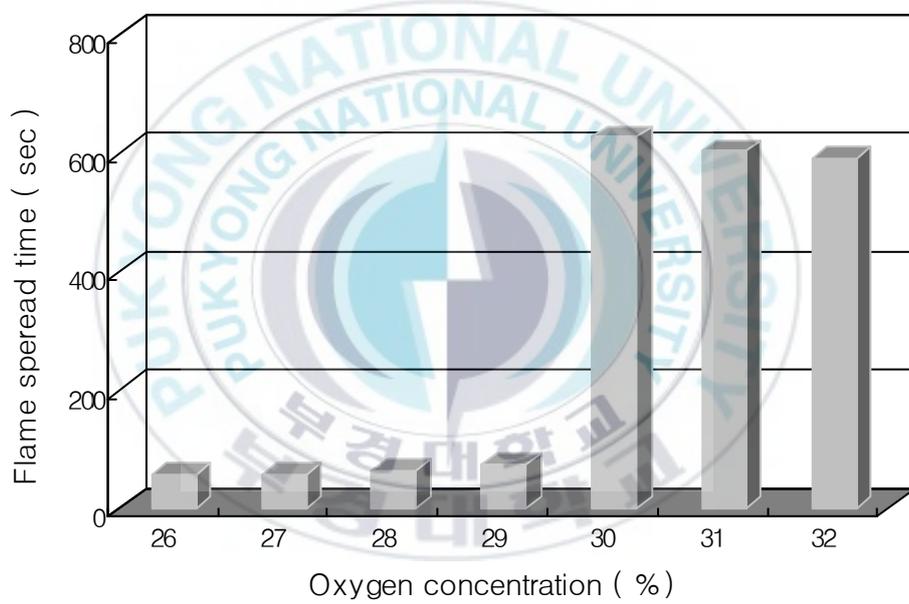


Fig. 10 Flame spread time of MDF.

4-3-3 시편 A

불연성 내장재료의 개발을 위하여 제작된 시편 A, B, C는 MDF와 같은 표면강도는 있으나, 비교적 가볍고, 화재시 인화되지 않는 특성이 있다. 따라서 산소지수 실험에 있어서 시편 A, B, C가 핵심이 되는 요소이며, 기존의 마감재와 다른 연소특성을 지니는 것을 나타내고, 시편 A, B, C 중 어떠한 배합으로 만들어진 재료가 더 방화성을 지니는 지에 대해 측정하였다.

Table 6에는 시편 A에 대한 실험 결과를 나타낸 것으로서, 이 시편은 Fine cell 10%, Zeolite 65%, Binder 25%의 혼합 비율로 제작되어진 것이다.

시편 A에 대한 실험에서는 산소농도 21%에서부터 50%까지 1%씩 농도를 증가시켜가면서 실험을 하였으나 착화가 되지 않았으며, 농도 60%에서 부터는 10%씩 농도를 변화시켜 가면서 산소지수농도를 측정하였다.

산소농도 60%, 70% 및 80%까지 거의 연소가 일어나지 않았지만, 농도 90%에서는 약 전체 면적의 10%에 해당하는 연소현상이 나타났다. 따라서 Photo 9의 A, B, C에는 각각 산소농도 80%, 85%, 90%에 대한 결과를 나타내었으며, 산소농도의 증가에 따라 연소면적이 확대 되는 현상이 나타났다.

Fig. 11은 산소농도변화에 따른 화염전과길이를 그래프로 나타낸 것으로 농도 60% 이상부터 착화가 시작되어 산소농도가 증가함에 따라서 나타난 현상을 나타내었다.

Fig. 12는 산소농도변화에 따른 화염전과지속시간을 나타낸 것으로, 농도의 증가에 따라서 화염전과지속시간이 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 화염이

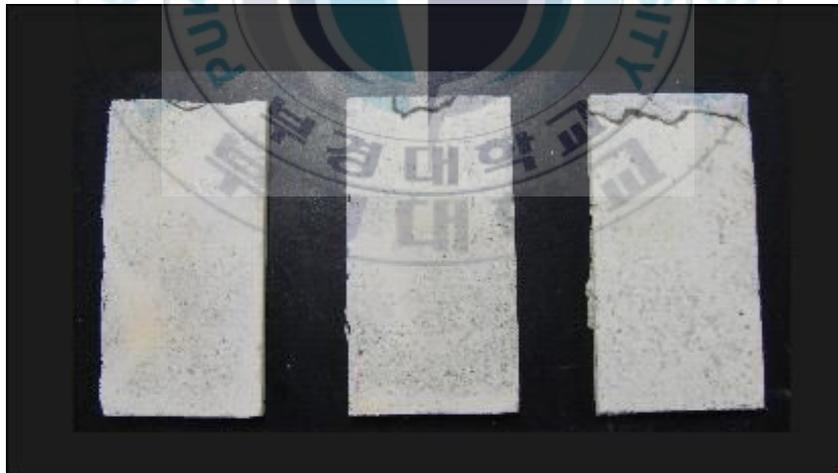
체류하는 시간을 나타낸 것으로 연소가 어려움 상태에서 고농도의 산소가 유입됨에 따라서 시료의 표면이 활성화되어 화염이 다소간 유지되었던 것으로 판단된다.



Table 6 Result of oxygen index with
sample A(Finecell 10% Zeolite 65% Binder 25%)

산소농도	연소길이(mm)	연소시간(sec)	판 정
60	1.0	1	×
70	1.0	1	×
80	1.5	3	×
85	3.0	5	×
90	10	20	×

○: Combustion ×: Incombustibility



O.I. at 80%

O.I. at 85%

O.I. at 90%

Photo 9 Combustion phenomena of sample A.

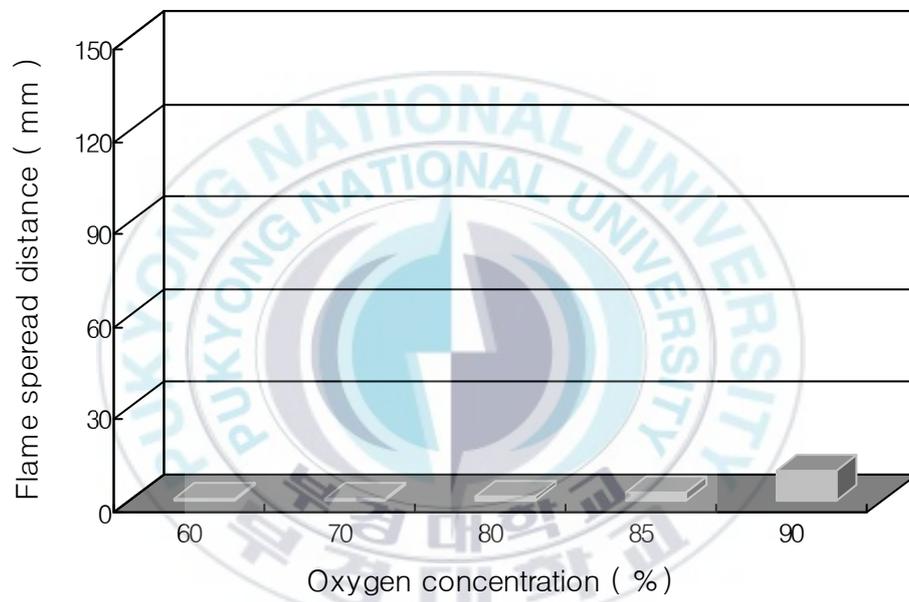


Fig. 11 Flame spread distance of sample A.

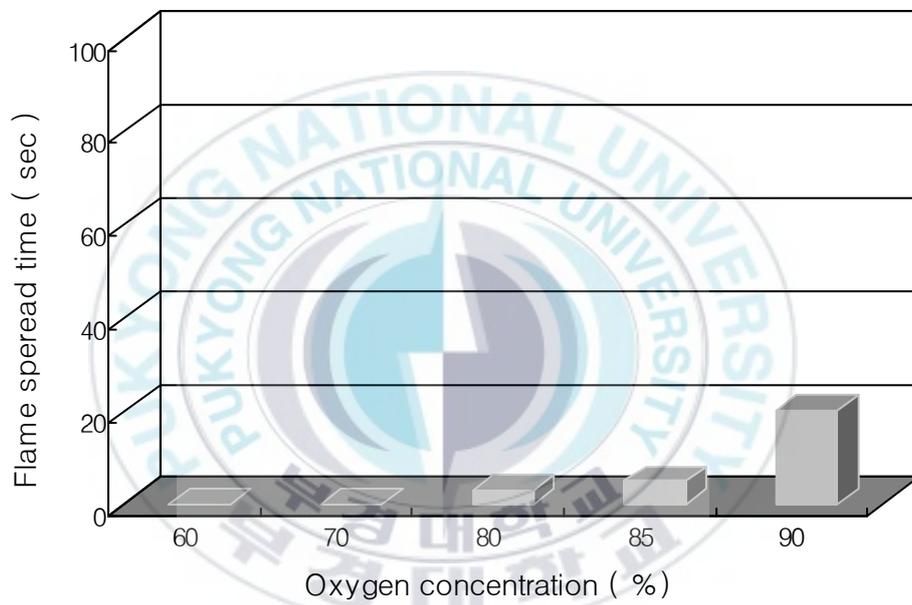


Fig. 12 Flame spread time of sample A.

4-3-4 시편 B

Finecell 12.5%, Zeolite 57.5%, Binder 30%의 혼합 비율로 제작되어진 시편 B의 산소지수농도에 관한 측정결과를 Table 7에 나타내었다. 시편 B에 대한 실험에서도 시편 A와 동일한 방법으로 농도 21%에서부터 50%까지 1%씩 농도를 증가시켜가면서 실험을 하였으나 아무런 착화성이 나타나지 않았서, 농도 60%에서 부터는 10%씩 농도를 변화시켜 가면서 산소지수농도를 측정하였다.

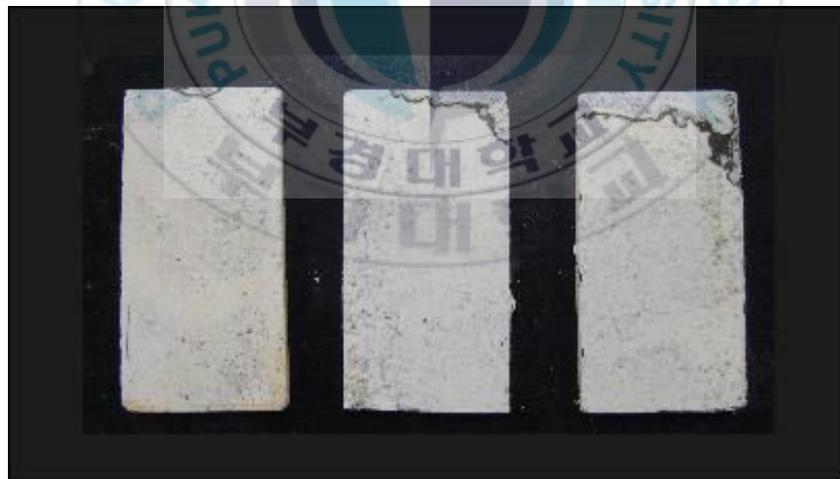
또한 산소농도 60%, 70%와 80%까지 거의 연소현상이 발생되지 못하다가, 농도 90%에서는 약 전체 면적의 12%에 해당하는 연소현상을 나타내었다. 따라서, 이중간 농도인 85%에 대하여 추가적인 행하였으며, Photo 10의 A, B, C에는 각각 농도 80%, 85%, 90%에 대한 결과를 나타내었으며, 농도 증가 따라 연소면적이 확대 되는 현상이 시편 A와 유사한 경향으로 나타났다.

Fig. 13과 Fig. 14는 산소농도변화에 따른 화염전과길이와 화염전과지속시간을 나타낸 것으로 농도 60% 이상부터 착화가 시작되어 농도가 증가함에 따라서 화염전과길이와 화염의 전과지속시간이 길어지는 현상을 나타내었다.

Table 7 Result of oxygen index with
sample B(Finecell 12.5% Zeolite 57.5% Binder 30%)

산소농도	연소길이(mm)	연소시간(sec)	판정
60	1.0	1	×
70	1.0	1	×
80	1.7	8	×
85	8.0	24	×
90	12.0	36	×

○: Combustion ×: Incombustibility



O.I. at 80% O.I. at 85% O.I. at 90%

Photo 10 Combustion phenomena of sample B.

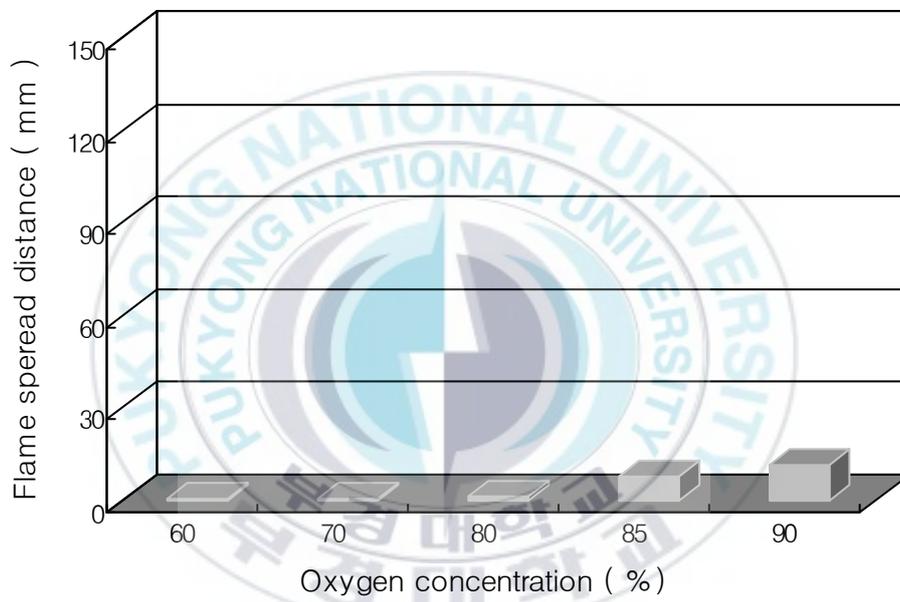


Fig. 13 Flame spread distance of sample B.

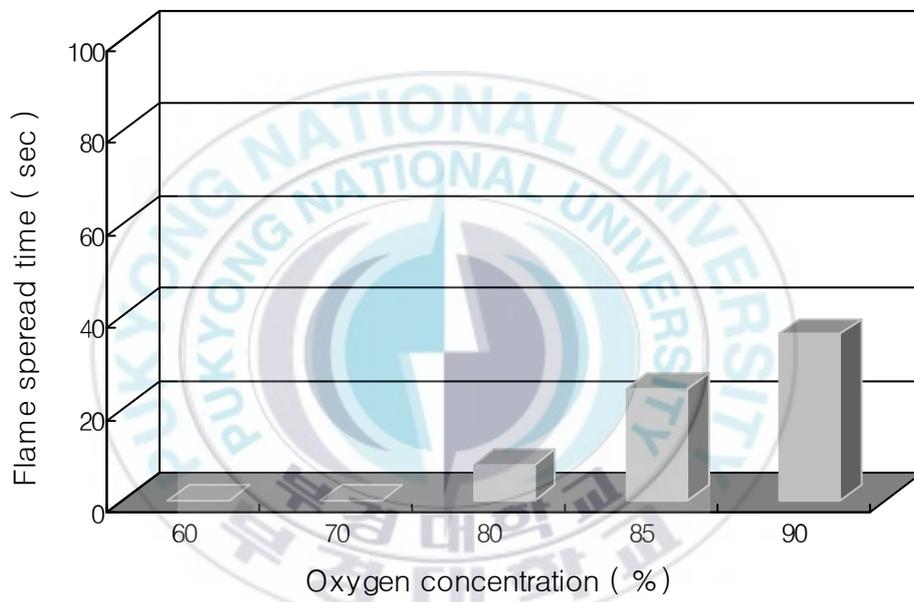


Fig. 14 Flame spread of sample B.

4-3-5 시편 C

시편 C의 경우는 Fine cell 15%, Zeolite 50%, Binder 35%의 혼합 비율로 제작되어진 것으로, 170°C, 10Kg/cm²으로 시편 A, B와 동일한 방법으로 조제되었으나, 연소성이 있는 Binder가 다소 많이 함유되어 있다.

Table 8은 시편 C에 대한 산소지수농도의 측정결과를 나타낸 것으로, 실험에 있어서는 시편 A, B와 동일한 방법으로 산소농도 21%에서부터 50%까지 1%씩 농도를 증가시켜가면서 실험을 하였으나 아무런 착화성이 나타나지 않았기 때문에 상대적으로 고농도인 농도 60%에서 부터는 10%씩 농도를 변화시켜 가면서 산소지수농도를 측정하였다. 또한 농도 60%, 70%와 80%까지 거의 연소현상이 발생되지 못하다가 농도 90%에서는 약 전체 면적의 60%에 해당하는 광범위한 연소현상을 나타내었다. 따라서, 이 중간 농도인 85%에 대하여 추가적인 실험을 행하였으며, Photo 11의 A, B, C에는 각각 산소농도 80%, 85%, 90%에 대한 결과를 나타내었다.

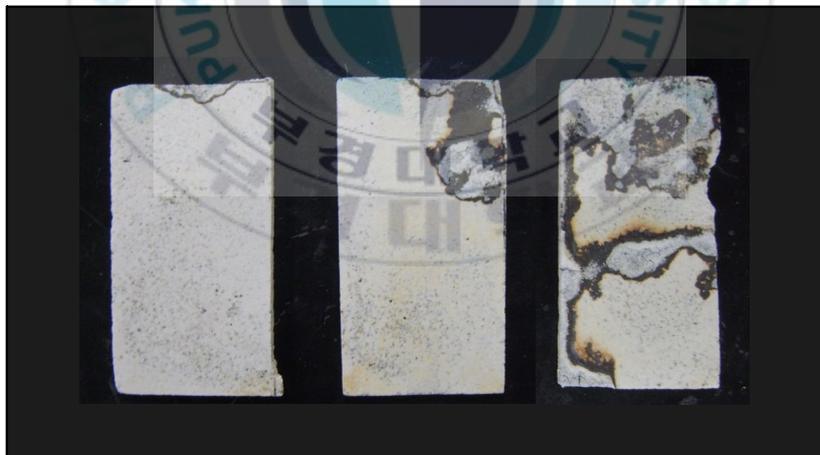
여기서 중요한 점은 시편 C는 시편 A, B와 달리 농도 90%에서 전체면적의 50% 이상이 연소되었으므로, 시편 C의 산소지수는 90%가 됨을 알 수 있었다.

Fig. 15와 Fig. 16은 산소농도변화에 따른 화염전과길이와 화염전과지속시간을 나타낸 것으로 농도 60% 이상부터 착화가 시작되어 농도가 증가함에 따라서 화염전과길이와 화염의 전과지속시간이 길어지는 현상을 나타내고 있다.

Table 8 Result of oxygen index with
sample C(Finecell 15% Zeolite 50% Binder 35%)

산소농도	연소길이(mm)	연소시간(sec)	판 정
60	1.5	4	×
70	1.8	5	×
80	2.0	10	×
85	18.0	36	×
90	60.0	75	○

○: Combustion ×: Incombustibility



O.I. at 80% O.I. at 85% O.I. at 90%

Photo 11 Combustion phenomena of sample C.

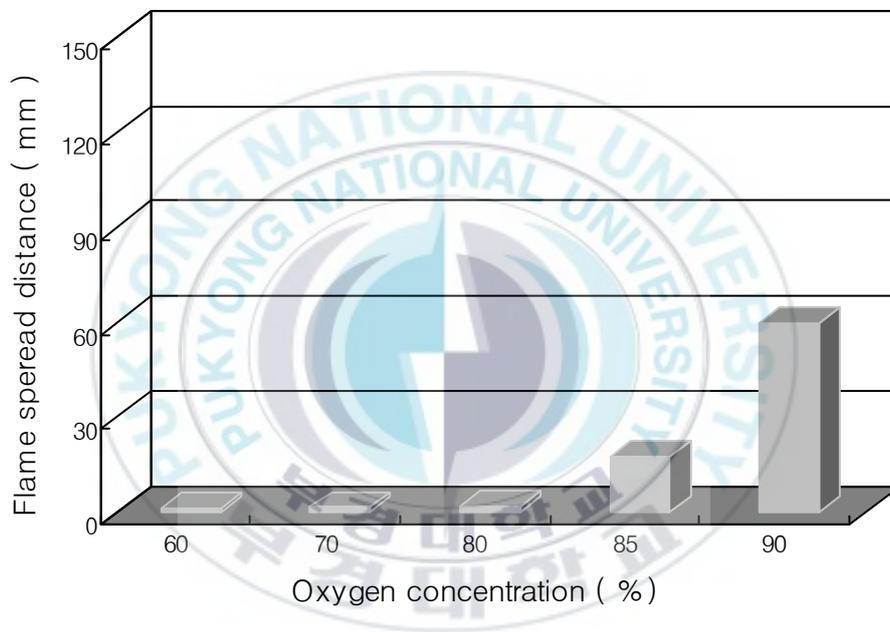


Fig. 15 Flame spread distance of sample C.

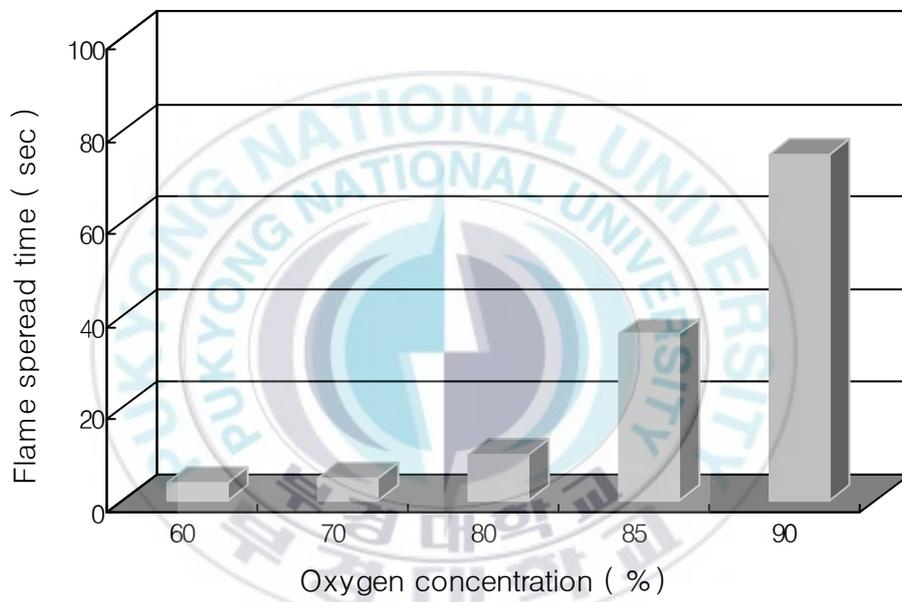


Fig. 16 Flame spread time of sample C.

4-3-6 산소지수농도에 의한 시험편 비교

합판, MDF 그리고 시편 A, B, C에 대한 산소지수를 측정한 결과를 Fig. 17에 나타내었다. 그 결과 시편 A, B는 본 연구의 실험범위인 산소농도 90%까지 실험을 하였으나, 연소되지 못하였으며, 화염의 지속시간도 비교적 적게 나타났다. 따라서 시편 A, B는 불연재료로 볼 수 있으며, 시편 C의 경우는 산소농도 90%에서 전체 면적의 약 60%에 해당하는 연소가 발생하였기 때문에 농도 21%에 해당하는 대기중에서는 불연성이나, 가혹한 조건에서는 연소가 될 수도 있으므로 난연성물질로 볼 수 있다.

이러한 제작된 시편들에 반해, 현재 건축 마감재로 사용되고 있는 MDF의 경우나, 과거 많이 사용되어졌던 합판의 경우는 산소지수농도를 측정한 결과 MDF가 산소농도 30%, 합판이 산소농도 25%에서 완전히 연소하는 것으로 나타났다. 따라서 새로이 제작되어진 시편의 경우 난연성에 있어서는 탁월한 효과가 있는 것으로 판단된다. 그러나 실용화에 있어서 보다 많은 연구가 뒷받침되어야 하며, 제품으로의 문제점들을 밝혀내어야 할 것이다.

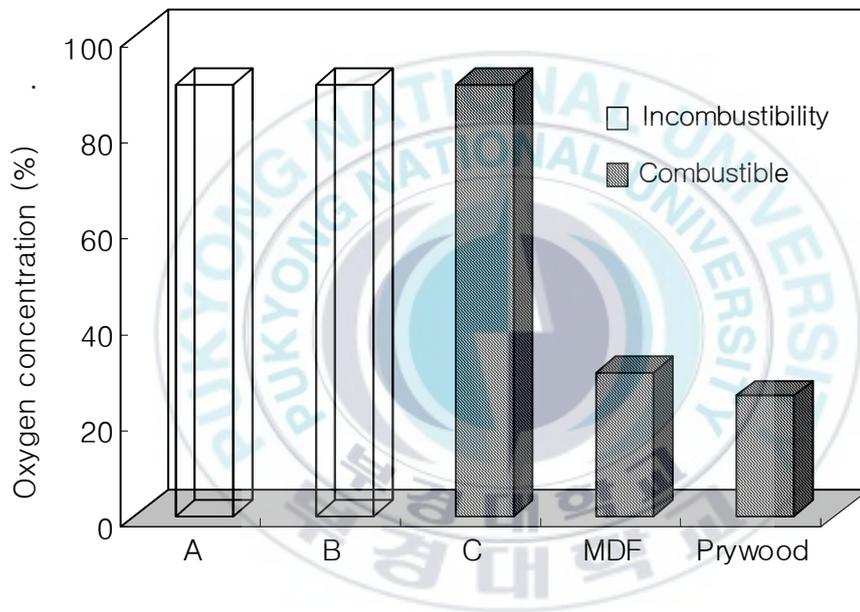


Fig. 17 Oxygen index concentration value of panel.

5. 결 론

산업사회의 발달과 더불어 더욱 고층화되는 아파트나 복합 건축물들은 화재시에 많은 인명피해를 발생시킨다. 따라서 기본적인 건축 마감재료를 불연화 시킴으로서 화재발생의 억제력뿐만 아니라 화재발생시에도 피해를 최소화 할 수 있는 대안이 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 마감재료의 개발단계로서 불연성 판넬을 제조하여, 하중에 따른 강도와 산소지수농도를 측정 하였으며, 보다 질 좋은 건축물 내장 마감재 개발에 이러한 결과들을 이용하고자 한다.

- 1) 시편제조에 있어서는 Finecell과 Zeolite 그리고 Binder를 이용하였으며, 170℃, 10Kg/cm²에서 시료를 제조하였다. 그 결과 시편 A (Finecell 10% Zeolite 65% Binder 25%), 시편 B (Finecell 12.5% Zeolite 57.5% Binder 30%), 시편 C (Finecell 15% Zeolite 50% Binder 35%)를 구하였다.
- 2) 제작된 시편 A,B 및 C 시편의 하중에 따른 강도를 측정한 결과 하중값은 각각 24.658kg_f, 15.538kg_f 및 9.869kg_f에서 파단되었다.
- 3) 시편 A, B, C와 합판 그리고 MDF에 대한 산소지수농도를 측정한 결과 시편 A와 B는 불연성으로 판명되었으며, 시편 C는 산소농도 90%에서 부분 연소하는 것으로 나타났다. 그리고 합판은 산소농도 25%, MDF는 산

소농도 30%에서 완전연소하는 것으로 나타났다.

- 4) 이러한 결과들로부터 새롭게 제조된 시편의 난연성이 아주 뛰어난 것으로 판명되었으며, 이중에서도 강도와 난연성의 측면을 종합해 볼 때 시편 A가 가장 뛰어난 것으로 판명되었다.



참고문헌

- 1) H. Demir, D. Balkose and S. Ulku, "Influence of surface modification of fillers and polymer on flammability and tensile behavior of polypropylene composites". Polym. Degrad. Stabil., Vol. 91, pp.1079~1085, 2006.
- 2) A.P. Mouritz, Z. Mathys and A.G. Gibson, "Heat release of polymer composites in fire", Composites Part a: Appl. Sci. Manufact., Vol.37, pp.1040~1054, 2006.
- 3) 김현주, "건축내장재의 연소특성에 관한연구" 강원대학교 방재기술전문대학학위논문, pp. 1~2, 2007.
- 4) 팔공신문 "대구지하철 방화참사 1주기 대구지하철 안전 진단" 2004-02-17 (<http://palgong.co.kr>).
- 5) 박상준, "폴리에스터 흡음재의 음향특성", 서울산업대학교 석사학위논문, pp.1~2, 2000.
- 6) 한국산업안전공단, "석면해체·제거작업시 작업환경 관리", 안전보건 제18권 제2호 통권 198호, pp.14~16, 2006.
- 7) 김길성, "천연 및 합성 제올라이트의 농약 흡·탈착 특성" 제주대학교 대학원, 학위논문, pp.5~9, 2001.
- 8) 서곤, "제올라이트의 첫걸음", 전남대학교출판부, pp.182~193, 2005.
- 9) 이용숙, "열경화성 플라스틱의 열분해에 관한 연구" 창원대학교 산업·정

- 보대학원, 학위논문, pp.1~2, 2005.
- 10) KS M 3032, “산소지수법에 의한 고분자 재료의 연소시험방법”, 1995.
 - 11) JIS K 7021, “酸素指數法による高分子材料の燃焼試験方法”, 1995.
 - 12)睦演洙, 崔載旭 全成均, “化學安全工學實驗”, 세종출판사, pp.149~150, 1997.
 - 13)곽정훈, “平織 CFRP複合材의 modeⅡ層間破壞 및 AE特性에 관한 研究”, 부경대학교 석사학위논문, pp.30~31, 2007.
 - 14) ASTM D-2863, “Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-like Combustion of Plastics”, 1991.
 - 15)이근원, 권오승, 하동명, “용접 불티 차단막의 방염 및 난연성능 평가” 한국화재·소방학회 Vol. 15, No. 2, p55, 2001.

A Study on the Incombustibility Panel Manufacture of Space Structure

Weon-Joo Kim

Dept. of Safety Engineering, Graduate School, Pukyong National University

Abstract

With the advancement of the industrial society, high-rise apartments building and complex buildings would cause a lot of damages to human lives in case of fire. Therefore, by making the basic building-finishing materials noncombustible, it is not only reduce the chance of a fire but also it can be an alternative in reducing the damage of fire. Therefore, in this study, by creating inflammable panels as the development stage, I have measured the strength under load, and oxygenation index, and I am planning to utilize these results for high-quality interior finishing materials. This research used the initial A, B, C, as developed finishing materials, plywood, and MDF to examine and compare. The results are as shown below.

- 1) To make sample that used Fine cell, Zeolite and Binder at 170°C,

10Kg/cm³. The result was sample A(Fine cell 10% Zeolite 65% Binder 25%), sample B(Fine cell 12.5% Zeolite 57.5% Binder 30%), sample C (Fine cell 15% Zeolite 50% Binder 35%) respectively.

2) As a result measured the strength of sample A, B, C by load. Sample A, B, C was 24.658kg_f, 15.538kg_f and 9.869kg_f respectively.

3) As a result measured Oxygen index of sample A, B, C and plywood ,MDF. Sample A, B was noncombustible. Sample C was partly combustible at oxygen concentration 90%. Plywood, MDF was completely combustible at 25%, 30% respectively.

4) According to the results in Strength and Oxygen index of sample A, B, C, the newly developed samples had great flammability. Among sample A, B, C, sample A was the best for Strength and flammability.

감사의 글

먼저 많이 부족한 저를 항상 관심과 격려로 의욕과 용기를 북돋아 주시며 연구의 시작부터 완성에 이르기까지 세심하게 이끌어 주신 최재욱 지도교수님께 깊은 감사의 마음을 전합니다. 그리고 논문 심사를 맡아 논리적 안목으로 부족한 점을 세심하게 지적해 주시고 조언해 주신 권오현 교수님, 이내우 교수님께 감사를 드리며, 학문의 부족함을 가르침으로 베풀어 주신 목연수 총장님, 박외철 교수님, 장성록 교수님, 이동훈 교수님, 이의주 교수님, 오창보 교수님께도 감사의 뜻을 전합니다.

본 논문을 위해 바쁘신 와중에도 많은 도움을 주신 임우섭 선생님과 윤유성 선생님, 강지웅 선생님, 고경찬 선생님, 배동철 선생님, 이종빈 선생님, 민철웅 형에게도 감사의 마음을 전하며, 바쁜 회사일에도 불구하고 많은 도움을 주었던 김태근 형, 그리고 실험할 때 옆에서 아낌없이 도움을 주었던 황윤한, 이성욱, 김명섭 그리고 지정훈, 이지원, 안수석, 김태영, 김진희, 권영섭 여러 후배들에게도 감사의 말을 전합니다.

부족한 대학원 생활동안 끝까지 사랑과 믿음으로 많은 힘이 되어준 우리 식구들(아버지, 어머니, 누나) 그리고 사랑하는 아내와 곧 태어날 우리 공주에게 미안하고 고맙고 사랑한다고 전하고 싶습니다.

2007년 12월

김 원 주