

# 목재표층의 물성개선을 위한 무기물 처리재의 물성

김건형, 오태경, 이원희  
(경북대학교 임산공학과)

## 1. 서론

목재는 가볍고 강도가 높고, 가공이 용이하며 전기나 열 등을 효율적으로 차단하는 성질을 나타낸다. 그러나 유기물이기 때문에 치수 불안정, 연소성, 부후 등의 단점도 동시에 가지고 있다. 따라서 이와 같은 단점을 개선시키기 위하여 다양한 목재의 개질처리 방법이 연구되어 왔다. 특히 목재의 무기화 처리는 침엽수 목재의 대표적인 결점인 표면경도의 개선, 연소, 치수안정화 등을 개량시킬 수 있는 방법이라고 할 수 있다. 따라서 목재의 가공 이용시 1차적인 무기물 처리는 최종가공에 앞서 가구용재로서 활용하기 위한 목재소재의 결점을 보완 및 개선시킬 수 있을 것이다.

한편, 무기물로서 숯은 목재를 수백, 수천도 이상의 고열에서 열분해하여 만들어진 물질로 우리나라에서는 2,600년 전부터 제작하여 사용한 것으로 추정한다. 이러한 숯은 공기정화, 습기와 냄새 흡착, 음이온 발산, 곰팡이 및 세균의 발생 방지 효과, 해충 퇴치효과, 보온 및 습도 조절효과 등 다양한 효과가 있다. 이러한 숯의 특성은 1g 당 표면적이 300m<sup>3</sup>이상의 엄청난 표면적을 가진 다공성물질임에 기인한다. 그리고 숯은 또한 원적외선을 방사하는 특성이 있는데, 원적외선은 햇빛과 같은 열원으로 혈액순환촉진, 신진대사촉진, 세포기능 활성화 등의 효과가 있다. 한편 전통적인 건축 재료인 황토 또한 원적외선을 다량 발산한다고 알려져 있고, 최근 사회적 문제가 되고 있는 새집증후군에 대처할 수 있는 재료이다.

따라서 본 연구는 무기물로서 액상규산나트륨을 처리한 가구소재로서의 기초 물성과 열적 성질의 변화에 대해서 조사하였으며, 또 다른 연구목적은 무기물인 숯과 황토 혼합물을 마루판에 함입시켜 발산되는 원적외선의 양을 측정하고, 이 혼합물이 함입된 목질판재의 가구용재로서의 활용을 위한 기초적 물성자료를 얻기 위해 실시되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 2-1 공시재료

실험에 사용된 목재는 밀도 0.42g/cm<sup>3</sup>, 함수율 10.1%, 평균 연륜폭 5.5mm인 잣나무(Pinus koraiensis)를 사용하였으며, 무기물 처리 약제로 액상규산나트륨(sodium Silicate : Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)을 50% 농도로 제조하여 실험에 사용하였다. 목탄과 황토목합 공시재료는 시판되고 있는 H사의 마루판으로 20±1℃, RH 65±5%의 항온항습실에서 2주일 이상 조습시킨 후 실험에 사용하였다. 원

적외선 방사율 측정실험에 사용된 마루판은 20 × 20mm 의 크기로 재단하였고, 물리적 특성실험에 사용된 마루판은 200 × 70 의 크기로 재단하였다. 숯(거여목초산업 제공, 참나무 숯)과 황토를 200mesh로 분쇄하여 5:5 의 체적비로 혼합한 후, 시편의 하부에 등근 톱으로 홈을 내어 합입하였다. 이때 숯과 황토 혼합물의 합입량은 표 1 과 같다.

<Table 1> Amount of mixture(Charcoal & Loess) in specimen.

Specimen type	Charcoal (g)	Loess (g)	Total amount of mixture (g)
Control	0	0	0
Type A	0.13	0.17	0.3
Type B	0.26	0.34	0.6
Type C	0.39	0.51	0.9
Type D	0.52	0.68	1.2

## 2-2 실험방법

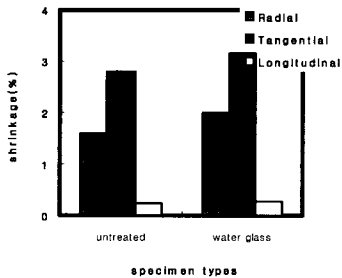
수축률 및 흡습성 실험은 한국표준시험방법인 KS F 2203, 22105에 준하여 실시하였다. 무기물 처리된 시험편을 향한 항습실(온도 20±1℃, 습도 65±5%)에서 조습처리하여 105℃ 건조기에서 전건시킨 후, 0.01mm정밀도로 측정하였다. 흡습성은 전체면에 대하여 측정하였으며, 조습처리된 시험편을 95% 상대습도로 조절된 데시케이터에 넣어 시간의 경과에 따른 질량을 측정하였다. 강도 실험은 만능강도시험기(Hounsfield test equipment Ltd, H50K-S)를 이용하여 휨강도와 압축강도를 측정하였다. 이때 휨강도 시험의 스펜(span)간격은 140mm이며, 휨강도와 압축강도의 하중속도는 3mm/min이었다. 브리넬경도 실험은 KS F 2212의 목재 경도 시험방법에 의거하여 직경의 크기가 10mm인 강구(steel ball), 압입깊이 1/π mm일때의 시험편의 접선단면에 가해지는 하중으로 계산하였다. 시험편의 heating 실험에는 회화로(Muffle Furnace)를 이용하였다. 가열온도는 각각 300℃, 400℃, 500℃의 온도조건하에서 실시하였으며, 중량측정 및 가열시간은 10분 간격으로 40분 동안 실행하였다. 원적외선 방사율 측정은 한국 건자재 시험 연구원에 의뢰하여 FT-IR (MIDAC사, M2410-C)을 사용하여 40℃에서 5에서 20 μm범위를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

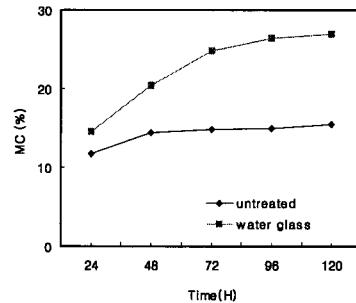
### 3-1 무기물 처리재의 수축률 및 흡습성

그림1에는 규산나트륨 처리시험편과 무처리 시험편의 수축률(%)을 나타내었다. 규산나트륨 처리재의 경우 수축률은 방사방향이 2.01, 접선방향이 3.16, 섬유방향이 0.27로 무처리재의 값보다 다소 높은 수축률을 나타내었다. 이는 규산나트륨이 건조되는 과정에서 발생한 bulking 현상 때문이 것으로 판단된다. 그림2에는 규산나트륨 처리 시험편의 흡습성을 나타내었다. 120시간 후

의 최종 흡수율은 무처리재 15.5%, 규산나트륨 처리 시험편이 28%로 무처리재보다 상당히 높은 흡습성을 나타내었다. 이는 목재에 침투된 나트륨의 높은 흡습성 때문인 것으로 생각된다.



〈Fig. 1〉 Shrinkage of the specimens.



〈Fig. 2〉 Vapor sorption amount of the specimens.

### 3-2 무기물 처리재의 기계적 성질의 변화

규산나트륨 처리로 인한 강도적 성질의 변화를 표1에 나타내었다. 무처리재와 비교하여 MOR는 4.8% 감소한 반면, MOE는 약간 증가하였고, 압축강도는 14% 정도 증가하였다. 경도는 규산나트륨 처리 시험편이 평균 2.1kgf/mm<sup>2</sup>으로 무처리재의 1.39, 2.1kgf/mm<sup>2</sup>에 비해 33.8%로 크게 증가하였다(그림3).

〈Table 2〉 Mechanical properties of each specimens.

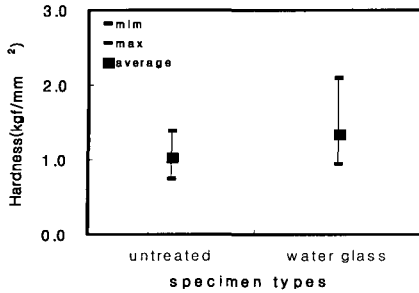
specimen types	WPG (%)	MOE (10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	compressive strength (kg/cm <sup>2</sup> )
Untreated	-	10.93	961.9	405.8
Water glass	5.1 (7.7*)	11.43	915.4	471.2

\* : WPG of compressive test specimens

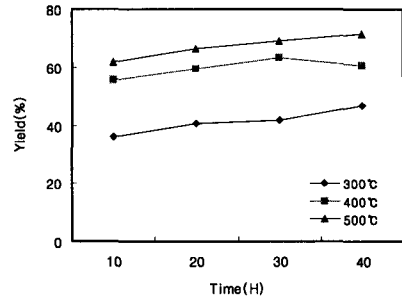
### 3-3 무기물 처리재의 가열온도에 따른 중량 변화

그림4에는 300℃, 400℃, 500℃에서 규산나트륨 처리재의 가열처리에 따른 중량 감소율을 나타내었다.

가열온도가 높을수록 중량의 감소는 현저히 증가하였으며, 가열 시간에 따른 중량의 변화는 초기 10분 이후부터는 미미하였다. 각 온도조건에서 최종 중량 감소율은 300℃, 400℃, 500℃에서 각각 46.6, 60.8, 71.6%를 나타내었다. 이는 무처리재의 69.7%, 97.5%, 98.2%의 감소율과 비교해 볼 때 상당히 높은 내열성을 나타냄을 알 수 있다.



〈Fig. 3〉 Hardness of the specimens.



〈Fig. 4〉 Changes of weight percent of specimens by heating.

### 3-4 함입된 숯과 황토의 양에 따른 원적외선 방사율

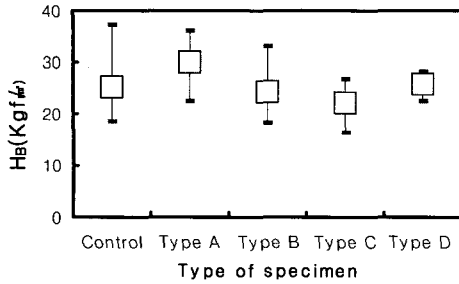
측정된 원적외선 방사율과 방사에너지는 표2에 나타내었다. 원적외선 방사율과 방사에너지는 control제와 가장 많은 양이 함입된 Type D와 비교시에도 그 양의 큰 차이가 1% 정도로 큰 차이가 없었다(그림 1~4). 그러나 혼합물의 양이 증가할수록 방사율과 방사에너지의 양은 정비례하게 증가하였다. 이것으로 미루어 볼 때, 숯과 황토의 혼합물이 함입된 마루판이 충분히 많은 양이 시공되면 원적외선의 방사량도 그만큼 커질 것으로 기대된다.

〈Table 3〉 FIR emissivity and FIR emission power of specimen at 40℃.

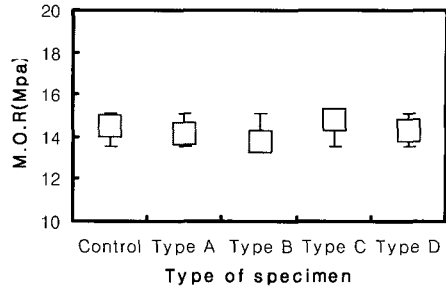
Type	FIR emissivity (5~20 $\mu$ m)	FIR emission power(W/m <sup>2</sup> )
Control	0.901	$3.63 \times 10^2$
Type A	0.904	$3.64 \times 10^2$
Type B	0.907	$3.66 \times 10^2$
Type C	0.910	$3.67 \times 10^2$
Type D	0.911	$3.68 \times 10^2$

### 3-5 함입된 숯과 황토의 양에 따른 마루판재의 표면경도와 휨강도

숯과 황토 혼합물의 양을 달리하여 마루판에 함입시킨 시편의 표면경도와 휨강도가 Figs.5-6에 나타내었다. 표면경도의 경우 Type A에서 가장 높은 평균값을 가지고 Type C에서 가장 낮은 평균값을 나타내었다. 그러나 control제와 다른 시편을 비교할 때, 혼합물의 양이 증가할수록 표면경도가 낮아지거나 높아지는 경향은 나타나지 않는다. 이것으로 유추해 볼 때, 혼합물의 함입량은 표면경도에 거의 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다. 휨강도의 경우 Type C에서 가장 높은 값을 나타내고 Type B에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 휨강도도 표면경도와 같이 Control제와 다른 시편을 비교할 때, 혼합물 양의 변화와 휨강도와의 유의성은 거의 나타나지 않았다. 따라서 휨강도 역시 혼합물의 함입량은 휨강도에 거의 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다.



〈Fig. 5〉 Hardness of surface by amount of mixture.



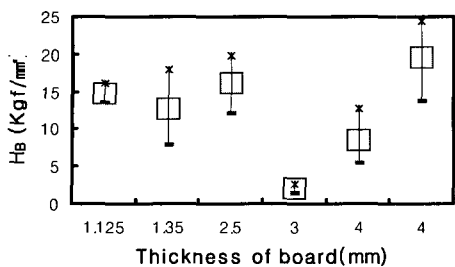
〈Fig. 6〉 MOR of specimens by amount of mixture.

### 3-6 시판중인 마루판재의 표면경도

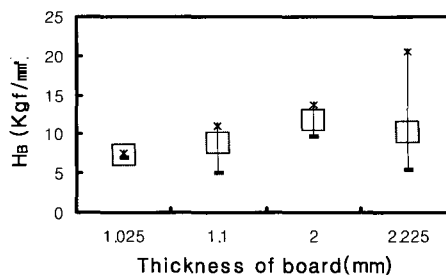
조습한 공시재료의 실험결과는 그림7~12과 같다. 모든 수종의 표면경도는 1~25 kgf/mm<sup>2</sup>내의 값을 나타내었고 평균적인 표면경도는 11.27kgf/mm<sup>2</sup>였다. 표판두께에 따른 Oak의 표면경도(Fig.1) 중 최고값은 4mm 두께에서 나타났지만 1~2mm 두께의 표면경도와와의 차이는 비교적 크지 않았다. 이에 비해 3mm의 표면경도는 가장 낮은 값을 가졌다. 이것으로 유추해 볼 때 Oak의 경우 표판두께와 표면경도의 상관관계는 크지 않다고 판단되었다. 두께에 따른 Maple의 표면경도(Fig.8)는 표판두께가 두꺼워질수록 높은 값을 가졌고 2 mm 두께에서 최고값을 가졌다. 하지만 2.225mm의 경우 1.1mm와 유사한 표면경도 값을 나타냈다. 표판두께에 따른 Cherry의 표면경도(Fig.9)에서 최고값은 1.2mm 두께에서 나타났고 표판두께가 증가할수록 오히려 표면경도가 낮아지는 경향을 보여준다. 이것은 Cherry의 경우 표판두께와 표면경도가 거의 연관성이 없다는 것을 나타낸다. 표판두께에 따른 Zelkova의 표면경도(Fig.10)에서 최고값은 1.1 mm의 값이었고 표판두께가 두꺼워질수록 표면경도가 높아지거나 낮아지는 경향은 없었다. 4개의 수종의 표면경도를 표판두께와 비교해 볼 때, Maple을 제외한 나머지 수종에서 표판두께와 표면경도의 관계는 거의 연관성이 없으므로 일반적인 두께(1mm)정도로 시공할 시 충분한 강도가 나타날 것이라 생각된다. 그림10와 11은 수종간의 경도차를 표판두께(2mm 이상과 이하)에 따라 나누어 비교한 결과로 2mm 이하의 두께의 경우 Cherry가 가장 높은 값을 나타내었고 2mm 이상의 경우 Oak가 가장 높은 값을 나타냄을 알 수 있다.

### 3-7 국산소재

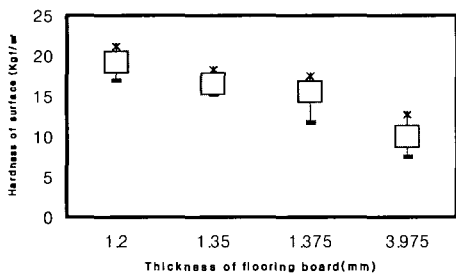
그림13~14은 현재 국내에서 자생중인 주요 수종의 표면경도를 나타낸 결과이다(국립산림과학원 연구결과). 표면경도는 1~3.6kgf/mm<sup>2</sup>의 값을 나타내었다. 이 값은 위에서 얻은 시판중인 마루판재의 표면경도보다 낮은 값이지만, 마루판의 경우 제조시 수회의 코팅작업을 하여 표면강도를 높인 상태이다. 따라서 직접적인 비교는 불가능하지만 강화마루 표판의 표면경도와 여기에 사용된 수종과 같은 수종의 표면경도를 비교하여 코팅후의 경도를 유추하면, 표판재로 사용하지 않는 수종의 사용가능 여부를 판단할 수 있다.



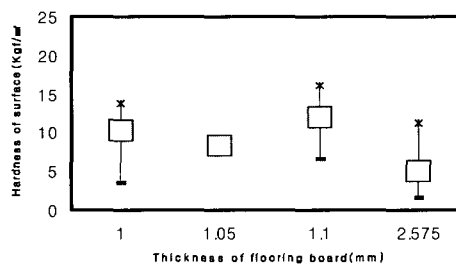
<Fig. 7> Hardness of surface by Thickness (Oak)



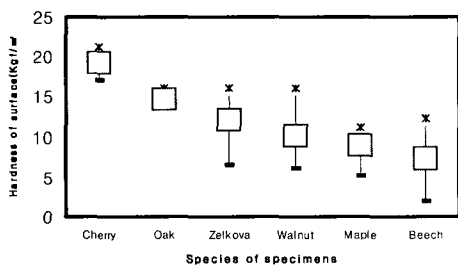
<Fig. 8> Hardness of surface by Thickness (Maple)



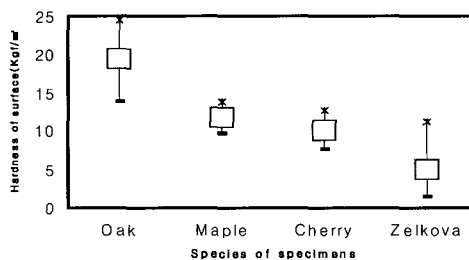
<Fig. 9> Hardness of surface by Thickness (Cherry)



<Fig. 10> Hardness of surface by Thickness (Zelkova)



<Fig. 11> Hardness of surface by Species (under 2 mm)



<Fig. 12> Hardness of surface by Species (over 2 mm)

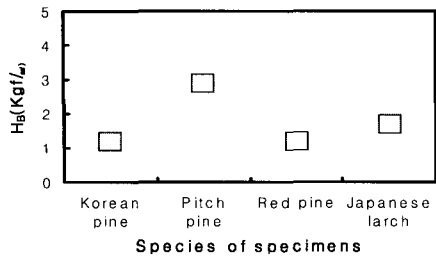


Fig. 13. Hardness of surface by species (Pinaceae)

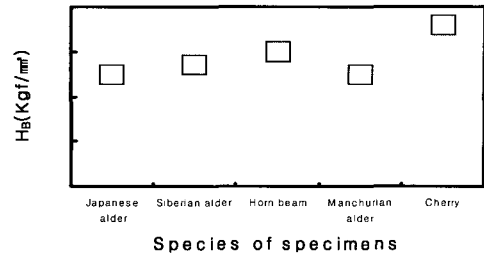


Fig. 14. Hardness of surface by species (Betulaceae)

### 감사의 글

본 연구는 농림부 시행 농림기술개발사업(2030099-3) “미세다공성 흡착소재에 의한 기능성 목탄소재 활용기술 개발“ 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.