

목질바닥재의 벽재사용에 따른 연소특성에 관한 연구

류 지 창, 최 철, 양 승 민, 이 창 구, 강 석 구[†]

충남대학교 환경소재공학과

A Study on Combustion Characteristic of the Using Wood Flooring as Wall Material

Ji Chang Yoo, Chul Choi, Sung Min Yang, Chang Goo Lee, Seog Goo Kang[†]

Department of Bio-based Materials, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

Abstract: Increasing concerns of environment need to make change furniture field to more environmentally friendly approach, such as reuse of by-products from wooden products. As it is, the methods of recycling wood for industrial purposes have the advantage of productivity and adaptability. However, the industrial way is required a certain production facility of processing wooden by-products and has possible hygienic problems due to contaminated sources. Many designers have developed their own methods for reuse of wood in unique and artistic ways. Even so, because of confined sources, it could be not enough supply. Therefore, I developed the design methodology utilizing wooden by-products from S Design Company to relieve former ways' problems. The design suggestion took materials from a safe and abundant source. The wooden leftover pieces were connected together with epoxy clay, so previous process traces of furniture are remained as a decorative factor. Moreover, the synthesized material was able to be processed by ordinary woodworking facilities without additional installations. In doing so, console table focused on a commercial purpose and dining table for an artistic objective were successfully fabricated as final suggestions. In consideration of the proposal using wooden furniture leftovers, diverse recycling designs should be investigated for future reference.

Keywords: flooring, fire resistance, fire retardant, wood flooring, combustion characteristic

1. 서 론

최근 신도시개발을 필두로 대형아파트의 신축과 노후된 주거시설의 재건축, 리모델링을 통해 바닥재시장은 점차 확대되고 있는 실정이며 이에 따른 바닥재 시장규모 또한 증가하고 있다(이 등 2008). 목질바닥재의 개발로 1990년 중반부터 목질바닥재

의 인기가 증가됨에 따라 기존 염화비닐수지바닥재의 사용률은 감소하고 목질바닥재의 사용률이 증가하여 마루판의 종류 또한 원목마루, 합판마루, 강화마루, 강마루 등 다양한 제품이 개발되었고 제품의 생산량 또한 증가하고 있는 실정이다(김 등 2002).

이와 더불어 최근 목질바닥재시장의 새로운 경향은 시공이 간단하고 구입이 용이한 장점으로 인해 그 이용범위가 바닥 뿐만이 아닌 벽의 인테리어재료와 건축물의 마감재로 확대되고 있다. 하지

2015년 12월 15일 접수; 2016년 1월 21일 수정; 2016년 1월 24일 게재확정

[†] 교신저자 : 강 석 구 (lachesis@cnu.ac.kr)

Table 1. The Structure of Wood Flooring according to the Basic Material and Surface Material

	Solid wood faced flooring	Veneer faced flooring	HPM faced flooring	Laminate flooring
Basic material		Plywood		High Density Fiberboard (HDF)
Surface material	Over 2 mm sliced veneer	0.5 mm sliced veneer	High Pressure Melamine sheet (HPM)	Low Pressure Melamine sheet (LPM)
Surface preparation		Coating		None

Table 2. Properties of Wood Flooring

Contents	Material	Density (kg/m ³)	Thickness (mm)
Wood flooring	Veneer faced flooring	613	7.51
	HPM faced flooring	690	7.55
	Laminate flooring	838	7.82
Basic material	Plywood	578	7.45
	High Density Fiberboard (HDF)	850	7.51
Surface material	High Pressure Melamine sheet (HPM)	·	0.56
	Low Pressure Melamine sheet (LPM)	·	0.16

만 목재를 주원료로 하는 목질바닥재는 돌, 타일과 같은 타 바닥재와 비교해 내화성이 좋지 않은 단점을 가지고 있으므로 국내 뿐만 아니라 해외에서도 이용의 안전성이 요구되는 상황이다. 따라서 각 국가별로 화재 위험성에 대한 법률을 제정하고 있으며 국내에서는 목재의 화재 위험성에 대한 기준을 소방법의 방염시험법과 건축법의 난연 시험법으로 나누어 규정하고 있다(이 등 2010).

법에서 규정하고 있는 연소특성에 관한 연구는 방염시험법의 경우 45도 방염성능시험기를 이용해서 측정하여 방염재료를 규정을 정하고 있으며 난연 시험법의 경우 KS F ISO 5660-1의 연소성능 시험법에 따라서 콘칼로리미터 시험기로 측정하여 준불연재료, 난연재료를 규정하고 있다. 상기의 시험법은 재료의 불꽃에 대한 저항능력과 화재 시 대피시간확보의 여부를 측정할 수 있고 화재의 예방과 피해를 줄일 수 있는 정도에 관해 규명할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 최근 벽재 등으로 사용되고 있는 목질바닥재의 종류별 연소특성을 분석하고 목질바닥재별로 각각의 기재와 표면재의 연소특성을 측정하여 목질바닥재의 연소원인과 연소특

성 개선방안 모색을 통해 목질바닥재의 이용범위 확대의 적합성을 평가하고자 한다.

2. 재료 및 방법

목질바닥재의 종류는 아래의 Table 1에 나타난 것과 같이 표면재 및 기재의 종류 등에 따라 구분되어지며 기재에 따라서는 합판을 사용하고 있는 종류와 고밀도섬유판을 사용하는 종류로 구분되고, 표면재의 종류에 따라 크게 LPM, HPM, 무늬목 및 단판을 사용하는 종류로 구분된다. 이러한 제품의 종류를 시중에서는 각각 원목마루, 합판마루, 강마루, 강화마루 등으로 구분한다.

특히, 표면재로 HPM과 LPM을 사용하는 경우에는 별도의 표면처리는 불필요하나 무늬목 및 단판의 경우에는 마루판으로 사용하기 위해 UV도장 등의 별도의 표면처리가 필요하다.

2.1. 공시재료

본 실험에 이용한 3종의 목질바닥재(합판마루, 강화마루, 강마루)는 P社 및 H社로부터 분양받은 시험편을 이용하여 연소성능을 측정하였다. 또한

Table 3. The Evaluation Categories of the Flammability Performance

Contents	Unit	Target
After flame time	sec	≥ 10
After glow time		≥ 30
Carbonized area	cm ²	≥ 50
Carbonized length	cm	≥ 20

**Fig. 1.** 45° flammability tester.

결과에 따른 원인을 파악하기 위하여 동일한 회사로부터 실제 마루판 제작에 사용한 합판과 HDF, 표면재인 HPM과 LPM을 각각 나누어서 분양받은 후 측정하였다. 이때 각 시험편의 물성은 Table 2와 같다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 방염성능 평가

방염성능 평가는 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제 20조 제2항의 규정 중 방염대상물품의 방염성능 기준에 의거하여 아래의 Table 3에서 나타난 바와 같이 잔염시간 및 잔신시간, 탄화면적 및 탄화길이 등을 평가하였다. 이때 이용된 시험편은 290 (W) × 190 (L) mm의 크기로 재단한 후 강제송풍식 건조기를 통해 40°C에서 24시간 이상 건조 처리한 것을 이용하였으며 아래 Fig. 1의 45° 방염시험기를 통해 65 mm의 불꽃이 선단 시험편 중앙하단에 고정한 후 2분간 각각 측정하였다.

2.2.2. 난연성능 평가

난연성능 평가는 KS F 5660-1 콘칼로리미터법의 기준에 의거하여 Fig. 2의 콘칼로리미터를 이용

Table 4. The Evaluation Categories of the Fire Retardant Performance

Contents	Unit	Target
Heat release rate (HRR)	kW/m ²	≥ 200
Total Heat release (THR)	MJ/m ²	≥ 8

**Fig. 2.** Cone calorimeter.

하여 열방출률(HRR) 및 총열방출량(THR)을 측정하였으며 성능 평가기준은 아래의 Table 4와 같이 실시하였다. 이때 이용된 시험편은 100 (W) × 100 (L) × 8 (T) mm의 치수인 것을 이용하였으며 온도 23°C 습도 50%의 조건에서 항온항습 처리한 것을 이용하여 50 kW/m²의 복사강도하에 5분간 측정하였다.

2.2.3. Density Profile 측정

2분간 탄화 시 마루판의 탄화깊이를 확인하기 위해 I社의 밀도측정기를 이용해 밀도를 측정하였다. 50 × 50 mm의 시험편을 이용하여 마루판과 탄화후의 마루판 밀도를 측정하여 탄화깊이를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 목질바닥재의 방염성능 평가

Fig. 3은 마루판의 종류별 방염시험 성능 평가 기준을 무차원화를 통해서 나타낸 그래프이다. 잔염시간, 잔신시간, 탄화길이는 3종의 목질바닥재 모두 방염성능평가 기준을 만족하였다. 탄화면적의 경우 합판마루의 탄화면적이 73.5 cm²로 방염성능 기준인 50 cm²를 초과하여 방염성능을 발현하지 않는 것으로 나타났다. 강마루 및 강화마루의

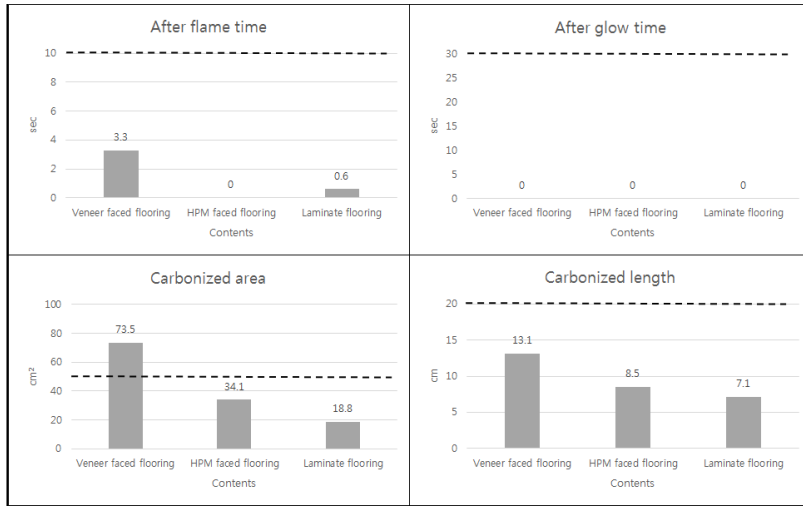


Fig. 3. The results of wood flooring flammability test.

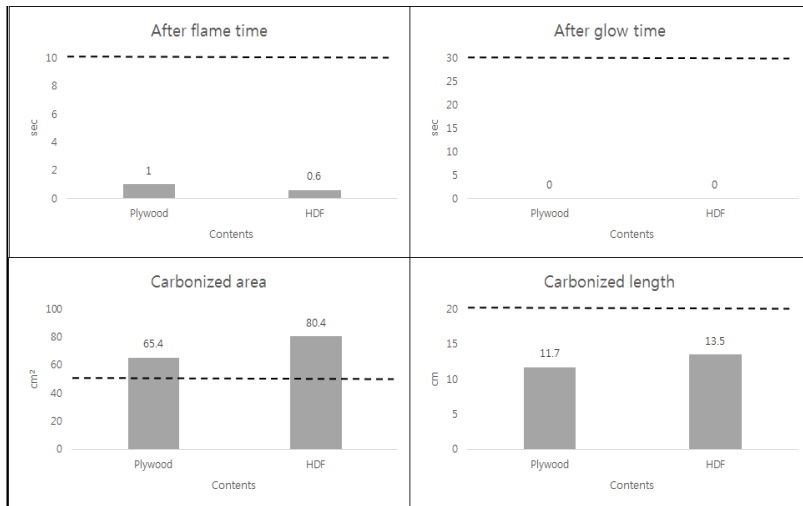


Fig. 4. The results of basic material flammability test.

경우 각각 34.1, 18.8 cm²로 본 성능평가 기준을 만족하는 것으로 나타났으며 이 중 강화마루가 가장 우수한 성능을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이는 (이 등 2008)이 보고한 강마루, 합판마루, 원목마루의 순으로 화재로부터 비교적 안전하다는 결과와 유사한 것으로 확인된다.

각 목질바닥재의 방염성능차이의 원인분석을 위해 목질바닥재의 기재와 표면재를 각각 나누어 방염성능을 측정하였다. 기재인 마루판용 합판과 마루판용 HDF의 방염성능 결과는 Fig. 4와 같다.

잔염시간, 잔신시간, 탄화길이는 합판과 HDF 두 종류 모두 방염성능평가 기준을 만족하였다. 탄화면적의 경우 합판의 탄화면적은 65.4 cm²이고 HDF의 경우 탄화면적이 80.4 cm²로 방염성능기준 50 cm²를 초과하여 방염성능기준에 적합하지 못했다. 가장 우수한 방염성능을 가진 강화마루의 기재인 HDF보다 방염성능이 없는 합판마루의 기재인 합판의 탄화면적이 더 좁은 것으로 보아 목질 바닥재의 방염성능은 기재에는 영향이 없는 것으로 판단된다.

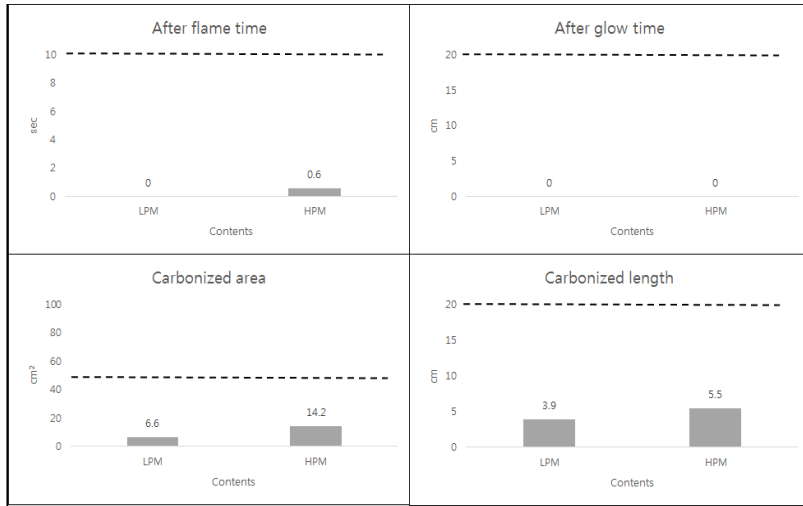


Fig. 5. The results of flammability test depend upon surface material types.

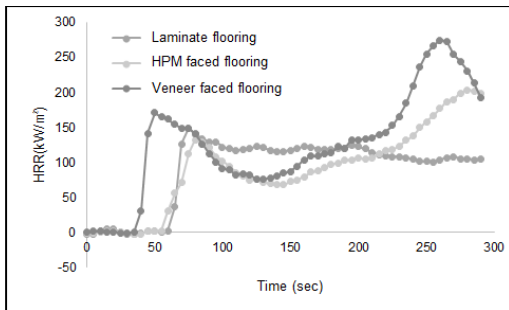


Fig. 6. The result of HRR test depend on flooring types.

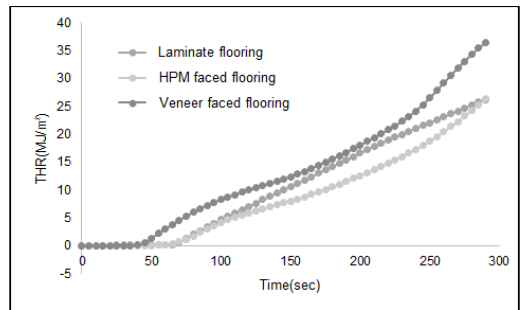


Fig. 7. The result of THR test depend on flooring types.

기존 마루판의 표면재인 LPM과 HPM의 방염 특성을 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 잔염시간, 잔신시간, 탄화면적, 탄화길이 모두 방염성능 평가기준을 만족하는 결과를 나타냈다. LPM과 HPM의 방염성능이 뛰어난 것으로 보아 마루판의 방염성능의 원인은 표면재의 종류에 따라서 영향이 큰 것으로 판단된다. 따라서 목질바닥재에 적용된 기재 간 차이에 비해 HPM 및 LPM 등과 같은 표면재료가 방염특성에 영향을 미치는 주요 원인임을 알 수 있었다.

3.2. 난연성능 평가

Fig. 6은 마루판의 종류별 열방출률을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 산림청고시에서 정하는 난

연성능 기준은 건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준의 난연재료등급에 따라 10초 이상 연속으로 200 kW/m²를 초과하지 않는 것을 기준으로 한다.

실험결과 합판마루와 강마루는 10초 이상 연속으로 200 kW/m²를 초과하여 성능기준에 부적합한 결과를 나타내었다. 그러나 강화마루는 10초 이상 200 kW/m²를 초과하지 않았으며 95초부터 안정된 열방출을 나타냈다.

Fig. 7는 기존 마루판의 총열방출량을 측정된 결과이다. 결과에 나타난 바와 같이 5분간 총방출열량이 8 MJ/m²를 기준으로 하는 규격에 비해 합판마루, 강마루, 강화마루 모두 난연성능 기준을 만족하지 못하는 결과를 나타냈다.

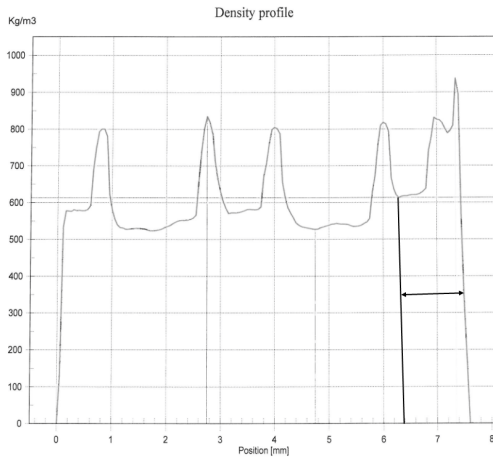


Fig. 8. Before flammability test.

이러한 결과는 Kim 등(2012)이 보고한 목질바닥재의 콘칼로리미터 실험의 열방출률과 총열방출량과 유사한 경향을 가지는 것으로 나타났으며 이를 통해 합판마루, 강화마루, 강마루는 난연성능은 없는 것으로 판단되며 이에 따라 건축물의 벽 마감재료로 사용할 시 유독가스와 화재의 확산에 취약할 것으로 판단된다.

3.3. 마루판의 밀도

Figs. 8, 9는 합판마루의 방염실험 전, 후의 두께방향의 연소효과를 분석하기 위하여 density profile을 이용해 변화를 측정한 결과이다. 그림에 나타난 바와 같이 전체 두께 7.5 mm 중 6.5 mm 부위부터 약 1 mm 구간이 방염성능실험에 의해 밀도가 감소되며 탄화가 된 것을 파악할 수 있었다. 이러한 결과로 미루어 보아 마루판에 방염성능을 부여하기 위해서는 표면 1 mm 구간의 방염처리가 매우 중요하다는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 국내에서 주로 사용하는 목질바닥재의 벽재사용에 따른 연소특성을 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 기존 목질바닥재의 방염성능은 표면재를 LPM으로 사용한 강화마루가 방염성능기준에 적

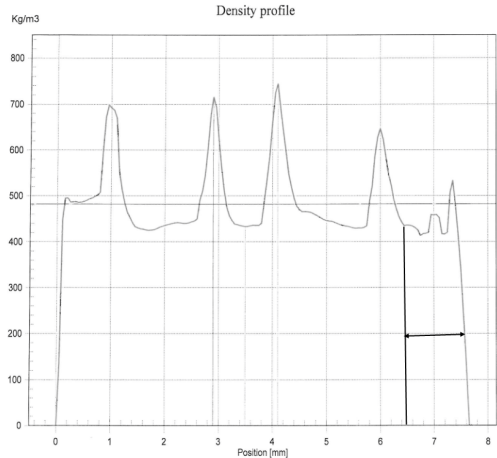


Fig. 9. After flammability test.

합함과 동시에 가장 우수했으며 표면재를 HPM으로 사용한 강마루 또한 방염성능기준에 적합한 성능을 가지고 있었다. 따라서 강화마루와 강마루는 벽재로서의 사용에 적합함을 알 수 있었다.

2. 그러나, 합판마루는 무늬목사용 및 도료에 의한 표면처리 등으로 인해 방염성능기준에 부합되지 않는 성능을 나타냈으며, 벽재로 이용범위 확대에는 부적합함을 알 수 있었다.

3. 이러한 목질바닥재별로 방염성능에 차이가 있는 이유는 기재로 사용되는 합판과 HDF 등의 역할보다는 표면재종류가 보다 영향함으로 알 수 있었으며, 이로 인해 표면으로부터 약 1 mm 구간 이내의 방염처리가 기준성능을 만족시킬 수 있는 방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

4. 또한, 목질바닥재의 콘칼로리미터를 이용한 난연성능시험결과, 모든 목질바닥재가 난연성능기준에 적합하지 않음을 알 수 있었고 이는 복합재료를 이용한 기재의 개발 및 표면재 및 표면처리 기술의 개량을 통해 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준(2012.9.20.시행).
김종인, 박종영, 이병후, 김현중. 2002. 온돌용 목질마루

- 판의 표면물성. 한국가구학회 13(1): 27-37.
- 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제 20조(2013.7.10.시행).
- 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제12조 (2013.3.23.시행).
- 이봉우, 이장원, 사공성호, 김희수, 이병호, 김현중. 2008. 건축용 바닥재의 연소성능 시험. 한국화재소방학회 22(2): 30-37.
- 조성오, 김용성. 2010. 실내건축관련 소방규정과 방염에 관한 연구, Journal of the Korean Institute of Interior design 19(3): 95-102.
- KS F ISO 5660-1. 2008. 연소성능시험-열방출, 연기발생, 질량감소율-제1부 : 열방출률(콘칼로리미터법).
- Junhyun Kim, Jeonghun Lee, Sumin Kim. 2012. Estimating the fire behavior of wood flooring using a cone calorimeter. J Therm Anal Calorim 110: 677-683.