

마루판용 합판의 단판 구성요소에 따른 변형 특성에 관한 연구*¹

피 덕 원*² · 강 석 구*^{2†}

A Study on Deflection Characteristics of Plywood for Wood Based Flooring by Veneer Composition *¹

Duck-Won Pi*² · Seog Goo Kang*^{2†}

요 약

1980년대 중반 이후 국내 생산이 시작된 온돌마루(이하 합판마루)는 종전의 주택용 바닥재(PVC 바닥재)의 대체재로서 일반 소비자들의 폭발적인 수요를 얻어왔다. 그러나 최근 마루판 산업은 건축경기 악화 및 산업 환경의 변화로 인한 수요의 감소와 그에 따른 생산율의 저하 등의 근본적인 문제점이 있다. 최근 마루판용 합판의 원재료로 주로 사용된 동남아산 수종의 고갈 및 변화로 인한 양질의 합판원재료 확보가 어려워졌다. 이에 대한 대응책으로 중국산 유칼립투스 단판을 부심판으로 제조한 복합합판의 마루판용 합판의 대체이용이 시도되고 있다. 본 연구에서는 유칼립투스 단판을 부심판으로 제조한 복합합판의 마루판용 합판의 원재료로서의 사용 가능성을 실험을 통해 비교분석하였으며, 모든 단판이 동남아산 Meranti로 구성된 합판을 대조군으로 설정했다. 변형에 영향을 미치는 인자로 단판 간 밀도차이와 합판의 밀도경사를 이용하였다. 본 연구의 실험결과는 다음과 같다. 1) 남양재 시험편은 병판의 밀도가 다른 단판의 밀도보다 큰 M자형의 밀도경사, 유칼립투스 시험편은 반대성향의 W자형의 밀도경사를 나타내었다. 2) 종류에 따른 마루판의 변형은 마루 가공 시험편이 합판상태로 가공을 한 경우보다 최소 0.1~최대 6.25 mm 적게 나타났으며, Density Profile 측정 결과 단판 간의 밀도차가 클수록 변형이 많이 발생하였다.

ABSTRACT

Since 1990's, a plywood for flooring base has gotten customers' demand. Costs of raw material and production increased because of changed environment of industry. Tropical timber such as Red Meranti (*Shorea acuminata*) used for raw material of the floor has been depleting beside

*¹ 접수 2012년 9월 19일, 채택 2013년 1월 19일

*² 충남대학교 환경소재공학과, Wood Based Composite Materials Research ChungNam National University 99 Daehakno, Yuseong-gu, Dae-jeon 305-764, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 강석구(e-mail: lachesis@cnu.ac.kr)

countries in South Eastern Asia changed species of afforestation. As a result, it gets hard to secure good quality of raw material for plywood. Moreover plywood price is increased suddenly after earthquake in Japan. Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) in china has been using for raw material as a countermeasure of changed environment of industry. In this study, possibility of using flooring consisted of Eucalyptus veneer as crossband layers was checked by deflection experiments. Flooring consisted of Red Meranti was used for comparison. Two factors which impact on deflection are a type of density gradient and density difference between Long-grain veneer and Short-grain veneer. Red Meranti samples are M type of density gradient on the other hand Eucalyptus samples are W type of density gradient. The more samples have high density difference, the more deformation was checked. A sample which has big density difference between core and cross bands layer warp more also deform. Flooring was deformed smaller than plywood and samples which have big density difference was deformed more.

Keywords: flooring, plywood, density gradient, deflection

1. 서 론

1960년대 PVC 바닥재로 출발한 국내의 주택용 바닥재 산업은 1980년대 중후반 최초의 온돌마루가 등장하였고, IMF가 끝난 2000년도에 들어서 주택의 고급화와 분양가 상한제로 아파트의 특판 시장에 목질 바닥재가 사용되며 건축 내장재 시장의 필수품목으로 비약적인 성장을 하였다. 그리고 2012년 현재 국내의 바닥재 시장규모는 PVC 바닥재 4,500억 원, 목질바닥재 4,000억 원 등으로 발표된 바 있다. 이러한 목질계 바닥재는 친환경성, 시공 편리성, 내구성 등을 강점으로 한 다양한 제품들이 생산되며 일반 소비자들의 수요를 끌어 내어왔다.

주택용 마루 바닥재의 필수적인 품질조건 중 가장 중요한 것은 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 한국 특유의 난방방식이며 고온에도 견디는 온돌 구조에서의 열에 의한 변형이며 두 번째는 표면의 내구성이고, 세 번째는 열전달에 의한 바닥 난방효율이다. 특히, 열에 의한 변형과 난방효율에 관한 문제는 매우 중요한 마루 바닥재의 구비조건인 것이다.

한국의 난방방식은 1960년대 이후 많은 변화를 겪어왔다. 본격적으로 건설되기 시작한 초기의 아파트는 서구식 주거형식인 입식 생활을 전제로 한 것이기에, 설계자들은 이에 따라 전통적인 생활양식과는 관

계없이 난방방식을 라디에이터(radiator) 방식으로 구성하였다. 그러나 입식 생활을 전제로 하는 소파, 침대, 식탁 등의 가구사용이 증가하는 경향에도 거주자들은 라디에이터 방식을 수용하지 않았고, 1980년대 중반 이후 아파트단지 조성과 더불어 변형된 '도시형 온돌 방식'이 전체 주택에 채용되는 현상으로 이어졌다. 이러한 한국의 마루는 온돌난방을 하지 않는 다른 나라들과는 기본적으로 요구되는 품질조건이 다르다. 한국의 온돌은 2008년 3월에 복사 냉난방 시스템에 ISO NP (신규작업항목 제안)로 채택됨으로써 '온돌의 국제표준화'를 굳히게 되었다. 이러한 영향으로 최근에는 독일, 오스트리아, 덴마크 등의 유럽에서 최근 짓고 있는 주거용 건물의 30~50%에 온돌바닥 난방방식의 구조를 설치하고 있어 에너지 소모가 적고 열효율이 우수하고 인체에 쾌적한 온돌바닥 난방의 전파속도가 매우 빠르게 전개되고 있다(姜 등, 2011).

한국의 난방방식의 차별화로 인해 바닥 난방구조에 사용하는 마루 바닥재의 열에 의한 변형 특성과 열효율은 매우 중요한 것이다. 이러한 열에 의한 변형에 가장 많은 영향을 주는 것은 무엇보다도 기재로 사용되고 있는 합판에 영향을 많이 받는다. 합판의 품질등급에 따라 바닥재의 변형과 열효율이 좌우된다 할 수 있는 것이다. 따라서 현재 합판마루 생산업

Table 1. Specification of Plywood

Layer of veneer	Sample 1 [Species/ thickness (mm)]	Sample 2 [Species/ thickness (mm)]
Long Grain (Face)	13	Red Meranti 1.1
Short Grain (Cross Band)	2.1	Eucalyptus 2.1
Long Grain (Core)	Red Meranti 13	Red Meranti 1.6
Short Grain (Cross Band)	2.1	Eucalyptus 2.1
Long Grain (Back)	13	Red Meranti 1.1

* The thickness of each veneer is based on composition thickness.
Finally, it made on 7.2~7.5 mm after hot/cold pressing and sanding process.

체의 측각은 합판 수급에 집중되어 있다. 국내에 사용되는 마루판용 합판은 주로 인도네시아, 말레이시아 등의 동남아로부터 대부분 수입되어지고 있으며 일부분이 국내 합판제조업체에서 합판용 단판을 수입하여 합판을 제조하는 형태를 유지하고 있다.

합판용 원자재인 단판과 수입합판의 가격 상승은 국제통화기금(IMF) 등에서 산림 황폐화를 초래하는 불법 벌목의 문제점을 제기하여 세계 최대 목재 수출국인 인도네시아가 2005년 하반기부터 불법적인 벌목에 대해 대대적인 단속을 하면서 비롯됐다. 또한 국내 합판의 대부분이 수입되는 동남아 지역의 원목 수급의 감소, 2010년 한국합판보드협회가 국내 합판 산업을 보호 및 육성을 위해 신청 후 실시되고 있는 말레이시아 산 합판의 반덤핑방지관세 부과로 인해 단판 및 합판의 가격이 상승하여 생산단가 또한 상승했다. 아울러 동남아에 주로 사용되었던 Meranti 수종은 점점 고갈되어가고 Oil Palm 등의 식재료 인해 점점 양질의 합판원재료 확보가 어려워지고 있다. 게다가 일본 동북부 대지진 이후 합판가격이 급등하고 있다. 지진으로 무너진 주택을 짓고, 임시주택을 짓는데 합판이 사용되어 인도네시아, 말레이시아의 합판을 일본이 대량구매하고 있어 마루 원자재인 합판가격이 급상승한 것이다. 이러한 업계 환경에 대응책으로 중국남부지방에서 조림수종으로 식재하고 있는 유칼립투스(*Eucalyptus globulus*)를 단판으로 제조하는 합판을 이용되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 기존의 온돌마루용 대판으로 주로 사용된 남양재 합판과 최근 동남아산 원재료의 수급 불안정 사태 때문에 대체 사용되는 중국산 유칼립투스 단판을 부심판으로 사용한 합판을 사용하여 단판

의 구성 밀도와 변형 간의 관계를 구명하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

2.1.1. 합판

본 연구에 사용된 공시재료로서 사용된 합판은 시중에 마루판용으로 유통되는 내수합판으로서 마루판 제조업체인 P사로부터 분양받아 사용하였다. 합판의 종류로는 5매 합판의 모든 단판 구성을 말레이시아 산 남양재(Red Meranti, *Shorea acuminata*)를 사용한 완전 내수합판(폐놀수지 사용 합판)과 최근에 국내에서 유통되고 있는 유칼립투스(*Eucalyptus globulus*)를 부심판으로 사용하고, 표판, 이판 및 심판은 남양재를 사용한 5매 합판으로 준내수 복합합판(멜라민수지 사용 합판)을 분양받아 대조군으로 사용하였으며 규격은 모두 1,220 × 2,440 × 7.2 mm이다. 5매 합판의 각 단판별 수종과 두께는 Table 1과 같다.

2.1.2. HPM

마루판용 표면재로 사용된 High pressure melamine sheet (HPM, 고압 멜라민 화장판)은 기재(파티클 보드, 합판 등)의 표면에 미장, 화장효과를 목적으로 접착한다. HPM의 구성은 위로부터 표면의 내마모성을 구현하기 위한 멜라민수지 함침 오버레이지와 멜라민 수지 함침 인쇄지, 그리고 치수를 보강할 수 있는 폐놀수지 함침 크라프트지를 순차적으로 적층하였으며, 제조조건은 고온(170°C), 고압(50 kgf/cm²) 조건하에서 열냉압 프레스를 이용하여 약



Fig. 1. GreCon 社の DAX5000.

90분의 Press Schedule로 가공하여 제조한 제품을 인천 소재의 Y사로부터 분양받아 사용하였고, 규격은 $1,230 \times 2,440 \times 0.45$ mm이었다.

2.1.3. HPL 적층 접착제

사용된 냉압 접착제로는 인천의 T사로부터 분양받은 고형분 60%의 습기 경화형 우레탄 접착제로서 주제는 PVA (Polyvinyl alcohol)를 사용하였고, Isocyanate 수지를 경화제로 사용하였으며, 혼합비는 주제와 경화제를 중량기준 9 : 1로 혼합하여 140 g/m^2 의 도포량을 적용하였다.

2.2. 마루의 제조

HPL과 합판의 접착작업은 상온 냉압법을 적용했으며, 이때의 조건은 1시간 동안 10 kgf/cm^2 의 압력을 가했고, 24시간 상온상태에서 양생하였다. 마루판의 가공은 ① 표면재와 기재의 접착 ② 두께 조정 및 back groove 공정 ③ 마루의 형상가공(Tongue & groove) 공정을 거쳐 가공하였다.

2.3. 물리적 성질 측정

2.3.1. 함수율 및 비중 측정

시험편의 함수율은 KS F 3101의 7.4 함수율 시험에 참고하여 3개를 채취하여 Oven Dry기에 시험편의 무게가 항량에 이를 때까지 보관 후 측정하였다.

사용된 마루에 사용된 단판의 비중을 확인하기 위한 방법으로 일반적으로 MDF 및 PB의 밀도경사를



Fig. 2. Example of heating panel test.

측정하는 데 사용하는 Fig. 1과 같은 Density Profile 설비를 서평택 소재의 K사의 협조를 구하여 측정하였다. 사용한 설비는 독일 GreCon 社の DAX5000을 이용하였고, 시험편의 규격은 50×50 mm의 크기로 재단 후 측정하였다.

2.3.2. 고온건조 조건에서의 변형 측정

한국의 겨울철 난방조건하에서의 마루판의 거동을 모의실험하기 위해 고온건조 조건에서의 변형을 측정하였다. 건조기 온도를 80°C 로 설정한 후 시간 경과 (24, 48, 72 시간)에 따른 치수의 변화와 길이방향의 굽음(Warp)을 측정하였다. 이때 시험편의 규격은 97×800 mm이었다.

2.3.3. 고온 다습 조건에서의 변형 측정

여름철의 고온다습조건을 모의실험하기 위해 평균 함수율 14~15%를 만족하는 조건(온도 = 50°C , RH 80%)을 설정한 후 시간 경과(24, 48, 72 시간)에 따른 치수의 변화와 길이방향의 굽음(Warp)을 측정하였다. 시험편의 규격은 97×800 mm이었다.

2.3.4. 실제 바닥 난방 조건에서의 변형 측정

각각 합판상태로 혀와 홈가공(Tongue & Groove)을 한 마루 시험편과 표면재를 접착한 후 마루의 형태로 가공한 시험편을 실제 난방 조건을 고려한 바닥 난방 조건에서 변형을 측정하였다. 바닥 난방 조건은 850×850 mm 규격의 Fig. 2와 같은 전기 온돌판넬을 사용하였으며, 바닥의 최대온도는 45°C 를 적용하

Table 2. Moisture content and density profile of sample

Species of cross bands layer		Density profile		Moisture content (%)
Red Meranti	Plywood	Face	350	6.61
		Crossband	520	
	Flooring	Core	360	
		Crossband	540	
Eucalyptus	Plywood	Back	370	7.03
		Face	560	
	Flooring	Crossband	310	
		Core	700	
Flooring	Crossband	330	8.05	
	Back	580		

Table 3. Density analysis

Type of processing	Species of cross bands layer	Average density of adhesive layer (kg/m ³)	Average density difference of close two layers (kg/m ³)
Plywood	Red Meranti	1,322	176.3
	Eucalyptus	898	305.3
Flooring	Red Meranti	1,379	177.3
	Eucalyptus	1,024	304.6

였다. 측정된 변형의 항목은 시공한 마루 간 틈새와 마루 간 높이차(이하 단차)를 측정하였다. 틈새는 두께 게이지(Mitutoyo 日, Thickness Gauge)를 사용하였으며, 단차를 깊이 게이지(Mitutoyo 日, Depth Gauge)를 사용하여 측정하였다.

2.4. 기계적 성질 측정

2.4.1. 인장전단 접착력 시험

사용한 합판의 인장전단 접착력 시험은 KS F 3101의 7.2 시험방법에 의거하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 함수율 및 비중 측정

각 시험편의 함수율과 Density Profile을 측정된 결과가 Table 2, Table 3과 같이 나타났다. 함수율은 KS 규격(13% 이하)을 만족했으며 가공형태별 차이

는 적었다. Density Profile 측정결과 접착제층 평균 밀도는 페놀수지를 사용한 남양재 시험편이 멜라민 수지를 사용하고 유칼립투스 부심판을 사용한 시험편 보다 높았고, 단판층 평균 밀도경사는 유칼립투스 부심판 시험편이 크게 나타났다. 또한 각각의 합판은 부심판의 수종 차이에 따라 Fig. 3과 같이 밀도경사의 형태 차이가 다르게 나타내었다. 남양재 시험편은 부심판의 밀도가 기타 단판의 밀도보다 높은 M자형, 유칼립투스 시험편은 부심판의 밀도가 기타 단판의 밀도보다 낮은 W자형을 나타내었다.

3.2. 고온 건조 조건에서의 변형 측정

고온 건조 조건(80°C)에서의 길이변화를 일컫는 선수축률(Linear shrinkage)의 실험결과와 Fig. 4의 결과와 같이 표면재를 접착한 마루 시험편의 경우에는 부심판에 사용된 단판 수종간의 차이가 작았고 합판 시험편이 마루 시험편보다 높은 수축률을 나타냈다. 이는 표면재로 사용된 HPM층의 냉압접착을 통

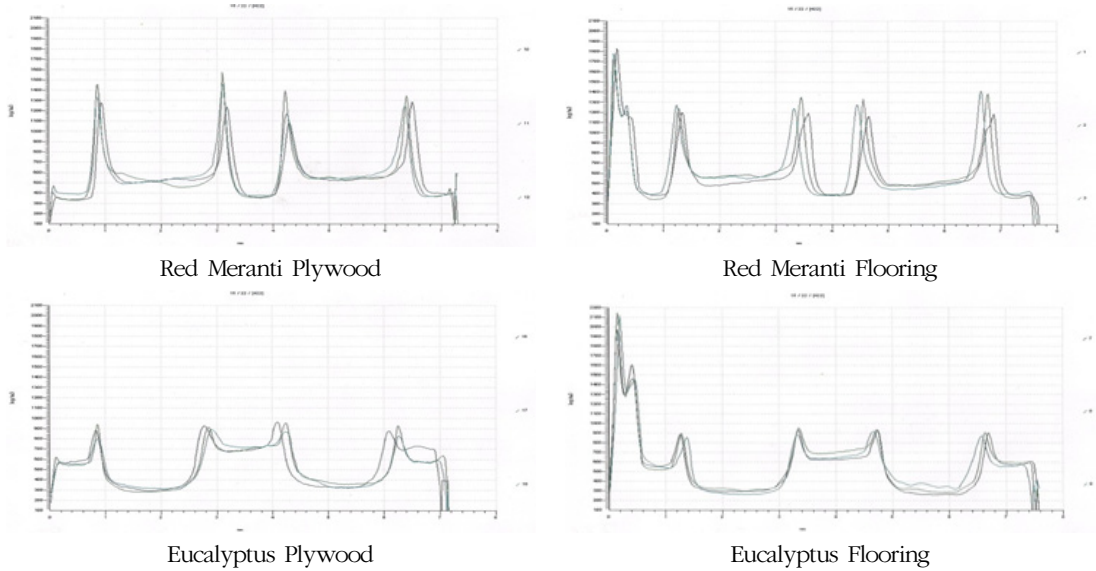


Fig. 3. Density profile of red meranti and eucalyptus sample.

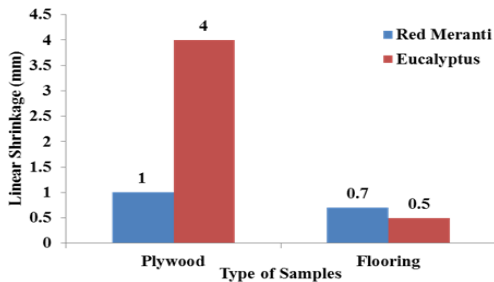


Fig. 4. The result of linear shrinkage test under dry condition at high temperature.

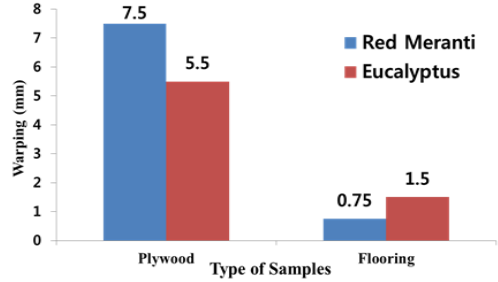


Fig. 5. The result of warping test under dry condition at high temperature.

해 역방향으로 수축하려는 응력을 상쇄하는 반작용이 작용하여 내부응력의 구조가 합판 시험편과는 다르게 변형을 방지하는 역할을 하기 때문에 판단된다.

부심판에 사용된 단판 수종차이에 따른 선수축률 실험결과는 합판 시험편의 경우 유칼립투스 부심판 마루 시험편이 남양재 부심판 마루 시험편보다 약 4 배의 수축률을 나타내었다. 이는 W자형 밀도경사이며 단판 간 밀도차이가 작은 남양재 시험편은 부심판이 밀도가 높고 길이변화의 방향이 달라 잔여 단판의 길이변화를 상쇄시키는 반면, M자형 밀도경사이며 단판 간 밀도차이가 큰 유칼립투스 부심판 시험편의

경우 길이변화의 방향이 다르고 부심판의 밀도가 잔여 단판의 밀도보다 낮아 잔여 단판의 길이변화를 상쇄시키는 양이 남양재 부심판 시험편보다 작아 상대적으로 길이변화가 크게 나타났다.

가공제품의 길이방향 굽음 변화(Fig. 5)는 선수축률(Fig. 4)과 달리 남양재 합판 시험편의 결과 값이 큰 것을 알 수 있다. 이러한 현상의 원인을 목재의 3 방향(섬유방향, 접선방향, 방사방향)에 따른 수축률의 차이로 확인할 수 있다. 비중이 낮으며 Long grain을 지닌 단판은 섬유방향으로 수축하는 반면 비중이 높으며 Short grain을 지닌 단판은 접선방향으로 수축

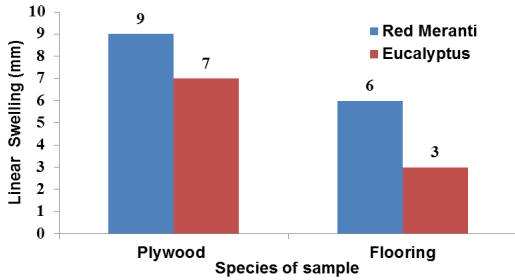


Fig. 6. The result of linear swelling test under high temperature & humidity condition.

하는데 고밀도의 접선방향으로 수축하는 부심판의 수축이 상대적으로 많으므로 남양재 합판 가공품의 섬유방향 굽음 변화량이 많은 것으로 판단된다.

3.3. 고온 다습 조건에서의 변형 측정

고온 다습 조건(30°C, RH 85% ; EMC 14.5%)에서의 길이변화를 일컫는 선팽윤률(Linear swelling)의 실험결과는 실험결과 Fig. 6과 같이 나타났다.

선팽윤률과 굽음 변화는 고온 건조 조건의 선수축률과는 달리 단판 간 밀도 경사보다는 수종의 친수성과 관련 있는 것으로 판단된다. 그 원인으로는 5% 이상의 수분은 흡착 또는 탈착되는 수분의 용적만큼 목재가 팽윤 또는 수축하기 때문이다. 팽윤률은 마루 가공을 하면 개선되었는데 이는 고온 건조 조건의 선수축률과 같은 원리로 표면재로 사용된 HPM층의 내압접착을 통해 역방향으로 수축하려는 응력을 상쇄하는 반작용이 작용하여 내부응력의 구조가 합판 시험편과는 다르기 때문으로 판단된다. 따라서 합판 시험편과 구별되는 내부응력의 구조는 변형을 방지하는 역할을 하는 것으로 판단된다.

3.4. 실제 바닥 난방 조건에서의 변형 측정

각각의 마루 시험편을 전기 온돌판넬에 바닥과의 균일한 접착조건(접착제 도포량, 두께 등) 조성을 목적으로 3M 社의 양면테이프를 사용하여 시공한 후에 난방조건하에서의 틈새 측정 결과, 부심판판의 종류에 관계없이 4일차에 최대 0.5~0.6 mm의 틈새를

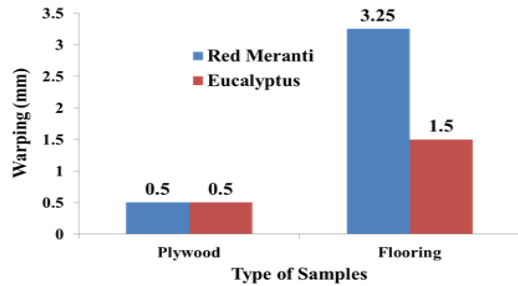


Fig. 7. The result of warping test under high temperature & humidity condition.

나타내는 결과를 얻었다. 그리고 병판의 수종에 관계 없이 표면재를 접착한 마루 시험편이 마루 간 틈새가 좁았고 상대적으로 유칼립투스 부심판 시험편이 남양재 부심판 시험편보다 마루 간 틈새가 넓었다. 시공 후 난방에 따른 단차발생의 경시변화에 있어서도 유칼립투스 부심판 시험편이 작은 단차발생을 나타냈다. 그러나 표면재의 유무에 따른 단차 결과는 표면재를 접착한 마루 시험편의 값이 컸는데 이는 마루에 접착된 HPM층이 갖는 응력이 바닥과의 접착력보다 강하므로 표면재 없이 합판만을 이용한 시험편보다 단차발생이 많이 발생하였다.

3.5. 인장전단접착력 시험

내수 및 비내수 인장 전단 접착력 시험결과는 Figs. 9, 10과 같았다. 실험결과 내수 및 비내수 인장 전단 접착력 모두 KS규격(0.7 N/mm² 이상)을 만족시켰으며, 유칼립투스 부심판 합판이 남양재 부심판 합판에 비해 비내수 실험의 경우 31%, 내수 실험의 경우 43% 낮은 결과를 나타내었다(비내수 실험의 경우 0.5% 범위, 내수 실험의 경우 0.1% 범위 내에서 유의수준이 인정되었다.). 이는 5년 미만의 조립수종인 유칼립투스 단판의 낮은 비중이 남양재 단판보다 인성(靱性)이 나쁜 것이 원인으로 판단된다. 또한, 수종별 비내수 실험과 내수 실험 간의 접착력의 비교 또한 남양재를 부심판으로 제조한 합판의 경우 비내수 실험 대비 95% 수준의 내수 인장 전단 접착력을 나타낸 것과 달리 유칼립투스 단판을 부심판으로 사용한 경우, 상대적으로 낮은 79%의 내수 인장 접착

마루판용 합판의 단판 구성요소에 따른 변형 특성에 관한 연구

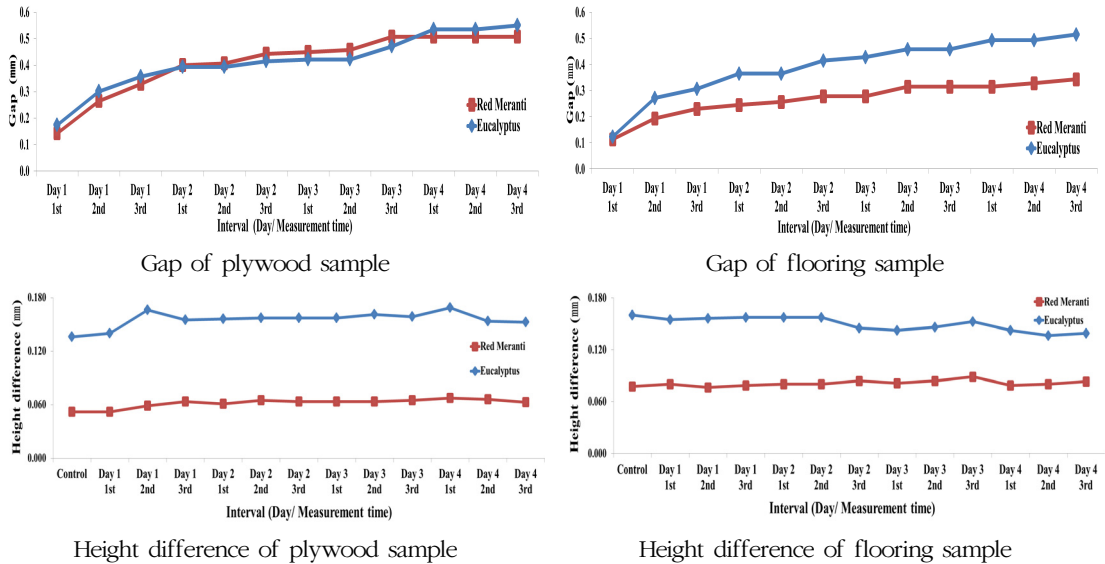


Fig. 8. Deformation of red meranti & eucalyptus sample on heating panel.

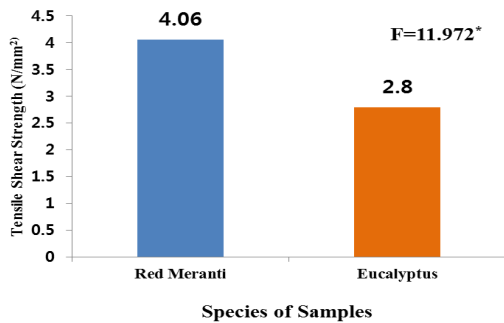


Fig. 9. Tensile-shear strength under dry condition.

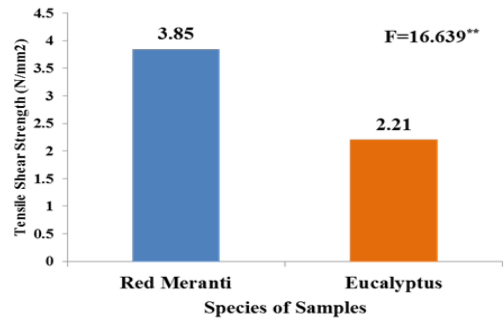


Fig. 10. Tensile-shear strength under wet condition.

력을 나타내었다.

4. 결 론

부심판(병판, Cross band)의 수종을 다르게 조성한 온돌마루판용 합판을 마루 가공품, 합판 가공품으로 제작한 후 온돌마루에 물리적 변화가 일어나는 여름, 겨울의 조건에서의 변화 측정과 바닥 난방 조건에서의 변형을 측정하여 마루판의 기재인 합판의 단판 구성과 마루판의 물리적 성질 간의 상관관계를 구명하고자 실시하였다.

실험결과를 토대로 다음과 같은 결론을 얻어 낼 수 있었다.

1. Density Profile 측정결과 남양재 가공품은 부심판의 밀도가 기타 단판의 밀도보다 높은 M자형, 유칼립투스 가공품은 부심판의 밀도가 기타 단판의 밀도보다 낮은 W자형을 나타내어 각각의 합판은 부심판의 수종 차이에 따라 밀도경사의 유형이 다르게 나타났다.

2. 변형은 마루 가공을 하였을 때 개선됐으며, 길이방향 변형은 사용 환경에 따라 발생 원인이 달랐고 난방효과에 따른 변형은 단판 간의 밀도차가 클수록

변형이 많이 발생하였다.

3. 마루 가공은 HPL 층으로 인한 내부응력 구조의 변화를 일으켜 변형을 방지하는 역할을 하지만 인접 마루 간 단차발생을 개선하진 못하였다.

4. 유칼립투스를 부심판으로 사용한 합판이 남양재를 사용한 합판에 비해 비내수 실험의 경우 31%, 내수 실험의 경우 43% 낮은 결과를 나타내어 부심판의 밀도가 높을수록 인장 전단 접착력이 강하다.

사 사

이 연구는 2011년도 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음.

참 고 문 헌

1. 강석구, 박계신, 이호, 서인수, 이종신, 이화형. 2011. 북미산 흑호두나무 Bi-Sn 용융합금 복합체의 제조와 특성. 한국가구학회지, 22(1): 54~55.
2. 김재성, 온돌용 목질마루판의 유통실태 및 시장 확대방안. 2003. 한국산림경제학회. pp. 14~25.
3. 박종영, 조재성, 윤형운. 1997. 목질판재료 및 목질마루판의 특성평가(II) - 열적특성 평가 및 온돌모델 시험. 한국목재공학 학술대회. pp. 82~91.
4. 박종영, 조재성, 윤형운. 1997. 목질판재료 및 목질마루판의 특성평가(I) - 기계적 성질 및 수분적 특성평가. 한국목재공학 학술대회. pp. 63~73.
5. 최성용, 한민철, 한천운. 2008. 공동주택 바닥 목재 마루판 들뜸 하자 사례조사 연구. 한국건설관리학회 정기학술 발표대회 논문집.
6. 이화형, 강준원, 김남훈 외. 2008. 목재물리 및 역학, 98. 향문사. 서울.
7. 김준봉, 리신호, 오홍식. 2008. 온돌 그 찬란한 구들문화, 김종석. 청흥. 서울. pp. 398~410.
8. THE LIVING vol. 173 March 2012. 안규명. 54(5), 바닥재 소비자 불만.
9. 한국산업규격. 2006. 보통 합판, KS F 3101. 지식경제부 기술표준원.
10. 한국산업규격. 2008. 치장 목질 마루판, KS F 3126. 지식경제부 기술표준원.
11. Molarne Posch, P., R. Nemeth, and S. Molnar, Testing of pre-fab flooring components.
12. Forest Products Laboratory, Forest service U. S. Department of Agriculture, Some cause of warping in plywood and veneered products, 1966.