

# 파티클보드와 아피통단판을 구성 접착한 복합판넬의 휨성질\*1

이필우\*2 · 윤형운\*2 · 오세창\*2

## Bending Properties of the Composite Panel Composed of Particleboard and Apitong (*Dipterocarpus grandiflorus*) Veneer\*1

Phil Woo Lee\*2 · Hyoung-Un Yoon\*2 · Sei Chang Oh\*2

### ABSTRACT

Mechanical properties of composite panel made with 3mm thick Apitong(*Dipterocarpus grandiflorus*) veneer on each face of particleboard core of 4 different specific gravity were determined.

The results obtained were as follows :

1. Measured MOR and MOE increased with an increase in specific gravity of particleboard core.
2. Test results showed that the difference in bending properties between flatwise bending and edgewise bending was present. The average MOE value of flatwise loading was higher than that of edgewise loading. But it was shown reverse tendency in MOR and MOE.
3. The delamination between face veneer and core particle was found in flatwise bending but not in edgewise.
4. These composite panel could be substituted for plywood and other panel materials in furniture making as considered suitable allowable stress and bending strength.

### 1. 서 론

목재의 효율적 이용의 방법으로써 새로운 복합재료에 대한 요구는 계속 증가하고 있다. 근래에는 원목자원의 고갈과 가격상승으로 인해 나무의 전부분을 이용함으로써 목재산업의 경제성을 높이고 재료의 효율을 극대화하려는 연

구가 진행되고 있으며, 보다 나은 이용방법에 대하여 많은 연구와 개발이 진행되고 있다.

목질판상제품의 하나인 합판은 원목 확보의 어려움과 가격상승으로 인한 비경제성 때문에 합판의 성질을 어느정도 충족시키면서 저가격과 재료의 효율적 이용이 가능한 복합판넬(Composite Panel)로 대체하려는 경향이 두드

\*1. 接受 1991年 7月 11日 Received July 11, 1991.

\*2. 서울대학교 농과대학 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

러지고 있다. 복합판넬은 일반적인 보 이론을 적용하면 I형 빔과 같은 효과를 낼 수 있다. 이는 경구조물에서 고강도의 효율이 요구되는 곳에 복합판넬을 사용할 수 있다는 가정을 할 수 있다. 복합판넬에 있어서 각 요소의 재료들은 그들의 장점을 최대한 이용할 수 있도록 배치하며 표리판에는 압축 및 인장성능이 뛰어난 재료를, 중립축 근처에서는 강한 전단강도를 지니는 재료를 배치하는 것이 보다 효율적이라 연구되어 왔다.

이러한 복합판넬은 구조용과 내장용으로 구분된다. 복합판넬을 구성하는 재료는 심판용과 표리판용으로 구분되는데, 주로 심판용의 재료는 Particleboard, Flakeboard, Oriented strand board, Fiberboard 등이 사용되고, 표리판용으로는 Hardboard, Plywood, Veneer, glass fiber 등이 사용된다.

복합판넬의 하나인 COM-PLY는 표리판의 목리방향의 영향, shelling ratio, 표리판과 심판의 소재, 제조공정, 시험방법 등에 관하여 많은 연구가 이루어져 있다. Chow(1872)는 심판에 파티클보드를 표리판에 Walnut 단판을 Shelling Ratio에 따라 구성하고 Span과 Depth 비율에 따른 Composite의 전체탄성 휨변형에 대한 전단변형의 관계와 탄성계수를 측정하였다. 그는 Composite의 변형에 관한 예측방정식을 도입하여 휨변형과 전단변형과의 관계를 해석하고 이 실험을 통하여 얻은 결론은 전단변형은 단판의 두께가 증가함에 따라 증가하고, Span/Depth Ratio가 감소함에 따라 증가한다고 보고하였다. 또한 전단변형은 단판을 붙인 파티클보드가 Solid Walnut이나 단판을 붙이지 않은 파티클보드보다 더 크다고 하였고 Mckean등(1975)은 합판의 성질과 근접한 구조적 성질을 갖는 판넬을 제조할 목적으로 심판에 얇은 배향성 스트랜드를, 표리판에는 Grand fir와 Southern Pine 단판을 붙인 복합판넬의 물성을 조사한 결과 합판의 성질과 매우 유사한 MOE, MOR, 치수안정성 등을 갖는다고 하였

다. 또한 Batey 등(1975)은 단판과 파티클보드로 구성된 복합판넬의 물성에 관한 예측치와 실측치에 관하여 실험을 실시하여 Cross-Panel EI(bending stiffness)를 예측하는 이론은 예상했던 것처럼 일치한다고 하였다. Hse(1976)는 southern hardwood로 만든 플레이크보드 심판에 southern pine veneer를 표면판을 붙인 외장용 Composite를 제작하여 실험한 결과 표면판에 직교접착한 2매의 단판을 구성한 Composite가 가장 우수한 강도를 갖는다고 하였고, 일단계 공정의 열판가압시에는 표면판에 1mm 단판을 구성하는 것이 가장 좋은 구조라 하였다. 하나의 단판을 붙인 경우 MOE값은 두께가 증가할수록 증가한다고 하였다. Vick(1977)은 Com-ply stud의 제조시 적정도포량과 도포방법을 제시하였고 Koenigshof(1979)는 Com-ply floor joist에 대한 연구에서 Com-ply의 강도와 강성 그리고 내구성, 치수안정성, 난연성, 음향적 성질등에 관하여 종합적 실험을 실시하여 그 경제성을 논하였다. Kelly와 Pearson(1977)은 저밀도 파티클보드를 두 가지 비중으로 제작하고 이를 Composite 심판으로 사용하고 Southern Pine veneer를 두께별로 표리판에 구성하여 가구용재로서 사용가능성을 분석한 결과 심판의 비중이 증가함에 따라 MOR, MOE가 증가한다고 하였다. 최근 Lee(1990)는 심판에 파티클보드를 표리판에는 단판과 합판을 구성 접착시킨 콤포라이 복합재를 제조하고 물리적성질과 기계적 성질에 관하여 실험분석 하였다.

종래에는 파티클보드 심판에 라왕단판을 구성접착하여 복합판넬을 만드는 것이 일반적인 제조방식으로 우리나라에서는 주로 가구부품용으로 많이 활용되어 왔다. 그러나 본 연구에서는 심판에 파티클보드를 사용하고 표판과 이면판에 비중이 보다 높고 압축과 인장강도가 뛰어난 단판(Apitong, 3mm thick)을 구성하여 접착시킨 복합판넬을 제조하여 심판의 비중이 복합판넬의 휨성질에 미치는 영향 및 하중방향

에 따른 복합판넬의 강도적 성향과 파괴양상을 조사하고 분석함으로써 가구용 부재로의 대체 가능성을 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 심판용재료

#### 2.1.1 파티클

본 실험에서 사용한 파티클보드를 제조하는데 사용한 파티클은 나왕과 잠목을 팔만치퍼(Pallman chipper)로 파쇄한 칩을 사용하였다. 심판으로 사용한 파티클보드를 제조하는데 사용한 칩의 크기를 일정하게 하기 위하여 선별(-14mesh~+40mesh)작업을 실시하였다. 선별된 칩은 함수율을 8% 정도로 조정하였다. 사용한 목재파티클의 물리적 성질은 table 1에 나타낸 바와 같다.

Table 1. Properties of particle and veneer for composite panel

use	material	MC(%)	Sp.G(airdry)	Size
core	Particle	10.3	---	-14~+40mesh
fases	Veneer	11.1	0.66	32×25×0.3(cm)

#### 2.1.2 표판과 이면판용재료

복합판넬을 제조하기 위해 표판과 이면판에 붙인 재료는 두께 3mm의 아피통단판을 사용하였으며 섬유방향을 보드의 길이방향으로 평행하게 배열하였다. 단판의 측정된 비중과 함수율 및 크기는 Table 1에 나타내었다.

#### 2.1.3 접착제 및 기타 첨가제

심판용 파티클보드를 제조하는데 사용한 접착제로는 수지율 52.8%의 요소수지 접착제로 파티클 전건중량에 대하여 10%첨가하여 사용하였으며, 경화제로는 10% NH<sub>4</sub>CL 수용액을 수지고형분에 대하여 1%를 첨가하고, wax를 파티클 전건중량에 0.5%첨가하였다.

#### 2.1.4 심판용 파티클보드의 제조

선별된 칩을 사용하여 심판용으로 제조한 파

티클보드의 크기는 길이 30cm, 너비 20cm, 두께는 10mm로 제작하였으며 보드의 목표비중을 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 네 수준으로 하여 제조하였다.

각 비중별 보드는 6반복을 하여 모두 24매를 제조하였다. 보드의 제조는 먼저 칩, 접착제 그리고 경화제를 믹서(mixer)에서 혼합하여 성형틀에서 고르게 퍼서 성형시킨 후 열압기에 넣어 제조하였는데 이때 열압온도는 135℃, 열압시간은 총 8분으로 열압하였으며 열압스케줄은 fig.1과 같다.

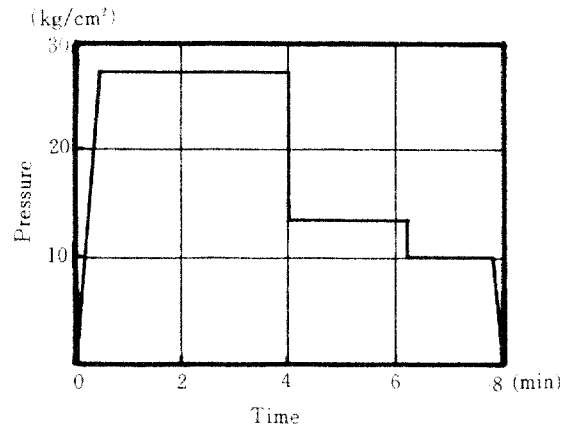


Fig 1. Hot pressing schedule.

#### 2.1.5 복합 판넬의 구성

복합판넬의 제조는 심판용으로 제조한 길이 30cm, 폭 20cm, 두께 10cm의 크기를 갖는 비중 0.5, 0.6, 0.7, 0.8로 제조한 파티클보드의 표판과 이면판에 섬유방향과 평행하게 단판을 구성하여 최종 보드의 두께가 16mm가 되도록 하였다.

#### 2.1.6 복합판넬의 압제

복합판넬의 제조에는 수지율 52.8%의 요소수지 접착제를 사용하였으며 중량제로 밀가루를 수지전건중량에 대하여 10%, 경화제로는 10% NH<sub>4</sub>CL 수용액을 수지전건중량에 10% 첨가하여 제조한 접착제를 도포량 250g/m<sup>2</sup>로 단판에 편면도포하여 열압기로 가압하였으며 이때 열압온도는 110℃, 압제압력은

12Kgf/cm<sup>2</sup>로 하였고 열압시간은 단판 두께 1mm당 1분을 적용하여 제조하였다. 이상과 같이 제조된 보드는 실온상태의 실험실내에서 방치하여 조습처리하였다.

2.2.4 대조보드의 제조

심판용 보드와 같은 파티클을 사용하여 비중별로 최종 두께가 16mm가 되도록 각 비중당 6매씩 제조하였다. 압제 압력과 온도 그리고 시간은 심판용 파티클보드의 제조조건과 동일하게 하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 휨 강도

제조된 파티클보드와 복합판넬은 ASTM D 1037(1972)에 따라 보드 1매마다 시험편을 각 1개씩 크기를 5cm×1.6cm×32cm로 재단하여 flatwise하중용 시험편을 제작하였고, 1.6cm×1.6cm×32cm로 재단하여 edgewise하중용 시험편을 제작하여 복합판넬의 휨성질을 만능강도시험기를 이용하여 시험조건 span 28cm, 하중속도 분당 10mm, 차트속도 분당 30mm로 측

정하였다. 대조보드의 경우 flatwise 하중만을 시험하였다.

2.2.2 표리판의 인장강도

표리판에 사용한 단판의 인장강도를 구하기 위하여 ASTM D1037에 의하여 폭 2.54cm, 두께 0.3, 0.6cm 반경 38.1cm로 제작하여 만능강도시험기를 이용하여 인장강도를 측정하였다.

2.2.3 표리판의 구성비

본 실험의 표리판의 구성비(Shelling ratio)는 0.375로 고정하였다.

표리판의 구성비(Shelling Ratio)

$$= \frac{2t}{2t+c}$$

t : 표판의 두께, c : 심판의 두께

3. 결과 및 고찰

3.1 비중과 함수율

본 실험의 복합판넬의 함수율과 비중은

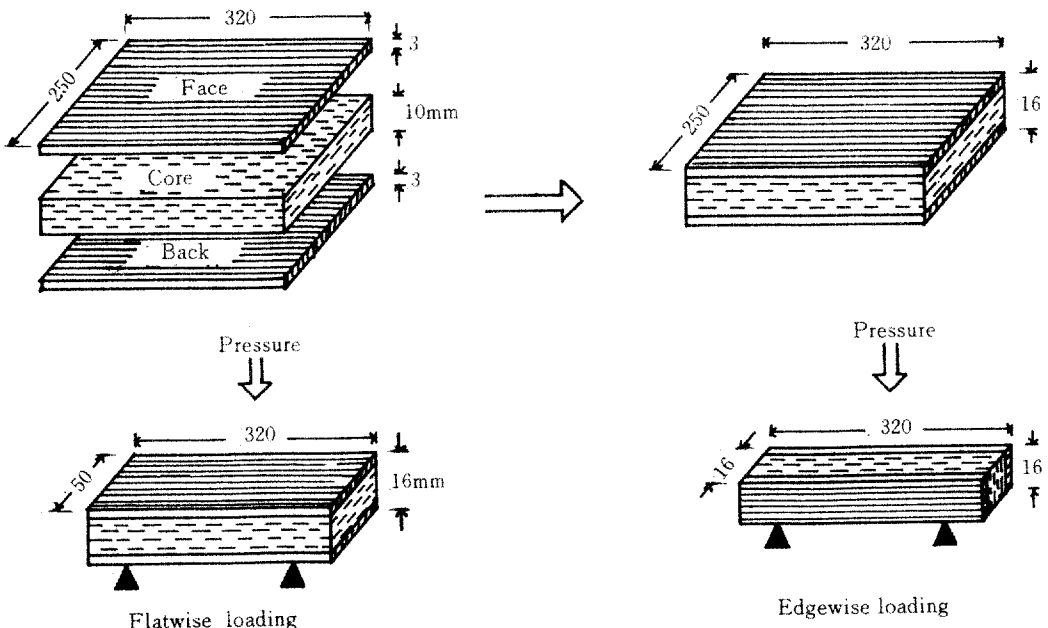


Fig.2. Composition and loading direction of composite panel.

Table 2에 나타낸 바와 같다.

Table 2. Specific gravity and moisture content of composite panels.

Nominal S.G	MC(%)	Actual Sp.Gr	Thickness
0.5	10.54	0.62	1.55
0.6	10.73	0.64	1.66
0.7	10.55	0.70	1.72
0.8	10.48	0.77	1.71

### 3.2 표리판의 인장강도

표리판의 인장강도는 단일단판의 경우에 평균치는 510.54kg/cm<sup>2</sup>이고, 두개의 단판을 적층한 경우가 555.49kg/cm<sup>2</sup>으로 나타났다. 또한 인장 MOE값은 전자의 경우에 134×10<sup>3</sup> kg/cm<sup>2</sup>이고, 후자의 경우가 103×10<sup>3</sup>Kg/cm<sup>2</sup>으로 나타났다.

### 3.3 휨탄성계수(MOE)

Fig.3은 심판비중에 따른 각보드의 평균 MOE값을 나타낸 것이다. MOE값은 심판의

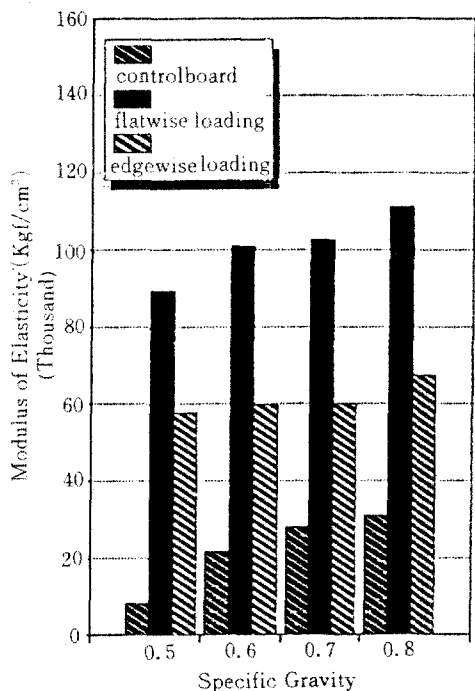


Fig.3. Modulus of elasticity for composite panel.

비중이 증가함에 따라 증가하였다. 하중방향에 대한 MOE값은 flatwise의 경우에 심판의 비중이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. edgewise 경우에는 심판이 저비중에서 고비중으로 감에 따라 증가하는 경향은 보였으나 증가의 폭은 크지 않았다.

대조보드와 복합판넬과의 MOE은 평균 4~5배의 차이가 난다. 이는 표리판의 소재가 파티클보드보다 강하기 때문이며 심판의 비중이 낮을수록 MOE값의 증가율이 커짐을 알 수 있다. 그러나 심판비중을 달리 하는 각 판넬의 MOE값이 90×10<sup>3</sup> 에서 110×10<sup>3</sup>Kg/cm<sup>2</sup> 정도로 작은 차이를 보이는 것은 표리판의 소재가 심판비중 증가의 효과를 상쇄시킴으로 인해 나타나는 현상이라고 생각된다. 그러므로 표리판의 아피통재는 복합판넬의 재료로써 휨강도를 크게 개선할 수 있는 소재라 생각된다. 李 (1990)는 파티클심판에 나왕을 표리판으로 구성 접착한 복합판넬의 심판 비중의 증가에 대한 MOE값의 증가현상은 비중 0.7까지 증가하다 0.8에서 감소한다고 하였으나 본 실험에서는 계속 증가하는 경향을 보였다. 이는 Hse(1976)의 연구에서도 나타난 결과이며, 나왕을 표리판으로 사용한 것보다 아피통 표리판을 사용할 때 2~2.5배의 MOE값의 증가를 보였다. 이러한 결과는 복합판넬에 있어서 APA(American Plywood Association)의 Ref. 20. Courtesy에 group 1로 분류되어 있는 아피통 부재가 group 2로 분류되어 있는 나왕보다도 강한 휨강도적 성질을 나타내기 때문이라고 여겨졌다.

### 3.4 휨파괴계수(MOR)

Fig.4는 심판비중에 따른 각보드의 평균 MOR값을 나타내었다. MOR값은 심판의 비중이 증가함에 따라 flatwise하중시는 선형적증가의 경향을 보였다. 이 결과는 Batey 등(1975)이 발표한 결과와 유사하며, edgewise하중시는 0.7까지 미소한 증가를 보이고 0.8에서는

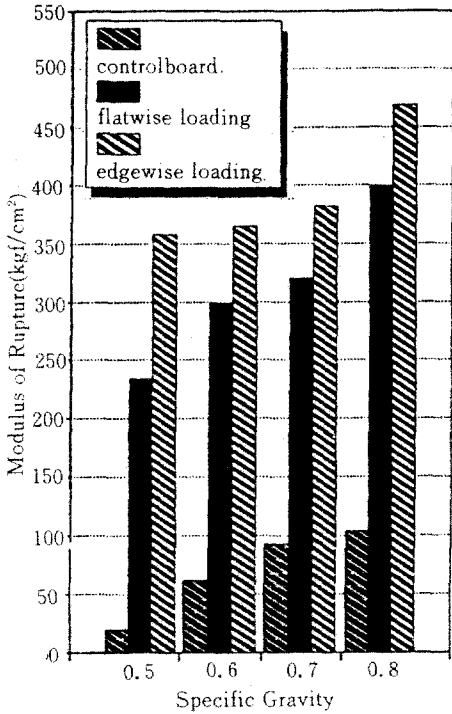


Fig.4. Modulus of rupture for composite panel.

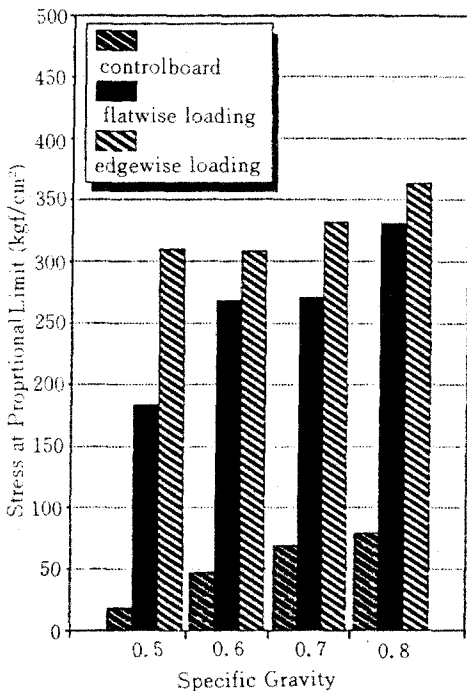


Fig.5. Stress at proportional limit for composite panel.

증가율이 더욱 커진것으로 나타났다. flatwise 하중은 edgewise 하중보다 더 낮은 MOR 값을 보인다. flatwise 하중시 낮은 MOR 값은 접착층의 delamination에 의한 것이라 생각된다. 복합판넬의 MOR 값은 대조보드에 비해 3~10 배의 증가율을 보였다.

李(1990)는 나왕표리판을 사용한 복합판넬의 flatwise의 MOR 값이 비중별로 238.2~348.1(Kg/cm<sup>2</sup>)까지의 값을 나타냈으나 본 실험의 복합판넬은 234.2~399.4(Kg/cm<sup>2</sup>)의 값을 나타냈다. 이는 나왕을 사용할 때보다 MOR이 약간 증가하는 현상을 보였다. 심판의 비중을 달리하는 복합보드의 휨성질과 대조 보드의 휨성질은 Table 3에 나타내었다.

3.5 비례한계점에서의 휨응력(SPL)

Fig.5에서 볼 수 있듯이 비례한계점에서의 휨 응력(SPL)은 심판의 비중의 증가에 대해 선형적 증가를 보이지 않았다. 그렇지만 하중의 방향에 대해서는 edgewise 하중시 비례한계내에서 휨응력이 큼을 알 수 있었다. MOR, MOE의 경우에서와 같이 비중 0.5의 심판을 사용할시에 가장 높은 증가율을 나타내었다.

3.6 복합판넬의 파괴양상

본 실험에 있어 복합판넬의 하중-처짐곡선은 하중이 증가함에 따라 처짐량은 직선적으로 증가하는 경향을 보였다. 본 실험에서 가장 두드러진 현상은 하중이 증가하여 파괴지점에 이를 때까지 하중-처짐곡선은 거의 직선적 경향을 나타낸다는 점이다.

복합판넬의 휨 하중시 하중방향별 파괴양상은 Flatwise인 경우에 대부분의 시편에서 표리판과 파티클이 접하는 공유영역에서 부분적 delamination이 일어나며 압축부위와 인장부위의 어느 한쪽이 먼저 파괴되는 현상을 볼 수 있었다. 이러한 현상은 Chow등(1986)의 보고와 일치하는 현상이며, 이러한 원인은 심판의 표층에 수많은 공극과 아피통 단판의 부분

Table 3. Results for bending performance.

Type		Specific Gravity	Panel thickness (mm)	Loading					
				Flatwise			Edgewise		
				MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE×10 <sup>3</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	SPL (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE×10 <sup>3</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	SPL (kg/cm <sup>2</sup> )
Composite Panel	Mean	0.5 <sup>a</sup> (0.51) <sup>b</sup>	16(15.5)	234.28	89	183.59	357.93	57	309.35
	std.			58.90	10.0	41.51	40.81	8.9	33.81
		0.6(0.58)	16(16.6)	298.91	100	268.14	365.27	59	307.83
				51.22	3.2	52.05	26.53	2.6	21.05
		0.7(0.67)	16(17.2)	320.89	102	270.89	382.15	59	331.63
				13.28	4.9	11.11	9.88	0.8	11.95
Particle board		0.8(0.77)	16(17.1)	399.48	110	330.59	468.57	67	363.27
				73.52	8.5	47.51	27.40	7.7	26.03
	Mean	0.5(0.49)	16(15.9)	19.27	8	18.28	-	-	-
	std.			5.02	4.2	4.9			
		0.6(0.57)	16(16.3)	61.06	21	47.71	-	-	-
				2.22	1.3	0.31			
		0.7(0.68)	16(16.4)	92.83	28	69.88	-	-	-
				10.21	0.9	3.60			
		0.8(0.77)	16(17.6)	103.26	30	69.54	-	-	-
				6.78	1.7	2.89			

a : Nominal specific gravity b : Actual specific gravity

Table 4. Results for tention performance.

Type	thickness(mm)	MOR(kg/cm <sup>2</sup> )	MOE(kg/cm <sup>2</sup> )
One veneer	3.1	510.54(369~724)	134373
Two laminates	6.2	555.49(336~788)	103068

적 굴곡으로 인한 접착면적의 감소와 심판 표층의 조기경화로 인한 낮은 밀도의 형성 때문에 표판의 압축 또는 인장응력으로 인한 휨변형이 심판에 전단변형을 일으키기도 전에 접착층이 파괴에 이르게 되어 나타나는 현상이라고 여겨진다. 따라서 복합판넬의 제조시에 표리층의 고밀화를 유도하고 이를 통하여 공유접착면적을 증가하여 줌으로써 이러한 delamination을 방지할 수 있으리라 생각된다. edgewise 하중시의 파괴양상은 flatwise 하중시에 발생하는 delamination은 나타나지 않으며 대부분 인장부위에서 휨파괴가 발생한다. 이때의 파괴는 중앙인장부위의 목리각에 따라서 진행함을 볼 수 있었다. 복합판넬의 delamination은 판넬의

강도감소와 예측하기 어려운 급진적 파괴를 가져오기 쉽다. delamination의 예방을 위해서 표리판과 심판에 양면 도포가 바람직하다고 생각된다. 하지만 얇은 표판을 사용하거나 심판의 표면이 고밀화되어 있는 상태는 편면도포하는 것이 보다 경제적이고 바람직할 것이다.

### 3.7 복합판넬의 허용응력도

대체적으로 가부부재는 주어진 형태와 크기에서 최소한의 강도 이상 만을 구비하면 되고, 이 강도치는 가구가 사용중 견디는 하중의 형태로 표시된다. 특히 가구용 부재는 대체적으로 휨응력을 받는 부분이 많으며, 기타의 응력은 크게 문제시 되지 않으므로 휨응력에 대한 허용하중치가 설계응력이 된다. 본 실험에서 제조한 복합판넬의 허용응력은 Table.5에 나타난 바와 같다. Table.5에서 보듯이 복합판넬의 허용응력은 일반가구용 재료로 많이 사용하는

Birch, maple, oak, walnut의 허용응력치 78.4~85.75kg/cm<sup>2</sup>을 상회하고 있으며 특히 심판 비중을 0.6이상으로 할 경우 높은 허용응력도를 제시할 수 있는 것으로 생각된다.

Table 5. Allowable stress of MOR of composite panel in bending.

S.G	flatwise(kg/cm <sup>2</sup> )	edgewise(kg/cm <sup>2</sup> )
0.5 <sup>a</sup>	65.42 <sup>b</sup>	138.47
0.6	102.21	153.15
0.7	142.40	174.23
0.8	132.63	201.66

a : Nominal S.G of composite panels

b : Allowable stress = (MOR - 1.645 X std) / 2.1, 5% exclusion values.

또한, 판상재료로서 복합판넬은 이와 비슷한 두께(15mm)의 일반구조용 합판의 허용응력도 129kg/cm<sup>2</sup>을 상회하는 수치를 보여주는 바, 이는 복합판넬이 가구용재료로서 합판의 대체재로서 사용될 수 있으며, flatwise면은 넓은 면적이 요구되는 가구부재(table top, 선반, 책꽂이 등)로, edgewise면은 비교적 작은 면적이 요구되는 가구부재(back, stretcher 등)로서 적합할 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

심판에 파티클보드를 사용하고 표리판에 아피통단판을 구성한 복합판넬을 제조하여 심판의 비중의 증가(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)에 대한 휨성질을 평가하고 하중의 방향에 대한 영향과 파괴양상을 조사하여 가구부재로서 적합성 여부를 살펴본 결론은 다음과 같다.

1. 심판의 비중이 증가함에 따라 복합판넬의 휨파괴계수(MOR), 휨탄성계수(MOE)가 선형적으로 증가함을 보였다.

2. MOR값은 edgewise하중시에 높고 MOE값은 flatwise하중시에 더 높게 나타났다.

3. 파괴의 양상은 flatwise bending시에 압축이나 인장부위에서 표리판과 심판의 접촉층이

delamination되어 파괴되는 형태가 거의 모든 시편으로 부터 발생하였다.

4. 본 실험의 복합판넬은 높은 휨강도와 허용응력도를 나타내어 가구부재로서 합판과 기타재료의 대체재로서 적용가능성이 있다고 생각된다.

#### 參 考 文 獻

1. Batey, T. E., P. W. Post., D. Matteson., and G. A. Ziegler. 1975. Flexural design procedure for the composite panel. Forest Prod. J. 25(9) : 49-55.
2. Chow, P. 1972. Modulus of elasticity and shear deflection of walnut-veneered particleboard composite beams in flexure. Forest prod. J. 22(11) : 33-38.
3. Chow, P., J. J. Janowiak., and E. W. Price 1986. The internal bond and shear strength of hardwood veneered particleboard composite. Wood Fiber Sci. 18(1) : 99-106.
4. Hse, C. Y. 1975. Exterior structural composite panels with southern pine veneer faces and core of southern hardwood flakes. Forest Prod. J. 26(7):21-27.
5. Hoyle, R. J. 1989. Wood technology in the design of structures. Iowa State University Press, Ames, Iowa 50010. pp31-38.
6. Kelly, M. W., and R. G. Pearson 1977. Properties of veneered southern pine low-density fiberboard from hardwood total-tree chips. Forest Prod. J. 27(9) : 28-37.
7. Koenigshof, G. A. 1979. Status of Com-Ply floor joist research. Forest Prod. J. 20(11):37-42
8. Mckean, H. B., J. D. Snodgrass. and R. J.



- Saunders. 1975. Commercial development of composite plywood. Forest Prod. J. 25(9):63-68.
9. Somayaji, S. 1990. Structural, Wood Design. West Publishing Company. pp78-83.
10. Vick. C. B. 1977. Adhesives for COM-PLY studs. U. S. Dep. Agric., For. Serv., Re. Pap. SE-171, COM-PLY Rep.6, 20p. U.S.Dep. Agric., For. Serv., Southeast. For. Exp. stn., Asheville, N.C.
11. 後藤一熊. 1980. 木構造の計算. 鹿島出版社. pp50-70.
12. 이필우. 1990. 삭편판과 단판 또는 합판을 구성 접착한 콤폴라이 복합재에 관한 연구. 목재공학18(4) : 86-101.