

F/U 몰비의 변이가 합판의 접착성과 Sliver-PB, Strand-PB의 물성에 미치는 영향¹

朴 憲^{*2} · 劉 永 三^{*2}

Effects of Formaldehyde/Urea Molar Ratio on Bonding Strength of Plywood and Properties of Sliver-PB and Strand-PB

Heon Park^{*2} · Young-Sam You^{*2}

ABSTRACT

This study was to figure out proper Formaldehyde/Urea molar ratio of UF resin with satisfactory bonding strength of plywood and properties of particleboard. The six kinds of UF resins were manufactured with F/U molar ratio 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, and 2.0. The boards were made of three kinds of raw materials : Veneer, Sliver-Particle and Strand-Particle. Manufacturing condition of plywood : amount of mixing resin was 150g/m². The forty secs/mm simple-pressing schedule in the pressure 10kgf/cm² was applied for 480mm×700mm board at the temperature of 110℃ in a hot press. Manufacturing condition of particleboard : Target density was 0.65g/cm³. The stepwise 9 minutes- multi-pressing schedule in the maximum pressure 40kgf/cm², the minimum pressure 15kgf/cm² was applied for 480mm×634mm×12mm board at the temperature of 150℃ in a hot press.

The results are as follows :

1. In bonding strength, plywood which was made by F/U molar ratio 1.2 showed the highest value. Other molar ratio resin also gave the satisfied value of KS standard, 7.5kgf/cm².
2. In internal bond strength of particleboard, Sliver-Particleboard(SLPB) and Strand-Particleboard(STPB) varied respectively from 5.9kgf/cm² to 4.8kgf/cm², from 6.7kgf/cm² to 5.4kgf/cm². SLPB with F/U=1.2 and STPB with F/U=1.6 had higher IB value. Also, both SLPB and STPB showed lower IB value in F/U molar ratio 2.0 and 1.0.
3. SLPB and STPB with six kinds of UF resin respectively satisfied bending strength of KS standard 150 Type(130kgf/cm²) and 200 Type(180kgf/cm²). Bending strength data for both of SLPB and STPB showed little or no loss from F/U=1.8 to F/U=1.2. Also, STPB was approximately two times higher than that of SLPB. Therefore, the raw material's shape had more effect on bending strength than the F/U molar ratio.

¹ 접수 1999년 3월 30일. Received March 30, 1999

² 건국대학교 자연과학대학 College of Natural Sciences, Kon-Kuk University, Chungju 380-701, Korea

F/U 몰비의 변이가 합판의 접착성과 Sliver-PB, Strand-PB의 물성에 미치는 영향

4. F/U=1.6 and 1.4 showed the lower thickness swelling in SLPB and STPB. All of STPBs satisfied thickness swelling of KS standard, under 12%.

Keywords: Formaldehyde/Urea Molar Ratio, UF resin, Plywood, SLPB(Sliver-Particle board), STPB (Strand-Particleboard)

- 요약 -

Formaldehyde/Urea 몰비의 변이가 목질 원재료의 형상이 상이한 합판, SLPB, STPB의 접착성과 물성에 미치는 영향을 조사한 본 연구는 요소수지 F/U 몰비 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0으로 요소수지를 제조하고 그 형상이 상이한 목질 원재료인 veneer, sliver-particle, strand-particle를 원료로 하여 각 몰비별 합판, SLPB, STPB를 제조하였다. 합판의 상대접착력, SLPB, STPB의 밀도, 함수율, 박리강도, 휨강도, 두께 팽창율을 시험하였다.

실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 합판의 접착력은 F/U 몰비 1.2에서 가장 우수한 값을 나타냈으며 전 몰비 모두 KS 합판 접착성(비내수) 규격인 $7.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 을 상회하는 $14\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이상을 나타냈다. 또한 F/U 몰비 1.2의 경우 본 연구자(1998)의 연구결과인 formaldehyde 방출 무취기준($5\text{mg}/\ell$ 이하)을 만족시키면서 우수한 접착성을 나타냈다.
2. 박리강도는 SLPB 및 STPB 공히 모두 F/U 몰비 1.0, 2.0이 낮은 결과치를 나타냈고 1.2~1.8사이에서는 큰차이는 없었으며, SLPB의 경우 $4.8\sim 5.9\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 값의 분포를 STPB는 $5.4\sim 6.7\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 분포를 보이고 있어 STPB가 우수한 박리강도를 나타냈다. 이 결과에서 F/U 몰비에 따른 박리강도의 영향 보다는 원재료의 형상에 따른 영향이 더 크다는 사실을 알 수 있었다.
3. 휨강도도 역시 SLPB 및 STPB 공히 F/U 몰비 1.0, 2.0이 낮은 결과치를 나타냈다. STPB 전몰비 모두가 KS 규격 200 Type(휨강도가 $180\text{kgf}/\text{cm}^2$) 이상을 만족시키는 결과를 보였고 SLPB의 경우도 전몰비 모두 KS 규격 150 Type(휨강도가 $130\text{kgf}/\text{cm}^2$) 이상을 만족시키는 결과를 나타냈다. 이 결과에서는 전체적으로 STPB가 SLPB에 비하여 2배 이상의 우수한 강도를 보였다. 이는 휨강도에서도 F/U 몰비에 따른 영향보다는 원재료의 형상에 따른 영향이 더 크다는 사실을 알 수 있었다.
4. 두께 팽창율에서는 고몰비인 2.0, 1.8 저몰비인 1.0, 1.2에서 SLPB, STPB 모두 높은 두께 팽창율을 보였으며 STPB의 경우 F/U 몰비 1.6에서 SLPB의 경우는 F/U 몰비 1.4에서 가장 낮은 두께 팽창율을 나타냈다. 그리고, STPB의 경우 6몰비 모두 KS기준 12%이하를 만족시키고 있었으나 SLPB에서는 그 기준을 모두 상회하고 있음을 알 수 있었다. 전체적으로는 SLPB가 STPB보다 약 2배의 두께 팽창율을 나타내 두께 팽창율에서도 F/U 몰비에 따른 영향보다는 원재료의 형상에 따른 영향이 더 크다는 사실을 알 수 있었다.

본 실험의 결과를 종합적으로 살펴보면 합판의 접착성 및 보드의 재질에 미치는 영향은 F/U 몰비의 변이 보다는 원재료의 형상의 영향이 이 더욱 크게 작용한다는 사실을 알 수 있었으며 보드의 제조기준이 본 실험과 동일하다면 합판의 접착성과 PB의 물리적, 기계적 성질과 본 연구자(1998)의 연구결과인 formaldehyde 방출량 및 방출경향을 고려할 때 사용처와 용도에 따라 합판의 경우 우수한 접착력과 KS formaldehyde 무취기준을 만족시키는 F/U 몰비 1.2를 PB의 경우 양호한 휨강도, 박리강도, 비교적 낮은 두께 팽창율과 KS formaldehyde E2형($5\text{mg}/\ell$ 이하)기준을 만족시키는 F/U 몰비 1.2~1.4가 사용되어야 함을 알 수 있었다.

1. 緒 論

대표적인 환경재(eco-material)이며 재생 가능한 생물자원(renewable biomass resource)인 목재는 재료로서 지니는 우수한 특성 등으로 인하여 생활

수준의 향상과 함께 그 수요가 증가되고 있다. 이러한 목재 수요의 증가는 환경보호문제와 대경목의 감소로 인한 자원고갈문제로 모든 목제품의 기초인 목재 패넬제품이 원목으로부터, 합판이나 목질재료를 사용하는 wood composites 즉 PB(particleboard),

MDF(medium density fiberboard), OSB(oriented strand board) 등의 목질보드의 이용으로의 그 사용 패턴이 전환되고 있고 그 경향은 더욱 심화될 것이다. 이러한 경향은 목질 composite 제조에 필수적으로 요구되는 접착제에 관한 연구 및 개발을 촉진시켜 목질 composite의 사용처와 용도에 따라 다양하게 제조, 사용되고 있다.

현재 우리 나라 대부분의 내장용 목재 패널 제조에 사용되는 접착제는 작업의 편리성, 우수한 접착력, 높은 경제성을 지닌 요소수지 또는 요소수지를 기준으로 한 복합수지가 이용되고 있으며, 특히, 요소수지는 합판이나 보오드류 제조의 60~70%를 차지하고 있다. L. Gollb(1990)의 보고에 따르면, "고형분 1 pound를 기준으로 요소는 10 cents, 멜라민은 66 cents, 페놀은 40 cents, 포름알데히드는 30 cents"로 경제성이 높은 관계로 내장용 보오드에서 현재까지 가장 많이 사용되는 접착제이며 당분간 내장용 목질 composite의 제조에 요소수지의 사용이 계속되리라 판단된다.

그러나 요소수지는 아미노계 수지 중 formaldehyde 방출량이 가장 많은 것으로 알려져 1970~1980년 경 합판이나 PB 등으로부터 방출되는 formaldehyde가 세계적으로 큰 문제가 되면서 이에 대한 관심이 높아져 그 처리 방법이 연구되었다. 이러한 formaldehyde에 대하여 선진국인 미국이나 독일에서는 직장환경뿐만 아니라 일반 주택용의 실내에서도 기중농도의 규제가 행해지고 있다. 그러나 국내의 상황은 formaldehyde 기중농도 규제는 아직 직장환경의 규제에 맞추어져 있어 최근 주택의 고밀화 현상과 주택의 실내 공간에 목질재료의 사용량이 증가하는 주거 환경의 변화 속에서 그 기준을 고려해 보아야 할 때이다. 노(1997)은 현재 국내에서 유통되고 있는 목질패널로부터 방출되는 formaldehyde의 양을 측정하고, 국내 생산품 및 수입품 모두가 KS 기준을 매우 높게 상회하는 것으로 보고하여 그 심각성을 경고한 바 있다. 한편, 요소수지의 formaldehyde 방출문제를 해결하기 위한 방안으로는 F/U의 몰비를 감소시키는 방법과 복합수지를 제조하여 이용하는 방법 등이 있는데, 후자의 경우는 경제성 문제가 있어서 전자의 방법 등이 현실점에서 formaldehyde 문제 해결을 위한 접근방안으로 적합하다고 판단되고 있다. 그러나, F/U몰비를 감소시키면 formaldehyde 방출량은 감소하나 상대적으로 보드의 강도적 성질이 저하되는 것

로 알려져 있으나 그 연구가 체계적이지 못한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 F/U 몰비의 변이에 따라 목재패널의 강도적 성질이 어떻게 변화하는가를 조사하고 KS에서 요구하는 수준을 만족시킬 수 있는 F/U 몰비는 얼마인가를 밝히고자한다. 그런데 본 연구자는(1998) 'F/U 몰비의 변이와 목질 composite의 원재료의 형상에 따른 formaldehyde 방출량 및 방출경향에 관한 연구' 결과 보드 제조후 30일 기준으로 볼때 합판은 KS 기준, 준무취(평균 10mg/l 이하, 최대 12mg/l 이하 : 일본JIS F3)를 만족시키는 것은 F/U 몰비 1.4이하, 무취(평균 5mg/l 이하, 최대 7mg/l 이하 : 일본JIS F2)를 만족시키는 것은 F/U 몰비 1.2이하이었으며 SLPB 및 STPB는 KS 기준 E2형(5mg/l 이하 : 일본JIS E2)을 만족시키는 것은 F/U 몰비 1.2이하이어야 함을 보고한 바 있다.

이 연구 결과를 기초로 하여 F/U 몰비 변이와 목질재료의 형상에 따른 접착성능과 물성을 종합적이고, 체계적으로 구명할 필요가 있다고 판단되었다. 따라서 본 실험에서는 F/U몰비(F/U 2.0, 1.8, 1.6, 1.4, 1.2, 1.0)를 다르게 하여 요소수지 접착제를 제조하고, 제조된 요소수지 접착제를 이용하여 원재료 형상이 다른 합판(veneer), SLPB(silver-particle), STPB(strand-particle)을 제조하여 합판의 접착성과 보드의 물리적, 기계적 성질을 조사하였다.

2. 材料 및 方法

2.1. 공시재료

2.1.1. 접착제용 시약

시약은 요소, 35% 포르말린, 1N, 0.1N 수산화나트륨, 1N, 0.1N 빙초산 1급시약을 사용하여 제조하였다.

2.1.2. 목질 재료

합판용 단판은 인천의 합판제조회사에서 분양받은 단판으로 심판은 두께 2.0mm 라디에타소나무, 표판과 이판은 두께 1.2mm 남양재 bellenea를 사용하였다. SLPB용 silver-particle은 제조회사로부터 분양받은 혼합남양재를 사용하였으며 STPB용 strand-particle은 국립 중부 육종장으로부터 분양 받은 낙엽송 간벌재를 이용하여 본 실험실에서 제작·보유한 disk

F/U 물비의 변이가 합판의 접착성과 Sliver-PB, Strand-PB의 물성에 미치는 영향

Table 1. Plywood manufacturing condition

Board Size (W×L : mm)	480×700
Mixing resin (g)	150g/m ²
Resin content (%)	50%
Wheat flour (g)	20% to Resin weight
Distilled water	10% to Resin weight
Hardener (NH ₄ Cl) (g)	0.2% to UF Resin + wheat flour
Capacity of press	210ton Auto-controlled oil-press
Pressing temp. (°C)	Upper plate : 110°C Lower plate : 110°C
Pressure (kg/cm ²)	10 kg/cm ²
Pressing Time (mins)	40 secs/mm
Veneer M.C.	Core : 3.64%(average) Face, back : 3%(average)

Table 2. SLPB and STPB manufacturing condition

Board size (W×L×T : mm)	480×634×12
Screen size(mm)	Sliver : -5.0mm ~ +2.0mm Strand : -16.70mm ~ +5.0mm
Target density of board	0.65
Resin (g)	11.8% to O.D particle weight
Resin content (%)	61%
Wax emulsion(paraffine Wax) (g)	1.5% to O.D particle weight
Solid content of wax emulsion (%)	42.44%
Hardener (20% NH ₄ Cl) (ml)	5% to UF resin + wax emulsion
Mixing time(min)	18 mins
Atomizing pressure(kgf/cm ²)	6.5kgf/cm ² (average)
Capacity of press	210ton Auto-controlled oil-press
Pressing temp. (°C)	Upper plate : 150°C Lower plate : 150°C
Pressure (kg/cm ²)	High pressure : 40 kg/cm ² Middle pressure : 25 kg/cm ² Low pressure : 15 kg/cm ²
	Arrival time for target-pressure : 49secs First stage : 3 mins 30 secs Second stage : 2 mins 30 secs Third stage : 2 mins
Particle M.C.	0.7%(sliver-particle) 0.9%(strand-particle)
Mat M.C.	6.07%(SLPB) 6.73%(STPB)

flaker를 이용하여 제조하였다.

2.1.3. 경화제

본 실험에 사용된 경화제는 1급의 염화암모늄을 사용하였다. 합판은 분말을 사용하였으며 수지와 소맥분을 합한 중량의 0.2%를 사용하였으며 SLPB, STPB는 20% 수용액으로 수지와 wax emulsion를 합한 중량의 5%를 사용하였다.

2.1.4. 소맥분 및 wax emulsion

합판제조에 사용된 소맥분은 중력 1등급으로 수지중량의 20%를 사용하였으며 SLPB, STPB제조에 사용된 wax emulsion은 고형분은 42.44%으로 전건 particle 중량의 1.5%를 사용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 요소수지 접착제 제조

요소수지는 F/U 몰비를 기준으로 2.0, 1.8, 1.6, 1.4, 1.2, 1.0의 6종류를 제조하였다. 그 제조는 삼구 플라스크에 포르말린 686.4g, 요소 240.24g을 넣고 pH를 8.6으로 조절한 다음 50±5분에 걸쳐 85℃까지 가열하였다. 온도가 85℃에 도달한 후 50분간 메틸올화 반응을 시킨 다음 pH 4.6에서 메틸렌화 반응을 시키면서 백탁법에 의해 반응시간을 90분으로 실시하였다. 수지가 백탁하면 반응을 중지시키고 pH8.6으로 조정하여 F/U 몰비 2.0 수지를 제조하였다. F/U 몰비 1.8, 1.6, 1.4, 1.2, 1.0 수지는 F/U 몰비 2.0 수지를 기준으로 하여 후첨가법을 사용하여 제조하였다.

2.2.2. 보드 제조

2.2.2.1. 합판의 제조

합판은 표층과 중층을 교호형태로 배열하여 480×700mm 크기의 3매 합판을 제조하였다. 각 몰비에 5회 반복을 기준으로 총 30개(6몰비×5회반복)의 합판을 제조하였으며 제조조건은 Table 1과 같다.

2.2.2.2. SLPB 및 STPB의 제조

SLPB 및 STPB는 목표밀도 0.65를 기준으로 두께 12mm, 480×634mm의 크기로 각 몰비에 5회 반복하여 SLPB 총 30개(6몰비×5회반복), STPB 총 30개(6몰비×5회반복)를 제조하였다. 제조조건은 Table 2와 같다.

2.2.3. 시험방법

본 실험을 통하여 제조된 합판의 Bond strength 및 SLPB, STPB의 물성을 측정하기 위하여 KS (Korean Industrial Standards) F3101, F3104따라 각각의 Board를 규격화하여 재단하였다. 규격화된 Board를 이용하여 물리적 성질(density, moisture content, thickness swelling)과 기계적 성질(internal bonding, bending strength)을 시험하였으며 전 시험은 각 몰비당 5반복을 기본으로 합계 25반복을 실시하였다.

3. 結果 및 考察

3.1. 합판의 상태 접착력

F/U 몰비에 따라 제조된 접착제의 접착력을 조사하기 위하여 합판의 접착강도를 각 몰비별로 25 반복, 총 150반복을 실시하여 조사한 평균치를 Fig. 1에 나타내었다. 실험의 결과 F/U 몰비 1.2에서 가장 우수한 접착강도를 나타내었고 2.0, 1.0, 1.4, 1.6는 각 전 몰비 대비 평균 2%의 감소율을 나타내었으며 1.8의 경우는 비교적 낮은 결과를 보여주고 있으나, 전체값이 14kgf/cm² 이상을 보여주고 있어 KS 합판 접착성(비내수) 규격인 7.5kgf/cm²를 모두 상회하고 있었다. 이러한 경향은 노(1997)등의 F/U 몰비별 합판의 접착력 시험결과와 유사한 추이를 나

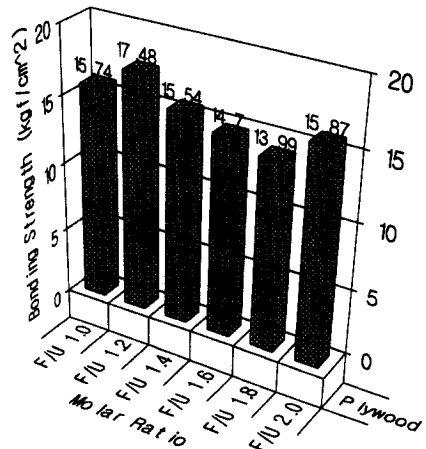


Fig. 1. Effect of F/U mole ratio on plywood bonding strength.

타내고 있다.

2.2. SLPB 및 STPB의 물성

2.2.1. 밀도

본 실험에서 제조된 SLPB, STPB를 평균온도 16.4℃, 평균 습도 50.78%의 실험실내에서 보관중 밀도와 함수율을 측정된 결과 SLPB의 밀도는 최저치 F/U 물비 1.2의 0.69g/cm³에서 최고치 F/U 물비 1.4의 0.73g/cm³의 범위로 나타났으며 6물비 평균 밀도는 0.71g/cm³이었다. STPB는 최저치인 F/U 물비 2.0, 1.4의 0.73g/cm³에서 최고치 F/U 물비 1.2의 0.77g/cm³로 6물비 평균 밀도는 0.75g/cm³로 나타내었으며 이와 같은 결과로 보아 SLPB, STPB 공히 모두 목표 밀도를 0.65g/cm³로 하였으나 strand-particle의 압축도가 sliver-particle에 비하여 높은 것으로 나타났다. 이는 얇은 particle의 형태가 압축도가 높기 때문에 판단된다.

2.2.2. 함수율

SLPB의 함수율은 8.7~8.8%의 균일한값으로 평균 8.8%이었으며, STPB의 함수율은 8.0~8.4%로 평균 8.2%이었다. 보드제조과정에서는 STPB의 particle M.C.와 mat M.C.가 높았으나 보드제조후의 함수율은 SLPB가 약간 높게 나타났다.

2.2.3. 휨강도

휨강도 실험의 결과는 Fig. 3에 나타난 바와 같다. SLPB 및 STPB 공히 F/U 물비 1.0, 2.0 보다는 1.2~1.6사이의 휨강도가 더 높은 값을 나타냈다. SLPB의 경우는 F/U 물비 1.6에서 가장 높은 값을 나타냈으며, STPB의 경우는 F/U 물비 1.4에서 가장 높은 값을 나타내었다. 휨강도는 SLPB와 STPB의 강도값이 2배이상 차이나는 것으로 보아 F/U 물비에 따른 영향보다는 보드 원재료의 형상에 따른 영향이 훨씬 크게 나타남을 알 수 있다. 위의 결과에서 SLPB의 경우 전물비에 걸쳐 현재 KS에서 제시하는 휨강도 기준 150 Type(휨강도가 130kgf/cm²)와 STPB 또한 전물비에 걸쳐 KS 휨강도 기준 200 Type(휨강도가 180kgf/cm²)이상을 만족시키고 있다. 또한 이러한 결과는 Craig E.Shuler(1976)등의 연구에서 제시하는 휨강도의 경우 flaker의 두께와는 큰 연관성은 없으나 길이가 길수록, 보드의 밀도가 높을수록 휨강도가 증가한다는 연구 결과와 비교하여 볼 때 유사한 추이를 나타냄을 알 수 있었다.

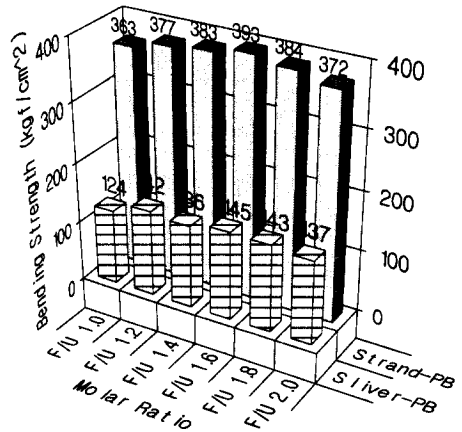


Fig. 2. Bending strengths of SLPB and STPB.

2.2.4. 박리강도

박리강도 실험을 각 물비별로 25회 반복하여 측정된 결과는 Fig. 2에 나타난 바와 같다. SLPB의 경우 전물비에 걸쳐 4.8~5.9kgf/cm²의 값의 분포를 나타냈으나, STPB는 5.4~6.7kgf/cm²의 분포를 나타냈다. SLPB 및 STPB의 경우 모두 2.0 물비가 가장 낮은 값을 나타내고 있으며, 1.2~1.8 범위에서 접착력이 크게 다르지 않음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 Marutzk R.(1980)등이 박리강도의 경우 F/U 물비 1.8~1.2 사이에는 큰 변화가 없었다고 보고한 것과 비슷한 결과를 나타낸 것으로 생각된다.

그러나 SLPB 및 STPB의 박리강도의 결과를 비교해 보면, 전체적으로 STPB가 SLPB보다 높은 결과치를 나타냈다. 박리강도 역시 휨강도와 마찬가지로 F/U 물비에 따른 박리강도의 차이보다는 particle 형상에 따른 SLPB와 STPB간의 박리강도 값의 차이가 더 크게 나타남을 알 수 있었다. 보통 particle size에 따른 박리강도의 영향은 Craig E.Shuler(1976)등이 연구에서 제시한 것과 같이 박리강도의 경우 flaker가 두껍고 길이가 짧을 수록 IB가 증가한다는 것이 일반적이다. 본 연구에서 sliver-particle과 strand-particle를 선별한 screen size는 sliver-particle(-5mm~+2mm), strand-particle (-16.7mm~+5mm)이었다. sliver-particle의 형태에 비해서 strand-particle의 그 폭 size가 2.5배 이상으로 나타났다. 이 넓은 폭의 영향으로 strand-particle의 접착면적이 훨씬 많아 내부 접착력이 높게 나타난 것으로 판단된다.

引用文獻

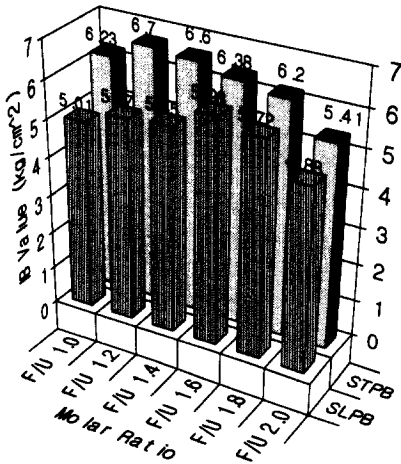


Fig .3. Internal bond strengths of SLPB and STPB.

2.2.5. 두께 팽창율

두께 팽창율에서는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 STPB의 경우 F/U 몰비 1.6에서 SLPB의 경우는 F/U 몰비 1.4에서 가장 낮은 두께 팽창율을 보이고 있었으며, SLPB, STPB 공히 모두 고몰비인 2.0, 1.8 그리고 저몰비인 1.0, 1.2에서 더 높은 두께 팽창율을 나타내었다. 전체적으로 보아 SLPB가 STPB 보다 약 2배의 두께 팽창율을 나타내고 있는 것으로 보아 Geimer 등(1978)의 보고인 strand의 두께가 작을수록 두께 팽창율이 낮다고 보고한 연구 결과와 일치하는 결과를 나타냈다.

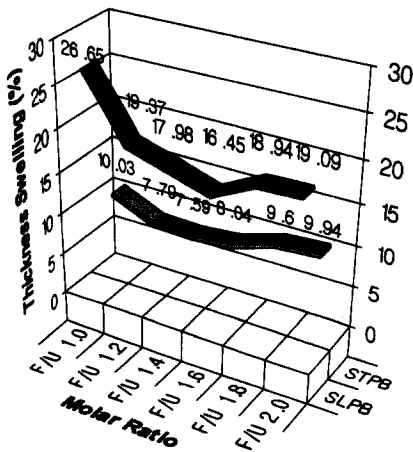


Fig. 4. Thickness swellings of SLPB and STPB.

1. Chung-Yun HSE. 1974. Characteristics of Urea-formaldehyde Resin as Related to Glue Bond Quality of Southern Pine Particleboard. *Mokuzai Gakkaishi* 20(10): 483~490.
2. Chung-Yun HSE. 1974 Reaction pH of Urea-formaldehyde Resins as Related to Strength Properties of Southern Pine Particleboard. *Mokuzai Gakkaishi* 20(10): 491~493.
3. Geimer, R. L. and E. W. Price. 1978. Construction variables considered in fabrication of a structural flakeboard. Structural flakeboard from forest residues. U. S. Department of Agriculture Forest Service General Technical Report WO-5: 69~80.
4. George, E. M. 1984. How mole ratio of UF resin affects formaldehyde emission and other properties: A literature critique. *Forest Prod. J.* 34(5): 35~41.
5. George, E. M. 1985. Effect of separate additions to furnish or veneer on formaldehyde emission and other properties: a literature review(1960-1984). *Forest Prod. J.* 35(6): 57~62.
6. Gollob, L. 1990. Understanding today's UF resins. Part A. General considerations. Proceedings of the NPA Resin and Blending Seminar. *Forest Products Research. May* 3/4: 9~14.
7. Kennedy, H. 1990. Understanding today's UF resins. Part C. Formulating UF resins for different wood furnish. Proceedings of the NPA Resin and Blending Seminar. *Forest Products Research. May* 3/4: 20~28.
8. Larsen, A., Nils Arne Jentoft, Tyge Greibrokk. 1992. Extraction of formaldehyde from particleboard with supercritical carbon dioxide. *Forest Prod. J.* 42(4): 45~48.
9. Marutzky, R. and L. Ranta. 1980. The properties of UF-resins with low formaldehyde content and particleboards bound with these resins. Part II: Influence of the molar-ratio on board properties. *Holz als Roh-und Werkstoff* 38: 217~223.
10. Sellers, T., Jr, G. D. Miller, and World Li-Shih Nieh. 1991. Evaluation of post-added ester and/or urea as a formaldehyde scavenger in UF resins used to bond southern pine particleboard. *Forest*

F/U 물비의 변이가 합판의 접착성과 Sliver-PB, Strand-PB의 물성에 미치는 영향

- Prod. J.* 41(1): 53~56.
11. Shuler, C. E. and Robert A. Kelly. 1976. Effect of Flake Geometry on Mechanical Properties Of Eastern Spruce Flake-Type Particleboard. *Forest Prod. J.* 26(6): 24~28.
 12. Sundin, E. B., Buorn Mansson and Elizabeth Endrody. 1997. Partilceboard with different contents of releasable formaldehyde: A comparison ofthe board properties including results from four different formaldehyde tests. *Proceedings 21th International Particleboard/Composite Materials Symposium W.S.U 1987*: 139~185.
 13. 노 정 관. 1994. 목재용 접착제의 최근 동향. 목재공학 22(2): 5~18.
 14. 노 정 관, 김 중 인. 1997. 저포름알데히드 방산 요소수지 접착제의 합성과 접착 성능. 산림과학 논문집(55): 32~39.
 15. 노 정 관. 1997. 목질접착제품의 포름알데히드 방출문제 및 개선대책. '97한국 합판·MDF·과아티클보드 심포지엄. 125~157.
 16. 노 정 관의 2명. 1998. 국내 유통 목질접착패널의 포름알데히드 방출량. '98학술발표논문집. 156~161.
 17. 박 현, 강 은 창. 1996. 낙엽송 간벌목을 원료로 한 Oriented Strand Board(OSB)의 목표밀도와 Strand Size가 OSB의 재질에 미치는 영향. 목재공학 24(4): 56~63.
 18. 박 현, 유영삼. 1998. F/U 물비와 목질 Composite 원재료의 형상이 시간의 경과에 따른 Formaldehyde 방출량 및 방출경향에 미치는 영향. '98추계학술발표논문집. 174~179.
 19. 박 현, 유영삼, 강은창. 1998. F/U물비의 변이가 UF Resin과 목질 Composite의 Formaldehyde 방출에 미치는 영향. 한국가수학회 9(1): 49-57.
 20. 임업연구원. 1994. 목질재료의 신접착기술. 임업연구원 연구자료 제97호: 12~20.