

국산재와 요소수지접착제로 제조된 Com-Ply의 평가

오용성^{1*} · 김종인²

¹영남대학교 자연자원대학, ²국립산림과학원 임산공학부

Evaluation of Com-Ply from Domestic Logs and Urea-Formaldehyde Resin Adhesive

Yong-Sung Oh^{1*} and Jong-In Kim²

¹Department of Forest Resources, Yeungnam University, Kyongsan 712-749, Korea

²Department of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

요약: 요소수지접착제를 합판제조용 접착제와 유사하게 실험실에서 합성하고, 합성한 요소수지접착제를 증량제, 충전제, 산경화촉매제와 혼합하였다. 요소수지접착제 혼합물의 고형분량은 56.1%이고, 물은 43.9%였다. 국산재와 요소수지접착제 혼합물로 5종류의 Com-Ply를 제조하고, KS F 3101 보통합판의 인장 전단 접착력 시험 및 KS F 3104 파티클보드의 휨과괴계수 시험을 수행했다. 성능 평가된 결과는 제조된 5종류의 Com-Ply에서 모두 적합한 결과를 보여줬다. 이런 결과는 본 연구에서 사용된 요소수지접착제 혼합물이 국산재 Com-Ply제조에 적합하다는 것이다.

Abstract: Urea-formaldehyde (UF) resin was formulated similarly to plywood resin in the laboratory. The synthesized UF resin adhesive was mixed with extender, filler and acid catalyst. The mixture contained 56.1% total solids and 43.9% water. The mixes was used to bond five Com-Ply types using Korean wood species. The Com-Ply made were tested for shear strength and wood failure according to KS F 3101 ordinary plywood as well as for bending strength per KS F 3104 particleboard. The performance test results showed good strength properties for all Com-Ply types made in this study. This result represented that the UF resin adhesive mix was adequate for bonding Com-Ply with domestic wood species.

Key words : acid catalyst, Com-Ply, domestic logs, extender, filler, urea-formaldehyde resin

서론

2005년 산림청에서는 수입에 의존하던 합판용 원목을 국산 낙엽송 원목으로 일부 대체하여 인천과 부산지역에 위치한 합판생산 업체에서 상업적 합판생산을 시작했다고 발표했다 (한국임업신문 2005). 향후 국내 합판생산을 목적으로 지속 가능한 국산용재를 공급하기 위해 국유림 1,738ha를 합판용재 생산단지로 지정하여 22m³의 합판용재를 안정적으로 공급할 계획이고, 2005년 국산 합판용재를 5만m³ 공급했고, 점차 생산량을 늘려 나갈 예정이다(한국임업신문, 2005). 또 2030년에는 국내 목재수요량에 국산재를 22% 공급할 것으로 예상하고 있어 국산재는 합판, 제재목 등 기타 목질패널제품 등에 다양하게 사용될 전망이다(산림청, 2002).

합판과 단판적층재 제조에 사용하는 접착제는 접착제

만 단독으로 사용하는 것이 아니라, 원목으로부터 단판 절삭과정에서 발생하는 lathe check과 같은 거친 단판표면과 접착제를 가깝게 유지시켜 적절한 접착을 유도하기 위해 또 상대적으로 접착제 사용을 최소화하여 제조원가 절감을 위해 증량제와 충전제 등을 함께 혼합하여 사용한다. 요소수지접착제를 사용할 경우 증량제, 충전제와 산경화촉매제 등과 혼합하여 내장용 합판 등의 제조에 많이 사용하고 있다. 증량제는 접착제 사용량을 절약하기 위해 첨가되는 접착성질을 지닌 물질이고, 충전제는 단판의 lathe check과 같은 큰 공극을 메우기 위해 접착제에 첨가되는 비접착성 물질이다 (오용성, 1998).

미국 합판위원회에 의해 최초로 상품 등록된 Com-Ply는 중층이 저급의 목재플레이크, 스트랜드 또는 파티클이고, 표면은 일반적으로 사용하는 단판으로 구성된다(Figure 1). 1970년대 초부터 북미에서 생산된 Com-Ply는 전통적으로 구조용 패널시장의 주된 제품인 합판과 제재목 등을 대체하기 위해 상용화됐다(Maloney, 1992).

*Corresponding author
E-mail: ysoh@ynu.ac.kr

따라서 본 연구의 목적은 일차적으로 많이 발생되고 있는 국산재와 실험실에서 합성한 합판접착용 요소수지접착제로 5종류의 Com-Ply를 제조하여 성능을 비교하고, 사용된 요소수지접착제 혼합물을 평가하기 위한 것이다.

재료 및 방법

1. 요소수지접착제

Com-Ply를 접착하기 위한 요소수지접착제는 포름알데히드와 요소의 물비가 1.15로 합판제조용 접착제로 실험실에서 합성하였고, 요소수지접착제의 합성과정은 Oh (1999)에 의해 수행된 방법과 유사하다.

합성한 요소수지접착제를 Com-Ply 제조용 접착제로 사용하기 위해서 증량제, 충전제, 산경화촉매제와 혼합하였다.

2. Com-Ply제조

5종류의 국산재 Com-Ply를 Figure 1과 Table 1과 같이 제조하였다. 국산재 단판은 상업용 합판 공장에서 두께 2 mm로 얻어졌고, 층층에 사용한 파티클보드는 Oh *et al.* (2002)와 오용성 등 (2002)이 수행한 방법과 동일하게 국산간벌재와 폐목재를 이용하여 제조된 것을 사용하였다. 단판에 요소수지접착제 혼합물을 214 g/m²을 도포한 후, 퇴적시켰다. 30분의 퇴적시간으로 냉압력은 1,103 kPa의 압력에서 열압력은 1,379 kPa과 150°C의 온도조건에서 제조하였다. 5종류 Com-Ply에 대해 4반복으로 총 20개의 Com-Ply를 제조하였다.

3. 제조된 Com-Ply의 평가

제조된 Com-Ply를 KS F 3101 보통합판(한국표준협회,

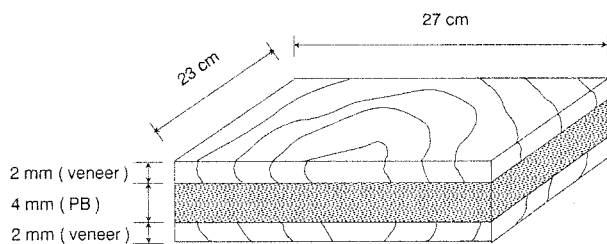


Figure 1. Schematic drawing of Com-Ply made in this study.

Table 1. Com-Ply type manufactured in this study.

Type	Face and back layer (veneer)	Core layer (particleboard)
I	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Pinus densiflora</i>
II	<i>Pinus rigida</i>	<i>Pinus rigida</i>
III	<i>Larix leptolepis</i>	<i>Larix leptolepis</i>
IV	<i>Larix leptolepis</i>	Wastewood
V	<i>Quercus acutissima</i>	<i>Quercus acutissima</i>

2002)과 KS F 3104 파티클보드(한국표준협회, 2002)에 의해 평가하였다. 각각의 Com-Ply로부터 1개씩의 휨강도시편 및 8개씩의 인장전단접착력 시험편(82.5×25.4 mm 크기)이 절단되었다. 8개의 인장전단접착력 시험편 중에서 4개는 비내수와 나머지 4개는 준내수 인장전단접착력 시험방법에 의해 성능 평가하였다.

4. 통계분석

측정된 합판의 밀도, 휨파괴계수, 인장전단강도와 목파울에 대한 측정치는 SAS 프로그래밍 패키지를 이용해 분석하였다(SAS Institute, 1998). 측정된 목파울 퍼센트 수치는 정규분포하지 않기 때문에, 목파울 측정치는 arcsine 변형으로 정규분포 시킨 후에 분석하였다(Oh and Lee, 2004). Com-Ply 종류의 효과를 분석하기 위해 분산분석을 사용하였고, 최소유의차에 의한 Com-Ply 종류의 유의성도 검정하였다(P<0.05). 표준편차와 변이계수들도 역시 얻어져서 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 요소수지접착제 혼합물의 성질

합성된 요소수지접착제의 고형분량은 50%, 비중은 1.2, pH는 7.6, 100°C에서 겔화시간은 15분, 유리포름알데히드는 0.52%였다(Table 2). 요소수지접착제 혼합물은 사용하는 접착제의 종류와 첨가량 및 증량제와 충전제의 종류와 첨가 비율 등에 의해 영향을 받는다. 본 연구에서 사용한 접착제 혼합물 중에서 요소수지접착제의 첨가량은 38.7%이고, 증량제는 14%, 충전제는 2.8%, 경화촉매제는 0.6%

Table 2. Properties of urea-formaldehyde (UF) resin synthesized.

Properties	Unit	UF resin
Solids content	%	50
Specific gravity	--	1.20
pH	--	7.6
Gel time (at 100°C)	min	15
Free formaldehyde	%	0.52

Table 3. Characteristics and ingredients of urea-formaldehyde (UF) resin adhesive mix

Mix ingredients	Amounts (%)	Mix characteristics	Amount (%)
UF resin (50%)	77.4	Resin solids	38.7
NH ₄ Cl (15%) ^a	4	Extender solids	14.0
Wheat flour ^b	15.5	Filler solids	2.8
Cocob ^{®b}	3.1	NH ₄ Cl solids	0.6
Total mix	100	Total mix solids	56.1
		Total mix water	43.9

^aNH₄Cl = ammonium chloride.

^bWheat flour and Cocob[®] estimated at 10 percent moisture content.

Table 4. Test results of Com-Ply made in this study.

Com-Ply type	Panel density		Modulus of rupture				Dry						3-hour soak					
							Shear strength			Wood failure			Shear strength			Wood failure		
	(kg/m ³)		(N/mm ²)			(N/mm ²)		(%)	(N/mm ²)		(%)	(N/mm ²)		(%)				
I	667	(1.5)	B	50.6	(17.3)	A	1.15	(10.2)	A	86	(7.5)	AB	0.13	(5.0)	A	95	(5.2)	AB
II	659	(5.1)	B	63.8	(24.6)	A	0.93	(7.9)	B	93	(6.8)	A	0.06	(7.2)	D	96	(3.1)	B
III	640	(2.7)	B	51.9	(26.1)	A	1.05	(13.2)	AB	89	(7.2)	A	0.14	(5.0)	A	97	(1.6)	AB
IV	620	(2.0)	B	54.2	(13.8)	A	0.89	(16.2)	B	93	(2.6)	A	0.09	(15.3)	B	99	(0.8)	A
V	721	(7.0)	A	74.9	(17.1)	A	1.02	(1.2)	AB	74	(9.6)	B	0.08	(6.0)	C	91	(5.6)	B

MOR values represent an average of four test specimens.

The shear strength and wood failure values given represent an average of four panels (four specimens per panel).

LSD means with the same capital letter are not significantly different (5% level).

Values in parenthesis are coefficients of variations.

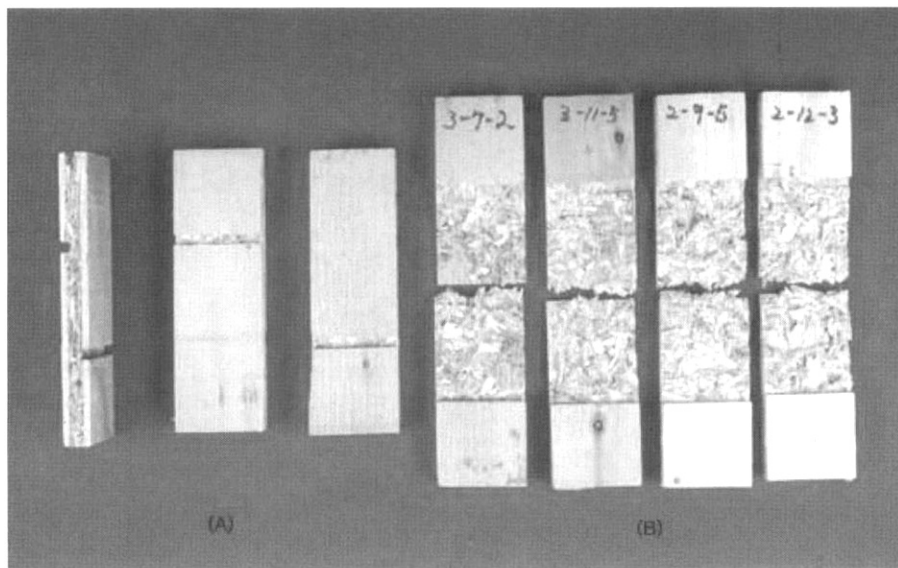


Figure 2. Tension shear test specimens before test (A) and after test (B).

이다. 요소수지접착제 혼합물 중에서 고형분량은 56.1% 였다(Table 3).

2. Com-Ply의 성능 평가

제조된 5종류 Com-Ply의 밀도 분포범위는 620~721 kg/m³였다(Table 4). 상수리나무로 제조된 Com-Ply의 밀도가 다른 4종류의 패널과 비교해서 높게 나타났다. 상수리나무로 제조된 Com-Ply의 높은 밀도는 다른 종류의 나무와 비교해서 상대적으로 단판의 높은 밀도 때문으로 사료된다. 휨파괴계수의 분포범위는 50.6~74.9 N/mm²로 높게 나타났다(Table 4), Com-Ply 종류에 대한 휨파괴계수는 5% 수준에서 유의성이 없었다. 특히, Com-Ply 종류 중에서 중층이 폐목재 파티클과 표면층이 낙엽송단판으로 제조된 IV형의 휨파괴계수 성능은 다른 Com-Ply 종류와 비교되는 좋은 결과를 보여줬다. 이런 결과는 폐목재를 이용하여 제조된 파티클보드에 단판을 결합시켜 제품의 품질을 향상시킬 수 있고, 폐목재의 폭넓은 활용에 기여할 수 있

다는 것을 보여준다.

비내수 인장전단접착력 시험에서 인장전단접착력의 분포범위는 0.89~1.15 N/mm²이고, 목파율은 86~93%로 나타났다(Table 4). Figure 2는 Com-Ply의 인장전단접착력 시험편을 성능시험하기 전과 성능시험한 후의 모습을 보여준다. 소나무로 제조된 Com-Ply의 인장전단접착력은 다른 종류 Com-Ply의 인장전단접착력 보다 높게 나타났다. 제조된 Com-Ply 종류에 따라서 인장전단접착력이 다른 이유는 단판 수종에 의한 차이 때문인 것으로 사료된다. 준내수 인장전단접착력 시험에서 인장전단접착력의 분포 범위는 0.06~0.14 N/mm²이고, 목파율은 91~99%로 높게 나타났다. 준내수 인장전단접착력 시험을 위한 60°C 온수에 3시간 동안 축진 노화시키는 동안 5종류의 Com-Ply 시험편에서 접착제 층이 분리되는 시험편은 없었다. 인장전단접착력이 낮은 이유는 중층이 파티클보드로 구성됐기 때문으로 사료된다. 비내수 시험에서 얻어진 인장전단접착력은 준내수 시험에서 얻어진 인장전단접착력보다 높

게 나타났고, 목파울의 경우에는 준내수 시험이 비내수 시험에서 얻어진 목파울보다 높게 나타났다. 합판의 인장 전단접착력이 높으면, 낮은 목파울을 보여주는 경향은 외국의 합판표준규정에서도 알 수 있다.

결 론

5종류의 Com-Ply는 국산재와 요소수지접착제 혼합물로 제조되었고, 성능 평가로부터 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 제조된 5종류의 Com-Ply의 휨 파괴계수는 5%수준에서 유의성이 없었다.

2. 비내수 인장 전단 접착력 시험 결과 인장전단접착력과 목파울에서 적합한 기준을 보여 줬다.

3. 요소수지접착제 혼합물은 국산재 단판을 이용한 Com-Ply제조에 적합했다.

전체적으로 본 연구에서 얻어진 결과는 국산재 및 폐목재 등을 활용하여 Com-Ply와 유사한 마루판 등과 같은 내장용 보드제조에 이용 가능하다.

2. 오용성. 1998. 충전제의 종류가 합판용 페놀수지 접착제에 미치는 효과. 목재공학 26(3): 48-52.
3. 오용성, 차재경, 박준혁. 2002. 폐목재로 제조된 파티클 보드의 성능평가. 목재공학 30(4): 23-26.
4. 한국임업신문. 2005. 낙엽송 5백만 m³ 생산 본격화. 제 426호.
5. 한국표준협회. 2002. 보통합판 KS F 3101. 서울. pp. 15.
6. 한국표준협회. 2002. 파티클보드 KS F 3104. 서울. pp. 17.
7. Maloney, T. 1992. Oregon strand board mill refines Com-Ply production. Panel World. Vol. 33(1): 31-32.
8. Oh, Y.-S. 1999. Evaluation of melamine-modified urea-formaldehyde resin binders for particleboard. Forest Products Journal 49 (11/12): 31-34.
9. Oh, Y.-S., Cha, J.-K. and Kwak, J.-H. 2003. Properties of particleboard from Korean thinning logs. Forest Products Journal 53(1): 67-69.
10. Oh, Y.-S. and Lee, J.-K. 2004. Evaluation of Korean softwood plywood bonded with urea-formaldehyde resin adhesive. Forest products Journal 54(2): 77-80.
11. SAS Institute. 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.03 eds. SAS Inst., Cary, N.C. pp. 1028.

참고문헌

1. 산림청. 2002. 숲가꾸어야 아름답다. 대전. pp. 75.

(2006년 11월 9일 접수; 2006년 11월 30일 채택)