

합판의 충전제로서 신문용지 잔사의 조사*1

오 용 성*2

Examination of Newsprint Residue as a Plywood Adhesive Filler*1

Yong-Sung Oh*2

ABSTRACT

A residue from the newsprint waste was investigated as a filler in adhesive for bonding southern pine plywood. The residue was prepared by drying the wet residue to 8% moisture content and grinding the dry material using a laboratory Wiley mill with a 75- μ m(200-mesh) screen. The residue was compared to a commercial filler commonly used in structural plywood adhesives. A total of 48 three-ply panels, 12.7mm nominal thickness and 0.3 by 0.3 m in size, were fabricated at two press times(4 and 5 min) and three assembly times(20, 40 and 60 min). Evaluations of the residue were carried out by performance tension shear tests after two 4-hour boil accelerated aging tests on plywood. The test results included tension shear strength and estimated wood failure values. All plywood made with the residue filler were comparable to the control-bonded plywood. These results indicate that residue from the newsprint waste streams would be suitable as filler for plywood adhesives.

Keywords : Filler, phenol-formaldehyde resin adhesive, southern pine plywood, newsprint waste

1. 서 론

충전제는 경화된 접착제의 골격사이에서 공극을 채우기 위해 접착제 혼합물에 첨가되는 비접착성 물질로 기술된다(ASTM, 1993). 합판제조에 사용되는 충전제들은 nutshell flour, furfural process residue, wood flour와 같은 유기물질과 여러 가지 진흙과 같은 무기물질로 분류된다(Sellers, 1985). 구조용 합판을 제조하기 위해 사용되는 합판의 접착제 혼합물은 phenol-

formaldehyde(PF) 수지, 물, 충전제, 증량제 그리고 NaOH로 구성되어 있다. 일반적으로 외장용 합판제조에 사용되는 접착제 혼합물의 경우에 PF 수지의 고형분량은 대략 24~28% 범위이다(Demas, 1984). PF 수지의 높은 가격 때문에 접착제 혼합물에서 요구되는 PF 수지의 양을 감소시키려는 노력이 계속되어 왔다. 충전제는 이런 목표를 달성하는데 매우 중요한 역할을 한다. 현재 미국에서는 충전제(lignocellulosic types)로 매년 75,000 metric tons을 구조용 합판 접착제 혼합물에 사용한다(Sellers, 1985). 접착제 혼합물에 사용되는 증량

*1 접수 1996년 2월 14일 Received February 14, 1996

본 논문은 1995학년도 영남대학교 학술연구조성비에 의한 것임.

*2 영남대학교 자연자원대학 College of Natural Resources, Yeungnam University, Kyongsan 712-749, Korea

제(proteinaceous types)도 매년 이와 동일한 양이 사용되고 있다.

합판산업에서는 접착제 혼합물에 사용하기 위한 새롭고 양질의 충전제의 개발이 매우 높게 요구되어 왔다. 무디고 양질의 충전제의 개발은 접착성질을 증대시킬 뿐만 아니라 합판과 laminated veneer lumber (LVL) 산업에서 사용되는 knife의 마손을 감소시키는데 장려되어 왔다(Sellers, 1989). 여러 가지 종류의 lignocellulosic types 충전제가 목재접착과 플라스틱 구조에 사용되고 있다(Sellers, 1990). 현재 미국에서는 종지와 관련된 쓰레기의 양이 쓰레기 총량의 무게에 대하여 40%에 이르고 있으며 2000년에는 44%까지 증가될 것으로 전망된다(Grinsteadt, 1992). 한국에서도 쓰레기 종량제 시행 이후에 많은 양의 폐목질자원이 분리수거되고 있어서 이것에 대한 처리 및 이용이 문제점으로 가시화되고 있다.

본 연구의 목적은 신문용지의 산 가수분해로부터 얻어진 잔사를 구조용 합판접착제의 충전제로서 사용하기 위한 가능성을 조사하기 위한 것이다. 실험실에서 건조되어 가루로 제조된 충전제는 상업용 충전제와 똑같은 접착제 혼합과정을 사용하여 여러 가지 열압력 조건에서 실험실용 합판이 제조되어서 비교되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 PF 수지와 물리적인 성질

PF 수지는 미국 Alabama주의 합판제조공장에서 합판제조에 사용하고 있는 것을 공급받아 사용하였다. PF 수지의 물리적 성질들 즉, 비휘발성분, pH, 유리 포르말린량, 점도 및 비중 등이 측정되었고, PF 수지의 분자량의 분포가 gel filtration chromatography(GFC)방

Table 1. Typical physical properties of phenol-formaldehyde resin used in this study.

Properties	PF resin
Nonvolatile solids(%)	43
pH	11.3
Free formaldehyde(%)	0.2
Viscosity(mPa · s)	1160
Specific gravity(25℃)	1.2
Molecular weight distribution(%)	
> 35000	18.5
35000 ~ 10000	34.0
10000 ~ 2000	26.0
< 2000	21.5

법에 의해서 측정되어서(Wooten *et al.*, 1988) 그 결과는 Table 1에 요약되어 있다. GFC 방법에는 Sephacryl S-200 gel column과 0.1N NaOH 용액이 사용되었고 용액의 흐름 속도는 1.7mL/minute이었다. Calibration standards로는 분자량 10^2 에서 10^5 daltons사이의 polystyrene sulfonates와 분자량 94의 phenol이 사용되었다. Ultraviolet detector wavelength는 280nm이었다. 분자량의 분포는 >35,000, 35,000~10,000, 10,000~2,000, 그리고 < 2,000 daltons 사이에서 측정되었다.

2.2 충전제

본 실험에서 사용된 control 충전제로서는 현재 미국 남동부지역의 구조용 합판생산 공장에서 폭넓게 사용하고 있는 furfural process의 잔사인 Cocob[®]을 사용하였다. 이 control 충전제는 전형적으로 함수율을 8~10% 함유하고 있으며 크기는 75- μ m(200-mesh) screen을 통과한 것이다. 신문용지 잔사는 미국 테네시 밸리 회사로부터 공급받아 사용되었다. 이 회사에서는 신문용지를 이용하여 알콜을 생산하고 있으며 나머지 것은 신문용지 잔사는 단순히 8%의 함수율로 건조시킨 후 실험실에서 Wiley mill을 이용하여 가루로 만들고 75- μ m(200-mesh) screen을 통과시킨 후 사용하였다.

2.3 합판의 제조 및 평가

합판제조에 사용되는 단판은 미국 southern pine으로서 미국 Alabama주의 합판제조공장에서 공급받아 사용하였다. 건조된 단판의 두께는 4.2mm이고 함수율은 사용할 당시에 5%이었다. 단판은 0.3×0.3m의 크기로 절단되었다. 합판용 수지 접착제 혼합물은 미국 Georgia Pacific Resins, Inc.의 추천된 방법에 따라서 수행되었다(Table 2). 2개의 수지 접착제 혼합물에 대하여 24개의 3층 합판(12.7mm의 두께와 0.3×0.3m의 크기)이 3개의 퇴적시간(20분, 40분, 60분)과 2개의 열압시간(4분, 5분) 그리고 각 조건들에 대하여 4반복으로 제조되었다. 전체 48개의 판넬들이 제조되었다. Double roll coater를 사용하여서 단판들에 접착제 혼합물을 214g/m²(44lb/1000ft² of single glueline)을 가한 후 퇴적시켰다. 퇴적된 판넬들은 실내온도에서 1,103kPa의 압력으로 냉압력되었고 1,379kPa과 150℃의 조건에서 열압력되었다.

접착된 판넬들은 U.S. Products Standard PS I-83. plywood shear tests for exterior application(1983)에 의해서 평가되었다. 48개의 판넬로 부터

Table 2. Typical plywood adhesive mix composition.

Adhesive mix ingredients	Parts by weight
Water	16
Extender(Proteinaceous)	6
Filler(Lignocellulosic)	6
PF resin	69
NaOH	3
Total mix	100

5개씩의 전단 시험편들은 82.5mm의 길이와 25.4mm의 넓이로 제조되었고 이렇게 잘려진 면은 25.4mm²의 정사각형의 전단 면적을 제공하여 준다. 시험편들은 4시간 동안 물 속에서 끓여지고, 19시간 동안 oven에서 건조시켜서 4시간 동안 다시 끓여진 후 냉수로 냉각시켜서 젖은 상태로 Globe plywood shear testing machine에서 인장전단강도가 수행되었다. 인장전단강도는 load dial로부터 기록되었고 전단 면적의 목재파괴율이 육안으로 5%씩 관찰되어 평가되었다.

2.4 통계분석

인장전단강도와 목재파괴율이 Statistical Analysis System(SAS, 1988) programing package를 이용하여 분석이 되었다. 완전임의 배치법에 의한 분산분석(ANOVA)이 촉진된 노숙 처리방법에 의한 목재파괴율과 인장전단강도의 효과들을 분석하기 위하여 사용되었다. 최소 유의차(LSD)에 의한 유의성도 검증되었고(P < 0.05). 이 분석에서 조사된 효과들은 판넬의 열압시간과 판넬의 퇴적시간이었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 목재파괴율

구조용과 산업용 합판에 대한 U.S. Product Standard PS I-83(1983)에 의하면 외장용 합판에 대하여 85%의 목재파괴율을 그리고 외장용 접착제로 접착된 내장용 합판에 대하여 80%의 목재파괴율을 요구한다. 합판의 시험편들은 촉진 노화 처리과정으로 4시간 동안 끓는 물에 침적시키는 과정을 두번 수행한 후, 그 시험편들의 단판의 접착층에서 어떤 분리도 관찰할 수 없었다. 신문용지잔사와 control 충전제로 제조된 합판의 목재파괴율이 Table 3에 요약되어있다. 전체평균으로 control 충전제로 제조된 합판의 목재파괴율은 신문용지 잔사로

Table 3. Wood failure percentages of plywood shear specimens for all processing variables.

Assembly time (min)	Press time (min)	Filler type	
		Control (%)	Newsprint residue (%)
20	4	95	92
	5	97	90
40	4	97	97
	5	99	93
60	4	99	96
	5	98	94
Average		98	94

Note: The values given represent average wood failure percentage of 4 panels(5 specimens per panel).

제조된 합판의 목재파괴율 보다 높았다(98% vs 94%). ANOVA 결과에 의하면, 충전제의 종류와 3개의 퇴적 시간들(20분, 40분, 60분)에 따라서 목재파괴율에 1% 수준에서 영향을 주었다. 그러나 2개의 열압시간들(4분, 5분)과 다른 주된요인들간의 상호작용은 목재파괴율에 영향을 주지 못했다(5% 수준). 이 결과는 4분의 열압시간에서 접착된 합판이 적절히 경화되었다는 것을 지적해준다.

LSD 결과에서는 퇴적시간 40분과 60분에서 접착된 합판의 목재파괴율은 5% 수준에서 유의성이 없었으나, 반면에 짧은 퇴적시간 즉, 20분에서 접착된 합판의 목재파괴율은 퇴적시간 40분과 60분에서 접착된 합판의 목재파괴율과 5% 수준에서 유의성이 있었다. 열압시간에 있어서는 4분과 5분으로 제조된 합판의 목재파괴율은 5% 수준에서 유의성이 없었다. 그러나 전술한 바와 같이 모든 실험조건에 대한 목재파괴율은 외장용 합판의 목재파괴율이 최소 조건인 85%를 초과하므로 모든 실험조건에서 다르지 않다.

3.2 인장전단강도

Control 충전제와 신문용지잔사로 제조된 합판의 인장전단강도가 Table 4에 요약되어있다. 전체평균으로 충전제의 종류에 따른 인장전단강도에서는 신문용지잔사로 제조된 합판의 인장전단강도가 control로 제조된 합판의 인장전단강도 보다 높게 나타났다(1057 vs 920kPa). 이러한 결과는 신문용지 잔사의 충전제가 접착층 내에서 응력들을 전달하는데 좀더 좋게 기여했다고 지적된다. ANOVA 결과에서는 충전제의 종류와 3개의 퇴적시간들

Table 4. Tension shear strength of plywood shear specimens for all processing variables.

Assembly time (min)	Press time (min)	Filler type	
		Control (kPa)	Newsprint residue (kPa)
20	4	990	1170
	5	1021	1200
40	4	799	860
	5	890	1021
60	4	842	1050
	5	975	1040
Average		920	1057

Note: The values given represent average shear strength of 4 panels(5 specimens per panel).

에 따라서 인장전단강도에 1% 수준에서 영향을 주었다. 반면에 2개의 열압시간과 다른 주된 요인들간의 상호작용에서는 인장전단강도에 영향을 주지 못했다(5% 수준).

LSD 결과에서는 퇴적시간 20분에서 집착된 합판의 인장전단강도는 40분에서 집착된 합판의 인장전단강도와 5% 수준에서 유의성이 있었고, 20분에서 집착된 합판의 인장전단강도와 60분에서 집착된 합판의 인장전단강도는 5% 수준에서 유의성이 없었으며, 40분에서 집착된 합판의 인장전단강도와 60분에서 집착된 합판의 인장전단강도는 5% 수준에서 유의성이 없었다. 4분과 5분의 열압시간에 대한 합판의 인장전단강도는 5% 수준에서 유의성이 없었다.

4. 결 론

신문용지의 산가수분해로부터 얻어진 잔사는 미국 southern pine 합판을 제조하기 위한 접착제 혼합물의 충전제로서 사용되었다. 이 잔사는 단순히 건조되어서 실험실에서 가루로 제조되어서 현재 구조용 합판의 접착제 혼합물에 보편적으로 사용되고 있는 충전제와 비교되었다. 신문용지 잔사로 제조된 합판의 목재파괴율은 모든 실험조건에서 control 충전제로 제조된 합판의 목재파괴율과 차

이가 없었다. 이런 결과들은 신문용지 잔사가 합판의 접착제 혼합물에 사용되는 충전제로서 적당하다는 것을 지적해준다.

참 고 문 헌

1. American Society for Testing and Materials. 1993. Annual Book of ASTM Standards: General products, chemical specialties, and end use products. Standard D907-93, Vol. 15.06 Adhesives. ASTM, Philadelphia, Pa.
2. Demas, T. 1984. Basic Plywood Processing. American Plywood Association, Tacoma, WA. : 7
3. Grinsteadt, R. R. 1992. Is waste paper waste?. *Chemtech* 22(1) : 32~36
4. National Standard Bureau. 1983. Product Standard PS I-83 : Construction and Industrial plywood. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.
5. SAS Institute. 1988. Statistical Analysis User's Guide. SAS Institute, Cary, NC. : 1028
6. Sellers, T., Jr. 1985. Chapter 20. Fillers. In Plywood and Adhesive Technology. Marcel Dekker, N. Y. : 471~493
7. Sellers, T., Jr. 1989. Knife wear due to filler type in plywood adhesives. *Forest Prod. J.* 39(4) : 39~41
8. Sellers, T., Jr. 1990. Survey reveals use of lignins as partial substitute for phenol. *Panel World* 31(5) : 26~29, 44
9. Wooten, A. L., M. L. Prewitt, T. Sellers, Jr., and D. C. Teller. 1988. Gel Filtration Chromatography of Resole Phenolic Resins. *J. Chromatography* 445 : 371~376