

유채박을 이용한 단판적층재용 접착제의 개발 및 성능평가*¹

양 인*² · 한 규 성*² · 최 인 규*³ · 김 용 현*⁴ · 안 세 희*⁵ · 오 세 창*^{5†}

Development of Adhesive Resins Formulated with Rapeseed Flour Hydrolyzates for Laminated Veneer Lumber and Its Performance Evaluation*¹

In Yang*² · Gyu-seong Han*² · In-gyu Choi*³ · Yong-hyun Kim*⁴ · Sye-hee Ahn*⁵ ·
Sei-chang Oh*^{5†}

요 약

목질계 판상재료 생산을 위하여 현재 주로 사용되고 있는 석유화학계 접착제는 원유의 가격 상승과 포름알데히드 방산과 같은 문제로 인해 대체 접착제에 대한 개발 필요성이 오래전부터 대두되었다. 본 연구에서는 석유화학계 접착제를 대체하기 위하여 바이오 디젤 부산물인 유채박의 효소 가수분해를 통해 접착제를 조제하고, 이 접착제를 단판적층재 제조에 적용한 후 물리 및 기계적 특성을 조사하여 유채박의 단판적층재 제조용 접착제 제조를 위한 원료화 가능성을 확인하고자 수행하였다. 먼저 유채박 접착제 조제를 위하여 유채박을 4가지 효소의 조합을 통해 개량한 다음, phenol formaldehyde (PF) prepolymer와 혼합하여 접착제를 제조하고 이를 단판적층재 제조에 사용하였다. 제조된 단판적층재의 평균함수율과 내수성은 모두 KS의 기준을 만족시키는 것으로 나타났으며, 유채박 접착제의 열분석에서 pectinase 가수분해물로 조제한 접착제를 제외하고 페놀수지 접착제와 열경화 특성이 큰 차이를 보이지 않았다. 단판적층재의 휨강도는 페놀수지 접착제로 제조한 단판적층재보다 높거나 유사한 것으로 나타나 기존 석유화학계 접착제의 대체 접착제로써 가능성을 보여주었다. 추후 접착성능

*¹ 접수 2011년 3월 29일, 채택 2011년 4월 26일

*² 충북대학교 농업생명환경대학 목재종이과학과. Department of Wood and Paper Science, Chungbuk National University, Cheong Ju 361-763, Korea

*³ 서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부 환경재료과학전공. Department of Forest Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

*⁴ (명)신흥기업사, Shin Heung Ind. Co., Cheong Ju 361-480, Korea

*⁵ 대구대학교 생명환경대학 산림자원학과. Department of Forest Resources, Daegu University, Kyongsan 712-714, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 오세창(e-mail: osc@daegu.ac.kr)

의 향상을 위해 적절한 유채박의 효소가수분해 조건에 대한 연구와 도포성능 개선에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

ABSTRACT

Due to the increase of oil price and the environmental issue such as the emission of volatile organic compounds, the necessity for developing alternative resins of petroleum-based adhesive resins, which have extensively been used for the manufacture of wood-based products, has been speculation since the early 1990. In our study, rapeseed flour (RSF), which is the by-product of bio-diesel produced from rapeseed, were hydrolyzed by enzymes. As a crosslinking agents of the RSF hydrolyzates, phenol-formaldehyde prepolymers (PF) were prepared. The RSF hydrolyzates and PF were mixed to complete the formulation of RSF-based adhesive resins, and the resins were applied to make the laminated veneer lumber (LVL). The physical and mechanical properties of the LVL were measured to examine whether RSF can be used as raw materials of adhesive resins for the fabrication of LVL or not. The average moisture content and soaking delamination rate of the LVL bonded with RSF-based adhesive resins exceeded the minimum requirement of KS standard. Moreover, thermal analysis of the RSF-based resins showed similar tendencies except for the RSF-based adhesive resins formulated with pectinase-hydrolyzed RSF. The bending strengths of the LVL were higher than that of the LVL made with commercial PF resins. These results showed the potential of RSF as a raw material of alternative adhesives for the production of LVL. Further works on the optimal conditions of RSF hydrolysis and spreading characteristics for RSF-based adhesive resins is required to improve the adhesive performance of RSF-based resins.

Keywords: rapeseed flour (RSF), laminated veneer lumber (LVL), enzyme hydrolyzates, alternative adhesives.

1. 서 론

합판, 파티클보드, 중밀도 섬유판(MDF), 각종 목질마루판 등과 같은 목질계 판상재는 대부분 합성수지 접착제인 요소, 페놀수지와 같은 포름알데히드계 접착제를 사용하여 제조되고 있다. 그러나 합성수지 접착제의 주원료인 석유자원의 고갈 및 가격상승으로 석유화학계 접착제의 일부 또는 상당 정도의 분량을 대체할 수 있는 접착제의 개발이 산업적으로 중요시 되고 있다. 특히 산업 부산물이나 폐기물을 접착제 원료로 사용하는 것은 폐자원의 효율적인 이용과 비용 절감적인 면에서 매우 중요한 연구 분야의 하나

로 최근 크게 각광을 받고 있다. 이에 따라 재생가능 자원 및 산업 부산물을 목재 접착제의 원료로 이용함으로써 석유화학계 접착제를 대체하거나 사용량을 줄이는 다양한 시도 및 연구 결과가 발표되었으나, 접착력과 내수성 문제로 인해 상용화까지 진행되기에는 여러 문제점을 내포하고 있는 것으로 보고되었다.

국내에서 석유화학계 접착제를 대신할 수 있는 대체 접착제의 제조와 용이한 원료 확보의 문제점을 동시에 해결하는 방안을 찾는 과정에서 오 등(2008), 양 등(2009), Yang *et al.* (2009)은 단백질계 원료로써 두부 생산 폐기물인 두부비지를 원료로 접착제를 조제하였다. 이렇게 조제된 두부비지 접착제는 점도

가 높고 고형분 함량이 낮은 관계로 합판 또는 무늬목 접착과 같이 도포형 접착제로만 사용이 가능하였으며, 아울러 석유화학계 접착제와 비교하여 경화를 위해 긴 시간과 높은 온도가 요구되었다. 또한 두부비지는 탄수화물의 함량이 높고 단백질 함량이 낮은 관계로 두부비지 접착제로 제조된 합판의 경우 내수성을 향상시키는 방안이 필요한 것으로 보고되었다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 대체 원료를 탐색하는 과정에서 두부비지에 비해 단백질을 많이 함유하고 있으며, 용이하게 원료 확보가 가능한 유채박을 이용한 연구가 수행되었다(양 등, 2010).

접착제를 사용하여 제조하는 공학목재 가운데 단판적층재는 현재 국산 중, 소경재를 고부가가치화시켜 활용할 수 있는 유효한 방안 중의 하나로 목조건축부재로부터 실내내장재에 이르기까지 활용이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구는 재생가능한 자원으로 바이오 디젤 부산물인 유채박을 이용하여 제조된 접착제를 단판적층재 제조에 적용한 후 단판적층재의 접착성능 평가를 통하여 친환경 접착제의 원료로써 유채박의 이용가능성을 검토하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 연구에서 사용된 유채박은 유채씨를 채종하여 기름을 짜낸 유채박을 (주)대영 TMS (경기, 평택)에서 구입하여 사용하였으며, 단판적층재 제조용 단판은 낙엽송(*Larix kaempferi*) 단판으로 단판제조전문업체에서 구입하여 사용하였다. 사용된 낙엽송 단판의 치수는 900 (W) × 900 (L) mm, 두께는 2.4~3.2 mm이며, 함수율은 25~32%였다.

2.2. 유채박의 가수분해

유채박의 접착제 원료화 가능성을 확인하고 가수분해조건에 따른 접착제의 물성을 비교하기 위하여 세 종류의 효소(celluclast, pectinex, alcalase)를 단

Table 1. Enzyme hydrolyzates used in this study

Abbre.	Type of Enzyme
C	Celluclast
CA	Celluclast + Alcalase
CP	Celluclast + Pectinex
PE	Pectinex

독 또는 조합하여 가수분해를 실시하였다. 먼저 500 ml의 증류수에 190 g의 유채박 분말을 첨가하여 충분히 교반시킨 후, 그 분산액을 각 효소별 최적 pH/온도(celluclast : 4.8/50°C, pectinex : 4.5/50°C, alcalase는 8.0/60°C)로 조절하고 유채박의 전건무게 대비 전체 1%의 효소를 첨가하여 가수분해를 수행하였다. 이렇게 준비된 유채박 효소 가수분해물로 조제된 접착제를 합판 제조에 적용하여 내수성을 측정할 결과를 토대로, Table 1에서 보는 바와 같이 4종류의 효소 가수분해물 조합을 선정하여 단판적층재 제조용 접착제의 원료로 사용하였다. 효소 가수분해물을 두 개 조합할 경우 조합비율은 1 : 1로 하였다.

2.3. 유채박 접착제의 조제

유채박 접착제는 유채박 가수분해물에 PF prepolymer를 혼합하여 조제하였으며, 혼합비율은 고형분 무게를 기준으로 70%의 유채박 가수분해물에 30% PF prepolymer를 첨가한 다음 70°에서 10분간 충분히 교반하여 조제하였다. PF prepolymer는 폼알데하이드와 페놀의 몰비를 2.1/1로 조절하여 조제하였으며, 조제된 PF의 최종 고형분 함량과 점도는 각각 50% 내외 그리고 65 m·Pa·s로 측정되었다. 최종 혼합된 유채박 접착제의 물성은 다음 Table 2와 같다.

2.4. 단판적층재 제조

410 × 410 mm로 재단된 단판을 항온항습기에서 평형함수율 5.5~6%로 건조시킨 후, 건조된 단판에 5종류의 접착제(4종류의 유채박 접착제와 시험비교용으로 시판되고 있는 페놀수지 접착제)를 도포량이

Table 2. Basic properties of adhesives formulated with enzyme hydrolyzates

Adhesive Type	Viscosity (cps)	pH	Solid content (%)
C	3,420	6.45	33.07
CA	3,120	8.81	33.87
CP	3,690	6.29	34.19
PE	3,280	6.41	33.82

250 g/m²가 되도록 하여 편면 도포하였으며, 열압에서 앞서 5분간의 개방집결시간과 5분간의 폐쇄집결시간을 부여하였다. 순차적으로 목리방향에 평행하게 적층된 단판을 3장을 겹쳐서 열압기에서 온도 160°C, 압체압력 10 kg/cm², 압체시간 8분으로 하여 각 접착제 조건별로 3개의 단판적층재판을 제조하였다. 이후 접착제를 바른 2매의 단판을 추가하여 같은 조건으로 하여 5층으로 구성된 단판적층재를 제조하였으며, 제조 후에 마감된 단판적층재의 치수는 400 (W) × 400 (L) mm, 두께는 11.5 ± 0.5 mm이었다.

2.5. 단판적층재 제조용 접착제 및 단판적층재의 물성 시험

2.5.1. 단판적층재 제조용 접착제의 열적 특성

단판적층재 제조 시 사용된 접착제의 열적 경화특성을 조사하기 위하여 DSC 열분석기를 사용하여 최고온도(peak temperature) 및 온셋온도(onset temperature)를 측정하였다. 처리조건은 온도를 분당 5.0°C/min 간격으로 200°C까지 올려 접착제의 열적 경화특성을 조사하였다.

2.5.2. 단판적층재의 물리적 특성

제조된 단판적층재의 물리적 특성을 파악하기 위하여 밀도와 함수율은 KS F 2198 '목재의 밀도 및 비중측정방법'과 KS F 2199 '목재의 함수율 측정방법'의 규정에 따라 측정하였으며, 내수성 측정을 위한 침지박리시험은 KS F 2160 '접착제품의 침지박리시험'의 규정에 따라 실시하였다.

Table 3. Thermal properties of commercial phenol-formaldehyde and rapeseed flour enzyme hydrolyzates adhesives (unit; °C)

Type of adhesive	T _p	T ₀	ΔP
Commercial PF	1633	1329	30.4
C	1617	1345	27.2
CA	1629	129.7	33.2
CP	1341	120.8	13.3
PE	1623	137.1	25.2

2.5.3. 단판적층재의 기계적 특성

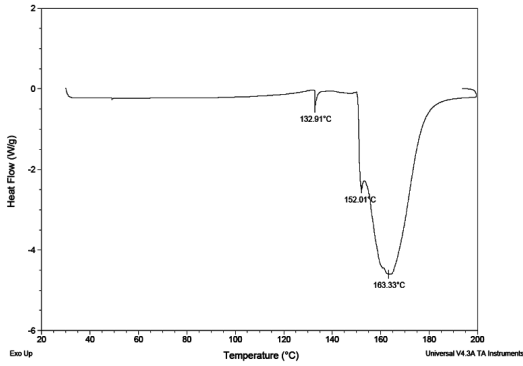
제조된 단판적층재의 기계적 특성을 파악하기 위하여 강도시험은 단판적층재에 대한 국내시험규격이 없어 국제표준규격으로 채택된 ISO/FDIS 22390 'Timber structure - Laminated veneer lumber - Structural properties'에 따라 두 종류의 휨강도 (edgewise/flatwise)와 종압축시험을 실시하였으며 각 조건당 10반복으로 용량 50 kN의 UTM (universal testing machine)을 사용하여 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

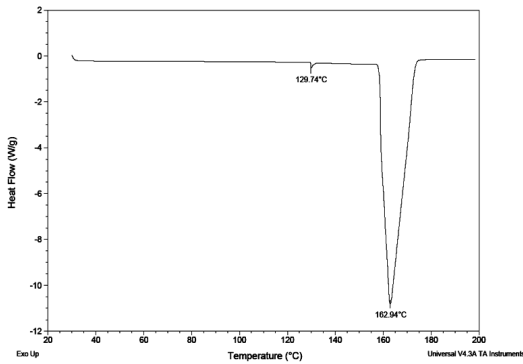
3.1. 단판적층재 제조용 접착제의 열적 특성

유체박 가수분해물을 사용하여 제조한 접착제와 대조구용으로 사용된 시판용 페놀수지 접착제의 DSC 열분석에서는 접착제의 경화거동을 나타내는 중요한 인자로 최고온도(peak temperature : T_p)와 온셋온도(onset temperature : T₀)를 측정하며, 그 차이는 경화시간을 나타내는 지표로 사용된다. 본 연구에서 측정된 T_p와 T₀의 값은 Table 3과 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이 CP의 경우를 제외하고는 T_p는 평균적으로 162 ± 1°C 정도로 나타났으며, 유체박 가수분해물의 종류에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. T₀의 측정 결과를 보면, CA와 CP 접착제의 경우 현재 시판되고 있는 페놀수지 접착제보다 낮은 온도에서 경화가 시작되는 걸로 나타났으며, T_p의 경



(a)



(b)

Fig. 1. DSC thermograms of formulated adhesives (a : PF, b : CA).

우도 낮은 것으로 나타났다. 한편 T_p 와 T_0 의 온도차이가 크다는 것은 경화시간이 짧은 것을 의미하므로 CA의 경우 페놀수지보다 짧은 경화시간을 가지는 것으로 나타났으나, 나머지는 모두 낮게 나타나 접착제의 경화에 시판용 페놀수지 접착제보다 상대적으로 긴 시간이 필요한 것으로 판단된다(Fig. 1). 따라서 유채박 가수분해물로 접착제를 제조할 경우 가수분해시 적용되는 효소의 종류에 따라 경화시간이 상대적으로 길어질 것으로 생각되어 경화시간의 단축을 위한 각 효소간의 조합 및 제조조건에 대한 방안이 강구되어야 할 것으로 판단된다.

Table 4. Average density and moisture content of tested LVL

Adhesive type	Density (g/cm ³)	Moisture content (%) [*]	
		Average	Test results
Commercial PF	0.57 (0.08)	5.69	passed
C	0.59 (0.09)	5.93	passed
CA	0.51 (0.06)	5.90	passed
CP	0.56 (0.11)	5.86	passed
PE	0.51 (0.06)	5.96	passed

^{*} KSF 3119; 15% or less/JAS 701; 14% or less.

^{*} values in parenthesis are standard deviation.

3.2. 유채박 접착제를 사용한 단판적층재의 물리적 특성

3.2.1. 단판적층재의 밀도와 함수율

제조된 단판적층재의 기건밀도와 함수율의 평균치 및 표준편차 결과를 Table 4에 나타내었다.

제조된 단판적층재의 평균밀도는 0.51~0.59 g/cm³으로 나타났으며, 평균함수율은 5~6% 사이에 분포하고 있는 것으로 측정되었다. 따라서 국내규격인 수장용 단판적층재의 KS F 3119 품질규격에서 기준함수율인 15%보다 낮아 품질 기준을 만족시키는 것으로 나타났다. 또한 구조용 단판적층재의 일본농림규격에서 기준함수율은 14%로 규정되어 있는데, 유채박 접착제로 제조된 단판적층재의 함수율이 이보다 낮은 값을 보여주어 일본의 기준을 만족시키는 것으로 나타났다. 평균함수율이 낮게 나타난 결과는 본 연구에서 단판적층재 제조를 위하여 사용된 단판의 건조와 고온에서 열압으로 인해 나타난 것으로 사료된다.

3.2.2. 단판적층재의 내수성

KS 기준에 따라 측정된 단판적층재의 내수성 결과는 시험편을 상온조건에서 24시간 침지시킨 후 60 ± 3°C의 건조기에서 24시간 이상 건조시켜 박리된 길이를 측정하여 식 (1)에 따라 박리율을 측정하였으며, 그 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Test results of soaking delamination rate of LVL

Adhesive type	Soaking delamination rate (%)	Test results*
Commercial PF	2.26	passed
C	3.23	passed
CA	6.61	passed
CP	4.42	passed
PE	5.01	passed

* KS F 3119, 10% or less.



Fig. 2. Cupping of tested LVL after soaking and drying cycle treatment under the test standard.

$$\text{박리율(\%)} = \frac{\text{양쪽 횡단면에서 접착층 박리길이의 합}}{\text{양쪽 횡단면에서 접착층 길이의 합}} \quad (1)$$

Table 5에서 보는 바와 같이 유채박 접착제로 제조된 단판적층재의 내수성은 모두 KS 기준을 만족시키는 것으로 나타났으며, 가수분해조건에 따른 결과를 보면, CA가 가장 높게, C가 가장 낮게 나타나 효소 중에서 Celluclast 가수분해물로 제조한 접착제가 가장 우수한 내수성을 나타내었다. 이 결과로부터 유채박의 효소 가수분해물과 함께 제조된 접착제를 적용시킨 단판적층재의 내수성은 상당히 우수한 것으로 나타나 내수성이 필수적인 항목인 구조용 접착제로서 유채박 가수분해물의 접착제로의 사용 가능성을 확인할 수 있었다.

Table 6. Results of bending strength test of LVL

Type of Adhesive	Bending strength (N/mm ²)			
	Flatwise bending		Edgewise bending	
	MOR	MOE	MOR	MOE
Commercial PF	583 (12.81)*	7602 (1247.8)	58.8 (10.51)	7694 (945.8)
C	69.4 (7.87)	9581 (1217.0)	55.1 (7.35)	7865 (578.1)
CA	54.0 (11.86)	7557 (506.2)	49.3 (8.74)	6440 (392.0)
CP	58.7 (11.42)	8980 (1234.2)	61.4 (8.57)	8829 (620.2)
PE	57.8 (9.43)	8500 (1154.4)	54.6 (9.89)	7488 (605.4)

* values in parenthesis are standard deviation.

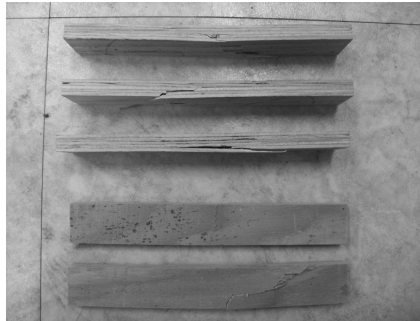
침지시험 후 시험편의 형상은 Fig. 2에 나타내었는데, 침지 후 건조한 시험편에서 폭굽음 현상을 관찰할 수 있었으며, 시판용 단판적층재의 단점으로 지적되는 것과 마찬가지로 수분변동에 따른 폭굽음 현상은 향후 개선이 요하는 문제로 사료된다.

3.3. 유채박 접착제를 사용한 단판적층재의 기계적 특성

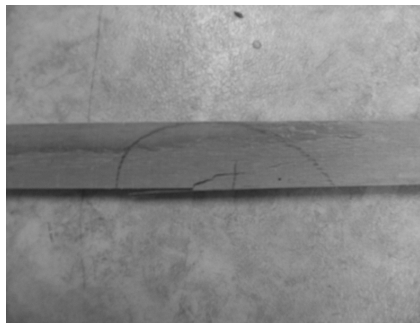
3.3.1. 휨강도

유채박 접착제로 제조된 단판적층재의 휨강도는 시판용 페놀수지 접착제를 사용하여 제조된 LVL의 휨강도와 비교했을 때 평면휨(flatwise bending)시험에서는 C-타입 접착제가 가장 높은 값을 보여주었으며, CP와 PE 접착제는 페놀수지 접착제와 유사하게 나타났다. 페놀수지 접착제로 제조한 단판적층재의 휨강도에 대한 유채박 접착제로 제조한 단판적층재의 휨강도의 비는 C, CA, CP, PE에 있어서 각각 1.19, 0.92, 1.00, 0.99로 나타나 거의 유사한 값을 나타내었다. 탄성계수는 CA-타입 접착제를 제외하고 모두 시판용 페놀수지 접착제보다 높게 측정되었다.

측면휨(edgetwise bending)시험에서는 CP타입 접착제가 가장 높은 값을 보여주었으며, CA 접착제가



(a)

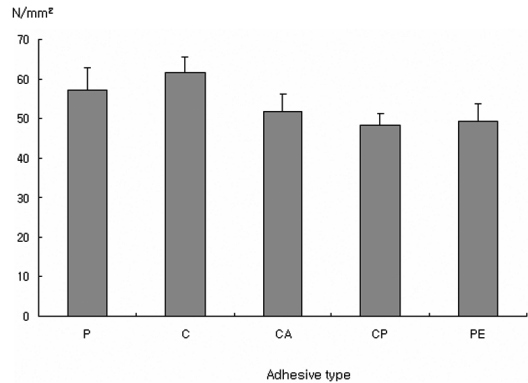


(b)

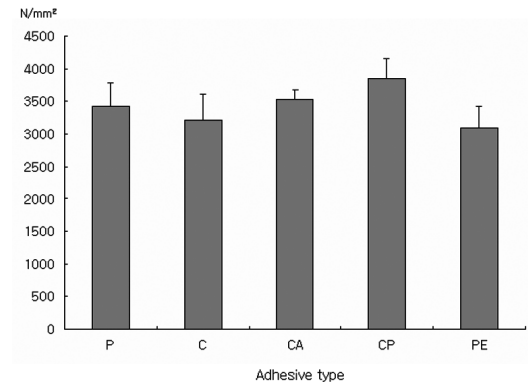
Fig. 3. Failure mode of LVL using formulated adhesives (a; flatwise bending, b; edgewise bending).

가장 낮은 값을 보여주었다. 시판용 페놀수지 접착제로 제조한 단판적층재의 휨강도에 대한 유채박 접착제로 제조한 LVL의 휨강도의 비는 C, CA, CP, PE에 있어서 각각 0.93, 0.83, 1.04, 0.93으로 나타났다. 탄성계수는 CA와 CP 타입 접착제를 제외하고는 모두 페놀수지 접착제보다 높게 측정되었다. 이들 결과를 통하여 유채박의 효소 가수분해물로 제조한 접착제의 경우 대부분 양호한 휨 성능을 보여주었으며 CA 접착제를 제외하고는 모두 페놀수지 접착제의 대용으로 사용이 가능할 것으로 판단된다.

한편 제조된 LVL의 휨시험에 따른 파괴양상을 보면, Fig. 3에서 보듯이 평면 휨시험 부재의 경우 대부분 인장측에서 파괴가 일어나 소재의 파괴형태와 유사함을 보여주었으며, 인장파괴 후 접착층 사이에서 수평진단에 의한 파괴가 진행되는 것으로 나타났다. 측면 휨시험의 경우 파괴양상은 평면 휨시험과 마찬가지로



(a)



(b)

Fig. 4. Compressive strength (a) and modulus (b) of LVL using formulated adhesives.

가지로 인장측에서 파괴가 나타났으며, 계속적으로 파괴가 진행되면서 접착층간의 전단파괴 양상도 관찰되었다.

3.3.2. 종압축강도

유채박 접착제를 사용하여 제조된 단판적층재의 종압축강도를 시판용 페놀수지 접착제로 제조된 단판적층재의 압축강도와 비교하였을 때 평면휨시험에서와 마찬가지로 C-타입 접착제가 가장 높은 값을 보여주었으며, CP와 PE 접착제는 시판용 페놀수지 접착제보다 낮게 나타났다(Fig. 4(a)). 시판용 페놀수지 접착제로 제조한 단판적층재의 압축강도에 대한 유채박 접착제로 제조한 단판적층재의 압축강도

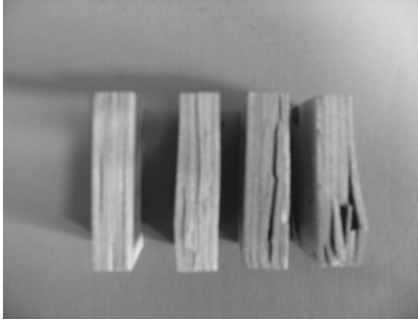


Fig. 5. Compression failure mode of LVL using formulated adhesives.

의 비는 C, CA, CP, PE에 있어서 각각 1.07, 0.91, 0.85, 0.86으로 나타났다. 한편 압축탄성계수는 C와 PE-타입 접착제를 제외하고는 모두 페놀수지 접착제보다 높게 측정되었다(Fig. 4(b)). 이 결과로부터 종압축강도적인 측면에서 유채박 효소 가수분해물로 제조한 접착제의 경우 Celluclast 효소 가수분해물로 조제한 접착제가 LVL용 접착제로서 사용 가능성이 가장 높다고 생각된다.

제조된 LVL의 압축시험에 따른 파괴양상은 Fig. 5에서 보듯이 전형적인 압축파괴의 형태를 보여주었으며 일부 접착이 미진한 부분에서 접착층의 파괴도 관찰되었다. 이는 주로 시판용 페놀수지를 제외한 다른 접착제를 사용한 단판적층재에서 발생한 것으로 접착제의 도포공정 중에 일부 도포면에서 결교가 발생하여 생긴 것으로 판단된다. 추후 단판적층재 제조 공정에서 유채박 가수분해물을 사용한 접착제의 점도와 도포성능을 개선하면 단판적층재의 압축성능은 상당히 개선되어 좋은 결과를 가져오리라고 생각된다. 이를 위해 적절한 유채박의 효소가수분해 조건과 도포성능 개선에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각한다.

4. 결 론

바이오 디젤 부산물인 유채박을 구조용 공학목재인 단판적층재 제조용 접착제의 원료로써 이용하기 위하여 4가지 효소를 사용하여 가수분해시킨 후 PF

prepolymer와 혼합한 접착제를 조제한 다음 단판적층재를 제조하고 시판용 페놀수지 접착제로 제조한 단판적층재와 성능을 비교한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 제조된 LVL의 평균밀도는 0.51~0.59로 나타났으며, 평균함수율은 5~6% 사이로 측정되어 KS의 품질기준을 만족시키는 것으로 나타났다. 제조된 단판적층재의 내수성은 모두 KS의 기준을 만족시키는 것으로 나타났으며, 가수분해조건에 따른 결과에서 보면 CA가 가장 높게, C가 가장 낮게 나타났다.

2) 유채박 접착제의 열분석에서 PE 가수분해물로 조제한 접착제를 제외하고 T_p 는 평균적으로 $162 \pm 1^\circ\text{C}$ 정도로 나타났으며, 시판용 페놀수지 접착제와 큰 차이를 보이지 않았다.

3) 유채박 접착제로 제조된 단판적층재의 휨강도와 시판용 페놀수지 접착제를 사용하여 제조된 LVL의 휨강도와 비교하였을 때, 평면 휨시험에서는 C-타입 접착제가 가장 높은 값을 보여주었으며, 탄성계수는 CA-타입 접착제를 제외하고는 모두 시판용 페놀수지 접착제보다 높게 측정되었다. 측면 휨시험에서는 CP-타입 접착제가 가장 높은 값을 보여주었으며, 탄성계수는 CA와 CP-타입 접착제를 제외하고는 모두 시판용 페놀수지 접착제보다 높게 측정되었다. 제조된 단판적층재의 휨시험에 따른 파괴양상은 소재의 파괴형태와 유사함을 보여주었으며, 인장파괴 후 접착층 사이에서 수평전단에 의한 파괴가 진행되는 것으로 나타났다.

4) 유채박 접착제를 사용하여 제조된 단판적층재의 종압축강도는 시판용 페놀수지 접착제를 사용하여 제조된 LVL의 압축강도와 비교하여 C-타입 접착제가 가장 높은 값을 보여주었으며 이상의 강도 시험 결과로부터 C-타입 접착제가 가장 우수한 결과를 나타내었다.

5) 접착성능의 개선을 위하여 적절한 유채박의 효소가수분해 조건과 도포성능 개선에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부의 농림수산식품기술기획평가원의 지원에 의해 수행되었다.

참 고 문 헌

1. International Standard Organizationi (ISO). 2010. Timber structures - laminated veneer lumber - Structural properties. ISO/FDIS 22390.
2. Yang, I., S. H. Ahn, I. G. Choi, H. Y. Kim, and S. C. Oh. 2009. Adhesives formulated with chemically modified okara and phenol-resorcinol-formaldehyde for bonding fancy veneer onto high-density fiberboard. *J. of Industrial and Engineering Chemistry* 15(3): 398~402.
3. 양인, 안세희, 최인규, 최원실, 김삼성, 오세창. 2009. 두 부비지 가수분해물과 페놀수지로 조제한 마루판 화장용 접착제의 접착성능. *목재공학회지* 37(4): 388~396.
4. 양인, 정재훈, 한규성, 최인규, 사공 문, 안세희, 오세창. 2010. 유채박의 알칼리 가수분해물을 이용한 합판용 접착제의 개발. *목재공학회지* 38(4): 323~332.
5. 오세창, 안세희, 최인규, 정한섭, 윤영호, 양인. 2008. 두 부비지를 이용한 합판용 접착제의 개발 및 적용. *목재공학회지* 36(3): 30~38.
6. 한국산업규격. 2001. KS F 2198 목재의 밀도 및 비중 측정 방법. 지식경제부 기술표준원.
7. 한국산업규격. 2001. KS F 2199 목재의 함수율 측정 방법. 지식경제부 기술표준원.
8. 한국산업규격. 2005. KS F 3119 수장용 단판 적층재. 지식경제부 기술표준원.
9. 한국산업규격. 2008. KS F 2160 접착목재제품의 침치 박리 시험방법. 지식경제부 기술표준원.
10. 日本農林水産省. 2008. 構造用單板積層材の日本農林規格. 日本農林水産省告示 第701号.