

백합나무를 이용하여 제조한 3층 파티클보드와 배향성 스트랜드보드(OSB)의 물성에 관한 연구¹

서 준 원² · 강 길 우² · 조 건 희² · 박 현^{2,†}

Study on the Physical and Mechanical Properties of Particleboard and Oriented Strandboard Manufactured by Tulliptree (*Liriodendron tulipifera* L.)¹

Jun won Seo² · Gil woo Gang² · Gun hee Jo² · Heon Park^{2,†}

요 약

본 연구에서는 주요 조림수종으로 선정된 백합나무를 이용하여 파티클보드(PB)와 배향성 스트랜드보드(OSB)를 제조하여 보드 원료로서의 가능성을 확인하였다. 두께 15 mm, 밀도 0.7 g/cm³의 파티클보드와 두께 10 mm, 밀도 0.65 g/cm³의 OSB를 제조하였으며, 파티클보드 공장에서 상용하고 있는 E₁ 등급의 요소 · 폼알데하이드 수지와 왁스, 경화제를 첨가하여 실제 생산, 유통하는 보드제품과 최대한 유사하게 제작조건을 맞추었다.

제조된 보드의 품질시험 결과, PB의 경우, 평균두께 15.8 mm, 평균밀도 0.71 g/cm³, 함수율은 5.8% 기준에 적합하였다. 휨강도는 KS 규격(KS F 3104)의 13형 이상(13.0 N/mm² 이상), 박리강도는 18형 이상(0.3 N/mm² 이상), 나사못 유지력은 평면에서는 18형 이상(700 N 이상), 측면 15형 이상(300 N 이상)의 품질을 만족시켰다. 그러나 휨강도가 박리강도, 나사못유지력에 비해서 낮은 강도를 나타내는데 이것은 파티클 길이/두께의 비율(Slenderness ratio)이 영향을 미친 것으로 판단된다. OSB의 경우, 평균두께 10.7 mm, 평균밀도 0.68 g/cm³, 함수율은 6.3%로 KS F 3104 기준에 적합하였으며, 휨강도 18형 이상(18.0 N/mm² 이상), 나사못유지력 18형 이상(700 N 이상), 박리강도 13형 이상(0.20 N/mm² 이상)의 품질을 만족시켰다.

ABSTRACT

This study was conducted to investigate a potential of Yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* L.) as a raw material for the manufacturing of particleboard (PB) and oriented strandboard (OSB). PB panels were prepared at the parameters of 0.7 g/cm³ density, 15 mm thickness, three-layer, E₁ grade urea-formaldehyde (UF) resin, emulsion wax, and hardener. OSB panels were manufactured with a density of 0.65 g/cm³, thickness of 10 mm, and E1 grade of UF resin. Particle size of the face layer of PB was 20~80 mesh with 7~9% moisture content (MC), while that of core-layer

¹ Date Received December 23, 2017, Date Accepted January 5, 2018

² 건국대학교 녹색기술융합학과. Department of Green Technology Convergence, Konkuk University, Chungju, Chungbuk 27478, Republic of Korea

[†] 교신저자(Corresponding author): 박 현(e-mail: h.park@kku.ac.kr, ORCID: 0000-0002-6774-6515)

was 3~20 mesh with 3~5% MC, which was similar to the production condition of commercial PB. As a result, the manufactured PB panels with 15.8 mm thickness, 0.7 g/cm³ density, and 5.8% MC satisfied the requirement of bending strength of 15 type PB of Korean Industrial Standard (KS F 3104). Both internal bonding (IB) strength and surface screw withdrawal resistance also satisfied the requirement of 18 type PB of the standard. But, the edge screw withdrawal resistance satisfied the requirement of 15 type PB of the standard. These differences in properties could be due to the slenderness ratio of raw particles. In case of OSB panels with 10.7 mm thickness, 0.68 g/cm³ density, and 5.8% MC satisfied all the requirements of bending strength, screw withdrawal resistance, and IB strength of 18 type PB of the standard. These results suggest that Yellow poplar wood has a good potential as a raw material for the production of PB and OSB.

Keywords : *Liriodendron tulipifera* L., particleboard, oriented strandboard, slenderness ratio, image analysis

1. 서 론

백합나무(*Liriodendron tulipifera* L.)는 한국 기후에 대한 적응력과 탄소흡수능력이 높은 것으로 평가되어, 주요 조림수종으로 선정되었으며, 화석연료 대체 및 탄소 배출권 확보를 위한 주요 조림수종으로 관심이 집중되었다(Ryu *et al.*, 2003; Ryu *et al.*, 2008).

Kang *et al.* (2013)의 보고에 따르면, 백합나무 조림면적은 지속적인 증가추세를 보여 2011년도에는 전체 조림지 면적 21,179 ha의 21%인 4,583 ha를 차지하고 있다.

Park *et al.* (2009)의 보고에 따르면, 백합나무는 재색의 차이로 인해 심·변재의 구분이 쉬운 수종으로서, 변재는 황백색, 회백색 또는 백색이고 심재는 녹갈색 혹은 회갈색의 재색이 나타난다. 그리고 가공 특성에 있어, 건조, 거단 및 포삭성이 양호하며, 휨가공 성능도 양호한 것으로 나타났다. 그리고 도장성과 접착성이 양호하여 가구용재로도 이용 가능한 것으로 보고하였다(Chong, 2000; Lee *et al.*, 2010). 또한, 백합나무는 비중(0.47)이 다른 수종에 비해 가벼우며, 강도가 비교적 약한 그룹에 속하여 침엽수와 견줄 만하다(KFRI, 2012)

Lee *et al.* (2014)은, 백합나무는 특유의 냄새로 인하여 실내공기의 오염원이 잠재적인 오염원이 될 수 있다고 전제하고 그 냄새의 성분을 파악하여 acetaldehyde와 propionaldehyde와 기타 VOC에 의한 것이라고 추정하였으며, 건조후에 생재에서 발생되는

특유의 냄새가 나타나지 않는다고 보고하였다.

Lee *et al.* (2010)은 국산 백합나무의 구조용 제재목의 이용가능성을 평가하여 백합나무가 구조용재로 이용이 가능함을 확인하였으나, 국산 백합나무의 휘탄성계수가 국내의 기준 설계치를 충족시키지 못하다고 보고하고, 국산 백합나무를 구조용재로 이용하기 위한 기준을 제시하였다.

위와 같이 백합나무의 이용에 대한 기존의 연구들은 백합나무의 재질이나 생재나 건조재로서 판재를 이용하거나 구조재로서의 가능성을 연구하거나, 연료로서의 가능성과 그 화학적 처리에 초점을 두고 있다. 또한 백합나무의 이용에 대한 제한 조건으로서 독특한 재색과 냄새가 문제점으로 제시되었으나 Yoon *et al.* (2009)과 Kim *et al.* (2010)는 열처리에 의한 재색 제어를 제시하였고, Park과 Lee (2013)는 도장기법을 이용한 심·변재 색차이를 극복하는 방법을 제시하였다.

따라서 본 연구는 주요 조림수종으로서 많은 목재 공급이 가능할 것으로 판단되는 백합나무를 이용하여 파티클보드(PB)와 배향성 스트랜드보드(OSB)를 생산하고 그 물리적 특성을 측정하고자 한다. 비교적 저비중의 백합나무가 파티클보드의 원료로서 어느 정도의 강도를 가지고 있는지 실제 생산, 유통되고 있는 파티클보드의 제조조건과 유사하게 제조하여 물성을 측정하고, 앞으로 목재로서 사용량이 많아질 백합나무가 공학목재의 원료로서 얼마만큼의 가능성이 있는지 결과를 제시함으로써 백합나무 이용에 있어 기초적인 자료를 제공하는데 그 목적을 두고 있다.

Table 1. Configuration of Software and Hardware

Software for Image Analysis	Matlab 2012b, Image processing toolbox
Hardware for Image Analysis	Epson V-30 Scanner
	Resolution : 300 dpi
Hardware setting	Image type : 24 bit true color, TIFF
	Image size : 215.9 × 297.2 mm

Table 2. Board manufacturing conditions

	PB	OSB
Size (L × W × T : mm)	450 × 450 × 15	350 × 350 × 10
Resin	Surface 12% Middle 8%	10%
Hardener	Surface No Middle 3%	
Wax	Surface 1% Middle 1%	
Press	Oil-Pressure	Oil-Pressure
Press Temp (°C)	170 ± 3°C	150 ± 3°C
Pressure	45 kg/cm ²	40 kg/cm ²
Press Time (mins)	10 min	9 min

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

보드 제조에 사용된 공시재료인 백합나무는 산림 과학원과 개인으로부터 각각 분양받아 사용하였다. PB의 경우, 백합나무 각재를 칩퍼를 사용하여 1차 파쇄하고 hammer mill로 2차 파쇄하여 파티클화하였다. 표층(SL)용 파티클은 20~80 mesh를 선별하여 사용하였고, 중층(CL)용 파티클은 3~20 mesh 파티클을 선별하여 사용하였다. OSB의 경우, 자체제작한 스트랜더를 이용, Slenderness Ratio를 150으로 고정하여 길이와 두께를 75 × 0.5 mm로 조제하였다.

2.1.1. 접착제

PB와 OSB제조에 사용된 접착제는 D기업에서 E₁ 등급의 요소-폼알데하이드 수지를 분양받아 사용하였다. 접착제의 고형분량은 60%였다.

2.1.2. 첨가제 및 경화제

본 연구에서는 PB에 한하여 왁스와 경화제를 첨가하였다. D기업에서 분양받은 고형분량 50%의 왁스를 사용하였으며 파티클 전건중량 대비로 Table 2와 같이 첨가하였다. 경화제는 20% 농도의 Na₄Cl 용액을 만들어 수지첨가량(전건량)기준 대비로 Table 2와 같이 첨가하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 영상처리

보드 제조에 사용된 파티클과 스트랜드는 스캐너를 사용하여 그 형상을 영상으로 얻었다. 영상처리에 사용된 소프트웨어와 하드웨어의 사용환경은 Table 1과 같다. 얻어진 영상은 Matlab 내부 함수를 사용하여 이진화한 후, 파티클의 장축과 단축의 길이를 추출하여 비교하였다. 영상처리와 분석은 파티클보드의 중층 형성에 사용된 파티클에만 적용하였다.

Table 3. Thickness, Density and Moisture Content of PB and OSB

	Thickness (mm)	Density (g/cm ³)	Moisture Content (%)
PB	15.8 ± 0.10	0.71 ± 0.01	5.8 ± 0.1
OSB	11.1 ± 0.40	0.67 ± 0.05	6.3 ± 0.1

2.2.2. 보드제조

보드제조는 실험실에서 자체제작한 교반기를 사용하여 접착제를 도포하였으며, 유압식 single press를 사용하여 열압하였다. 치수와 제조조건은 PB의 경우 450 mm × 450 mm × 15 mm로, OSB의 경우 350 mm × 350 mm × 10 mm로 하였고, 각각의 두께에 해당하는 Thickness bar를 사용하였다. 보드제조에 사용된 조건은 Table 2와 같다.

2.2.3. 물성 시험 및 통계 분석

제조된 보드는 24시간 실온에서 조습처리 후 물성 시험편을 채취하였다. 보드의 물리·기계적 성질은 KS F 3104의 시험방법에 의해 측정하였다. 측정된 데이터를 사용하여 완전임의배치법으로 그룹간의 유의성 검정을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 파티클의 형상과 크기

파티클과 스트랜드에 대한 영상분석 결과는 다음과 같다. Fig. 1은 파티클 이진화 영상이다. 이진화 영상으로부터 파티클별의 장축과 단축을 측정한 결과, 장축의 길이는 8.37 ± 9.94 mm, 단축의 길이는 3.35 ± 2.22 mm로 측정되었다. 또한 각각의 파티클에 대한 slenderness ratio의 측정 결과는 6.69 ± 4.26으로 나타났다. 따라서 본 연구에 사용된 파티클의 형상은 기존의 파티클보다 짧고 굵은 형상을 가지고 있는 것으로 판단되며, 이러한 현상은 파티클 제조과정에서 hammer mill을 사용하여 파티클을 제조한 것에 기인하는 것으로 판단된다.

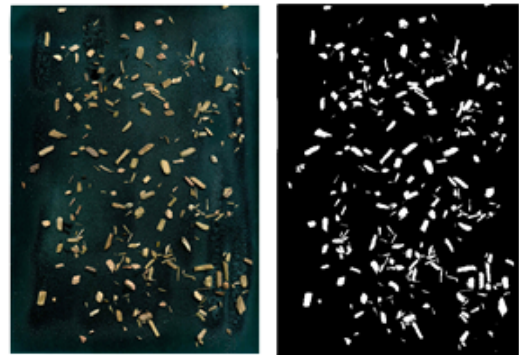


Fig. 1. Result of image analysis.

3.2. 두께, 밀도 및 함수율

PB와 OSB의 두께, 밀도 및 함수율은 KS F 3104의 시험방법에 의해 측정하였다. 측정된 데이터는 Table 3과 같다. 제조된 PB는 평균두께 15.8 mm, 평균밀도 0.71 g/cm³, 함수율은 5.8%로 기준에 적합하였다. OSB도 평균두께 10.7 mm, 평균밀도 0.68 g/cm³, 함수율은 6.3%로 KS F 3104 기준에 적합하였다.

3.3. 휨강도

백합나무로 제조된 PB와 OSB의 휨강도 측정 결과는 Fig. 1과 같다. PB와 OSB의 파티클과 스트랜드의 크기에 의한 유의차가 인정되었다(P = 0.0292*). OSB의 경우, 섬유방향의 휨강도는(21.9 ± 3.51 N/mm²)과 섬유직각방향의 휨강도 성능(15.3 ± 2.51 N/mm²)와의 차이가 큰 것으로 나타났으나, 두 방향 모두 KS F 3104의 15형 이상을 만족시켰다. PB의 경우, 전체 시편 중 4개는 15형을 만족시켰으나, 2개는 13형 수준이었다. 그러나 PB의 평균 휨강도는

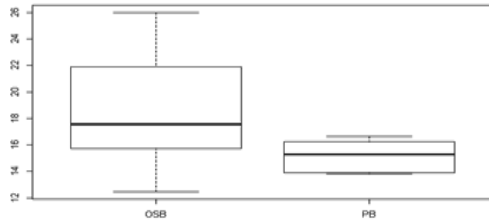


Fig. 2. Result of Bending strength.

15.19 ± 1.08 N/mm²으로 KS F 3104의 15형 이상을 만족시켰으나, 두 방향간의 휨강도 차이가 크지 않았으며, 이는 PB를 구성하는 파티클의 Slenderness ratio가 영향을 미치는 것으로 판단된다.

3.4. 박리강도

백합나무로 제조한 PB와 OSB의 박리강도 측정 결과는 Fig. 2와 같다. PB의 박리강도는 0.5 ± 0.02 N/mm², OSB간의 박리강도는 1.95 ± 0.56 N/mm²로써 PB와 OSB의 파티클과 스트랜드의 크기에 의한 유의차가 인정되었으며(Pr = 0.000172***), PB와 OSB 모두 KS F 3104의 18형을 만족시켰다. 다만 PB의 박리강도(0.5 ± 0.02 N/mm²)와 OSB간의 박리강도(1.95 ± 0.56 N/mm²) 차이가 큰 것으로 나타났다. 이러한 박리강도의 차이가 파티클과 스트랜드의 크기나 형상 차이에 의한 접촉면적의 차이에 기인한 것인지는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보여진다.

3.5. 나사못유지력

제조된 PB와 OSB의 나사못유지력 측정 결과는 Fig. 3와 같다. PB의 평면 나사못 유지력은 844.85 ± 67.94 N이며, OSB는 1148 ± 119.15 N으로 모두 KS F 3104의 18형을 만족시켰다. 측면 나사못유지력은 PB는 4개의 시험편이 18형을 만족시켰으며, 2개는 15형을 만족시켰다. OSB는 제조된 보드 규격의 제한으로 인해 측면 나사못유지력을 측정하지 못하였다.

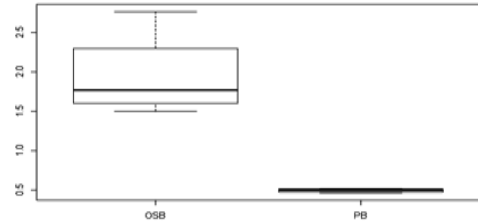


Fig. 3. Result of Internal Bonding.

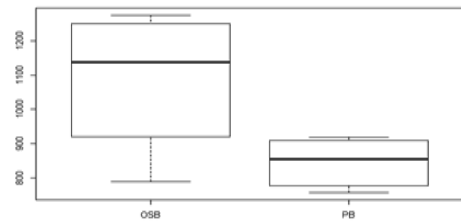


Fig. 4. Result of Screw Withdrawal.

4. 결 론

본 연구는 국내 조림수종인 백합나무를 이용하여 PB와 OSB의 원료화 가능성을 파악하기 위하여 실시하였다. PB의 경우, 상업적으로 생산, 유통되는 보드와 대비하기 위하여 두께 15 mm, 밀도 0.7 g/cm³의 3층 보드를 만들었으며 표층 파티클 크기는 20~80 mesh, 중층 파티클 크기는 3~20 mesh로 조절하여 사용하였으며, 요소-폼알데하이드 수지와 왁스, 경화제를 첨가하여 3층 파티클 보드를 제조하였다. OSB의 경우, 두께 10 mm, 밀도 0.65 g/cm³로 표층과 중층의 스트랜드의 배향이 직교하도록 제조하였다.

이와 같이 백합나무로 제조된 PB와 OSB의 물성 시험 결과는 다음과 같다.

1. 파티클의 장축과 단축의 길이는 각각 8.37 ± 9.94 mm, 3.35 ± 2.22 mm로 측정되었으며, slenderness ratio는 6.69 ± 4.26였다.
2. PB의 경우, 두께 15.8 ± 0.10 mm, 밀도 0.71 ± 0.01 g/cm³, 함수율 5.8 ± 0.1%로 측정되었으며, OSB의 경우, 두께 11.1 ± 0.40 mm, 밀도 0.67 ± 0.05 g/cm³, 함수율 6.3 ± 0.1%로 측정되었다.

PB와 OSB 모두 KS F 3104의 두께, 밀도, 함유율 기준을 만족시켰다.

3. 휨강도는 PB는 $15.19 \pm 1.08 \text{ N/mm}^2$ 로써 측정되어 KS F 3104의 15형을 만족시켰고, OSB의 경우, 섬유방향은 $21.9 \pm 3.51 \text{ N/mm}^2$, 섬유직각방향은 $15.3 \pm 2.51 \text{ N/mm}^2$ 로써 측정되어 KS F 3104의 15형을 만족시켰다.
4. 박리강도는 PB는 $0.5 \pm 0.02 \text{ N/mm}^2$ 로 측정되었고, OSB는 $1.95 \pm 0.56 \text{ N/mm}^2$ 로 측정되었다. PB와 OSB 모두 KS F 3104의 18형을 만족시켰다.
5. 나사못유지력 PB ($844.85 \pm 67.94 \text{ N}$)와 OSB ($1148 \pm 119.15 \text{ N}$) 모두 평면 나사못유지력 시험에서 KS F 3104의 18형을 만족시켰다. 측면 나사못유지력의 경우, OSB는 시편 크기의 제한으로 측정이 불가능했으며, PB의 경우, 전체 시편 중 4개는 18형을, 2개는 15형을 만족시켰다.

이와 같은 실험 결과로 따라 백합나무는 PB와 OSB의 원료로써 사용이 가능할 것으로 판단된다. 다만 PB의 경우 휨강도가 비교적 낮게 나타났으며 이러한 경향은 파티클 slenderness ratio의 영향으로 볼 수 있다. 따라서 파티클 slenderness ratio를 최적화하면 보다 물성이 개선될 것으로 예상된다.

사 사

이 논문은 2016학년도 건국대학교의 연구년교원 지원에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- Chong, S.H. 2000. Quality and processing characteristics of yellow poplar.
- Kang, M.S., Chang, K.S., Son, Y.M., Kim, R.H., Park, I.H., Lee, K.H. 2013. Development of Biomass Allometric Equations for *Liriodendron tulipifera* L. Proceeding of Korea Forest Science pp. 517-519.
- Kim, G.S., Park, I.H., Chai, K.S., Kim, M.S. 2010. Estimation of Biomass in *Chamaecyparis obtusa* Stands 20(1): 70-73.
- Korea Forest Research Institute. 2012. Yellow poplar. Korea Forest Research Institute: 2-7.
- Korea Forest Research Institute. Forest research project report 5(2): 1-19.
- Lee, M., Park, S.B., Lee, S.M., Son, D.W., 2014. Characteristics of Volatile Organic Compounds and Aldehydes Emission from Yellow poplar(*Liriodendron tulipifera* L.). Journal of the Korean Wood Science and Technology 42(4): 357-366.
- Lee, S.T., Jeong, J.M., Kim, H.S., Bae, S.W., Jang, S.C., Lee, K.J. 2010. Management and characteristics of yellow poplar. Korea Forest Research Institute. Research Data. No. 395.
- Lim, J.A., Oh, J.K., Yeo, H.M., Lee, J.J., 2010. Feasibility of Domestic Yellow Poplar (*Liriodendron tulipifera* L.) Dimension Lumber for Structural Uses. Journal of the Korean Wood Science and Technology 38(6): 357-366.
- Park, B.S., Chung, D.J., Lee, D.S., Chong, S.H., Park, J.H. 2009. Yellow poplar's fundamental wood property. Forest Science Paper 69: 6572.
- Ryu, K.O., Kim, U.J., Kim, I.S., Choi, H.S., Lee, D.H., Kim, Y.W. 2008. *Liriodendron tulipifera* L.-Growth characteristics and utilization technique-. Korea Forest Research Institute. No. 286, 320.
- Ryu, K.O., Jang, S.S., Choi, W.Y., Kim, H.E. 2003. Growth Performance and Adaptation of *Liriodendron tulipifera* in Korea. Journal of Korean Forest Society 92(6): 515-525.