

3개월생 분죽을 이용한 대나무 파티클보드의 특성*1

이 화 형*2 · 한 기 선*2 · 김 관 의*2

Characteristics of Particleboards Made from Three-months-old Domestic Bamboos (*Phyllostachys nigra var benonis* Stapf)

Hwa Hyoung Lee*2 · Ki Sun Han*2 · Gwan Eui Kim*2

요 약

본 연구는 요소수지(고형분함량 60%)를 사용, 분죽 3개월생 국산 대나무를 이용하여 대나무 파티클 3층 보드를 제조하고 3년생과 그 보드의 물리 기계적 성질을 비교 검토하였다. 분죽의 수령이 파티클 보드의 비중과 기건 함수율에 미치는 차이는 없었고, 제품의 두께 팽윤율은 함지율 11%부터 KS기준을 만족시켰으며 3개월생 보드가 3년생 보드보다 높은 수치를 나타냈다. 3개월생 파티클 보드의 휨강도가 함지율 3수준(9%, 11%, 13%)에서 모두 3년생보다 훨씬 높게 나타났고, 박리강도도 3개월생 보드가 3년생 보드보다 월등히 높았다. 3개월생, 3년생 보드 모두 KS기준강도보다 월등하였다. 보드의 포름알데히드 방산량값은 모두 E2 등급을 만족시켰다.

ABSTRACT

This study was performed to determine the characteristics of particleboard made from three-months-old bamboo, (*Phyllostachys nigra var benonis* Stapf) grown in Damyang district, Korea.

Total 60 particleboards were manufactured with 1% of liquid wax emulsion using urea-formaldehyde resin content 9%, 11% and 13%, respectively. The particle boards consisted of three layers, in which face layer had the same proportion of a weight 25% of the particleboard each. And the core layer had a weight 50% of the board. The core layer and face layer had the particle dimension passing 6 mesh (335 mm), 12 mesh (170

* 1 접수 2001년 8월 20일, 채택 2001년 12월 10일.

본 연구는 농림기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었음.

* 2 충남대학교 임산공학과, Department of Forest Products, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

mm), respectively. The study was carried out to determine the effect of the growing time of 3 months and 3 years on particleboard properties. The physical and mechanical properties of boards were measured and compared to the Korean standard (KS) requirements of particle boards.

The results were as follows;

1. The longer the growing time, the higher the density of bamboo. Density of the upper part of bamboo showed higher than that of lower part.
2. Density and moisture content of the two particle boards did not show significant differences. Three-months-old bamboo particleboard gave higher thickness swelling than three-years-old bamboo particleboard. Bamboo particleboard passed the thickness swelling test of KS.
3. The static bending and internal bond strength of three-months-old bamboo particleboard were higher than those of three-years-old bamboo. Increase of resin contents in bamboo particleboard increased bending and internal bond strength, proportionally. Strength properties of bamboo particle board were above KS.
4. Formaldehyde emission of all the bamboo particleboards satisfied E₂ level (5.0 mg/L) of KS F 3104.

Keywords: Bamboo particleboard, three-months-old bamboo, KS .

1. 서 론

'90년대 중반 이후 최근 몇 년간 목재 파티클을 기초로 한 구조복합체(flake board, wafer board, Oriented strand board)는 전통적인 복합판상재인 합판, Particleboard, 집성재 등의 범주를 넘어 계속적으로 확장되어 가고 있는 실정이다. 이러한 현상은 세계적인 원목원료의 질 저하와 대구경 원목의 감소에 기인하며 또한 국가적인 환경보호와 자원절약 차원에서 목질복합 신소재 개발을 모색하기 때문이라고 하겠다. 특히 우리나라는 보드산업 대부분의 원료를 수입에 의존하고 있으며, 국내 사용목재의 96%를 수입에 의존하고 있는 실정이다. 국내 PB산업의 경우 1997년 국내생산량 721,000 m³을 기점으로 계속 국내 생산량이 감소하는 경향을 보이고 있는데, 이는 환율과 수입원자재가의 상승, 국내 인건비의 상승, 후발 개발도상국들의 추격 등이 요인이 되었다고 하겠다. 따라서 국내 목질판상재 산업은 새로운 과도기적 시점에 있으며 새로운 생산기술개발, 대체목질재료의 수급 등이 절실히 필요한 때이다. 대나무는 종류가 많아 전세계 50속 1천2백여종이 자라는데 주로 동남아 등지의 인도, 미얀마, 대만, 일본, 중남미의 에쿠아

도르, 콜롬비아에서 많이 자생하고 있다. 우리나라의 경우 3속 20여종을 가꾸고 있으나 대표적인 수종은 맹종죽, 왕대, 분죽을 들 수 있다. 전통적으로 대나무는 종류와 양이 풍부하고 재료를 구하기 쉽고, 가공이 용이하여 아시아에서 주택, 다리(light bridge), 가구 및 공예품, 펄프등에 광범위하게 사용되어져 왔는데, Hodge (1961)의 연구에 의하면 대나무의 단위면적당 생산량은 southern pine의 6배에 달하는 것으로 보고하고 있다. 또한 최근에 대나무의 사용은 플라스틱 Jindal(1986), 폴리머, 시멘트 Ma 등 (1997), 목재 등과 복합체를 이루어 고밀도 보드, 대나무 집성재, PB, 합판, 섬유판과 같은 다양한 구조복합체 제조 쪽으로 전개되고 있다. 지금까지의 연구는 3년생 이상의 성숙된 대나무를 이용한 결과로써 최근의 연구는 Lee 등(1997)에 의하여 보고되고 있으나 역시 모두 3년생 이상의 성숙된 대나무를 이용하고 있다. Lee 등(2000)은 3개월산 대나무와 2, 3년생의 대나무로 만든 스트랜드보드의 물리·기계적 성질을 비교한 결과, 3개월산 대나무가 휨강도 및 박리강도가 더 높음을 보고하였다. 본 연구는 3개월산 분죽과 3년생 분죽으로 파티클보드를 제조하여 물리·기계적 성질을 검토하여 그 활용에 대한 성질을 구명하고자 하였다.

따라서 본 연구는 수입목재 대체재 차원에서 가장 속성으로 성장하며 단위면적당 성장량이 가장 많은 대나무를 활용한 보드를 제조함으로써, 품질향상과 기능성보강 면에서 국내목질판상재 산업에 크게 기여할 수 있는 여건을 조성할 수 있을 것으로 기대한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 供試材料

2.1.1. 樹種

본 연구를 위한 대나무는 전남 담양군 금성면 봉서리, 외추리 일대에서 생육되고 있는 분죽(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf)을 이용하고 3개월생 및 3년생의 죽간이 통직하고 외관이 건전한 원죽을 지면 기부에서 벌채하여 실험용 재료로 사용하였다.

2.1.2. 接着劑

대나무 파티클보드를 제조하기 위한 접착제로는 pH 7.5, 점도 100~150 cps, 고형분 함량 60%의 요소수지를 사용하였다.

2.2. 實驗方法

2.2.1. 대나무의 物理的 성질 측정

기본적인 분죽의 특징을 알기 위해서 연령별로 수고, 마디수, 마디간 길이, 직경, 두께 등을 죽재 전장의 마디수를 기준으로 지면 기부로부터 1~3마디를 하로, 3분의 1지점의 2~3마디를 중으로, 3분의 2지점의 2~3마디를 상으로 구분하여 각 부위별로 채취하여 4반복 측정하였다. 또한 대나무 파티클보드 제품을 제조하기 위한 분죽의 연령별 물리적 성질을 측정하였다. 물리적 성질로서 연령별 생재 함유율, 비중을 측정하였는데 위와 같은 방법으로 3등분하여 각 부위별로 실제 대나무 파티클보드의 이용부분인 절간부(internode)를 치수법으로 측정하였다. 생재 함유

율은 대나무 벌채 즉시 전건법으로 측정하였다.

2.2.2. 대나무 파티클 제조

먼저 분죽 3개월생과 3년생을 가지고 대전 유성구 대덕 연구단지내 에너지 기술연구소에 있는 칩퍼를 이용하여 칩핑한 후에 wiely mill을 이용하여 chip을 분쇄하였다. 칩의 적정 크기를 구명한 결과 6회 분쇄한 파티클을 중층용으로 정하였으며, 이때 파티클의 입자는 6 mesh 통과분으로 길이 8~15 mm, 직경 3.35 mm였으며, 표층용은 12 mesh 통과분으로 길이 4.5~5 mm, 직경 1.70 mm였다. 두 종류의 파티클을 이용하여 3층파티클보드를 제조하였는데, 이때 중층 및 표층의 기건함수율은 각각 7.4%, 6%였다 (Fig. 1, Fig. 2).

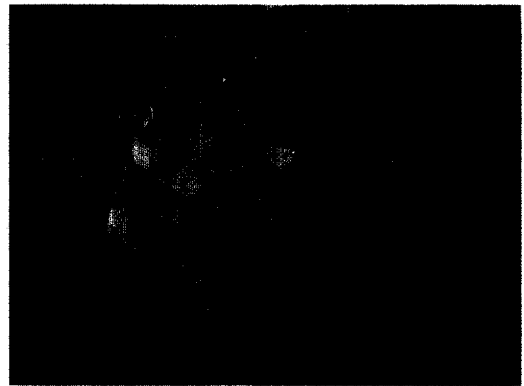


Fig. 1. Bamboo chip.

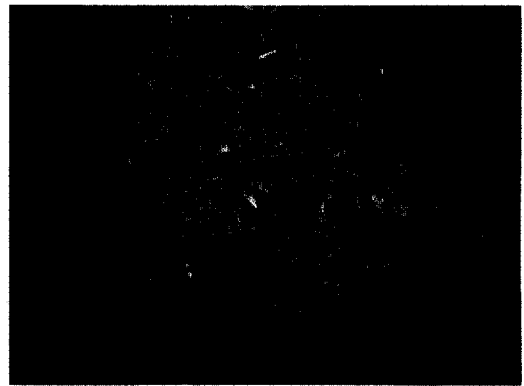


Fig. 2. Bamboo particle.

2.2.3. 대나무 파티클 보드 제조

열압조건은 171℃, 5분이었으며, 1 cm 스톱바 (distance bar)를 사용하였고 목표비중은 0.75였다. 요소수지(NVC-60%)를 사용하여 수지 첨가율을 3 수준(9, 11, 13%)으로 하여 적정 수지첨가율을 구명 하였으며, 내수제로 파라핀 왁스 에멀전을 전건파티클에 대하여 1% 처리하였고, 경화제로 염화암모늄을 10% 수용액으로 만들어 수지 고형분량에 대하여 고형분량 대비 1%를 처리하였다. 제조한 보드의 크기는 1×20×20 cm였다.

2.2.4. 제품의 物理·機械的 성질 및 포름알데히드방산량 조사

대나무 파티클로 제조한 대나무 파티클보드는 KS F 3104(1997)에 의하여 물리·기계적 성질을 측정하였다. 또한 KS F 3104(1997)에 의하여 포름알데히드방산량을 측정하였다.

2.2.5. 統計處理

각 조건별로 제조한 제품의 물리·기계적 성질에 대하여 처리간 통계적인 유의성을 알아보기 위하여 던컨의 신다중검정법(Duncan's new multiple range test)으로 통계 분석하였다.

3. 實驗結果 및 考察

3.1. 연령별 대나무의 물리적 성질 비교

기본적인 대나무의 특징으로 수종별, 연령별로 수고, 마디수, 마디간 길이, 직경, 두께 등을 지면 기부로부터 마디수를 기준으로 3등분한 지점에서 상, 중, 하로 채취하여 4반복 측정하였다(Table 1). 물리적 성질로서 생재 함수율, 전건비중을 측정한 결과는 Table 2와 같다.

본 연구는 3개월생(당년생), 2년생, 3년생을 구분하여 측정한 결과 비중은 3개월생보다 2년생, 3년생으로 수령이 많아질수록 증가되었고, 부위별로는 초

Table 2. Density and green moisture content of bamboo

		Density	Duncan test	Green moisture content (%)	Duncan test
		Mean ± S.D		Mean ± S.D	
3 months	U	0.52±0.05	E	37.5±5.47	G
	M	0.53±0.06	E	64.7±10.5	CDEF
	L	0.48±0.02	E	81.2±8.90	BC
2 years	U	0.76±0.01	AB	46.7±17.0	DEF
	M	0.72±0.02	BC	66.7±13.2	CDE
	L	0.66±0.05	D	109.6±18.2	A
3 years	U	0.78±0.00	A	42.8±6.9	G
	M	0.74±0.02	ABC	68.4±11.3	CD
	L	0.66±0.03	D	96.9±8.06	AB

*U : Upper part *M : Medium part *L : Lower part

Table 1. Characteristics of bamboo

	Height (m)	Number of nodes	internodal length (cm)			internodal diameter (mm)			internodal thickness (mm)		
			U	M	L	U	M	L	U	M	L
			Mean ± S.D	Mean ± S.D	Mean ± S.D	Mean ± S.D	Mean ± S.D	Mean ± S.D	Mean ± S.D	Mean ± S.D	Mean ± S.D
3 months	11.0±0.99	43±294	22.4±0.70	30.8±0.58	19±0.90	27.6±0.84	48.1±1.80	63.0±2.61	4.1±0.69	4.2±0.40	5.4±0.37
2 years	12.43±1.02	46±3.70	25±0.82	33±2.16	20.8±0.71	44.6±0.94	52.0±2.83	71.5±4.72	4.4±0.49	4.5±0.69	6.5±0.98
3 years	12.57±0.62	47±3.70	30.1±0.73	32.8±0.21	22.3±1.59	37.5±0.81	62.3±2.17	68.3±2.29	7.1±1.31	7.2±0.92	7.8±0.74

*U : Upper part *M : Medium part *L : Lower part

단부의 윗부분으로 갈수록 아랫부분보다 매우 커졌다. 초단부로 올라 갈수록 비중이 높아진 것은 소 등(1999)이 밝힌 것과 일치하였다. 생재함수율은 부위별로 3개월생(당년생), 2년생, 3년생 모두 아랫부분이 함수율이 높았다.

3.2. 대나무 파티클보드의 물리적 성질

현재 제조된 파티클 보드의 물리적 성질을 KS F 3104(1997)에 의거하여 측정한 후 비교하였다. Table 3과 같이 분죽의 연령에 따른 보드의 비중과 기건 함수율은 차이가 거의 없었고, 다만 보드 내 수지첨가율의 증가에 따라 약간의 비중증가 현상이 나타났다. 두께팽창율의 경우 Table 4에서 보는 바와 같이 대나무 연령이 많아질수록 두께팽창율이 낮아졌

Table 3. Specific gravity and moisture content of particle board made with bamboo

	Resin contents (%)	Density F=3.92*	Duncan test	Moisture content (%) F=0.82 ^{ns}
3 months	9	0.75±0.04	C	5.71±0.75
	11	0.76±0.02	BC	5.90±0.88
	13	0.80±0.02	A	5.92±0.61
3 years	9	0.77±0.01	BC	5.36±0.43
	11	0.78±0.01	AB	5.38±0.53
	13	0.79±0.02	AB	5.52±0.35

Table 4. Thickness swelling and water absorption rate of particle board made with bamboo

	Resin contents (%)	Thickness swelling(%) F=28.18**	Duncan test	Water absorption rate (%) F=46.81**	Duncan test
3 months	9	15.24±0.98	D	37.04±1.32	D
	11	11.96±1.65	C	30.61±1.84	C
	13	9.60±1.84	B	26.02±2.23	B
3 years	9	12.58±0.55	C	32.03±3.0	C
	11	11.20±0.90	BC	25.13±1.79	B
	13	6.55±0.98	A	17.62±2.06	A

고 흡수율 또한 같은 경향을 보였다. 또한 보드내 수지첨가율이 높아질수록 두께팽창율이 낮아졌다. 대부분이 KS기준인 두께팽창율 12% 이하를 만족하였으나 수지첨가율 9% 경우는 KS기준인 두께팽창율 12% 이하를 초과하였다.

3.3. 대나무 파티클 보드의 기계적 성질

현재 제조된 파티클보드의 휨강도와 박리강도를 KS F 3104(1997)에 의거하여 측정한 결과, Table 5에서 보는 바와 같이 3개월생 분죽으로 제조한 파티클 보드의 휨강도 및 박리강도가 3년생 분죽으로 제조한 파티클보드보다 월등히 좋은 값을 보여주었다. 3개월생과 3년생 공히 KS규격을 상회하는 높은 강도 값을 나타냈으며 휨강도의 경우 3개월생 보드가 3년생 보드보다 1.5~2배 정도의 높은 값을 갖고 박리강도의 경우도 1.5~2배 정도 높은 값을 나타냈다. 이 결과는 *이 등(2000)*이 발표한 연구에 의하면 3개월생 대나무스트랜드보드의 휨강도, 박리강도가 3년생 것보다 각기 1.96배, 1.5배였는데 본 연구의 대나무 파티클보드의 경우 1.9배, 1.98배로 박리강도가 약간 더 높아진 경향을 보이고 있으나 전체적인 경향은 동일한 결과를 보였다. 이와 같이 3개월생이 3년생보다 강도가 높아진 이유는 3개월생은 밀도가 3년생보다 낮고 당년생으로 매우 유연한 성질을 갖고 있으므로 가소적인 성질이 높아 파티클보드 제조시 파티클과 파티클의 접촉면적이 보다 많아지고 접착효율이 높아져 파티클보드의 성질이 높아지는 것으로 추정된다.

3.4. 대나무 파티클 보드의 포름알데히드 방산량

현재 제조된 파티클보드의 포름알데히드방산량을 KS F 3104(1997)에 의거하여 측정한 후 비교한 결과, Table 6에서 보는 바와 같이 3개월생 분죽으로 제조한 파티클 보드와 3년생 분죽으로 제조한 파티클 보드의 포름알데히드방산량은 근소하나마 3개월생이 3년생보다 높은 방산량을 나타냈다. 그러나 3개월생 보드와 3년생 보드의 경우 경우 KS 기준인 E₂(5.0

Table 5. Mechanical properties of particle board made with bamboo

	Resin contents (%)	Bending strength (kgf/cm ²) F = 88.43**	Duncan test	Internal bond strength (kgf/cm ²) F = 6.23**	Duncan test
3 months	9	1238.6 ± 127.76	B	6.97 ± 3.73	BC
	11	1247.4 ± 114.64	B	9.03 ± 2.46	B
	13	1499.4 ± 113.19	A	10.02 ± 2.70	A
3 years	9	592.31 ± 55.96	D	4.21 ± 1.46	C
	11	654.35 ± 49.57	CD	4.57 ± 1.57	C
	13	734.99 ± 31.06	C	4.75 ± 1.84	C

Table 6. Formaldehyde emission of particle board made with bamboo

	Resin contents (%)	Formaldehyde emission (ppm)
3 months	9	2.40
	11	3.00
	13	3.82
3 years	9	2.06
	11	2.77
	13	3.58

mg/L) 등급을 충족하였다.

4. 結 論

본 연구는 분죽 3개월생 및 3년생 국산 대나무 파티클을 이용하여 수지첨가율(9, 11, 13%)의 대나무 파티클 3층보드를 제조하고 보드의 물리·기계적 성질을 비교 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 대나무 원죽 비중을 측정한 결과 3개월생보다 2년생, 3년생으로 수령이 많아질수록 증가되고 부위별로는 초단부로 올라 갈수록 기부보다 높았다.

2) 분죽의 수령이 파티클 보드의 비중과 기건 함수율에 미치는 차이는 없으나, 제품의 두께팽창율의 경우 3개월생 보드가 3년생 보드보다 높은 수치를 나타냈다. 대부분 KS 기준(두께팽창율 12%이내)을 만족시켰으나 수지 첨가율이 9%인 경우는 3개월생, 3년생 모두 KS 기준을 초과하였다.

3) 3개월생 파티클보드의 휨강도가 세 수지첨가율에서 3년생보다 훨씬 높게 나타났고, 박리강도도 3개월생 보드가 3년생 보드보다 월등히 높았다. 3개월생, 3년생 보드 모두 KS기준강도(18.0형일 경우, 휨강도 184 kgf/cm², 박리강도 3.1kgf/cm²)를 충족하였다.

4) 제조된 3개월생, 3년생보드의 포름알데히드 방산량을 비교하여 보면, 3개월생 보드가 3년생 보드보다 약간 높은 포름알데히드방산량을 나타냈으나 거의 같은 수치를 나타냈으며, 3개월생 보드와 3년생 보드 모두 E₂(5.0 mg/L) 등급을 충족하였다.

參 考 文 獻

- Hodge, W. H. 1961. Bamboo in the United States. USDA Handbook. No 193. US Gov't. Print. Off. Washington, D.C.
- Jindal, U. C. 1986. Development and testing of bamboo-fiber reinforced plastic composites. J. of Composite Material (20) : 19~29.
- Korean Standard Association. 1997. KS F 3104. Particle board
- Lee, H. H., S. K. Kang, G. E. Kim. 2000. Development of Bamboo Strand Board made from 3months old domestic bamboo species. Joun. of kor. Society of Furniture Tech. 11(2) : 45~53.
- Lee, A. W. C., X. Bai, A. P. Bangi. 1997. Flexural properties of Bamboo-reinforced southern pine OSB beams. Forest Prod. J. Vol, 47(6) : 74~78.

6. Ma, L., Y. Kupoki, W. Nagadomi, B. Subiyanto, S. Kawai, and H. Sasaki. 1997. Manufacture of Bamboo - Cement Composites II - Effects of additives on hydration characteristics of bamboo-cement mixtures. JWRS Vol. 43, No. 9, pp. 754~761.
7. Ma, L., O. R. Pulido, H. Yamauchi, S. Kawai, and H. Sasaki. 1998. Manufacture of Bamboo - Cement Composites V - Effects of sodium silicate on bamboo - cement composite by hot pressing. JWRS Vol. 44, No. 6, pp. 425~432.
8. Ma, L., S. Kawai, H. Sasaki. 1999. Manufacture of Bamboo - Cement Composites VI - Effects of silicate fume addition and heat-treatment on properties of hot-pressed boards. JWRS Vol. 45, No. 1, pp. 25~33.
9. So, W. T., Y. S. Kim, W. Y. Chung, and H. W. Lee. 1999. Wood characteristics of *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys nigra* var. henonis, and *Phyllostachys pubescens* Grown in Damyang District. Mokchae Konghak. 27(2) : 7~14.