

담양산 왕대를 이용한 대나무 강화 복합보드의 제조 및
역학적 특성 평가 (I)^{*1}
- 대나무 스트랜드 보드의 물리적 특성 -

소 원 텍^{*2} · 박병대^{*3}

Mechanical Properties of Bamboo-reinforced Boards Manufactured
with *Phyllostachys bambusoides* Growing in Damyang District (I)^{*1}
-- Physical Properties of Bamboo Strand Board --

Won-Tek So^{*2} and Byung-Dae Park^{*3}

ABSTRACTS

Bamboo strand board (BSB) was made with *Phyllostachys bambusoides* growing in Damyang district. Physical and mechanical properties of this BSB were summarized as follows;

The specific gravity of BSB was 0.63~0.79. Specific gravity decreased slightly with the thickness and length of BSB. Moisture content of BSB manufactured was 5.8~6.9%. The absorption rate of BSB (42~48%) did not show any relationship with the thickness and length of BSB. The thickness swelling rate of BSB was 13.9~17.0%, relatively higher than any other panel products. Thickness swelling rate increased with the thickness of BSB, showing the strand thickness influenced much more on the rate of thickness swelling of BSB than the length of strand.

The 3-point bending strength of BSB was 98~126kgf/cm². Bending strength of showed the tendency of increase with the increased length of BSB, but with the decreased thickness. In particular, the length of BSB showed more effect on the increase of bending strength of BSB than the thickness of BSB. The compression strength perpendicular to BSB surface was 411~

1. 접수 2003년 6월 24일 Received on June 24th, 2003.

이 논문은 2001년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

This study was financially supported by Chonnam National University in the program, 2001.

2. 전남대학교 임산공학과, 농업과학기술연구소 Insti. of Ag. Sci. and Tech., Dept. of Forest Products and Technology, Chonnam Nat'l Univ., Kwangju 500-757, Korea

3. 임업연구원 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

465 kgf/cm², and the optimal length of strand for the 1mm- and 2mm-thickness of strand was 40mm and 60mm, respectively. Compression strength paralleled to BSD was 160~221kgf/cm² and the optimal length of strand for the 2mm-thickness of strand appeared to be 60mm.

The present work showed that appearance, physical and mechanical strength of BSB appeared quite positive in terms of board qualities, suggesting that bamboo would be appropriate for the production of board materials. In addition, our work showed that the crucial factor for determining the mechanical characteristics of BSB was the dimension of strand.

Keywords: *Phyllostchys bambusoides*, bamboo strand board, physical properties, bending strength, compression strength,

서론

우리나라는 국내목재 소비량의 대부분을 수입외재에 의존하고 있는 실정이며 그 수입량은 해외 원목의 가격상승과 양질의 원목구입의 어려움에도 불구하고 지속적으로 상승하는 추세이다. 보드 산업은 이러한 원목의 이용도를 높여서 원목소비량을 최대한 줄이기 위한 대표적인 폐재산업이라 할 수 있다.

비교적 양질의 고가원목을 재료로 사용하는 합판을 제외한 파티클 보드와 MDF의 국내 생산량이 급증하고 있으며 플레이크 보드, 스트랜드 보드, 웨이퍼 보드 등이 일부 생산 또는 수입되어 사용되고 있는 상황이다. 또한 부족한 목재의 대체자원 개발을 위해 아마, 해바라기 줄기, 사탕수수 줄기, 벚짚, 대나무와 같은 비목질 섬유자원에 대한 많은 연구가 국제적으로 널리 수행되고 있으며, 캐나다와 미국에서는 이미 이러한 비목질 재료가 산업적으로 보드, 종이, 그릇용기의 생산 등에 광범위하게 사용되고 있다.

원료적인 측면에서 대나무는 생장개시 1년 만에 수고생장과 직경생장이 완료됨으로서 연간 섬유 생산량이 매우 높으며 4~5년이면 산업용 원료로 사용할 수 있는 충분한 재질을 갖기 때문에 원료의 회전이 일반 수종에 비해

극히 빠른 장점을 지니고 있다고 할 수 있다 (오민영,1981). 또한 대나무는 비중이 참나무보다 높고 재질이 치밀하며, 치수안정 및 강도적 성질도 매우 우수하여 건축과 구조용으로서 충분히 일반 목재를 대체할 수 있으며(Chen, G.H. 1985), 주택구조와 일반 내장용 뿐만 아니라 각종 가구 부재 및 목재가공품에 이용할 수 있는 다양한 개발 가능성을 기대할 수 있다. 미국과 중국(川井秀 . 1994), 일본(田中幸介. 1962) 등지에서는 오래 전부터 대나무 합판(Plyboo, 2000)을 비롯한 각종 보드류를 개발하여 부족한 목재자원의 대체재료로 적극 실용화하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 남부지방에 널리 분포되어 있고 섬유자원으로서 많은 장점을 지닌 대나무를 원료로 보드를 제조하고 몇가지 물리·기계적 품질을 구명함으로써 목재 대체자원으로의 활용성을 진단하고 대나무의 산업적 이용을 위한 기초자료를 얻고자 실시되었다.

재료 및 방법

1. 공시재료의 준비

대나무는 단자엽식물의 벼과(*Gramineae*)에 속하는 목본식물로서 세계적으로 45속 560여 종이 분포하고 있으며 우리나라에는 3속 11종

이 자생하고 있다(김태욱,1994). 이중 수간과 직경이 크고 두께가 두꺼워서 대나무돛자리 및 죽제품을 생산하는 데 사용되는 수종은 주로 왕대(*Phyllostachys bambusoides* S.et Z.), 분죽(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf.) 및 맹종죽(*Phyllostachys pubescens* Mazel)의 3수종에 국한되고 있으며 죽종별 대나무 생산량의 90% 이상 대부분을 차지하고 있다.

국산 대나무 중 가장 성장분포가 넓고 생산량이 많은 왕대를 공시수종으로 선정하고, 담양지역의 죽림에서 수령 3년생의 흉고 직경 8cm 이상의 수간이 통직하고 외관이 건전한 원죽 5분을 지면 기부에서 별채한 후 운반을 용이하게 하기 위해 전장을 3등분하였다.

운반된 원죽으로부터 죽피절삭기를 사용하여 두께 1~2mm, 폭 18mm의 박판스트립(thin strip)을 채취한 다음 1개월 동안 천연건조를 실시하였다. 충분히 건조된 스트립으로 부터 목공용 둥근톱을 사용하여 적정길이의 횡절해서 길이 20~80mm의 스트랜드(strand)를 생산한 후 재료의 함수율 및 수축팽창에 대한 영향을 최소화하기 위해 적정 온습도 조건으로 항온항습기에서 함수율 15%로 조습처리한 다음 이를 시험용 공시재료로 사용하였다.

2. 실험 방법

가. 보드의 구성 및 접착

대나무 보드의 구성은 스트랜드의 두께 1mm와 2mm, 길이 20, 40, 60, 80mm의 치수 변이를 주어 두께 15mm, 가로 400mm, 세로 400mm의 보드를 제작하였으며, 보드의 접착은 고형분 59.2%의 농축 요소수지 접착제(urea-formaldehyde resin)를 자체 제작한 압축공기 분사식 드럼형 회전혼합기(drum blender)로 분무도포한 다음 열압기(hot press)를 이용하여 가열접착하였다. 요소수지접착제에 대한 경화제는 염화암모늄(NH₄Cl) 20% 수용액을 사용하였다.

제조된 왕대 스트랜드 보드의 형상은 그림 1과 같다.

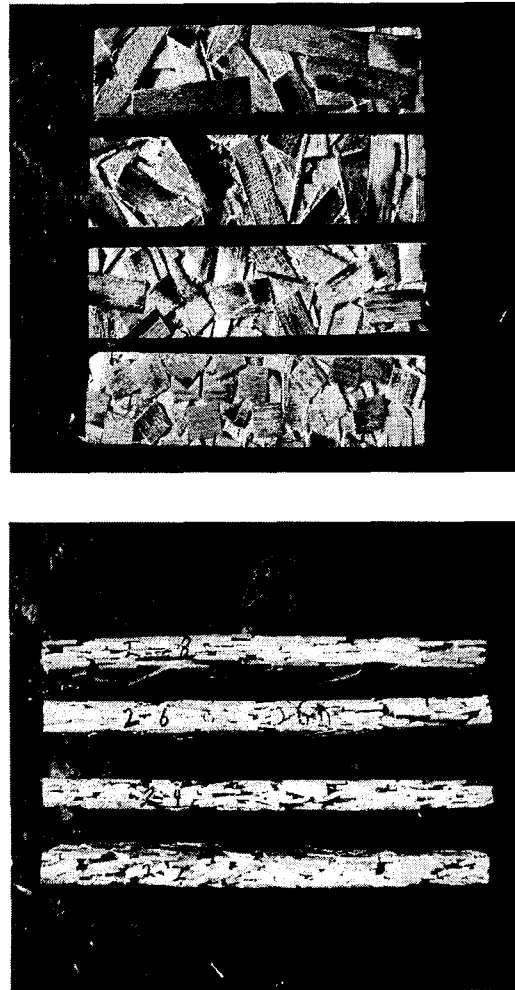


Fig.1. The shapes of bamboo strand board.
(left: top, right: side)

나. 대나무 보드의 품질 및 강도적 특성 평가

제조된 대나무 보드로부터 소정의 시험편을 채취하여 한국공업규격에 따라 비중과 함수율((KSF 2202), 흡수율((KSF 2204), 팽창율(KSF 2203) 등의 물리적 성질을 조사하고, 휨강도((KSF 2208, KSF 3104)와 압축강도(KSF 2206) 시험을 통하여 강도적 특성 및 보드의 품질을 평가하였다.

보드 흡수율과 두께팽창율은 15×50×50mm의 시험편을 제작하여 20~25℃의 수조에 24시간 침지한 후 흡수중량 비율과 이때의 흡수 두께 비율로 산출하였다.

대나무 보드의 강도적 특성 측정용 기기는 미국 United Calibration Corporation의 용량 30,000lb인 만능재료시험기(UTM)를 사용하였으며 시험조건은 preload 2kg, prespeed 2mm/min, test speed 10mm/min을 적용하였다. 강도측정용 시험편의 치수는 횡강도 15×50×240mm, 평면 압축강도 15×40×40mm, 세로압축강도 15×20×30mm로 제작하여 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 왕대 원죽의 성상

공시재료로 사용한 담양산 왕대 원죽의 개

략적인 성상과 수고별 마디길이의 변화는 각각 표 1 및 그림 2와 같이 조사되었다.

2. 왕대 원죽의 물리적 성질

왕대의 생재함수율, 용적밀도 및 수축률을 조사한 결과는 표 2와 같다.

왕대의 벌채시기는 5월 중순이었으며, 이때의 생재함수율은 89%로 매우 높았으나 본 연구에서는 두께 2mm 이하의 얇은 스트랜드를 공시재료로 사용하므로 건조하는 데 문제는 없었다. 용적밀도는 0.60으로서 생재체적에 대한 전건무게의 비로 구한 값인 바 이는 매우 고비중재에 해당되었다.

생재에서 전건까지의 수축률은 접선방향> 방사방향> 섬유방향의 순으로 수축이 심하게 나타났는데 이는 일반목재의 수축경향과 동일한 경향이며, 맹종죽이 접선방향보다 방사방향의 수축이 보다 큰 특징을 보이는 것과는

Table 1. Characteristics of sample bamboo tested

Species	Height (m)	Clear length (m)	Diameter (mm)	Internodal length (cm)	Butt thickness (mm)
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	16	6.9	Max. 81	47	10

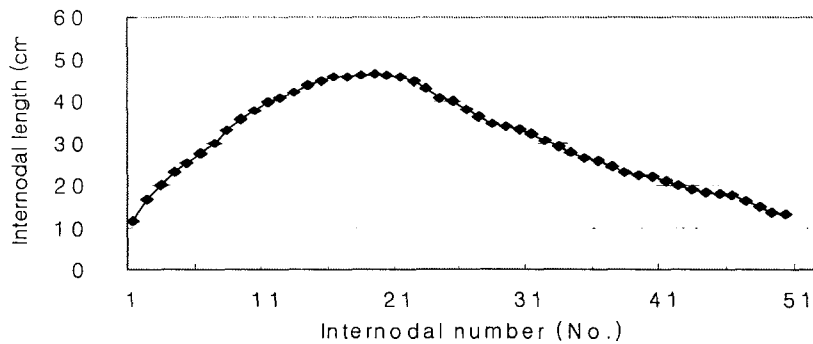


Fig. 2. Internodal length versus bamboo height of *Phyllostachys bambusoides*.

Table 2. Physical properties of *Phyllostachys bambusoides*

Species	M.C. in green (%)	Bulking density	Shrinkage(%)		
			Radial	Tangential	Longitudinal
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	89	0.60	7.85	5.82	0.08

Note: Bulking density(oven-dry weight/green volume)

대조적이였다. 따라서 가공후 대나무 두께방향이 폭방향보다 치수불안정이 심하다고 할 수 있다(張敏, 1997).

3. 왕대 보드의 물리적 품질평가

가. 보드의 기건 비중

제조된 왕대 스트랜드 보드의 표면접착상태와 스트랜드의 임의배향성 등 외관품질과 형태는 매우 양호하였으며, 스트랜드 형태(두께 및 길이)별 보드의 기건비중 변화를 조사한 결과는 그림 3과 같다.

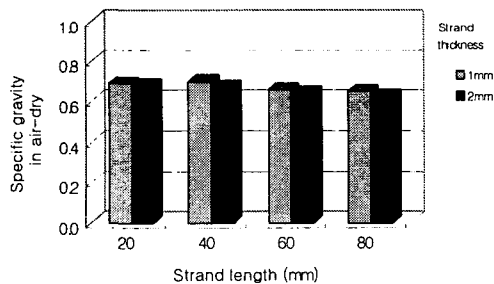


Fig. 3. Changes of air-dry specific gravity of BSB according to strand dimension.

대나무 보드의 기건비중은 스트랜드 두께 1mm일 때 0.65~0.70, 두께 2mm일 때 0.63~0.68로서 스트랜드의 두께가 얇은 경우 기건비중이 1.5~4.5% 정도 높게 나타났다. 스트랜드의 길이별 보드의 기건비중은 20mm일 때 0.68~0.69에서 길이가 길어질수록 점차 감소하여 80mm일 때 0.63~0.65로 6.2~7.9% 정도 낮게 나타났다. 따라서 스트랜드의 두께가 두

꺼울수록 길이가 길어질수록 보드의 기건비중을 감소시키는 경향이 있음을 구명할 수 있으나 전체적인 기건비중의 감소정도는 유의적일 정도로 심하지 않으며 실용적인 측면에서 대나무 보드의 이용상 특별한 지장을 초래하지는 않을 것으로 평가된다. 다만 보드의 기건비중이 원죽에 비해 매우 떨어지는 것으로 볼 때 스트랜드의 구성특성상 내부 공간이 발생되는 감소원인도 있으나, 사용된 실험장비의 최대압력이 대나무와 같이 비중이 높고 단단한 재질을 가진 소재의 board 제조에는 부족했던 것으로 보이며 따라서 스트랜드간 밀착접착이 충분하지 않았던 것도 감소원인이 되었다고 생각된다.

나. 보드의 함수율

스트랜드 형태별 대나무 보드의 함수율 변화를 조사한 결과는 그림 4와 같다.

대나무 보드의 함수율은 스트랜드 두께 1mm

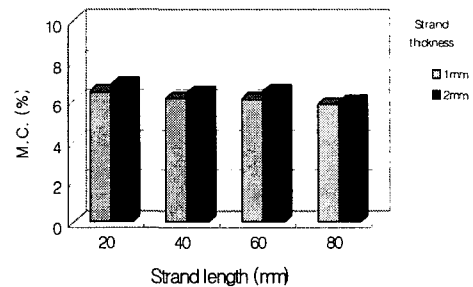


Fig. 4. Changes of moisture content of BSB according to strand dimension.

일 때 5.8~6.5%, 두께 2mm일 때 6.0~6.9%로서 스트랜드의 두께가 두꺼울 경우 1.9~6.9% 정도 흡수율이 높게 나타났다. 이는 스트랜드가 두꺼울수록 가열압착 중에 수분의 발산속도가 낮은 때문으로 생각된다. 스트랜드의 길이별 보드의 흡수율은 20mm일 때 6.5~6.9%에서 길이가 가장 긴 80mm일 때 5.8~6.0%로 10.6~15.1% 정도 낮게 나타났으나 이에 대한 합당한 원인은 찾아낼 수 없었다. 결과적으로 스트랜드의 두께가 두꺼울수록 길이가 짧을수록 보드의 흡수율이 감소하는 경향이 있었다. 다만 흡수율의 편차가 최대 1% 정도에 불과한 매우 균일한 품질상태를 나타내므로 스트랜드 변이간 통계적인 유의성은 인정된다 해도 대나무 보드의 이용측면에서는 기건비중과 마찬가지로 전혀 문제가 없는 것으로 평가된다.

다. 보드의 흡수율

스트랜드 형태별 대나무 보드의 흡수율 변화를 조사한 결과는 그림 5와 같다.

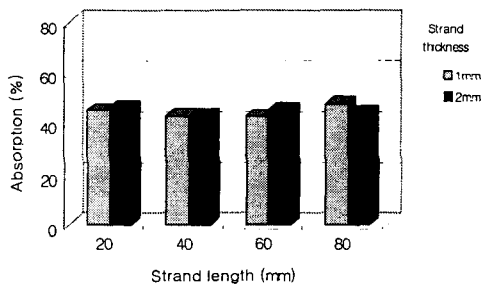


Fig. 5. Changes of absorption of BSB according to strand dimension.

대나무 보드의 흡수율은 스트랜드 두께 1mm일 때 42~48%, 두께 2mm일 때 43~46%로서 스트랜드의 두께별 흡수율의 차이는 거의 없으며, 또한 스트랜드의 길이별 보드의 흡수율에서도 20mm일 때 45~46%에서 80mm일 때 44~48%로 길이별 흡수율의 차이는 보

이지 않았다. 따라서 스트랜드의 두께와 길이가 대나무 보드의 흡수율에 미치는 영향은 매우 미미함을 알 수 있었다.

라. 보드의 두께 팽창율

스트랜드 형태별 대나무 보드의 두께 팽창율 변화를 조사한 결과는 그림 6과 같다.

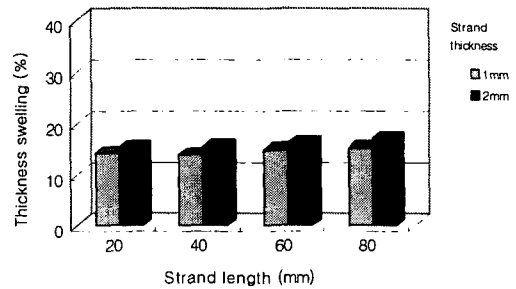


Fig. 6. Changes of thickness swelling of BSB according to strand dimension.

대나무 보드의 두께 팽창율은 스트랜드 두께 1mm일 때 13.9~15.1%, 두께 2mm일 때 15.3~17.0%로서 스트랜드의 두께가 두꺼울 경우 보드의 두께 팽창율이 8.5~12.6% 정도 높게 나타났다. 스트랜드의 길이별 보드의 흡수율은 20mm일 때 14.1~15.3%에서 길이가 길어질수록 미약한 증가추세를 보이며 가장 긴 80mm일 때 15.1~17.0%로 7.1~11.1% 정도 높게 나타났다. 결과적으로 스트랜드의 두께가 두꺼울수록 길이가 길수록 보드의 두께 팽창율이 증가하는 경향을 보이며 또한 스트랜드의 길이보다는 두께의 영향이 더욱 큰 것으로 나타났다. 그러나 두께 팽창율의 변이폭이 최대 1.2~1.7% 정도에 불과하므로 스트랜드의 두께 또는 길이에 의한 보드 두께 팽창율의 차이는 대나무 보드의 이용측면에서 특별한 고려대상이 아님을 알 수 있었다.

일반 목질 재료로 제작된 보드의 경우 두께·팽창은 크게 3가지 원인에 기인한다. 가장

큰 원인은 섬유 세포벽의 수분흡수 팽윤으로 인한 보드의 두께 팽창이며, 흡수 시 접착력의 감소에 따른 섬유간 분리로 인한 두께 팽창, 보드 성형 시 가해졌던 압력의 복원현상(spring back)을 들 수 있는 바, 본 실험에서는 보드 성형 시의 압력부족에 의한 스트랜드 간의 밀착접착성의 약화가 가장 큰 원인으로 분석되며 따라서 대나무와 같이 재질이 단단하고 비중이 큰 재료의 보드 제조에서는 충분한 압제압력을 적용할 필요가 있다고 판단된다.

3. 대나무 보드의 역학적 품질 평가

가. 보드의 휨강도

스트랜드 형태별 대나무 보드의 휨강도 변화를 조사한 결과는 그림 7과 같다.

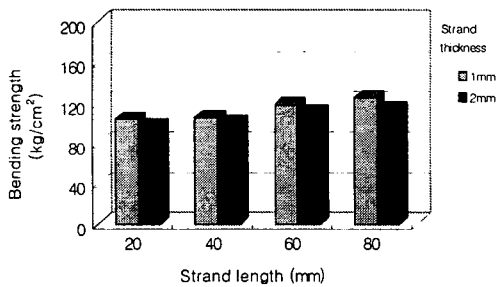


Fig. 7. Changes of bending strength of BSB according to strand dimension.

대나무 보드의 휨강도는 스트랜드 두께 1mm일 때 104~126kg/cm², 두께 2mm일 때 98~115kg/cm²로서 스트랜드의 두께가 얇은 경우 휨강도가 5.0~9.6% 정도 높게 나타났다. 스트랜드의 길이별 보드의 휨강도는 20mm일 때 98~104kg/cm²에서 길이가 길어질수록 점차 증가하여 80mm일 때 115~126kg/cm²로 17.3~21.2% 정도 높게 나타났다. 따라서 스트랜드의 두께가 얇을수록 길이가 길어질수록 보드의 휨강도가 증가하는 경향이 있음을 구명할 수 있었다. 특히 스트랜드의 두께보다는

길이요인이 보드 휨강도의 증가에 보다 많은 영향을 주고 있으며, 대나무 보드의 역학적 설계에 있어서 스트랜드의 치수형태는 매우 중요한 역할을 한다고 판단된다.

나. 보드의 판면 압축강도

스트랜드 형태별 대나무 보드의 판면 압축강도 변화를 조사한 결과는 그림 8과 같다.

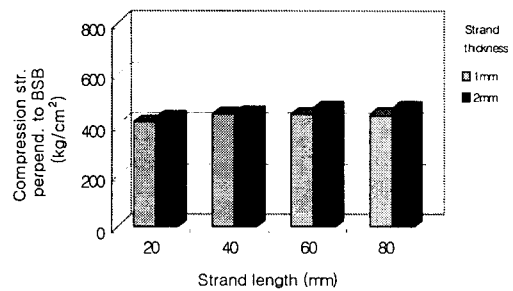


Fig. 8. Changes of compression strength perpendicular to BSB according to strand dimension.

대나무 보드의 판면 압축강도는 하중과 수직인 접착층을 가진 상태의 압축강도로서 스트랜드 두께 1mm일 때 411~443kg/cm², 두께 2mm일 때 431~465kg/cm²이며 휨강도와는 달리 스트랜드의 두께가 두꺼운 경우 판면 압축강도가 1.4~5.2% 정도 높게 나타났다. 스트랜드의 길이별 보드의 판면 압축강도는 20mm일 때 411~431kg/cm²보다 80mm일 때 439~462kg/cm²로 6.8~7.2% 정도 높게 나타났다. 따라서 스트랜드의 두께가 두꺼울수록 길이가 길수록 보드의 판면 압축강도가 증가하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 다만 스트랜드 길이가 보드 판면 압축강도에 미치는 영향이 스트랜드의 두께에 따라 약간의 차이가 있는데, 두께 1mm의 경우 스트랜드 길이 40mm에서 이미 최대강도에 근접한 442kg/cm²을 나타낸 반면에 두께 2mm에서는 스트랜드 길이

60mm에서 최대강도에 도달하였으며 더 이상 스트랜드의 길이가 증가해도 보드 판면 압축강도의 추가적인 증강효과가 없는 것으로 볼 때, 스트랜드 두께 1mm와 2mm의 최적 스트랜드 길이는 각각 40mm와 60mm임을 구명할 수 있었다.

다. 보드의 세로 압축강도

스트랜드 형태별 대나무 보드의 세로 압축강도 변화를 조사한 결과는 그림 9와 같다.

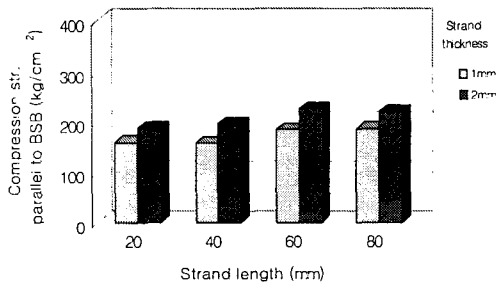


Fig. 9. Changes of compression strength parallel to BSB according to strand dimension.

대나무 보드의 세로 압축강도는 하중과 평행한 접촉층을 가진 상태의 압축강도로서 스트랜드 두께 1mm일 때 160~187kg/cm², 두께 2mm일 때 188~221kg/cm²이며 판면 압축강도와 마찬가지로 스트랜드의 두께가 두꺼운 경우 세로 압축강도가 17.5~23.9% 정도 높게 나타났다. 스트랜드의 길이별 보드의 세로 압축강도는 20mm일 때 160~188kg/cm²에서 길이가 길어질수록 대체적으로 증가하는 추세를 보이며 80mm일 때 187~221kg/cm²로 16.9~20.7% 정도 높게 나타났다. 따라서 스트랜드의 두께가 커질수록 길이가 길수록 보드의 세로 압축강도가 증가하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 다만 스트랜드 두께 1mm의 경우 길이 60mm에서 거의 최대강도에 근접한 185k/cm²을 나타내고 또한 두께 2mm에서도 길이 60m

m에서 최대강도 227kg/cm²에 도달하는 것으로 볼 때 스트랜드 두께 2mm까지의 최적 스트랜드 길이는 60mm임을 구명할 수 있었으며, 특히 스트랜드의 두께와 길이요인이 보드 세로 압축강도에 미치는 영향이 이와 다른 휨강도나 판면 압축강도에 비해서 매우 심한 특성을 나타내는 것으로 보아 대나무 보드의 세로 압축강도에 관한 역학적 설계에 있어서 스트랜드의 치수형태를 결정하는 데 많은 주의를 요한다고 평가된다.

결론

대나무는 생장개시 1년만에 수고생장과 직경생장이 완료됨으로서 연간 목질 성장량이 매우 높으며 4~5년이면 산업용 원료로 사용할 수 있는 충분한 재질을 갖기 때문에 원료의 회전이 일반 목재수종에 비해 특히 빠른 장점을 가지고 있고 또한 전남과 경남 등 남부지방에 많은 축적량을 지니고 있으나 농가 수입원으로서의 역할이 축소되어 해마다 대나무 생산량이 감소되는 있는 실정이다.

특히 왕대는 죽고 10m 이상으로 대나무 수종 중 가장 분포가 넓고 생산량이 많아서 이 지역 죽재 생산량의 대부분을 차지하고 있는 수종이다(조무연,1989). 따라서 본 연구에서는 왕대의 이용도 증진과 용도개발의 일환으로 산업용재료의 하나인 대나무 보드의 개발가능성을 진단하기 위해 대나무 스트랜드를 이용한 보드를 제조하고 몇가지 물리적 및 역학적 품질을 조사하였는 바, 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

제조된 왕대 스트랜드 보드의 표면 평활성과 스트랜드의 접촉상태 및 임의 배향성 등 외관품질과 형태는 매우 양호하였다. 대나무 보드의 기건비중은 0.63~0.70으로서 미약하지만 스트랜드의 두께가 두꺼울수록 길이가 길어질수록 감소하는 경향이 있었다. 대나무 보드의 함수율은 5.8~6.9%로서 매우 균일하였으며, 대나무 보드의 흡수율은 42~48%로 매우

높았으나 스트랜드의 두께와 길이의 영향은 거의 없었다. 대나무 보드의 두께 팽창율은 13.9~17.0%로 비교적 높게 나타났으며, 스트랜드의 두께가 두꺼울수록 길이가 길수록 증가하는 경향을 보이며 스트랜드의 길이보다는 두께의 영향이 더욱 큰 것으로 나타났다.

대나무 보드의 휨강도는 98~126kg/cm²로서 스트랜드의 두께가 얇을수록 길이가 길어질수록 증가하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 특히 스트랜드의 두께보다는 길이요인이 보드 휨강도의 증가에 보다 많은 영향을 주고 있었다. 대나무 보드의 판면 압축강도는 411~465kg/cm²로서 스트랜드 두께 1mm와 2mm의 최적 스트랜드 길이는 각각 40mm와 60mm로 나타났으며, 세로 압축강도는 160~221kg/cm²로서 스트랜드 두께 2mm까지의 최적 스트랜드 길이는 60mm로 나타났다.

이상의 결과를 종합적으로 분석해 볼 때 대나무 보드의 외관상태가 양호하고 비중과 강도 측면에서 우수한 품질을 나타내어 보드용 재료로서 매우 적합하였으며, 대나무 스트랜드의 두께와 길이가 보드의 물리 및 기계적 품질에 다소간 영향을 주기 때문에 대나무 보드의 역학적 설계에 있어서 스트랜드의 치수형태는 주요 결정인자라고 평가된다.

인 용 문 헌

1. Chen, G.H.(1985). Bamboo plywood-a new product of structural material with high strength properties. In: Proc. of the 2nd Inter. Bamboo Workshop. Hangzhou, People's Republic of China: 337-338.
2. Hanafi Ismail, M,R, Edyham, B. Wirjo s entono(2002), Bamboo fibre filled natural rubber composites: the effects of filler loading and bonding agent, Polymer Testing 21:139-144
3. Ma LF Pulido OR, Yamauchi H, et al.(1999) Manufacture of bamboo-cement

composites V. Effects of sodium silicate on bamboo-cement composite by hot pressing, MOKUZAI GAKKAISHI 44(6):425-432

4. Min Zhang, Shuichi KAWAI, Hikaru SASAKI, Toshiyuki YAMAWAKI, Yasuo YOSHIDA and Masato KASHIHARA(1995) Manufacture and Properties of Composite Fiberboard II. Fabrication of board manufacturing apparatus and properties of bamboo/wood composite fiberboard, Mokuzai Gakkaishi 41(10):903-910
5. Naresworo Nugroho, Naoto Ando(1999) Development of structural composite products made from bamboo II: Fundamental properties of laminated bamboo lumber, J WOOD SCI 47:237-242
6. Nugroho N, Ando N(2000) Development of structural composite products made from bamboo I : fundamental properties of bamboo zephyr board, J WOOD SCI 46(1):68-74
7. Plyboo.com(2000). The company information for Plyboo America, Inc.4.
8. Shigeyasu Amada, Sun Untao(2001) Fr a c ture properties of bamboo, Composite part B 32:451-459
9. Zhang M, Kawai S, Sasaki H, et al.(1995) Manufacture and properties of composite fiberboard .2. fabrication of board manufacturing apparatus and properties of bamboo/wood composite fiberboard, MOKUZAI GAKKAISHI 41(10):903-910
10. 김태욱(1994). 원색도감-한국의 수목. (주)교학사:597-605.
11. 소원택, 김윤수, 정우양, 이형우(1996). 담양지역 왕대, 분죽 및 맹종죽의 재질 특성. 목재공학, 27(2):7-14.
12. 소원택, 정우양, 이형우(1996). 담양지역 왕대, 분죽 및 맹종죽의 성장특성. 1996. 한국가구학회지, 7(1,2):29-37.
13. 오민영 외(1981). 임업기술(육림,경영,이용).

- 산림청:157-158.
14. 張敏, 川井秀一, S. Yusuf, 今村祐嗣(1997).
リノセルロス系原料を用いた木質ボードの製造とその性質 (第3報),竹パーティクルボードの性質と蒸気噴射プレスによる寸法安定性の改善.木材學會誌43(4):318-326.
15. 田中章介. 1962. 九州地區における竹材の特殊加工技術. Bull. of Industrial Arts Institute 4:2-10.
16. 조무연(1989). 한국수목도감. 아카데미서적:56-59.
18. 川井秀一(1994). 中國竹材合板工場見學記. 木材工業. 49(2):90-92.