

潭陽地域 왕대, 분죽 및 맹종죽의 材質特性^{*1}

蘇元澤^{*2} · 金潤受^{*2} · 鄭雨陽^{*2} · 李亨雨^{*2}

Wood Characteristics of *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys nigra* var. *henonis*, and *Phyllostachys pubescens* Grown in Damyang District^{*1}

Won-Tek So^{*2} · Yoon-Soo Kim^{*2} · Woo-Yang Chung^{*2} · Hyoung-Woo Lee^{*2}

ABSTRACT

This study was performed to investigate the basic wood characteristics of *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys nigra* var. *henonis*, and *Phyllostachys pubescens* grown in Damyang district in Korea.

There were no significant differences in the anatomical structure of three species and they showed reticulate vessels and tylosis. The bulk density of *P. bambusoides*, *P. nigra* var. *henonis*, and *P. pubescens* was 0.61g/cm³, 0.66g/cm³, and 0.58g/cm³, respectively.

P. pubescens showed the highest cleavage resistance and *P. nigra* var. *henonis* showed the lowest cleavage resistance, and therefore *P. nigra* var. *henonis* was fittest for the cleaving processing of bamboo.

Keywords: *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys nigra* var. *henonis*, *Phyllostachys pubescens*, reticulate vessels, tylosis, specific gravity, shrinkage, strength

- 요약 -

본 연구는 담양지역에서 대자리용으로 생산되고 있는 왕대, 분죽 및 맹종죽을 대상으로 해부, 물리, 기계적 성질을 조사하기 위해서 수행되었다.

공시 3수종의 해부학적 구조에 있어서 특별한 차이는 없었으며 3수종 모두 망문도관과 전충물질이 관찰되었다. 왕대, 분죽, 맹종죽의 용적밀도는 각각 0.61g/cm³, 0.66g/cm³, 0.58g/cm³ 로 측정되었으며 수종별 활렬저항은 맹종죽이 가장 크고 분죽이 가장 작게 나타나므로 활죽가공용으로 분죽이 가장 적합하였다.

*1 접수 1998년 12월 14일. Received December, 14, 1998.

본 연구는 1995년도 농림부지원 특정과제 현장예로 연구비로 수행되었습.

*2 전남대학교 임산공학과, Department of Forest Products & Technology, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

2.3. 實驗方法

2.3.1 대나무의 해부학적 성질

纖維長은 胸高部位에서 채취된 두께 3cm 정도의 圓板에서 10개의 軸木을 채취하고 Schürz溶液으로 解離한 후 현미경으로 40배 확대하여 1개 軸木에서 100개씩 측정하였다. 또한 가로 7mm, 세로 1cm 정도의 切片을 절단하여 ethyl alcohol 계열로 탈수하고 paraffin으로 embedding한 다음 횡단면과 방사단면 및 접선단면으로부터 microtome으로 두께 20 μ m의 切片을 절삭하고 safranin과 astra blue로 이중염색하여 광학현미경으로 조직구조를 검정하였다.

2.3.2. 대나무의 물리적 성질

供試원죽의 기본적인 물리적 성질로서 生材含水率, 比重, 收縮率 및 吸水率을 측정하였다. 생재함수율은 대나무의 벌채즉시 기부에서 두께 3cm의 원판을 채취하여 전건법으로 측정하고 비중은 생재용적에 대한 전건무게의 比인 용적밀도값이며 精度 0.05mm의 caliper를 사용한 치수법과 精度 0.001g의 balance를 사용한 침지법으로 측정하였다. 수축률은 精度 0.001mm의 traveling microscope를 사용하여 횡단면, 방사단면 및 접선단면별로 측정하였으며 흡수량 측정을 위한 표면코팅은 paraffin과 vaselline의 등량 비율 혼합액을 사용하였다. 각 물리적 성질의 측정 및 계산방법은 한국공업규격 KS F2201~2204를 적용하였다.

2.3.3. 대나무의 기계적 성질

기계적 성질로는 壓縮強度, 引張強度, 韌強度, 剪斷強度, 衝擊韌吸收에너지 및 할렬저항 등을 한국공업규격 KS F2206~2211에 따라 측정하였다.

사용된 강도시험기는 United Calibration Corporation의 Model SFM-20 Universal Testing Machine (cap. 30,000 lb)으로서 충격시험을 제외한 하중속도는 저속도인 10mm/min을 적용하였다.

3. 結果 및 考察

3.1. 대나무의 해부학적 성질

대나무는 竝立 維管束이 모든 줄기의 기본조직 속에 산재하는 不齊中心柱(atactostele)의 구조를 이루고 있으며 따라서 목본식물에서 나타나는 원주상의 유관속 형성층은 발달되지 않는 관계로 2차 肥大生

長은 나타나지 않는다.^{1,2)}

대나무의 조직을 횡단면에서 관찰하면 최외층에 1층의 厚壁表皮(epidermis)가 있으며 이 표피의 바로 아래쪽에 1~3층의 下表皮(hypodermis)가 있고 곧바로 皮層(cortex)이 존재한다. 이어 병립 유관속은 안쪽에 목부가 자리잡고 있으며, 바깥쪽에 사부가 자리잡고 있다. 이 유관속은 후벽섬유조직으로 에워싸여 있으며 이 후벽섬유의 조직을 維管束束(vascular bundle)라 부른다. 목부는 대칭으로 있는 후생목부와 1~수개의 원생목부로 이루어져 있으며 후생목부는 網紋導管(rediculate vessel)으로 되어있으나, 원생목부는 環紋(annular)도관 또는 螺旋紋(spiral)도관으로 이루어져 있고 반면에 사부는 사관과 유세포로 구성되어 있는 바 본 연구에 사용된 왕대, 분죽 및 맹종죽의 해부학적 구조(그림 2~4)는 매우 유사하여 차이

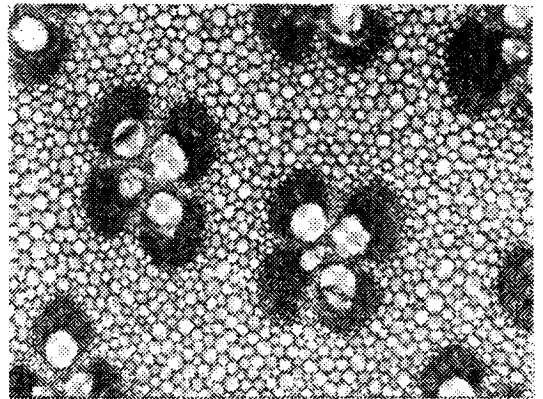


Fig. 2. Optical microscopic structure for cross section of *Phyllostachys nigra* var. *henonis*. (40 \times)

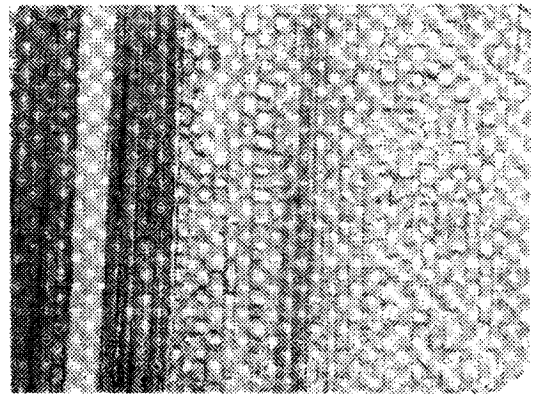


Fig. 3. Optical microscopic structure for radial section of *Phyllostachys pubescens*. (40 \times)

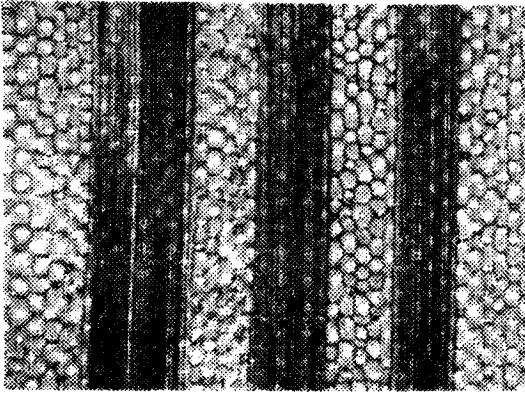


Fig. 4. Optical microscopic structure for tangential section of *Phyllostachys bambusoides*. (40×)

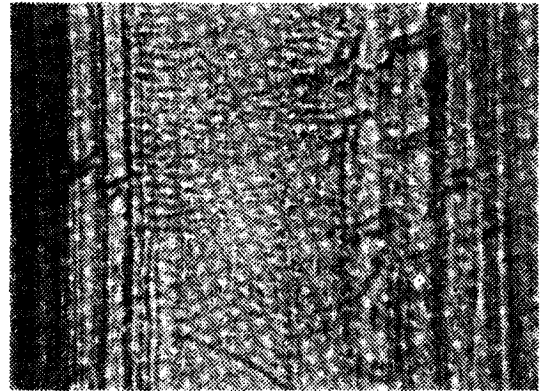


Fig. 5. Reticulate vessel of *Phyllostachys pubescens*. (400×)

점을 구분하기 어려웠으며 다만 맹종죽의 경우 왕대나 분죽에 비해 하표대의 세포층이 약간 더 많은 것으로 나타났다. 특히 왕대, 분죽 및 맹종죽의 도관은 모두 망분도관(그림 5)과 타일로스(그림 6)를 나타내고 있으며 3수종의 도관분포에 따른 Grosser 와 Liese의 분류에 따른다면 중심주가 후벽세포로 에워싸여 있는 형태인 I형에 속하고 있다.

대나무의 섬유장을 측정된 결과 왕대는 1.98mm, 분죽은 1.74mm, 맹종죽은 1.94mm로서 분죽이 가장 짧은 반면, 맹종죽과 왕대의 섬유장은 거의 비슷하였으나 왕대가 약간 길었다. 이는 IAWA에서 분류한 전수종의 纖維長 등급중 纖維長이 긴 등급인 V등급(1.6-2.2mm)⁶⁾에 모두 포함되며, 횡단면상에서 방사방향으로의 섬유장 변이는 중간부위에서 섬유장이 가장 길고, 내부와 외부는 보다 짧게 나타났다. 특히 왕대의 경우 중간부위 섬유는 침엽수재에 가까운 2.44mm의 매우 긴 섬유로 구성되어있으며 이는 펄프용 원료로서의 이용성이 매우 높다고 할 수 있다.

수종별 해부학적 특징을 요약하면 다음 표 2와 같다.

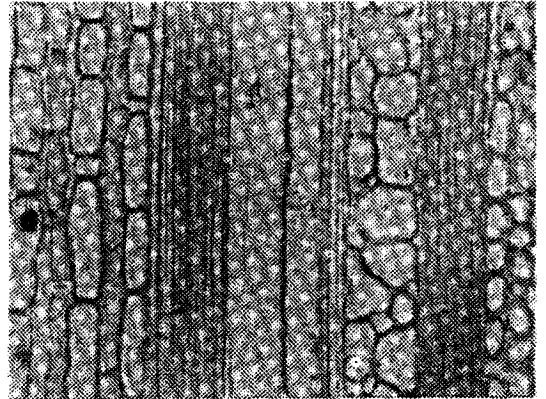


Fig. 6. Tylosis of tangential section of *Phyllostachys nigra var. henonis*. (100×)

3.2. 대나무의 물리적 성질

3.2.1. 生材含水率 및 比重

왕대, 분죽, 맹종죽의 생재함수율과 비중을 조사한 결과는 표 3과 같이 나타났다.

Table 2. Anatomical characteristics of bamboos

Species	Epidermis	Hypodermis	Proto-phloem	Tylosis	Vessel type
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	1 layer	2~3 layer	present	present	reticulate
<i>Phyllostachys nigra var. henonis</i>	1 layer	1~2layer	present	present	reticulate
<i>Phyllostachys pubescens</i>	1 layer	1~2 layer	present or absent	present	reticulate

Table 3. Green moisture content and specific gravity of *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys nigra* var. *henonis*, and *Phyllostachys pubescens*

Species	Green M.C. (%)	Specific gravity of internode (g/cm ³)			Specific gravity of node (g/cm ³)
		outer(1/3)	inter(1/3)	total	
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	86	0.78	0.45	0.61	0.69
<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i>	67	0.85	0.52	0.66	0.74
<i>Phyllostachys pubescens</i>	110	0.70	0.50	0.58	0.67

대나무의 벌채시기는 7-8월로서 연중 강우량이 가장 많은 때이며 따라서 대나무의 생재함수율은 시기적으로 높을 때이다. 대나무 수종별로는 맹종죽의 함수율이 110%로 가장 높고 왕대 86%, 분죽 67%의 순으로서 투과특성을 배제하고 생재함수율에 의한 내부함수량만을 고려할 경우 대나무 건조가공이용상 맹종죽의 건조시간이 가장 오래 소요될 것으로 추정된다.

대나무의 비중은 대나무의 두께방향으로 세포조직의 치수 및 배열이 현저히 다르기 때문에 표피부분인 외측과 내피부분인 내측으로 구분하여 비중을 측정하였다.

먼저 마디사이(節間)의 경우 3수종 모두 외측이 0.70~0.85 g/cm³로 비중이 높고 내측의 비중은 0.45~0.52 g/cm³로서 외측의 58~71%에 불과한 매우 작은 값을 나타냈다. 전체두께의 비중값은 0.58~0.66 g/cm³로서 표피와 내피의 평균에 가까운 중간치의 비중을 나타냈다.

수종별로는 전체비중이 맹종죽 0.58 < 왕대 0.61 < 분죽 0.66 g/cm³의 순으로서 분죽이 가장 비중이 크고 무거운 수종이며 맹종죽이 가장 비중이 작고 가벼운 수종으로 나타났다.

이는 Richardson의 全乾密度 크기에 의한 分類¹⁰⁾에 의한 0.50 g/cm³ 이상의 高密度材에 포함된다고 할 수 있다.

한편 마디부위의 전체비중을 측정하였는 데 이때 마디에 붙어있는 격막은 제거한 상태이며 전체적으로 0.67~0.74의 범위에 속하므로써 마디사이보다 12~16% 높은 비중을 나타냈다.

그림 7은 대나무 수고에 대한 죽종별 기건비중(기건무게/기건용적)의 변이를 나타낸 것이다.

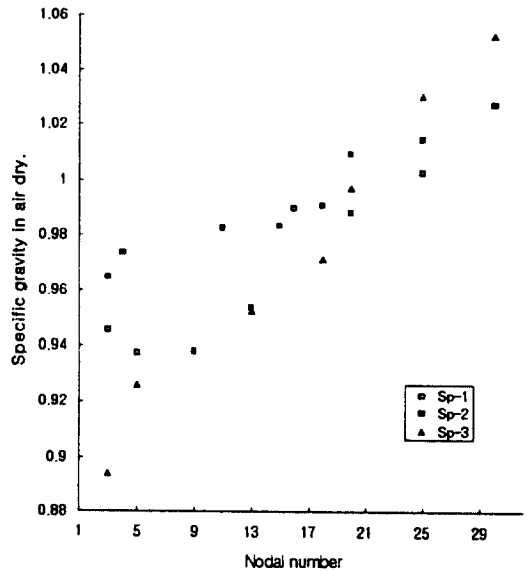


Fig. 7. Variation of air-dry specific gravity for bamboo height.

Sp-1: *Phyllostachys bambusoides*

Sp-2: *Phyllostachys nigra* var. *henonis*

Sp-3: *Phyllostachys pubescens*

3수종 모두 기부에서 초단부로 갈수록 기건비중이 현저하게 증가하고 있으며 비중증가율은 맹종죽이 가장 빠르고 분죽이 가장 늦은 것으로 나타났다. 따라서 기부에서는 맹종죽 < 왕대 < 분죽의 순으로 기건비중이 크지만 상부로 갈수록 그 차이가 좁혀져서 25번째 마디부터는 맹종죽의 기건비중이 가장 높고 30번째 마디이후는 오히려 분죽의 기건비중이 가장 작아지는 경향을 보이고 있다.

3.2.2. 收縮率과 吸水量

왕대, 분죽, 맹종죽의 수축률과 흡수량을 조사한 결과는 표 4와 같이 나타났다.

생재에서 전건까지의 전수축률을 비교해보면 전체적으로 왕대 > 맹종죽 > 분죽의 순으로 수축이 심하였는데 비중이 큰 분죽이 수축면에서는 오히려 가장 치수안정성이 뛰어난 수종임을 알 수 있었다. 또한 방향별로는 일반목재가 접선방향 수축이 가장 큰데 비해 대나무는 3수종 모두 방사방향 즉 대나무 두께 방향의 수축이 접선방향보다 큰 특징을 보이고 있으며 따라서 접선방향과 방사방향의 수축비를 나타내는 T/R율도 일반목재의 경우 2.0정도인데 비해 1.0 이하의 값을 나타내고 있다. 섬유방향 수축은 맹종죽이 가장 심한 수종으로 조사되었으며, 대나무의 목리방향별 수축이방성은 세로방향과 가로방향의 수축률 차이가 매우 큰 반면에 가로방향인 방사방향과 접선방향 간의 수축률 차이는 극히 작아서 섬유방향과 횡단방향간의 2방향 이방성만을 갖는 것으로 나타났다.

특기할 사항은 대나무의 경우 내부가 빈 원통형으

로 되어있어서 수축할 때 밖으로 휘는 현상이 있어서 정확한 접선방향 수축률을 구하기 어려운 문제가 있으며 왕대의 휨이 매우 작은 반면에 분죽과 맹종죽은 상대적으로 심하게 휘기때문에 수축률이 과소하게 측정될 수 있는 경향이 있다.

흡수량 시험결과 방사면과 접선면에서는 왕대가 0.071~0.059g/cm²로서 흡수성이 가장 크고 분죽과 맹종죽은 0.059~0.031g/cm²로 동일한 흡수성을 보였다. 그러나 횡단면에서는 분죽의 흡수성이 0.618g/cm²로 가장 크고 맹종죽은 0.301g/cm²로서 분죽에 비해 절반정도의 매우 작은 흡수성을 나타냈으며 전체적으로는 왕대의 흡수성이 가장 큰 것으로 나타났다. 흡수단면별로는 3수종 모두 횡단면 > 방사면 > 접선면 순으로 흡수량이 높게 나타났다.

3.3. 대나무의 강도적 성질

왕대, 분죽, 맹종죽의 기본적인 강도적 성질로서 압축강도, 휨강도, 전단강도, 충격강도, 할렬강도 및 경도를 측정된 결과는 표 5, 6과 같다.

세로압축강도의 경우 535~734kgf/cm² 범위로서

Table 4. Shrinkage and water absorption of *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys nigra* var. *henonis*, and *Phyllostachys pubescens*

Species	Total shrinkage (%)				Amount of water absorption (g/cm ²)		
	Radial direction	Tangential direction	Longitudi. direction	T/R ratio	Radial direction	Tangential direction	Longitudi. direction
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	7.94	6.06	0.09	0.76	0.071	0.041	0.582
<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i>	5.75	5.53	0.11	0.96	0.059	0.033	0.618
<i>Phyllostachys pubescens</i>	6.45	5.81	0.20	0.90	0.059	0.031	0.301

Table 5. Mechanical properties of *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys nigra* var. *henonis*, and *Phyllostachys pubescens* (I)

Species	Compressive str. (kgf/cm ²)	Tensile str. (kgf/cm ²)	Bending str. (kgf/cm ²)	Young's modulus (× 10 ³ kgf/cm ²)	Shear str. (kgf/cm ²)
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	686	2,798	1,525	82.7	170
<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i>	734	2,854	1,719	108.3	190
<i>Phyllostachys pubescens</i>	535	2,277	1,448	78.6	168

Table 6. Mechanical properties of *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys nigra* var. *henonis*, and *Phyllostachys pubescens* (2)

Species	Cleavage str. (kgf/cm)	Impact str. (kgf · m/cm ²)	Hardness (kgf/mm ²)		
			outer	core	inner
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	93.9	1.94	2.67	1.38	1.45
<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i>	86.2	2.28	3.23	1.72	2.27
<i>Phyllostachys pubescens</i>	97.5	2.15	2.42	1.01	2.05

주요 국산 참나무류의 510~740kgf/cm² 와 거의 일치하고 있으며⁷⁾ 수종별로는 왕대 686kgf/cm², 분죽 734kgf/cm², 맹종죽 535kgf/cm²로 분죽의 압축저항이 가장 크고 맹종죽이 가장 작은 수종으로 판명되었다.

세로인장강도, 휨강도, 휨영계수 및 전단강도에서도 모두 비중이 큰 분죽의 강도적 성질이 가장 뛰어난 수종으로 측정되었으며 비중이 작은 맹종죽이 가장 약한 수종으로 나타났다.

또한 충격휨흡수에너지로 비교한 충격강도는 분죽이 2.28kgf/cm²로 가장 높고 왕대가 1.94kgf · m/cm²로 가장 낮았으며 비중이 가장 작은 맹종죽이 2.15kgf/cm²로서 충격흡수능력이 비교적 양호한 것으로 나타났다.

휨영계수의 逆數로 산출되는 變形係數는 맹종죽 > 왕대 > 분죽의 순으로서 맹종죽의 변형저항이 가장 작기 때문에 죽재변형가공에 소요되는 노동강도는 맹종죽이 가장 작을 것으로 판단된다.

그러나 활렬강도는 비중이 큰 분죽이 오히려 86.2kgf/cm로 가장 약하고 상대적으로 가벼운 수종인 맹종죽이 97.5kgf/cm로서 가장 활렬저항이 강한 수종으로 조사되었는 데 활렬강도는 대나무의 활죽가공성을 나타내는 지표로서 분죽이 적은 힘으로 쉽게 쪼개지고 쪼개진 면도 매우 깨끗한 반면에 맹종죽은 비중이 작으면서도 쪼개기 힘들며 활렬면이 극히 조잡한 특성을 가지고 있었다. 따라서 활죽이용면에서 분죽이 가장 우수하고 맹종죽은 적합하지 않은 수종임을 알 수 있었다.

대나무의 경도는 외피측 표면과 내피측 이면 및 두께1/2의 내부로 구분하여 측정한 결과 수종별로는 왕대 1.38~2.67kgf/mm², 분죽 1.72~3.23kgf/mm², 맹종죽 1.01~2.42kgf/mm²로서 압축강도와 마찬가지로

로 분죽이 가장 강하고 맹종죽이 가장 약한 수종으로 나타났다. 측정부위별로는 3수종 모두 표면의 경도가 가장 높고 다음으로 이면이 높으며 죽재의 내부는 매우 약하여 표면경도의 절반수준인 42~53%에 불과한 경도를 나타냈다.

4. 結 論

담양지역에서 생산되고 있는 왕대, 분죽 및 맹종죽은 이지역 죽재생산량의 거의 대부분을 차지하며 죽고 10m 이상으로 직경이 크고 두께가 두꺼워서 대나무못자리(대자리)를 생산하는 데 매우 적합한 형질을 지니고 있다. 또한 전국적으로도 이들 3수종은 죽종별 전국 대나무 생산량의 거의 전부를 차지하고 있기 때문에 국산대나무의 실질적인 대표수종이라 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 담양산 왕대, 분죽, 맹종죽의 합리적 이용도 증진을 위한 기초자료로 활용될 수 있기를 기대하여 기본적인 해부, 물리, 기계적 특성을 조사하였으며 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 왕대, 분죽 및 맹종죽의 해부학적 구조는 매우 유사하여 수종간 차이점을 구분하기 어렵다. 왕대, 분죽 및 맹종죽의 도관은 모두 망문도관과 타일로서스(tylosis)를 나타내고 있으며 3수종의 도관분포에 따른 Grosser 와 Liese의 분류에 따른다면 중심주가 후벽세포로 에워쌓여 있는 형태인 I형에 속하고 있다.

대나무의 섬유장을 측정된 결과 왕대는 1.98mm, 분죽은 1.74mm, 맹종죽은 1.94mm로서 IAWA 분류 기준중 纖維長이 긴 V등급(1.6-2.2mm)에 모두 포함

되었다.

2) 대나무의 비중(용적밀도)은 맹종죽 0.58g/cm^3 <왕대 $0.610.58\text{g/cm}^3$ <분죽 $0.660.58\text{g/cm}^3$ 의 순이며 3수종 모두 마디부위 비중이 마디사이(節間)보다 12-16% 높고 두께부위별로는 외측이 내측보다 높으며 수고부위별로는 기부에서 초단부로 갈수록 현저하게 비중이 증가하는 경향을 보였다.

3) 대나무의 수축률은 왕대 > 맹종죽 > 분죽의 순으로서 3수종 모두 방사방향의 수축이 접선방향보다 큰 특징을 보이고 있으며 T/R율은 1.0이하의 값을 나타내고 있다.

4) 압축강도, 인장강도, 휨강도, 휨영계수, 전단강도 및 경도는 모두 비중이 큰 분죽의 강도적 성질이 가장 뛰어난 수종으로 측정되었으며 비중이 작은 맹종죽이 가장 약한 수종으로 나타났다.

5) 할렬강도는 비중이 큰 분죽이 가장 약하고 상대적으로 가벼운 수종인 맹종죽이 가장 할렬저항이 강한 수종으로 조사되었다. 따라서 대나무의 할죽가공시 분죽은 적은 힘으로 쉽게 쪼개지고 쪼개진 면도 매우 깨끗한 반면에 맹종죽은 비중이 작으면서도 쪼개기 힘들며 할렬면이 극히 조잡한 특성을 가지고 있었다. 따라서 할죽이용면에서 분죽이 가장 우수하고 맹종죽은 적합하지 않은 수종임을 알 수 있었다.

參 考 文 獻

1. Forest Products Laboratory. 1987. Wood handbook: Wood as an engineering material. USDA Forest Service, Agriculture HB 72: 1-11.
2. 金在生. 1975. 대나무類의 維管束鞘에 衣한 形態學的 研究. 韓國林學會誌 (25): 13-47.
3. 김정필. 1994. 건강 대자리 품질 고급화를 위한 문양도안 및 디자인 개발에 관한 연구. 전라남도 농업기술개발연구보고서 51p.
4. 김태욱. 1994. 원색도감-한국의 수목. (주)교학사: 597-605.
5. 담양군. 1980. 죽세공예산업 진흥 10개년 계획.
6. 朴相珍, 李元用, 李華珩. 1987. 木材組織과 識別. 鄉文社: 141, 170-174.
7. 山林廳. 1981. 林業技術(育林.經營.利用). 山林廳: 768-771.
8. 李載棋, 朴相珍. 1987. 潭陽地方 왕대屬 4種의 組織 및 稈內 變異性. 木材工學. 15(3): 14-23.
9. 林業試驗場編. 1973. 木材工業ハンドブック. 丸善株式會社: 262-263.
10. 鄭希錫. 1993. 木材理學. 서울대학교출판부: 62-63.