

국산 죽재의 기계 가공성에 관한 연구^{*1}

이 형 우^{*2} · 김 병 남^{*2}

Study on the Machinability of Korean Domestic Bamboo Species^{*1}

Hyoung-Woo Lee^{*2} and Byung-Nam Kim^{*2}

ABSTRACT

Machinability of three Korean domestic bamboo species, *Phyllostachys pubescens* Mazel, *Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf. and *Phyllostachys bambusoides* S. et Z., was studied to investigate the possibility of utilization of Korean domestic bamboo species as raw material for industry.

Splitting force reached a maximum within the first inch of knife travel and diminished thereafter. Parallel-sided wedge-type knife with sharpness angle of 15 degree required the lowest maximum splitting force. Roughnesses of surfaces developed during planing and sawing of bamboo were lower than those of *Pinus radiata* D. Don and quality of ripped surface was better than that of cross-cut surface on bamboo. 62.5 hours were required to dry 12mm-thick *Phyllostachys pubescens* Mazel from moisture content of 60% to moisture content of 10% at 70°C.

Keywords : bamboo, machinability, splitting, drilling, planing, sawing, drying, roughness, image processing

- 요약 -

국산 죽재를 목재산업용 원재료로 활용할 수 있는 가능성을 타진하기 위하여 대표적인 우리나라 대나무 수종인 전남 담양산 맹종죽, 분죽 및 왕대의 절삭과 건조특성 등 기계가공성을 조사, 분석하였다. 연구 결과 쪼개기저항은 공구가 2.5cm 피삭재 내부로 진입하였을 때 최대로 상승하였으며, 칼날각 15도의 췌기형 공구를 이용하면 쪼개기저항을 최소화할 수 있는 것으로 밝혀졌다. 또한 등근톱과 띠톱에 의한 죽재의 절삭면 품질은 목재의 경우에 비하여 비교적 양호하였다. 한편 두께 12mm 맹종죽을 함수율 60%에서 10%까지 온도 70°C로 건조하는데 약 62.5 시간이 소요되었다.

*1 접수 1998년 10월 7일, Received October 7, 1998

본 연구는 1996년도 농림부지원 특정과제 현장애로 연구비로 수행되었음.

*2 전남대학교 농과대학 College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea.

1. 서 론

예로부터 대나무는 목재와 더불어 우리의 생활 속에서 매우 친숙한 재료로 여겨져 왔으며 대나무의 특징적 외관과 재질적 특성으로 인하여 주로 민중들의 생활도구로서 애용되어 왔다. 특히, 대나무는 匠人들의 섬세한 가공기술을 바탕으로 다양한 공예품 재료로서의 진가를 발휘하여 왔다. 그러나 소득수준의 향상에 따라 생활양식이 서구화되면서 약 700여종에 이르던 전통 죽세공예품들은 우리의 주변에서 그 자취를 감추게 되었으며 대자리를 비롯한 몇 가지 품목만이 그 명맥을 유지하고 있다. 그리고 이미 알려진 바와 같이 저임금을 바탕으로 한 중국산 죽세공예품의 저가 공세도 국내 죽세공예산업의 경쟁력을 크게 저하시키는 중요한 원인의 하나가 되었다.

국내 죽세공예업의 사양화는 대나무 생산을 크게 위축시키는 결과를 초래하여 결국 농산촌 주요 소득원의 일부가 소멸되는 실정에 있다. 그러나 지금의 우리 실정과 같은 과정을 이미 겪어 온 일본에서는 대나무의 새로운 용도 개발을 통하여 죽재 가공산업의 새로운 전기를 마련하기 위해 꾸준히 노력하고 있다. 필리핀에서는 이미 1970년대부터 自國의 죽재에 대한 이용 활성화를 위하여 죽재의 물리적 성질에 대한 연구(Espiloy & Sasondoncillo, 1978; Tamolang et al, 1980)와 함께 죽재의 가구재료로서의 활용을 위한 경제성 분석까지 타진하기도 하였다(Casin-Garcia, 1986). 한편, 죽재 산업의 불모지로 여겨지던 미국이나 캐나다에서도 죽재를 이용한 마루판, 집성재(Lee et al, 1998), 합판, 삭편판(Fujimoto et al, 1998) 또는 기타 목질복합재료(Ma et al, 1996) 등의 제조 기술을 개발, 신제품을 선보이고 있다.

그러므로 국내 죽재산업의 사활은 죽재를 이용한 새로운 제품의 개발에 달려있다고 할 수 있다. 蘇 등(1997)의 국산 죽재의 특성에 대한 연구 결과에 따르면 목재에 비하여 결코 뒤지지 않는 우수한 재료라는 사실을 확인할 수 있으며, 특히 우리 나라의 대나무가 외국산에 비해 품질이 매우 뛰어나다는 점도 사실이다. 따라서 이처럼 우수한 특성을 지닌 국산 죽재를 이용하여 공예품의 범주를 초월한 고부가가치의 새로운 제품을 개발할 수 있다면 우리나라의 대나무는 목재를 대체할 수 있는 우수한 재

료로서 인정받을 수 있게 될 것이며, 궁극적으로는 국내 죽재산업의 활성화와 함께 농산촌의 소득증대에도 크게 기여할 것으로 전망된다. 蘇 등(1996, 1997)은 최근 국산 죽재에 대한 기초적인 재질과 성장특성 등을 조사한 바 있으나 국산 죽재의 건조나 절삭과 같은 가공특성에 대한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 국산 죽재의 쪼개기, 재단 및 건조 등과 같은 기계 가공에서 나타나는 가공특성을 조사, 분석함으로써 국산 죽재가 공업용 재료로서 인정받을 수 있는 기반을 마련하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 연구에서는 전남 담양지역의 竹林에서 생육하고 있는 대표적인 대나무 수종인 맹종죽(*Phyllostachys pubescens* Mazel), 분죽(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf.) 및 왕대(*Phyllostachys bambusoides* S. et Z.) 3수종을 공시수종으로 선택하였으며, 목재와의 가공성 비교를 위하여 뉴질랜드산 라디아타소나무(*Pinus radiata* D. Don)를 함께 사용하였다.

2.2. 죽재의 쪼개기 저항 측정방법

공시재료로부터 각각 길이 10cm의 기건상태 시편을 3mm, 5mm, 7mm 및 9mm의 4가지 두께로 채취하였다. 쪼개기 실험용 공구는 치단각 15, 30, 45도의 칼날과 15와 60도의 썸기형 칼날(parallel-sided wedge-type knife)로 나누어 제작하였다

쪼개기 저항의 변화는 그림 1에서와 같이 만능강도 시험기(universal testing machine)에 취부된 공구를 하부의 시편 고정대에 위치한 시편에 전진시키면서 공구에 부하 되는 하중의 변화를 측정하여 표시하였다. 한편, 공구의 전진속도는 50mm/min, 200mm/min 및 500mm/min으로 나누어 각각 적용하였다.

2.3. 죽재의 기계가공성 측정장치 구성

2.3.1. 표면 거칠기 측정장치

光源으로 파장 780nm의 laser diode를 이용한 레이저 변위센서(laser displacement sensor)를 사용하여 죽재와 목재의 표면거칠기를 10 μ m단위로 측정하

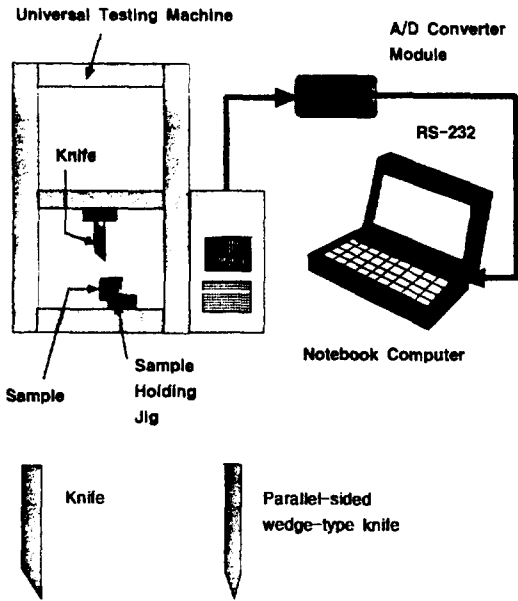


Fig. 1. Experimental setup to measure the force to split bamboo parallel to grain direction.

였다. 한편, 센서의 응답속도는 20msec (1/50sec) 정도로 빠르게 적용하여 높은 정확도를 유지할 수 있도록 하였다.

레이저 변위센서는 servo actuator에 장착하여 센서가 피검사체 위를 일정한 속도로 지나갈 수 있도록 하였으며, teaching pendant에 연결되어 저장된 명령에 의해 일정한 속도로 움직이도록 하였다.

레이저 변위센서로부터 출력되는 analog type의 전기적 신호를 digital 신호로 변환하는 A/D 변환기 (converter)를 역시 개인용 컴퓨터에 장착하고 자료 획득용 프로그램을 작성, 얻어진 자료를 자동적으로 처리하도록 하였다. 이때 레이저 변위센서부의 enable input에 신호를 줄 수 있도록 설계하여 servo actuator의 작동과 동시에 측정이 이루어지도록 동기화(synchronization)하였다. 즉, enable input에 전기적 신호가 입력되는 동안에만 측정이 이루어지도록 하였다.

센서의 이동속도와 응답속도에 따라 측정위치를 자동적으로 계산할 수 있도록 프로그램을 작성하였으며, 컴퓨터 모니터 상에 수치와 함께 표면의 형상이 그려질 수 있도록 하였다.

2.3.2. 천공가공성 조사를 위한 화상처리시스템

죽재 시편의 두께가 매우 작은 관계로 앞서 구성한 표면거칠기 측정장치로는 천공면 품질의 조사가 불가능하였다. 그러므로 본 연구에서는 천공가공시 발생하는 구멍의 규격을 현미경을 통한 화상으로 얻어내어 천공가공의 품질을 측정하였다. 즉, 천공시 구멍의 주변에 많은 거스러미가 발생하게 되므로 육안으로 살펴보아도 깨끗이 천공되지 못한 상황을 판별할 수 있다. 그러나 보다 정확도를 높이기 위하여 시편의 표면과 이면의 천공상태를 현미경을 통해 20배로 확대한 후 그 화상을 컴퓨터에 입력, 비교함으로써 천공가공면의 품질을 분석하였다.

2.4. 죽재의 대패가공성 조사방법

공시재료에 대하여 두께가 약 1.5cm 정도 되는 마디를 대상으로 실시하였다. 우선 준비된 둥근 마디를 소형 자동대패로 폭 2cm정도의 평활한 평면이 되도록 평삭 가공한 후 직경 45mm cutterhead에 회전속도 12,000rpm, 14,000rpm, 그리고 16,000rpm을 각각 적용하여 회전속도에 따른 영향을 조사하였다. 한편, 대패가공에 투입될 죽재는 이미 건조된 상태가 일반적이므로 시편은 기건상태로만 준비하였으며, 송재속도는 90mm/sec를 적용하였다. 대패가공에 의한 죽재의 품질은 레이저 변위센서를 이용한 표면 거칠기 측정장치를 이용하여 판정하였으며, 적용한 측정길이는 10mm로 하였다.

2.5. 죽재의 절단가공성 조사방법

공시재료에 대하여 우선 각각 평삭가공을 실시한 후 톱 직경 254mm의 둥근톱(4,800rpm, carbide tipped saw)과 톱폭 17mm의 소형 띠톱을 사용, 각 수종별 절단가공성의 변이를 측정하였다. 縱切과 橫切을 각각 실시하였으며, 각 실험조건에 의해 절단된 면들은 거칠기를 측정하여 그 품질을 비교하였다.

2.6. 죽재의 천공가공성 조사방법

공시재료에 대하여 천공가공성의 변이를 측정하기 위하여 천공기를 사용하였으며, 우선 8분할재를 준비하여 대패로 시편을 평활한 평면이 되도록 가공한 후 시편(평삭후)의 중앙을 천공가공 하였다. 한편, 수피를 벗겨내지 않은 상태의 시편(평삭전)들도 준비하여 수피가 천공가공성에 미치는 영향에 대해서도 조

사하였다. 친공에 사용된 비트는 금속용으로 지름 2, 4, 6, 8, 10mm를 각각 적용하였다.

2.6. 죽재의 건조특성 조사방법

맹종죽을 대상으로 활죽과 통죽으로 나누어 온도 70°C에서의 건조특성을 조사를 하였다. 두께 9-10mm 통죽 시험편의 형태는 좌우에 마디를 포함한 형과 중앙에만 마디를 포함한 형, 마디가 모두 제거된 형으로 제작하여 건조하였으며, 각 시험편의 지름과 길이는 각각 8cm와 40cm로 통일하였다. 활죽의 경우에는 2分割材, 4分割材 및 8分割材로 나누어 제작하였다. 각 형태별로 시험편의 두께는 6cm, 9cm 및 12cm로 구분하여 제작하였으며, 시험편의 길이는 40cm로 통일하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 죽재의 쪼개기 저항

왕대의 쪼개기 최대저항은 표 1과 같았다. 시편의 두께가 증가할수록 쪼개기에 대한 저항도 증가되었으나 공구의 전진속도에 따른 쪼개기 저항의 변화에는 일정한 경향을 찾을 수 없었다. 그러므로 죽재의 쪼개기 작업시 가능한 빠른 속도로 공구를 전진시킨다면 생산성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

3수종중 가장 비중이 높은 분죽(0.66)의 쪼개기 최대저항의 전체 평균은 40.6kg으로 왕대(50.7kg)와 맹종죽(52.5kg)에 비해 낮았다. 왕대의 비중은 0.61이고, 맹종죽의 비중은 0.58이므로 비중이 낮을수록 쪼

Table 1. Maximum force to split *Phyllostachys bambusoides* S. et Z. (Unit: kg)

Tool type	Tool angle (°)	Sample thickness (mm)	Tool speed (mm/min)			Average
			50	200	500	
Knife	15	3	25	23	25	24.3
		5	26	26	32	28.0
		7	51	36	33	40.0
		9	58	59	65	60.7
		Average	40	36	39	38.3
	30	3	26	38	25	29.7
		5	28	36	32	32.0
		7	54	48	33	45.0
		9	72	95	65	77.3
		Average	45	54	39	46.0
	45	3	36	42	34	37.3
		5	53	58	51	54.0
		7	104	68	61	77.7
		9	147	132	124	134.3
		Average	85	75	68	75.8
Wedge	15	3	21	18	19	19.3
		5	22	20	20	20.7
		7	45	41	42	42.7
		9	50	46	50	48.7
		Average	35	31	33	32.8
	60	3	39	30	34	34.3
		5	46	40	42	42.7
		7	70	63	74	69.0
		9	95	84	111	96.7
		Average	63	54	65	60.7

개기 최대저항이 커지는 것으로 밝혀졌으며, 비중이 높을수록 조직의 경화도가 높아 조직간의 분리가 보다 쉬운 것으로 사료된다.

본 실험 결과 3수종 모두 각 공구 형태에서 각도가 증가할수록 최대저항도 증가됨을 알 수 있었다. 썰개기에 대한 최대저항이 가장 낮은 것은 썰기형 15도 공구로서 모든 수종에서 가장 작은 힘으로 죽재를 썰 수 있는 것으로 밝혀졌다. 칼날형 공구가 썰기형 공구에 비해 높은 최대저항을 나타낸 것은

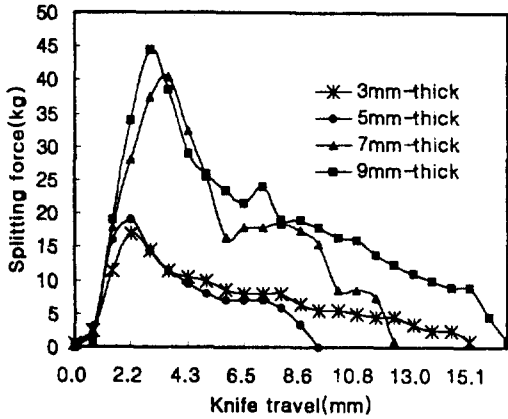


Fig. 2. Force to split air-dried *Phyllostachys bambusoides* S. et Z. of for thicknesses as related to distance penetrated by the parallel-sided wedge-type knife (knife angle =15 degrees, knife speed=200mm/min).

공구가 전진하면서 죽재를 썰개기 전에 잠시동안 깎아내는 절삭작용을 하기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 보다 작은 힘으로 죽재의 썰개기 작업을 효율적으로 수행하기 위해서는 썰기형 공구를 사용하는 것이 바람직하며, 공구의 각도도 가능한 15도를 넘지 않도록 제작해야 할 것으로 추정된다.

그림 2는 왕대를 대상으로 썰기형 공구(각도 15도)를 이용, 속도 200mm/min.로 썰개기 하여 얻어진 곡선으로 모든 수종에서 최대저항은 공구가 시편내부로 약 3-4mm정도 전진하였을 때 나타났으며, 이후 썰개기 저항은 급격히 감소하였다. 한편, 대부분의 시편은 공구가 시편내부로 15mm 전진하기 전에 썰개져 죽재의 썰개짐은 매우 신속히 이루어지는 것으로 밝혀졌다.

3.2. 죽재의 대패가공성

레이저 변위센서에 의한 죽재 및 라디아타 소나무의 대패가공면 거칠기는 표 2와 같았으며, 라디아타 소나무에 비해 죽재의 평균 거칠기가 낮아 대패가공면이 비교적 평활하다는 사실을 알 수 있다. 특히, cutterhead의 회전속도가 증가할수록 공구자국(knife mark)의 폭이 감소하여 상대적으로 라디아타 소나무에 비해 최대 거칠기가 감소하는 경향을 보이고 있다.

한편, 죽재는 12,000rpm미만의 속도를 적용하였을 때 죽재의 비중에 비해 cutterhead의 출력이 부족하여 만족스러운 절삭을 할 수 없었으나 라디아타 소

Table 2. Surface roughnesses of planed bamboo and wood

Species	cutterhead RPM	Max. roughness (micrometers)	Average roughness (micrometers)
<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i> Stapf.	12000	70	6.7
	14000	60	8.9
	16000	50	6.1
<i>Phyllostachys pubescens</i> Mazel	12000	50	6.5
	14000	50	7.3
	16000	40	6.7
<i>Phyllostachys bambusoides</i> S. et Z.	12000	60	7.1
	14000	40	5.8
	16000	40	6.2
<i>Pinus radiata</i> D. Don	8000	80	11.2

Table 3. Surface roughnesses of kerf on bamboo and wood sawn by circular saw

Species	Sawing direction	Max. roughness (micrometers)	Average roughness (micrometers)
<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i> Stapf.	Cross-cut	100	15.7
	Rip	60	9.7
<i>Phyllostachys pubescens</i> Mazel	Cross-cut	90	16.7
	Rip	90	8.8
<i>Phyllostachys bambusoides</i> S. et Z.	Cross-cut	90	13.9
	Rip	70	9.5
<i>Pinus radiata</i> D. Don	Cross-cut	140	25.2
	Rip	70	8.9

나무는 비중이 0.40정도로 낮아 10,000rpm이상의 속도를 적용하면 절삭되지 못하고 공구가 오히려 피삭재를 밀어내는 현상이 발생하여 8,000rpm의 낮은 속도를 적용하여 결과를 얻었다. 그러나 평균 거칠기는 cutterhead회전속도에 따른 변화가 뚜렷하지 않아 동력의 소모를 줄이기 위하여 본 실험조건에서는 약 12,000rpm정도를 적용한다면 비교적 양호한 대패가공면을 얻을 수 있을 것으로 판단되며, 따라서 향후 죽재를 이용한 고부가가치 제품을 생산하는 경우에도 대패가공에 의한 문제점은 없을 것으로 판단된다.

3.3. 죽재의 거단성

실험 결과 대나무 3수종에서 종절의 경우가 횡절에 비해 양호한 절단면을 보여주고 있다. 따라서 죽재를 이용하여 제품을 생산할 경우 가능한 횡절면보다는 종절면이 표면에 노출되도록 하는 것이 제품의 품질을 향상시킬 수 있는 방법이 될 것이다.

표 3의 절단면 거칠기 측정 결과를 살펴보면 횡절면의 경우 죽재에 비해 라디아타 소나무의 절단면이 매우 거칠게 나타나고 있다. 이러한 현상은 라디아타 소나무에 비해 죽재의 비중이 높아 절단면이 비교적 깨끗하게 발생하기 때문으로 사료된다.

3.4. 죽재의 천공 가공성

그림 3은 천공된 상태의 화상을 얻은 것으로 화상 처리에 의한 조사결과 뉴질랜드산 라디아타 소나무에 비해 대나무의 표면과 이면간 천공상태의 차이가 작은 것을 알 수 있었다. 특히, 대나무 3수종에 있어 이면의 천공상태는 매우 양호한 것으로 나타났으

나 목재의 경우 표면과 이면의 천공상태가 모두 불량한 것을 알 수 있다.

표 4는 각 수종과 직경별 표면과 이면의 천공상태 최소수 차이와 그 백분율로 나타낸 것으로 각 직경별 차이는 찾을 수 없었다. 그러나 모든 수종에서 수피가 존재하는 평삭전 천공상태의 표면과 이면간 차이가 평삭후 천공상태보다 작았으며, 분죽의 경우에는 나머지 두 수종에 비해 천공상태가 불량하였다. 본 연구결과 평삭전 수피가 남아 있는 시편의 천공상태가 양호한 것은 밀도가 높은 수피로 인하여 천공시 거스러미의 잔존이 최소화되었기 때문이며, 목재(뉴질랜드산 라디아타 소나무)에 비해 대나무의 천공상태가 양호한 것도 대나무의 밀도가 높기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 보다 양호한 천공작업을 위해서는 가능한 수피를 벗겨내

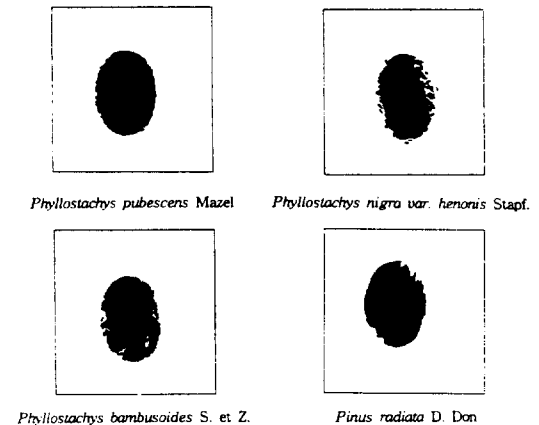


Fig. 3. Images of holes made by drilling bamboo and wood with 8mm-diameter twist drill bit.

Table 4. Differences between the image areas of two holes on both sides of bamboo and wood

(Unit: %)

Species	<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i> Stapf.		<i>Phyllostachys pubescens</i> Mazel		<i>Phyllostachys bambusoides</i> S. et Z.		<i>Pinus radiata</i> D. Don
	After planing	Before planing	After planing	Before planing	After planing	Before planing	After planing
2mm	15	4	2	1	11	4	11
4mm	16	16	11	5	15	2	27
6mm	2	1	2	4	0	3	5
8mm	8	2	2	1	4	5	7
10mm	6	2	0	1	0	4	5
Average	9.4	5.0	3.4	2.4	6.0	3.6	11.0

기 전에 천공작업을 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

3.5. 죽재의 건조특성

통죽의 건조곡선을 분석해보면 그림 4에서 보는 바와 같이 無마디형과 중앙마디형은 건조속도에 있어서 별다른 차이점을 나타내지 않았으나 양쪽마디형에 비해서는 매우 빠르게 건조하는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 대부분의 건조가 죽재의 표면으로부터 수분증발에 의해 이루어지므로 양쪽마디의 경우 내부 표면으로부터 증발된 수분이 마디에 의해 외부로 방출되지 못하기 때문으로 판단된다. 그러나 목재에 비해서는 건조속도가 비교적 빠른 편이며, 양쪽마디형의 경우 특징적인 건조결합의 발생은 없었다. 하지만 무마디형이나 중앙마디형은 건조후기에 들어서면서 건조응력에 의한 쪼개짐이 시작되어 심한 경우 시편이 2분되기도 하였다. 양쪽마디의 경우에는 건조가 완만히 진행되는 한편, 양쪽의 마디가 시편의 쪼개짐을 억제하여 거의 할렬이 발생하지 않았다. 따라서 통죽을 열기건조에 의해 결합 없이 안전하게 건조하여 사용하고자 한다면 양쪽에 마디가 남아있도록 재료를 준비해야 할 것으로 사료된다.

표 5는 활죽의 두께 및 함수율 단계별 건조속도를 나타낸 것으로 건조 초기에서 후기로 진행할수록 건조속도가 급격히 감소하여 목재와 매우 흡사한 경향

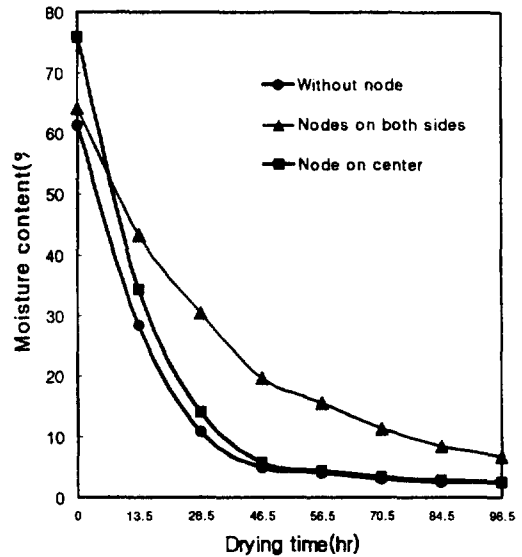


Fig. 4. Drying curves of 8mm-thick *Phyllostachys pubescens* Mazel at 70°C with and without nodes.

을 보여주고 있다. 이와 같은 사실은 죽재에도 목재의 섬유포화점보다는 낮지만 함수율 16-17%부근에 섬유포화점이 존재하며(Laxamana, 1985), 자유수의 방출이 주를 이루는 건조초기에는 매우 신속히 건조되지만 결합수의 제거가 주류를 이루는 건조후기에는 건조가 매우 느리게 진행된다는 사실을 입증하고

Table 5. Drying rate of *Phyllostachys pubescens* Mazel (Unit: %/hr)

Thickness (mm)	Moisture content ranges (%)			
	60-30	30-20	20-10	60-10
12	1.28	0.66	0.44	0.80
9	2.33	0.79	0.57	1.16
6	3.37	0.99	0.99	1.99

있다. 한편, 활죽의 분할수 즉, 죽편의 폭에 따른 건조속도의 차이는 거의 없었다.

4. 결 론

전남 담양산 맹종죽(*Phyllostachys pubescens* Mazel), 분죽(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf.) 및 왕대(*Phyllostachys bambusoides* S. et Z.) 등 국산 죽재 3수종의 쪼개기, 재단 및 건조 등과 같은 기계 가공에서 나타나는 가공특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 죽재의 두께와 비중이 증가할수록 쪼개기에 대한 저항도 증가하였으며, 치단각 15도의 췌기형 공구를 이용하였을 때 가장 낮은 쪼개기 최대저항을 나타내었다.
2. 죽재의 대패가공면 품질은 비교적 양호하였으며, 거단면 품질에 있어서는 횡절면보다 종절면의 품질이 보다 우수한 것으로 판정되었다.
3. 천공 품질은 수피가 존재한 상태에서 천공하는 것이 상대적으로 양호한 것으로 나타났다.
4. 온도 70°C에서 두께 12mm의 맹종죽 죽편을 함수율 60%에서 10%까지 건조하는데 약 62.5 시간이 소요되었다.
5. 국산 죽재 3수종의 기계가공성은 비교적 우수한 것으로 판단되므로 다양한 용도의 개발을 통하여 목재를 대체할 수 있는 우수한 목질재료로 변환될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 소원택, 정우양, 이형우. 1996. 담양지역 왕대, 분죽 및 맹종죽의 생장특성. 한국가구학회지 7(1/2): 29-37.
2. 소원택, 정우양, 이형우. 1997. 담양지역 죽세공업의 생산성 향상과 소득증대를 위한 죽제품 디자인, 죽재가공 기술개발 및 공정개선에 관한 연구. 농림수산부 특정연구과제 최종보고서.
3. Casin-Garcia, C. M. 1986. An economic analysis of the bamboo furniture industry. FPRDI Journal (Philippine) 15(1/2): 67-76.
4. Espiloy, Z. B. and R. S. Sasondoncillo. 1978. Some characteristics and properties of giant bamboo(*Gigantochloa Aspera* Kurz). FORPRIDE DIGEST(Philippine) 7(4): 34-45.
5. Fujimoto, Y., Y. Nakashima, J. Kawabe, Y. Mataka, and S. Kumon. 1998. Manufacturing of particleboard from bamboo particles-Influence of particle size on properties of bamboo particleboard. Mokuzai Kogyo 53(5): 212-217.
6. Laxamana, M. G. 1985. Drying of some commercial Philippine bamboos. FPRDI Journal (Philippine) 14(1/2): 8-19.
7. Lee, A. W. C., X. Bai, and A. P. Bangi. 1998. Selected properties of laboratory-made laminated-bamboo lumber. Holzforschung 52: 207-210.
8. Ma, L., Y. Kuroki, D. A. Eusebio, W. Nagadomi, S. Kawai, and H. Sasaki. 1996. Manufacture of bamboo-cement composites I.: Hydration characteristics of bamboo-cement mixtures. Mokuzai Gakkaishi 42(1): 34-42.
9. Tamolang, F. N., F. R. Lopez, J. A. Semana, R. F. Casin, and Z. B. Espiloy. 1980. Properties and utilization of Philippine erect bamboos. FORPRIDE DIGEST(Philippine) 9(3/4): 14-27.