

주요 국산수종의 휨가공성 평가*¹

정인석*^{2†} · 이원희*² · 장준복*³ · 배현미*⁴

Evaluation of Bending Property on Principal Domestic Species*¹

In-Suk Jung*² · Weon-Hee Lee*² · Jun-Pok Chang*³ · Hyun-Mi Bae*⁴

요 약

본 연구는 고주파 가열에 의한 산벚나무, 소태나무, 서어나무, 굴참나무, 박달나무, 고로쇠나무, 피나무, 소나무, 리기다 소나무, 참오동나무의 휨가공성을 평가해 보기 위하여 실시하였다. 본 연구에서 휨가공을 위한 곡률반경은 휨틀의 곡률반경에 의해 4 cm, 6 cm, 10 cm으로 구분하고, 대철의 두께는 0.6 mm와 0.8 mm로 구분하였다. 본 연구결과, 소태나무, 서어나무, 박달나무, 고로쇠나무는 모든 곡률반경에서 100% 성공율을 나타내었다. 산벚나무와 굴참나무의 경우 58%와 83%의 성공율을 각각 나타내었다. 피나무와 오동나무의 경우 총 29%와 8%로 매우 불량하게 나타났고, 곡률반경 4 cm에서는 모두 실패로 나타났다. 침엽수재인 소나무와 리기다 소나무는 각각 44%와 56%의 성공율을 나타내었다.

대철의 두께는 휨가공성의 쉽고 어려움보다는, 건조시 건조속도에 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났다. 건조 과정에서 대철두께가 얇을수록 휨가공부재의 건조 속도가 빠른 경향을 나타내었다.

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate bending property on principal domestic species such as sargent cherry(*Prunus sargentii*), bitter wood(*Picrasma quassioides*), horn beam(*Carpinus laxiflora*), cork oak(*Quercus variabilis*), birch(*Betula schmidtii*), painted maple(*Acer mono*), basswood(*Tilia*

*¹ 접수 2001년 11월 7일, 채택 2002년 1월 23일

*² 경북대학교 농업생명과학대학 임산·임산공학과군, Department group of Forestry and Wood science & technology, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea.

*³ 중부대학교 생명과학부, Division of Life Science, Joongbu University, Kumsan 312-940, Korea.

*⁴ 목포대학교 공과대학 건축조경토목공학부, Division of Architecture & Landscape Architecture & Civil Engineering, College of Engineering, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea.

† 주저자(corresponding author) : In-Suk Jung (e-mail: jiswis@hanmail.net)

amurensis), red pine(*Pinus densiflora*), pitch pine(*Pinus rigida*), royal paulownia(*Paulownia tomentosa*) by microwave heating. In this study, radius of curvature(ROC) for bending process was classified by radius of curvature(ROC) of bending plate such as 4 cm, 6 cm, and 10 cm, and thickness of metal-strap(TMS) was 0.6 mm and 0.8 mm. Bending process was successfully operated for 100 percent in bitter wood, horn beam, birch and painted maple. On the other hand, there was a success rate of 58 percent in sargent cherry and 83 percent in cork oak and 29 percent in basswood and 8 percent in royal paulownia which is the worst bending property.

All specimens of basswood and royal paulownia were broken at 4 cm of ROC. Success rate of bending property was shown 44 percent in red pine and 56 percent in pitch pine.

TMS has an effect on only drying speed in drying process than difficulty and facility of bending property. It was considered that the thinner TMS in drying process is the faster in drying speed of bent wood.

Keywords: Bending property, Microwave heating, Radius of curvature(ROC), Metal-strap, Drying speed.

1. 서 론

목재의 휨가공에 관한 연구는 일본을 비롯한 목재 선진국에서 다양한 방법으로 진행되어 왔다(Norimoto & Grill, 1989; Iida & Norimoto, 1981). 일반적으로 목재를 휘는 방법에는 열과 수분을 이용하는 물리적인 방법, 화학약품을 사용하는 화학적인 방법, 두 가지를 병행하는 방법 등 여러 가지가 있다. 이 중에서도 고주파가열을 이용한 휨가공법은 초기 시설비용은 많이 들지만 가열에 의한 목재연화 효과가 단시간에 가능하고, 간단한 장치로 최대의 효율을 올릴 수 있는 장점을 지니고 있다. 지금까지의 연구결과에 의하면 휨가공시에 있어서 목재의 목리형태와 사용되는 대철의 두께 사이의 상호관계가 휨가공성의 중요한 영향인자라고 보고되었다(Jung *et al.*, 2001). 또한 蒸煮, 煮沸, 藥劑處理 등의 처리과정에 의해서도 휨가공성이 다르게 나타난다고 보고된 바 있다(蘇, 1985). 일반적으로 활엽수재가 휨가공성이 양호하고, 침엽수재의 경우 휨가공성이 보다 뒤떨어진다고 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 국산 수종 중 활엽수 8수종과 침엽수 2수종의 휨가공성을 조사함에 있어서 곡울반경이 대철의 두께에 미치는 영향을 면밀히 검토해 보기 위하여 실험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 실험에 사용된 산벚나무(*Prunus sargentii*), 소태나무(*Picrasma quassioides*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*), 굴참나무(*Quercus variabilis*), 박달나무(*Betula schmidtii*), 고로쇠나무(*Acer mono*), 피나무(*Tilia amurensis*), 소나무(*Pinus densiflora*), 리기다소나무(*Pinus rigida*), 참오동나무(*Paulownia tomentosa*) 중에서, 리기다 소나무를 제외한 9가지 수종은 경북 청송군 현동면에 소재한 경북대학교 연습림에서 벌채한 원목을 제재하여 사용하였다. 리기다 소나무 역시 경북 청송에서 벌채된 것으로 시중 제재소에서 구입하여 사용하였다. 각 수종별 특성은 Table 1과 같다. 휨가공 시험편의 개수는 각 곡울반경당 16개씩으로, 각 수종별 48개씩을 사용하였다. 시험편의 치수는 두께 10 mm, 폭 20 mm, 길이는 곡울반경에 따라 각각 300 mm, 350 mm, 450 mm의 3가지로 제작하였고, 목리의 형태는 모두 추정면(追柃面)재를 사용하였다.

Table 1. Index of test species

Index	sargent cherry	bitter wood	horn beam	birch	painted maple	cork oak	basswood	red pine	pitch pine	royal paulownia
DBH ¹⁾ (cm)	25	18	20	18	17	23	24	20	35	18
Age (year)	40	40	20	45	50	35	35	40	25	10
AMC ²⁾ (%)	15	18	20	17	18	20	17	16	13	11
Porous	DPW ³⁾	RPW ⁴⁾	DPW	DPW	DPW	RPW	DPW	-	-	RPW

Note) ¹⁾ DBH: Diameter of breath height. ²⁾ AMC: Air dried moisture content.

³⁾ DPW: Diffuse-porous wood. ⁴⁾ RPW: Ring-porous wood.

2.2. 휩가공 치구 및 대철

휩가공 치구의 모양은 U자 모양으로 제작하였으며, 곡률반경에 따라 4 cm, 6 cm, 10 cm의 3가지로 구분하였다. 또 휩가공직 후 대철중앙부의 완전 고정을 위해서 중앙부에 클램프를 설치하였다. 대철은 두께에 따라 0.6 mm, 0.8 mm의 두 가지로 구분하였다. 그리고 휩가공 후 대철의 고정을 위해서 양손잡이 사이를 완전하게 고정시킬 수 있는 조임쇠를 자체 제작하여 사용하였다.

2.3. 흡수처리 및 가열방법

시편의 흡수는 단시간에 높은 효과를 얻기 위해 감압용 데시케이터(Desiccator)에서 수분흡수를 실시하였고, 흡수된 시험편은 비닐랩으로 밀봉하여, 회전 원판이 설치된 가정용 전자렌지(발진주파수 2,450 MHz, 출력 700 W)에 넣어 90초간 고주파조사를 실시하고 난 후 휩가공을 실시하였다.

2.4. 시험편의 건조 및 가공성 평가

휩가공된 시험편은 대철의 손잡이를 조임쇠로 고정 한 후 열풍순환식 건조기(80℃)에서 약 2시간 가량 건조를 실시하였다. 휩가공성은 시편의 오목면의 변형에 따라 육안적으로 구분하였고, 변형이 전혀 없는 것을 A등급, 약간의 찌그러짐이 있으나 연마작업으로 쉽게 제거할 수 있는 것을 B등급, 시편의 폭방향

Fig. 1. Apparatus for bending process.

으로 일직선의 찌그러짐이 1곳 이상 발생한 것을 C등급으로 분류하였다(Jung *et al.*, 2001).

2.5. 변형율의 측정

변형율 측정을위한 곡률반경은 전보(Jung *et al.*, 2001)에서 실시한 방법과 동일하게 실시하였으며, 변형율은 곡률반경 변형율과 길이변형율을 체크하였다. 육안적 등급이 C등급인 시험편은 변형율 측정에서 제외하였고, 변형율은 다음 식 (1), (2)에 의하여 각각 정의하였다.

$$\text{곡률반경변형율}(\%) = \frac{(R - R_0)}{R_0} \times 100 \quad (1)$$

R: ROC of specimen after bending process
 R₀: ROC of bending plate before bending process

$$\text{길이변형율}(\varepsilon) = \frac{|L - L_0|}{L_0} \times 100 \quad (2)$$

L: Length of specimen before bending process
 L₀: Length of specimen after bending process

3. 결과 및 고찰

3.1. 함수율

휨가공을 위한 목재소재의 가공전 함수율은 수분흡수시의 함수율과 고주파 가열 후의 함수율을 조사하였는데, 수분흡수시의 함수율(Fig. 2)과 고주파 가열 후 함수율(Fig. 3)의 변동은 거의 같은 경향을 나타내었다. 수종에 따라 수분흡수시 함수율은 각각 다르게 나타나지만 결국 고주파가열전과 고주파 가열후의 함수율의 수종별 분포는 동일한 경향을 나타내었다. 굴참나무의 경우 가열 후 함수율이 급격히 저하되어 10%대까지 떨어졌다. 그리고 피나무의 경우 다른 수종에 비해 수분흡수가 아주 용이했으며, 전반적으로

Fig. 3. Mixture content after heating. Note) ROC: Radius of curvature.

같은 활엽수 내에서는 비중이 적은 목재의 수분흡수가 잘 되었고, 활엽수와 침엽수를 비교하였을 때 소나무와 리기다소나무가 다른 활엽수재에 비하여 수분흡수가 용이했다. 활엽수재의 수분흡수가 용이하지 못한 것은 활엽수재는 일반적으로 도관내 수분유동을 방해하는 타일로시스(tylosis) 등이 많이 분포하고 있어서 수분의 이동에 제약을 많이 받기 때문이라고 생각되었다(Lee, 1992; Park *et al.*, 1990). 수분흡수를 용이하게 하기 위해서는 자비 등의 전처리작업으로 도관내 타일로시스 등의 유동저해 물질을 어느 정도 제거한 후 수분흡수를 실시하는 것이 바람직한 방법이라고 생각되었다.

3.2. 시험편의 건조 및 휨가공성 평가

3.2.1. 휨가공 시험편의 건조

휨가공을 실시한 후 변형고정을 위한 건조조건은 곡율반경변화와 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 고비중재일수록 저온에서 건조해야만 건조로 인한 할렬을 최대한 줄일 수 있다. 蘇(1985)의 연구에서도 상수리나무를 80℃의 낮은 온도에서 건조하였다. 본 실험 결과 시험편의 건조시간이 길면 할렬보다는 곡율반경이 줄어드는 경향이 나타나고, 반대로 건조 시간이 짧으면 곡율반경이 늘어가는 현상이 발생하였다. 따라서 건조를 실시함에 있어서 적당한 온도와 시간을 찾는 것이 중요함을 잘 알 수 있다. 건조속도는 수종에

Fig. 2. Moisture content of each specimen by absorption treatment. Note) ROC: Radius of curvature. Legend) A: sargent cherry, B: bitter wood, C: horn beam, D: cork oak, E: birch, F: painted maple, G: basswood, H: red pine, I: pitch pine, J: royal paulownia.

주요 국산수종의 휨가공성 평가

Table 2. Estimation of bending ability on each wood specimen

	A			B		C		Rate of success(%)			
	TMS	ROC(4, 6, 10)		ROC(4, 6, 10)		ROC (4, 6, 10)		Part	Total		
sargent cherry	0.6	1	0	2	4	2	4	3	6	2	5834
	0.8	1	4	5	3	1	1	4	3	2	
bitter wood	0.6	5	4	6	3	4	2	-	100	100	
	0.8	7	7	7	1	1	1	-	100		
horn beam	0.6	8	8	8	-	-	-	100	100		
	0.8	8	8	8	-	-	-	100			
cork oak	0.6	4	5	7	0	2	1	4	1	0	8334
	0.8	3	5	8	3	2	0	2	1	0	
birch	0.6	8	8	8	-	-	-	100	100		
	0.8	8	8	8	-	-	-	100			
painted maple	0.6	8	8	8	-	-	-	100	100		
	0.8	8	8	8	-	-	-	100			
basswood	0.6	0	1	1	0	1	6	8	6	1	2915
	0.8	0	0	2	0	0	3	8	8	3	
red pine	0.6	0	1	7	1	3	0	7	4	1	4375
	0.8	0	0	4	2	3	0	6	5	4	
pitch pine	0.6	2	3	6	1	2	0	5	3	2	5625
	0.8	2	5	3	3	0	0	3	3	5	
royal paulownia	0.6	0	0	0	0	1	0	8	7	8	835
	0.8	0	0	0	0	1	2	8	7	6	

Note) TMS: Thickness of metal-strap(mm) , ROC: Radius of curvature(cm).

Table 3. Relationship between bending ability and thickness of metal-strap as a function of radius of curvature

Species	ROC(cm)	TMS = 0.6			TMS = 0.8		
		4	6	10	4	6	10
sargent cherry(<i>Prunus sargentii</i>)		○	○	○	△	○	○
bitter wood(<i>Picrasma quassioides</i>)		○	○	○	○	○	○
horn beam(<i>Carpinus laxiflora</i>)		○	○	○	○	○	○
cork oak(<i>Quercus variabilis</i>)		○	○	○	○	○	○
birch(<i>Betula schmidtii</i>)		○	○	○	○	○	○
painted maple(<i>Acer mono</i>)		○	○	○	○	○	○
basswood(<i>Tilia amurensis</i>)		×	×	○	×	×	△
red pine(<i>Pinus densiflora</i>)		×	△	○	×	△	△
pitch pine(<i>Pinus rigida</i>)		△	△	○	△	△	△
royal paulownia(<i>Paulownia tomentosa</i>)		×	×	×	×	×	×

Note) TMS: thickness of metal-strap(mm) , ○: Good △: Common ×: Failure.

Table 4. Evaluation of bending property for group

ROC(cm) \ TMS(mm)	T M S =0.6					T M S =0.8					
4	○	△	×	×	×	○	△	△	×	×	×
6	○	△	△	×	×	○	○	△	△	×	×
10	○	○	○	○	×	○	○	△	△	△	×
Species	A,B,C,D,E,F	I	H	G	J	B,C,D,E,F	A	I	H	G	J

Note) A: sargent cherry, B: bitter wood, C: horn beam, D: cork oak, E: birch, F: painted maple, G: basswood, H: red pine, I: pitch pine, J: royal paulownia.

따라 모두 다르고, 적절한 건조를 위한 건조조건이 모두 다르므로 일괄적으로 건조조건을 정하는 것보다는 수종별 최적조건을 결정해야 할 것으로 판단되어진다. 또한 부가적으로, 물리적인 방법을 사용하여 대철의 손잡이 부분을 완전하게 구속시킨다면 과도한 건조에 의해서 시편의 곡률반경이 줄어드는 현상은 발생되지 않을 것이다.

3.2.2. 휨가공성 평가

휨가공성은 A, B, C등급 중 A, B등급을 성공가능한 등급으로, C등급은 휨가공 불능등급으로 분류하였다. 각 수종당 총시편의 개수는 48개이고, 이 중 곡률반경당 16개씩, 이 16개 중 대철두께에 따라 다시 8개씩으로 나누었다. Table 3은 Table 2의 값을 우수(○), 보통(△), 실패(×)의 3등급으로 나누어 포괄적인 이해를 높이고자 나타냈다. Table 4는 같은 경향을 나타내는 수종을 그룹별로 구분하여 나타냈다. 또

Table 5는 기건비중에 따른 각 수종의 휨가공성을 평가하여 비중에 따른 수종별 휨특성을 구분하여 나타냈다. Table 5에서 볼 수 있듯이 목재의 휨가공성은 비중과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 즉 저비중재보다는 고비중재의 휨가공성이 더 우수하게 나타나는 것을 알 수 있다. 곡률반경 10 cm에서는 피나무와 참오동나무를 제외하고는 모두 100%의 성공율을 나타내었다. 박달나무, 서어나무, 고로쇠나무는 휨가공성이 아주 우수하게 나타났고, 소태나무의 경우도 모든 시편에서 성공을 나타내어 휨가공성이 우수함을 알 수 있었다. 산벚나무와 굴참나무의 경우, 수분흡수 과정에서 수분주입성의 문제점이 많이 나타났으며, 이는 타일로스시스와 같은 도관내 수분이동 저해물질이 많기 때문이라고 생각되었다.

그 결과 휨가공성도 다소 낮게 나타났다. 특히 굴참나무의 경우, 실패한 시편의 대부분에서 접선방향의 광방사조직에서 갈라지는 현상이 많이 발생하였다.

Table 5. Bending property for specific gravity

ROC	SG	0.24	0.38	0.47	0.53	0.63		0.70	0.73	0.88	0.93
T M S = 0.6 mm	4 cm	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○
	6 cm	×	×	△	△	○	○	○	○	○	○
	10 cm	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T M S = 0.8 mm	4 cm	×	×	×	△	△	○	○	○	○	○
	6 cm	×	×	△	△	○	○	○	○	○	○
	10 cm	×	△	△	△	○	○	○	○	○	○
Species		J	G	H	I	A	B	F	C	D	E

Note) A: sargent cherry, B: bitter wood, C: horn beam, D: cork oak, E: birch, F: painted maple, G: basswood, H: red pine, I: pitch pine, J: royal paulownia.

제시한 표에서 굴참나무 시편의 B, C등급 대부분이 이 광방사조직의 갈라짐 현상으로 발생된 것이었다. 그러므로 굴참나무의 경우, 같은 수종이더라도 재료의 선택이 휩가공성과 밀접하게 연관될 수 있다고 생각되었다. 그리고 피나무와 참오동나무의 곡률반경 4 cm에서는 모두가 실패를 나타내었고, 참오동의 경우 A등급은 하나도 없었다. 따라서 오동나무의 경우 휩가공재로서는 적합하지 않다고 생각되었고, 피나무의 경우는 휩가공성을 높일 수 있는 알맞은 전처리과정을 모색해 볼 필요가 있다고 생각되었다. 활엽수재의 경우, 휩가공성이 우수하게 나타나는 최소 임계밀도가 존재하는 것으로 생각되었으며, 참오동나무와 같은 저밀도재의 경우 압축강도가 약하기 때문에 휩가공을 하게 되면 부분압축에 의한 격입현상이 발생하여 휩가공성이 불량한 것으로 나타났다. 침엽수에서는 같은 소나무계통의 소나무재와 리기다소나무재의 경우, 리기다소나무가 소나무재에 비하여 휩가공성공율이 10% 이상 우수하게 나타났다. 이는 재질적인 차이도 있겠지만 리기다소나무재의 경우, 연륜폭이 소나무재보다 월등히 크므로 상대적으로 조재의 비율이 높아서 휩가공성이 보다 쉽게 이루어졌다고 생각되며, 소나무재와 리기다소나무재의 경우도 최적의 전처리 조건만 찾는다면 휩가공성을 보다 많이 개선시킬 수 있다고 판단되었다.

3.3. 변형율

3.3.1. 길이변형율

본 실험에서 피나무와 참오동나무를 제외하고 길이 변형율은 큰 차이가 없었다. 또한 피나무와 오동나무의 경우, 휩가공 성공율이 극히 낮아 길이변형율에 큰 의미가 없었다. 그리고 길이변형율은 대철의 두께에 영향을 받지 않았다. 전반적인 경향을 보면, 곡률반경 4 cm에서는 길이변형율이 평균 35~40%였고, 곡률반경 6 cm에서는 평균 30~35%를 나타내었고, 곡률반경 10 cm에서는 평균 15~20%를 나타내었다. 수종에 따른 차이는 극히 미비하게 나타났다. 그러므로 길이변형율은 휩가공성을 평가하기 위한 중요한 인자는 아닌 것으로 판단되었다.

3.3.2. 곡률반경 변형율

길이변형율과는 달리 곡률반경 변형율은 대철의 두께에 따라 다양하게 변화되었다. Figs. 4, 5, 6에서 변형율이 마이너스 값과 플러스 값을 가지는데, 마이너스 값을 가진 수종은 시험편의 건조가 과도하게 되어 시험편의 곡률반경이 줄어들어 나타나는 현상이고, 반대로 플러스 값을 가지는 수종은 건조시간이 짧아 휩가공시의 곡률반경보다 늘어나서 스프링백(spring back) 현상이 발생한 것이다. 따라서 수종에 따라 곡률반경의 값이 다르게 나타나므로, 일률적인 건조보다는 수종의 특성에 맞게 건조조건을 달리하는 것이 이런 편차를 줄이는 하나의 방법이라고 생각되었다. 곡률반경 4 cm를 제외하고는 대철 두께 0.8 mm일 때가 시험편의 스프링백 현상이 많이 발생하였다. 이는 대철 두께가 두꺼울수록 목재와 대철 사이에 존재하는 수분의 이동이 원활하지 못해서 대철 제거 후에도 표면에 약간의 수분이 남아 있었기 때문으로 생각되었다. 그러므로 대철두께가 휩가공성에도 크게 영향하지만(Jung *et al.*, 2001), 건조기내에 시험편과 같이 구속해서 건조시킬 경우 건조도에도 중요한 영향인자로 작용한다는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구의 결론을 요약하면 휩가공에서 가공성의 차이는 목재의 수종적 특성에 의해 명확하게 구분되는 것을 알 수 있었다. 고주파 가열에 있어서 물의 흡수는 섬유포화점 정도까지만 되면 고주파가열이 휩가공 성능에는 크게 영향하지 않았다. 물은 고주파가열에 의해서 목재를 연화시키는 것이 아니라 가열시키는 매개체 역할만을 담당한다는 것을 알 수 있었다.

대철이 두꺼울수록 좀더 오랜 시간의 건조가 필요한 것은 대철이 두꺼울수록 열전달이 상대적으로 늦어지고, 대철과 시험편 사이의 압축력이 크기 때문에 수분의 방출이 어렵기 때문에 나타나는 현상으로 판단되었다.

건조후 시편의 가장 효과적인 고정을 위해서는 조임쇠 사이에 스페이스(space)를 확실하게 고정시킬 수 있는 보형물을 설치하고 조임쇠로 완전하게 구속하면

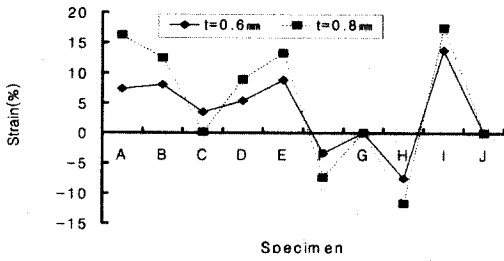


Fig. 4. Strain of bentwood on 4 cm ROC. Legend) A: sargent cherry, B: bitter wood, C: horn beam, D: cork oak, E: birch, F: painted maple, G: basswood, H: red pine, I: pitch pine, J: royal paulownia. t = thickness of metal-stra.

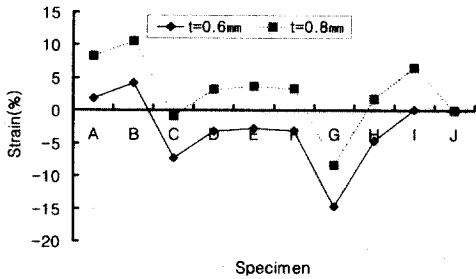


Fig. 5. Strain of bentwood on 6 cm ROC. Legend) A: sargent cherry, B: bitter wood, C: horn beam, D: cork oak, E: birch, F: painted maple, G: basswood, H: red pine, I: pitch pine, J: royal paulownia.

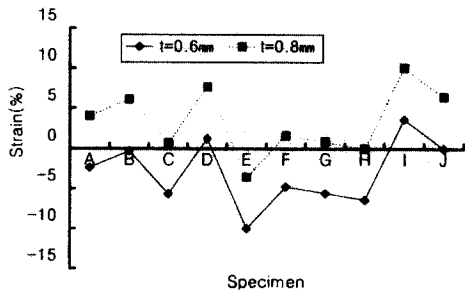


Fig. 6. Strain of bentwood on 10 cm ROC. Legend) A: sargent cherry, B: bitter wood, C: horn beam, D: cork oak, E: birch, F: painted maple, G: basswood, H: red pine, I: pitch pine, J: royal paulownia.

시편의 변형을 최대한 줄 수 있을 것으로 생각되었다.

휨가능이 상대적으로 뒤떨어지는 산벚나무, 소나무, 리기다소나무 등과 같이 휨성공율이 50% 정도인 수종은 다양한 조건의 전처리 과정을 모색한다면, 좋은 휨가공성을 나타낼 수 있을 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구과제는 2001년도 농림기술개발사업(첨단)에 의하여 수행한 "휨가공에 의한 고부가 목재생산 기술개발"의 연구결과와 일부임.

참 고 문 헌

1. 임업연구원 연구자료 제95호. 1994. 韓國 産 主要木材의 性質과 用途. 임업연구원 pp. 8~247.
2. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. 1987. U.S. Department of Agriculture, pp 13-4~13-6.
3. Jung, I. S., J. H. Kim, W. H. Lee, J. P. Chang, and H. M. Bae, 2001. Effect of Metal-strap Thickness on the Bending Process. Journal of the Korean Wood Science and Technology 29(3): 18~20.
4. Norimoto, M. and J. Gril. 1989. Wood Bending using microwave Heating. International Microwave Power Institute 24(4): 203~213.
5. Iida, I. and M. Norimoto. 1981. Wood Bending Utilizing Microwave Heating Bending Creep in the Direction Perpendicular to Grain. Journal of Japanese Reology vol. 9 : 164~167.
6. 蘇元澤. 1985. 煮沸, 蒸煮 및 藥劑處理가 상수리나무와 소나무의 휨加工性에 미치는 影響. 목재공학 13(1): 51~53.
7. 李弼宇. 1992. 木材解剖學. 서울大學校出版 部. p. 210.
8. 朴相珍, 李元用, 李華珩. 1990. 木材組織과 識別. 鄉文社. pp. 209.