

참나무 亞屬 주요 수종의 조직적 성질과 종압축강도와의 관계*1

오 승 원*2

The Relationship between Anatomical Characteristics and Compression Strength Parallel to Grain in Major Species of *Lepidobalanus**1

Seung-Won Oh*2

ABSTRACT

This study was carried out to get some basic information on mechanical properties of Korea *Lepidobalanus* for rational utilization of wood. Five species of *Quercus variabilis*, *Q. aliena*, *Q. serrata*, *Q. mongolica*, *Q. acutissima* belong to *Lepidobalanus* were investigated in this research. Relationship of anatomical characteristics to compression strength parallel to grain was analyzed using stepwise regression technique. All possible combination of 21 independent variables were regressed on compression strength parallel to grain. The summarized results in this study were as follows:

1. In the proportion of wood structural elements, the factors that had the greatest influence on compression strength parallel to grain appeared to be proportion of ray in earlywood in *Q. variabilis* and *Q. acutissima*, proportion of wood fiber in latewood in *Q. aliena* and *Q. serrata* and proportion of vessel in earlywood in *Q. mongolica* respectively.
2. In the size of wood element and its structure, the factors that had the greatest influence on compression strength parallel to grain were microfibril angle in *Q. variabilis*, *Q. serrata* and *Q. mongolica* and length of wood fiber in *Q. aliena* and *Q. acutissima*.

Keywords : *Lepidobalanus*, compression strength parallel to grain, anatomical characteristics

1. 서 론

목재는 각종 세포로 구성되어 있는 이방성 물질이기 때문에 수종간은 물론 동일 개체내에서도 생육 환경에 따라 세포의 크기, 형태면에서 그 변이가 매우 다양하다(Carlquist, 1988; Kollmann *et al.*

1968). 그러므로 이러한 목재의 성질을 이해한다는 것은 목재의 합리적 이용이나 목재의 재질 평가를 위해서도 중요한 의미를 지닌다.

한편 같은 수종 내에서도 역학적 성질에 영향을 미치는 인자는 비중 및 함수율과 각 수종의 해부학적 특성 차이에 기인하며 특히 침엽수재는 만재와 수지구의 영향, 활엽수재는 관공의 배열과 크기, 방사조

*1 접수 1998년 1월 6일 Received January 6, 1998

본 논문은 1996년도 전북대학교 부속(설)연구소 지원 연구비에 의하여 연구되었음.

*2 전북대학교 농과대학 College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea.

직의 크기 등의 요인에 기인한다고 Gerhards(1982)가 보고한 바 있다. Bendtsen 등(1981)은 미루나무 및 미루나무와 양버들 교잡종에 있어 12가지 해부학적 특성에 따른 기계적 성질을 조사한 결과 일반적으로 목섬유 길이, microfibril 경사각 및 방사조직이 강도적 성질과 밀접한 관련이 있다고 보고하였다.

특히 microfibril 경사각은 목재의 물리 및 기계적 성질에 크게 영향을 미치며(Bendtsen, 1978; 藤崎, 1984; Grossman *et al.*, 1971; Kucera *et al.*, 1982; Meylan *et al.*, 1968; Salmen *et al.*, 1985), microfibril 경사각이 종압축강도와 탄성계수를 결정짓는 가장 중요한 인자라고 보고하였다(Taylor *et al.*, 1992). 小田 등(1988)은 삼나무로 실험한 결과 microfibril 경사각과 종압축강도와의 사이에는 부(-)의 상관관계가 있다고 밝힌 바 있다.

또한 Kennedy(1968)는 9 수종의 침·활엽수종을 대상으로 횡압축강도를 측정된 결과 만재율과 방사조직의 양이 많을수록 강도와 탄성계수가 높다고 보고하였다. Pearson과 Gilmore(1971), Bendtsen(1978)는 수심에서 수피 방향으로 연륜수가 증가함에 따라 목섬유 길이가 길어지고, microfibril 경사각과 연륜 폭이 작아짐으로써 종압축강도와 탄성계수는 커진다고 하였다. 이와 같이 목재의 역학적 성질에 영향을 미치는 해부학적 특성 인자는 다양하며 각각의 특성에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 우리나라의 전체 산림 축적량의 약 27%에 해당하며(임업연구원, 1988) 목리와 무늬가 아름답고 높은 강도와 내구성을 가지고 있어 고급 가구재, 고급 내장재, 건축재 등으로 다양하게 이용되는 국내산 참나무 아속의 주요 수종인 굴참나무, 갈참나무, 졸참나무, 신갈나무, 상수리나무의 종압축강도에 영향을 미치는 해부학적 특성을 밝힘으로써 참나무 아속의 합리적 이용을 위한 기초 자료를 얻고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시목

본 연구에서 공시목으로 사용한 참나무 아속은 전라북도 부안군 소재 전북대학교 농과대학 부속연습림에서 채취하였다. 이 지역은 지리적으로 북위 35° 37' ~ 35° 40', 동경 126° 32' ~ 126° 38' 에 위치하고 있으며, 지형은 해발 400~500m의 산봉들이 연봉을 이루면서 대부분 지역이 30% 이상의 경사로 비교적 험준하며, 지질은 중생대 백악기에 속하는 암반류를 모암으로 하고 있다(부안군, 1976; 국제관광공사, 1979).

공시 수종은 국내에 자생하고 있는 참나무 아속의 주요 수종인 굴참나무(*Quercus variabilis*), 갈참나무(*Q. aliena*), 졸참나무(*Q. serrata*), 신갈나무(*Q. mongolica*), 상수리나무(*Q. acutissima*) 5수종으로 하였으며, 비교적 성장이 우수하고 통직한 개체를 공시목으로 사용하였다. 공시목의 개요는 Table 1과 같다.

2.2 종압축강도 측정용 시험편 제작

벌채된 원목의 흉고 부위를 중심으로 KS F 2206(1980)에 준하여 20(R)×20(T)×60(L)mm의 크기로 시험편을 제작하였다. 제작된 시험편은 항온항습기(온도 20±1℃, 습도 65±5%)에서 조습처리하여 평형함수율(12%)에 도달시킨 다음 종압축강도 측정을 위한 시험편으로 사용하였다.

2.3 해부학적 특성 측정용 시험편 제작

강도 시험이 끝난 후 비중과 함수율 등 물리적 성질은 같으나 강도에 차이가 있는 시험편을 선별하여 약 15×15×15mm의 시편을 채취하고 실온에서 24시간 물속에 침지한 다음 고압부에서 30분간 연화하여 연화된 시편을 활주식 microtome으로 15~20μm 두께의 3단면 절편을 절삭하고 safranin액으로 염색하고 alcohol 계열로 탈수시킨 후 xylene으로 투명

Table 1. Description of sample trees.

Scientific name	Korean name	D. B. H(Cm)	Years	Locality
<i>Quercus variabilis</i> Blume	Gulcham-namoo	26~34	34~42	Buan, Chonbuk
<i>Quercus aliena</i> Blume	Galcham-namoo	27~35	31~37	Buan, Chonbuk
<i>Quercus serrata</i> Thunb.	Jolcham-namoo	26~34	30~39	Buan, Chonbuk
<i>Quercus mongolica</i> Fischer	Singal-namoo	24~30	24~34	Buan, Chonbuk
<i>Quercus acutissima</i> Carruthers	Sangsuri-namoo	23~29	27~34	Buan, Chonbuk

화하고 Canada balsam으로 봉입하여 영구 slide를 제작하였다.

또한 3단면 절편의 제작에 이용된 시편에서 두께 1~2mm, 길이 15mm 정도의 축목을 채취하여 Schultz액으로 해리한 다음 safranin액으로 염색하여 일시 slide를 만들었다.

2.4 종압축강도 측정

항온항습기에서 조습처리한 후 KS F 2206(1980)에 준하여 측정하였는데, 측정기로는 만능강도시험기(Every Dension Co. Model 7117 M/D/T 84439)를 사용하였으며 아래의 식을 이용하여 종압축강도를 계산하였다.

$$\text{종압축강도(kgf/cm}^2\text{)} = \text{최대 하중(kg)/단면적(cm}^2\text{)}$$

2.5 해부학적 구성요소 측정

2.5.1 구성비율

목재의 해부학적 구성비율 측정방법은 Schultz법(1957)에 의하여 조·만재별로 측정하였다.

2.5.2 목섬유

목섬유는 일시 슬라이드를 이용하여 광학현미경(Kyowa Model LSCB-VC-2B-L)하에서 길이는 100배, 폭은 400배로 확대하여 각각 100개씩 측정하여 평균치를 구하였다.

2.5.3 도관요소 직경

영구 슬라이드의 횡단면에서 고립관공의 방사방향

Table 2. Anatomical characteristics influencing on compression strength parallel to grain classified by species.

Factors	<i>Quercus variabilis</i>	<i>Q. aliena</i>	<i>Q. serrata</i>	<i>Q. mongolica</i>	<i>Q. acutissima</i>
X1	40 ^a	37 ^b	36 ^{bc}	35 ^c	41 ^a
X2	34 ^c	38 ^b	38 ^b	40 ^a	33 ^c
X3	9 ^a	9 ^a	8 ^b	7 ^b	8 ^b
X4	15 ^b	16 ^a	17 ^a	15 ^b	15 ^b
X5	9 ^a	9 ^a	8 ^a	8 ^a	11 ^b
X6	63 ^a	65 ^a	64 ^a	62 ^a	63 ^a
X7	9 ^a	9 ^a	8 ^b	9 ^a	10 ^a
X8	16 ^b	16 ^b	17 ^a	17 ^a	16 ^a
X9	250 ^{cd}	295 ^a	290 ^{ab}	297 ^a	268 ^{bc}
X10	227 ^{bc}	250 ^a	246 ^a	258 ^a	234 ^{ab}
X11	69 ^a	39 ^d	48 ^c	64 ^b	46 ^c
X12	54 ^a	33 ^b	36 ^b	57 ^a	48 ^a
X13	17 ^a	15 ^b	17 ^a	17 ^a	17 ^a
X14	319 ^a	300 ^b	297 ^b	278 ^c	321 ^a
X15	12 ^a	12 ^a	10 ^c	11 ^b	12 ^a
X16	272 ^b	311 ^a	270 ^b	246 ^c	274 ^b
X17	1307 ^a	1324 ^a	1236 ^b	1211 ^b	1301 ^a
X18	15 ^a	13 ^b	15 ^a	13 ^b	15 ^a
X19	16 ^b	18 ^a	16 ^b	19 ^a	16 ^b
X20	8 ^{ab}	7 ^b	8 ^{ab}	9 ^a	7 ^b
X21	21 ^c	63 ^a	63 ^a	68 ^a	32 ^b
Strength(kgf/cm ²)	627	573	601	485	630

Notes: X1 : Proportion of vessel element in earlywood, X2 : Proportion of wood fiber in earlywood, X3 : Proportion of parenchyma cell in earlywood, X4 : Proportion of ray in earlywood, X5 : Proportion of vessel element in latewood, X6 : Proportion of wood fiber in latewood, X7 : Proportion of parenchyma cell in latewood, X8 : Proportion of ray in latewood, X9: Radial diameter of pore in earlywood (μm), X10 : Tangential diameter of pore in earlywood (μm), X11 : Radial diameter of pore in latewood (μm), X12 : Tangential diameter of pore in latewood (μm), X13 : Width of uniseriate ray (μm), X14 : Height of uniseriate ray (μm), X15 : Number of uniseriate ray per mm, X16 : Width of broad ray (μm), X17 : Length of wood fiber (μm), X18 : Width of wood fiber (μm), X19 : Microfibril angle ($^{\circ}$), X20 : Number of pore per mm² in earlywood, X21 : Number of pore per mm² in latewood

직경과 접선방향 직경을 조재는 100배, 만재는 400배로 확대하여 100개씩 측정하여 평균치를 구하였다.

2.5.4 관공의 분포

영구 슬라이드의 횡단면에서 현미경 투영기(Nikon V-12)를 이용하여 조·만재별로 1mm² 당 갯수를 50회 측정하여 평균치를 구하였다.

2.5.5 방사조직

영구 슬라이드의 접선단면에서 단열방사조직의 높이는 100배, 폭은 400배로 확대하여 각각 100개씩 조·만재별로 측정하여 평균치를 구하였으며, 방사조직에 직각으로 그은 직선 1mm 사이에 내포되는 방사조직의 수를 100회 측정하여 평균치를 구하였다. 광방사조직의 폭은 100배 확대한후 50개 측정하여 평균치를 구하였다.

2.5.6 Microfibril 경사각

Microtome으로 자른 방사단면을 건조시킨 후 주사전자현미경(SEM)을 사용하여 10~15KV의 가속전압하에서 사진을 찍어 가도관의 장축과 microfibril 주향과의 각도를 측정하므로써 microfibril경사각을 구하였다.

2.6 통계분석

시험결과 각 해부학적 특성이 종압축강도에 미치는 영향 인자를 규명하기 위한 통계분석은 Stepwise

regression technique를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 해부학적 구성요소의 비율에 따른 종압축강도

흉고 부위에서 종압축강도를 측정한 시편중 함수율(12±0.5%)과 비중(0.82)은 같으나 강도에 차이가 있는 시편을 수종별로 8~10개씩 선택하여 해부학적 특성을 조사하였다.

수종별 해부학적 구성비율의 차이를 조사한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같이 조재 도관요소의 구성비율은 상수리나무가 41%, 조재 목섬유 구성 비율은 신갈나무가 40%, 조재 유조직 구성비율은 굴참나무와 갈참나무가 9%, 조재 방사조직 구성비율은 졸참나무가 17%, 만재 도관요소의 구성비율은 상수리나무가 11%, 만재 목섬유 구성비율은 갈참나무가 65%, 만재 유조직 구성비율은 상수리나무가 10%, 만재 방사조직 구성비율은 졸참나무와 신갈나무가 17%로 다른 수종들보다 큰 구성비율을 나타냈다. 조등(1978)이 평균 구성비율을 측정한 결과에 의하면 상수리나무는 도관 13.82%, 목섬유 43.09%, 방사조직 16.78%, 유조직 18.09%이며, 졸참나무는 도관요소 12.79%, 목섬유 55.97%, 방사조직 21.61%, 유조직 18.64%라고 보고한 바 있다. 한편 해부학적 구

Table 3. Coefficient of determination and regression equations in compression strength parallel to grain by proportion of wood element.

Species	NO.	Independent variables	Coefficient of determination	Regression equations
<i>Quercus variabilis</i>	1	4	0.40***	Y = 542 - 3 X ₁ + 9 X ₃ + 8 X ₄
	2	4 3	0.71***	
	3	4 3 1	0.76*	
<i>Q. aliena</i>	1	6	0.40***	Y = 868 - 8 X ₂ - 20 X ₄ + 5 X ₆
	2	6 4	0.67***	
	3	6 4 2	0.71**	
<i>Q. serrata</i>	1	6	0.37***	Y = 291 - 9 X ₂ + 10 X ₆
	2	6 2	0.49*	
<i>Q. mongolica</i>	1	1	0.50**	Y = 32 + 4 X ₁ + 5 X ₆
	2	1 6	0.68***	
<i>Q. acutissima</i>	1	4	0.75***	Y = - 413 + 17 X ₂ + 34 X ₄
	2	4 2	0.89***	

Notes; ***, P < 0.01, **, P < 0.05, *, P < 0.1, No.: No. of independent variables in regression, 1 : Proportion of vessel element in earlywood, 2 : Proportion of wood fiber in earlywood, 3 : Proportion of parenchyma cell in earlywood, 4 : Proportion of ray in earlywood, 5 : Proportion of vessel element in latewood, 6 : Proportion of wood fiber in latewood, 7 : Proportion of parenchyma cell in latewood, 8 : Proportion of ray in latewood

성비율중 각 수종별 종압축강도에 영향을 미치는 인자를 규명하기 위하여 stepwise 방식으로 다중회귀 분석한 결과는 Table 3과 같다.

해부학적 구성비율중 수종별 종압축강도에 영향을 미치는 주요인자는 Table 3에서 보는 바와 같이 굴참나무는 조재 방사조직과 조재 유조직 구성비율, 갈참나무는 만재 목섬유와 조재 방사조직 구성비율, 졸참나무는 만재와 조재의 목섬유 구성비율, 신갈나무는 조재 도관요소와 만재 목섬유 구성비율, 상수리나무는 조재 방사조직과 조재 목섬유 구성비율 등 임을 알 수 있었다.

3.2 해부학적 구성요소의 크기에 따른 종압축강도

수종별 조직구성의 크기 차이를 조사한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같이 조재 관공의 방사방향 직경은 신갈나무가 297 μm , 조재 관공의 접선방향 직경은 신갈나무가 258 μm , 만재 관공의 방사방향 직경

은 굴참나무가 69 μm , 만재 관공의 접선방향 직경은 신갈나무가 57 μm , 단열방사조직 폭은 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 상수리나무가 17 μm , 단열방사조직 높이는 상수리나무가 321 μm , 1mm내의 단열 방사조직 수는 굴참나무, 갈참나무, 상수리나무가 12개, 광방사조직 폭은 갈참나무가 311 μm , 목섬유 길이는 갈참나무가 1324 μm , 목섬유 폭은 굴참나무, 졸참나무, 상수리나무가 15 μm , microfibril 경사각은 신갈나무가 19°, 1mm² 당 조재 관공의 수는 신갈나무가 9개, 1mm² 당 만재 관공의 수는 신갈나무가 68개로 다른 공시 수종에 비하여 크게 나타났다. 홍등(1972)이 지리산산 참나무류의 목섬유길이 측정에서 신갈나무 1142 μm , 졸참나무 1179 μm , 굴참나무 1278 μm 라고 하였으며, 심(1991)은 참나무 아속 6수종에 대하여 목섬유 길이를 측정할결과 굴참나무 1215 μm , 갈참나무 1027 μm , 졸참나무 1007 μm , 신갈나무 1166 μm , 상수리나무 1154 μm , 떡갈나무

Table 4. Coefficient of determination and regression equation in compression strength parallel to grain by size of wood element.

Species	NO.	Independent variables	Coefficient of determination	Regression equations
<i>Quercus variabilis</i>	1	19	0.72***	$Y = 408 + 14 X_{18} + 1 X_{19}$
	3	19 18	0.83 ^a	
<i>Q. aliena</i>	1	17	0.90***	$Y = 954 + 16 X_{11} + 10 X_{13} - 1 X_{17} + 9 X_{19}$
	2	17 19	0.91***	
	3	17 19 13	0.93*	
	4	17 19 13 11	0.95*	
<i>Q. serrata</i>	1	19	0.92***	$Y = 1145 + 2 X_{12} - 12 X_{13} - 8 X_{15} - 7 X_{18} - 13 X_{19}$
	2	19 18	0.95***	
	3	19 18 12	0.96**	
	4	19 18 12 13	0.97*	
	5	19 18 12 13 15	0.98**	
<i>Q. mongolica</i>	1	19	0.80***	$Y = 404 + 3 X_{11} - 5 X_{13} - 4 X_{18} + 6 X_{19}$
	2	19 11	0.91***	
	3	19 11 13	0.93**	
	4	19 11 13 18	0.95*	
<i>Q. acutissima</i>	1	17	0.87**	$Y = -1985 + 2 X_{17}$
	2	17 13	0.94**	

Notes: ***, P < 0.01, **, P < 0.05, *, P < 0.1

No.: No. of independent variables in regression, 9 : Radial diameter of pore in earlywood (μm), 10 : Tangential diameter of pore in, 11 : Radial diameter of pore in latewood (μm), earlywood(μm), 12 : Tangential diameter of pore in latewood(μm) 13 : Width of uniseriate ray (μm), 14 : Height of uniseriate ray (μm), 15 : Number of uniseriate ray per mm, 16 : Width of broad ray (μm), 17 : Length of wood fiber (μm), 18 : Width of wood fiber (μm), 19 : Microfibril angle (°), 20 : Number of pore per mm² in earlywood, 21 : Number of pore per mm² in latewood

1095 μ m라고 보고한 바 있다. 또한 심(1991)은 참나무 아속 6수종의 1mm² 당 도관요소의 분포수가 8 ~ 76개로 수종에 따라 차이가 심하며 목재의 비중에 상호 보완적으로 영향을 미친다고 하였다. 한편 조직의 크기중 각 수종별 종압축강도에 영향을 미치는 인자를 규명하기 위하여 stepwise방식으로 다중회귀 분석한 결과는 Table 4와 같다.

해부학적 구성요소의 크기중 수종별 종압축강도에 영향을 미치는 주요인자는 Table 4에서 보는 바와 같이 굴참나무는 microfibril 경사각과 목섬유 폭, 갈참나무는 목섬유 길이와 microfibril 경사각, 졸참나무는 microfibril 경사각과 목섬유 폭, 신갈나무는 만재 관공의 방사방향 직경과 microfibril 경사각, 상수리나무는 목섬유 길이와 단열방사조직 폭 등으로 나타났다.

3.3 해부학적 특성에 따른 종압축강도

공시 수종의 해부학적 구성요소의 비율과 크기를 포함한 해부학적 특성이 종압축강도에 영향을 미치는 인자를 규명하기 위하여 stepwise방식으로 다중회귀

분석한 결과는 Table 5와 같다.

해부학적 특성중 수종별 종압축강도에 영향을 미치는 주요 인자는 Table 5에서 보는 바와 같이 굴참나무는 microfibril 경사각과 만재 목섬유 구성비율, 갈참나무는 목섬유 길이와 microfibril 경사각, 졸참나무는 microfibril 경사각과 목섬유 폭, 신갈나무는 microfibril 경사각과 만재 관공의 방사방향 직경, 상수리나무는 목섬유 길이와 단열방사조직 폭 등으로 나타났다. 한편 심(1991)이 목재 구성 요소가 용적밀도에 영향을 미치는 개개의 인자와 그 상호 요인을 규명하기 위하여 참나무 아속 6수종을 대상으로 5가지 설명변수로 다중회귀분석한 결과 도관요소의 직경과 1mm² 당 도관요소의 분포수가 용적밀도에 가장 크게 영향을 미치는 것으로 보고한 바 있다.

4. 결 론

본 연구는 참나무 아속의 주요 수종인 굴참나무 (*Quercus variabilis*), 갈참나무 (*Q. aliena*), 졸참나무 (*Q. serrata*), 신갈나무 (*Q. mongolica*), 상수리나

Table 5. Coefficient of determination and regression equations in compression strength parallel to the grain by anatomical characteristics.

Species	NO.	Independent variables	Coefficient of determination	Regression equations
<i>Quercus variabilis</i>	1	19	0.72***	Y = 825 + 12 X ₂ + 10 X ₆ - 1 X ₁₇ + 4X ₁₉
	2	19 6	0.80*	
	3	19 6 2	0.87*	
	4	19 6 2 17	0.89*	
<i>Q. aliena</i>	1	17	0.91***	Y = -841 + 7 X ₆ + 1 X ₁₇ + 4 X ₁₉ - 7 X ₂₁
	2	17 19	0.94***	
	3	17 19 6	0.95*	
	4	17 19 6 21	0.96*	
<i>Q. serrata</i>	1	19	0.91***	Y = 1231 + 4 X ₁₂ - 14 X ₁₃ - 9 X ₁₅ - 11X ₁₈ - 17 X ₁₉
	2	19 18	0.95***	
	3	19 18 12	0.96**	
	4	19 18 12 13	0.97*	
	5	19 18 12 13 15	0.98**	
<i>Q. mongolica</i>	1	19	0.80***	Y = 811 + 12 X ₁₁ - 1 X ₁₇ + 12 X ₁₈ + 9 X ₁₉
	2	19 11	0.91***	
	3	19 11 17	0.93**	
	4	19 11 17 18	0.95*	
<i>Q. acutissima</i>	1	17	0.87**	Y = -945 + 20 X ₄ + 1 X ₁₇
	2	17 13	0.94**	
	3	17 13 4	0.98	

Notes; ***, P < 0.01, **, P < 0.05, *, P < 0.1, see Table 3, 4.

무(*Q. acutissima*)를 대상으로 해부학적 특성과 종압축강도사이의 관계를 구명함으로써 목재의 합리적 이용을 위한 기초 자료를 얻고자 수행하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 조직 구성비율 가운데 종압축강도에 가장 크게 영향을 미치는 인자는 굴참나무와 상수리나무는 조재 방사조직 구성비율, 갈참나무와 졸참나무는 만재 목섬유 구성비율, 신갈나무는 조재 도관의 구성비율이었다.
2. 조직 구성요소와 조직 가운데 종압축강도에 가장 크게 영향을 미치는 인자는 굴참나무, 졸참나무 및 신갈나무는 microfibril 경사각, 갈참나무와 상수리나무는 목섬유 길이였다.

참 고 문 헌

1. Bendtsen, B. A. 1978. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Prod. J.* 28(10) : 61 ~ 72
2. Bendtsen, B. A., R. R. Maeglin, and F. Deneke. 1981. Comparison of mechanical and anatomical properties of eastern cottonwood and Populus hybrid NE-237. *Wood Sci.* 14(1) : 1 ~ 14
3. Carlquist, S. 1988. Comparative wood Anatomy. Springer-Verlag. Berlin
4. Gerhards, C. C. 1982. Effect of moisture content and temperature on the mechanical properties of wood: An analysis of immediate effect. *Wood & Fiber* 14(1) : 4 ~ 36
5. Grossman, P. U. A., and M. B. Wold. 1917. Compression fracture of wood parallel to the grain. *Wood Sci. & Tech.* 5 : 147 ~ 156
6. Kennedy, R. W. 1968. Wood in transverse compression: Influence of some anatomical variables and density on behavior. *Forest Prod. J.* 18(3) : 36 ~ 40
7. Kollmann, F. F., and W. A. C t. 1968. Principle of wood science and technology I. solid wood, Springer-Verlag. New York
8. Kucera, L. J., and M. Bariska. 1982. On the fracture morphology in wood. Part 1 : A SEM-study of deformation in wood of spruce and aspen upon ultimate axial compression load. *Wood Sci. & Tech.* 16 : 241 ~ 259
9. Meylan, B. A., and M. C. Probine. 1968. Microfibril angle as a parameter in timber quality assessment. *Forest Prod. J.* 19(4) : 30 ~ 33
10. Pearson, R. G., and R. C. Gilmore. 1971. Characterization of the strength of juvenile wood of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Forest Prod. J.* 20(1) : 23 ~ 31
11. Salmen, L. and Alf de Ruvo. 1985. A model for the prediction of fiber elasticity. *Wood & Fiber Sci.* 17(3) : 336 ~ 350
12. Schultz, H. 1957. Der Anteil der einzelnen Zellarten an dem Holz der Rotuche. *Holz als Roh- und Werks* 15 : 113 ~ 118
13. Taylor, S. E., D. A. Bender, D. E. Kline and S. K. Karen. 1992. Comparing length effect models for lumber tensile strength. *Forest Prod. J.* 42(2) : 23 ~ 30.
14. 藤崎謙次郎. 1984. 스키におけるヤング率と假道管長およびマイクロフィブリル傾角との關係について. *愛媛大演報* 11: 11 ~ 19
15. 小田一幸, 古賀信也, 提壽一. 1988. 材質育種にむけてのスキ 品種の年輪構造. *九大演報* 58 : 109 ~ 122
16. 국제관광공사. 1979. 한국관광진흥 장기종합계획 (보고서)
17. 부안군. 1976. 변산반도 도립공원 기본계획안
18. 심근. 1991. 참나무아속 주요수종의 수간내 재질 변동. 전남대학교 박사학위논문
19. 임업연구원. 1988. 참나무자원의 종합이용 개발에 관한 연구(I). 과학기술처 특정개발사업 연구 보고서
20. 조병우, 이원용. 1978. 한국산 주요활엽수재의 구성비율에 관한 연구. *목재과학* 2 : 33 ~ 41
21. 한국공업규격. 1980. KS F 2206. 목재의 압축 시험방법. 공업진흥청. 서울
22. 홍병화, 문창국, 신동소. 1972. 지리산산 참나무류의 목섬유변이에 관하여. *한국임학회지* 4 : 33 ~ 38