

목조건축 해체 고목재의 재질특성 및 강도성능*1

황 권 환*2† · 박 병 수*2 · 박 문 재*2

Wood Quality and Strength Properties of Old Structural Members*1

Kweonhwan Hwang*2† · Byeongsu Park*2 · Moon-Jae Park*2

요 약

목조건축물로부터 해체된 고목재를 해당 건축물의 복원이나 새로운 건축물에 재사용하기 위해서는 열화 및 부후 부위를 제외한 건전재의 재질 및 강도성능에 대한 평가가 필요하다. 트러스 현재로 사용된 부재와 사찰에 사용된 부재에 대해 현미경으로 수종식별을 행하고 KS 기준에 따라 각종 물성 및 강도 시험을 행하여 문헌에 의한 결과와 비교·검토하였다. 잎갈나무(Korean larch)는 재질 및 강도 성능이 기존 문헌값보다 높게 나타났으며, 소나무(Korean red pine)와 가문비나무(Yezo spruce)의 경우 해체재의 강도성능이 대체적으로 낮게 나타났다. 육안에 의한 건전부위의 시험편 내의 조직적 열화는 현미경적으로도 관찰되지 않았다. 인장시험편의 중앙부 두께가 5 mm에서 3 mm로 변함에 따라 인장강도가 증가하여 시험편 치수에 대한 검토가 필요한 것으로 판단되었으며, 압축 및 휨 시험법은 현행 기준으로도 적합한 수준이었다. 고목재류에 대한 구체적인 기초 강도 성능 평가를 위한 시험방법 및 철물접합부의 접합성능에 대한 차후 연구·검토가 필요한 것으로 평가되었다.

ABSTRACT

It is necessary to assess wood quality and strength of the clear specimens from used members in old wooden structures for the reuse of old members on the same structure or a new structure. Wood species classification by microscope observation of each wood member that was used in truss cord and temple, and several physical and strength tests by the specification of present KS standards were conducted to compare with some references. From the comparison of strengths

* 1 접수 2007년 8월 17일, 채택 2007년 10월 23일

* 2 국립산림과학원 임산공학부, 207 Cheongyangni 2-Dong, Dongdaemun-Gu, Seoul 130-712, Korea

† 주저자(corresponding author) : 황권환(e-mail: m54290@hotmail.com)

with references, Korean larch gives relatively better wood quality and mechanical properties than other wood species. No significant deterioration of cell wall was found by microscopic observation for the sound wood part that was selected visually. Tensile specimens with 3 mm in thickness on the middle span showed greater strength than 5 mm thick specimens, which explains that dimension of tensile specimen should be examined for evaluating precise tensile strength properties. Other tests, compression, shear, and bending, are adoptable for each strength properties. Test methods for the evaluation of basic strengths and fastener connections for old wood species should be further examined.

Keywords: old wood, old member, Korean larch, fastener connection

1. 서 론

목조문화재는 고가옥, 사찰건축, 궁궐건축, 향교, 누각, 서원, 문 등으로 구분되며, 주요 목조문화재의 수종구성에서 고가옥은 대부분 소나무를 이용하였으며, 소나무는 우리나라에서 전국에 흔한 수종으로 비교적 가공이 용이하고 수분에 강하며 솔향기가 민중 정서에 어울려 많이 이용되었다. 침엽수종으로는 소나무를 중심으로 은행나무, 전나무, 잣나무, 낙엽송 등이 사용되었으나 최근 수리 교체된 곳에는 수입수종 및 도입수종이 일부 사용되어 있으며 활엽수종으로는 느티나무를 중심으로 상수리나무류, 밤나무 등이 많이 사용되었다(박 등, 2005).

한편, 고목재나 해체재의 비강도적 성질은 경과년수에 따라 다소 증가하는 경향을 보이거나 큰 차이가 없는 것으로 보고하였다(疋田, 2000; 堀江, 2002; 平嶋 등, 2005). 한편, 심 등(2006)의 연구에 의하면, 300여 년 동안 장여와 마루판재로 사용된 소나무에서 전섬유소의 감소와 가도관의 미세할렬, 만재울의 감소 등으로 인해 비중감소에 따른 강도의 감소가 있는 것으로 보고하였다.

환경문제 및 건축폐기물 처리문제 등이 거론되면서 기존의 건축물에 사용되었던 부재 및 재료에 대하여 순환형 사회를 지향하기 위해 재사용(recycle) 및 재이용(reuse)에의 필요성이 부각되고 있다(疋田, 2000; 堀 등, 2003). 특히, 목구조물의 개·보수 등으로 인한 해체 부재들의 처리를 폐기가 아닌 재이용으로 탄소고정(carbon stock)이라는 측면에서

이를 이용하려는 노력들이 이루어지고 있다(오 등, 2002; 大越, 2005). 이러한 고부재의 유효 이용을 위해서는 열화진단 및 부후판단을 기초로 열화 및 부후 부위를 제거한 후 건전부위에 대한 재사용이 유력한 실정이다. 이를 위해서는 고목재의 건전부위에 대한 재질특성의 관찰과 물리적, 강도적 성질 변화를 살펴보는 것이 우선시되어야 할 것이다. 또한, 우리나라 고목재의 각종 성질 변화의 지표로서 활엽수에 있어서는 느티나무, 침엽수에 있어서는 소나무가 가장 많이 사용된 점(박 등, 2005)으로 미루어 해당 고목재의 성질은 이들과 비교·검토하는 것이 타당성이 있을 것이다.

본 연구에서는 건축 후 80여 년 정도 경과한 것으로 추정되는 트러스 현재(truss cord) 고목재(해체재)에 대해 수종식별을 행한 후, 수에서 수피방향으로의 연륜분포상태와 만재울분포를 살펴보고 재질특성을 관찰하였으며, 고목재간의 비교를 위해 우리나라 고목재의 대표로 알려져 있는 사찰의 개·보수로 발생한 소나무 고목재에 대해서도 동일한 실험을 행하여 비교·검토하였다. 현행 KS 시험 방법에 따라 물리적, 강도적 성능 시험을 실시하여 문헌에 의한 결과와 비교하였으며, 트러스 현재 해체고목재와 사찰 등지에서 주로 사용되는 소나무 고목재의 재질 및 강도 성능의 변화 정도, 구조부재로서의 재사용 가능성에 대한 검토, 고목재류에 대한 현행 시험법의 적절성 등에 대해 검토하였다.

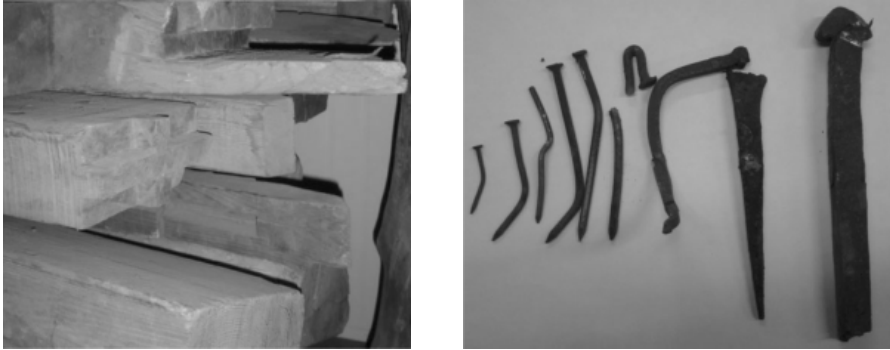


Fig. 1. Old members and used fasteners in the members.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

공시재료로 사용된 고목재는 1993년 철거된 국립 산림과학원소재 240.46 m² 규모의 식당건축물에서 트러스 현재로 사용되었던 목부재(임업연구원, 2002)이다. 이 건축물은 1930년경 당시 현 국립산림과학원의 전신인 임업시험장의 부속 식당건축물로 시공되어 이용되었을 것으로 추정된다. 시험에 이용된 고목재 부재는 트러스의 현재로 장시간 사용된 것이며 이들 부재에 대한 경과년수에 따른 수종, 재질 및 강도 변화를 살펴보고, 모 사찰의 기둥 및 보와 도리 등의 교체에서 수집된 소나무(Korean red pine, *Pinus densiflora* S. et Z.)로 추정되는 해체부재와 비교하기 위해 각각의 부재로부터 건전한 부위를 수종별로 선택하여 시험편으로 이용하였다. 소나무는 활엽수의 느티나무에 대비하여 우리나라의 목조건축에서 예로부터 가장 많이 사용하여 온 대표적인 침엽수로써 다른 침엽수 고목재와의 비교에 있어 매우 적합할 것으로 판단되어 선택하였다. 트러스 현재에 사용된 고목재의 수종별 재질특성과 강도성능에 대해 트러스 고부재에 대한 기초 성능을 기존 문헌의 결과와 비교하고, 고목재의 성능변화에 대한 표준 고목재로 소나무를 설정하였다.

2.2. 실험 방법

시험에 이용된 부재들은 실제 구조체를 형성하는 과정이나 보강 등의 목적으로 못 및 각종 철물들로 집합이 이루어져 있는 상태여서 Fig. 1과 같은 파스너(fastener)를 제거하여 제재 및 시편 가공에서의 문제 발생을 미연에 방지하였다. 부재의 손실을 최소화하도록 제제한 후, 표면에 대해서는 대패로 마무리하여 해당 시험편을 제작하였다. 제재에 앞서 각 부재로부터 50 mm 정도의 두께로 전체 횡단면방향으로 시편을 채취하여 현미경에 의한 수종식별 및 주사에 의한 만재율분포를 살펴보았다. 표준임업시험실시요령(임업연구원, 2002)에 의거하여 3단면에 대해 프레파라트시편을 제작하여 광학현미경 및 주사전자현미경으로 수종식별을 행하였으며, 심변재 이행상태, 조만재의 이행상태, 심재와 변재부에 있어서 연륜분포 상태를 조사하기 위해 각 부위별 횡단면을 수종식별과 동일한 조건에서 행하였다.

기건상태의 부재에 대해 KS 시험방법에 의거하여 시험편을 제작하여 KS F 2206~2209 (한국표준협회, 2004a~d)에 의거하여 압축, 인장, 휨, 전단 시험을 행하여 종압축강도, 종인장강도, 전단강도를 산출하였다. 이때 시험편 반복수는 현행 KS기준에 의거하여 10개 이상으로 하였으며, 각 시험편의 개수는 Table 2와 같다. 휨시험으로부터는 탄성계수(MOE, modulus of elasticity)와 휨강도(MOR, modulus of rupture)를 산출하였다. 휨시험이 종료된 상

Table 1. Wood classification, age, and average annual ring width of wood members

Member	Wood species	R_a (g/cm ³)	S_a (g/cm ³)	S_o (g/cm ³)	Age	ARW (mm)
Truss cord	Korean larch	0.73	0.66	0.70	100~200	0.6~1.5
	Yezo spruce	0.47	0.43	0.46	110~120	1.1~1.3
Column	Korean red pine	0.39	0.36	0.37	25~140	2.2~5.4

Legends R_a , air-dry density; S_a , air-dry specific gravity; S_o , oven-dry specific gravity; ARW, annual ring width

태에서 파괴부에 가장 가까운 건전한 부분으로부터 일정 크기의 시험편을 취하여 함수율(KS F 2199)과 밀도 및 비중(KS F 2198)을 측정하였다. 본 연구에 이용된 전 수종에 대해 동일한 조건에서 시험편을 제작하였으며 시험방법 또한 동일한 조건에서 실시하였다.

각각의 시험으로부터 얻어진 트러스 현재 고부재에 대한 각종 성능은 건전목재에 대한 기존 문헌(임업연구원, 1994; 조 등, 1988)과 비교하여 고부재의 성능변화에 대해 검토하였으며, 사찰부재로 사용된 주요 침엽수 고목재인 소나무재와 대조함으로써 다른 용도(트러스 현재)로 사용된 고부재의 재질특성 및 강도성능의 변화 정도를 검토하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 수종

현미경에 의한 수종식별로부터 Table 1과 같이 트러스 현재로 사용된 부재들은 가문비나무(*Yezo spruce*, *Picea jezoensis* Carr.), 일본잎갈나무(Japanese larch, *Larix kaempferi* Carr.) 또는 잎갈나무(Korean larch, *Larix gmelini* var. *principis-ruprechtii* Pilger)로 판명되었으며, 사찰 부재는 소나무로 판명되었다. 고목재 부재들의 수령 및 평균 연륜폭은 25~200년, 0.06~0.54 mm 등으로 다양하게 나타났다. 현미경에 의한 조직 부후나 손상은 관찰되지 않았다.

낙엽송 또는 잎갈나무에 대한 판단은 현미경에 의한 조직식별에서는 그 판별이 어려워 수령으로부터 검토한 결과, 낙엽송(Japanese larch)은 1904년에

우리나라에 처음 도입(이, 1997)되었으므로 수령이 100년 이상이어서 우리나라 자생 고유수종인 잎갈나무로 보는 것이 타당할 것으로 판단되었다. 특히, 본 연구에서의 잎갈나무와 낙엽송과 같이 조직학적으로 그 판별이 어려운 수종은 문헌 및 부재 사용 당시의 주위 환경 요소와 조건 등을 총체적으로 검토하여 검증하여야 할 것으로 판단된다.

이로써 트러스 부재는 수령이 100~200년 정도의 가문비나무와 잎갈나무로 구성된 것으로 판명되었으며, 소나무재는 부재 표면의 단청으로부터 주로 사찰에서 사용되었을 것으로 추측되며 수령은 25~140년 정도로 판명되었다. 트러스 부재는 상대적으로 재료를 사용함에 있어 규제가 거의 없었던 시대이므로 재질과 수령이 뛰어난 편이다. 그러나 사찰 등에서는 우리나라에서 상대적으로 조달하기 쉬운 소나무를 해당 크기의 부재로 사용하였기 때문에 수령 분포도 큰 편인 것으로 추정되며, 트러스 부재는 소나무재를 주로 사용했던 우리나라 정서와는 달리 일본건축가에 의해 건축된 것으로 미루어보아 이러한 점을 반영하지 않고 사용했던 것으로 추론할 수 있다.

3.2. 만재율 분포

강도성능 시험에 이용된 부재는 그 만재율 차이에 의해 전체 비중의 차이가 나타나며 비중의 차이는 곧 강도성능의 차이와 밀접한 관련성이 있다. 일반적으로 조제부에 비해 만재부의 세포벽은 두꺼워 상대적으로 세포공극이 감소하여 높은 비중을 나타내며 그에 따른 강도성능이 향상되어 나타난다.

각 부재의 횡방향(수에서 수피방향) 내에 분포하는 만재율 분포를 주사(scanning)하여 측정된 결과,

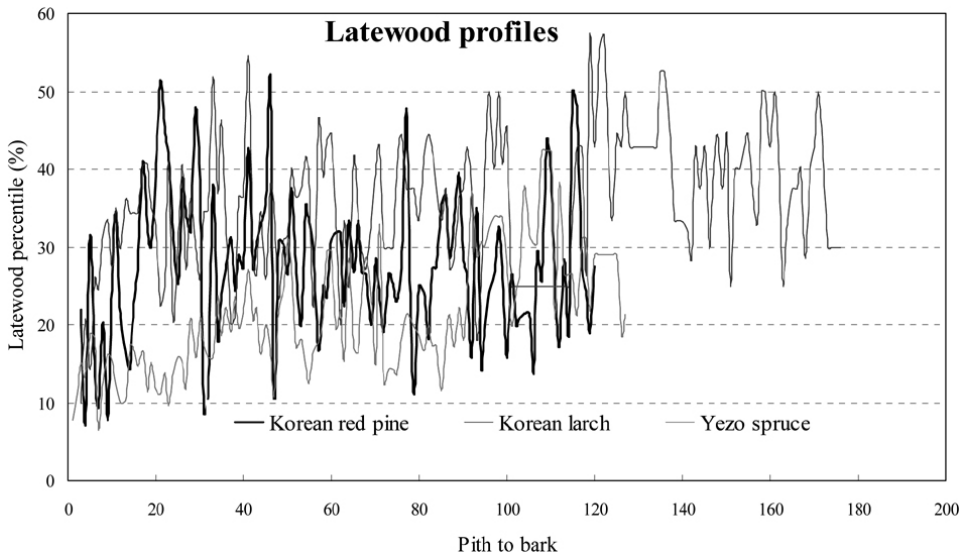
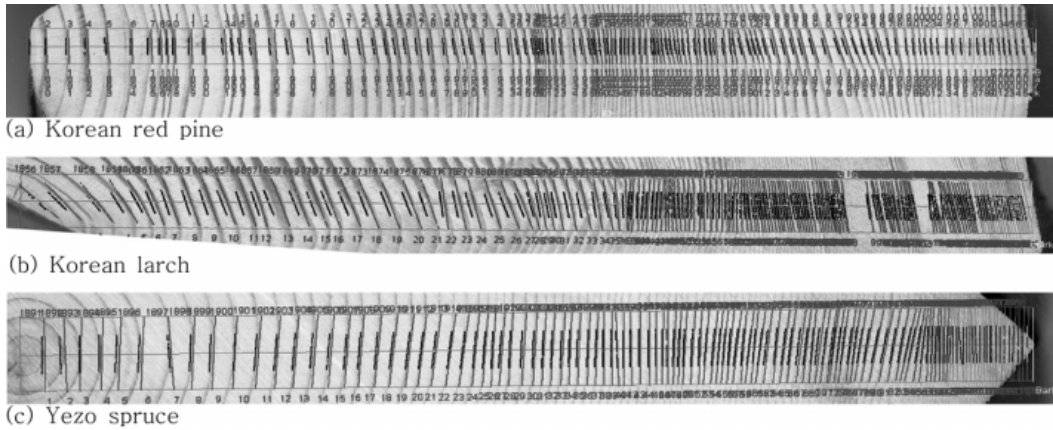
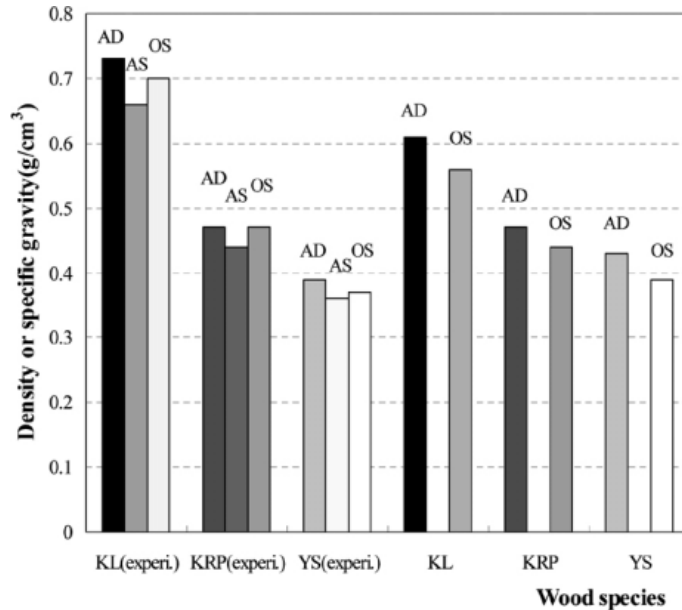


Fig. 2. Cross sections (a, b, c) and latewood profiles (bottom) on the cross section by scanning for each wood species.

20~25년 정도까지는 성장이 빠른 미숙재의 형태를 나타내어 만재율은 그 이후의 연륜에 비해 낮은 경향을 보였다. 특히, 소나무와 잎갈나무는 변재부 및 특히 수피 부근의 연륜폭이 상대적으로 현저히 좁게 나타나거나 심변재의 색상구분이 확실하지 않아서 심재부와는 대조적인 양상을 나타냈다(Fig. 2). 가문비나무는 변재부를 제외하면 상대적으로 연륜폭의 변화가 일정한 데 비해 소나무와 잎갈나무는 어느 일정 생장기간을 지나면서 부피생장이 오히려 현

격히 감소하는 것을 알 수 있다. 특히, 전체 부재에 있어 수령이 오래된 수종일수록 수피에 가까운 수십 년의 연륜은 육안뿐만 아니라 주사에 의해서도 구분하기가 어려울 정도로 연륜폭이 조밀하며 연륜 색상도 뚜렷하지 않았다.

이러한 결과로부터 자원의 생산적이고 경제적인 순환을 위해서는 일정 크기만큼의 수령(예를 들면, 30~50년 정도)에 도달한 단계에서 식재와 벌채를 행하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.



(AD, air-dry density; AS, air-dry specific gravity; OS, oven-dry specific gravity; KL, Korean larch; KRP, Korean red pine; YS, Yezo spruce; experi., experimental value)

Fig. 3. Comparison of density and specific gravity for the used wood species with experimental values and references'.

3.3. 함수율 및 비중

함수율은 전체 시험편에서 8.8~11.3% 범위로 소나무와 가문비나무가 9.7%로 동일한 수준이었으며, 잎갈나무는 10.5%로 다른 두 수종에 비해 1% 정도 높게 나타났다. 기건밀도(기건무게/기건부피), 기건비중(전건무게/기건부피), 전건비중(전건무게/전건부피)의 결과는 잎갈나무(0.73, 0.66, 0.70 g/cm³), 소나무(0.47, 0.44, 0.47 g/cm³), 가문비나무(0.39, 0.36, 0.37 g/cm³) 순으로 나타났다(Table 1). 잎갈나무는 제재 후에도 수지가 분출되는 등으로 미루어 전건법에 의한 비중 측정 및 함수율 측정 시험 과정에서 어느 정도 수분과 함께 수지가 증발됨으로써 상대적으로 높은 함수율을 나타낸 것으로 여겨진다. 또한, 이러한 현상은 비중 산출에 있어서도 수지에 의한 영향이 있었을 것으로 고려되나 그 정도는 1% 미만의 함수율 수준이므로 본 연구에서는 특별히 고려하지 않았다.

임업연구원 연구자료(1994) 및 조 등(1988)에 의하면 기건밀도와 전건비중은 잎갈나무의 경우 0.61과 0.56, 소나무의 경우 0.47과 0.44, 가문비나무의 경우 0.43과 0.39 g/cm³로 각각 나타나 본 연구에서의 시험편과는 다소 차이를 나타내었다. 소나무에 있어서는 문헌과 거의 일치하는 결과를 보였으며, 가문비나무의 경우도 비슷한 경향을 보였다. 그러나 잎갈나무의 밀도와 비중은 문헌에 비해 다소 높은 값을 나타내었으며 이는 당시 트러스 부재로 사용되었던 잎갈나무 부재의 재질특성이 우수하였음을 보여준다(Fig. 3).

3.4. 강도적 성질

각각의 강도시험 결과를 KS F 2152 (한국표준협회, 2004e)에 의거하여 함수율 12%로 조정된 결과를 Table 2에 나타냈다. 각각의 함수율 상태를 고려한 결과분석은 어느 특정 물성값을 특정 함수율 상태로

Table 2. Strength properties of each specimen at 12% (unit: MPa)

Wood species	Description	Compression		Shear		Tension				Bending			
		n	σ_c	n	σ_s	n	5 mm- σ_t	n	3 mm- σ_t	n	MOE (GPa)	MOR	
Korean larch	References*	Average	-	522	-	11.1	-	573	-	-	-	-	96.7
		Average		60.6		13.3		77.2		108.7		12.8	98.4
	Experiment	sd	16	8.9	11	1.8	7	14.6	24	24.1	11	0.7	15.4
		COV (%)		14.7		13.8		18.9		22.2		5.7	15.6
Korean red pine	References	Average	-	422	-	9.5	-	86.8	-	-	-	-	73.3
		Average		48.3		10.9		51.3		56.1		8.7	61.9
	Experiment	sd	17	13.9	19	2.0	11	14.1	18	10.3	13	1.0	8.9
		COV (%)		28.8		18.6		27.5		18.4		11.0	14.3
Yezo spruce	References	Average	-	34.3	-	6.7	-	117.7	-	-	-	-	68.6
		Average		39.6		8.3		66.3		89.0		8.8	67.0
	Experiment	sd	18	2.3	19	0.9	5	17.72	23	20.35	14	0.36	4.51
		COV (%)		5.9		10.9		26.7		22.9		4.1	6.7

*임업연구원 연구자료(임업연구원, 1994), 원색세계목재도감(조 등, 1988)

Legends: n, replication; sd, standard deviation; COV, coefficient of variation; σ_c , compression strength; σ_s , shear strength; σ_t , tension strength; Experiment, experimental values for the old members

조정하여 상호간의 변동 요소를 제거하기 위한 것으로 함수율을 별도로 제시하는 것보다 직접적인 비교가 가능하여 데이터 분석이 용이한 것으로 여겨진다.

Table 2에서의 문헌값(References)은 건전재에 대해 행한 각종 시험결과이며 실험값(Experiment)은 고부재의 건전부에 대한 시험결과를 나타냈다. 표에서 흰시험으로부터 얻어진 탄성계수는 문헌상에는 시험이 행해지지 않았거나 기록되어 있지 않아 비교가 어려운 상태이다. 하지만, 탄성계수(MOE)와 휨강도(MOR)와의 사이에는 비례관계(林, 1998)가 있음이 일반적이어서 Table 2의 결과로부터 문헌의 탄성계수는 실험값과 거의 동일할 것으로 기대된다. 탄성계수는 비중 및 휨강도와 상관이 높아 각종 재료의 강도성능 및 설계 등에 있어 필수사항으로 인식되고 있으므로 우리나라 주요 수종에 대해 데이터베이스화할 필요성이 시급한 사항이기도 하다.

압축강도 및 전단성능은 3수종 모두에 있어 문헌의 결과(임업연구원, 1994; 조 등, 1988)보다 우수함을 알 수 있으나, 인장 및 휨 성능에 있어서는 잎갈나무를 제외하면 다소 낮은 결과를 나타냈다. 이

는 당시 사용되었던 잎갈나무 재질(밀도)의 우수함에 기인한 높은 강도성능의 발현으로 판단된다. 즉, 강도성능에 영향을 끼치는 목재조직의 치밀성 및 그로 인한 높은 밀도로 인해 발생한 기계적 성질의 향상이 있었음을 의미한다. 일반적으로 일정한 하중이 가해지는 부재에 대해서는 재하기간이 증가함에 따라 크리프현상으로 인하여 강도성능의 변화가 발생하지만, 본 연구에서는 고부재의 건전부에 대한 재사용 검토를 위한 것으로 크리프현상에 대해서는 논의하지 않았다.

인장과 휨 성능에 있어서는 섬유방향에 대해 인장 하중이 가해지므로 재료의 결점 및 조직세포의 결합에 의해 영향을 크게 받게 된다. 즉, 화학조성에 있어 섬유강도에 영향을 크게 끼치는 전섬유소 감소, 가도관의 미세 할렬(심 등, 2003과 2006) 등이 인장 및 휨 시험과 같이 인장응력에 있어서는 결합으로 작용했을 것으로 추론되어진다.

한편, 소나무와 가문비나무의 압축과 전단 강도는 문헌의 결과보다 오히려 높게 나타났다. 이는 섬유에 대해 압축하중이 가해지는 압축시험과 전단시험

의 경우에는 시험편에 다소의 결함이 존재하여도 압축응력에 대한 저항성을 나타내기 때문인 것으로 여겨진다.

한편, 인장시험에 있어서는 현행 KS 시험기준(한국표준협회, 2004b)의 중앙부 5 mm 두께에 대한 결과에 있어 그 변이계수(COV)가 크게 나타나 그 변동폭이 다소 큰 것을 알 수 있으며 시험 중에 그림부분의 파괴가 관측되는 점 등으로 인해 Table 2에서와 같이 시험편의 반복수가 낮게 나타났다. 인장시험에서는 3 mm 시험편을 재차 제작하여 시험을 행하였다. 인장시험의 경우, 상대적으로 그 가공이 다른 시험편 제작에 비해 어려워 주의를 요하며, 이는 조그만 결점에도 영향을 받기 쉬운 인장시험 특성상 필요한 사항이기도 하다. 3 mm 인장시험의 경우 5 mm 시험편에 비해 인장강도는 현저히 증가하였으며, 이는 인장시험 중앙부의 두께를 최소화하여 하중작용에 따른 응력발생이 시험편 중앙부에 집중되어 보다 정확한 인장강도 측정이 가능해진 것으로 판단되었다. 표준인업시험실시요령(임업연구원, 2002)에서는 이러한 사항을 고려하여 인장시험편 중앙평행부의 두께를 3 mm로 할 수도 있다고 규정하고 있다. 이로써 고목재를 포함한 목질재료의 KS 기준에 따른 인장강도 시험에 있어서는 시험편 중앙부의 치수에 대해 재고해 볼 필요가 있는 것으로 고찰되었다.

3.5. 고목재 성능평가를 위한 고찰

문화재 및 고목재와 같이 희귀한 목재 및 목질재료에 대한 물리·화학적 성능 평가 및 역학적 거동에 대한 성능검토를 위한 기준이 정립되어 있지 않아 연구자에 따라 필요에 따른 결과를 얻고 있는 실정이다. 예를 들면, 박 등(2004)의 연구에 의하면 소나무 고목재에 대해 압축 시험과 전단 시험을 행하여 강도적 성능을 검토하고, 심 등(2003, 2006)은 휨, 압축, 전단 시험을 통해 검토한 바 있다. 또한, 박 등(2004)의 경우, 전단 성능 시험에 있어서 방사방향과 접선방향 시험편에 대한 검토도 이루어져, 고목재의 물성 및 강도변화를 검토하기 위해 시험 범주에 대한 검토가 요구된다고 할 수 있다. 임업연구

원 연구자료(임업연구원, 1994)에 의하면 방사방향과 접선방향의 전단시험편간의 강도 차이는 크지 않으나, 연륜 분포에 따른 만재율 영향을 상대적으로 크게 받을 것으로 예상되는 접선방향보다 방사방향 전단시험편으로 전단성능을 평가하는 것이 합리적인 것으로 여겨진다. 물론, 이러한 사항들은 재료 또는 부재로 사용된 상태에서 작용하는 하중 등의 상황을 충분히 고려하여 검토해야 할 것이다.

물성 변화 측정을 위한 검토 사항으로 목재 조직적 특성, 화학적 조성 변화에 대한 검토는 어느 수준까지 검토되어야 하는지 등에 대한 관련 연구자들과의 협의 및 토의가 이루어져야 할 필요가 있는 것으로 여겨지며, 주로 부재로 사용되어진 고목재의 강도성능을 구체적이고 체계적으로 평가하기 위한 시험 방법 및 범주에 대한 검토는 시급하다고 할 것이다. 또한, 본 연구에서의 고목재처럼 부재가 가구(架構) 상태에서 시공, 보수, 보강 등의 목적으로 못, 꺾쇠 등의 철물이 사용된 점 등으로 미루어 트러스 현재와 같은 접합철물로 접합부를 형성한 고목재에 대해서는 접합부의 내력성능도 검토하는 것이 바람직할 것으로 여겨진다.

4. 결 론

산림과학원 내 식당 건축물의 트러스 현재로 사용되었던 고목재는 부재로서의 사용년수가 비교적 추정가능하며 사용년수에 따른 각종 재질 및 강도성능의 변화가 예상되어 이에 대한 검토가 과학적으로 분석되어야 할 필요성이 제기되었다.

문화재와 사찰과 같은 고건축물에서 사용된 후 보수 및 해체로부터 발생한 해체재에 대한 제반성능을 파악하기 위해 재질 및 물성(밀도, 함수율 등)과 강도성능을 평가하였다. 얻어진 각종 성능을 기존의 연구결과와 비교·검토하여 고목재의 제반성능 평가를 위한 시험방법에 대한 고찰을 행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 트러스 부재로 사용된 고목재의 수종은 우리나라 고유수종인 잎갈나무, 가문비나무로 확인되었으

며 사찰에 사용된 수종은 소나무로 밝혀졌다.

2) 고목재 부재의 건전부위에 대한 현미경적 관찰에서 뚜렷한 열화는 관측되지 않았다. 특히, 잎갈나무는 조만재 구분 및 심변재 이행상태가 명확하고 재질은 매우 우수하였다.

3) 압축강도 및 전단성능은 3수종 모두 문헌 결과보다 우수하였으나, 인장 및 휨 성능에 있어서는 잎갈나무를 제외하면 다소 낮게 나타났다.

4) 고목재에 대한 재질 및 강도 성능 파악을 위해 시험편 제작 및 정성적·정량적인 시험방법의 정립, 철물접합부의 접합성능에 대한 검토가 필요한 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 박원규, 박만복. 2004. 근정전 고목재와 안면도 현생 소나무재의 재질 비교. 한국목재공학회 학술발표논문집. pp. 218~222
2. 산림청. 2003. 국가표준식물목록. <http://www.korea-plants.go.kr:9101/>
3. 심국보, 이도식, 박병수, 조성택, 김광모, 여환명. 2003. 소나무 고목재의 물성 변화. 한국목재공학회 학술발표논문집. pp. 19~22
4. 심국보, 이도식, 박병수, 조성택, 김광모, 여환명. 2006. 소나무 고목재와 건전재의 물리, 기계, 화학적 특성 차이. 임산에너지. 25(2): 1~8.
5. 오용성, 차재경, 곽준혁. 2002. 폐목재로 제조된 파티클 보드의 성능 평가. 목재공학. 30(4): 23~26.
6. 이필우. 1997. 한국산 목재의 성질과 용도(I) - 목재의 구조 및 성질과 용도-. 서울대학교 출판부.
7. 임업연구원. 1994. 한국산 주요목재의 성질과 용도. 임업연구원 연구자료 제95호.
8. 임업연구원. 2002. 임업연구 80년사. 941.
9. 임업연구원. 2002. 표준임업시험실시요령. 238.
10. 조재명, 강선구, 허남주, 박상진. 1988. 원색 세계목제도감. 선진문화사. pp. 10~14.
11. 한국표준협회. 2001a. 목재의 밀도 및 비중 측정 방법. KS F 2198.
12. 한국표준협회. 2001b. 목재의 평균 나이테 나비 측정 방법. KS F 2202.
13. 한국표준협회. 2001c. 목재의 함수율 측정 방법. KS F 2199.
14. 한국표준협회. 2004a. 목재의 압축 시험 방법. KS F 2206.
15. 한국표준협회. 2004b. 목재의 인장 시험 방법. KS F 2207.
16. 한국표준협회. 2004c. 목재의 전단 시험 방법. KS F 2209.
17. 한국표준협회. 2004d. 목재의 휨 시험 방법. KS F 2208.
18. 한국표준협회. 2004e. 침엽수 구조용재의 허용 성질 결정 방법. KS F 2152.
19. 大越 誠. 2005. 木材の化學加工研究の現状と展望—木材のエコマテリアルを目指して. 木材學會誌. 51(1): 36~38.
20. 林 知行. 1998. 高信頼性木質建材 「エンジニアードウッド」. 日本木材新聞社. pp. 58~71.
21. 疋田洋子. 2000. 解体材の再利用 —循環型社會を目指して—. 木材保存. 26(1): 4~16.
22. 平嶋義彦, 杉原未奈, 佐々木康壽, 安藤孝世, 山崎眞理子. 2005. 古材の強度特性Ⅲ—ケヤキおよびアカマツの靜的曲げ強度特性および衝擊曲げ強さ. 木材學會誌. 51(3): 146~152.
23. 堀江秀夫. 2002. 北海道産木造建築解体材の強度劣化. 木材學會誌. 48(4): 280~287.
24. 堀 大才, 三戸久美子. 2003. 木材廢棄物の有効利用. 博友社.