

전주객사 목부재의 재질 및 허용응력 분석¹⁾

박원규*, 남태광*, 김요정*, 한상효**

*충북대학교 산림과학부, **국가기록원

I. 서론

목재재료의 허용응력은 외력에 대해 구조부재의 안전성을 확보하기 위한 것으로 설계시 각 부재에 생기는 응력이 어느 한계 이상을 넘지 않도록 정한 일정한도의 응력이며, 보통 허용응력은 재료의 기준강도에 안전율을 나누어서 구한다. 이 경우 기준강도는 재료의 품질과 종류에 따라 정해지며 안전율은 재료의 변이로서 작용되는 응력의 종류, 사용조건을 포함한 공학적 판단이 개입된 1보다 큰 숫자가 된다. 그러나 목재는 천연재료로서 그 자체의 변이성 및 용이, 할렬, 목리경사 등 강도에 영향을 미치는 인자가 많은 변이성이 큰 재료이므로 허용응력의 산정은 무결점 표준시험체의 기준강도에 이들 각각의 영향인자에 관한 강도저감율을 곱하여 산출하는 방법(日本建築學會, 1990)과 가장 영향이 큰 감소인자에 안전율을 나누어서 구하는 방법(미국 ASTM, 1986)이 있다.

본 시험에서는 전주객사의 도리, 연목의 비중, 함수율, 강도를 측정하였으며 측정된 강도치에 강도저감율을 적용 장기허용응력을 산출하여 고건축 수리설계시 고목재의 허용응력에 관한 자료를 제공하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

전주객사의 주관에서 채취한 연목과 도리에 대한 강도측정 및 허용응력을 시험하였다. 채취한 연목과 도리를 휨강도 측정용 $2 \times 2 \times 28$ (cm), 종압축강도 측정용 $3 \times 3 \times 6$ (cm), 전단강도 측정용 $3 \times 3 \times 3$ (cm)의 시편으로 제작하였다. 전단강도 측정용 시편은 접선단면과 방사단면의 두 종류로 제작하였으며, $1 \times 1 \times 3$ (cm)를 잘라낸 의자형 전단강도

1) 이 연구는 한국과학재단 국가지정연구소재은행 <목재연륜소재은행>의 재료를 사용한 것임.

시험체로 제작하였다.

휨강도 측정용 시편은 도리 23개, 연목 11개, 종압축강도 측정용 시편은 도리 23개, 연목 10개, 전단강도 접선단면 측정용 시편은 도리 20개, 연목 12개, 전단강도 방사단면 측정용 시편은 도리 20개, 연목 11개로 총 130개의 시편에 대하여 강도를 측정하였다.

2. 분석방법

휨강도, 종압축강도 및 전단강도는 U.T.M 만능강도측정기를 이용하여 KS F 2206의 시험 방법에 의거하여 강도를 측정하였다.

(1) 강도

각 강도는 다음과 같은 식으로 산출하였다.

$$\text{휨강도 } \sigma = \frac{Pl}{4Z}, \text{ 종압축강도 } \sigma_c = \frac{P}{A}, \text{ 전단강도 } \tau = \frac{P}{A}$$

P : 최대하중

l : 스패 (mm)

Z : 단면계수 (mm³)

A : 단면적 (mm²)

(2) 허용응력

목구조 설계기준에서 적용되는 허용응력의 설정방법을 적용하여 아래와 같은 식을 통하여 산출하였다.

$$\text{단기허용응력 : } sf = FO \times \frac{4}{5} \times \alpha \times \frac{2}{3}$$

$$\text{장기허용응력 : } lf = sf \times \beta$$

FO : 무결점표준시험체의 기준강도

α : 각종 결점에 따른 강도비 (결점: 웅이, 목리경사, 등근모)

β : 하중지속시간에 따른 조정인자 ($= \frac{1}{2}$)

α 는 보통구조재의 경우 압축재는 0.63, 휨재는 0.43, 전단은 1의 수치를 쓰고 있다.

III. 결과 및 토론

1. 강도측정 결과

(1) 도리

가. 심·변재 부분별 종압축강도

표 1. 도리의 심·변재 부분별 휨강도(kg/cm²)

	평균강도	표준편차
변재	843	161
심변재	823	105
심재	806	207
전체	830	153

주) 변재, 심변재, 심재 부분의 시편을 각각 12, 6, 5개씩 시험함.

도리의 휨강도에 대한 심변재 부분별 평균강도를 보면, 변재, 심변재 경계, 심재 모두 800kg/cm² 이상의 높은 비슷한 강도를 보였다. 특히 심재부분의 휨강도가 다른 부분에 비해 약 17-37 /cm²정도 높게 나왔다.

나. 심·변재 부분별 종압축강도

표 2. 도리의 심·변재 부분별 종압축강도(kg/cm²)

	평균강도	표준편차
변재	492	19
심변재	478	102
심재	499	40
전체	487	75

주) 변재, 심변재, 심재 부분의 시편을 각각 5, 12, 6개씩 시험함.

도리의 종압축강도 부분별 평균강도를 보면, 변재와 심변재 부분의 평균강도는 비슷하였다. 심재부분의 종압축강도는 변재와 심변재 부분에 비해 약간 높게 나왔다.

다. 심·변재 부분별 전단강도

표 3 . 도리의 심·변재 부분별 전단강도(kg/cm²)

		평균강도	표준편차
변재	접선단면	120	36
	방사단면	123	30
심변재	접선단면	127	12
	방사단면	128	18
심재	접선단면	99	42
	방사단면	96	33
전체	접선단면	117	31
	방사단면	117	29

주) 접선단면 변재, 심변재, 심재 부분의 시편을 각각 5, 9, 6개씩 시험함.
방사단면 변재, 심변재, 심재 부분의 시편을 각각 5, 9, 6개씩 시험함.

전단강도의 접선단면, 방사단면의 심변재 부분별 평균강도는 심재부분만 100kg/cm² 이하로 낮았으나 변재와 심변재 경계부분 모두 120kg/cm²이상의 높은 전단강도치를 보였다.

(2) 연목

가. 심·변재 부분별 휨강도

표 4. 연목의 심·변재 부분별 휨강도(kg/cm²)

	평균강도	표준편차
변재	649	77
심변재	638	-
심재	714	-
전체	660	70

주) 심재, 심변재, 심재 부분의 시편을 각각 8, 1, 2개씩 시험함.

연목에 대한 휨강도의 부분별 평균강도를 보면, 변재, 심변재는 거의 비슷한 강도를 보였으나, 심재부분의 평균강도가 다른 부분에 비해 약 60kg/cm²정도 높게 나왔다.

나. 연목 심·변재 부분별 종압축강도

표 5. 연목의 심·변재 종압축강도(kg/cm²)

	평균강도	표준편차
변재	477	109
심변재	478	75
심재	489	48
전체	481	71

주) 변재, 심변재, 심재 부분의 시편을 각각 3, 4, 3개씩 시험함.

연목의 종압축강도에 대한 부분별 평균강도를 보면, 변재와 심변재 부분의 평균강도는 비슷하지만, 심재부분의 강도는 변재와 심변재 부분에 비해 약 10kg/cm²정도 높게 나왔다.

다. 연목 심·변재 부분별 전단강도

표 6. 연목의 심·변재 부분별 전단강도(kg/cm²)

		평균강도	표준편차
변재	접선단면	79	35
	방사단면	79	11
심변재	접선단면	71	36
	방사단면	71	16
심재	접선단면	73	41
	방사단면	69	23
전체	접선단면	73	34
	방사단면	72	16

주) 접선단면 변재, 심변재, 심재 부분의 시편을 각각 3, 6, 3개씩 시험함. 방사단면 변재, 심변재, 심재 부분의 시편을 각각 3, 6, 3개씩 시험함.

연목의 접선단면, 방사단면 전단강도의 심변재 부분별 평균강도는 거의 비슷한 강도를 보였으나 표준편차는 컸다.

(3) 비중, 함수율, 강도측정 비교

이상의 강도측정치와 비중, 함수율을 종합 비교하면 표 7과 같다. 전주객사 도리의 강도치는 평균치(임업연구원)를 상회하나 연목은 평균치보다 떨어지는 강도치를 보여 주었다.

표 7. 도리, 연목의 비중, 함수율, 강도 측정 결과 (소나무)

시료	비중 (기건)	함수율 (%)	힘강도		중압축강도		전단강도			
			평균	표준 편차	평균	표준 편차	접선단면		방사단면	
							평균	표준 편차	평균	표준 편차
전주객사 도리	0.65	13.7	830	153	487	75	117	31	117	29
전주객사 연목	0.51	12.7	660	70	481	71	73	34	72	16
임업연구 원 자료	0.44	기건	747	-	430	-	97	-	104	-

(4) 허용응력 산출 결과

이상의 강도 측정치를 이용하여 장기허용응력 산출 결과는 아래 표 8과 같다.

표 8. 전주객사 목부재의 장기허용응력 산출 결과 (kg/cm²)

		도리	연목
휨 허용응력		95.17	75.68
중압축 허용응력		55.84	55.15
종인장 허용응력		57.10	45.41
전단강도	접선단면	13.41	8.37
	방사단면	13.41	8.26