

목재 조립보 헤더의 휨 성능 분석*¹

장상식*^{2†} · 김윤희*² · 박영린*²

Analysis of Bending Performance of Built-up Beam Headers*¹

Sang Sik Jang*^{2†} · Yun Hui Kim*² · Young Ran Park*²

요 약

경골목조건축공법에서 개구부의 헤더로 많이 사용되는 조립보에 대한 설계자료를 구하기 위하여 2 × 6 (38 × 140 mm), 2 × 8 (38 × 184 mm), 2 × 10 (38 × 235 mm) 및 2 × 12 (38 × 286 mm) 부재를 3개 겹쳐서 휨 시험편을 제작하였다. 이들에 대한 휨 시험을 통하여 조립보에 대한 허용응력을 구하고 허용응력에 근거하여 여러 가지 하중 조건에 대한 경간표를 작성하였다. 조립보에 대한 휨 시험 결과로부터 10 mm의 처짐이 발생할 때의 휨응력을 조립보 헤더의 휨강도로 산정하였다. 조립보에 대한 경간표는 외벽에서 헤더가 사용되는 위치에 따른 5가지 하중조건과 내벽에서 헤더가 사용되는 위치에 따른 2가지 하중조건을 고려하여 작성할 수 있는 것으로 생각된다. 총 7가지 하중 조건에 있어서 외벽에 사용되는 헤더에 대한 5가지 하중조건에서는 고정하중, 활하중 및 적설하중이 포함되었으며 내벽에 사용되는 헤더에 대한 2가지 하중조건에서는 고정하중과 활하중이 포함되었다.

ABSTRACT

To obtain design data for built-up beams used as headers in light-frame timber construction, three members of 2 × 6 (38 × 140 mm), 2 × 8 (38 × 184 mm), 2 × 10 (38 × 235 mm) and 2 × 12 (38 × 286 mm) were built up as specimens of bending tests. The bending strengths of built-up headers were obtained through bending tests of these specimens, and it was considered that span tables can be calculated for various loading conditions based on the bending strengths

*¹ 접수 2007년 8월 20일, 채택 2007년 10월 29일

이 논문은 2005년도 충남대학교 학술연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

*² 충남대학교 환경임산자원학부, Faculty of Environmental Science and Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

† 주저자(corresponding author) : 장상식(e-mail: ssjang@cnu.ac.kr)

of built-up headers. The bending strengths of built-up headers were determined as the bending stresses at 10 mm deflection of specimens from the results of bending tests of built-up beam specimens. Span tables for built-up headers were considered to be obtained by assuming five loading conditions for headers used in exterior walls and two loading conditions for headers used in interior walls. Among these 7 loading conditions, 5 loading conditions applied to headers in exterior walls included dead loads, live loads and snow loads and 2 loading conditions applied to headers in interior walls included dead loads and live loads.

Keywords: built-up beam, header, bending, span table

1. 서 론

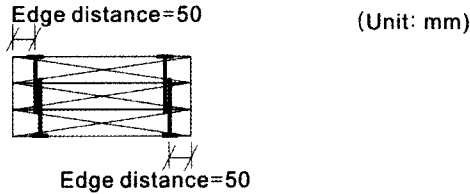
목조주택에는 다양한 크기의 문이나 창호들이 사용되고 있으며 이들을 설치하기 위해서는 구조부재인 벽의 스타드를 끊고 개구부를 만들어야 한다. 그러나 벽의 스타드 부재는 상부로부터 하부로 전달되는 수직하중인 고정하중, 활하중, 적설하중 등을 안전하게 건축물 하부의 기초구조까지 전달하는 구조적인 역할을 수행한다. 따라서 스타드를 끊고 개구부를 설치하면 상부의 하중이 하부로 전달되는 과정에 이상이 생기게 되며 이로 인하여 하중의 집중이나 편중 등이 발생하고 더 나아가서 전체적인 구조물의 안전에까지 영향을 주게 될 것이다.

주택은 내부에 사람이 거주하는 공간이기 때문에 사람이나 짐이 드나들 수 있는 출입문이 필요하고 보다 나은 주거 환경을 조성하기 위한 채광이나 환기 등의 목적을 위하여 창문의 설치가 필수적으로 요구된다. 구조체인 벽에 문과 창문을 설치할 수 있는 개구부의 설치가 반드시 필요하며 개구부의 설치로 인한 스타드 부재의 절단 또한 피할 수 없는 현실이다. 따라서 개구부를 설치하고 이로 인하여 절단된 스타드를 통하여 전달될 하중을 지지 또는 전달할 수 있는 대체부재로서 개구부의 상부에는 헤더가 사용되고 있다. 상부의 수직하중을 하부로 전달하는 기능을 갖는 헤더는 휨 부재로서 그 휨 성능이 매우 중요하다. 절단된 스타드를 통하여 전달된 수직하중은 헤더에 휨 응력을 발생시키고 헤더는 부재의 휨 모멘트 저항 성능을 통하여 상부의 하중을 양 옆의 열기둥을 통하여 하부로 전달하게 된다. 이 과정에

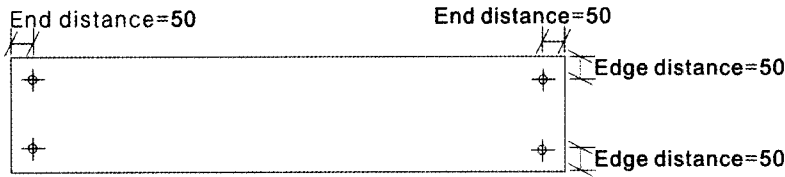
서 헤더의 휨 성능이 충분하지 않으면 헤더의 처짐이 발생하고 처진 헤더가 아래의 문이나 창문을 누르게 되면 문이나 창문의 개폐가 자유롭지 못한 결과가 초래될 수 있다.

현재 국내외의 경골목조건축공법에서는 목조건축 현장에서 사용되는 구조부재들 중에서 장선이나 서까래용의 비교적 큰 부재들을 조립하여 조립보로 만들어서 헤더로 사용하고 있다. 헤더는 구조부재로서 구조설계의 공식과 원칙을 적용하여 설계되어야 하며 이러한 원칙이 건축법규(AF&PA, 2005)(ICBO, 1997 and 1998)에도 반영되어 있다. 그러나 일반적인 설계자나 시공자들이 구조설계의 공식이나 원칙에 대하여 잘 알지 못하기 때문에 이를 보다 쉽게 적용할 수 있도록 하기 위하여 미리 구조설계 공식들에 의하여 계산된 도표(헤더의 경간표)를 건축법규(ICC, 2003 and 2003)(CWC, 2005)에 삽입하여 공식의 적용 대신에 도표로부터 적절한 값을 선택할 수 있도록 하고 있다. 우리나라에서는 2005년에 여러 가지 구조설계 기준들을 통합하여 하나의 건축법규(건축구조설계기준)(대한건축학회, 2005 및 2006)로 제정하였으며 이 기준의 제8장에 목구조 설계기준이 포함되어 있다. 건축구조설계기준의 제8장 6항에 경골목구조가 포함되어 있으며 여기에 창문용 헤더의 경간표가 삽입되어 있다. 이 경간표는 초기 작성 시 국내의 시험자료가 없었기 때문에 미국이나 캐나다의 건축법규를 참고하여 작성하였으므로 이를 국내의 실정에 적합한 시험자료에 근거하여 개정할 필요가 있다고 할 수 있다.

이 연구에서는 목조건축에서 개구부 상부의 헤더로 사용되는 조립보의 조립방법에 따른 장단점을 분



a) Cross section of built-up beam



b) Top surface of built-up beam

Fig. 1. Method of nailing in one line for built-up beams.

석하고 각 조립보들의 휨 시험을 통하여 그 성능을 분석하고자 하였다. 또한 휨 시험의 결과로부터 조립보 헤더의 조립 방법 및 부재 치수에 따른 경간표 (span table)를 작성할 수 있는 방법을 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

이 연구에서는 실제 목조건축 현장에서 사용되는 규격재를 구입하여 사용하였으며 수종은 캐나다에서 수입된 SPF (spruce-pine-fir)로서 육안으로 등급 구분하여 1등급 및 2등급이 혼합된 2등급 이상 (No. 2 and better)을 사용하였다. 사용된 구조용재의 치수는 2×6 (38×140 mm), 2×8 (38×184 mm), 2×10 (38×235 mm) 및 2×12 (38×286 mm) 등이었다.

부재 사이의 접합을 위하여 못을 주로 사용하였으며 못접합만을 사용한 조립보와 접착제, 볼트 등이 추가된 조립보 사이의 휨 성능 비교를 위하여 볼트와 접착제를 추가한 시험편을 제작하였다. 못은 공기압을 이용하는 못총용으로서 아연도금이 되지 않고 나삿니가 없으며 표면이 매끈한 12 d (지름 3.3

mm, 길이 83 mm) 박스못을 사용하였다. 사용된 볼트의 지름은 20 mm이었으며 볼트를 설치하기 위한 구멍은 지름 25 mm의 드릴로 미리 천공하였다. 접착제는 시중에서 쉽게 구입할 수 있는 목공용 접착제로서 초산비닐에멀전수지를 사용하였으며 사용된 접착제의 고형분 함량은 약 40%이었다.

헤더용 조립보 시험편으로는 목조건축 현장에서 일반적으로 많이 이용되는 구조용재를 3장 겹쳐서 제작하는 조립보를 제작하였다. 조립보에서 못의 위치와 간격이 매우 중요한 요소이기 때문에 못을 정확한 위치에 설치하기 위하여 먹줄로 못의 위치를 표시하고 정해진 위치에 공기압 못총을 이용하여 못을 설치하였다. 못을 박을 때에 부재의 양끝 부분에서 목재의 갈라짐을 최소화하기 위하여 양 끝에 설치되는 못의 연단거리 및 측면거리를 Fig. 1에서 보는 바와 같이 각각 50 mm로 하였으며 중간 부분에서의 못의 간격은 100, 200 및 300 mm로 하여 못의 간격이 조립보의 휨 성능에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 못의 간격은 전체 부재 길이에 걸쳐서 일정한 간격으로 하였으며 남은 부분은 양쪽 끝부분으로 분산하였다.

조립보에서 부재의 나비가 휨 성능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 2×6 (38×140 mm), 2×8 (38

Table 1. Composition and dimensions of built-up beam specimens

Symbol	Dimension of members	Fastening method	Span (mm)	Spacing between fasteners (mm)
A1	2 × 6	Nail	2,400	100
A2	2 × 6	Nail	2,400	200
A3	2 × 6	Nail	2,400	300
B1	2 × 6	Adhesive	2,400	200
B2	2 × 6	Adhesive + nail	2,400	200
B3	2 × 6	Adhesive + bolt	2,400	200
C1	2 × 8	Nail	2,400	200
C2	2 × 10	Nail	2,400	200
C3	2 × 12	Nail	2,400	200
D1	2 × 6	Nail	1,800	200
D2	2 × 8	Nail	1,800	200
D3	2 × 10	Nail	1,800	200
D4	2 × 12	Nail	1,800	200

× 184 mm), 2 × 10 (38 × 235 mm) 및 2 × 12 (38 × 286 mm) 부재를 3장씩 겹쳐서 조립보를 제작하였으며 이들은 Fig. 1과 같은 방법으로 1열 못 박기를 하였고 1열 내에서 못의 간격은 200 mm로 하였다. 경간이 조립보의 휨 성능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 각각의 부재 치수에 대하여 경간이 1.8 m 및 2.4 m인 시험편을 제작하였다.

조립보의 접합방법이 휨성능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 2 × 6 (38 × 140 mm) 부재 3장을 각각 못, 접착제, (접착제 + 못) 및 (접착제 + 볼트) 등의 방법으로 접합하여 2.4 m 길이의 조립보 시험편을 제작하였다. 접착제와 볼트를 함께 사용한 조립보에서 볼트와 볼트 사이의 간격을 600 mm로 하여 2,400 mm 경간에 대하여 총 5개의 볼트를 설치하였고 너트를 에어공구로 조여서 모든 볼트가 동일한 압력으로 조여지도록 하였다. 접착 접합 조립보는 접착제를 부재의 전면에 약 400 g/m²의 양으로 균일하게 도포하고 부재를 맞댄 후 4개의 클램프를 설치하여 24시간 동안 실내에서 경화되도록 하였다. 접착제와 볼트 및 접착제와 못을 함께 사용한 조립보의 경우에는 접착제를 도포하고 볼트 및 못을 설치한 후 클램프로 조인 상태에서 실내에서 24시간 동안 경화되도록 하였다.

이 연구에서 사용된 조립보 시험편의 구성 및 치수는 Table 1과 같다. Table 1의 모든 종류의 시험편에 대해서 각각 5개의 시험편을 만들어서 시험을 실

시하였다.

조립보에 대한 휨 시험은 KS F 2150의 목구조용 실대재에 대한 1/3점 하중 휨 시험 방법을 적용하여 경간을 3등분하는 지점에 동일한 하중이 작용하도록 시험을 실시하였다. 휨 시험 중 부재의 처짐을 측정하기 위하여 부재의 중앙 하부에 LVDT를 장치하였으며 부재의 파괴에 따른 LVDT의 손상을 방지하기 위하여 하중이 예상 최대하중의 약 60% 정도에 달하고 시험편으로부터 파괴음이 들리기 시작할 때에 시험기를 일시 정지시킨 상태에서 LVDT를 제거한 후 부재의 파괴 시까지 시험을 계속 실시하였다.

강도시험기는 시험을 시작한 후 5분 정도에서 최대하중에 도달하도록 하중속도를 조절하였으며 휨 시험 중에 하중과 변위를 측정하여 하중-변위선도를 작성하였다. 하중-변위선도의 초기 직선 구간으로부터 식 (1)에 의하여 휨탄성계수(MOE)를 계산하였으며 최대하중으로부터 식 (2)에 의하여 파괴계수(MOR)를 계산하였다.

$$MOE = \frac{P_e L^3}{4.7 \Delta_e b h^3} \quad (1)$$

$$MOR = \frac{P_{max} L}{b h^2} \quad (2)$$

여기서, P_e = 비례한도 하중(N)

- L = 경간(mm)
- Δ_c = 비례한도 처짐(mm)
- b = 상자보의 나비(mm)
- h = 상자보의 높이(mm)
- P_{max} = 최대하중(N)

3. 결과 및 고찰

3.1. 휨 탄성계수(MOE), 파괴계수(MOR) 및 휨강도

조립보에 대한 휨 시험으로부터 구한 하중-변위선도에서 최대하중의 약 10% 및 40%에 해당하는 하중(P_{10} 및 P_{40})과 변위(Δ_{10} 및 Δ_{40})로부터 휨 탄성계수(MOE)를 계산하였고 최대하중(P_{max})으로부터 파괴계수(MOR)를 계산하였다. 조립보의 휨강도를 계산하기 위하여 헤더용 조립보의 처짐 한계를 10 mm로 설정하였다. 헤더는 부재의 특성 상 과도한 처짐에 의한 창문의 눌림 현상과 이로 인한 창문의 기능 상실을 방지하는 기능이 강조된다. 따라서 일반적으로 헤더와 창문을 설치할 때에 헤더 밑면과 창문 윗면 사이에 25 mm 정도의 간격을 두는 점을 고려하여 10 mm 정도의 처짐 한계를 설정하는 것이 적절할 것으로 판단하였다. 왜냐하면 헤더에 10 mm의 처짐이 발생하더라도 그 아래에 15 mm의 공간적인 여유가 있기 때문에 창문의 기능에는 아무 문제가 생기지 않을 것으로 판단되었기 때문이다. 10 mm 처짐에 대응되는 하중 하에서 조립보에 발생하는 응력을 해당 조립보 헤더의 휨강도(bending strength of built-up header)로 규정하였다.

각각의 시험편에 대한 휨 시험 결과로부터 얻어진 휨 탄성계수(MOE), 파괴계수(MOR) 및 휨강도는 Table 2와 같다. Table 2에서 휨 탄성계수 및 파괴계수는 5개 시험편에 대한 시험결과의 평균치이며 휨강도는 5개 시험편의 시험결과를 정규분포로 가정하고 식 (3)에 의하여 5% 하한치(the 5th percentile)를 구한 결과이다. 5% 하한치를 구하기 위한 목적으로 5개의 시험편은 그 반복수가 작기는 하지만 전체

Table 2. MOE, MOR and allowable bending stresses for built-up beam specimens

Symbol	MOE (N/mm ²)	MOR (N/mm ²)	Allowable bending stress (N/mm ²)
A1	13,270	401	172
A2	13,292	419	163
A3	12,464	383	142
B1	12,184	424	160
B2	12,905	427	168
B3	11,908	406	157
C1	11,978	388	157
C2	12,619	375	155
C3	11,373	362	145
D1	12,611	402	165
D2	12,339	391	159
D3	11,194	397	145
D4	11,983	385	141

적인 휨시험결과 분석 및 이로부터 경간표를 작성하기 위한 방법을 제시하기 위한 목적 상 전체적인 과정을 따라가기 위하여 식 (3)으로부터 5% 하한치를 구하였다.

$$F_{b,allow} = \bar{F}_{b,10} - 1.645s \quad (3)$$

여기서, $F_{b,allow}$ = 휨강도(N/mm²)

$$\bar{F}_{b,10} = 10 \text{ mm 처짐에서 휨 응력의 평균치 (N/mm}^2\text{)}$$

$$s = \text{표준편차(standard deviation)(N/mm}^2\text{)}$$

3.1.1. 못 간격이 조립보의 휨 성능에 미치는 영향

못의 간격을 100, 200 및 300 mm로 한 경우에 조립보의 휨강도는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 못의 간격이 멀어질수록 감소하는 경향을 나타내었다. MOE 및 MOR에 대해서는 못의 간격이 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. MOE는 초기 탄성구간의 기울기를 나타내는 값으로서 목재 자체의 탄성의 영향을 주로 받으며 MOR도 최종적으로 목재의 파괴에 의하여 결정되기 때문에 MOE나 MOR의 측정에서는 못보다는 목재 자체의 영향이 주로 나타나는 것으로 생각된다.

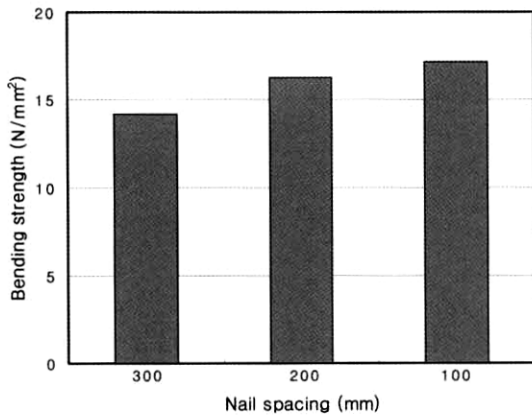


Fig. 2. Change of bending strength of built-up beams in accordance with nail spacing (Member dimension: 2 × 6, Span: 2,400 mm).

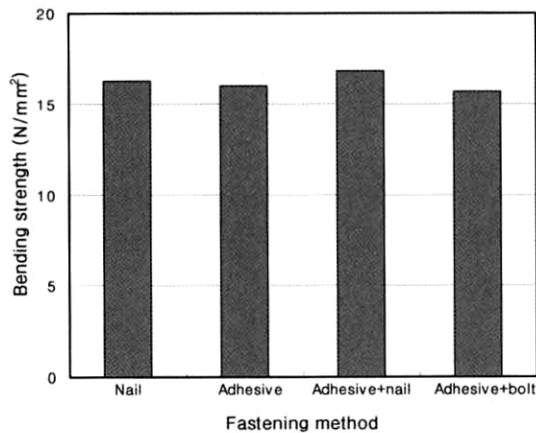


Fig. 3. Effect of fastening method on the bending strength of built-up beams.

3.1.2. 접합방법이 조립보의 휨 성능에 미치는 영향

Fig. 3은 접합방법이 조립보의 휨강도에 미치는 영향을 나타내며 접착제의 사용 여부는 조립보의 휨 성능에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 접착제의 사용이 초기 탄성구간에 영향을 주어서 탄성계수 및 휨강도를 증가시킬 것으로 예상하였으나 접착제의 사용으로 인한 영향을 별로 크지 않은 것으로

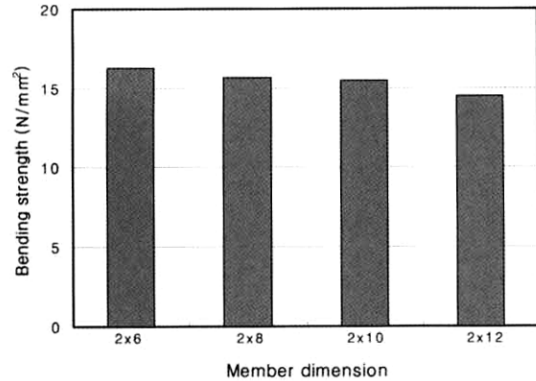


Fig. 4. Effect of member dimension on the bending strength of built-up beams.

나타났다.

3.1.3. 부재치수가 조립보의 휨 성능에 미치는 영향

Fig. 4에서 보는 바와 같이 부재치수가 증가할수록 휨강도는 약간씩 감소하는 경향을 나타내었다. 조립보의 MOE 및 MOR도 휨강도와 마찬가지로 부재치수가 증가할수록 약간씩 감소하는 경향을 나타내었으나 그 차이는 크지 않았다. 일반적으로 두께 38~89 mm의 구조용재에 대해서는 부재치수의 영향을 치수계수로 나타내고 있으며 치수가 증가할수록 작은 치수계수를 적용함으로써 치수 증가에 따른 휨강도의 감소를 반영하고 있다. 그러나 두께 114 mm 이상의 구조용재에 대해서는 치수계수를 적용하지 않고 있으며 조립보의 경우에는 명확한 규정이 없다. 이 연구에서는 조립보의 설계에서 치수계수를 적용하지 않는 것으로 가정하고 부재치수가 증가함에 따라서 휨 성능의 감소하는 경향을 휨강도 산출에 반영하였다.

3.1.4. 경간이 조립보의 휨 성능에 미치는 영향

Table 2에서 보면 2 × 6 (38 × 140 mm), 2 × 8 (38 × 184 mm), 2 × 10 (38 × 235 mm) 및 2 × 12 (38 × 286 mm)의 부재치수에 대하여 경간을 2,400 mm (각각 시험편 번호 A1, C1, C2 및 C3)로 한 경우와

Table 3. Applied loads in accordance with conditions of installation for headers (Unit: kN/m)

Location	Loading condition	Ground snow load (kN/m ²)					
		0.5			1.0		
		Width of building (m)					
		6	8	10	6	8	10
Exterior walls	a	6.6	7.3	8.0	8.1	8.8	9.5
	b	13.4	15.8	18.3	14.9	17.3	19.8
	c	18.6	22.8	27.0	19.6	24.3	28.5
	d	20.1	24.3	28.5	21.1	25.8	30.0
	e	30.6	38.3	46.0	32.1	39.8	47.5
		Width of building (m)					
		6	8		10		
Interior walls	f	10.5	14.0		17.5		
	g	21.7	28.7		35.7		

1,800 mm (각각 시험편 번호 D1, D2, D3 및 D4)로 한 경우 사이에 MOE, MOR 및 휨강도 등의 휨 성능에 큰 차이가 없는 것을 알 수 있다.

3.2. 조립보 헤더의 경간표 작성 방법

건축구조설계기준(KBC, 2005)에서 보면 조립보 헤더의 경간표가 건물의 외벽에 사용되는 헤더에 대하여 (a) 단층건물인 경우(지붕 및 천장하중만 지지), (b) 2층 바닥의 중앙 하부에 내력벽이 있는 2층 건물에서 1층에 설치되는 경우(지붕, 천장 및 2층벽 하중과 2층 바닥하중의 1/4 지지), (c) 2층 바닥 하부에 내력벽이 없는 2층 건물에서 1층에 설치되는 경우(지붕, 천장 및 2층벽 하중과 2층 바닥하중의 1/2 지지), (d) 2층과 3층 바닥 중앙 하부에 내력벽이 있는 3층 건물에서 1층에 설치되는 경우(지붕, 천장, 2층벽 및 3층벽 하중과 2층 및 3층 바닥하중의 1/4 지지), (e) 2층과 3층 바닥 중앙 하부에 내력벽이 없는 3층 건물에서 1층에 설치되는 경우(지붕, 천장, 2층벽 및 3층벽 하중과 2층 및 3층 바닥하중의 1/2 지지)의 다섯 가지로 구분하고 있으며 건물의 내벽에 사용되는 헤더에 대해서는 (f) 2층 건물의 1층 내력벽에 설치되는 경우(2층 바닥하중의 1/2 지지), (g) 3층 건물의 1층 내력벽에 설치되는 경우(2층 내벽하중과 2층 및 3층 바닥하중의 1/2 지지)의

두 가지로 구분하고 있다. 외벽에 설치되는 헤더의 경우에는 지붕, 천장, 외벽 및 바닥의 고정하중과 지붕 및 바닥 활하중 그리고 적설하중을 지지하여야 하며 내벽에 설치되는 헤더의 경우에는 바닥 및 내벽의 고정하중과 바닥 활하중을 지지하여야 한다. 그러나 현행 건축구조설계기준 상의 헤더 경간표에서는 어떠한 종류의 하중을 근거로 경간표가 작성되었는지 명시되어 있지 않으나 경간표에 2,000 N/m²의 활하중 값만 제시됨으로써 적설하중은 고려되지 않은 것으로 판단된다.

외벽에 설치되는 헤더의 5가지 조건에 있어서 건물의 나비가 6, 8 및 10 m인 경우와 적설하중이 0.5 및 1.0 kN/m²인 경우에 대하여 헤더의 단위길이에 작용하는 하중의 크기를 계산한 결과는 Table 3과 같다. 내벽에 설치되는 헤더의 2가지 조건에 있어서 건물의 나비가 6, 8 및 10 m인 경우에 대하여 헤더의 단위길이에 작용하는 하중의 크기를 계산한 결과도 Table 3에 함께 수록하였다.

Table 3의 하중 조건 하에서 Table 2에 주어진 조립보 헤더에 대한 휨강도를 적용하여 조립보 헤더의 경간을 간단한 재료역학의 원리를 적용하여 계산할 수 있다.

4. 결 론

경골목조건축의 창문 헤더로 사용되는 조립보에 대한 휨 시험을 실시하였으며 이를 통하여 2×6 (38×140 mm), 2×8 (38×184 mm), 2×10 (38×235 mm) 및 2×12 (38×286 mm) 부재를 사용하여 제작되는 조립보 헤더에 대한 경간표 작성 방법을 제시하였다. 조립보에 사용되는 못의 간격이 멀어질수록 휨강도가 감소하는 경향을 나타내었으며 접착제의 사용은 조립보의 휨성능에 크게 영향이 없는 것으로 나타났다. 조립보 헤더의 경간표는 외벽에서 헤더가 사용되는 위치에 따른 5가지 하중조건과 내벽에서 헤더가 사용되는 위치에 따른 2가지 하중조건을 고려하여 작성할 수 있으며 경간표를 작성할 때에 적용할 수 있는 7가지 하중조건을 제시하였다. 이와 같이 작성된 경간표의 적용을 통하여 복잡한 구조역학의 계산공식을 적용하지 않아도 누구나 쉽게 창문 또는 문의 설치를 위한 개구부의 상부에 설치되는 조립보 헤더를 설계할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 대한건축학회. 2005. 건축구조설계기준(KBC). 기문당.
2. 대한건축학회. 2006. 건축구조설계기준(KBC) 및 해설. 기문당.
3. 한국표준협회. KS F 2150. 목구조용 실대재의 휨 시험 방법.
4. American Forest and Paper Association (AF&PA). 2005. National design specification for wood construction.
5. Canadian Wood Council (CWC). 2005. Wood design manual.
6. International Code Council (ICC), Inc. 2003. International Building Code.
7. International Code Council (ICC), Inc. 2003. International Residential Code.
8. International Conference of Building Officials (ICBO). 1997. Uniform Building Code.
9. International Conference of Building Officials (ICBO). 1998. Handbook to the Uniform Building Code.