

# 전통 목구조 멍에 부재의 휨 보강 특성

## Flexural Strengthening Characteristic of Sleeper Member Traditional Wooden Architecture

김 정 섭<sup>1)</sup>  
Kim, Jeong Sup

조 철 희<sup>2)\*</sup>  
Cho, Cheol Hee

신 용 석<sup>3)</sup>  
Shin, Young Seok

조 윤 희<sup>4)</sup>  
Cho, Youn Hee

### Abstract

This study investigates experimentally flexural behavior and CFB(Carbon Fiber Bar) reinforcing effects of timber sleeper in traditional storied tower house. As a test result, standard sleepers without CFB(Carbon Fiber Bar) reinforcement show flexural cracks at the bottom member at the beginning of loading stage and leads to fracture. However, reinforced specimens with CFB show initial shrinkage at the upper part of specimen by compression, instead of flexural cracks at the bottom, and finally show compressive failure or fracture after failure of CFB and it proves that reinforcing effects by CFB are exerted from early loading. Reinforced specimens showed higher strength in yield strength by 6%~38%, and ultimate strength by 8%~17%, than those of standard specimens. Reinforced specimen is considered that specimen with flexural reinforcement using CFB can expect flexural deflection control effect. Reinforced specimen shows higher ductile coefficient increase of average 141% compared than standard specimens and it proves that higher structural ductile behavior can be expected in reinforced specimens.

**Keywords** : Traditional wooden architecture, Sleeper member, Flexural strengthening

### 1. 서론

우리나라는 전통적으로 육송을 이용해 건축물을 축조하였고 현존하는 건조물 중 그 역사적 가치성이 우수한 구조물을 보물 및 국보로 지정하여 보존하고 있다.

전통 목구조 건축물은 역사적 가치성은 증가하지만, 목재의 잔존수명은 점차 소진되고 있어 유지관리 및 보존에 대해 깊은 관심과 연구가 필요할 시점이다.

목조 건축물은 천연 유기물인 목재의 특성상 자연적인 노후화와 부후(腐朽), 구조적 및 재료적 원인 등에 의해 성능저하와 변형 등이 발생된다. 성능저하된 목조 건축물에서 구조적인 문제점을 근본적으로 해결하지 않고 보수공사나 해체복원을 하게 되면 동일한 변형이나 2차적인 변형과 성능저하를 초래하게 된다.

전통 목구조 건축물은 도편수(都便手)의 경험에 의존하거나 의장적 미에 치중하여 시공됨에 따라 구조적인 측면에서 보면 상당히 큰 안전계수를 갖거나 일부 부재는 구조적 안전성이 확보되지 못한 사례들이 보고되고 있다.

우리나라 전통 목구조의 보수 및 해체복원 시 주요 구

조부재인 대들보나 기둥, 추녀 등의 큰 단면이 요구되는 육송(陸松) 재료의 공급이 어려운 실정이지만 ‘문화재 수리 표준시방서(2005)’의 원형유지의 원칙에 따라 부재의 해체복원이나 신목재로 교체, 철재 띠 보수, 활주(活柱) 등이 대안으로 통용되고 있다.

그러나 일본에서는 주요 부재에 대해 철재 형강 및 철판, 탄소섬유판 등 다양한 재료를 적용하여 보강함으로써 목조 문화재의 구조적 안전성과 내구성을 증대할 뿐만 아니라 천연목재 자원을 보호하고 있다.

따라서 본 연구는 전통 목구조 건축물에서 구조적 원인에 의해 성능저하 현상이 주로 일어나는 휨부재를 중심으로 휨 거동 특성과 원형보존을 고려한 보강방법, 보강효과 등을 중심으로 연구하고자 한다.

### 2. 연구의 범위와 방법

전통 목구조의 특성상 설계 및 시공 시 구조검토가 일반화되지 않아 기존의 경험으로 축조됨에 따라 구조적 거동의 문제점을 정밀하게 예측하지 못하였다.

1) 정회원, 조선대학교 건축공학과 교수, 공학박사  
2) 정회원, (주)한국구조안전연구원 대표이사, 공학박사  
3) 정회원, 조선대학교 건축공학과 박사과정 수료  
4) 정회원, 조선대학교 건축공학과 박사과정

\* Corresponding author : cch7019@hanmail.net 062-654-2750

• 본 논문에 대한 토의를 2010년 4월 30일까지 학회로 보내주시면 2010년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

중요 문화재로 지정된 상태에서는 쉽게 수리 및 보수공사를 할 수 없으므로 구조적 내력이 부족하여 손상되거나 변형이 초래된 경우에 해당 문제점을 해결하는 데에는 상당한 어려움이 따른다.

전통 목구조의 휨 부재에서 휨 내력이 부족한 경우 기존 부재의 구조성능을 검토하여 최근에 개발된 보강재료 및 다양한 보강방법을 강구하여 적용해야 한다.

우리나라의 ‘문화재 수리 표준시방서’에서 기존의 양식 및 기법에 대해 원형유지의 원칙과 붕괴 또는 훼손될 우려가 있는 경우 재료(부재)의 교체 또는 보강을 적용할 수 있도록 규정하고 있어 손상된 부재를 교체하지 않고 보강하기 위해서는 외관에서 원형이 유지되어야 하는 어려운 구조적 전제조건이 요구된다.

본 연구에서는 보강 후 마감 시 외관에 손상이 없는 공법인 매입형 탄소섬유막대를 사용하여 휨 내력을 증대시키기 위해 부재의 인장부에 보강한다.

이상과 같이 전통 목구조 건축물중 2층 루 가구의 명에 부재를 중심으로 기준실험체 및 보강실험체의 부재 실험을 실시하여 구조적 특성 및 거동을 파악함으로써 구조적 보강효과를 평가하고, 설계 및 시공 시 실용성을 제고하는 기초자료를 제공한다.

## 2.1 명에 부재의 구조적 특성

본 연구에서는 전통 목구조의 구조적 특성에 따라 ‘순천 선암사 강선루’의 2층 루(樓) 가구의 휨부재인 명에<sup>1)</sup>를 중심으로 부재실험을 실시한다.

강선루(사적 및 명승 8호)는 팔작지붕의 중층누각(重層漏閣)으로 1929년 축조된 목조 건축물이다.

2층의 정면과 배면 열의 중앙부에는 기둥이 있지만 하부에는 기둥이 없는 조건으로 설계 및 시공되어 명에는 휨 부재로서 구조적 역할이 매우 중요하게 된다.

구조의 특성상 지붕의 하중이 2층의 기둥을 통해 전달되므로 휨 부재인 명에부재에는 중앙부 2점의 집중하중으로 작용함에 따라 휨변형이 정면에서 최대 67mm(1/

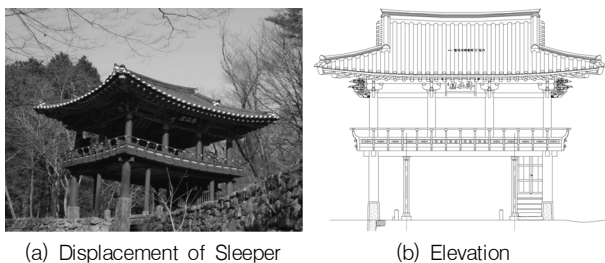


Fig. 1 Displacement of Sleeper in Gangsunru

1) 명에(駕木, Sleeper) : 지면에 설치한 동마리 기둥 또는 동마리 돌 위에 얹혀 장선을 받치는 가로 구조부재

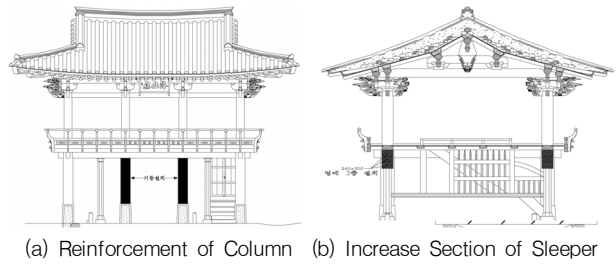


Fig. 2 Method of Displacement Control in Sleeper

95), 배면에서 최대 45mm(1/142) 정도 발생하여 휨 처짐 변형을 나타내고 있다.

## 2.2 휨 부재의 구조적 처짐 제어 방안

명에는 구조적으로 힘의 전달 특성에 따라 휨 처짐을 제어하기 위해서는 Fig. 2 (a)와 같이 구조적 측면에서 2층 기둥의 하부에 기둥을 신설하거나 (b)와 같이 명에의 단면을 증대 또는 증설하는 근본적인 여러 방안을 강구해야 한다. 그러나 문화재 수리 표준시방서의 기존의 양식 유지 원칙에 위반되기 때문에 신재를 사용함에 있어서도 노출되는 공법은 적용하지 못한다.

## 3. 실험

### 3.1 실험체 재료

전통 목구조의 사용 재료와 구조적 특성에 따라 명에 부재에 대해 재료실험과 부재실험을 실시한다.

재료실험은 부재실험체를 제작하는 목재에 대해 휨실험, 전단실험, 압축실험, 인장실험을 실시하여 목재의 물리적 성질을 파악한다.

실제 구조물의 정량적인 구조적 거동을 평가하기 위해서는 실제와 동일한 수종(樹種) 및 수령(樹齡)의 부재를 통해 실험하는 것이 가장 바람직한 접근으로 볼 수 있다. 그러나 문화재로 지정되어 사용 중인 부재에 대해 직접 실험을 하는 것은 현실적으로 불가능하므로 소나무과의 새로운 목재의 강도 및 역학적인 성질을 파악하고 허용응력과 비교하여 구조적 실험을 한다.

명에 부재실험에 사용된 목재에 대해 재료실험을 통해 얻어진 목재의 강도는 Table 1과 같다. 구조실험에 사용된 목재는 Table 2의 건축구조설계기준(KBC 2005)의 허용응력과 비교할 때, 소나무 1등급 이상의 구조부재로 평가되어 실험체의 부재로 사용한다.

보강재는 H사에서 생산되는 탄소섬유막대를 사용하며 물리적 특성은 Table 3과 같다. 탄소섬유막대 전용 에폭시 및 프라이머의 물리적 특성은 Table 4, Table 5와 같다.

Table 1 Wood Material Test Result

구분	압축강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	휨강도 (MPa)	전단강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	함수율 (%)
소나무	20.52	23.73	40.58	5.08	$10.0 \times 10^3$	14.66

Table 2 Allowable Stress of Structural Member

구분	압축강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	휨강도 (MPa)	전단강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	함수율 (%)	
소나무	1등급	7.5	5.0	7.5	0.5	$10.0 \times 10^3$	15% 이하
	2등급	4.5	3.5	6.0	0.5	$9.0 \times 10^3$	

Table 3 Physical Properties of Carbon Fiber Bar

종류	단면 및 제원 (b×d×l, mm)		인장강도 (MPa)	휨탄성계수 (MPa)
매입형 탄소섬유 막대	A형	4×10×2,800	2,429	$1.53 \times 10^5$
	B형	15×6×2,800		
	C형	25×7×2,800		

Table 4 Physical Properties of Speciality Epoxy CFB

종류	부착강도 (MPa)	압축강도 (MPa)	굴곡강도 (MPa)	샤르피충격강도 (MPa)
CE-33	4.5	106	64.6	0.43

Table 5 Property of Speciality Epoxy CFB

종류	점도 (23℃CCP)	비중	가사시간 (hr.)	고착건조시간 (min.)	고형분 (%)
CE-33P	주제	120	8	40	48
	경화제	40			
	혼합	70			

### 3.2 실험 개요

강선루 정면 열 멩에의 단면(300mm(b)×240mm(h))와 배면 열 멩에의 단면(300mm(b)×300mm(h))을 기준으로 동일한 단면을 부재실험체의 단면으로 결정한다. 부재 실험체는 허용응력설계법(ASD)으로 동일하게 설계한다.

멍에 실험체의 크기는 Fig. 3과 같이 300mm(b)×240(300)mm(h)×3,600mm(L)로 제작한다. 멩에 실험체는 Table 6의 변수에 따라 휨부재에서 인장역인 중앙부 하부를 Fig. 4와 같이 홈파기 하여 탄소섬유막대를 매입하여 보강한다.

멍에 실험체의 제작은 광주시에 소재한 OO목재에서 소요단면의 산정이 가능한 직경의 소나무 원목에서 제재(製材)하여, 전통 문화재 전문 목수가 부재의 표면을 대패질하고 보강 홈파기 작업을 실시한다.

멍에 실험체의 보강은 탄소섬유막대의 종류별 보강재의 수량(2개, 3개)에 따라 홈 깊이는 20mm, 홈 폭은 10~30mm를 파서 에폭시수지로 매입 보강한다.

Table 6 Configuration of Sleeper Specimens

실험체명	단면 (mm)	보강재 종류 (b×d×l, mm)	실험체 수량	비고 (보강재 수량)
Type I	SI-N	무보강	2	기준실험체 I
	SI-C2A	4×10×2,800	2	CFB 2개
	SI-C2B	15×6×2,800	2	
	SI-C2C	25×7×2,800	2	
	SI-C3A	4×10×2,800	2	CFB 3개
	SI-C3B	15×6×2,800	2	
SI-C3C	25×7×2,800	2		
Type II	SII-N	무보강	2	기준실험체 II
	SII-C2A	4×10×2,800	2	CFB 2개
	SII-C2B	15×6×2,800	2	
	SII-C2C	25×7×2,800	2	
	SII-C3A	4×10×2,800	2	CFB 3개
	SII-C3B	15×6×2,800	2	
SII-C3C	25×7×2,800	2		

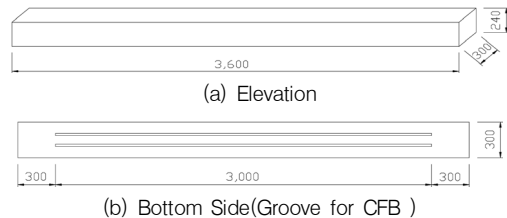


Fig. 3 Elevation of Sleeper Specimen

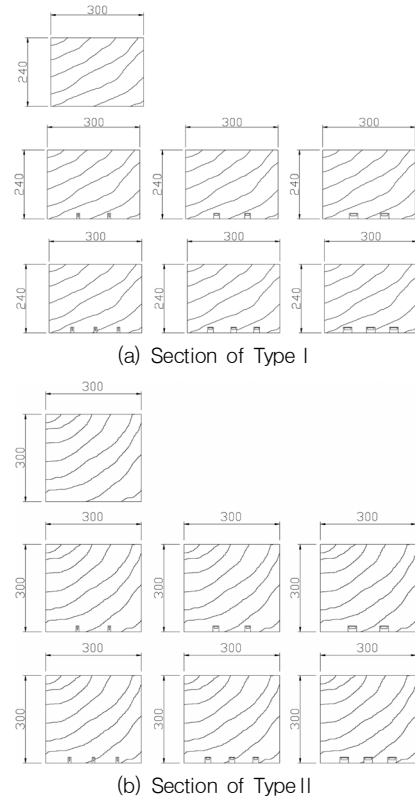


Fig. 4 Details of Sleeper Specimens

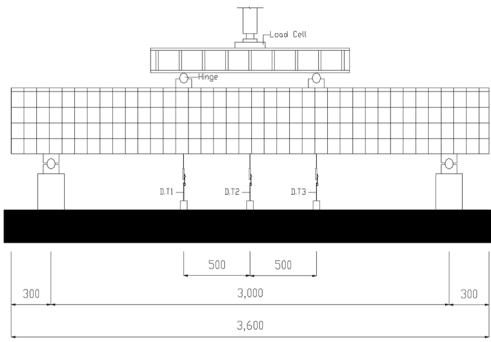
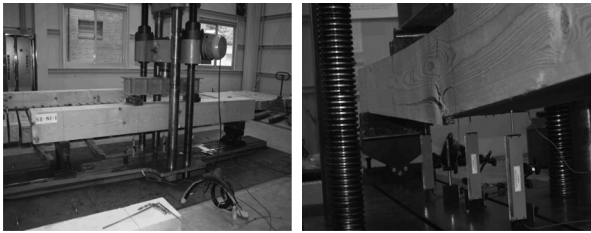


Fig. 5 Loading on the test Specimen



(a) Before Destruction (b) After Destruction

Fig. 6 Testing of flexural Sleeper

천연목재에서 제제한 부재 실험체의 결함에 따라 파괴 내력의 저하에 영향을 미치므로 용이와 심재 및 변재의 단면 등을 조사한다.

### 3.3 실험 방법

멍에 부재실험은 Fig. 5와 같이 만능구조시험기(U.T.M.)에서 단순지지상태로 실험체를 설치하고, 2점의 집중하중을 작용하여 실험체가 완전 휨 파괴 될 때까지 가력 후 최대내력을 결정한다.

변위측정은 최대 휨모멘트 구간에서 3개소에 LVDT(Linear Vertical Displacement Transducer)를 설치하여 가력단계에 따른 실험체의 변위를 측정한다.

## 4. 실험 결과

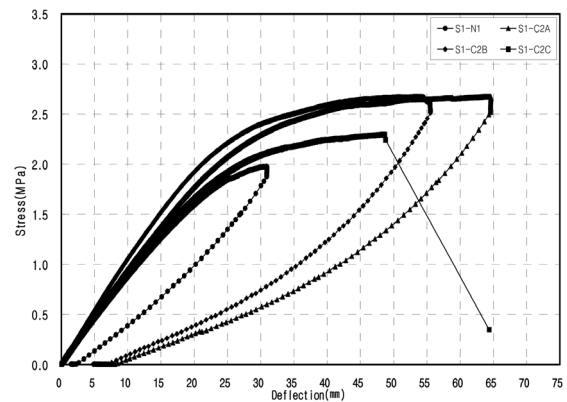
### 4.1 응력-처짐 관계

멍에 부재실험 결과는 실험체 변수별로 평균하여 Table 7에 나타내었고, 실험체 중앙부의 응력-처짐 곡선은 대표적인 실험체의 단면과 보강재의 수량별로 Fig. 7, Fig. 8과 같다. 목재의 항복강도는 항복점이 명확하지 않아 부재실험에서 얻은 응력-처짐에서 탄성역의 초기강성을 연장한 직선과 소성역의 접선이 교차하는 점을 항복강도로 결정한다.

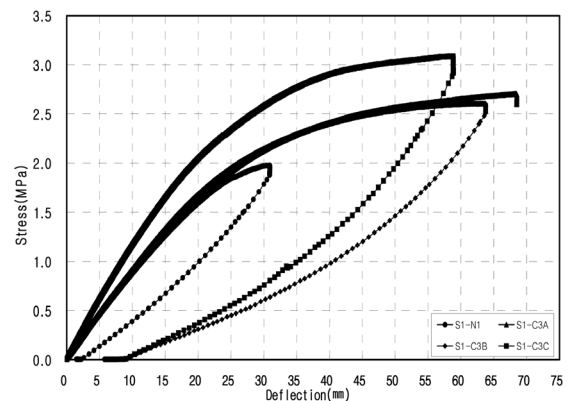
부재실험 결과, Type I에서 무보강 기준실험체와 탄소 섬유막대로 보강한 실험체의 강도를 비교하면, 항복강도

Table 7 Result of Sleeper Bending Test

실험체	평균 항복강도		평균 극한강도		연성 계수 ( $\mu$ )	소성역 강성 (N/mm)
	응력 (MPa)	$\delta y$ (mm)	응력 (MPa)	$\delta u$ (mm)		
S I-N1	1.60	20.17	1.98	30.91	1.53	2.55
S I-C2A	2.20	34.66	2.67	64.22	2.24	0.69
S I-C2B	2.24	25.63	2.67	54.24	2.50	1.04
S I-C2C	1.85	23.53	2.30	48.53	2.19	1.20
S I-C3A	2.02	26.55	2.71	68.42	2.21	1.43
S I-C3B	1.95	23.06	2.48	61.15	2.50	1.10
S I-C3C	2.31	24.14	3.09	58.79	2.29	1.36
S II-N1	1.74	17.58	2.36	34.78	1.98	3.26
S II-C2A	1.50	16.00	1.96	45.50	2.68	1.57
S II-C2B	1.64	25.34	2.24	63.21	2.46	1.67
S II-C2C	2.29	23.62	2.93	55.87	2.43	1.85
S II-C3A	2.02	21.89	2.69	61.46	2.78	1.56
S II-C3B	1.89	21.54	2.48	50.35	2.50	1.88
S II-C3C	1.81	23.30	2.36	50.55	2.42	1.85



(a) Doubly-reinforced Sleeper

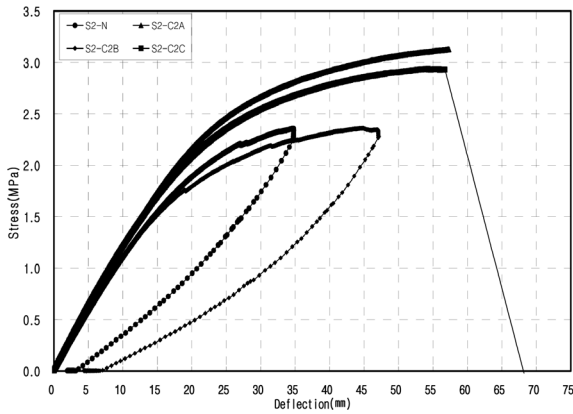


(b) Triply-reinforced Sleeper

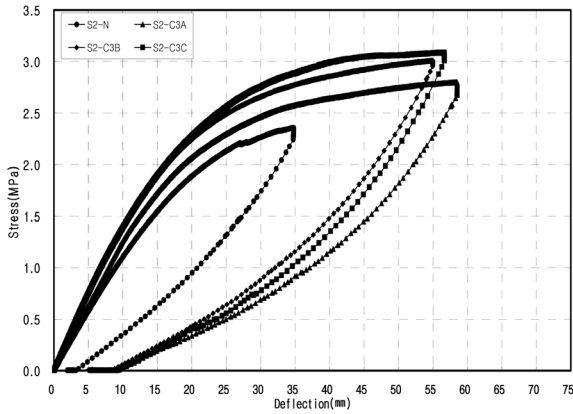
Fig. 7 Stress-Deflection Curve of Type I Specimens

는 6.25% ~ 37.50%, 극한강도는 8.08% ~ 40.90% 증대 되는 것으로 나타났다.

기준실험체의 항복강도는 1.60MPa, 극한강도는 1.98 MPa이고 보강재의 개수가 3개인 실험체의 항복강도는



(a) Doubly-reinforced Sleeper



(b) Triply-reinforced Sleeper

Fig. 8 Stress-Deflection Curve of Type II Specimens

2.31MPa, 극한강도는 3.09 MPa로 12개의 실험체 중에서 가장 높게 나타났다.

Type II에서 무보강 기준실험체와 탄소섬유막대로 보강한 실험체를 비교하면, 항복강도는 10.52% ~ 14.94%, 극한강도는 8.05% ~ 16.50% 증대되는 것으로 나타났다. 기준실험체의 항복강도는 1.74MPa, 극한강도는 2.36MPa 이고, 보강재의 개수가 2개이고 보강재의 단면이 가장 큰 SII-C2C 실험체의 항복강도는 2.29MPa, 극한강도는 2.93MPa로 실험체 중에서 가장 높게 나타났다.

무보강 실험체에 비해 모든 보강실험체는 항복강도 및 극한강도가 증대되었지만 보강재의 단면과 수량에 따른 보강 효과의 차이는 뚜렷하지 않은 것으로 나타났다. 이는 휨부재에서 천연 목재의 결함인 용이의 위치와 상대적으로 강도가 낮은 심재의 단면 등이 휨 강도를 지배하여 보강재의 내력을 완전히 발휘하지 못하는 요인으로 나타났다.

#### 4.2 실험체의 파괴모드

무보강 기준실험체와 탄소섬유막대로 보강한 보강실험체에 대하여 휨 실험 결과, 다음과 같이 파괴모드를 나타



Fig. 9 Failure phenomenon of flexural Specimens

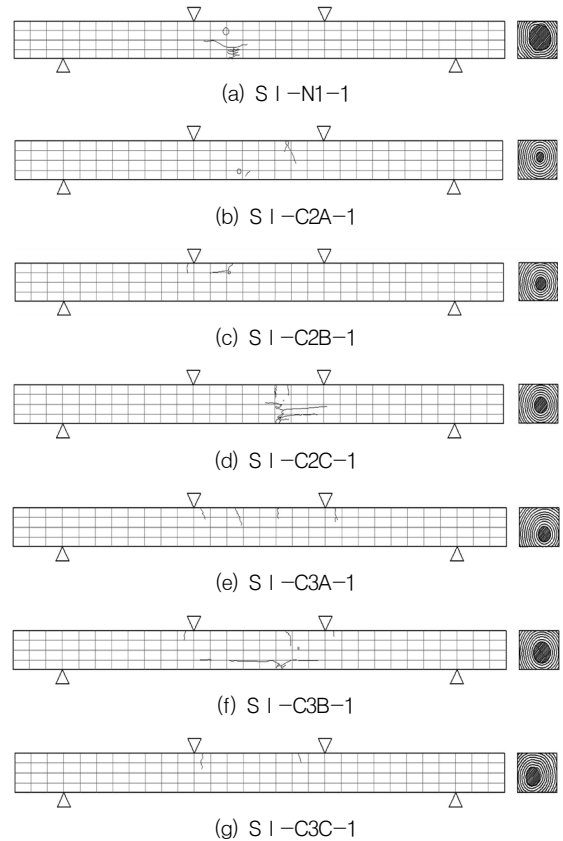


Fig. 10 Failure phenomenon of Type I Specimens

내었다.

##### (1) 기준실험체

① 중앙부 용이 주변 휨균열 및 휨파괴

##### (2) 보강실험체

① 중앙부 용이 주변 휨균열+압축단 균열 압축파괴

② 중앙부 압축단 균열 압축파괴

③ 중앙부 용이 주변 휨균열+압축단 균열+보강재 슬립 및 파단 파괴

천연목재에서 제제한 부재 실험체의 결함인 용이와 심재의 단면 및 위치를 Fig. 10과 Fig. 11에 나타내었다.

휨실험에서 파괴는 상부 가력점 하부 구간에 용이가 위치하거나 심재의 단면이 큰 경우, 심재가 하부에 위치한 경우 보강내력을 발휘하지 못하는 것으로 나타났다.

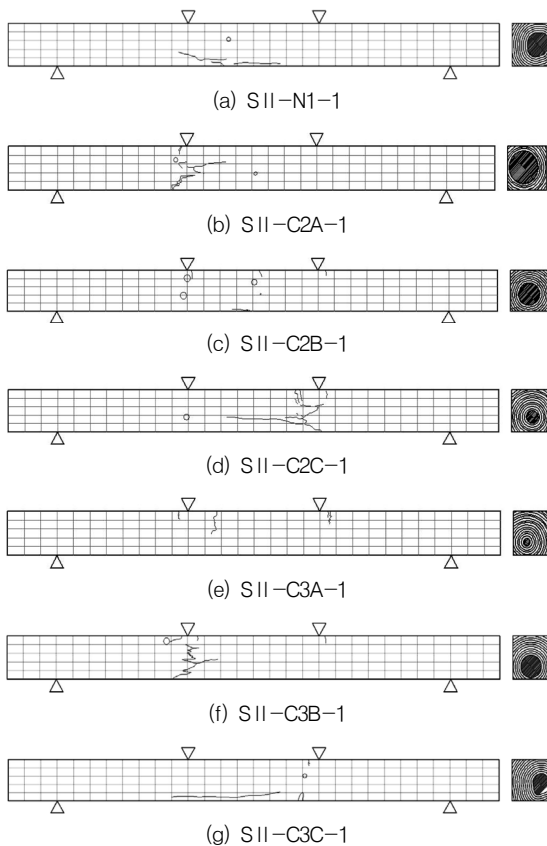


Fig. 11 Failure phenomenon of Type II Specimens

### 4.3 실험체의 연성평가

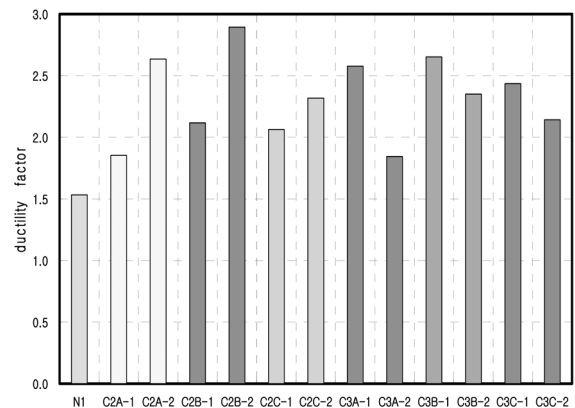
본 연구에서 부재의 연성 평가는 구조물이 견딜 수 있는 극한응력을 더 이상 지지할 수 없을 때 파괴되는 개념에 따라 ACI Committee 363을 적용한다.

$$\mu_u = \delta_u / \delta_y \quad (1)$$

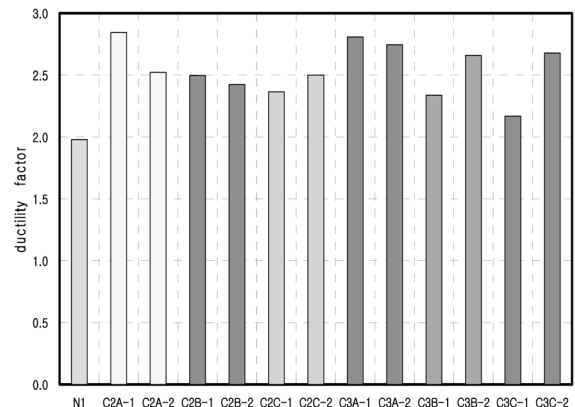
여기서,  $\mu_u$  : 극한응력 시의 연성계수  
 $\delta_u$  : 극한하중 시의 변위(mm)  
 $\delta_y$  : 항복하중 시의 변위(mm)

휨 실험체별 연성계수는 Table 7 및 Fig. 12와 같다. 실험체의 연성계수는 Type I에서 기준실험체는 1.53, 보강재를 2개 보강한 실험체는 2.50, 보강재를 3개 보강한 실험체는 2.50으로 표준형 보강재인 B-Type에서 가장 높은 연성계수를 나타내었다. 보강실험체는 기준실험체보다 평균 1.52배 정도 연성계수가 높은 경향을 나타내어 항복강도 이후 극한응력 시의 처짐이 상대적으로 증대된 것으로 사료된다.

Type II에서 연성계수는 기준실험체에서 1.98, 보강재를 2개 보강한 SII-C2A 실험체에서 2.68, 보강재를 3개 보강한 SII-C3A 실험체에서 2.78로 단면이 가장 작



(a) Type I Sleeper



(b) Type II Sleeper

Fig. 12 Ductility Factor of Specimens

은 보강재인 A-Type에서 가장 높은 연성계수를 나타내었다. 보강실험체는 기준실험체보다 평균 1.29배 정도 연성계수가 높은 경향을 나타내어 항복강도 이후 극한강도 시의 처짐이 상대적으로 증대된 것으로 사료된다.

천연목재의 특성상 휨부재에 인장력이 높은 보강재가 보강됨에 따라 전반적으로 연성계수가 평균 1.22배 내지 1.63배 증가되는 것으로 나타났다.

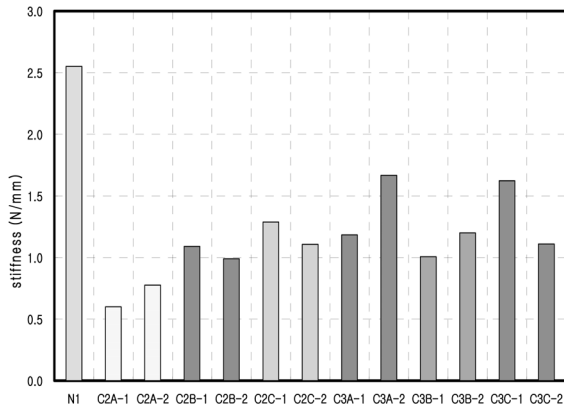
### 4.4 소성역 강성 평가

본 연구에서 부재의 강성 평가는 소성역의 응력-처짐 곡선의 기울기에 따라 소성역 강성을 다음과 같이 정의하며, 소성역 강성은 Table 7 및 Fig. 13과 같다.

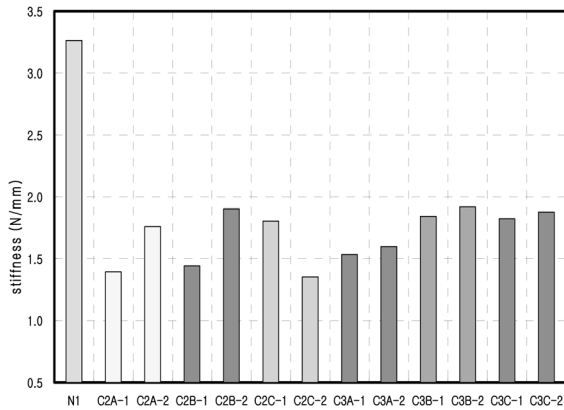
$$K_p = (P_u - P_y) / (\delta_u - \delta_y) \quad (2)$$

여기서,  $P_u$  : 극한하중(N)  
 $P_y$  : 항복하중(N)

Type I 실험체의 소성역 강성( $K_p$ )은 기준실험체에서 2.55N/mm, 보강재를 2개 보강한 SI-C2C 실험체에서 1.20N/mm이고, 보강재를 3개 보강한 SI-C3A 실험체



(a) Type I Sleeper



(b) Type II Sleeper

Fig. 13 Stiffness of Specimens

에서 1.43N/mm로서 보강실험체 중에서 가장 높게 나타났다. Type II 실험체의 소성역 강성은 기준실험체에서 3.26N/mm, 보강재를 2개 보강한 SII-C2C 실험체에서 1.85N/mm이고, 보강재를 3개 보강한 SII-C3B 실험체에서 1.88N/mm로서 보강실험체 중에서 가장 높게 나타났다.

항복강도 이후 강도증대에 비해 처짐은 상대적으로 증대되어 소성역 강성은 0.27 내지 0.58배 저하되는 경향을 나타내었다.

이는 보강재의 휨 저항능력은 항복강도 이후 최대강도까지 강도는 크게 증대되지 않았으나 처짐은 상대적으로 증대되는 거동에 의한 것으로 사료된다. 보강 실험체는 Fig. 7, Fig. 8에서 알 수 있듯이 초기기울기는 증대되었다.

#### 4.5 명에 실험체의 실험값과 이론값 비교

실험체에 사용된 목재의 재료실험에서 얻어진 휨강도를 적용하여 휨 강도식에 근거해 이론적으로 산정한 최대하중과 실험의 최대하중을 비교해 Table 8에 나타내었다.

Table 8 Compared with Sleeper Theoretical Analysis

실험체명	$P_u$ (kN)	$tP_u$ (kN)	$P_u/tP_u$	보강실험체 /기준실험체
SI-N1	142.4	233.2	0.61	1.00
SI-C2A	165.8	233.2	0.71	1.16
SI-C2B	176.0	233.2	0.75	1.24
SI-C2C	153.8	233.2	0.66	1.08
SI-C3A	176.7	233.2	0.76	1.24
SI-C3B	183.1	233.2	0.79	1.29
SI-C3C	200.6	233.2	0.86	1.41
SII-N1	212.3	364.4	0.58	1.00
SII-C2A	229.4	364.4	0.63	1.08
SII-C2B	206.5	364.4	0.57	0.97
SII-C2C	240.4	364.4	0.66	1.13
SII-C3A	247.2	364.4	0.68	1.16
SII-C3B	246.9	364.4	0.68	1.16
SII-C3C	245.4	364.4	0.67	1.16

휨 실험체의 최대하중에 대한 이론값과 실험값을 비교한 결과, 무보강 기준실험체는 39% 내지 42%, 보강실험체에서는 24% 내지 47% 정도 이론값보다 실험값이 모두 낮게 나타났으나 보강실험체는 기준실험체보다 평균 17% 정도 높게 나타났다.

$$Z = \frac{bh^2}{6} = \frac{300 \times 240^2}{6} = 2,880,000mm^3$$

$$M_u = f_b \times Z = 40.5N/mm^2 \times 2,880,000mm^3 = 116,640kN.mm$$

$$tP_u = \frac{6M_u}{l} = \frac{6 \times 116,640kN.mm}{3,000mm} = 233.2kN \quad (3)$$

$$M_u = \frac{\left(\frac{tP_u}{2}\right)l}{3} = \frac{tP_u l}{6}, P_u = 142.4kN$$

$$\therefore \frac{P_u}{tP_u} = \frac{142.4}{233.2} = 0.61$$

여기서,  $P_u$  : 부재실험 최대하중의 실험값(kN)

$tP_u$  : 재료강도 적용 최대하중의 이론값(kN)

휨 실험체에서 항복하중이 이론값보다 낮게 나타난 것은 목재의 특성상 심재와 변재의 강도 차이와 부재의 용이 위치에 따른 휨강도의 저하 등이 요인으로 사료된다.

#### 5. 결론

본 연구는 전통 목구조 건축물에서 명에 부재 휨실험체에 대하여 탄소섬유막대 보강을 통해 다음과 같은 휨 거동 및 보강효과 등의 특성을 파악하였다.

1) 기준실험체는 가력하중 초기부터 하단에서 휨 균열

이 발생하여 파괴되었으나, 보강실험체는 실험체 상부에서 압축에 의한 수축이 발생하여 압괴되거나 보강재의 파단에 의해 파괴되는 것으로 나타났다.

2) 휨 보강 실험체는 기준실험체에 비해 항복강도는 6% ~ 38%, 극한강도는 8% ~ 17% 정도 증대되는 것으로 나타났다. 이는 목재에 보강재의 일체거동에 따른 보강효과인 것으로 사료된다.

3) 보강실험체의 연성계수는 기준실험체에 비해 평균 141% 정도 증가되는 것으로 나타나 구조적 연성 거동을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

4) 목재의 휨 부재는 용이의 위치와 상대적으로 강도가 낮은 심재(心材)의 단면에 따라 휨 강도가 저하되는 요인으로 나타났다. 그러므로 부재 선정 시 심재의 단면과 용이의 위치를 고려하여야 한다.

#### 감사의 글

이 논문은 2008년도 조선대학교 교내연구비 지원에 의해 수행되었으며, 보강재료를 지원하여주신 (주)한보엔지니어링에 감사드립니다.

1. 박광섭외 3인, “합성수지를 이용한 사각단면 목재의 휨 보강 성능에 관한 연구”, 한국구조물진단학회 논문집, 제13권 6호, 2009, pp.106-114.
2. 박학길외 2인, “간벌 소경재를 이용한 집성목재 보의 휨 거동 특성에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 구조계, 제19권 6호, 2003, pp.11-17.
3. 문화재청, 문화재수리표준시방서, 2005, pp.41-43.
4. (사)대한건축학회, 건축구조설계기준 KBC, 2005, pp.499-501.
5. (주)한국구조안전연구원, 선암사 강선루 안전진단 보고서, 2008, pp.58-65.
6. Buchanan, Andrew H., “Bending Strength of Lumber”, ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 116, No.5, 1990, pp.1213-1229.
7. Schobern, K.U., “Experimental Investigations on Flexural Strengthening of Timber Structures with CFRP”, Proceedings of International Symposium on Bond Behaviour of FRP in Structure(BBFS 2005), pp.457-464,

(접수일자 : 2009년 8월 5일)

(1차수정일자 : 2010년 1월 13일)

(심사완료일자 : 2010년 1월 28일)

#### 요 지

본 연구는 루가구의 멩에 실험에서 휨거동 및 보강효과 등의 특성을 파악하였다. 실험 결과, 기준실험체는 가력하중 초기부터 하단에서 휨균열이 발생하여 파괴로 진행되었으나 탄소섬유막대 보강실험체는 실험체 상부에서 압축에 의한 수축현상이 발생하여 압괴되거나 보강재의 파단으로 파괴되어 초기하중부터 보강효과가 발휘되는 것으로 사료된다. 보강실험체는 기준실험체에 비해 항복강도는 6% ~ 38%, 최대강도는 8% ~ 17% 높은 강도를 나타내었다. 탄소섬유막대로 휨 보강한 실험체는 휨처짐 제어의 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 보강실험체의 연성계수는 기준실험체에 비해 평균 141% 정도 증가되는 것으로 나타나 구조적으로 연성 거동을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

**핵심 용어** : 전통 목구조, 멩에 부재, 휨 보강