

# 합성수지를 이용한 원형단면 목재의 압축보강 성능에 관한 실험적 연구

## A Experimental Study on the Compressive Capacity of Circular Section Wood using Synthetic Resins

박성무\*  
Park, Sung-Moo

박광섭\*\*  
Park, Kwang-Seob

강병두\*\*\*  
Kang, Pyeong-Doo

하종한\*\*\*  
Ha, Jong-Han

### 요약

최근 문화유산에 대한 관심이 고조되면서 노후화된 건조물문화재의 보존에 대한 중요성이 대두되고 있다. 건조물문화재의 대부분이 목재를 주재료로 사용하였으며, 이들 건조물문화재의 노후화에 따른 부식 및 손상에 대한 보존수리는 부재자체의 문화재적 가치를 고려하여 원형유지를 기본원칙으로 한다. 이에 따라, 합성수지를 이용한 보존처리방법이 부각되고 있다. 이에 본 논문은 합성수지로 보강한 원형단면 목재의 압축보강 성능에 관한 실험적 연구로서 합성수지의 보강단면적비율, 단면의 보강방향, 보강길이, 합성수지강도를 변수로 하여 총 14개의 시험체를 제작하여 실험하였다. 실험결과 합성수지를 이용하여 적절하게 보강할 경우 신재이상의 보강효과가 있는 것으로 나타났으며 문화재의 보수 및 보강에서 가장 중요한 오센티시티(authenticity)를 확보할 수 있을 것이다.

### Abstract

As interest in latest cultural heritage is increased, an importance about conservation of dilapidated cultural building asset is risen. Most of cultural building asset used wood by main material and conservation repair about corrosion and damage by deterioration of these cultural building asset considers cultural value of member and the basis principle is the archetype maintenance. Accordingly, conservation processing method that use synthetic is embossed. This paper experimented with reinforcement sectional area ratio, direction of section, length, strength of synthetic resins as variable and manufactures total 14 specimens as experimental study about compression reinforcement performance of circular section wood that strengthen by synthetic resins. The result of this paper has shown that adequate strengthen is more efficient than new member and the most important authenticity in strengthen and repair of cultural heritage can be ensured.

키워드 : 문화유산, 보존, 원형단면, 오센티시티

Keywords : Cultural heritage, Conservation, Circular section, Authenticity

## 1. 서론

최근 창덕궁, 종묘, 불국사가 세계문화유산에 등록되는 등 한국의 목조건조물문화재는 국가차원에서의 문화재보호를 떠나 전 인류공통의 문화유산으로서 보존되고 있다.<sup>2)</sup> 목조건조물문화재는 목재자체의 가연

성 및 용이, 엇결 등에 따른 구조적인 결함과 풍화나 부식, 충해로 인한 내구성의 저하, 건조와 함수율 변화에 따른 길이나 부피의 변화 또는 변형 등으로 인해 구조적인 내력이 저하되는 결점을 가지고 있다.<sup>7), 10)</sup> 이러한 부식 및 손상된 부재를 방치하면 전체적인 구조물의 변형으로 인해 큰 위험이 발생하게 된다. 이와 같이 구조적 내력저하가 예상되는 목조건조물문화재는 대규모의 보수가 필요하게 된다. 그러나 문화재의 부재는 각각이 문화재로서의 가치가 있기 때문에, 임의로 교체할 수는 없다. 따라서 부식·손상된 부재를 교체하지 않고, 신재이상의 효과를 내는 방법을 모색

\* 정회원 · 영남대학교 교수  
Tel: 053-810-2428 Fax:053-815-15661  
E-mail : smpark@ynu.ac.kr

\*\* 정회원 · 영남대학교 건축학부 박사수료

\*\*\* 정회원 · 경남도립거창대학 교수

\*\*\* 정회원 · 경남도립거창대학 교수

하는 것이 문화재의 오센티시티(authenticity) 측면에서 대단히 중요하다.<sup>5), 8), 11)</sup>

목조건조물문화재의 대표적인 보존처리는 물리적·화학적 방법이 결합된 합성수지처리로 노후화·부패·충해 등을 입어 부식·손상된 부재의 빈 공간에 에폭시 등을 이용하여 채우거나 균열이 발생된 부재를 보강하기 위해 사용되고 있다. 그러나 합성수지를 이용한 보존처리에 대한 연구는 순수 보존을 위한 과학적 측면의 연구가 주를 이루고 있으며, 시공 및 구조적인 관점과 관련하여 연구된 것은 극히 드물다. 특히 구조적으로 부족한 내력증진을 위하여 합성수지를 사용한 보수 및 보강에 관한 연구는 거의 행해되고 있지 않다.<sup>1), 4), 6), 9)</sup>

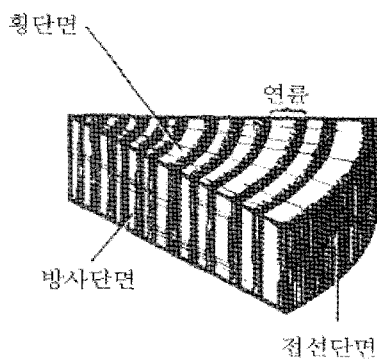
이에 본 연구는 목조건조물문화재의 압축 부재의 부식과 노후화에 따른 여러 변수를 분석하고, 그 변수에 따라 합성수지로 보강한 원형 단면 목재의 압축 실험을 수행하여 보수 및 보강 방법의 범위와 위치에 따른 적용 가능성 및 보강효과를 연구하여 목조건조물문화재의 보존 및 보수 및 보강에 대한 근거자료를 확보하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 사용재료 및 시험체 제작

#### 2.1.1 목재의 물성

시험체 제작에 사용된 목재는 구조재에 적합한 함수율 10% 내외의 국내산 적송을 사용하였으며, 재료적 특성은 <표 1>과 같다. 또한 목재의 3단면은 <그림 1>과 같다.<sup>3)</sup>



<그림 1> 목재의 주요 3단면

<표 1> 목재의 재료적 특성

측정항목	결과 값	시험방법
함수율(%)	10	KS F 2199 : 2001
휨강도(N/mm <sup>2</sup> )	48.8	KS F 2208 : 2004
휨탄성계수(N/mm <sup>2</sup> )	4086	KS F 2208 : 2004
압축강도(N/mm <sup>2</sup> )	36.6	KS F 2206 : 2004
인장강도(N/mm <sup>2</sup> )	419	KS F 2207 : 2004

#### 2.1.2 합성수지 보강재

본 실험에서 보강재로 사용된 합성수지는 국내 A사의 제품으로서 일반적으로 목재의 보수 및 보강에 사용되고 있다. 합성수지의 성분 및 재료적 특성은 <표 2>와 <표 3>에서 나타내고 있다.

<표 2> 합성수지의 성분

성분	품명	혼합비율
주제	Bisphenol A형 Epoxy	19%
	Amorphous Silica	29%
경화제	변성 지방족 Amine	21%
	Glass bubbles	26%
충격완충제	민스파	2.5%
완충제	실리카	2.5%

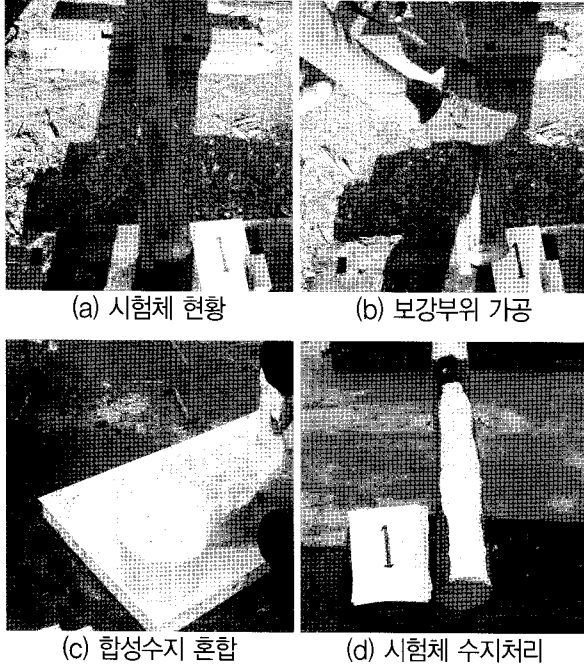
<표 3> 합성수지의 재료적 특성

측정항목	결과 값	시험방법
비중	0.58 - 0.60	KS M 3016 A법:2006
열팽창(1/°C)	4.6×10 <sup>-5</sup>	KS M 3015 A법:2003
굽힘강도(N/mm <sup>2</sup> )	29.4	KS M 3015 A법:2003
듀로미터강도	62 - 63	KS M ISO 868:2006

#### 2.1.3 시험체 제작

본 연구의 시험체는 원형단면 압축부재이다. 목재의 합성수지보강 과정은 목조건조물의 압축 부재에 발생된 부식 및 노후화에 대한 기존 연구의 현황조사 결과를 근거로 산정한 실험변수를 신재에 적용하여 목재의 일부분을 제거하였으며, 합성수지로 보강할 부분에 묻어있는 먼지 및 불순물을 제거하고 접착강화용 수지를 사용하여 목재에 침투처리한 후 합성수지를 충전한다. 이때 합성수지로 보강할 경우 주의할

점은 보존 처리 시 부재가 구조적 안전상 약화되지 않도록 하며, 합성수지가 응고될 때까지 접촉면에 충격을 가하여서는 안 된다. 이에 따라, 합성수지를 이용한 보수 및 보강의 가능성과 범위 그리고 보강위치에 따른 보강 효과를 알아보기 위한 압축 내력 실험을 수행하였으며, 시험체 제작과정은 <사진 1>과 같다.



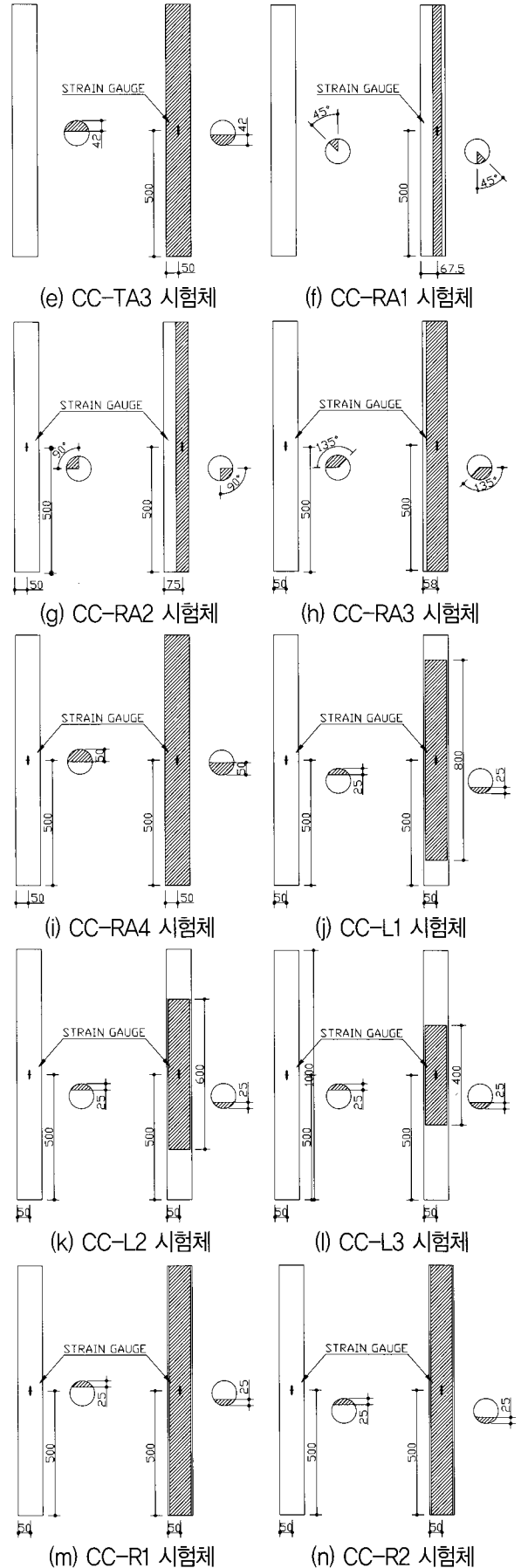
(a) 시험체 현황

(b) 보강부위 가공

(c) 합성수지 혼합

(d) 시험체 수지처리

<사진 1> 시험체 제작과정



(e) CC-TA3 시험체

(f) CC-RA1 시험체

(g) CC-RA2 시험체

(h) CC-RA3 시험체

(i) CC-RA4 시험체

(j) CC-L1 시험체

(k) CC-L2 시험체

(l) CC-L3 시험체

(m) CC-R1 시험체

(n) CC-R2 시험체

(a) CC-B 시험체

(b) CC-S 시험체

(c) CC-TA1 시험체

(d) CC-TA2 시험체

<그림 2> 시험체별 보강상세

### 2.2 실험변수

본 연구의 실험변수는 보강단면적비율, 단면의 보강방향, 보강길이, 합성수지 재료강도로 하였으며, 시험체는 총 14개를 제작하여 실험하였다. <그림 2>(a)~(n)과 같이 단면에 대한 합성수지의 보강 비율, 높이에 대한 보강 길이, 합성수지의 보강 위치 및 합성수지 재료강도에 따라 목재가 손상된 정도와 부위에 따른 합성수지의 적용 가능성 및 보강효과를 비교 및 분석하여 최적의 보강방법을 검토하였다. 시험체에 적용된 변수는 <표 4>와 같다.

<표 4> 시험체명 및 변수

시험체명	적용변수				비고
	접선방향 보강비율 (Ar/Ag)	방사방향 보강비율 (Ar/Ag)	보강 길이 (mm)	합성수지 강도	
CC-B	-	-	-	-	무결손단면
CC-S	19.6%	-	1000	일반	기준
CC-TA1	10.3%	-	1000	일반	-
CC-TA2	30.0%	-	1000	일반	-
CC-TA3	39.9%	-	1000	일반	-
CC-RA1	-	12.5%	1000	일반	-
CC-RA2	-	25.0%	1000	일반	-
CC-RA3	-	37.5%	1000	일반	-
CC-RA4	-	50.0%	1000	일반	-
CC-L1	19.6%	-	800	일반	-
CC-L2	19.6%	-	600	일반	-
CC-L3	19.6%	-	400	일반	-
CC-R1	19.6%	-	1000	고강도	-
CC-R2	19.6%	-	1000	초고강도	-

### 2.3 재하방법 및 측정항목

시험체의 길이는 1000mm이며, 세장비( $\lambda$ )는 40이다. 하중의 가력장치로는 981kN 용량의 유압식 만능재료시험기(U.T.M.)를 사용하였고, 변위(Strok e) 제어방식을 선택하여 0.5mm/min로 가력 하였다. 이때, 단면의 도심에 하중이 작용할 수 있도록 시험체를 설치하여 편심모멘트의 영향을 받지 않고 순수한 압축에 의해 파괴가 일어날 수 있도록 유도하였다. 측정항목은 압축하중, 부재의 길이방향 변위 및 목재와 합성수지의 변형률 그리고 하중 증가에 따른 목재와 합성수지의 상태를 육안으로 관찰하여 전체적인 양상을 기록하였다.

고정된 상부베드 1개소에 변위 측정기(LVDT)를 설치하여 하중의 증가에 따른 부재의 길이방향 변위를 측정하였다. 목재 및 합성수지의 변형률은 시험체 중앙부의 합성수지면에 1개소 또는 목재, 합성수지 양면 2개소에 스트레인 게이지(strain guage)를 부착하여 측정하였으며, 측정된 변형률 값의 변화를 가지고 목재와 합성수지의 일체화 거동에 대한 평가와 부재의 좌굴에 의한 횡변위의 발생을 평가하고자 한다.

실험에서 가력된 압축하중과 변위 측정기의 변위, 목재 및 합성수지의 변형률은 데이터 자료 습득기(TDS-602)를 통하여 습득하였다.

<표 5> 합성수지로 보강한 시험체별 실험결과

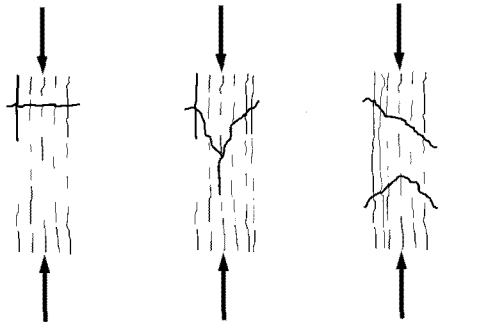
시험체명	항복하중 $P_y$ (kN)	항복변위 $\delta_y$ (mm)	최대하중 $P_{max}$ (kN)	최대변위 $\delta_{max}$ (mm)	항복후 최소하중 $P_{min}$ (kN)	합성수지 최대변형률 $\epsilon_{ce,max}(x10^{-6})$	내력 저하율 $(P_{min}/P_{max})$	탄성 계수 (Mpa)	좌굴 하중 (kN)	초기강성 $K_c = \frac{P_y}{\delta_y}$	소성역강성 $K_o = \frac{P_{max}-P_y}{\delta_{max}-\delta_y}$	파괴 모드
CC-B	162.88	3.86	172.36	4.52	108.62	-	0.63	6953.28	168.27	42.20	14.37	설할형
CC-S	113.25	3.81	166.29	7.46	94.08	38685	0.57	5100.01	123.42	29.72	14.53	압축형
CC-TA1	111.94	3.07	186.73	5.52	105.33	6498	0.56	7170.45	173.52	36.46	30.53	전단형
CC-TA2	105.51	4.35	126.75	8.32	87.20	2665	0.69	4392.45	106.30	24.25	5.35	압축형
CC-TA3	104.88	5.38	129.42	7.71	79.42	9938	0.61	2982.08	72.17	19.49	10.53	전단형
CC-RA1	68.84	2.28	191.49	5.58	60.37	4601	0.32	6711.14	162.41	30.19	37.17	압축형
CC-RA2	130.18	4.37	158.31	7.05	49.37	9398	0.31	4761.33	115.22	29.79	10.49	설할형
CC-RA3	95.92	3.91	145.57	8.01	61.00	4229	0.42	3592.53	86.94	24.53	12.11	전단형
CC-RA4	86.89	5.07	111.50	8.16	26.40	12566	0.24	2649.70	64.12	17.14	7.97	설할형
CC-L1	161.46	3.72	180.85	5.17	61.72	4573	0.34	7348.16	177.82	43.40	13.37	설할형
CC-L2	110.49	4.27	139.55	6.10	33.22	3576	0.24	4137.76	100.13	25.87	15.88	압축형
CC-L3	100.45	4.41	122.13	6.91	39.67	5430	0.32	4070.77	98.54	22.78	8.67	압축형
CC-R1	101.25	3.93	144.80	7.02	37.83	8499	0.26	4261.03	103.12	25.76	14.09	설할형
CC-R2	75.03	3.70	134.95	6.75	40.85	12775	0.30	3592.53	86.94	20.28	19.64	압축형

### 3. 실험결과 및 분석

합성수지를 이용한 목구조물 보수·보강 효과를 알아보기 위한 실험 결과는 <표 5>에 정리하였으며, 탄성계수와 좌굴하중 값은 각각의 시험체별 응력-변형을 곡선의 기울기로 탄성계수값을 측정하여 좌굴하중 값을 추정하였다. 또한 목재의 일반적인 압축파괴양상에 대한 형태는 <그림 3>에 나타내고 있다.

#### 3.1 파괴양상

대부분의 시험체는 초기에 일반적인 압축파괴양상으로 균열이 발생하였으며, 하중이 증가하면서 좌굴에 의한 횡변위에 의해서 파괴되는 양상을 나타냈다. 특히 용이 부분에서 응력집중 현상으로 좌굴을 유발시켜 파괴가 발생되었다. 또한 대부분의 시험체가 프아송 비가 낮은 목재면으로 횡변위가 발생하는 좌굴 현상이 나타났다. 대표적인 파괴 및 균열의 형태는 <사진 2>~<사진 7>과 같다.



<압축형> <설할형> <전단형>

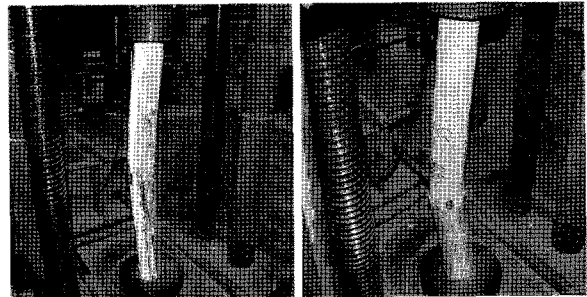
<그림 3> 목재의 일반적인 압축파괴양상



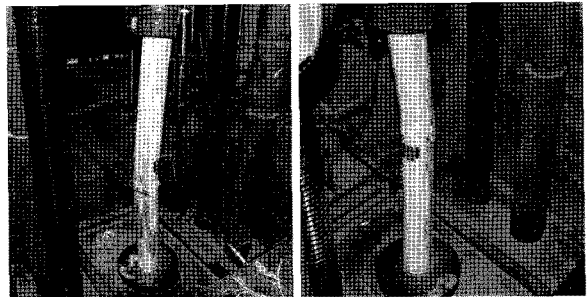
<사진 2> CC-B 파괴양상 <사진 3> CC-S 파괴양상

CC-TA2 시험체의 경우는 다른 시험체와 다르게 합성수지면으로 횡변위가 발생하면서 파괴되는 양상을 나타내었는데, 이것은 하중 재하 초기 목재면의 용

이 부분에 응력집중현상이 발생하여 용이부분 파괴에 따른 파괴양상으로 보여진다.



<사진 4> CC-TA2 파괴양상 <사진 5> CC-RA2 파괴양상



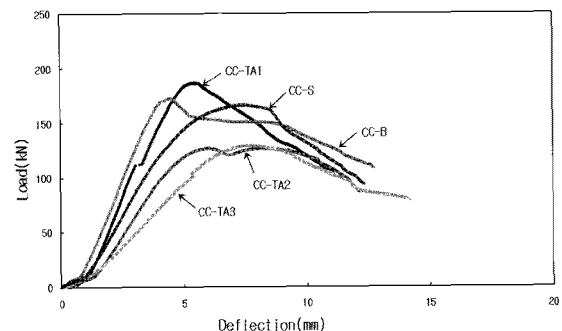
<사진 6> CC-L2 파괴양상 <사진 7> CC-R2 파괴양상

전체적으로 시험체의 파괴 양상이 초기 가력시에는 전형적인 목재의 파괴양상인 압축형, 설할형, 전단형 등의 형태로 파괴되어 대부분의 시험체가 합성수지와 목재가 일체 거동하는 것으로 나타났다.

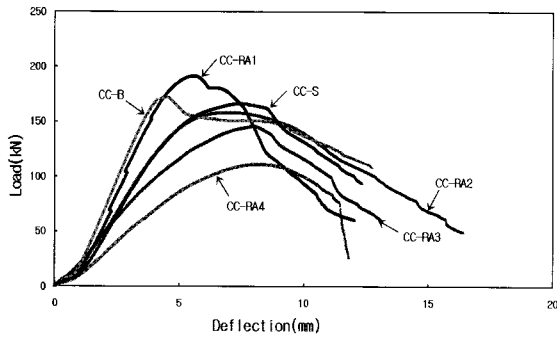
#### 3.2 하중-변위곡선

전체 시험체의 계열별 하중-변위곡선은 아래의 <그림 4>~<그림 7>과 같다.

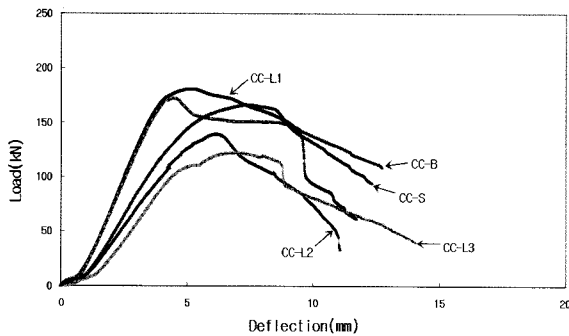
각각의 하중곡선을 살펴보면 일반강도의 합성수지를 사용했을 경우, 적절한 양의 합성수지를 사용하면 신재이상의 압축내력을 가지는 것을 확인할 수 있다. 하지만 보강비율이 일정 비율 이상이 되면 보강 효과는 거의 없는 것으로 나타났다.



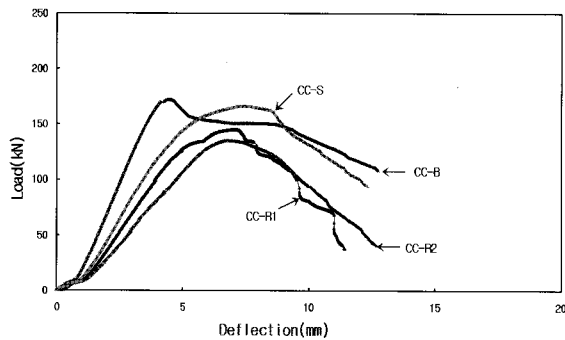
<그림 4> CC-TA 계열 하중-변위 곡선



〈그림 5〉 CC-RA 계열 하중-변위 곡선



〈그림 6〉 CC-L 계열 하중-변위 곡선



〈그림 7〉 CC-R 계열 하중-변위 곡선

접선방향으로 보강한 CC-TA계열의 시험체의 경우 보강면적 비율이 30%, 40%정도인 시험체의 강도는 신재보다 25%, 26% 낮게 나타났다. 방사방향으로 보강한 CC-RA계열의 시험체의 경우 보강면적 비율이 25%, 37.5%, 50%정도일 때 8%, 16%, 35%의 강도감소가 나타났다.

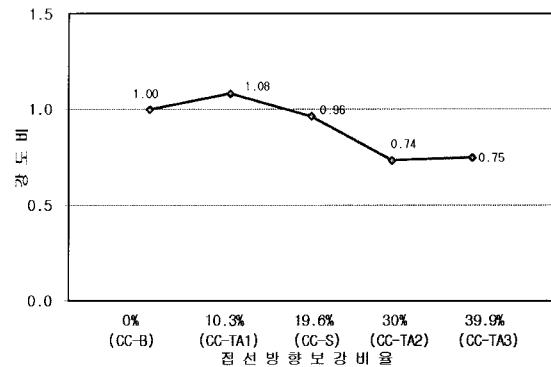
CC-L계열은 길이방향의 보강면적비율이 각각 60%, 40%인 경우는 20%, 30%의 강도감소가 나타났다. CC-R계열은 합성수지의 강도가 클수록 취성적인 파괴를 유발해 일반강도의 합성수지를 사용하는 것보다 낮은 강도에서 파괴가 발생되었다.

### 3.3 합성수지의 보강효과 분석

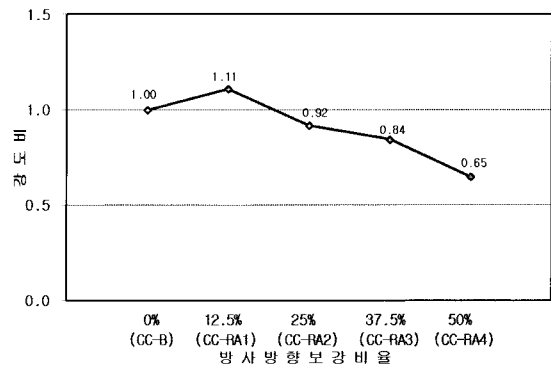
본 연구의 실험 결과에 대한 합성수지의 보강효과에 분석은 다음과 같다.

〈그림 8〉은 접선방향으로 보강된 시험체의 강도비를 나타내고 있다. 접선방향 보강비율이 10.3

%인 CC-TA1시험체의 강도 비가 1.08, 접선방향 보강비율이 19.6%인 CC-S시험체의 강도 비가 0.97로 나타났다. 접선방향으로 보강된 CC-TA계열 시험체의 결과에서 보듯이 접선방향 보강비율이 19.6%이내는 보강효과가 있는 것으로 나타났으나, 30%이상의 경우에는 보강효과가 없는 것으로 나타났다.



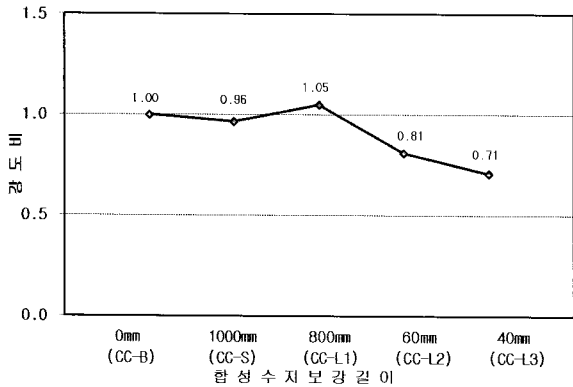
〈그림 8〉 접선방향 보강비율에 따른 강도 비



〈그림 9〉 방사방향 보강비율에 따른 강도 비

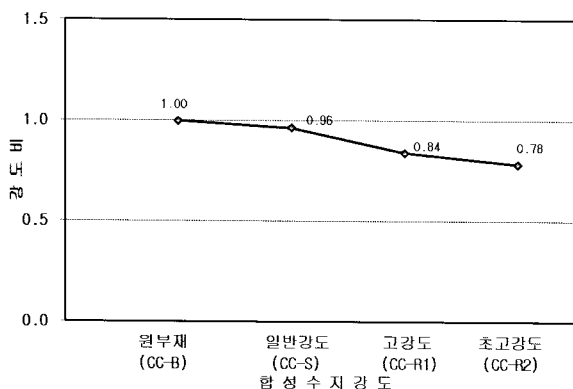
〈그림 9〉은 방사방향으로 보강된 시험체의 강도비를 나타내고 있다. 방사방향 보강비율이 12.5%인 CC-RA1시험체의 강도비가 1.11로 보강나머지 시험체의 경우는 보강효과가 없는 것으로 나타났다. 방사방향으로 보강된 CC-RA계열 시험체의 결과에서 보듯이 방사방향 보강비율이 25%이내의 경우는 보강효과를 나타냈으나, 37.5%이상의 경우에는 보강효과가 없는 것으로 나타났다.

즉, 같은 보강면적인 경우에 <그림 8>과 <그림 9>에서 보듯이 목재 단면의 접선방향보다는 방사방향으로 보강하는 것이 보강효과가 다소 유리한 것으로 사료된다.



<그림 10> 길이방향 보강에 따른 강도 비

<그림 10>는 길이방향으로 보강된 시험체의 강도 비를 나타내고 있다. 길이방향으로의 보강길이가 800mm인 CC-L1시험체의 강도 비가 1.05로 원부재(무결손단면)보다 더 높은 것으로 나타났다. 길이방향으로 보강된 CC-L계열의 시험체는 보강길이가 전 길이의 80%미만이면 보강효과가 없는 것으로 나타났다. 그러나 길이방향으로의 보강길이가 전 길이의 80%이상으로 보강했을 때, 압축강도는 신재보다 높지만 부재의 연성적인 거동의 측면에서 봤을 때는 부재의 전 길이에 걸쳐 보강하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.



<그림 11> 합성수지 재료강도에 따른 강도 비

<그림 11>은 합성수지의 재료강도에 따른 시험체의 강도 비를 나타내고 있다. 보강재인 합성수지의 재료강도가 고강도와 초고강도일 때 원부재(무결손단면)의 압축강도와 비교한 강도 비가 각각 0.84, 0.78로 나타났으며, 합성수지의 재료강도가 높을수록 보

강효과는 낮은 것으로 나타났다.

합성수지를 이용하여 목조건조물문화재를 수리하는 것은 문화재의 원형을 최대한 보존함과 동시에 노후화된 구조부재에 필요한 내력을 향상시킬 수 있을 것으로 평가된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 합성수지를 이용한 목조건조물문화재의 수리를 위한 효과적인 보강방법을 제시하기 위하여 합성수지의 보강단면적, 보강방향, 보강길이, 재료강도를 변화시켜 원형단면을 가진 부재의 압축시험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 접선방향 보강비율이 10.3%인 경우에 1.08, 19.6%인 경우에는 0.97로 보강에 대한 강도 비가 나타났다. 즉 접선방향 보강비율이 19.6%이내에는 보강효과가 있는 것으로 나타났으나, 30%이상의 경우에는 보강효과가 없는 것으로 나타났다.

2) 방사방향 보강비율이 12.5%인 경우에 1.11, 25%인 경우에는 0.92로 보강에 대한 강도 비가 나타났다. 즉 방사방향 보강비율이 25%이내에는 보강효과가 있는 것으로 나타났으나, 37.5%이상의 경우에는 보강효과가 없는 것으로 나타났다.

3) 같은 보강면적인 경우에는 접선방향보다는 방사방향으로 보강하는 것이 보강효과가 효과적인 것으로 나타났다.

4) 보강길이는 800mm인 경우에 강도 비가 1.05로 나타났으며, 보강길이가 전 길이에 80%미만이면 보강효과가 없는 것으로 나타났다. 그러나 부재의 압축강도와 연성거동 등의 모든 측면을 고려할 때, 부재의 전 길이에 대하여 보강하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

5) 합성수지의 강도측면에서는 재료강도는 초고강도 보다는 일반적인 강도가 더 효과적인 것으로 나타났다.

본 연구의 결과를 통하여 볼 때, 목조건조물문화재의 손상된 압축부재를 합성수지를 이용하여 일정 비율이하로 보수 및 보강할 경우 신재로 교체하지 않더라도 구조적인 내력을 충분히 확보할 수 있는 것으로 사료된다.

추후 합성수지를 이용한 목조구조물의 내력증진을 위한 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이며, 정확한 기준 정립 및 자료 구축을 위하여 여러 형태 및 고목에 대한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었습니다. 이에 감사드립니다. (KRF-2008-314-D00458)

### 참고 문헌

1. 김왕직, 조현정, 합성수지를 사용한 목조건조물 문화재 보존처리 사례연구, 건축역사연구, 제15권 1호, 2006, pp.43-57
2. 김왕직, 이상해, 목조 건조물문화재의 보존이론에 관한 연구, 한국건축역사학회, 제11권 3호, 2002, p.33

3. 김현중 외 4명, 목재공학개론, 선진문화사, 2004, pp.183-272
4. 노현균, 최근 발간된 건조물문화재 실측조사 및 수리공사보고서, 건축역사연구, 제25권 1호, 2006, pp.175-183
5. 임만택, 건축문화재의 과학적 복원 및 보존관리 방법, 대한건축학회, Vol.49 No.12, 2005, pp.81-90
6. 이승중, 전통 목조 건축물의 구조적 휨 보강에 관한 연구, 조선대학교 석사논문, 2008, pp.10-25
7. 이화형, 여환명 외 8명, 신고목재물리 및 역학, 향문사, 2008, pp.248-295
8. 전유태, 김병호, 노후 목구조물의 보수대책과 공법, 대한건축학회, 36권 4호, 1992, pp.48-52
9. 조철희, 전통 목구조 건축물의 구조적 보강 특성에 관한 연구, 조선대학교 박사논문, 2009, pp.1-29
10. 차재경, 목재역학, 선진문화사, 2000, pp.237-286
11. 하종한, 전통건축에서 부식목재의 재활용방안에 관한 연구, 경남도립거창대학 논문집, 통권 10호, 2006, pp.1-5

접수일자 : 2009년 7월 6일

심사완료일자 : 2009년 8월 13일

게재확정일자 : 2009년 8월 28일