

# 강박판 및 탄소섬유판으로 전단보강된 철근 콘크리트 보의 거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Behaviors of RC Beams Strengthened  
in Shear by Thin Steel Plate and Carbon Fiber Sheet

최 종수<sup>1)</sup> 이 대형<sup>2)</sup> 손 창호<sup>3)</sup> 정 영수<sup>4)</sup>

Choi, Jong Soo Lee, Dae Hyoung Son Chang Ho Chung, Young Soo

## ABSTRACT

Since the mid of 1970's, the construction of infrastructure has been booming and accelerating to keep up with rapid economic growth. Fast achievement of most construction activities has caused unfavorable effects of civil petitions associated with damages and nuisances due to last hasty works. It is well known that the falling down of Sungsoo bridge and the collapse of Sampoong department and other structures have occurred because of the construction not conforming with the specification, and thereby incurred enormous loss of life and property. Now a days, a periodic inspection and maintenance have been strongly interested on aged RC structures, of which lifetime becomes over 20 years. Due to the underdevelopment of repair and reinforcement technique in the country, most repairing and reinforcing works have been performed on the basis of the guidance of few experienced local company in this field.

## 1. 서론

1970년대 중반 이후의 급속한 경제 성장은 사회 간접 자본 시설의 확충을 가속화 시키었으며 이들의 조기 건설은 많은 부실 공사를 초래함과 동시에 민원 발생이라는 부작용을 점차 확대시키었다. 이로 인하여, 최근에는 성수 대교의 붕괴, 삼풍 백화점

의 붕괴등 너무나 당혹스런 인재로 인한 엄청난 인명 및 재산상의 손실을 가져왔다. 이로 인하여 당시에 건설된 각종의 구조물의 수명이 20여년이 지나는 시점인 최근에는 유지 관리에 대한 관심을 더 한층 고조시키고 있다. 특히, 철근 콘크리트 구조물은 여러 가지 요인에 의하여 시간이 경과하면서 구조물의 사용성 및 내구성의 저하를 초래하므로 적절한 시기에 보수·보강이 절대적으로 요구되고 있지만 보수·보강에 관련된 기술개발의 부족으로 현재 국내에서 수행되고 있는 보수·보강공

- 1) 중앙대학교 건설대학원 석사과정
- 2) 중앙대학교 일반대학원 박사과정
- 3) 중앙대학교 일반대학원 석사과정
- 4) 중앙대학교 건설대학 부교수

사의 대부분은 특별한 규정이 없는 상태에서 보수·보강업체의 추천과 경험에 의해서 수행되고 있는 실정이다. 본 연구는 위험하고 신속하게 진행되는 파괴 형태의 하나인 사인장전단파괴의 가능성이 있는 철근 콘크리트 구조물의 파괴를 사전에 방지하여 구조물의 내구성을 연장하고자 다음과 같은 보시험체에 대해서 정적하중에서의 보의 전단 거동에 대한 실험을 수행하고자 한다.

- 1) 보강 없는 깊은 보 시험체
- 2) 강박 판으로 보강된 깊은 보 시험체
- 3) 탄소 섬유 판으로 보강된 깊은 보 시험체

본 연구의 수행방법은 보강판의 종류에 따른 실험변수에 대한 보의 전단거동을 평가하기 위하여 약  $140\text{kg/cm}^2$  정도의 압축강도를 갖는 9개의 철근 콘크리트의 깊은 보를 제작하여, 각각의 실험변수 및 하중의 작용 위치에 따른 보의 거동 및 보에 발생하는 균열의 형태 등을 실험적으로 연구 규명하고자 하는 것이다. 본 연구가 완료되면 다음과 같은 기대효과가 예상된다.

- 1) 철근 콘크리트 깊은 보의 전단거동 특성파악
- 2) 보강재료의 역학적 거동 파악
- 3) 보수·보강방안 제시

## 2. 연구의 내용 및 범위

### 2. 1 깊은 보의 제작

에폭시 접착 강박판 및 탄소섬유판으로 전단보강된 깊은 보의 역학적 거동은 서로 달라진다. 보강재료 및 재하위치 등의 실험변수에 대하여 깊은 보의 역학적 거동 및 발생한 균열의 형태 등을 파

악하기 위하여 9개의 깊은 보 실험체를 제작하였다. 제작된 깊은 보의 치수와 단면은 그림 1과 같다.

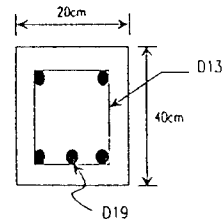
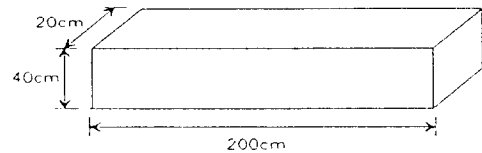


그림 1. 깊은 보의 상세

한편, 깊은 보의 제작에 사용된 콘크리트의 압축강도의 실험을 7일, 14일, 28일에 각각 실시하였으며 결과는 다음표 1과 같다.

표 1. 콘크리트의 압축강도

구분	7일 강도 ( $\text{kg/cm}^2$ )	14일 강도 ( $\text{kg/cm}^2$ )	28일 강도 ( $\text{kg/cm}^2$ )	비고
1	110.35	144.87	152.23	
2	113.75	134.68	127.89	
3	108.65	138.65	140.91	
평균	110.92	139.4	140.34	

또한, 콘크리트의 반죽질기를 측정하기 위하여 슬럼프 시험을 실시하였으며

그 결과는 15cm 정도로 나타났다.

## 2. 2 Strain 및 Dial Gage의 부착

실험을 수행할 동안 콘크리트 및 스티럽철근의 전단거동 및 휨 철근의 휨 거동을 파악하기 위하여 아래의 그림과 같이 Strain Gage를 부착하였으며 Displacement Transducer를 사용하여 보강재료의 전단거동에 대한 보강효과를 파악하고자 한다. 사용된 Strain Gage의 특성은 다음표2.와 같으며 Tokyo Sokki Kenkyujo사의 제품을 사용하였다.

표 2. Strain Gauge의 특성

구분	규격(mm)		저항 ( $\Omega$ )	Gauge Factor	사용 온도범위
	길이	두께			
FLA -30	30	2	120 $\pm$ 0.3	2.1	-30 $^{\circ}$ C - 80 $^{\circ}$ C

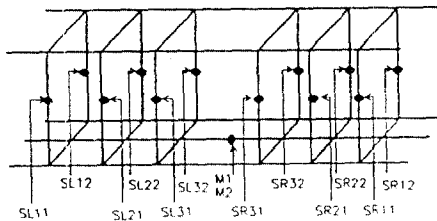


그림 2. Strain Gage부착 위치도

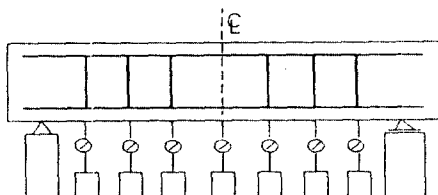


그림 3. Dial Gage부착 2위치도

## 2. 3 강박판 및 탄소섬유쉬트의 보강

본 연구에서는 모두 9개의 깊은 보를 제작하였으며 각각 하중 재하의 형태에 따른 3개씩의 깊은 보를 강박판과 탄소섬유쉬트로 보강을 하였으며 강박판 및 탄소섬유 쉬트의 보강 순서는 다음과 같다.

### ☞ 강박판의 보강

- ① 철근콘크리트보와 강판의 표면을 그라인딩하여 불순물을 제거하고 에어콤프레셔를 이용하여 표면을 깨끗이 청소한다.
- ② 에폭시의 두께를 일정하게 유지하기 위하여 스페이서 설치.
- ③ 에폭시주입을 위해 에폭시제 실링제를 이용하여 강판과 콘크리트의 경계면을 실링하고 접합면의 경계에는 에폭시 주입구(와셔)를 일정 간격으로 부착하고 실링 한다.
- ④ 실링제가 충분히 경화될 수 있도록 실내의 양생온도를 13 $^{\circ}$ C 이상이 되도록 하여 1일간 양생한 후 에폭시주입용건을 이용하여 에폭시를 주입한다. 이때 에폭시의 접착력을 크게 저하시킬 수 있는 기포가 생기지 않도록 한다.

### ☞ 탄소섬유 쉬트의 보강

- ① 철근콘크리트보의 표면을 그라인딩하여 불순물을 제거하고 에어콤프레셔를 이용하여 표면을 깨끗이 청소하여 접착면을 평활하게 한다.
- ② 콘크리트 피복보호를 위하여

프라이머를 먼저 도포하여 완전히 건조한 후 에폭시 계통의 접착 수지를 바른다. 에폭시를 바를 때에는 브러쉬를 사용하고 에폭시의 두께를 일정하게 한다.

③ 에폭시 도장이 끝난 직후 바로 탄소섬유쉬트를 섬유방향이 부재축 방향과 평행하도록 접착면에 놓아 콘크리트-탄소섬유쉬트를 접착시킴.

④ 접착완료된 탄소섬유쉬트 표면에 다시 에폭시를 도포 하여 탄소섬유가 완전히 접착되도록 한다.

보강에 이용된 에폭시, 강판, 탄소섬유쉬트의 물리적 특성은 다음과 같다.

표 3. 에폭시 수지의 물성

단위 :  $kg/cm^2$

종류	인장강도	압축강도	휨강도	인장전단강도	탄성계수
EPX-3W	200 이상	700 이상	400이상	150이상	10000 이상
EPX-3AW	180 이상	650 이상	360이상	130이상	9000 이상

표 4. 강판의 기계적 성질

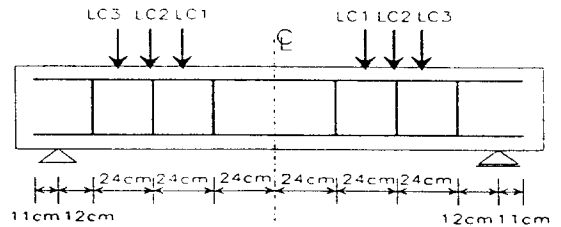
호칭	항복강도 ( $kg/cm^2$ )	인장강도 ( $kg/cm^2$ )	탄성계수 ( $kg/cm^2$ )
PL-2.3	2380	3400	$1.8 \times 10^6$

표 5. 탄소섬유쉬트의 역학적 성질

단위 비중 ( $g/cm^3$ )	두께 (mm)	인장강도 ( $kg/cm^2$ )	탄성계수 ( $kg/cm^2$ )	파괴시 신장율 (%)
1.60	0.10	340	$2.35 \times 10^6$	1.5

## 2. 4 하중재하실험

보강되지 않은 깊은 보의 공칭강도의 75%까지 가력하여 균열을 발생시킬때까지의 깊은 보의 전단거동을 파악한 후 보강된 깊은 보를 같은재하조건으로 가력하면서 전단보강 효과를 각각 파악하고자 하며 재하조건은 다음 그림 4.와 같이 하중 재하의 조건을 3가지의 경우로 나누어 정적 하중을 재하를 하고 보의 파괴형태를 정확히 파악하고자 재하의 속도를 일정하게 유지하도록 한다.



※ LC 1 → 하중조건 1  
 LC 2 → 하중조건 2  
 LC 3 → 하중조건 3

그림 4. 각 하중의 재하위치

## 3. 연구 수행 결과

본 실험의 수행으로 사인장 전단파괴의 가능성이 있는 노후화된 철근 콘크리트 구조물의 전단보강된 보의 거동 및 균열의 형태등에 대한 실험적인 규명을 하고자 한다. 본 연구의 마지막 단계인 재하실험을 통하여 다음과 같은 결과를 얻고자 한다.

① Strain Gauge의 응답값을 이용하여

- 주철근 및 스티럽에 일어나는 응력
- ② 각 Dial Gauge의 응답값을 통하여 깊은 보의 처짐을 계산
  - ③ 에폭시 접착 강박판 및 탄소섬유판의 보강효과에 따른 비보강 깊은 보와의 응력 및 처짐값의 차이와 효과
  - ④ 최대하중, 균열진행상황, 변형도, 파괴형상 등의 고찰.
  - ⑤ 하중증가에 따른 처짐량의 계산.
  - ⑥ 하중증가에 따른 균열폭의 계산.
  - ⑦ 하중 - 변형도의 특성.
  - ⑧ 콘크리트-철근-보강재의 변형도 분포.
  - ⑨ 보강된 구조물의 예상 최대하중의 산출.
  - ⑩ 강판 단부파괴를 방지하기 위한 최소보강길이의 산출.

- Thomas Le-Wu Lu, and Guy M. Connelly: External Reinforcement of Concrete Beams Using Fiber Reinforced Plastics, ACI Journal, July-August, 1991, pp. 490-500
7. Swamy R. N., Johns R. and Charif A. : The Effect of External Plate Reinforcement on the Strengthening of Structurally Damaged RC Beams, The Structurally Engineer, Vol. 66, March 1988, pp. 85-94

#### 4. 참고문헌

1. 숭실대학교 생산기술연구소(1994). “에폭시 접착 강판보강 철근콘크리트 보의 역학적 거동에 관한 연구”
2. SCM - 16(1987). “Repair and Rehabilitation of Concrete Structure”
3. T.S BOND 건설공업. “탄소섬유 Sheet 보강공법 기술자료”
4. 건축물의 구조기준등에 관한 규칙, 건설부, 1988
5. 극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조설계기준 및 해설, 건설부, 1990
6. Philip A. Ritchie. David A.