

# GFRP 스티럽으로 보강된 콘크리트 보의 전단성능에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study for Shear-Carrying Capacity of Reinforced Concrete Beam with GFRP Stirrup

심종성\*      오홍섭\*\*      박철우\*\*\*      주민관\*\*\*\*      강태성\*\*\*\*\*  
Sim, Jong Sung    Oh, Hong Seob    Park, Cheol Woo    Ju, Min Kwan    Kang, Tae Sung

### ABSTRACT

Recently, many researches for high-strength and high-durability concrete structure have remarkably been studied by adopting new construction material, fiber reinforced polymer (FRP). In connection with these research trend, the shearing capacity of concrete beams reinforced by GFRP stirrup which is developed in this study was evaluated. Experimental variables are span to depth ratio and spacing of shear reinforcement for test. In the result of test, the crack pattern, failure mode and shear load between shear steel reinforcement specimen and GFRP stirrup reinforcement specimen showed similar structural tendency. Therefore, it was investigated that the adaptability of shear-reinforced concrete structure with GFRP stirrup will be improved with further researches of shear design variables.

### 1. 서론

최근 콘크리트구조물의 고내구성을 보유와 장수명화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 가운데 보다 경량이며 고강도 및 고내구성을 보유한 건설신소재에 대한 연구개발 및 활용이 점차 증가되는 추세이다. 이에 따라 섬유강화 복합신소재(FRP)에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있으며, 현재까지는 FRP 쉬트나 격자망 등을 활용한 구조물의 유지관리 측면의 보수 및 보강에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 하지만 최근에는 기존의 철근을 대체할 수 있는 GFRP 보강근에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 미국 및 캐나다 경우 GFRP 보강근을 활용한 Steel-Free 콘크리트 실구조물에 대한 다양한 설계 및 시공사례 뿐만 아니라 전문시방서로까지 연구가 진행되어 있다.

따라서 본 연구에서는 선진국의 기술사례를 바탕으로 국내에 적용 가능한 GFRP 전단스티럽의 전단 성능 규명을 위해 전단 스패비와 전단스티럽의 간격을 변수로 선정하여 자체개발된 GFRP 전단스티럽으로 보강된 콘크리트 보의 전단 성능을 분석하고자 하였다.

\*정회원, 한양대학교 토목환경공학과 교수

\*\*정회원, 진주산업대학교 토목공학과 교수

\*\*\*정회원, 한양대학교 토목환경공학과 BK21 연구교수

\*\*\*\*정회원, 한양대학교 토목환경공학과 박사과정

\*\*\*\*\*정회원, 한양대학교 토목환경공학과 석사과정

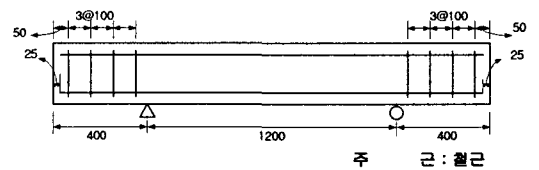
## 2. 구조실험

### 2.1 시험체 제작 및 실험변수

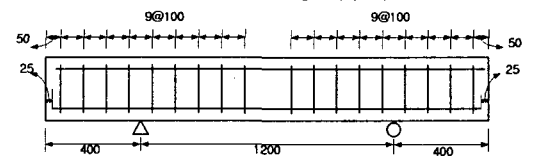
본 연구의 시험체 제작시 사용된 콘크리트는 설계 압축강도 27MPa인 레미콘 제품을 사용하였고, 주보강근의 항복강도가 30MPa인 D10 철근이며 전단보강근으로 사용된 GFRP 보강근은 공칭직경 9mm,이고, 설계인장강도가  $f_u(GFRP) = 650MPa$ 인 제품이다. 전단보강 종류에 따른 전단 보강 효과를 고찰하기 위해 무보강, 전단철근보강, GFRP전단보강을 변수로 선정하였으며, 전단 스펠비(a/d)는 전단 지배적인 경우와 전단과 휨의 복합거동의 경우를 모두 고찰하기 위하여 1.7, 2.0 그리고 2.3의 전단 스펠비를 사용하였다. 또한 GFRP 보강근의 강도가 철근에 비해 고강도인 점을 고려하여 GFRP 전단보강근의 배근간격의 증가에 따른 전단 거동을 분석하고자 각각 100mm와 200mm의 배근간격을 변수로 선정하였다. 표.2.1과 그림.2.1은 시험 변수와 시험체 변수를 나타낸다.

표 2.1 전단 보강시험체 종류 및 제작 변수

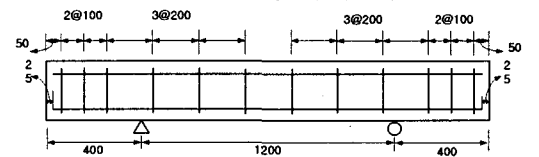
시험체명	a/d	전단보강 간격(mm)	전단보강 종류
S1.7-CON (NONE)	1.7	-	무보강
S1.7-CON		100	철근보강
S1.7-100		100	GFRP보강
S1.7-200		200	GFRP보강
S2.0-CON (NONE)	2.0	-	무보강
S2.0-CON		100	철근보강
S2.0-100		100	GFRP보강
S2.0-200		200	GFRP보강
S2.3-CON (NONE)	2.3	-	무보강
S2.3-CON		100	철근보강
S2.3-100		100	GFRP보강
S2.3-200		200	GFRP보강



(a) 전단 무보강 시험체



(b) 철근 및 GFRP 전단보강시험체(보강간격 100mm)



(d) GFRP 전단보강시험체(보강간격 200mm)

그림 2.1 전단보강근의 배치

### 2.2 실험 방법

시험체는 순지간 1,200mm의 단순보 형식으로 거치되었으며, 4점 재하방식으로 1mm/min의 변위제어를 실시하였다. 가력기의 위치, 가력방향, 지지점과 가력점의 위치 및 방향은 그림 2.2에 나타나 있다. 중앙부 변위계측은 100mm 용량의 변위계(LVDT)를 사용하였으며, 보의 인장 보강근의 중앙부에 철근게이지를 부착하여 인장보강근의 항복을 측정하였으며 보의 상단 중앙부에 콘크리트 게이지를 부착하여 콘크리트 압축부의 변형률을 측정하였다. 그림 2.2는 시험개요를 나타내며 그림 2.3은 전단 스펠비의 변화에 따른 가력방향, 지지점과 가력점의 위치와 방향을 나타낸다.

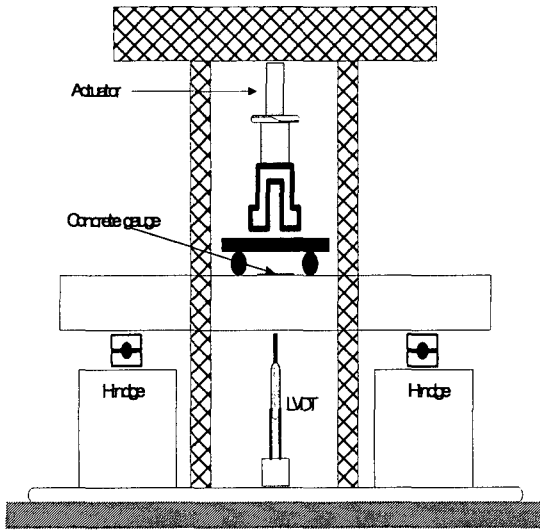


그림. 2.2 시험 개요도

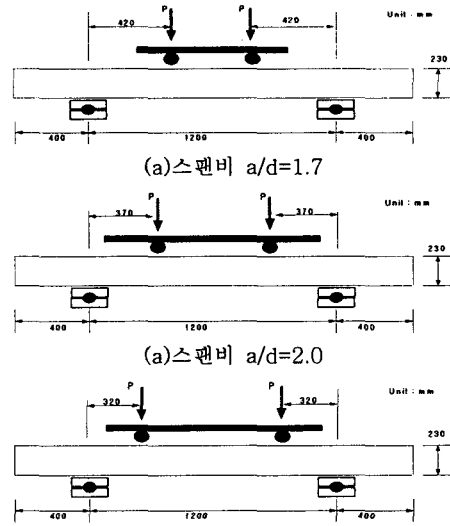


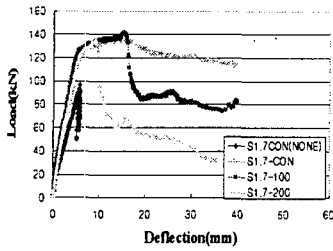
그림 2.3 가력점의 위치

### 2.3 실험결과 분석

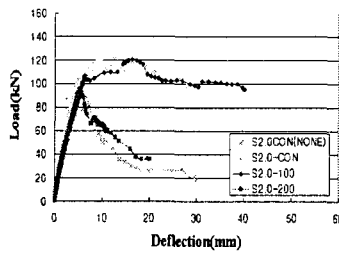
실험 결과, 전단스팬비(a/d)의 증가에 따라 전단파괴하중과 전단파괴각은 감소하는 것으로 나타났다. GFRP 전단보강시험체의 경우 전단철근 보강시험체보다 유사하거나 높은 전단 파괴하중을 보임으로써 GFRP 전단 보강근의 보강성능을 확인하였다. 파괴모드의 경우, 전단스팬비의 증가에 따라 지배적인 파괴거동이 전단파괴에서 전단과 휨을 동반하는 파괴모드로 전이됨을 확인하였으며, 동일방법으로 보강된 시험체들의 경우 전단스팬비의 증가에 따라 전단파괴하중이 감소하는 것으로 나타났다. 반면 전단이 지배적으로 작용하는 전단스팬비 1.7 시험체의 경우 GFRP 전단보강근의 보강성능이 전단철근 보강시험체보다 우수한 것으로 나타났으며 전단스팬비 2.0 및 2.3 시험체의 경우, 전단철근과 거의 유사한 보강성능을 발휘하는 것으로 나타났다. 다음의 표3.1, 그림3.1은 시험변수에 따른 시험 결과와 하중-처짐 곡선을 나타내고 있다.

표 3.1 변수별 실험결과

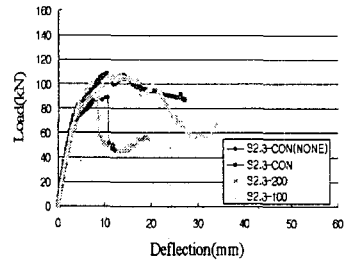
구분		CON(NONE)	CON	S100	S200
S1.7	하중(kN)	96.3	135.9	141.4	135.4
	변위(mm)	5.7	11.6	16.5	9.1
	파괴모드	전단파괴	전단파괴	전단파괴	전단파괴
	전단파괴각	42°	46°	47°	48°
S2.0	하중(kN)	95.2	127	119.8	91.4
	변위(mm)	5.22	13.0	17.5	5.2
	파괴모드	전단파괴	휨/전단파괴	전단파괴	전단파괴
	전단파괴각	37°	-	45°	42°
S2.3	하중(kN)	88.9	107.9	105	91.9
	변위(mm)	10.6	10.4	12.6	8.1
	파괴모드	전단파괴	휨/전단파괴	휨/전단파괴	전단파괴
	전단파괴각	36°	44°	43°	37°



(a) 전단스팬비 1.7



(b) 전단스팬비 2.0



(c) 전단스팬비 2.3

그림 3.2 전단스팬비별 하중-처짐 곡선

### 3. 결론

- (1) 구조실험 결과, 전단철근 보강시험체와 GFRP 스테럽 보강시험체는 서로 유사한 균열 및 파괴거동을 보이는 것으로 나타났다. 또한 두 시험체 모두 전단스팬비의 증가에 따라 전단파괴하중과 전단파괴각은 감소하는 것을 확인할 수 있으며 이는 전단 스패비의 증가에 따라 휨과 전단의 복합작용이 원인인 것으로 판단된다.
- (2) 전단철근 보강시험체와 GFRP 스테럽 보강시험체의 구조거동의 경우, 두 시험체 모두 유사한 전단극한하중을 나타내었다. 다만 전단스팬비 1.7에 경우, 전단철근 보강시험체에 비해 GFRP 스테럽 보강시험체가 극한하중 이후 상대적으로 큰 하중저하 현상을 나타내었는데 이는 전단 위험단면에서의 GFRP 전단보강 스테럽의 부착특성에 기인한 것으로 분석되었다.
- (3) 본 연구결과, GFRP 전단보강근으로 보강된 구조물의 기본적인 설계특성이 분석되었으며 추가적인 전단 설계변수에 대한 해석 및 실험적 연구를 통하여 고내구성이 확보된 GFRP 전단보강 구조물의 설계 및 현장시공이 가능할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 김희규, 신영수, 최완철, 홍기섭, 홍영균, 탄소섬유 및 유리섬유로 보강한 합성보의 내력산정과 보강 효과에 대한연구, 한국콘크리트학회 1997년도 봄 학술발표회 논문집 Vol.9 No.2
2. A. Clader, A.R. Mari, "Shear design procedure for reinforced normal and high-strength concrete beams using artificial neural networks. Part I: beam without stirrups", Engineering Structures 26 (2004) 917~926.
3. A. Clader, A.R. Mari, "Shear design procedure for reinforced normal and high-strength concrete beams using artificial neural networks. Part II: beam without stirrups", Engineering Structures 26 (2004) 927~936.