

GSP로 보강된 RC보의 전단거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Shear Behavior of the RC Beams Strengthened with GSP

장 준 환* 정 진 환** 김 성 도*** 조 백 순**** 허 성 재***** 박 상 태*****
Jang, Jun Hwan Cheung, Jin Hwan Kim, Seong Do Cho, Baik Soon Heo, Seong Jai Park, Sang Tae

ABSTRACT

In recent years, the repair of damaged reinforced concrete members strengthened by the external bonding of fiber-reinforced polymer laminates has received considerable attention. This paper investigates shear capacity of RC beams strengthened in the shear span with the Glass-Fiber and Steel-Composite Plate(GSP) experimentally. There are 2 types of strengthening method by GSP in RC beams. Test results are compared with that of each reference specimen which is not strengthened with GSP.

1. 서론

보강섬유접착공법, 강판접착공법 및 프리스트레싱공법을 이용한 구조물의 보강공법은 우수한 강도와 편리한 보강작업 등으로 인하여 이들의 적용이 확대되고 있다. 이들 공법에서 휨 보강에 대한 연구 사례는 많으며 현재 합리적인 해석 및 설계방법이 발표되고 있다.^{1),2)} 휨과 더불어 구조물의 거동에서 중요한 역할을 하는 전단에 대한 보강방법의 연구도 많이 수행되어 왔으나, 그 역학적 특성을 규명하는데 어려움이 있어 여전히 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.³⁾ 그러므로 전단보강효과에 관한 역학적 특성을 파악하는 것은 실제 적용에 앞서 규명해야 할 시급한 과제이다.

RC보에 대한 보강섬유 전단보강은 일반적으로 보의 측면에 보강섬유를 부착하여 실험하지만, 보강재료의 전단성능이 발휘되기도 전에 조기부착 파괴가 발생된다고 보고되고 있다. 본 연구에서는 연성능력이 뛰어난 강판과 높은 인장강도를 가지는 유리섬유를 합침시킨 GSP(Glass-Fiber and Steel-Composite Plate)를 전단지간에 앵커 및 에폭시 수지로 부착하여서 조기부착파괴를 방지하고 GSP의 전단보강효과를 파악하였다. 또한 GSP의 전단보강효과를 기존 연구결과인 보강섬유접착공법⁴⁾과 강판접착공법⁵⁾의 결과와도 비교·검토하였다.

*정회원, 부산대학교 토목공학과·박사수료

**정회원, 부산대학교 토목공학과 교수

***정회원, 경성대학교 건설환경공학부 교수

****정회원, 인제대학교 토목공학과 교수

*****정회원, 경성대학교 건설환경공학부 석사과정

*****정회원, (주)엠프로 대표이사

2. 실험

2.1 시험체의 제원 및 실험변수

시험체는 단면폭이 20cm, 높이가 40cm, 길이 320cm인 복철근 직사각형보이며, 전단철근 유·무에 따라 2종류로 제작되었다. 인장철근으로는 D29를 2본, 압축철근으로는 D13을 2본 사용했으며, 전단철근으로는 D10을 단부에서 20cm 간격으로 4본 배근 하였다. 시험체의 형상은 그림 1, 2와 같다.

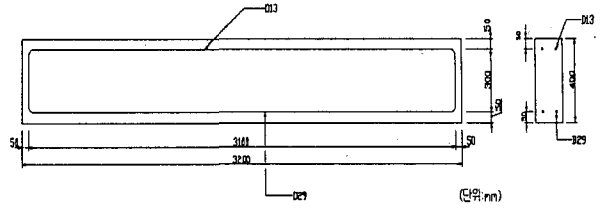


그림 1 시험체 형상 1

본 실험에서 사용된 실험변수는 GSP보강방법에 따라, ① 보의 측면 보강면적을 달리한 방법, ② 보강판과 콘크리트의 접합을 위해 앵커수를 달리한 방법, ③ 유리섬유의 방향을 달리한 접착방법, ④ 유리섬유의 보강두께를 달리한 방법 등이다(표 1).

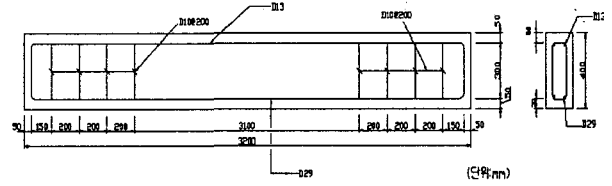


그림 2 시험체 형상 2

표 2 시험체명 및 실험변수

시험체명	유리섬유 접수	보강판의 크기(mm)	보강명	앵커갯수	시험체 갯수	비고
SI(II)-G84-B8-F71(72)	4	750×400	완전보강	8(4*2)	2	
SI(II)-G84-B10-F71(72)	4	750×400	완전보강	10(5*2)	2	
SI(II)-G84-B12-F71(72)	4	750×400	완전보강	12(4*3)	2	
SI(II)-G84-B8-HF32(31)	4	350×400	부분보강	8(4*2)	2	시트가로방향
SI(II)-G84-B8-VF32(31)	4	350×400	부분보강	8(4*2)	2	시트세로방향
SI(II)-G82-B8-S11(12)	2	스트립 간격(10cm)	스트립보강	8(4*2)	2	
SI(II)-G84-B8-S12(11)	3	스트립 간격(10cm)	스트립보강	8(4*2)	2	
SI(II)-G86-B8-S11(11)	6	스트립 간격(10cm)	스트립보강	8(4*2)	2	
SI(II)-G84-B10-S52(52)	4	스트립 간격(5cm)	스트립보강	10(5*2)	2	

※ SI: 전단철근무보강 SII: 전단철근보강 G: 유리섬유접수 B:볼트의 개수 HF,SF: 시트방향
 완전보강 : 전단지간 내를 전면 보강, 부분보강 : 전단지간 내를 두 개의 판으로 나뉘어 보강

2.2 실험개요

100tonf 용량의 Actuator를 사용하여 4점 휨실험을 실시하였다. 그림 3은 시험체의 하중재하 장치와 게이지부착도이다. 단순지지 경계조건을 만족하도록 시험체의 양쪽 단부로부터 각각 10cm씩 떨어진 곳에 강재 볼러를 설치하였고, 시험체의 순지간이 300cm가 되도록 하였다. 작용하중은 Actuator에 부착된 하중계를 통해 측정하였으며, 시험체의 처짐은 보의 중앙하부와 가력지점부에 설치된 변위계를 이용하여 측정하였다. 보의 콘크리트 변형률을 측정하기 위해 보의 상부 중앙에 변형률 게이지를 부착하였고, 보의 측면 복합플레이트의 전단변형률을 측정하기 위해 그림 3에서와 같이 복합플레이트 측면 중앙부의 4개소에 스트레인 로제트를 부착하였다.

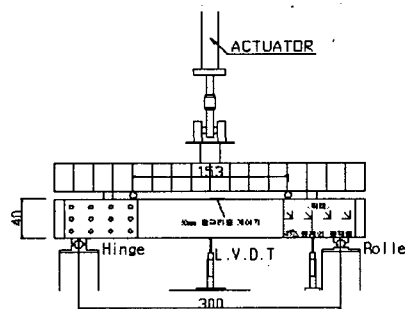


그림 5 게이지 부착도

3. 정적 파괴 실험

복합플레이트로 보강되지 않은 기준 시험체의 하중수준을 알아보기 위해 먼저 기준시험체의 정적파괴실험을 실시하였다. 표 2는 기준시험체의 강도 및 파괴형태를 나타낸다. 이하 전단거동의 파악을 위하여 정적실험과 동일한 방법으로 실험을 수행하였다.

표 3 기준시험체의 강도 및 파괴형태

시험체명	최고강도(kgf)	최대처짐(mm)	파괴형태
SI-CON-2-1 (전단무보강)	17,120	6.99	전단
SII-CON-4 (전단보강)	52,677	13.61	전단

4. 결과 및 고찰

4.1 실험결과

각 시험체에 대한 최대하중, 최대처짐 및 파괴양상은 표 3과 같다. 전단철근이 없는 복합플레이트 보강보의 하중증가는 기준시험체에 비해 2.1배 이상 증가되었으며, 전단철근이 있는 복합플레이트 보강보에서는 기준시험체에 비해 1.2배 이상 증가되는 효과를 보였다.

표 4 보강보의 전단강도 및 파괴양상

시험체명		Pvu (A)(kgf)	최대처짐 (mm)	기준시험체 (B)(kgf)	강도차 (kgf)	증가효과 (A/B)	파괴양상
전단철근 무보강	SI-G84-B8-F71	47,796	18.19	17,120	30,676	2.79	전단
	SI-G84-B10-F71	49,856	19.90	17,120	32,737	2.91	전단
	SI-G84-B12-F71	45,629	19.23	17,120	28,509	2.66	전단
	SI-G84-B8-HF31	36,453	11.22	17,120	19,333	2.13	전단
	SI-G84-B8-VF31	35,894	11.92	17,120	18,774	2.10	전단
	SI-G82-B8-S11	38,653	13.66	17,120	21,978	2.26	전단
	SI-G84-B8-S11	36,294	12.37	17,120	19,876	2.16	전단
	SI-G86-B8-S11	35,856	12.23	17,120	21,533	2.09	전단
SI-G84-B10-S52	39,098	15.87	17,120	18,736	2.28	전단	
전단철근 보강	SII-G84-B8-F72	69,558	18.41	52,678	16,880	1.32	전단
	SII-G84-B10-F72	71,173	20.96	52,678	18,495	1.35	전단
	SII-G84-B12-F72	69,534	18.60	52,678	16,856	1.32	전단
	SII-G84-B8-HF31	70,564	16.62	52,678	17,886	1.34	전단
	SII-G84-B8-VF31	71,946	17.09	52,678	19,268	1.37	전단
	SII-G82-B8-S12	67,333	18.84	52,678	14,655	1.28	전단
	SII-G84-B8-S11	64,107	16.45	52,678	11,542	1.22	전단
	SII-G86-B8-S11	66,069	16.94	52,678	13,391	1.25	전단
SII-G84-B10-S52	64,224	17.45	52,678	11,546	1.22	전단	

그림 4와 그림 5는 전단철근 유·무에 따른 GSP 보강시험체의 하중-처짐선도이다.

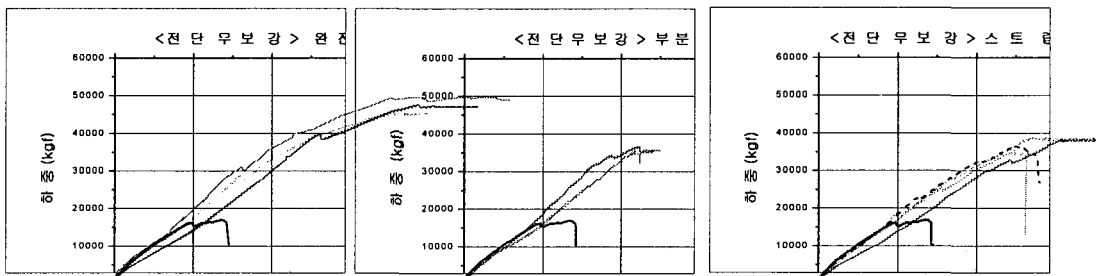


그림 4 전단철근 무보강 시험체의 하중-처짐선도

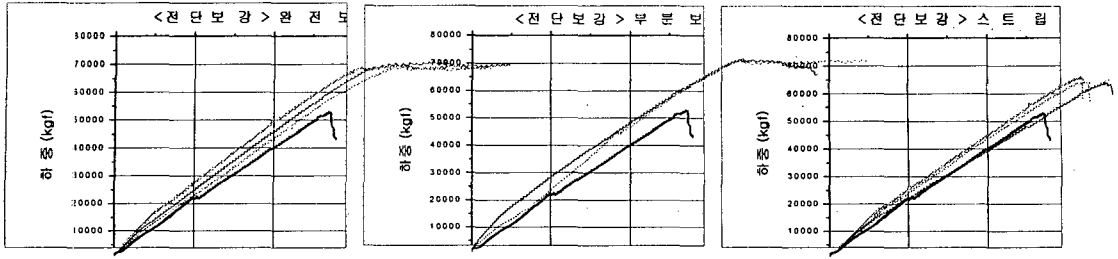


그림 5 전단철근보강 시험체의 하중-처짐선도

4.2 결과비교

GSP 전단보강에 쓰인 재료의 단면 등을 고려하여 기존의 섬유보강 및 강판보강 계산식^{4),5)}에 의해 계산된 전단보강력은 표 4와 같다.

표 4 보강재에 따른 전단보강효과비교(전면보강)

전단보강법	보의 단면조건 (b×h cm)	전단보강력 (tonf)	GSP전단보강력에 대한 비율(%)
GSP보강	20×40	15,338	-
강판보강		11,514	75.07
섬유접착보강(유리섬유)		10,179	66.37

5. 결론

- 1) 전단지간구간을 GSP로 완전보강한 시험체에서 전단보강효과가 가장 크게 나타났으며, 이는 지간내의 전단균열을 충분하게 억제 할 수 있으므로 완전보강방법이 더 효과적이라 판단된다.
- 2) 콘크리트와 보강재의 앵커 개수를 달리 하여 전단거동을 검토하였지만, 이에 따른 전단 보강효과에는 큰 차이가 없었다. 하지만 보강재의 완전부착을 위해 최소 앵커 개수만은 고려해야 할 것으로 판단된다.
- 3) 전단지간 내를 완전보강한 GSP의 실험값과 GSP 보강면의 크기와 두께를 가지는 강판접착 및 유리섬유접착에 의한 계산값^{4),5)}을 비교하였을 때 GSP의 전단보강력이 우수한 것으로 나타났다.
- 4) 전단파괴시 GSP 보강재는 균열없이 콘크리트와 같이 탈락되어, 보강재의 보강효과는 우수한 것으로 판단된다. 다만, 스트립 또는 부분보강시험체는 실험결과 연성구간 없이 갑작스런 파괴가 일어나므로 충분한 전단보강효과를 고려한 후 시공 되어져야 한다.

감사의 글

본 실험적인 연구가 원활하게 수행될 수 있도록 도와주신 (주)엠프로의 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 이우철, 정진환, 김성도, 조백순, "탄소섬유시트 RC보의 공칭 휨모멘트 산정에 대한 실험적 연구", 한국콘크리트학회, 2002년도 가을 학술발표회 논문집, 제14권 2호, pp.587~592
2. Ahmed Khalifa, Antonio Nanni "Rehailitation of rectangular simply supported RC beam with shear deficiencies using CFRP composites", Construction and Builising Materials, 2002. January, pp.135~146
3. 심종성, 오홍섭, 문도형, 박경동, "FRP로 전단보강된 철근콘크리트 보의 전단강도 예측(1)" -전단강도 예측 모델제안-, 2005.06. 콘크리트학회지, Vol.17 No.3 pp.343~351
4. Thanasis C. Triantafillou "Strengthening of Reinforced Concrete Beams Using Epoxy-Bonded FRP Composites" ACI V.95 No.2, March-April 1998. pp.107~115
5. Bimal Babu Adhikary, Hiroshi Mutsuyoshi "Shear strengthening of RC beams with web-bonded continuous steel plates" Construction and Building Materials, Science Direct, 2005.01