

FRP-Rod 와 GSP로 보강된 철근 콘크리트보의 파괴 거동

Fracture behaviors of R/C Beam Strengthened with FRP-Rod and GSP

김충호* 고신웅** 황윤희***
Kim, Chung Ho Ko, Sin Woong Hwang, Yun Hee

ABSTRACT

In this investigation, fracture mechanism of the pre-cracked beams strengthened with FRP-Rod and GSP(Glass Fiber-Steel Plate) were experimentally studied by the repeating load test according to the three different loading speeds. In the experiments, it was identified that pre-crack in the damaged beams led the significant fracture type of the strengthened beams and loading speed did not influence the behaviors of the fractures.

On the other hand, strengthened beams by GSP have more large increasing effects of the strength comparing to beams strengthened with FRP-Rod, but they have a brittle behaviors in fracture.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 철근 콘크리트 구조물의 보강공법으로 각광을 받고 있던 FRP-Sheet 부착공법의 모재와의 부착력 부족 문제로 인하여 이를 보완할 수 있는 새로운 대체 공법의 개발이 요구되고 있다. 이에 강판과 유리섬유의 복합소재인 GSP(Glass fiber-Steel Plate) 및 FRP-rod를 이용하는 부착 및 매입 보강공법이 개발되었다. 그러나 지금까지 이들 공법에 대한 개별적인 연구들만으로는 각 공법에 대한 거동특성을 판단하기가 어렵다. 따라서 실제의 손상을 모의한 보강보 제작 및 파괴 실험을 통하여 사실적인 GSP 및 FRP-rod 보강보의 휨 특성을 규명하고자 한다. 또한 기존의 연구에서 미비되어 있는 보강보의 파괴 메커니즘과 각 보강법의 취성특성 등도 규명에 대해서도 연구 하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 실험체 재료 및 제작

* 정희원, 경성대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 경성대학교 토목공학과 대학원

*** 정희원, 경성대학교 토목공학과 대학원

실험체 제작에 사용한 콘크리트의 압축강도는 266kgf/cm^2 이며 강도 SD35인 D13과 D10의 철근을 사용하였다. 보강에 사용된 FRP-Rod의 인장강도는 $19660(\text{kgf/cm}^2)$ 이며 GSP의 인장강도는 $1,5500(\text{kgf/10cm폭})$ 이다. 실험체는 단면 $150\text{mm}\times 250\text{mm}$, 길이 2400mm 의 복철근 직사각형 콘크리트 보에 그림1의 a)와 b)처럼 FRP-rod와 GSP를 이용하여 보강하였다. 사전 손상이 없는 실험체는 RTS, 사전 손상이 있는 실험체를 RTC라 칭하며, FRP-Rod로 보강된 시험체를 RTR, GSP로 보강된 실험체를 RTP라고 칭한다. 명칭 뒤의 숫자는 반복하중의 분당 재하속도를 의미한다.

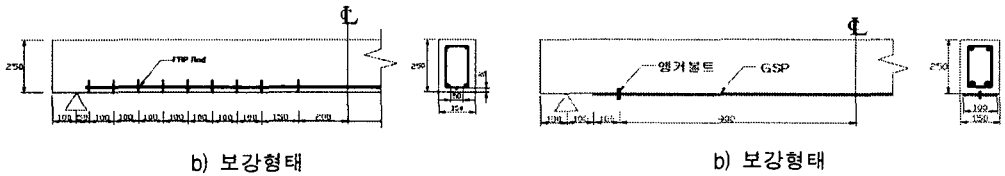


그림1. 실험보의 보강 형태

2.2 재하방법 및 변형을 측정

반복하중 실험은 단조증가 재하 실험에서 얻은 항복변위의 25%, 50%, 75%, 100%, 200%, 300%, 400%의 변위를 각각 3회씩 재하 하였고 하중 재하속도는 2, 20, 50 mm/min. 의 3종류이다. 실험에 사용한 가력 장치는 MTS사의 25ton 용량의 Actuator이고 보의 처짐량은 하단에 설치된 LVDT와 Actuator를 통해서 측정하였다. 그리고 시험에 사용한 시험체는 모두 27개 이다.(STS 3개, RTS 3개, RTC 3개, RTR 9개, RTP 9개)

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 하중-처짐 곡선

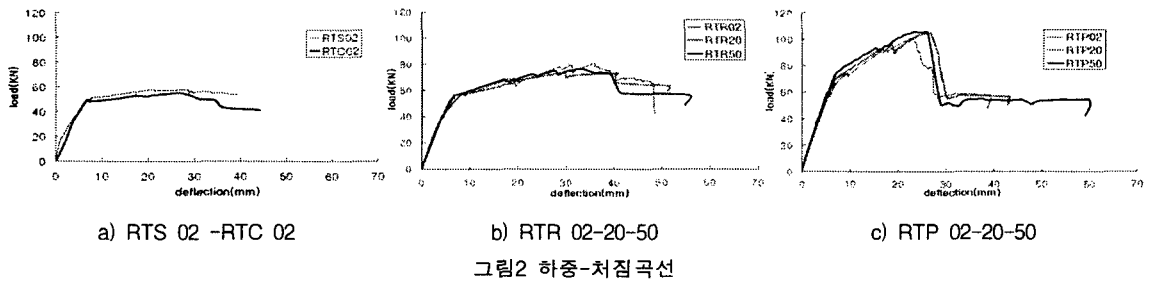
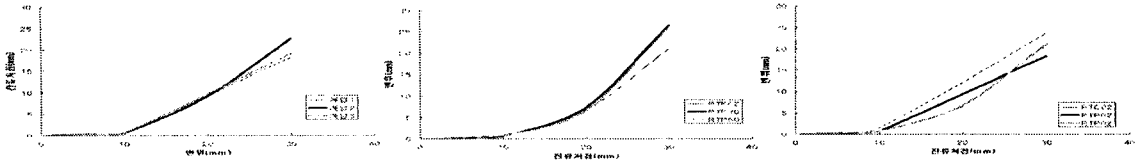


그림2 하중-처짐곡선

그림2의 a)에서 RTS보와 RTC보의 하중 처짐 거동은 거의 유사하지만 사전 균열 때문에 초기의 강성이 RTS에 비해서 RTC가 작은 것을 확인 할 수 있다. b)의 RTR보의 경우 최대 하중을 초과한 이후에도 상당기간 동안 잔류강도를 나타내며 연성적인 거동을 하고 있지만, c)의 RTP보의 경우에는 최대 하중을 초과함과 동시에 하중이 급격하게 저하하는 취성 파괴의 성향을 나타내고 있다.

한편, 그림 b)와 c)에서 재하속도는 강성도 및 강도에 영향을 미치지 못함을 알 수 있다.

3.2 잔류 처짐 곡선



a) RTR의 잔류 처짐 b) RTP의 잔류 처짐 c) RTC-RTR-RTP의 잔류 처짐 비교
 그림3 잔류처짐곡선

그림3은 각 실험체의 변위-잔류처짐 곡선을 나타낸 것이다. 그림 a)와 b)에서 RTR, RTP보의 경우 재하 속도에 따라 잔류 처짐 곡선의 형상과 크기가 약간씩 차이 나는는 하지만 재하속도가 직접적으로 영향을 미치지 않는다고 판단된다. 그리고 그림 c)에서 RTR보와 RTP보가 RTC보에 비해서 잔류 처짐이 적은 것을 확인 할 수 있고, RTC보와 RTR보의 잔류처짐 곡선은 완만한 반면, RTP보의 경우는 20mm의 변위까지는 RTC보의 50% 정도로 유지하다가 갑자기 증가하는 경향을 확인 할 수 있었다. 따라서 RTC, RTR 보에 비해서 RTP 보가 취성 파괴 성향을 갖는 것을 확인 할 수 있다.

3.3 보강보의 균열하중 및 파괴 하중

표 2. RTR보의 균열 및 항복 하중

실험체명	δ_{cr}		δ_y	
	P(KN)	δ (mm)	P(KN)	δ (mm)
RTR02	1.753	0.26	52.945	6.88
RTR20	0.93	0.26	54.97	7.6
RTR50	1.44	0.2	53.96	6.7

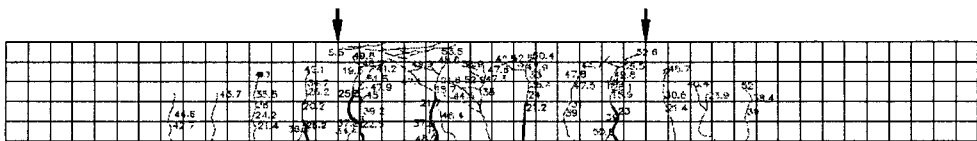
표 2. RTP보의 균열 및 항복 하중

실험체명	δ_{cr}		δ_y	
	P(KN)	δ (mm)	P(KN)	δ (mm)
PTP02	2.89	0.28	68.63	7.46
PTP20	4.69	0.4	70.3	7.24
PTP50	3.02	0.26	71.31	7.82

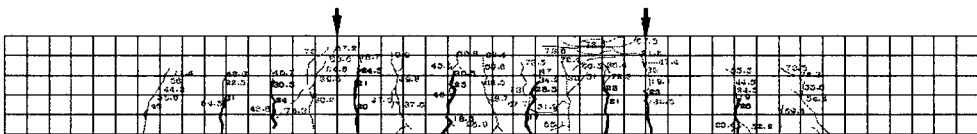
위의 표 1과 표 2는 RTR 보와 RTP 보의 균열 하중과 항복 하중을 나타낸 것이다. RTR보와 RTP 보 모두 하중 재하 초기에 5KN 미만의 하중에서 단혀 있던 사전 균열이 열리면서 균열의 발생이 시작되었다.

그러나 RTR보의 경우 항복하중이 재하 속도와 무관하게 50KN~60KN 정도로 일정한 반면, 표 2의 RTP보의 경우 재하속도가 빠를수록 항복 하중이 점차 증가함을 확인 할 수 있다.

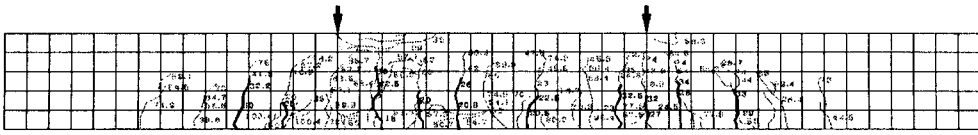
3.4 균열의 발생과 성장 및 보의 파괴 형상



a) RTC02



b) RTR02



c) RTP02

그림 4. 보강보의 파괴 양상

그림4는 실험체의 균열과 파괴의 양상을 나타낸 것이다. 진한 균열은 사전균열을 의미하고 옅은 균열은 보강후의 균열들을 나타내며, 숫자는 균열발생 하중의 크기이다. 위의 균열도를 통하여 실험체들의 주 파괴 원인이 된 균열은 모두 재하점 직하부에 발생되었던 사전균열이었다. 즉 사전 손상이 보강보의 파괴에 미치는 영향이 결정적임을 알 수 있었다. 그러나 RTR과 RTP는 완전히 다른 모습의 파괴 양상을 나타내었다. RTR의 경우는 사전 균열을 중심으로 성장된 균열이 압축부의 횡균열로 전파되면서 종곡에는 파괴에 이른다. 파괴 과정의 처짐이 충분하므로 연성파괴로 사료된다. 반면, RTP의 경우는 재하점 하부의 사전 균열폭이 확대되면서 단차가 발생하고 이로 인해 단차 부분에 부착되어 있던 GSP가 파단 되면서 급작스러운 파괴로 이르는 취성파괴의 양상을 나타내었다.

4. 결론

FRP Rod와 GSP로 보강한 R/C보의 파괴 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) GSP 보강보와 FRP-Rod 보강보의 파괴가 사전 균열을 중심으로 성장 하였다. 따라서 보강전 손상에 의한 균열이 보강보의 파괴에 결정적 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.
- (2) GSP 보강보에서 GSP의 파단이전에 박리나 탈락에 의한 파괴는 발생되지 않았다. 따라서 GSP 보강공법이 섬유쉬트 부착 공법의 탈착문제를 충분히 해결할 수 있음을 알 수 있었다.
- (3) FRP-Rod 보강보는 최대 하중에 도달한 후에도 균열과 처짐이 꾸준히 증가하면서 파괴에 도달하는 연성파괴 양상을 나타내었다.
- (4) GSP 보강보는 파괴시점까지 처짐이 거의 발생하지 않고, 급격하게 파괴되는 취성파괴의 양상을 나타내었다. 따라서 GSP 보강보의 안전성 확보를 위해서는 보의 취성적인 파괴특성 보완이 가장 중요한 보강보 설계요소임을 확인 하였다.

참고문헌

- (1) 정상모, 이차돈, 원종필, 황윤국, 김정호(2003) FRP 보강근을 이용한 표면매립 및 단면확대 공법의 실험적 성능평가, 한국 콘크리트 학회 봄 학술발표회 논문집, pp 549-554
- (2) 허성재(2006) Glass fiber-steel Plate로 보강된 RC 보의 전단 거동에 대한 실험적 연구, 경성대학교 공학석사 학위 논문
- (3) 장종완(2004) 반복하중을 받는 CFS로 보강된 R/C 보의 휨 거동, 경성대학교 공학석사 학위 논문
- (4) 이우철, “ 탄소섬유쉬트로 보강된 RC 보의 휨거동 특성에 관한 연구” 부산대학교 대학원 박사학위 논문, 2005