

프리스트레스를 도입한 표면매립 FRP 보강보의 휨 거동

Flexural Behavior of RC Beams Strengthened with Near Surface Mounted Prestressed FRP

박재현* 홍성남* 박선규** 정우태*** 박종섭**** 박영환*****

Park, Jae Hyun Hong, Sung Nam Park, Sun Kyu Jung, Woo Tai Park Jong Sup Park Young Hwan

ABSTRACT

This paper presents the results of a study on improvement in flexure capacities of RC beams strengthened with near surface mounted prestressed CFRP rod and plate. Experimental variables include type of CFRP, prestressing level and existence of MI(Mechanical Interlocking). Tests show that prestressed beams exhibit a higher crack-load as well as a higher steel-yielding load compared to no-prestressed strengthened beams.

1. 서론

표면매립공법(Near Surface Mounted Strengthening, NSMR)은 콘크리트 부재에 일정 폭과 깊이의 홈을 만들어 에폭시를 충전하고 탄소판/바를 매립하여 보강하는 공법이다. 이 공법은 외부 부착공법과 같이 표면준비작업이 필요하지 않고, 시공 후에 차량 충돌 등의 기계적인 손상으로부터 보호될 수 있을 뿐만 아니라, 부착공법에 비해 최대 50%의 보강성능을 향상시키는 효과가 있다. 그러나 부착공법과 마찬가지로 보강재+에폭시가 콘크리트로부터 탈락하는 조기파괴양상을 보이기도 하므로 보강재 탈락을 방지하기 위한 대책마련이 필요한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 NSMR공법의 보강성능을 더욱 개선하고자 FRP에 긴장력을 도입한 표면매립 FRP 보강보의 파괴모드 및 보강성능을 검토하고자 한다.

2. 실험내용 및 방법

2.1 개요

본 실험은 긴장력을 도입한 FRP 표면매립공법으로 보강된 RC보를 대상으로 역학적 거동 특성에

*정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 대학원

**정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 교수

***정회원, 한국건설기술연구원 연구원

****정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원

*****정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원

대한 고찰을 통해 보강보의 보강효과 및 파괴모드를 실험적으로 분석하는데 목적이 있다.

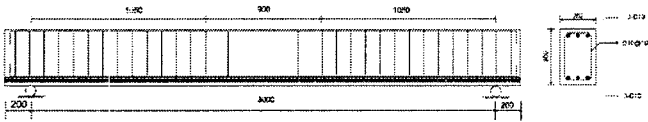
실험체는 실험변수를 보강재의 종류(탄소바/판), 긴장력 도입량, 기계적 맞물림(Mechanical Interlocking, MI) 유무로 하여 실험체를 제작하여 긴장력에 따른 파괴 모드 및 보강 성능을 고찰한다.

2.2 실험체 제원

본 실험의 목적은 휨 보강 성능을 검증하는데 있으므로 휨 파괴에 앞서 전단파괴가 발생하는 것을 방지하기 위하여 그림 1과 같이, 실험체에는 계수전단력의 2배가 넘는 전단강도를 발휘할 수 있도록 HD10의 스티럽을 100mm 간격으로 배치하고 인장철근은 HD10 철근을, 압축철근은 HD13 철근 3개를 배치한다. 콘크리트는 28일 설계기준강도 27MPa, 슬럼프 160mm로 설계된 레미콘 제품을 사용하였다. 실험에 사용될 각 재료의 역학적 특성은 아래 표 1과 같다.

표 1 주요 재료의 물성치

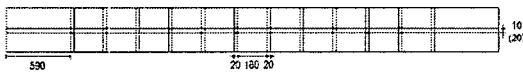
재료	항목	물성값
콘크리트	공시체 압축강도	26
인장철근 (HD10)	항복강도 (MPa)	540
	인장강도 (MPa)	630
압축철근 (HD13)	항복강도 (MPa)	527
	인장강도 (MPa)	631
CFRP 판	두께 (mm)	1.4
	인장강도 (MPa)	2452.59
	탄성계수 (GPa)	165.49
	극한변형률	1.48
CFRP 로드	공칭직경 (mm)	10
	인장강도 (MPa)	1878
	탄성계수 (GPa)	121.42
	극한변형률	1.55



(a) 표준실험체 (단위 : mm)



(b) BP / BB



(c) BB / BBM

그림 1 실험체 제원(단위 : mm)

2.3 실험변수

실험에 사용된 실험변수는 표 2와 같이 FRP에 도입되는 긴장력의 크기와 MI의 유무로 하여 실험변수가 FRP 표면매립공법에 어떠한 보강성능의 영향을 미치는지 고찰한다. MI 배치는 등 간격(20cm)로 배치하였다. 그림1은 시험체의 단면이다.

표 2 실험변수

실험체명	실험 변수		
	보강재료	MI 유무	프리스트레스트 양 (인장강도에 대한 %)
Control	표준실험체	×	0%
BP-0 / 10 / 20	탄소판	×	0% / 10% / 20%
BPM-0 / 10 / 20		○	
BB-0 / 10 / 20	탄소바	×	
BBM-0 / 10 / 20		○	

2.4 긴장력 도입

FRP 긴장력 도입을 위해 그림 3과 같은 프리스트레싱 반력대를 제작하여 반력대 위에 시험체를 반대로 뒤집어 거치시킨 후, 보 하단 중앙에 만들어진 홈에 에어 브러쉬 등을 사용하여 미세먼지를 제거하고 홈 안에 프라이머를 도포하여 1일 이상 양생 후 각 실험변수에 맞는 탄소판/바를 홈 안에 거치하여 유압잭을 통해 긴장하였다. 긴장후 예폭시와 경화제를 2:1비율로 계량하여 홈 안에 충전시키고, 3

일 양생한 후 실험을 실시하였다.

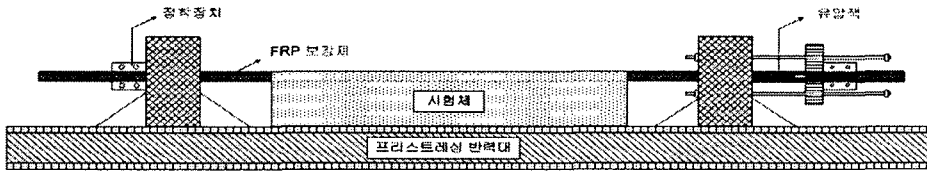


그림 2 프리스트레싱 반력대

2.5 하중재하 및 측정방법

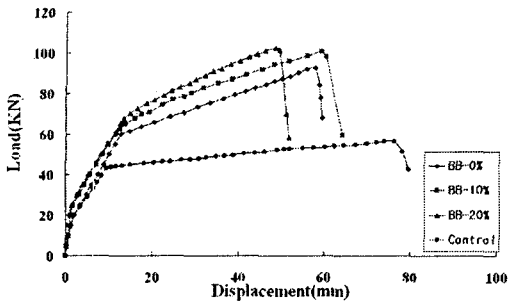
하중재하는 4점 재하로 하였으며, 980kN 용량의 UTM을 사용하여 변위제어로 초기 15mm 변위 발생시까지 초당 0.02mm의 속도로, 15mm 이상의 변위가 발생한 시점부터 파괴시까지 초당 0.05mm의 속도로 재하하였다. 변형을 측정을 위하여 경간 중앙과 하중재하지점에 철근 게이지를 매설하였으며, 경간중앙의 최상단, 중앙, 최하단에 콘크리트 게이지를 부착하였다. 또한 경간 중앙과 L/4지점에 LVDT를 설치하여 설치하였다. 모든 실험데이터의 계측은 정적데이터 로거 및 컴퓨터를 이용하였으며, 매 0.5초 간격으로 측정을 실시하였다.

3. 실험결과

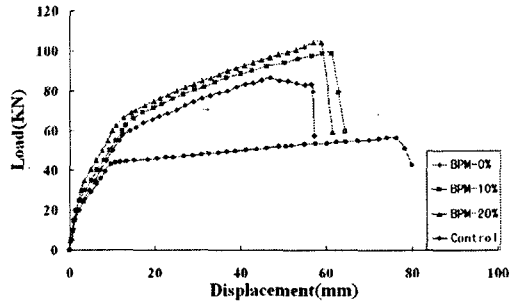
표 3과 그림 4에서 보는 바와 같이 프리스트레싱 레벨을 보강재 인장응력의 20%까지 증가시킴에 따라 무긴장 실험체의 경우보다 항복하중과 극한하중이 증가함을 알수 있다. 파괴양상은 MI가 없는 무긴장 실험체인 BP0, BB0의 경우 에폭시+콘크리트가 빠지는 부착파괴로 파괴되었으나, MI가 있는 무긴장실험체 BPM0, BBM0의 경우 보강재 파단변형률에 근접하면서 보강재가 파단되었다. 긴장력을 도입한 실험체는 보강재 최대변형률에서 보강재가 파단되는 파괴양상을 보였다. 이는 FRP 판/바 재료의 최대성능을 발휘한 것으로 판단된다.

표 3 실험결과

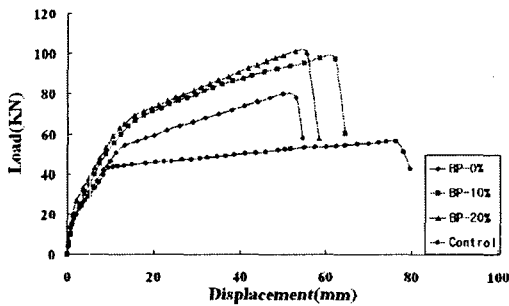
변수	Control	BP0	BP10	BP20	BPM0	BPM10	BPM20	BB0	BB10	BB20	BBM0	BBM10	BBM20	
항복	하중(kN)	43	54.5	64	69	57.5	62.5	69	60	64.7	68.4	60	63.1	68.5
	변위(mm)	9.55	13.3	14.05	15.5	12.25	12.95	13.79	12.74	13.65	13.74	12.74	13.39	14.09
	Py/Py _{control}	-	1.27	1.49	1.60	1.34	1.45	1.60	1.40	1.50	1.59	1.40	1.48	1.59
최대	하중(kN)	56.4	80	97.8	101.2	86.5	98.9	104.3	92.4	100.7	102.5	99.3	102.3	105.8
	변위(mm)	76.3	50	58.55	52.8	56.5	61.29	59	57.83	59.26	48.55	65.78	61.55	57.85
	Pu/Pu _{control}	-	1.42	1.73	1.79	1.53	1.75	1.85	1.64	1.79	1.82	1.76	1.81	1.88



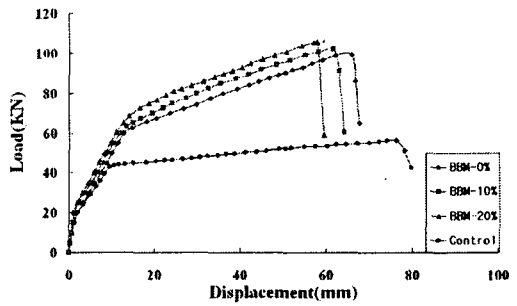
(a) BP (Plate)



(b) BPM (Plate, MI)



(c) BB (Bar)



(d) BBM (Bar, MI)

그림 3 실험체별 하중 - 변위곡선

4. 결론

프리스트레스트를 도입한 FRP 표면매립공법으로 보강한 RC보 휨 거동 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 긴장력을 도입한 실험체의 경우가 무긴장 실험체의 경우보다 휨 성능 증대효과가 크게 나타났다. 또한 MI가 없는 무긴장 실험체의 경우는 CFRP 판/바의 최대변형률 발휘하기 전에 보강재와 에폭시가 함께 떨어지는 파괴를 보인 반면, MI가 있는 무긴장 실험체는 보강재의 최대변형률 근접하여 FRP 파단되었고, 긴장력을 도입한 실험체의 경우 보강재의 최대변형률을 넘어 FRP 파단으로 파괴되었다.
- 2) 긴장보강을 통해 콘크리트의 초기균열 발생시점을 지연시킬 수 있었고, 프리스트레스 레벨을 증가 시킴으로써 항복하중과 파괴하중이 증가하였다. 또한 FRP+에폭시가 탈락되는 조기파괴를 막을 수 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원, 노후 교량의 성능향상 기술 개발, 2004
2. Hakan Nordin and Bjorn Taljsten, "Concrete beams strengthened with prestressed near surface mounted CFRP", Advances in Structural Engineering, International Journal, 2003
3. Bjorn Taljsten, Anders Carolin and Hakan Nordin, "Concrete structures strengthened with near surface mounted reinforcement of CFRP", International Journal, 2003