

# GFRP 보강근의 휨 · 부착특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study for Flexural Bonding Characteristic of GFRP Rebar

심종성\*      오홍섭\*\*      주민관\*\*\*      강태성\*\*\*\*      김우중\*\*      이원홍\*\*

Sim, Jong-ung    Oh, Hong-Seob    Ju, Min-Kwan    Kang, Tae-Sung    Kim, Woo-Jung    Lee, Won-Hong

### ABSTRACT

This study is to examine bond strength of beam reinforced with GFRP rebar under 4-point bending test by adopting BRITISH STANDARD. The variables were made to have bonding length of 5times( $5d_b$ ), 10times( $10d_b$ ) and 15times( $15d_b$ ) of the nominal diameter of GFRP rebar and were done to analyze the relationship between the bonding strength and the slip. In the result of the test, pull-out failure was dominant in the  $5d_b$  and  $10d_b$  specimen, both patterns of the pull-out failure and concrete splitting failure appeared in the  $10d_b$ . On the other hand, the  $15d_b$  specimen showed only concrete splitting failure at the end of bonding length. Therefore, it was prove that available bonding length of the GFRP rebar under bending condition on static test is over  $15d_b$  then farther research such as fatigue bending test, development of bonding model, FEM parameter study should be performed.

### 1. 서론

철근콘크리트 구조물은 철근의 열화현상으로 인한 문제점을 해결하기 위하여 철근 대신 새로운 재료에 대한 많은 연구가 진행되고 있는 가운데 섬유강화 복합신소재 FRP Rod의 철근 대체 재료로서 가능성 검토가 해외뿐만 아니라 국내에서 활발히 진행 중에 있다. FRP Rod는 강도가 높으면서 부식에 대한 저항력이 매우 높고, 비강도가 크기 때문에 고내구성 경량콘크리트 구조물의 제작이 가능한 장점을 가지고 있다. 이 가운데 GFRP 보강근의 경우, 강도 대비 경제성 문제로 인하여 타 FRP rebar에 비해 구조 적용성 연구가 활발히 진행되고 있으며 최근 철근대체 보강근으로서 각광받고 있다. 특히 구조물 적용을 위한 기본 특성인 GFRP 보강근의 부착특성을 규명하기 위한 많은 연구가 진행되고 있으며, 부착특성 중 부착응력-슬립 관계는 균열거동 해석 및 예측을 위한 필수적 요소이다. 그러나 현재까지의 부착특성 연구는 대부분 단순 1방향 순수인발 특성에 관한 연구로서 실제 휨 구조물에 구조적으로 적용하기에는 다소 무리가 있다<sup>3)</sup>. 따라서 본 논문에서는 BRITISH STANDARD에 제시된 방법으로 휨 · 부착 시험체를 제작하여 GFRP 보강근의 휨 · 부착특성을 분석하고자 한다.

\* 정희원, 한양대학교 토목공학과 교수

\*\* 정희원, 진주산업대학교 토목공학과 교수

\*\*\* 정희원, 한양대학교 토목공학과 박사과정

\*\*\*\* 정희원, 한양대학교 토목공학과 석사과정

## 2. 구조실험

### 2.1 시험체 재료 특성 및 제작과 실험변수

본 연구의 시험체 제작시 사용된 콘크리트는 설계 압축강도 27MPa인 레미콘 제품을 사용하였고, 주보강근의 항복강도가 30MPa인 D10 철근이며 인장부에 사용된 GFRP 보강근은 공칭직경 10mm,이고, 설계인장강도가  $f_u(GFRP) = 650$  MPa인 제품이다. 시험체 단면과 변수는 그림 2.1과 같이 GFRP Rod의 공칭 직경의 5배( $5d_b=45$ mm), 10배( $10d_b=90$ mm), 15배( $15d_b=135$ mm)를 부착구간으로 하고 나머지 부분은 PVC파이프를 이용하여 비 부착 구간을 확보하였다<sup>1)</sup>. 또한 표 2.1에 나타낸바와 같이 철근과 비교하기 위하여 각 시험체 변수별로 철근과 GFRP보강 시험체를 2개씩 제작하여 실험을 수행하였다.

표 2.1 전단 보강시험체 종류 및 제작 변수

시험체명	보강재료	시험체 갯수
5d <sub>b</sub>	철근	2EA
	GFRP	2EA
10d <sub>b</sub>	철근	2EA
	GFRP	2EA
15d <sub>b</sub>	철근	2EA
	GFRP	2EA

\*d<sub>b</sub> : 보강근 공칭직경

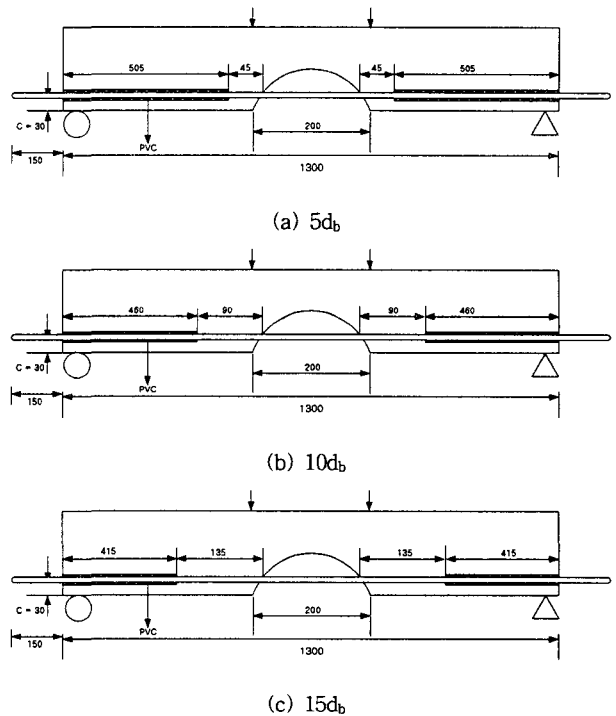
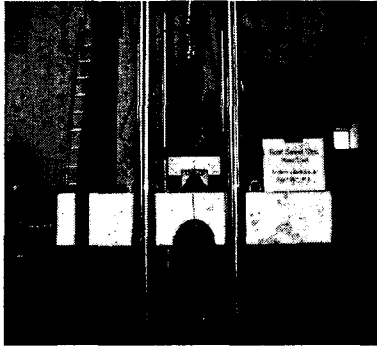


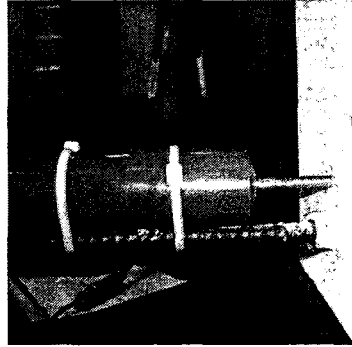
그림 2.1 시험 변수

### 2.2 실험 방법

시험체는 순지간 (1,300×180×170mm)의 단순보 형식으로 거치되었으며 그림 2.2(a)와 같이 중앙부위 양쪽에서 GFRP rebar의 슬립량을 확인하고 응력집중현상을 방지하기 위하여 곡선타입으로 제작하였다<sup>1)</sup>. 하중재하는 4점 재하방식으로 1mm/min의 변위제어를 실시하였다. 하중 가력시 하중에 따른 슬립량을 확인하기 위하여 그림 2.2와 같이 양쪽 끝에 100mm 변위계(LVDT)를 돌출된 보강근에 부착하여 보강근 슬립량을 직접 계측하였다.



(a) 시험개요



(b) 슬립량 계측을 위한 LVDT

그림 2.2 시험개요

### 2.3 실험결과 분석

실험 결과, 시험체 파괴양상은 보강근의 뽑힘파괴(Pull-out)와 부착부위 경계면에서 발생하는 콘크리트 쪼갬 파괴로 나눌 수 있다. 부착 길이에 따른 변수별 최대 부착강도와 파괴양상은 표 2.2에 정리하였다. 5d<sub>b</sub>(45mm)경우는 pull-out파괴가 발생하였으며, 15d<sub>b</sub>(135mm)경우에는 부착경계부위에서 콘크리트의 쪼갬 파괴가 발생하였다. 특히 GFRP 10d<sub>b</sub>(90mm)경우에는 pull-out파괴와 콘크리트 쪼갬 파괴가 동시에 발생하였다. 또한 그림 2.3(a)그래프에서 살펴보면 GFRP의 극한강도는 철근과 유사하거나 다소 높은 성능을 발휘한 것으로 나타났다. 그림 2.3(b) 그래프에서는 변수별로 부착구간이 길어질수록 부착응력은 점차 낮아지고 동일 부착 변수별 부착응력은 GFRP 보강근이 철근에 비해 높은 부착응력을 보이는 것으로 나타났다.

표 2.2 변수별 실험결과

구분		Steel-1	Steel-2	GFRP-1	GFRP-2
5d <sub>b</sub>	극한하중(kN)	10.8	9.9	12.9	11.9
	변위(mm)	1.33	1.73	3.54	0.25
	파괴모드	Pull-out	Pull-out	Pull-out	Pull-out
	부착응력(MPa)	12.08	11.06	14.33	13.24
10d <sub>b</sub>	하중(kN)	8.9	16.6	17.3	19.3
	변위(mm)	0.83	8.575	10.69	6.55
	파괴모드	Pull-out	Pull-out	Pull-out	Concrete splitting
	부착강도(MPa)	4.97	9.23	9.64	10.71
15d <sub>b</sub>	하중(kN)	20.5	19.6	22.7	19.7
	변위(mm)	0.23	2.72	0.1	0.115
	파괴모드	Concrete splitting	Concrete splitting	Concrete splitting	Concrete splitting
	부착강도(MPa)	7.61	7.23	8.4	7.07

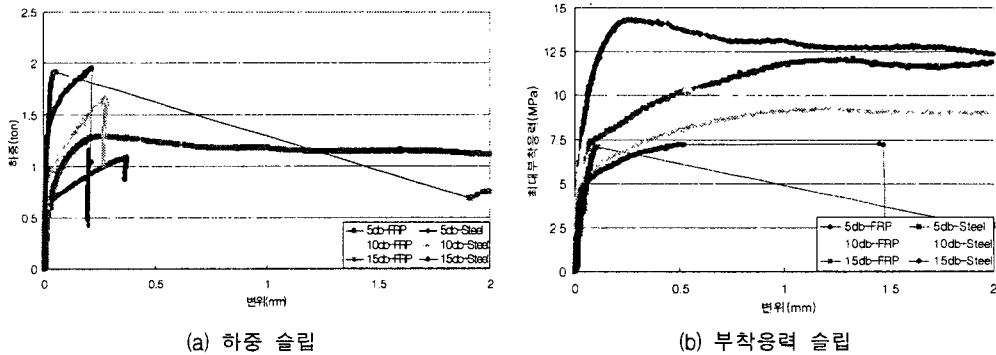


그림 23 하중과 부착응력에 따른 슬립량

### 3. 결론

- (1) 철근보강 시험체 와 GFRP보강 시험체는 서로 유사한 균열 및 파괴거동을 보이는 것으로 나타났다. 또한 두 시험체 모두 부착길이가 길어짐에 따라 부착응력은 점차 낮아지는 것을 확인할수 있었다.
- (2) 철근보강 시험체 와 GFRP보강시험체의 극한하중의 경우, GFRP 보강시험체가 유사하거나 다소 높은 극한하중을 나타내었다. 특히 10db 시험체의 경우, GFRP 보강시험체가 Pull-out 파괴와 콘크리트 쪼갬파괴 두가지 파괴양상을 보였으며 15db 이상에서는 모두 콘크리트 쪼갬파괴가 발생된 것으로 보아 보 GFRP의 최대 휨 부착길이는 15db 이상에서 유용한 것으로 판단된다.
- (3) 본 연구결과, GFRP 보강근으로 보강된 구조물의 기본적인 부착거동특성이 분석되었으며 추가적인 실험과 변수에 대한 해석 및 실험적 연구를 통하여 고내구성이 확보된 GFRP 보강 구조물의 설계 및 현장시공이 가능할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 논문은 2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 신진교수연구사업과(D00385(101024), 건설교통부 보수 보강된 콘크리트 교량의 성능평가/개선 기술개발 및 원격관리시스템 구축사업(C105B1030001-05B0303-000)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Determination of the bond behaviour between reinforcing steel and autoclaved aerated concrete by the "beam test" Part 1:short term test The European Standard EN 12269-1:2000.
2. Charles K. Kankam, "Bond strength of reinforcing steel bars milled from scrap metals," Materials and Design, V. 25, 2004, pp.231-238.
3. O. A. Kayyali and S. R. Yeomans "Bond and slip of coated reinforcement in concretes," Construction and Building Materials, V. 9, N. 4, 1995.