

AFRP 보강근의 부착강도에 대한 실험적 연구

Experimental Study on Bond Strength of AFRP Rebar in Normal Strength Concrete

최준호¹⁾ · 박경찬²⁾ · 이영학³⁾ · 김희철⁴⁾ · 이재삼⁵⁾

Choi, June-Ho · Park, Kyung-Chan · Lee, Young-Hak · Kim, Hee-Cheul · Lee, Jae-Sam

국문 요약 >> 철근 콘크리트 부재에서 부착강도는 콘크리트와 보강근 사이에 중요한 요소 중 하나이다. 본 연구는 인발실험을 통해 AFRP 보강근의 부착강도에 대하여 실험하고, AFRP 보강근과 이형철근의 부착특성을 비교하여 나타내었다. 묻힘 길이와 보강근의 직경이 실험의 변수로 사용되었으며, 실험을 통해서 AFRP 보강근의 부착응력-미끄러짐 관계 및 파괴양상을 평가하였다. AFRP 보강근의 부착응력-미끄러짐 관계는 이형철근과 비슷한 양상을 보였으며, 보강근의 직경이 증가할수록 인발하중은 증가하나 부착응력은 비슷한 결과를 보였다. AFRP 보강근의 부착강도는 이형철근의 약 54%에 달하는 것으로 나타났다.

주요어 아라미드 섬유 강화 폴리머, 묻힘 길이, 부착강도, 인발실험

ABSTRACT >> For reinforced concrete members, bond strength is one of the important factors between the two materials: the concrete and the reinforcing element. The bond strength of Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP) rebar was tested using the pull-out method. Presented were comparison results of the bond strength between AFRP rebar and deformed steel bars from the test. Embedded lengths and diameters of the rebar were taken into account as parameters. The bond stress-slip responses and failure modes of AFRP rebar were evaluated. It was found that the bond stress-slip responses of AFRP rebar were similar to those of deformed steel bars. As the diameter of rebar increased, the pull-out load increased. In addition, it was shown that the bond strength of an AFRP rebar was approximately 54% compared with that of a deformed steel bar.

Key words aramid fiber reinforced polymer, embedded length, bond strength, pull-out test

1. 서론

1.1 연구의 목적

산업화와 더불어 철근 콘크리트 구조는 내구성, 시공성이 우수하기 때문에 건축에서 가장 많이 사용되고 있다. 또한 철근은 콘크리트와의 일체화가 가장 우수하여 콘크리트의 인장강도를 보완하기 위하여 사용되어 왔다. 그러나 점차 건축물의 고층화, 대형화가 이루어짐에 따라 건물의 자중

문제를 해소하고자 고강도 콘크리트의 사용이나 구조물의 경량화에 초점을 두고 있다.

뛰어난 내구성을 지닌 철근콘크리트 구조물도 시간이 지남에 따라 중성화로 인해 공기 중의 이산화탄소가 콘크리트의 공극 속으로 침투, 시멘트 겔을 분해하여 철근의 부식을 초래하게 된다. 이로 인한 구조물의 성능 저하는 철근 콘크리트 구조물의 안정성에 문제를 초래하며, 더 나아가서는 구조물의 보수를 위한 각종 보수비용을 야기하게 된다.⁽¹⁾ 이러한 문제를 해결하기 위해서 철근에 도금을 하거나, 에폭시 코팅, 부식을 막기 위한 음극시스템의 사용, 스테인리스 스틸의 사용 등 다양한 방안을 제시하고 있으나⁽²⁾ 이러한 방법들은 철근의 부식에 대하여 궁극적인 해결책이 되지 못하고 있다.

이에 따라 많은 선행 연구자들은 철근의 대체 물질로 복합재료에 대한 연구를 진행하였으며 높은 인장강도, 비부식성, 경량성, 비전기전자성 등의 장점을 가지고 있는 Fiber

¹⁾ 정회원·경희대학교 건축공학과 석사과정

(대표저자: Choijuneho@khu.ac.kr)

²⁾ 경희대학교 건축공학과 석사과정

³⁾ 정회원·경희대학교 건축공학과 조교수

(교신저자: leeyh@khu.ac.kr)

⁴⁾ 정회원·경희대학교 건축공학과 교수

⁵⁾ (주)렉스콘 연구개발팀 팀장

본 논문에 대한 토의를 2009년 4월 30일까지 학회로 보내 주시면 그 결과를 게재하겠습니다.

(논문접수일 : 2008. 9. 19 / 수정일 : 2008. 12. 2 / 게재확정일 : 2008. 12. 11)

Reinforced Polymer(FRP: 섬유 보강 폴리머)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.⁽³⁻⁵⁾ FRP 복합재료는 사용 재료에 따라 유리섬유를 사용한 GFRP, 탄소섬유를 사용한 CFRP, 아라미드 섬유를 사용한 AFRP가 있으며, 시트 형태로 노후화된 건축물의 보수 보강재로써 이미 사용되고 있다. 그러나 FRP 복합재료의 많은 장점에도 불구하고 높은 가격과 철근에 비해 낮은 탄성계수, 취성파괴라는 역학적 특성 때문에 철근의 대체 재료로서의 연구가 미비한 실정이다.⁽⁶⁾

본 연구에서는 철근의 대체 재료로 사용하기 위한 FRP 보강근 중 가장 최근에 생산되기 시작한 아라미드 섬유로 제작된 AFRP의 기초특성인 콘크리트와의 부착특성을 파악하는데 주안점을 두었다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 FRP 보강근의 부착특성에 영향을 주는 요인 중 보강근의 직경과 문힘 길이를 변수로 하여 콘크리트와의 부착특성을 알아보았다. 부착 성능을 파악하고자 콘크리트 인발실험을 수행하였다. 또한, 기존의 이형철근과의 비교를 하기 위하여 직경 10mm의 AFRP 보강근과 동일 직경의 이형철근에 대한 실험을 수행하고, 그 결과를 비교하였다.

2. 실험계획

2.1 실험재료

2.1.1 콘크리트

FRP 보강근의 부착특성을 알아보기 위한 인발실험에 사용된 콘크리트는 표 1에서와 같이 배합 설계하여 실험에 사용하였다. 배합설계 시 예상 콘크리트 압축강도는 35MPa이며, KS F 2405의 기준에 따라 콘크리트 배합에 대한 압축강도를 알아보기 위한 실험을 진행하였다.

실제 압축강도 확인을 위한 공시체는 실린더형의 Φ150mm × 300mm 크기의 몰드를 사용하였으며, 총 6개의 공시체를 제작하였다. 콘크리트 타설시 규준에 의거하여 3회에 걸쳐 다짐봉으로 매회 25회 다짐을 실시하면서 타설하였다. 압축강도 시험은 7일, 28일 강도를 측정하였다. 7일 강도는 최종 압축강도의 약 87%인 29.9MPa이었으며, 28일 강도는 약 34MPa로 측정되었다.

〈표 1〉 콘크리트 배합설계

굵은 골재 (mm)	슬럼프 (mm)	W/C (%)	단위재료량(kg/m ³)					
			자갈	모래	시멘트	FlyAsh	물	AD3
25	180	38.8	1029	710	399	44	155	4.87

2.1.2 보강근

본 연구에서 사용된 FRP 보강근은 AFRP 보강근으로 표 2와 같이 설계·제작하여 사용하였으며, 제작된 보강근의 모습은 그림 1과 같다. 그림에서 보이는 것과 같이 AFRP 보강근의 표면에는 콘크리트와의 부착강도 증가를 위하여 나선리브와 모래 코팅으로 감싸도록 제작하였다. AFRP 보강근의 내부는 아라미드 섬유와 에폭시 수지로 구성되어 있으며, AFRP 보강근의 총 단면적에 대한 섬유면적 비는 65-70%이다. 본 실험에서는 부착강도 확인을 위한 인발실험과 FRP 보강근의 기초성능중 하나인 인장강도를 확인하기 위한 인장실험을 수행하였다.

인발실험에서는 직경 4.2, 8, 10mm의 AFRP 보강근을 사용하여 문힘 길이에 따른 콘크리트의 부착특성을 알아보기 위한 인발실험을 수행하였다. 더불어 직경 10mm의 이형철근을 대조군으로 선정하여 AFRP 보강근의 부착특성을 기존의 이형철근과 비교하였다. 인발실험에 사용된 AFRP 보강근 및 이형철근의 길이는 총 760mm이다.

FRP 보강근의 인장실험에는 직경 8, 10mm의 AFRP 보강근을 사용하였으며, 직경별로 각각 3개씩의 AFRP 보강근을 사용하였다. 인장실험에 사용된 AFRP 보강근의 길이는 1500mm로 계획하였다.

2.2 시험체

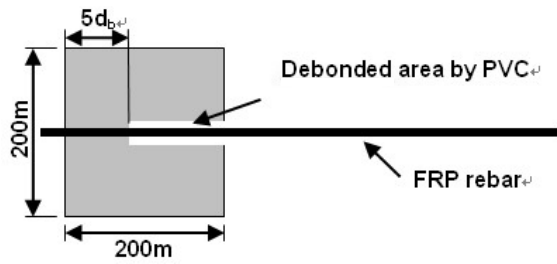
인발실험에 사용된 시험체는 ACI 440.3R-04⁽⁷⁾ 가이드라인에 의거하여 제작하였다. 제작된 시험체의 크기는 200mm × 200mm × 200mm이며, 그림 2와 같이 시험체의 중심에



〈그림 1〉 AFRP 보강근

〈표 2〉 AFRP 보강근의 재료설계

종류	Resin	비중 (g/cm ³)	섬유함유량 (%)
AFRP (8mm)	epoxy	1.45	65-70
AFRP (10mm)	epoxy	1.45	65-70



〈그림 2〉 인발실험용 시험체

AFRP 보강근을 설치하였다. 콘크리트 타설은 3회에 나누어 실시하였으며, 매 타설 시 다짐봉으로 다짐을 실시하였다. 본 실험의 주요변수인 문힘 길이에 따른 FRP 보강근의 부착강도를 알아보기 위하여 문힘 길이를 변수에 따라 각각 보강근 직경(d_b)의 5, 7, 9, 그리고 11배로 하였다. 문힘 길이 이외의 비 부착면적을 형성하기 위하여 시험체의 상단으로부터 PVC관을 삽입, 콘크리트와의 비부착면적을 형성하였다.

시험체는 본 실험의 변수인 AFRP 보강근의 직경($\Phi 4.2, 8\text{mm}$)과 문힘 길이($5d_b, 7d_b, 9d_b, 11d_b$)에 따라 각각 3개씩 제작하였다. 또한 기존에 사용되고 있는 이형철근과의 부착특성을 비교하기 위하여 직경 10mm의 이형철근과 AFRP 보강근을 사용한 시험체를 제작하였다. 인발실험에 사용된 시험체의 개요는 표 3과 같으며, 제작된 시험체의 전체 개수는 30개다.

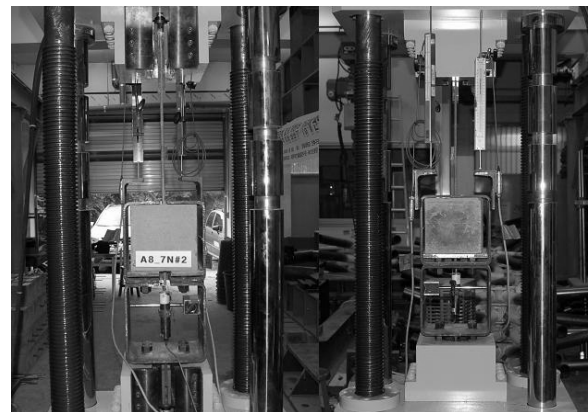
3. 실험방법

본 연구에서는 FRP 보강근의 부착특성을 알아보기 위한 인발실험과 더불어 FRP 보강근의 기초성능인 인장강도를 알아보기 위한 인장강도 실험을 수행하였다.

인발실험은 ACI 440.3R-04⁽⁷⁾의 가이드라인에 준하여 수

행되었으며, 인발실험 중 발생할 수 있는 AFRP 보강근의 쪼갬 파괴를 방지하기 위하여 인발실험에 사용할 GRIP을 ASTM D 3916-02⁽⁸⁾에서 제시하는 규격에 준하여 제작하였다. 인발실험은 1000kN 용량의 만능시험기를 이용하여 1mm/min의 속도로 가력하여 진행하였다. 실험에서 측정되는 하중은 로드셀을 이용하여 측정하였다. 또한 그림 3과 같이 별도의 지그를 제작, 만능시험기에 설치하여 실험을 수행하였다. 부착에 대한 응력-변형 관계를 측정하기 위해서 상대 미끄럼 길이를 측정하여 그 부착특성을 파악하였다. 이를 위하여 하중단에 2개의 변위측정기, 자유단에는 1개의 변위측정기를 설치하여 인발실험 시 발생하는 하중단과 자유단의 미끄럼 길이를 측정하였다. 인발실험에서 측정되는 변위측정기의 데이터 및 로드셀의 데이터는 데이터 로거를 이용하여 자동적으로 기록하였다.

AFRP 보강근의 인장실험 역시 ACI 440.3R-04⁽⁷⁾에 의하여 실험을 수행하였다. 인장실험의 수행을 위하여, AFRP 보강근의 정착부에 별도의 그림을 제작하였다. 인장실험 역시 1000kN 용량의 만능시험기를 이용하여 실험을 수행하였으며 실험 데이터는 매 3초마다 자동으로 기록되었다. 그림 4는 AFRP 보강근의 인장실험 모습을 보여주고 있다.

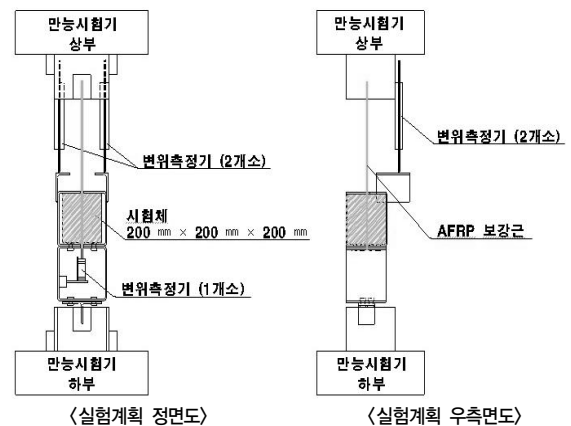


(a) 측정전경

〈표 3〉 FRP 보강근의 인발실험 시험체 개요

보강근 종류	직경(d_b , mm)	문힘 길이(mm)	
AFRP	10	5 d_b	
		8	5 d_b
			7 d_b
			9 d_b
	4 [†]	11 d_b	
		5 d_b	
		7 d_b	
		9 d_b	
Steel	10	5 d_b	

※ 직경(d_b) 4[†] = 4.2mm



(b) 측정장치 개념도

〈그림 3〉 인발실험 실험설정



〈그림 4〉 AFRP 보강근의 인장시험 실험설정

4. 결과

시험 시 시험체의 표기는 다음과 같이 하였다.

CBD_K#N

여기서, C = FRP 보강근의 종류 (A:AFRP, S:steel)

BD = FRP 보강근의 직경

K = FRP 보강근의 문힘 길이

#N = 시험체번호

4.1 인장시험 결과

AFRP 보강근의 인장강도 실험결과를 표 4에 나타내었다. 인장강도는 직경 8mm 보강근의 경우 평균 1114.54MPa, 직경 10mm 보강근의 경우 평균 1057.30MPa로 나타났다. 탄

〈표 4〉 AFRP 보강근의 인장시험 결과

구분	인장강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	변형률 (%)
AFRP (Φ8mm)	1132.88	18.89	6.00
	1072.30	23.44	4.57
	1138.44	33.11	3.44
AFRP (Φ10mm)	1073.57	31.17	3.44
	1008.58	30.45	3.31
	1089.74	32.55	3.35



〈그림 5〉 AFRP 인장시험 파괴양상

성계수는 각각 평균 41.67GPa, 34.43GPa로 나타났다. 그림 5에서와 같이 AFRP 보강근은 최대 강도 발현 이후 섬유 묶음이 하나씩 파괴되는 양상을 보였으며, 섬유 묶음들이 파괴되면서 서서히 강도가 줄어드는 현상을 나타내었다.

4.2 파괴양상

선행연구 결과에서 보면 인발시험 시 대부분의 시험체는 뽑힘 파괴가 일어나지만 쪼갬 파괴도 일어날 수 있다고 기술하고 있다.^{(3),(9)} 그 이외에도 Okelo의 연구결과에 의하면 보통강도 콘크리트에서 인발시험을 수행한 결과 그림의 정착부 파괴, FRP 보강근의 파괴, 그림과 FRP 보강근의 미끌림 현상도 일어났음을 기술하고 있다.⁽²⁾ 본 실험에서도 대부분의 경우 뽑힘 파괴에 의한 현상을 보이고 있으나, A4_11#1의 시험체의 경우 FRP 보강근과 그림과의 미끌림에 의한 파괴가 일어났다. 이때 그림 부분에서 AFRP 보강근의 레진 부분이 벗겨져나가는 현상을 보였다. 이것은 AFRP 보강근의 성형과정에서 생긴 제작오차로 인하여 AFRP 코어와 레진의 부착 불량으로 인한 결과로 보인다. 또한 A4_9#3의 시험체의 경우, 데이터 측정의 오류로 인하여 기록에 실패하였다.

4.3 평균부착응력과 미끌림과의 관계

인발시험은 FRP 보강근이 시험체에서 완전히 뽑힐 때까지 실험을 수행하였다. 실험 중 최대 인발하중에 도달하였을 때 평균부착응력을 구하고, 하중단 및 자유단의 미끌림 길이를 측정하였다.

인발시험을 통한 AFRP 보강근의 평균부착응력과 미끌림 길이에 대한 결과값을 표 5에 정리하였다. 표 5의 평균부착응력은 다음과 같이 계산하였다.

$$u = \frac{P}{\pi d_b l_d} \quad (1)$$

여기서, u = 평균부착응력

P = 인장하중

d_b = FRP 보강근의 직경

l_d = FRP 보강근의 문힘 길이

또한 인발시험 시 FRP 보강근이 탄성변형을 한다고 가정하고 표 5의 하중단 미끌림 길이를 다음과 같이 계산하였다.

$$\delta_a = \delta_m - \delta_c \quad (2)$$

$$\delta_c = \frac{PL}{EA} \quad (3)$$

여기서, δ_a = 하중단의 미끌림

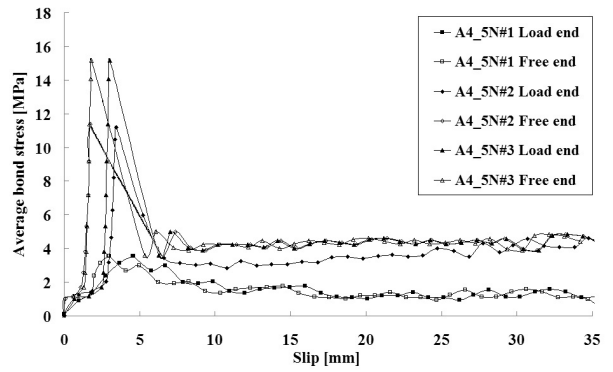
〈표 5〉 AFRP 보강근의 인발실험 결과

시험체	극한 상태				파괴* 양상
	평균부착응력 (MPa)	하중단 미끌림 길이 (mm)	자유단 미끌림 길이 (mm)	하중 (kN)	
A4_5#1	3.54	4.56	2.94	1.0	P
A4_5#2	11.18	3.44	1.74	3.2	P
A4_5#3	15.17	3.03	1.83	4.3	P
A4_7#1	8.84	3.64	2.33	3.5	P
A4_7#2	12.35	3.76	1.83	4.9	P
A4_7#3	11.62	4.01	1.86	4.6	P
A4_9#1	8.33	5.60	2.21	4.2	P
A4_9#2	9.18	3.57	1.96	4.7	P
A4_9#3	-	-	-	-	-
A4_11#1	10.53	12.21	2.40	6.6	A
A4_11#2	13.22	5.51	3.05	8.2	P
A4_11#3	10.19	6.31	2.85	6.3	P
A8_5#1	9.07	3.71	2.31	9.3	P
A8_5#2	11.66	4.43	2.68	12.0	P
A8_5#3	12.50	4.17	2.25	12.8	P
A8_7#1	9.76	3.75	2.33	14.0	P
A8_7#2	9.42	3.58	2.26	13.5	P
A8_7#3	12.00	3.92	2.24	17.2	P
A8_9#1	7.87	3.51	1.65	14.5	P
A8_9#2	7.25	3.62	2.51	13.4	P
A8_9#3	6.98	4.30	2.57	12.9	P
A8_11#1	6.97	3.08	2.28	15.7	P
A8_11#2	6.86	3.97	2.24	15.5	P
A8_11#3	5.05	3.11	2.31	11.4	P
A10_5#1	6.98	1.60	0.47	11.2	P
A10_5#2	8.87	4.24	2.24	14.2	P
A10_5#3	9.07	4.25	2.25	14.5	P
S10-5#1	13.00	5.80	4.21	20.8	P
S10-5#2	19.14	6.47	3.61	30.7	P
S10-5#3	13.45	5.55	3.76	21.6	P

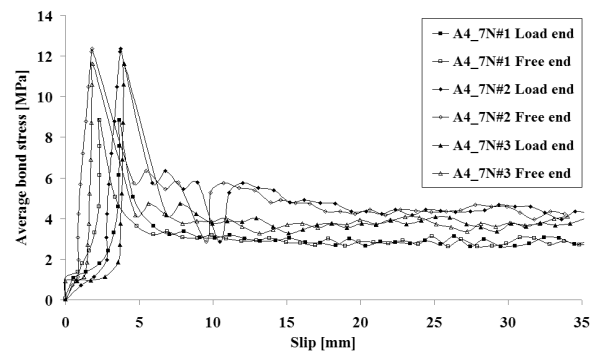
* P = 뽑힘 파괴, A = 그림의 정착부 파괴

- δ_m = 실제로 측정된 하중단의 미끌림
- δ_c = 탄성변형에 의한 변형
- P = 인발하중
- L = 문힘 길이부터 하중단 변위측정기 고정위치까지의 거리
- E = FRP 보강근의 탄성계수
- A = FRP 보강근의 단면적

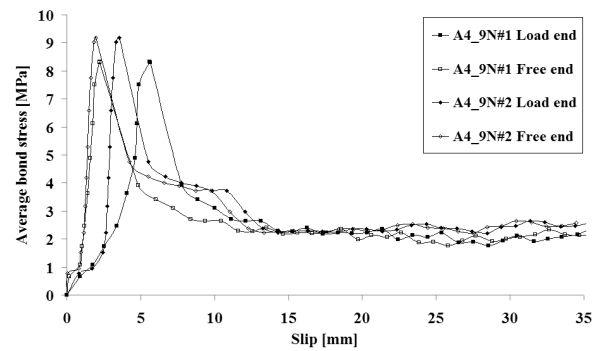
그림 6과 그림 7은 본 실험의 주요 변수인 AFRP 보강근



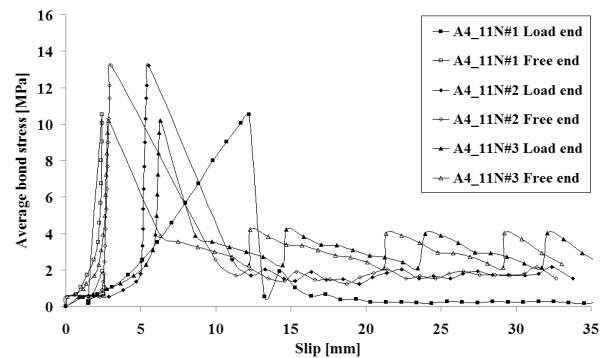
(a) A4_5



(b) A4_7

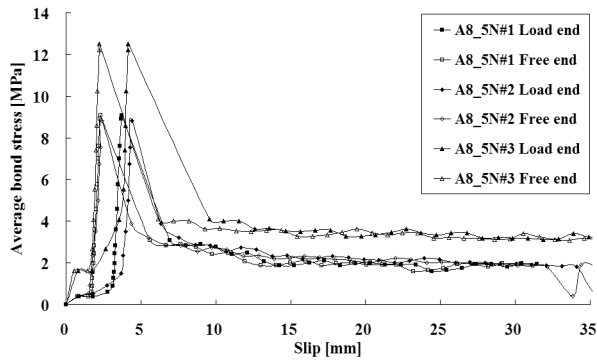


(c) A4_9

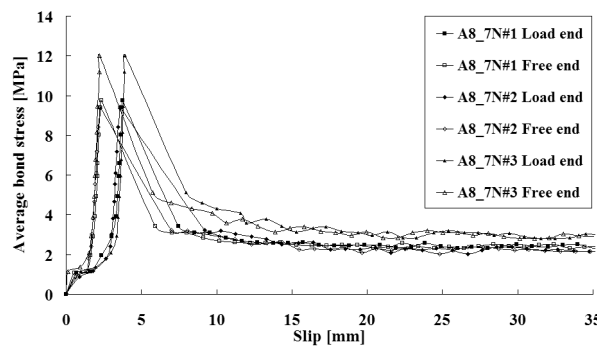


(d) A4_11

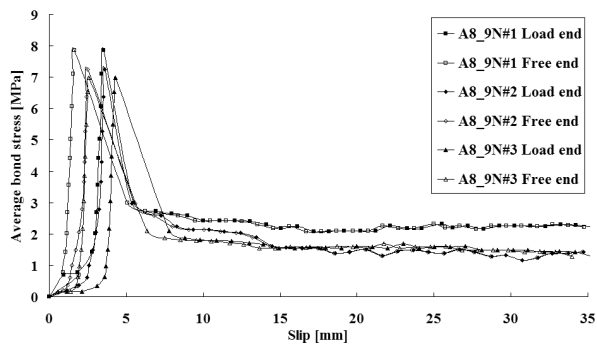
〈그림 6〉 AFRP(직경 4.2mm)의 평균부착응력과 미끌림 관계



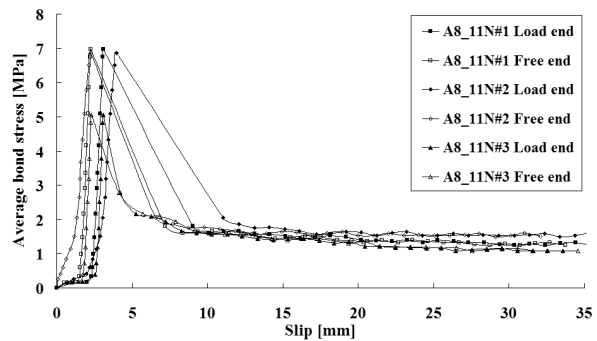
(a) A8_5



(b) A8_7



(c) A8_9



(d) A8_11

〈그림 7〉 AFRP(직경 8mm)의 평균부착응력과 미끄러짐 관계

의 직경과 묻힘 길이에 따른 평균부착응력과 미끄러짐의 관계를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 부착응력은 최대 인발하중을 기준으로 하여 급격한 감소 현상을 보이고 있다. 이는 선행 연구된 여타 FRP 보강근의 인발실험 결과와 유사한 양상을 나타내고 있다.^{(2),(3),(9)} 또한 자유단의 미끄러짐 보다 하중단의 미끄러짐 길이가 더 긴 현상을 보이고 있는데 이는 보강근과 콘크리트와의 부착응력이 하중단에서 부터 시작하여 점차 파괴되고, 부착저항이 점점 파괴되지 않은 부위로 이동하면서 일어나는 현상으로 사료된다. 이러한 현상은 Okelo 등의 선행 연구자들의 실험결과⁽²⁾에서도 보여지고 있다.

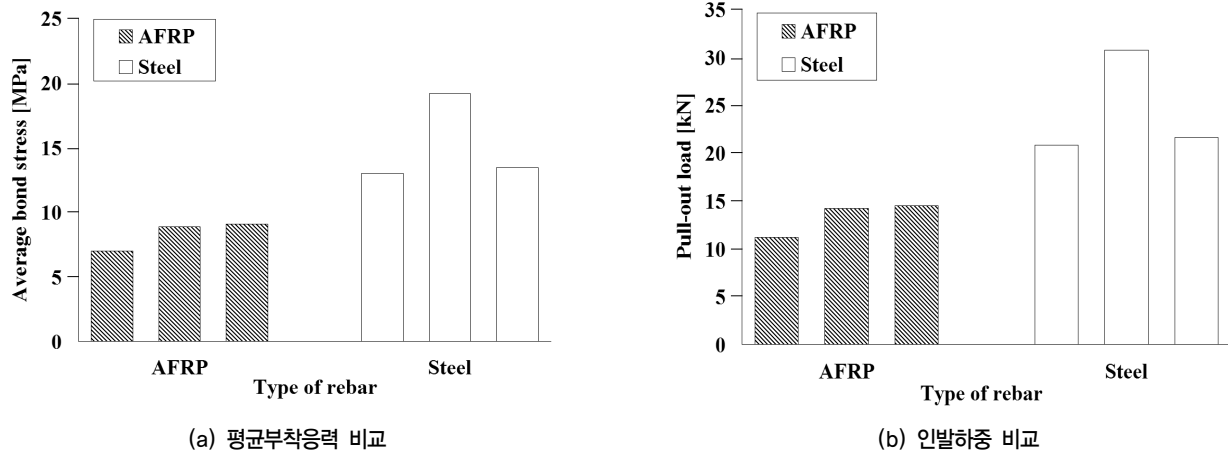
또한 최대 하중을 지나서 평균부착응력이 증가 및 감소가 반복되는 현상은 AFRP 보강근 표면의 나선 리브의 마디에 의하여 콘크리트와의 마찰력의 일시적 증가로 인한 현상으로 보이며, 최대 인발하중을 지나 급속한 감소현상을 보이고 있으나 최대 평균부착강도의 약 15-20%의 수준을 유지하는 현상은 인발실험 시 뽑힘에 의한 파괴가 진행되는 동안 AFRP 보강근의 표면의 나선리브와 모래 코팅의 영향으로 인하여 콘크리트와의 마찰을 어느 정도 유지하기 때문에 나타나는 현상으로 보인다.

4.4 보강근의 직경과 부착특성과의 관계

표 5의 실험 결과값에서 나타나듯이 AFRP 보강근의 직경($\Phi 4.2, 8, 10\text{mm}$)에 대한 부착특성을 알아보기 위해 동일한 묻힘 길이($5d_b$)를 가지는 시험체를 비교했을 때, 보강근의 직경이 증가할수록 인발하중은 증가하는 경향을 보인다. 이는 직경이 커질수록 AFRP 보강근과 콘크리트의 접촉 면적이 증가하여 인발실험 시 부착강도가 증가하는 것으로 사료된다. 그러나 평균부착응력은 직경의 증가 유무와 무관하게 비슷한 결과를 보였으며, 이는 지속적인 관련 연구를 통해 규명해야할 과제로 판단된다.

4.5 이형철근과의 비교

AFRP 보강근의 철근 대체재로서의 가능성을 판단하고자 전술한 바와 같이 직경 10mm의 AFRP 보강근과 이형철근에 대한 인발실험 시험체를 각각 3개씩 제작하여 실험을 수행하였다. 실험을 통한 AFRP 보강근과 이형철근의 부착특성에 대한 비교는 그림 8에 나타내었다. 부착응력은 이형철근이 15.2MPa, AFRP 보강근이 8.3MPa로 나타났으며, 인발강도는 이형철근은 24.3kN, AFRP 보강근은 13.3kN으로 나타났다. 이는 이형철근의 약 54.66%, 54.58%에 달



〈그림 8〉 AFRP 보강근(직경 10mm)과 이형철근(직경 10mm)과의 비교

하는 수치로 AFRP 보강근이 기존에 사용되고 있는 이형철근의 약 54%의 부착강도를 나타내는 것으로 파악되었다. 따라서 AFRP 보강근을 사용하는 경우, 이형철근에 비해 약 2배 정도의 정착 길이를 확보해야할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구에서는 AFRP 보강근의 평균부착응력과 미끌림 길이에 대하여 실험을 통해 고찰하였다. 실험의 주요 변수로는 AFRP 보강근의 직경($\Phi 4.2, 8, 10\text{mm}$)과 묻힘 길이 (5db, 7db, 9db, 11db)이며, 총 30개의 시험체를 통하여 압축강도 35MPa의 콘크리트에 대한 인발실험을 수행하였다. 또한 기존에 사용되고 있는 이형철근과의 비교를 통하여 AFRP 보강근의 부착특성을 알아보았다. 실험을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. AFRP 보강근의 인발실험 수행결과, AFRP 보강근의 평균부착응력과 미끌림 관계는 최대하중을 지나 급속히 감소하는 현상을 보였다. 이는 이형철근의 평균부착응력과 미끌림 관계와 비슷한 양상이다. 또한 AFRP 보강근 표면의 나선리브와 모래 코팅이 급격히 감소하는 하중에 대하여 마찰력을 발생시켜 부착강도를 어느 정도 유지시켜주는 것으로 관찰되었다.
2. AFRP 보강근의 직경에 대한 실험분석 결과, 직경이 증가할수록 인발하중은 증가하는 경향을 보였으나, 평균부착응력은 대체적으로 비슷한 경향을 보였다. 이는 직경이 증가할수록 보강근과 콘크리트의 접촉면적이 증가하여 부착강도가 증가하는 것으로 사료된다. 그러나 직경에 관계없이 평균부착응력이 일정한 경향을 보이는 것은 지속적인 관련 연구 및 실험을 통해 규명해야 할 것으로

판단된다.

3. 기존에 사용되고 있는 이형철근과의 비교를 통해서 AFRP 보강근의 부착특성은 이형철근의 약 54%의 강도를 발휘하는 것으로 나타났다. 이는 기 수행된 FRP 보강근의 부착특성이 이형철근의 40-100% 정도의 기능을 한다는 연구결과⁽²⁾와 부합하는 것으로, 콘크리트 구조물에서 AFRP 보강근을 사용할 경우 보강근의 정착 길이를 약 2배 이상으로 정착시켜야함을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 07첨단도시개발사업(과제번호:07도시재생B03)의 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 김재생, 서대원, 신성우, 안중문, 한범석, “FRP 보강근을 사용한 콘크리트 보의 콘크리트 강도 효과” 대한건축학회지, 25(1), 2005.
2. Okelo, R. and Yuan, R. L., “Bond Strength of Fiber Reinforced Polymer Rebars in Normal Strength Concrete,” *Journal of composites for construction*, 19(3), 2005.
3. 김태영, 박지선, 이정운, 김광환, “콘크리트 압축강도가 GFRP 복합재료 보강근의 부착강도에 미치는 영향,” 대한건축학회지, 21(12), 2005.
4. 이상호, 안상호, “FRP 봉을 주근으로 사용한 콘크리트 보 부재의 휨 거동,” 대한건축학회지, 21(1), 2005.
5. Malvar, L. J., Cox, J. V., and Cochran, K. B., “Bond between Carbon Fiber Reinforced Polymer Bars and Concrete. I : Experimental Study”, *Journal of composites for construction*, 7(2), 2003.
6. 서대원, 한범석, 신성우, “FRP 보강근을 주근으로 사용한 일

- 방향 콘크리트 슬래브의 거동,” 한국콘크리트학회지, 19(6), 2007.
7. ACI *Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures*, American Concrete Institute Committee 440. 3R-04, 2004.
8. ASTM *Standard test method for Tensile Properties of Pulltruded Glass-Fiber-Reinforced-Plastic Rods*, American Society of Testing Materials D 3916-02, 2002.
9. Won, J. P., Park, C. G., Kim, H. H., Lee, S. W., and Jang, C. I., “Effect of fibers on the bonds between FRP reinforcing bars and high-strength concrete,” *Journal of composites for construction*, 2008.