

부착강도에 대한 이형철근의 마디형상 영향

Rib Effect of Deformation on Bond Strength

박 영 수^{*} 양 승 열^{**} 김 병 국^{***} 홍 기 섭^{****} 최 완 철^{*****}
Park Young Su Yang, Seung Yul Kim, Byoung Kook Hong, Gi Suop Choi, Oan Chul

ABSTRACT

Bond between reinforcing bar and surrounding concrete is supposed to transfer load safely in the process of design of reinforced concrete structures. The effects of deformation properties on bond of reinforcing bars to concrete are studied. Beam-end tests are used to investigate the effects of machining of bars in addition to rib angle and relative rib area. The test results show that bond strength of machined bars were higher than the conventional bars produced in factory. Higher rib height bars with rib angle $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ showed higher bond strength than lower rib height bars with low angle.

1. 서론

부착력은 철근콘크리트 구조에서 철근의 응력을 콘크리트로 전달하는 것으로 철근콘크리트 구조의 기본 조건이다. 부착성능을 크게 개선시킨 이형철근이 개발된 이래 부착기구, 슬립, 파괴형태, 철근마디형태, 정착길이 등을 중심으로 끊임없이 연구가 수행되었다. 부착파괴는 췌기작용에 의한 피복 콘크리트의 췌갠 파괴와 철근마디의 콘크리트 국부지압에 의한 뽕힘 파괴로 구분되며 이러한 파괴거동 또한 철근의 마디형태가 영향을 미친다. 최근 높은마디면적비 철근에 대한 연구가 발표되고 있으나 더욱 기본적으로 마디형태를 이루는 마디각, 마디높이, 마디와 마디사이의 폭이 부착강도에 미치는 영향 등 기초연구가 요구되고 있다. 본 논문에서는 부착 실험을 수행하여 철근의 마디형태, 특히 철근가공법, 마디각, 마디높이 및 마디간격에 따른 부착강도에 미치는 영향에 관해 고찰한다.

2. 부착실험

본 논문에서는 이형철근의 마디형태에 따른 부착강도에 미치는 영향을 보기위한 실험으로 시험에 사용된 주요변수는 마디간격, 마디높이, 마디각 이다. 시험체명의 표기는 기존철근(CV)과 동일하게 기계적

* 정희원, 숭실대학교 건축공학과 석사과정

** 정희원, 숭실대학교 건축공학과 박사과정

*** 정희원, 숭실대학교 건축공학과 강사, 공학박사

**** 정희원, 홍익대학교 건축공학과 교수, 공학박사

***** 정희원, 숭실대학교 건축공학과 교수, 공학박사

가공을 한 철근 Mch, 기존대비 마디높이를 20 % 높인 것을 MR, 기존대비 마디간격을 25 % 줄인 것을 LS, 마디각(15°, 30°, 45°, 60°, 90°)에 따라 구분 표기하였다. 그림 1은 철근의 상세도이다.

표 1은 재료특성을 나타낸 것으로 D25철근을 사용하였으며, 콘크리트 강도는 29MPa이다. 보단부 시험체의 크기는 230mm×310mm×550mm 육면체로서 보의 절단면 형태를 사용하였다. 부착력이 실험되는 문합 길이는 10d_b이며, 시험체 전면에 콘파괴를 방지하기 위하여 50mm 길이의 PVC 파이프를 매설하였고, 스트립 철근의 배근은 횡구속영향을 보기위하여 D13@100 으로 배근하였다. 시험체의 개수는 총 28개로서 Mch 4개를 제외한 각 변수별 3개씩 제작하였다. 그림 2는 시험체 상세도이다.

시험체 가력은 유압잭을 이용하여 요크를 통해 철근을 인장하는 방법으로 실험하였다. 인장실험시 요크가 평행하게 인장을 받도록 하였으며, 직경 25.4mm 의 강봉에 strain gage를 부착하여 하중을 측정하였다. 철근과 콘크리트의 슬립의 측정은 철근의 인장력을 받는 철근에 좌우로 두 개의 LVDT가 설치되었고, 하중이 작용되지 않는 반대방향에 LVDT를 한 개 설치하였다. 그림 3은 시험체 가력틀이다.

표 2는 보 단부 시험체의 부착실험 결과를 정리한 것이다. 표 2에서 H_r은 마디높이, S_r은 마디간격, A_r은 마디각, R_r은 상대마디면적이며, R_r과 파괴하중 열의 항목은 각각 CV(Conventional Bar, 기성품)를 1로 하였을 때의 비율이다. 따라서 비율이 1인 경우는 CV와 같은 강도비를 갖는 것이며 1.127라는 의미는 CV 시험체에 비하여 12.7%의 강도 증가가 있음을 의미하는 것이다.

표 1. 재료특성

(a) SD40 D25철근의 재료특성

	공칭단면적(mm ²)	철근의 항복강도(kN)	철근의 인장강도(kN)
SD40 D25	506.7	194~253(198) ¹⁾	277이상

(b) 콘크리트 재료특성

	f _{ck} (MPa)	물-시멘트 비(%)	최대골재치수(mm)	슬럼프(cm)	공기량(%)
배합설계	27(29)*	47	25	12	4.5

* 배합설계시 콘크리트강도(실험 시작시 콘크리트 강도)






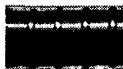



마디간격과 높이 변수		마디각 변수	
CV		15°	
Mch		30°	
MR		45°	
LS		60°	
		90°	

그림 1. 변수별 철근 가공

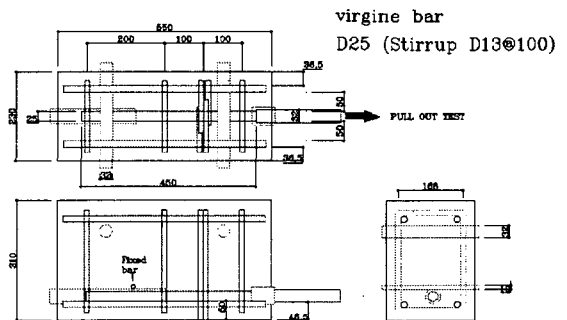


그림 2. 시험체 상세도

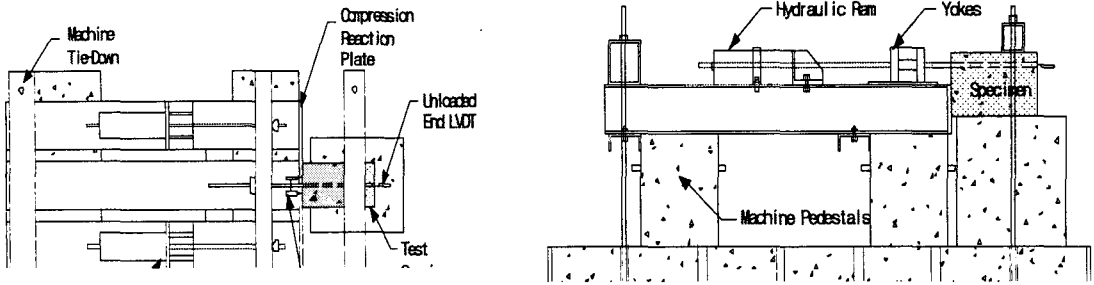


그림 3. 시험체 가력틀

3. 결과 분석

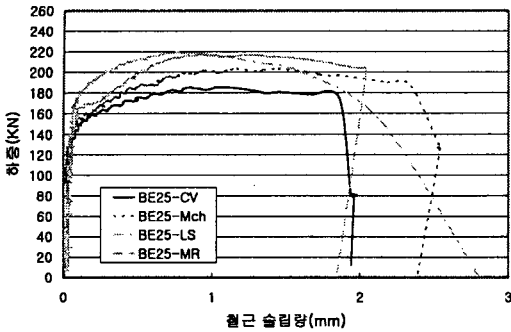
시험체의 부착강도는 하중증가가 더 이상 일어나지 않고, 하중이 하강하는 지점을 부착강도로 본다. 즉 하중-철근 슬립량 그래프에서 최대 하중점을 부착강도로 본다. 부착강도는 철근 슬립량이 1.0mm~1.5mm 사이에서 발생하는 것을 확인하였다.

기존철근(CV)과 비교하여 마디를 높인 MR, 마디 폭을 좁힌 LS와 기계적 가공을 한 Mch는 12~22% 부착강도 증가를 보였으며, Mch와 비교하여서는 LS와 MR은 각각 8%와 5%의 부착강도 증가를 보였다. 상대마디면적비에 따른 부착강도는 R_r 값이 증가할수록 값이 부착강도가 증가하였으며, Mch와 CV는 R_r 값이 같음에도 12%의 부착강도 증가를 보였다. 철근의 마디각이 15°를 기준으로 마디가 높아짐에 따라 5~10% 정도의 부착강도 증가를 보였으나, 마디각이 60°를 넘으면 강도증가가 적으며, 30°~60°사이에서 부착강도 영향이 큰 것으로 나타났다.

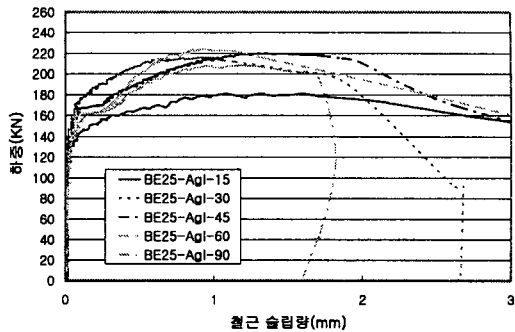
그림 4. (a)의 하중-철근 슬립량 그래프에서 시험체에 균열이 발생할 시 철근과 콘크리트간의 접합면이 떨어지면서 그래프가 비선형 구간으로 바뀔 수 있었으며, 비선형 구간이 나오는 지점은 CV철근의 경우는 부착강도가 120kN 부근에서였고, MR과 LS의 경우는 부착강도 140~160kN에서 나타났다. 그림 4. (b)의 그래프에서 마디각이 15°와 30°인 경우 철근의 비선형 구간 이후의 하중증가 없이 철근의 슬립량만

표 2. 마디형태에 따른 부착강도 실험결과

Specimen	h_r (mm)	s_r (mm)	A_r (°)	R_r		파괴하중	Experimental results		
				측정값	비율		비율		
							CV 기준	Mch 기준	15° 기준
BE25-CV	1.6	18.0	30~45	0.083	1.000	182.5	1.000	0.887	0.888
BE25-Mch	1.6	18.0	55	0.083	1.000	205.7	1.127	1.000	1.001
BE25-MR	2.0	18.0	55	0.104	1.253	217.1	1.189	1.055	1.057
BE25-LS	1.6	13.5	55	0.125	1.506	223.0	1.221	1.084	1.086
BE25-Agl-15	1.8	17.0	15	0.099	1.192	205.3	1.124	0.998	1.000
BE25-Agl-30	1.8	17.0	30	0.099	1.192	219.3	1.201	1.066	1.068
BE25-Agl-45	1.8	17.0	45	0.099	1.192	217.7	1.192	1.058	1.060
BE25-Agl-60	1.8	17.0	60	0.099	1.192	226.0	1.238	1.098	1.100
BE25-Agl-90	1.8	17.0	90	0.099	1.192	216.8	1.187	1.053	1.056



(a) 마디 폭과 높이가 변수인 시험체



(b) 마디각이 변수인 시험체

그림 4. 하중-철근 슬립량 그래프

증가하는 지점이 없으며, 마디각이 30°가 넘는 각도에서는 하중증가 없이 0.2mm 정도의 슬립량만 증가하는 구간이 부착강도 160kN 지점에서 나타났다. 이는 마디각의 영향으로 뚜렷한 하중증가는 일어나지 않지만, 부착파괴거동에 있어서는 콘크리트 내부 파쇄에 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 철근의 마디형태(마디 높이, 마디 폭, 마디 각)에 따른 철근의 부착 성능에 관한 실험적 연구를 수행하여 얻어진 결과를 논의 하였다. 상대마디면적은 콘크리트와 철근의 부착강도비에 가장 중요한 변수로써 상대마디면적이 클수록 부착강도비는 증가하는 것으로 나타났다. 기계적 가공에 의한 시험체가 공장생산 철근 보다 부착강도가 높게 나타났다. 상대마디면적이 같은 경우 마디 각이 증가함에 따라 부착강도는 증가하며 그 효과는 30°~60°사이에서 가장 크게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구(과제번호:R01-2003-000-10606-0) 연구비 지원으로 수행되었으며 이 지원에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. ACI Committee 408, "Splice and Development Length of High Relative Rib Area Reinforcing Bars in Tension (408.3-01) and Commentary (408.3R-01)" American Concrete Institute, 2001
2. David Darwin, Jun Zuo, Michael L. Tholen, Emmanuel K. Idun, "Development Length Criteria for Conventional and High Relative Rib Area Reinforcing Bars," University of Kansas Center for Research, INC. Lawrence, Kansas, May, 1995
3. Bilal S. Hammad, Bond Strength Improvement of Reinforcing Bars with Specially Designed Rib Geometries, ACI, 1995
4. 김상준, "콘크리트와 철근의 부착에 대한 횡구속의 영향," 숭실대학교 석사학위 논문, 1998