

갈고리 시험체를 이용한 높은마디면적 철근의 정착성능

Evaluate Anchorage Strength of High Relative Rib Area Bars Using Hook Test Specimens

서 동 민* 홍 기 섭** 최 동 욱*** 최 완 철****
Seo, Dong Min Hong, Gi Suop Choi, Dong Uk Choi, Oan Chul

ABSTRACT

Bond failure of reinforcing bar generally take place by splitting of the concrete cover as bond force between concrete and reinforcing bars exceeds the confinement of the concrete cover and reinforcement. However, the confinement force in practice has a limitation. Thus, the only variable is the bearing area corresponding to the change of bond force. In this study, to the evaluate anchorage strength of high relative rib area bars, hook bond test specimens are tested and the results are discussed. Higher rib height bars when bars are confined showed higher anchorage strength than lower rib higher bars.

1. 서론

철근과 콘크리트의 부착 성능은 철근콘크리트 구조의 기본 조건이다. Clark에 의해 이형철근이 개발된 이래 부착기구, 슬립, 파괴형태, 철근마디형태, 정착길이, 내진거동 등을 중심으로 끊임없이 연구가 수행되었다. 1980년대 이후 철근마디로부터 썩기작용에 의해 발생하는 응력을 3차원으로 해석하고 이론적으로 규명하기 시작하였고 철근마디 및 마디각도의 중요성이 확인되었다. 부착강도가 우수한 철근마디 형태에 대해 Darwin, Hamad등에 의해 연구 수행되었으나 계면특성과 관련한 상대마디면적 등에 대한 이론적 근거가 제시되지 못하였고 제한적 실험 위주의 연구가 시행되었으며 높은마디면적 철근의 활용이 지연되고 있다.

본 논문에서는 철근의 마디형태를 개발하여 콘크리트와의 부착 성능을 개선시켜 구조 안전성과 가공성 및 시공성을 향상 시키고자 한다. 부착성능 향상을 위해 2년간 보단부, 보이음 시험체를 이용하여 실험하였다. 따라서 이러한 2년간의 실험 결과를 바탕으로 높은마디면적 철근의 부착 및 정착 성능에 관한

*정회원, 숭실대학교 건축공학과 석사과정

**정회원, 홍익대학교 건축공학과 교수, 공학박사

***정회원, 한경대학교 건축공학과 교수, 공학박사

****정회원, 숭실대학교 건축공학과 교수, 공학박사

기초연구의 평가 및 실험적 연구를 수행하였다. 갈고리 철근은 갈고리 자체의 정착력과 직선부위의 부착력의 조합으로 뽑힘에 저항한다. 본 연구에서는 총 24개의 90°굽힘 갈고리 철근 시험체에 대한 실험을 수행하였으며, 실험의 주요 변수는 높은 마디 철근의 상대마디면적과 철근직경으로 한다.

2. 갈고리 부착 실험

본 논문에서는 높은마디면적 철근을 접합부의 정착 상세인 갈고리 철근의 성능 향상에 대하여 부착실험을 통하여 부착강도를 측정하여 비교, 분석한다. 변수는 높은 마디 철근의 상대마디면적과 정착길이이다. 콘크리트 28일 강도가 18MPa인 갈고리 시험체를 제작하여 SD40 D19와 D22의 철근을 각각 상대마디면적과 정착길이를 조합한 4가지 변수로 시험하여 상대마디면적이 부착특성에 미치는 영향을 연구한다. 그리고 상대마디면적에 따른 갈고리 시험체의 파괴모드를 관찰하였다.

시험체명의 표기는 기존대비 마디높이를 40%높인 것을 HR, 기존대비 마디높이를 20% 높인 것을 MR이라 표기한다. 마디높이 변수별로 여장길이가 $8d_b$ 인 것(Lb)과 $4d_b$ 로 한 것(Sb)으로 각각 제작하였다. 표 1은 기성품과 가공 철근의 사진이다.

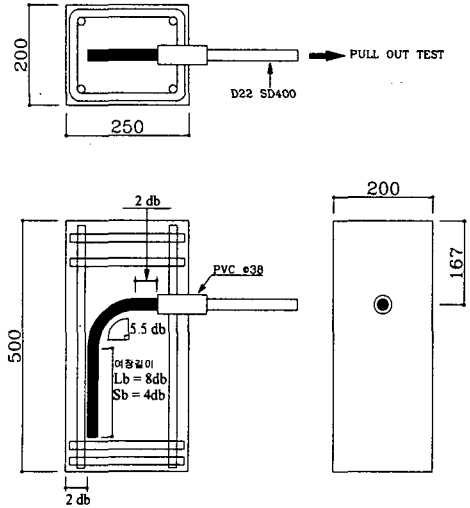


그림 1 갈고리 시험체의 상세도

표 1 기성품 철근과 가공철근

구 분	CV	HR	MR
D22			

3. 결과 분석

3.1 갈고리 시험체의 파괴모드

갈고리 시험체의 순수한 파괴를 관찰하기 위해 90° 굽힘 갈고리 철근 구간에는 타이철근을 배근하지 않았다. 갈고리 철근에 인장력이 가해지면 최대부착강도에 도달하기 전 갈고리 철근의 90° 굽힘 철근의 단부부분에서 가장 먼저 균열이 발생한다. 이것은 철근이 인장력을 받아서 구부러진 철근이 퍼지려는 힘이 측면피복으로 전달되면서 발생하는 균열이다. 그리고 굽힘 철근 구간에 시험체의 측면에서 가정된 압축구역의 근처에서 약 45도 상하방향으로 전단파괴가 처음으로 관찰되었고, 갈고리철근의 절곡부분 근처의 측면피복에서도 거의 동시에 균열이 나타났다. 파괴직전에 크랙의 폭이 더욱 증가하였으며 균열의 숫자도 늘어났다. 시험 후 부풀어 오른 측면 피복을 제거해서 균열형태와 갈고리근처의 콘크리트의 압괴현상을 관찰하였다.

1) 콘크리트부착물이 철근의 마디의 측면에 붙어 있었다.

2) 갈고리구역을 면밀히 관찰한 결과 절곡부분의 내부반경에 콘크리트의 분쇄된 것이 보였다.

3) 90° 갈고리의 모든 시험체에서, 그림 2에서 보는 것과 같이 수평균열이 갈고리의 끝부분근처의 시험체의 뒷면에서 하중이 클 때 나타났다. 슬림이 커져서 인장하에서 철근이 곧게 펴지려는 경향이 있어서, 갈고리의 뒷면 콘크리트피복을 쪼개려한다. 그러나 이러한 균열은 매우 작아서 모든 시험체에서 사용된 끝부분의 길이에 대해서 50mm의 피복은 설계목적상 충분하다.



그림 2 HK22-HR-Lb의 파괴모드

3.2 부착실험 결과

표 2는 D19 갈고리 시험체의 부착실험 결과를 나타낸 것이며, 표 3은 D22 갈고리 시험체의 부착실험 결과를 나타낸 것이다. 그림 2는 D19 갈고리 시험체의 하중-슬립곡선이며, 항복하여 마디면적에 따른 영향을 파악할 수 없었다. 철근이 항복하지 않은 D22 갈고리 철근에서는 CV에 비해서 HR은 21%, MR은 13%의 부착강도 증가 효과를 나타내었다. 그림 3는 D22 갈고리 철근의 하중-변위 곡선을 나타낸 그래프이며 그래프에서 알 수 있듯이 D19갈고리 철근이 D22 갈고리 철근보다 강성이 적은 것으로 나타났으며, 높은 마디 철근인 HR, MR 갈고리 철근의 강성이 CV 갈고리 철근의 강성보다 크다.

표 2 갈고리 부착실험 결과 (D19 SD40 $f_{ck}=18\text{MPa}$)

구분	h_r (mm)	s_r (mm)	R_r		파괴하중 (Lb)		파괴하중 (Sb)	
			측정값	비율	실험값(kN)	비율	실험값(kN)	비율
KS	1.0~2.0	13.4						
CV	1.0	13.0	0.066	1.0	130.11	1.0	135.74	1.0
HR	1.9	13.0	0.135	2.05	135.91	1.045	126.10	0.929
MR	1.7	13.0	0.118	1.79	124.75	0.959	120.91	0.891

* SD40 D19의 최대부착항복하중 = $2.865 \times 40 = 114.0\text{kN}$

표 3 갈고리 부착실험 결과 (D22 SD40 $f_{ck}=18\text{MPa}$)

구분	h_r (mm)	s_r (mm)	R_r		파괴하중 (Lb)		파괴하중 (Sb)	
			측정값	비율	실험값(kN)	비율	실험값(kN)	비율
KS	1.1~2.2	15.5						
CV	1.62	15.3	0.083	1.0	133.77	1.0	114.32	1.0
HR	2.275	15.7	0.133	1.60	144.46	1.08	138.40	1.21
MR	1.915	16.0	0.111	1.14	149.6	1.12	129.15	1.13

* SD40 D22의 최대부착항복하중 = $3.871 \times 40 = 154.8\text{kN}$

4. 결론

철근의 정착길이의 충분한 확보는 구조적인 안전성에 있어서 매우 중요하다. 그러나 현실적으로는 콘크리트 구조물 설계시 단면의 크기나 부재의 위치, 콘크리트 강도에 따라 철근의 정착길이를 충분히 확

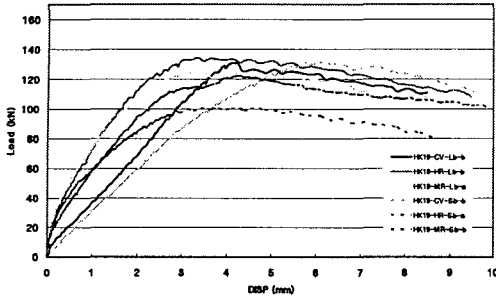


그림 2 HK19 하중-슬립 곡선

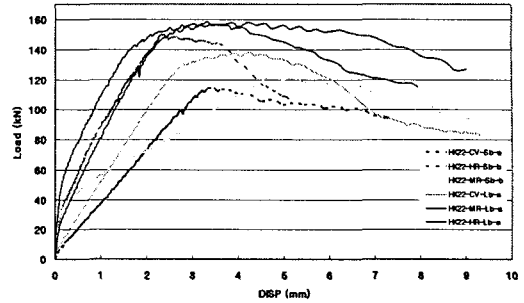


그림 3 HK22 하중-슬립 곡선

보하는데 많은 어려움이 있다. 그리고 철근의 부착성능 확보는 경제성, 구조적 안전성, 시공성 등의 향상과 매우 밀접한 관계를 가지고 있으므로 부착성능 향상을 위한 높은마디면적 철근의 개발이 절실히 필요한 시점이다. 본 논문은 철근의 부착성능을 향상시키기 위해 높은마디면적 철근의 정착길이에 대한 연구를 수행하여 마디높이가 높을수록 정착길이가 짧아진다는 결론을 얻었다. 갈고리 시험체에서의 높은마디면적 철근의 부착성능은 기존 철근의 부착성능과 비교하여 13~21%가 향상되었다. 향후 고강도 콘크리트, 고강도 철근의 부착실험도 계속 수행 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구(과제번호:R01-2003-000-10606-0(2004)) 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, Lawrence, Kansas, May, 1995.
3. 김상준, "콘크리트와 철근의 부착에 대한 횡구속의 영향," 숭실대학교 석사학위 논문, 1998.
4. Bilal S. Hamad, James O. Jirsa, and Natalie I. D'Abreu de Paulo, "Anchorage Strength of Epoxy-Coated Hooked Bars," ACI Structural Journal V. 90, No. 2 March-April, 1993. pp. 10-21.