

# 높은마디면적 철근의 부착 성능평가

## Evaluate Bond Strength of High Relative Rib Area Bars

양 승 열\*                      서 동 민\*\*                      홍 건 호\*\*\*                      최 완 철\*\*\*\*  
Yang, Seung Yul              Seo, Dong Min                  Hong, Gun Ho                  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. 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. In this study, to evaluate bond strength of high relative rib area bars, beam-end bond and splice beam specimens are tested and the results are discussed. Higher rib height bars when bars are confined showed higher bond strength than lower rib height bars.

### 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, 내진거동 등을 중심으로 끊임없이 연구가 수행되었다. 부착파괴는 썩기작용에 의한 피복 콘크리트의 조깅 파괴와 철근마디의 콘크리트 국부지압에 의한 뿔힘 파괴로 구분된다. 이후 지속적인 연구와 실험을 통해 횡구속된 철근의 상대마디면적이 부착강도에 영향을 있는 현상을 알게 되었으며 철근마디면적의 중요성이 확인되었다.

본 논문은 철근의 마디형태를 개발하고 이론적 근거를 마련하기 위한 지난 2년간의 고강도 높은 마디 철근의 부착 실험 결과이다. 본 논문에서는 고강도 높은 마디 철근의 부착 성능 개선을 위한 실험 중 60개의 보단부 시험체, 24개의 보이음 시험체를 실험하였고, 마디 형태, 콘크리트 강도, 철근의 강도 등이 부착 및 이음에 미치는 영향을 분석하였다.

\*정회원, 숭실대학교 건축공학과 박사과정

\*\*정회원, 숭실대학교 건축공학과 석사과정

\*\*\*정회원, 호서대학교 건축공학과 교수, 공학박사

\*\*\*\*정회원, 숭실대학교 건축공학과 교수, 공학박사

## 2. 부착실험

실험에 사용된 주요 변수는 상대마디면적과 철근강도, 콘크리트 강도로 하였다. 시험체명의 표기는 기존대비 마디높이를 40% 높인 것을 HR, 기존대비 마디높이를 20% 높인 것을 MR, 기존대비 마디높이를 20% 높이고, 간격을 25% 줄인 것을 MS, 기존대비 간격을 25% 줄인 것을 LS라 표기하였다.(표 1)

표 2와 3은 보 단부 시험체와 보 이음 시험체의 부착실험 결과를 정리한 것이며 전체 8개의 그룹으로 구성되었다. 표2와 표3에서  $h_r$ 은 마디높이,  $s_r$ 은 마디간격,  $R_r$ 은 상대마디면적이다.  $R_r$ 과 파괴하중 열의 항목은 각각 CV(Conventional Bar, 기성품)를 1로 하였을 때의 비율이다. 따라서 파괴하중 비율 값이 1인 경우는 CV와 같은 부착강도를 갖는 것이며, LS의 파괴하중 비율이 1.175라는 의미는 CV 시험체에 비하여 17.5%의 부착강도 증가가 있음을 의미하는 것이다.

표 1 변수별 철근 가공






Specimen	CV	HR	MR	MS	LS
D25					

표 2 보 단부 시험체 결과

시험 그룹	철근 종류	콘크리트 강도 (MPa)	구 분	$h_r$ (mm)	$s_r$ (mm)	$R_r$		파괴하중 (보단부)	
						측정값	비율	실험값(kN)	비율
1	D19 SD50	27	KS	1.0~2.0	13.4				
			CV	1.65	12.5	0.098	1.000	118.00	1.000
			HR	2	13.45	0.136	1.388	138.20	1.171
			MR	1.65	13.35	0.120	1.224	125.50	1.064
			MS	1.7	10	0.157	1.602	132.70	1.125
			LS	1.27	9.9	0.121	1.235	138.70	1.175
2	D19 SD40	18	KS	1.0~2.0	13.4				
			CV	1	13	0.066	1.000	87.55	1.000
			HR	1.9	13	0.135	2.045	97.32	1.112
			MR	1.7	13	0.118	1.788	95.89	1.095
			MS	1.7	10	0.156	2.364	101.97	1.165
			LS	1.4	10	0.130	1.970	92.00	1.051
3	D25 SD50	27	KS	1.3~2.6	17.8				
			CV	2.1	16	0.097	1.000	213.60	1.000
			HR	2.4	17.25	0.129	1.330	255.33	1.195
			MR	2.15	17.45	0.114	1.175	250.46	1.173
			MS	2.25	12.8	0.162	1.670	272.06	1.274
			LS	1.8	13.25	0.127	1.309	265.48	1.243
4	D22 SD40	18	KS	1.1~2.2	15.5				
			CV	1.62	15.3	0.083	1.000	115.34	1.000
			HR	2.275	15.7	0.133	1.602	126.80	1.099
			MR	1.915	16	0.110	1.325	133.28	1.156
			MS	1.89	11.6	0.151	1.819	117.96	1.023
			LS	1.54	11.5	0.126	1.518	128.86	1.117

표 3 보 이음 시험체 결과

시험 그룹	철근 종류	콘크리트 강도 (MPa)	구 분	h <sub>r</sub> (mm)	s <sub>r</sub> (mm)	R <sub>r</sub>		파괴하중 (보이음)	
						측정값	비율	실험값(kN)	비율
5	D19 SD50	27	KS	1.0~2.0	13.4				
			CV	1.65	12.5	0.098	1.000	48.90	1.000
			HR	2	13.45	0.136	1.388	58.00	1.186
			MR	1.65	13.35	0.120	1.224	56.00	1.145
			MS	1.7	10	0.157	1.602	56.00	1.145
			LS	1.27	9.9	0.121	1.235	51.70	1.057
6	D19 SD40	32	KS	1.0~2.0	13.4				
			CV	1	13	0.066	1.000	32.90	1.000
			HR	1.9	13	0.135	2.045	48.60	1.477
			MR	1.7	13	0.118	1.788	54.00	1.641
			MS	1.7	10	0.156	2.364	57.20	1.739
			LS	1.4	10	0.130	1.970	39.40	1.198
7	D25 SD50	27	KS	1.3~2.6	17.8				
			CV	2.1	16	0.097	1.000	88.71	1.000
			HR	2.4	17.25	0.129	1.330	105.54	1.190
			MR	2.15	17.45	0.114	1.175	108.03	1.218
			MS	2.25	12.8	0.162	1.670	110.40	1.245
			LS	1.8	13.25	0.127	1.309	110.63	1.247
8	D22 SD40	32	KS	1.1~2.2	15.5				
			CV	1.62	15.3	0.083	1.000	66.64	1.000
			HR	2.275	15.7	0.133	1.602	100.54	1.509
			MR	1.915	16	0.110	1.325	114.24	1.714
			MS	1.89	11.6	0.151	1.819	81.21	1.219
			LS	1.54	11.5	0.126	1.518	84.82	1.273

### 3. 결과 분석

상대마디면적이 증가함에 따라 부착강도비의 증가범위는 최소 6%에서 최대 75%로 편차가 크게 나타나며, 콘크리트 강도, 철근의 강도에 따라서 그 효과는 다르게 나타난다. 그림 1은 8개 그룹별의 CV 시험체에 대한 각 시험체별 강도비(부착 또는 이음)의 추세선이다. 추세선의 기울기는 상대마디면적이 각 그룹에 미치는 영향을 의미하며 기울기가 급할수록 그 영향력이 큼을 의미한다. 그러나 상대마디면적이 크면 클수록 부착강도도 비례하여 증가하는 것은 아니다. ACI 408 위원회는 높은마디면적의 R<sub>r</sub>값을 최대 0.140까지로 제한하고 있다. 본 실험은 이러한 제한적인 R<sub>r</sub>값을 실험을 통하여 확인하고자 R<sub>r</sub>값을 최대 0.156까지 변수로 산정하였다. 실험 결과 역시 R<sub>r</sub>값이 0.150이상에서는 더 이상 강성이 증가하지 않고 일부 감소하는 양상을 보이기도 하였다. 따라서 그림 1의 추세선은 R<sub>r</sub>값이 0.150이상의 범위에 있는 데이터를 제외하여 분석한 것이다.

그림 2는 변수별 상대마디면적의 영향을 판단하기 위하여 그림 1에서 정리한 마디변수별 강도비를 CV의 R<sub>r</sub>을 0.08로 기준으로 하여 상대마디면적 0.08과 0.12 사이의 부착강도비 추세를 그린 것이다. 철근의 굵기가 굵을수록, 콘크리트 강도가 증가할수록 상대마디면적의 증가에 따라 보 단부 및 보 이

음에서 부착강도가 증가하는 것을 알 수 있다.

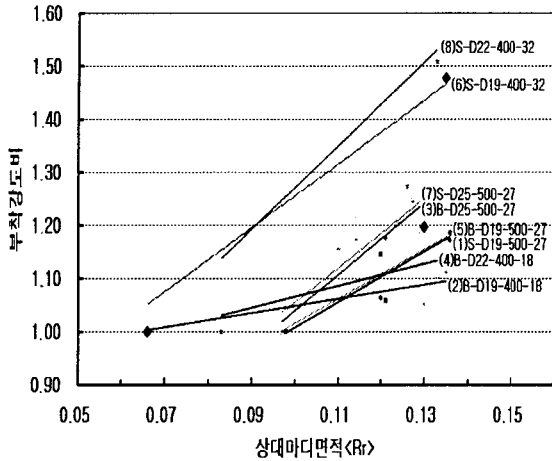


그림 1 시험체 그룹별 부착효과

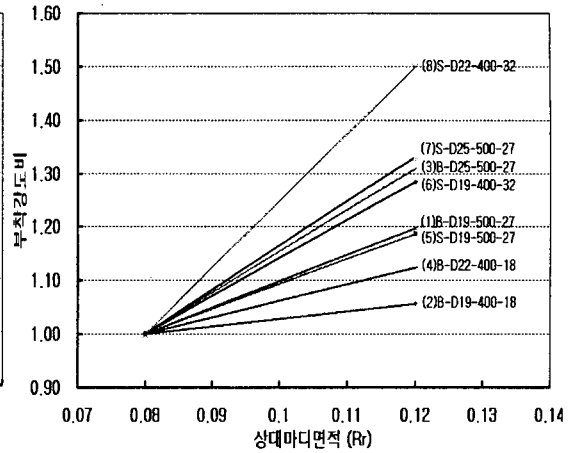


그림 2 시험체 그룹별 Rr 0.08 기준 부착효과

#### 4. 결론

본 논문에서는 2년간의 높은 마디 철근의 부착 성능에 관한 실험적 연구를 수행하여 얻어진 결과를 논의 하였다. 상대마디면적은 콘크리트와 철근의 부착강도비에 가장 중요한 변수로써 상대마디면적이 클수록 부착강도비는 증가한다. 상대마디면적이 클수록, 콘크리트의 강도가 증가할수록 더 높은 비율의 부착 및 이음 성능을 발휘하고 굵은 철근일수록 그 효과가 크다. 상대마디면적 0.08인 기존철근의 부착강도에 대비하여 상대마디면적 0.12 인 높은마디면적 철근의 부착강도가 철근의 굵기, 재료의 강도에 따라 약 10%에서 35% 까지 증가하는 것으로 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. 김상준, "콘크리트와 철근의 부착에 대한 횡구속의 영향," 숭실대학교 석사학위 논문, 1998