

반복하중시 철근의 마디형태에 따른 부착특성

Bond Performance of Steel to Concrete Subjected to Cyclic Loading

이재열* 이웅세* 최완철*

Lee, Jae Yuel Lee, Woong Se Choi, Oan Chul

ABSTRACT

Bond between reinforcing bars and the surrounding concrete is supposed to safely transfer load in the design process of reinforced concrete structures. Bar with high relative rib area will be studied further not only static load but also dynamic loading conditions to sustain better performance of bond for reinforced concrete structures under earthquake. To determine the bond behavior of high ribbed bars in beam and column joints under repeated loads, 31 pullout specimens were tested. Bond strength increases as relative rib area increases. Also the effect of relative rib area on bond is larger in cyclic loading than in monotonic loading

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

철근 콘크리트 구조에서 철근과 콘크리트 사이에 응력이 전달되어 일체화되기 위해서는 철근과 철근 주위의 콘크리트가 철근의 항복강도에 충분히 도달할 수 있을 정도까지 부착내력을 발휘하여야 한다. 따라서 철근과 콘크리트의 두 이질재료 사이의 부착 마끄러짐은 지진 하중시에 연성골조 구조물의 이력거동에 미치는 영향이 크다. 내진설계에서 이러한 부착손상을 최대한 감소시키기 위한 설계기법이 지진시 구조물을 안전하게 하는데 특별히 중요하다. 최근 정적인 조건하에 철근 마디형태에 따른 부착강도의 영향이 많은 연구가 되었지만, 지진하중시 반복하중을 받는 조건하에서는 연구가 아직 미비하며, 본 연구에서는 마디형상에 따른 상대마디면적이 구조물에 미치는 영향과 나아가 횡구속에 따른 부착강도의 영향을 파악하고자 한다.

*성희원, 숭실대학교 건축공학과 교수

**김희원, 숭실대학교 대학원 석사과정

1.2 연구방법 및 내용

철근콘크리트 구조물의 보-기둥 접합부의 부착특성에 미치는 영향은 콘크리트 압축강도, 이형철근의 마디형상과 역학적 성질, 횡보강근양 등이 있다. 본연구에서는 마디형상을 그 높이 별로 3가지를 두어 상대마디면적의 변화를 주었으며, 횡보강근양에 차별을 주고 아래의 두가지 변수에 대한 영향을 조사하고, 총 31개의 시험체를 제작하여 시험한다.

- 1) 횡구속 철근량이 부착특성에 미치는 영향(NONE, D13, D16)
- 2) 리브 높이, 즉 상대마디면적이 부착특성에 미치는 영향

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 연구에서는 반복하중시의 보-기둥 접합부의 부착거동을 모델화시켜 시험체를 제작하였다. 접합부에 수평하중이 가해졌을 때 내부 철근의 부착거동, 콘크리트와 철근 부착 전달기구에서 계면과 횡구속의 영향을 조사하고 그 관계를 밝히고자 한다. 보-기둥 접합부를 모델화한 시험체에서 콘크리트와 철근의 부착강도를 평가하기 위해 횡구속 철근량의 변수와 콘크리트와 철근의 계면에 대한 영향을 연구하기 위해 철근 마디 높이를 주요 변수로 하였다.

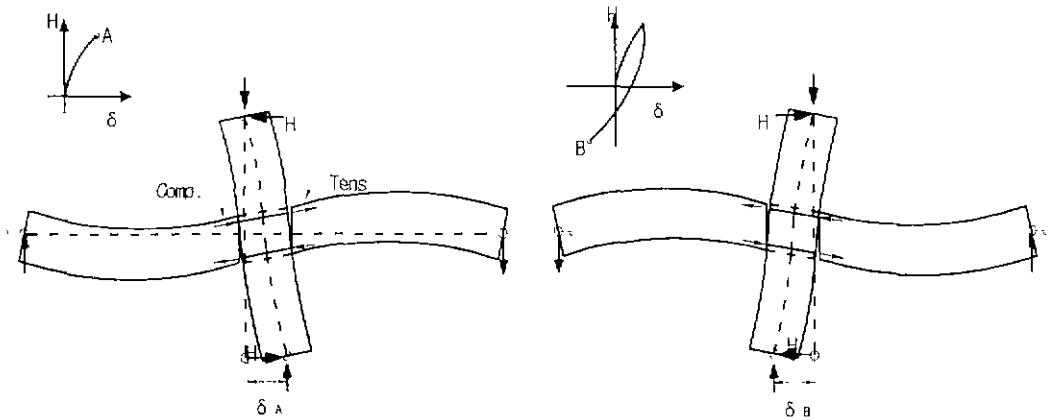


그림 1 보-기둥 접합부 거동

그림 1은 수평하중이 가해졌을 때 내부 철근의 접합부상태를 보여주며 이와 같은 접합부 상태를 부착 모델로 시험체를 제작하여 반복하중시의 철근과 콘크리트사이의 부착에 대한 계면 및 횡구속의 영향

을 연구하였다.

2.2 시험체 제작 및 실험방법

본 연구에서는 같은 변수를 가진 시험체를 크게 2가지 그룹으로 나누어 제작하여 1그룹은 단조가력을 하고 2그룹은 반복가력을 하여 시험하였다. 콘크리트의 피복두께는 $3d_b$ 이며 콘크리트 속에 묻혀지는 철근의 정착길이는 철근의 항복파괴가 아닌 부착파괴가 발생하도록 $5d_b$ (125mm)로 계획하였다.

콘크리트는 압축강도 380kgf/cm^2 을 사용하였으며 시험철근은 길이 870mm의 원형강봉을 마디 높이

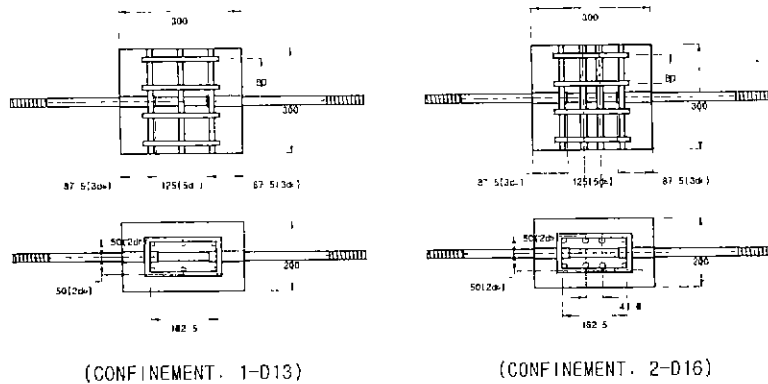


그림 2 시험체

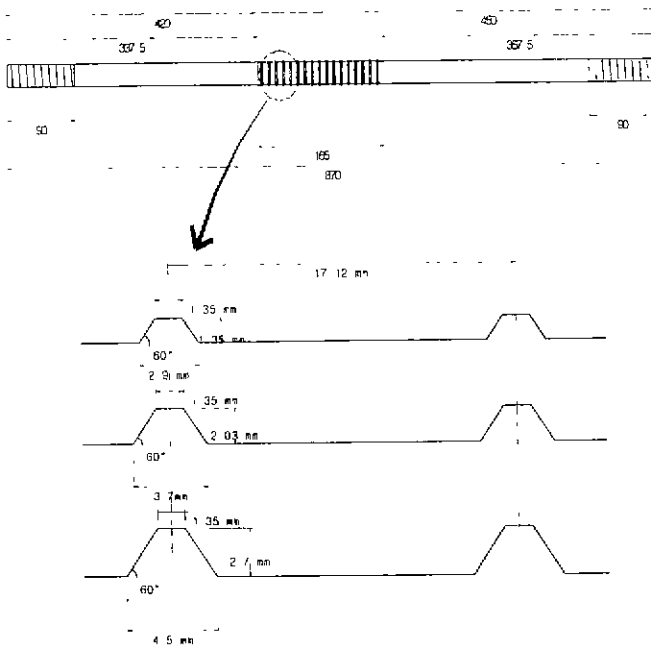


그림 3 시험체 철근

변수별로 D25 철근을 사용하였다. 시험체 크기는 $300 \times 200 \times 300\text{mm}$ 로 거의 실물 크기 시험체에 가깝게 제작하였으나, 철근의 정착길이는 $5d_b$ (12.5cm)로 하고, 콘크리트의 큰파괴 방지를 위해 양단에 P.V.C. 파이프를 삽입하였다. 4-D13 철근을 기둥 주근으로 사용하였으며, 띠근도 D13철근으로 80mm 간격으로 4개를 배치 하였다(그림 2 참고). 채하되는 철근은 보의 주근이 되며, 철근마디높이를 1.35mm, 2.03mm, 2.70mm의 3종류로 D25철근으로 만들어 시험체로 제작하여 철근계면의 영향을 파악하도록 계획하였다(그림 3참고). 하중은 시험장치를 통해서 약 40kgf/sec 으로 가력하였다 이때 하중은, 단방향일 경우는 시험체를 정방향으로 일

정한 속도에 따라 하중을 가했으며, 반복인 경우 변위제어는 정·부 방향으로 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.75, 2.5, 4mm 까지 증분재하하여 7사이클까지 가력하였다

3. 실험결과

표 1 은 반복가력과 단조가력시에 각 마디형태(상대마디면적)에 따른 부착강도를 나타낸다.

표 1 횡구속과 상대마디면적에 따른 최대 부착강도

시험체	횡구속	상대마디면적 (cm ²)	부착길이 (cm)	반복최대강도 (tonf)	단조최대강도 (tonf)
CLV00S00	NONE	0.075	12.5	6.95	5.80
CMV00S00		0.109	12.5	5.00	4.20
CHV00S00		0.141	12.5	5.60	6.17
CCV00S13	2-D13 (2.53cm ²)	0.058	12.5	10.81	-
CCV13S13	3-D13 (3.80cm ²)	0.058	12.5	10.94	-
CLV13S13		0.075	12.5	12.03	17.80
CMV13S13		0.109	12.5	13.21	18.50
CHV13S13		0.141	12.5	15.58	19.58
CCV16S13	2-D13-2-D16 (6.5cm ²)	0.058	12.5	12.90	-
CLV16S13		0.075	12.5	14.71	18.70
CMV16S13		0.109	12.5	14.16	15.43
CHV16S13		0.141	12.5	19.20	19.89

예: CLV13S13

- - - - 13' Bar diameter (13: D13, 16: D16, 00: none)
- - - S: Stirrup
- - - 13 Bar diameter (13: D13, 16: D16, 00: none)
- - - V: Vertical
- - - Rib height (C: conventional, L: low, M: middle, H: high)
- - - Loading type (C: cyclic M: monotonic)

4. 결과분석

4.1 파괴모드

실험결과 파괴양상은 쪼개짐파괴와 뿔힘파괴로 나타났다 단조가력과 반복가력시 모두 횡구속이

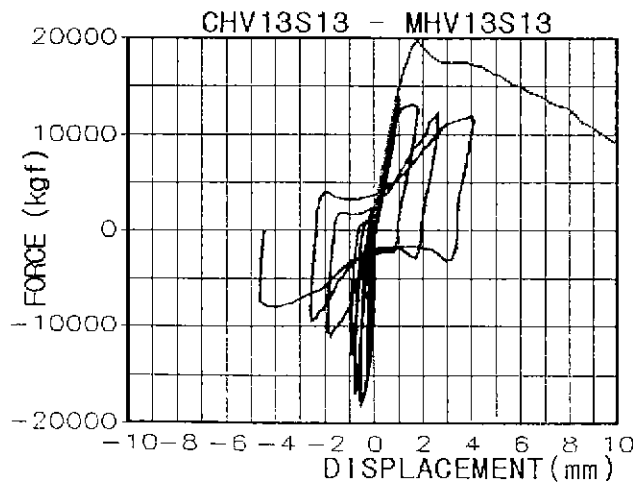
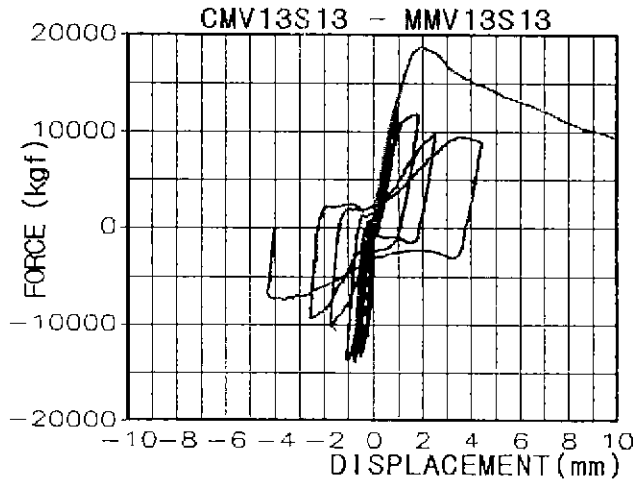
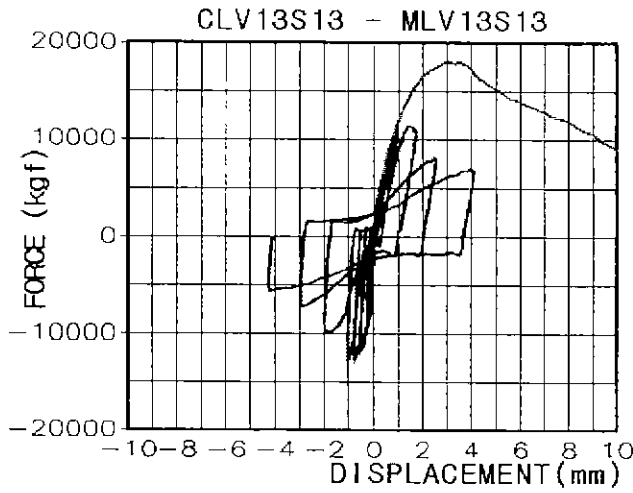


그림 4 부착력-변위 곡선

없는 시험체는 쪼개짐파괴가 일어났으며, 하중은 급속히 떨어졌다. 하지만 횡구속이 있는 경우 부착강성이 점진적으로 감소하면서 하중은 증가하는 현상이 일어났다. 또한 파괴형태는 일반적인 파괴 형태인 주근방향의 균열과 함께 횡구속이 증가할수록 주근에 직각이 되는 +자형 모양으로 파괴되었다. 횡구속이 없는 시험체의 쪼개짐파괴는 횡구속된 시험체의 강도와 비교해서 약 30%에서 주근방향으로 파괴되었다. 즉 상대마디면적 변화에 따른 $L(0.075\text{cm}^2)$, $M(0.109\text{cm}^2)$ 은 횡구속이 증가할수록 파괴가 심하게 일어났으나 $H(0.141\text{cm}^2)$ 는 오히려 균열이 적게 나타났다.

4.2 부착강도-변위 곡선

부착강도는 일정한 부착 강도 사이에 사이클이 거듭될수록 감소했으며, 또한 최대하중을 지나서부터는 그 슬립량의 변화는 사이클이 반복될수록 급격히 증가됨을 알 수 있다. 반복가력 시험체의 하중-변위 곡선은 그림 4와 같이 단조가력 곡선과 비슷한 곡선을 나타내며 강도는 단조가력시보다 감소한다. 단조가력시 부착강성과 반복가력시 초기부착강성이 일치함을 보여주고 있으며, 반복가력시 매 사이클마다 마찰력의 영향이 커짐을 알 수 있다. 반복가력시 최대강도에 도달한 후 강도감소가 단조가력시에 비해 크게 나타나고 있다. 반복가력의 경우에는 단조가력시 최대강도의 70%~90% 이상되면 부착력-슬립 거동 저감이 크게 발생하였고, 단조가력에 비해 그 강도는 반복가력이 20~30% 정도 떨어지고 있다.

4.3 부착강도

단조가력시와 반복가력시에 상대마디면적과 횡구속대한 강도 변화는 각각 그림5와 6에서 나타나고 있다. 단조가력시에 상대마디면적의 변화에 따라 전체적으로 강도가 증가하고 있다. 단조가력에 비해 반복가력은 상대마디면적이 증가함에 따라 부착강도가 더욱 크게 나타났다. 단조가력과 반복가력시에 횡구속이 증가할수록 부착강도가 증가하고 있다.

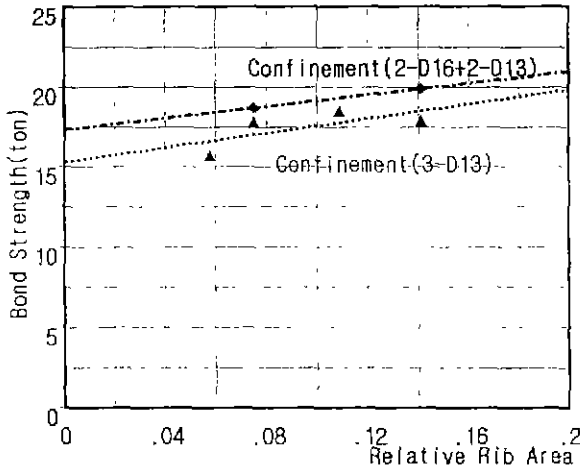


그림 5 단조가력시 상대마디면적에 따른 부착강도

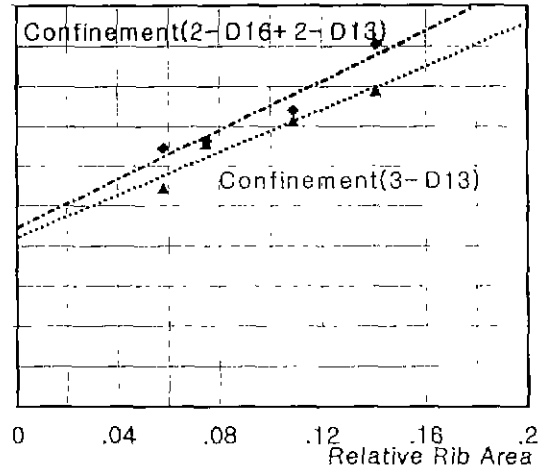


그림 6 반복가력시 상대마디면적에 따른 부착강도

5. 결론

횡구속과 리브높이가 증가할수록 단조가력시에 다소 부착력이 증가하였지만, 반복가력시에 더욱 부착력이 커지는 것으로 분석되었다. 반복가력시 반복횟수가 증가할수록 부착강성은 떨어졌으며, 일정한 슬립치에서 부착력감소는 더욱 커졌다. 또한 최대강도이후 반복에서는 부착강성과 부착력이 급격히 떨어지는 것으로 분석되었다. 철근을 횡구속한 조건하에서 초기 강성은 그 마디높이가 높아질수록, 즉 상대 마디면적이 증가할수록 증가했지만, 상대적으로 횡구속이 적거나 없는 조건하에서는 부착강도는 상대마디면적과는 무관했다.

참고문헌 1 Abrams, D.A., "Tests of Bond between Concrete and Steel," Bulletin No. 71, Engineering Experiment Station, University of Illinois, Urbana, IL, 1914, 105 pp.

2 Choi, O. C., "Bond Strength of Epoxy-Coated Reinforcement to Concrete," Ph.D. Dissertaton, University of Kansas, 1990.