

외측 보-기둥 접합부의 정착 상태에 관한 후크철근의 영향

Effects of the Number of Hooked Bars on Anchorage Conditions at Exterior Joints

최기봉¹⁾

Choi, Ki-Bong

Abstract

An experimental study was performed on the pull-out behavior of 90-deg standard hooks from exterior beam-column connections. The effects of the number of hooked bars of joint area were investigated.

Under the pull-out action of hooked bars, the damage and cracking of joint area tends to be more extensive as the number of hooks pulling out from a joint increases. The pull-out strength and post-peak ductility of hooked bar are adversely influenced by the increase in number of hooks pulling out from an exterior joint. Current hooked bar anchorage design guidelines may be improved by considering the effect of the number of hooked bars on anchorage conditions at exterior joints.

Key words : Standard hooks, Beam-column connections, Pull-out action, Anchorage design

1. 개 요

철근콘크리트 구조물의 보-기둥 접합부가 재하되면, 외측기둥과 보의 접합부에 상대적으로 큰 휨모멘트가 나타나게 된다. 이러한 치명적인 보부분에 충분한 휨강도를 주기 위해서 접합부 안쪽의 보 주철근을 완전하게 부착하여야 한다. 보 주철근이 접합부 안쪽에 완전히 부착된다면, 외측접

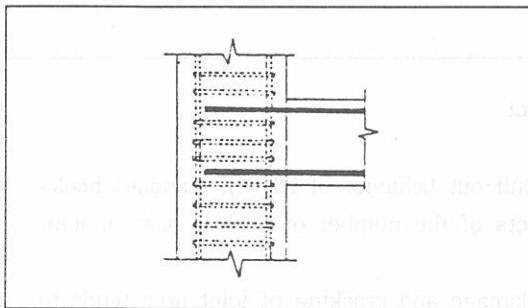
합부의 위험영역(critical region)안에서 철근이 항복할 때까지 활동(slip)하는 일 없이 그 기능을 발휘하여 부착파괴를 피할 수 있다. 그러므로, R/C 조의 보-기둥 접합부에서의 보강철근의 정착은 R/C구조물의 연속성 및 안전성에 대한 설계를 위해 매우 신중히 고려해야 한다. 이러한 정착을 위해 일반적으로 외측접합부에 곁은 이형철근이나 표준 후크를 사용한다(Fig 1). 본고에서는 정하중

1) 정회원, 경원대학교 건축학과 부교수

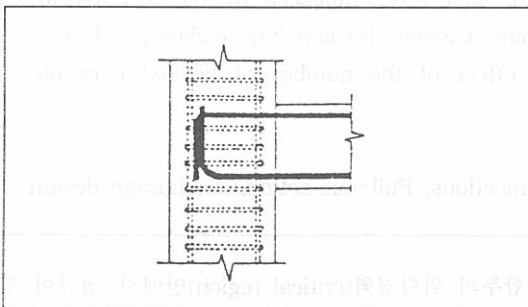
• 본 논문에 대한 토의를 12월 31일까지 학회로 보내주시면 1998년 3월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

하에서 외측조인트 안쪽에서 종결되는 끝은 이형철근의 정착에 관한 현재의 정착설계식을 해석적으로 평가하여 설계절차를 좀더 개선하는데 주안점을 두며 이를 위해 ACI-ASCE 352 위원회가 제시한 규정을 사용하였으며 외측 접합부로부터 90° 표준훅크의 인발거동에 관한 주요 인자인 인발훅크철근의 수에 관한 영향을 연구하였다.

따라서 본 연구는 내진설계된 외측 접합부 훅크철근의 인발거동의 차이점 및 내진 접합부에서 횡보강철근의 영향을 평가하기 위하여 실험을 수행하여 연구를 진행하였다.



(a) 끝은철근의 정착



(b) 훅크철근의 정착

Fig. 1 R/C조 외측 보-기둥 접합부의 보-보강근의 정착

2. 실험계획

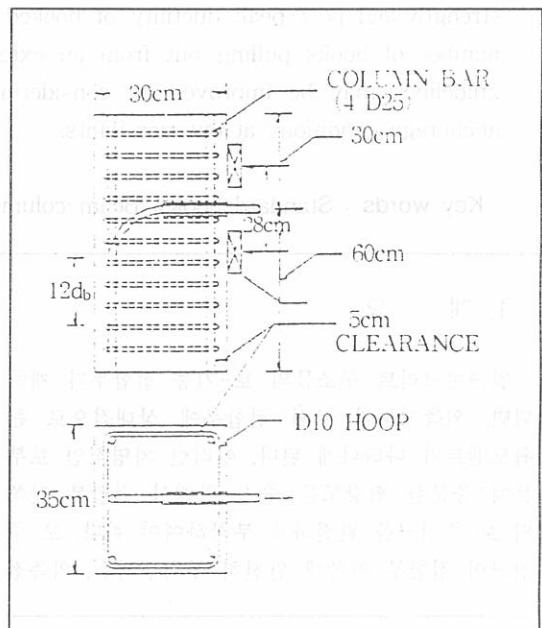
본 연구에서는 Fig 2.(a)~(c)처럼 1~3개의 D25 훅크철근($f_y=400\text{Mpa}$)을 가진 시험체를 실험하였다.

접합부는 ACI 318-83(강진지역 상세)에 따른 횡보강철근에 의해 보강되었다. Fig 2처럼 훅크철

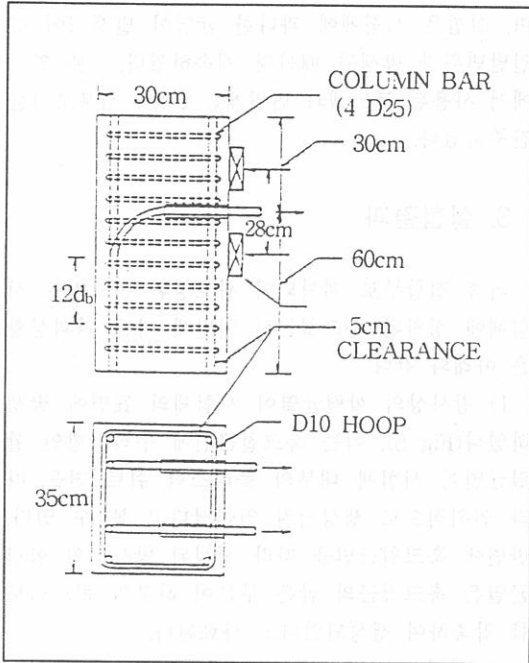
근의 끝은 매입부분은 플라스틱 튜브로 감싸졌다. 이는 단지 90° 표준훅크에 의해서만 인발력이 저항되어지도록 끝은 매입길이에 따른 부착저항을 배제시키기 위함이다. 인위적인 할렬균열을 발생시키도록 인도길이(인발철근이 도입되는 끝은부분의 길이)와 시험체의 폭을 면적으로 하는 플라스틱 슈트를 끝은 인도매입길이의 높이에 수평으로 놓았다. 만약 부착이 제거되지 않는다면 이 균열은 끝은 매입길이를 따라 발생하는 부착응력을 발생시켰을 것이다.

표준 시험체의 철근상세는 Fig 3(a),(b)와 같다. 기둥면을 미는 보-기둥 접합면의 압축구역은 강판으로 대체하도록 설계되었고 최대 골재크기가 19mm인 골재와 Type IA 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 본 실험조사에 사용된 모든 보강철근은 항복강도 400Mpa이고 인장시험에서 측정된 실제 항복강도는 524.4Mpa이었다.

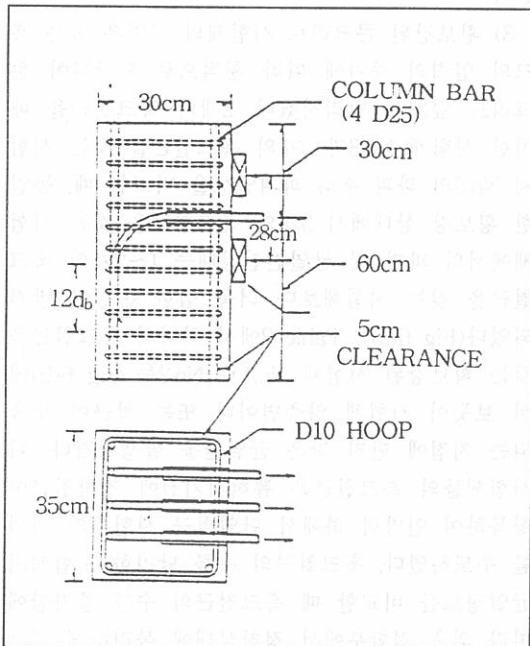
본 연구에 사용된 일반콘크리트의 혼입율은 Table 1과 같으며 이 표는 콘크리트 압축강도를 포함하고 있다.



(a) 단일 훅크철근 인발

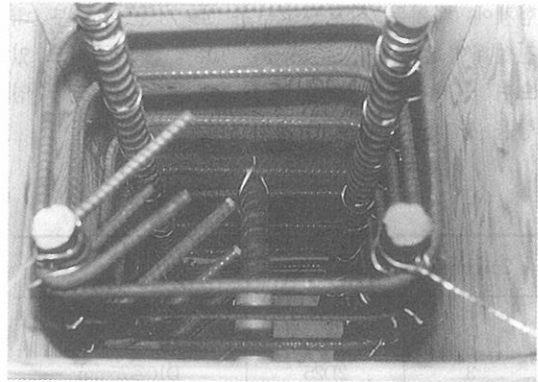


(b) 2개 흑크철근 인발

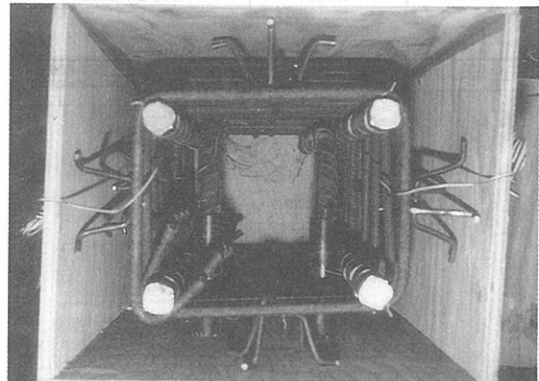


(c) 3개 흑크철근 인발

Fig. 2 시험체 형상 및 가력상황



(a) 단일 흑크철근



(b) 2개의 흑크철근

Fig. 3 철근 배근 상세

Table 1. 콘크리트의 물성

$\frac{W}{C}$	$\frac{(S+G)}{C}$	$\frac{S}{G}$	Concrete Comp. Strength
0.6	3.5	1.0	28.3(Mpa)

Note : W=water ; C=cement ; S=fine aggregate ; G=coarse aggregate.

시험체는 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 100%상대습도에서 탈형하기 전까지 7일동안 습윤양생되었고, 28 ± 2 일에 실험될 때까지 일반적인 실험실에서 방치되었다. Table 2에는 횡보강된 시험체들에 정착된 흑크철근에 관한 흑크철근의 수, 횡보강철근등에 대한 사항들을 망라한 시험계획이 요약되었다. Table 2의 시

험체에 배치된 횡보강철근은 보-기둥 접합부 내진설계에 관한 ACI 318-83의 규정을 만족하고 있으며 인발거동에 관한 흑크철근의 수에 대한 영향을 평가하기 위해 설계되었다.

Table 2. 시험체의 시험계획

Specimen	Hooked Bar	Lateral Confinement
1	1D25	D10@75mm
2	1D25	D10@75mm
3	2D25	D10@75mm
4	2D25	D10@75mm
5	3D25	D10@75mm
6	3D25	D10@75mm

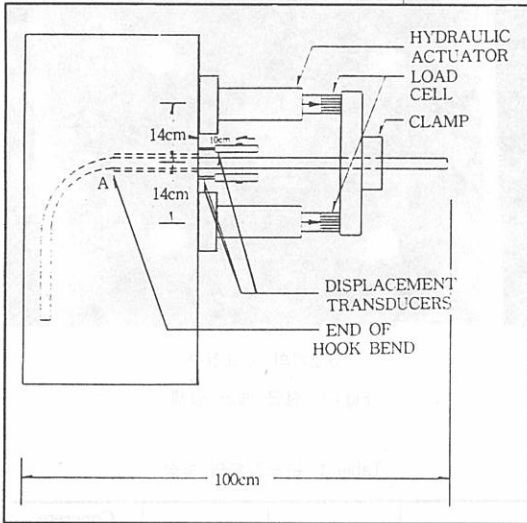


Fig 4. 시험체 설치상황

Fig 4는 본 실험의 시험체 설치상황이다. 콘크리트 기둥을 bearing하는 2개의 유압 actuator들이 인발력을 가하였고 2개의 로드셀에 의해 하중이 측정되었다. 2개의 LVDT가 기둥면에서부터 정착된 철근의 100mm지점에 설치되었으며, 흑크의 굽은부분 단부의 인발변위는 2개의 변위계 평균값으로부터 A점과 변위계 사이의 연장부분을 공제하여 산출되었다(Fig 4의 A점).

하중은 변위제어 방식에 의해 단조가력되었으

며, 실험은 시험체에 과다한 균열이 발생되어 큰 인발변위가 발생할 때까지 계속하였다. 본 연구에서 사용된 로드셀과 변위계는 1%의 허용오차를 간주하였다.

3. 실험결과

외측 접합부로 계획되어 횡보강된 콘크리트 시험체에 정착된 흑크철근의 인발에 따른 파괴상황은 아래와 같다.

1) 방사상의 할렬균열이 시험체의 표면에 발생하였다(Fig 5). 이는 흑크철근면에 수직방향인 할렬균열이 시험체 내부의 플라스틱 슈트 면을 따라 인위적으로 생성시켜 일어났다고 볼 수 있다. 반면에 흑크철근면을 따라 생성된 방사상의 할렬균열은 흑크철근의 굽은 부분이 하부의 콘크리트를 압축하여 생성되었다고 사료된다.

2) 시험체로부터 흑크철근을 분리시키고 있는 균열이 흑크철근을 따라 시험체 양측면에 생성되었다.

3) 횡보강된 콘크리트 시험체의 균열은 굽은 흑크의 압력의 증가에 따라 횡적으로 확장되어 콘크리트 덮개를 박리시켰다. 2개의 흑크철근을 배치한 시험체 No.3과 3개의 흑크철근을 갖는 시험체 No.5의 파괴 후의 파괴양상을 비교할 때, 동일한 횡보강 상태에서 3개의 흑크철근을 갖는 시험체에서의 파괴 및 균열진전상태는 1~2개의 흑크철근을 갖는 시험체보다 더욱 심한 손상이 발견되었다(Fig 6(a)). Table 2에서 하나의 흑크철근을 갖는 횡보강된 시험체 No.1과 No.2는 Fig 6(b)에서 보듯이 시험체 양측면이나 또는 철근이 노출되는 지점에 단지 작은 균열만을 발생시켰다. 이 시험체들의 흑크철근은 뽑혀지기전에 정착철근이 항복하여 인발력 하에서 단일철근 시험체의 파괴를 주도하였다. 흑크철근의 수를 달리한 시험체의 균열정도를 비교할 때 흑크철근의 수를 증가함에 따라 외측 접합부에서 정착상태에 불리하게 작용한다는 것을 알 수 있다.

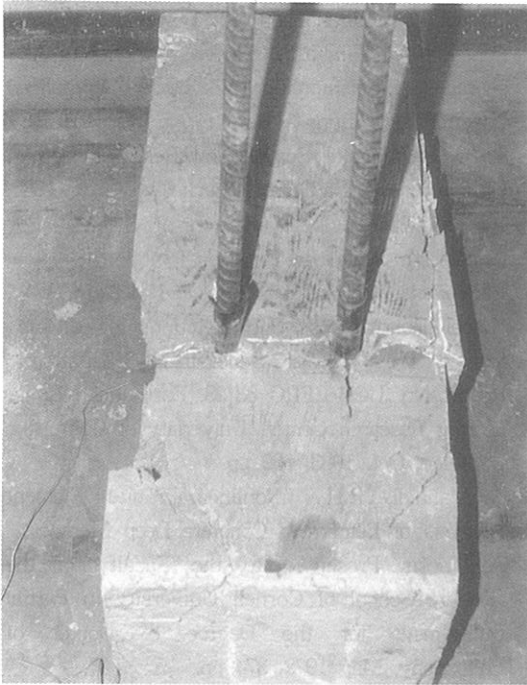
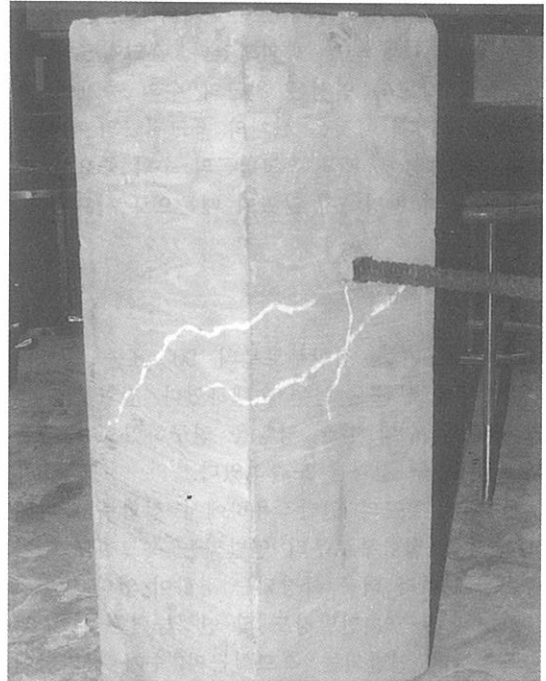


Fig 5. 방사균열을 갖는 흑크철근 시험체



(b) 단일 흑크철근

Fig. 6 흑크철근의 수에 따른 시험체의 균열상황



(a) 3개의 흑크철근

다른 수의 정착철근을 갖는 횡보강된 시험체에 대한 흑크철근의 인발력-변위 상관관계가 Fig 7에 나타나 있다. 이 그림으로부터 인발하는 흑크철근의 수의 증가에 의하여 정착상태는 반대로 나빠지는 것을 알 수 있다.

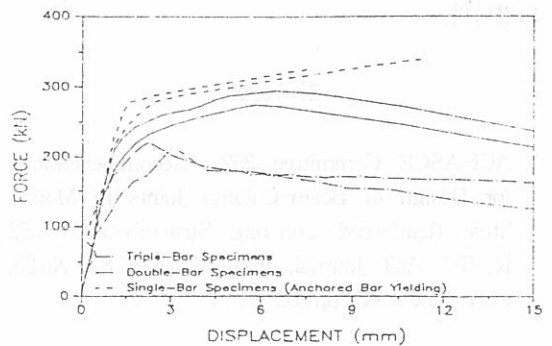


Fig 7. 흑크철근의 인발력-변위 상관관계

정착철근의 항복에 의해 좌우되는 단일철근 시

협체의 파괴와 달리 2개 또는 3개의 철근은 정착의 상실에 의해 인발 파괴되었다. 흑크철근의 인발거동의 강도와 연성은 철근의 수의 증가에 따라 감소하였다. 이것은 현재의 흑크철근의 설계기준이 정착성능에 관한 흑크철근의 수의 중요한 효과를 충분히 반영하지 않았기 때문으로 사료된다.

4. 결 론

외측 보-기둥 접합부로부터 90° 표준 흑크의 인발거동에 관한 실험을 수행하였다. 접합부의 흑크 철근의 수에 따른 영향을 연구하였으며 다음과 같은 연구 결과를 도출하였다.

1) 흑크 철근의 인발작용하에서 접합부의 파괴 및 균열은 접합부로부터 인발되는 흑크철근 수가 증가됨에 따라 더욱 확장되는 경향이 있다.

2) 흑크철근의 인발강도 및 연성능력은 외측 접합부로부터 인발되는 흑크철근의 수가 증가함에 따라 역으로 감소됨이 밝혀졌다. 현재의 흑크철근에 관한 기준은 외측 접합부에서의 정착 상태에 관한 흑크 철근의 수에 따른 영향을 고려하여 좀 더 향상시킬 수 있다고 사료된다.

감사의 글

본 논문은 1996년 3월부터 1997년 4월까지 한국 과학재단의 연구비 지원(KOSEF 961-1209-032-1)에 의해 연구되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. ACI-ASCE Committee 352, "Recommendations for Design of Beam-Column Joints in Monolithic Reinforced Concrete Structures(ACI 352 R-85)," ACI Journal, Proceedings V.82, No.23, May-June 1985, pp.266-283.
2. Ciampi, V., Eligehausen, R., Bertero, V.V., and Popov, E.P., "Analytical Model for Concrete Anchorages of Reinforcing Bars Under Generalized Loading Conditions," Report No. UCB/EERC-82/23, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, Nov. 1982, 103 pp. Analytical Evaluation of Straight Bar Anchorage Design in Exterior Joints
3. Eligehausen, R., Popov, E.P., and Bertero, V.V., "Local Bond Stress-Slip Relationships of Deformed Bars Under Generalized Excitations." Report No. UCB/EERC-83/23, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, Oct. 1983, 169 pp.
4. Al-Mahaidi, R.H., "Nonlinear Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Deep Members," A Thesis Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfillment for the Degree of Doctor of Philosophy, May 1978, 374 pp.
5. Soroushian, P., and Choi, Ki-Bong, "Steel Mechanical Properties at Different Strain Rates," J. of Structural Engineering, ASCE, V. 113, No.4, April 1987, pp.217-222.
6. Soroushian, P., and Choi, K.B., "Local Bond of Deformed Bars with Different Diameters in Confined Concrete," ACI Structural Journal, V.86, No.2, March-April 1989, pp.217-222.
7. 최기봉, "철근 콘크리트 보-기둥 접합부의 부착거동에 대한 콘크리트 강도 및 보강철근의 효과," 콘크리트학회지, 제3권 2호, 1991년 6월, pp.115-121
8. Ueda, T., Lim, I., and Hawkins, N.M., "Beam Bar Anchorage in Exterior Column-Beam Connections," ACI Journal, Proceedings V. 83, No.3, May-June 1986, pp.412-422.
9. Viwathanatapa, S., Popov, E.P., and Bertero, V.V., "Effects of Generalized Loadings on Bond of Reinforcing Bars Embedded in Confined Concrete Blocks," Report No. UCB/EERC-79/22, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, Aug 1979, 293 pp.

(접수일자 : 1997. 9. 26)