

CCD방법을 기초로한 headed reinforcement bar의 거동 연구

임원석 · 김용곤*

한경대학교 안전공학과 대학원 · *한경대학교 안전공학과

1. 서 론

현재 설계법에서는 최대인장력이 작용되는 지점에서부터의 정착길이(development length)나 갈고리(hook)를 통해 철근과 콘크리트의 거동을 확보하지만, 갈고리나 정착 길이를 확보하기 위하여 어려움을 겪고 있다. 특히, 주근의 갈고리 정착으로 인하여 과밀 배근으로 콘크리트의 충전성을 저하시킨다.

이러한 문제는 기계적 정착 장치를(Mechanical Anchor) 이용하여 해결할 수 있다. 철근 단부에 정착 장치를 부착하여 정착을 위한 지압 영역을 형성함으로써 갈고리를 없앨 수 있고 정착 길이를 줄일 수도 있다. 또한 정착부의 과도한 응력 집중을 막아 국부적인 콘크리트의 손상없이 철근의 설계 내력을 확보할 수 있다.

철근의 정착은 철근 표면의 이형 돌기에 의한 부착력에 의해서 확보되거나, 갈고리의 도움에 의해 이루어진다. 현행 설계기준에서 재료 물성(철근 강도, 콘크리트 강도, 철근 코팅 여부)과 철근의 위치(철근 순간격, 피복두께, 철근 위치)에 따라 소요 정착 길이를 확보하도록 하고 있다.

정착 길이는 철근 강도에 비례하고, 콘크리트 강도의 제곱근(콘크리트 전단 강도)에 반비례한다. 향후 재료가 고강도화됨에 따라, 정착 길이는 길어지고 부재의 치수는 작아져서 정착부 배근에 많은 어려움이 있을 것으로 전망된다.

2. headed reinforcement의 인발 지지력

이 이론은 앵커볼트와 headed bar의 인발력을 예상하는 방법으로 파괴형태를 원추형이 아닌 사각뿔 형태로 가정한다. 이 사각형의 크기(A_{no})는 매립깊이(h_d)가 증가함에 따라 같이 증가한다.

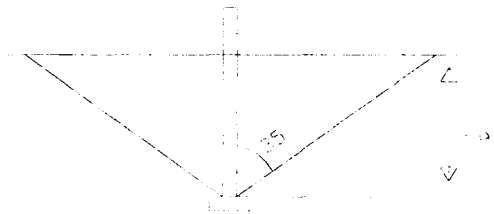


figure 1 - ccd방법에 의한 인발

$$P_{UO} = 0.0155h_d^{1.5}\sqrt{f'_c} \quad (eq. 1)$$

P_{UO} ; 인발 지지력 (KN)
 f'_c ; 콘크리트 압축강도 (MPa)
 h_d ; 매립깊이 (mm)

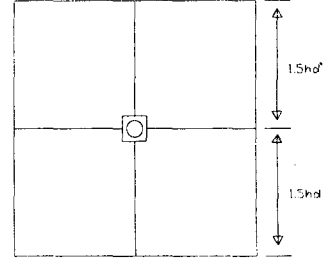


figure 2 - ccd방법에 의한 인발형태 및 면적

A_{no} 의 크기는 각변이 $3h_d$ 인 정사각형이고 면적은 $9h_d^2$ 이다. headed bar가 center에 위치하지 아니하고 egde나 corner에 위치하면

$$P_U = \frac{A_N}{A_{NO}} P_{UO} \quad (eq. 2)$$

A_N ; 유효면적
 A_{NO} ; $9h_d^2$

로 나타낸다. 부가적으로, corner distance bar나 edge distance bar인 경우에는 파괴면적이 감소 때문에 정착력의 감소되므로 ψ 를 고려하여 계산한다.

$$P_U = \frac{A_N}{A_{NO}} \psi P_{UO} \quad (eq. 3)$$

$$\psi = 0.7 + 0.3 \frac{C_1}{1.5h_d} \leq 1.0 \quad (eq. 4)$$

C_1 ; 최소단부거리

3. 실험방법

한 개의 콘크리트시험체에 16개의 headed bar를 설치하여 인발시험을 하였다.(figure 3) 콘크리트 시험체의 크기는 $1800 \times 1800 \times 400$ mm³으로 하였다. headed bar는 예상파괴면적이 서로 겹치지않도록 배치하였다. figure 3에서 C는 corner distance bar, E는 edge distance bar, S는 center distance bar를 나타낸다. bar의 이름은 “철근의 위치-일련번호-매립깊이 (mm)”로 나타내었다.

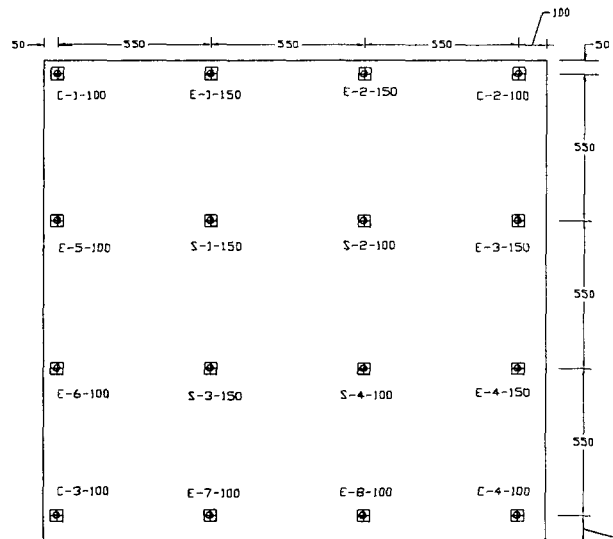


figure 3 - headed bar 배치도

단부거리는 50mm와 100mm 두종류이며, 매립깊이도 100mm와 150mm 두종류이다. 철근은 D25철근을 사용하였고, head는 정사각형으로서 가로 45mm, 세로 45mm, 높이 25mm이

고 면적은 2025mm²이다. 철근의 길이는 400mm으로 양끝은 나사 홈으로 되어있고, 한쪽에는 헤드를 부착하고 다른 한쪽에는 인발시험시 이용한다.(figure 4) 콘크리트의 강도는 330Kg/m³이다. 인발시에는 figure 5와 같이 LVDT와 로드셀을 설치하여 작용하중과 변위를 측정하였다.

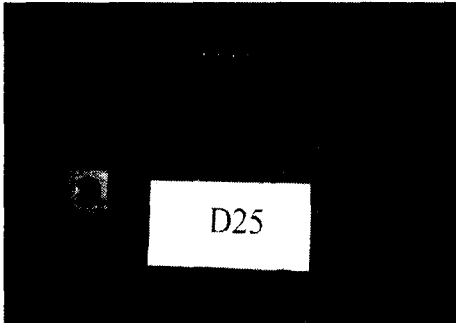


figure 4 - D25 headed bar

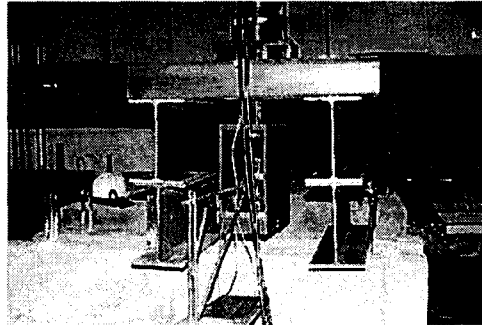


figure 5 - 인발시험준비

4. 결 과

P_{uo} 는 eq.1에 대입하여 구한 것이고, P_u 는 ψ (eq.4)을 고려하여 eq.3에 대입하여 계산한 것이다. 실험값(P_{max})은 table 1에 나와있다. 16개의 headed bar중 13개의 bar에 인발시험을 하였다. 그러나 그 중에서도 3개는 주위에 매립한 bar의 인발시험시 콘크리트에 균열이 발생하였으므로 실험에서 제외하였다.

NO	단부거리1	단부거리2	P_{uo} (KN)	ψ	An/Ano	P_u (KN)	P_{max} (KN)	P_{max}/P_u (%)
C-1-100	50	50	88.15	0.8	0.44	31.34	33.87	108.06
C-3-100	50	100	88.15	0.8	0.56	39.18	32.62	83.27
C-4-100	100	100	88.15	0.9	0.69	55.09	56.52	102.59
E-2-150	50		161.93	0.77	0.61	75.87	70.76	93.27
E-4-150	100		161.93	0.83	0.72	97.46	144.19	147.95
E-5-100	50		88.15	0.8	0.67	47.01	41.61	88.51
E-6-100	50		88.15	0.8	0.67	47.01	47.62	101.29
E-8-100	100		88.15	0.9	0.83	66.11	58.30	88.19
S-2-100			88.15	1	1	88.15	86.78	98.45
S-3-150			161.93	1	1	161.93	151.31	93.44

table 1 - CCD방법에의한 인발지지력과 실험값 비교

S(center distance bar)에서는 P_{uo} 와 P_u 가 같고, P_{max} 는 P_u 의 96%정도에 도달하여 이 경우에는 CCD방법으로 계산한 값이 거의 같다고 볼 수 있다. 또한 매립깊이가 깊어지면 정착지지력이 약 1.6~1.7배 증가하는 것을 알 수 있다. C(corner distance bar)에서는 단부거리1과 단부거리2가 증가할수록 인발지지력이 증가하는 것으로 계산되었지만, 실험값은 다르게 나왔다. E(edge distance bar)에서는 매립깊이 150mm에서 단부

거리가 커지면 인발지지력이 증가하는 것을 알 수 있다. 하지만, E-4-150의 경우에는 계산값보다 약1.5배가 큰 실험값이 나왔다. 매립깊이 100mm에서도 단부거리가 증가함에 따라 인발지지력이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 같은 단부거리를 가진 E-2-150과 E-6-100을 비교하면 매립깊이가 깊어질수록 인발지지력이 약 1.6~1.7배 증가하는 것을 다시 한번 확인할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구 계획

본 연구로부터 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1. headed bar의 인발지지력은 철근의 위치, 단부거리, 매립깊이등에 따라 달라지며 단부거리가 길수록, 매립깊이가 깊을수록 증가하는 것을 알 수 있다.
2. headed bar의 인발지지력은 CCD방법에 의한 파괴면적의 개념으로 설명될 수 있고, 실험값은 계산값과 대략 일치함을 알 수 있다.
3. CCD방법은 eq.1에서부터 eq.4까지의 식에서 보듯이 단부거리, 콘크리트강도, 매립깊이등만을 고려하였다. 하지만, head의 크기에 따른 인발지지력의 변화가 있을 것으로 생각된다. 향후 head크기의 변화와 이 연구와 같은 변수를 가진 연구를 계속하여 보다 정확한 식을 고안하였으면 한다.

참고문헌

1. Richard Alan DeVries, B.S.C.E., M.S.E., "Anchorage of Headed Reinforcement in Concrete", 1996
2. 천성철, 정석창, 김대영, 김상구, "철근의 기계적 정착", 콘크리트학회지 제13권 1호, p26~30, 2001.1
3. David Darwin, Steven L. McCabe, Emmanuel K, and Steven P. Schoenkase, "Development Length Criteria; Bars Not Confined by Transverse Reinforcement", ACI Structural Journal, p709~720, Nov-Dec 1992