

# 정착부 콘크리트 앵커시스템의 설계방법 적합성 평가

## Assessment of Design Methods for the Anchorage Systems Fastening to Concrete

윤 영 수<sup>\*</sup> 박 성 균<sup>\*\*</sup> 이 성 규<sup>\*\*\*</sup> 김 상 윤<sup>\*\*\*</sup> 이 상 국<sup>\*\*\*</sup>

Yoon, Young Soo Park, Sung Kyun Lee, Sung Gyu Kim, Sang Yun Lee, Sang Kook

### ABSTRACT

This paper presents the evaluation of behavior and the prediction of tensile capacity of anchors that fail concrete, as the design basis for anchorage.

Tests of cast-in-place headed anchors, domestically manufactured and installed in uncracked, unreinforced concrete are performed to investigate the behavior of single anchors and multiple anchors with the consideration of various embedment lengths and edge distances.

The failure mode and the load-deformation response of these anchors are discussed and the concrete failure data are then compared with capacities by the two existing methods : the 45 degree cone method of ACI 349, 318, Appendix B and the concrete capacity design (CCD) method.

Discrepancies between the test results and these two prediction methods are assessed and also the basic differences in philosophy and the factors contributing to the philosophical differences in these two methods are addressed.

### 1. 서론

기기 및 배관 등을 콘크리트 구조에 정착시키는 앵커시스템의 설계는 현재까지 강제 관입에 관한 ACI 349 코드를 근간으로 설계하여왔다. 그러나 ACI 349 코드에 의한 앵커시스템 설계에 따른 비보수적인 영향 때문에 현재는 독일 등 유럽에서 제시한 Concrete Capacity Design (CCD) 설계방법이 유럽의 CEB 규준과 앞으로 개정될 ACI 349 규준 및 ACI 318 규준에 포함될 예정이다. 본 연구에서는 이러한 실정에 부합하여 국내에서 생산되는 cast-in-place 볼트형 앵커를 사용하여 단일앵커, 다중앵커에 대한 관입깊이, edge거리등을 시험변수로 하는 인장시험을 통하여 실제 앵커시스템의 거동을 살펴 ACI 349 규준 및 CCD 설계방법을 서로 비교 평가하여 콘크리트 앵커시스템의 구조적인 안정성 측면에 대한 기초 자료를 제공하고자 한다.

### 2. ACI 349 규준 및 CCD 방법의 강도에측식

ACI 349 규준식과 CCD 방법의 근본적 차이는 파괴 거동에 차이를 두고 있다 ACI 349의 경우 연성적 파괴를 가정하고 있으며, CCD 방법의 경우 취성적 파괴를 가정하였다. 이 두 근본적 개념

\*정회원, 고려대학교 토목환경공학과 교수

\*\*정회원, 고려대학교 토목환경공학과 대학원

\*\*\*정회원, 한국원자력안전기술원 책임연구원

차이에 대한 논란이 일어나고 있으나 CCD 방법의 경우 콘크리트의 크기효과와 앵커 종류에 따른 계수값에 차이를 두어 보다 정확한 값을 예측하고 있다. 다음 식 (1)과 (2)는 ACI 349와 CCD 방법의 인장하중 작용시 단일앵커의 강도예측식이다.

$$N_{no} = 0.96 \sqrt{f'_c} h_{ef}^2 \left( \frac{1 + d_u}{h_{ef}} \right) \quad \text{ACI 349} \quad (1)$$

$$N_{nc} = k_{nc} \sqrt{f'_c} h_{ef}^{1.5} \quad \text{CCD 방법} \quad (2)$$

### 3. 실험개요

본 연구는 콘크리트를 타설하기 전 앵커를 설치하는 cast-in-place(CIP) 앵커를 사용하여 4가지의 시험변수로 각 변수마다 5개씩 모두 20개의 시험체를 제작하였다. 콘크리트의 강도는 210 kg/cm<sup>2</sup> 이고 28일동안 현장양생을 실시하였다.

표 1 콘크리트 앵커 시험체 특성

시험그룹	시험변수	앵커종류	앵커직경	앵커위치	관입깊이	비고
1	1TC601~1TC605	관입깊이	CIP	중앙	5 cm	
2	2TC206~2TC210	관입깊이	CIP	중앙	10 cm	
3	3TC611~3TC615	edge거리	CIP	그림 1	5 cm	edge 거리 5cm
4	4TC616~4TC620	그룹앵커	CIP	그림 1	10 cm	앵커간 간격 7cm

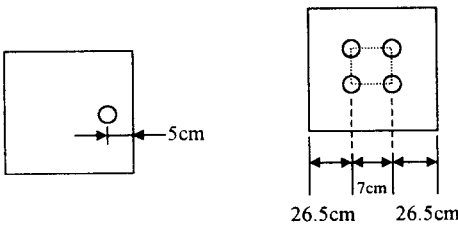


그림 3

그림 1 앵커관입 위치

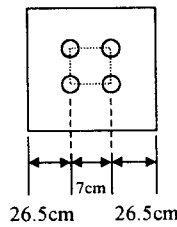


그림 4

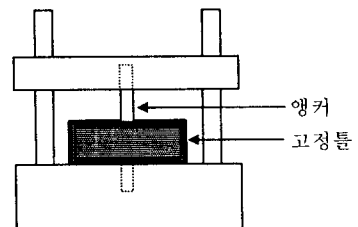


그림 2 시험장비 모습

인장실험을 하기위해서 각 시험체의 크기에 따라 특수제작된 고정틀을 UTM (Universal Testing Machine)에 설치한 후 시험체를 정착시킨 후 인장실험을 실시하였다. 앵커를 UTM 에 고정시키기 위하여 커플러를 이용하여 길이를 연장시키고 시험체와 고정틀이 함께 거동하지 않도록 고정틀을 UTM 의 바닥에 고정시켰다.

### 4. 실험결과 및 고찰

앞서 언급한 시험방법에 의하여 시험한 결과 다음과 같은 결과값을 나타내었다. 표 2는 각 시험체의 결과에 대한 표이다. ACI 349 기준식과 CCD 식을 서로 비교하기 위해서 각 예측값을 실험결과값으로 나누어 주었다 이 때 각 예측값의 강도감소계수는 1을 사용하였다.

그림 4에서 보듯이 시험그룹 1에 대해서는 ACI 349나 CCD 방법 모두 예측값이 안전측에 속하고 있으나 시험그룹 2에서는 ACI 349, CCD 방법 모두 예측값이 실제 실험 강도값보다 과대 평가하고 있는 것으로 나타났다. 시험그룹 3에 대해서는 ACI 349 값은 강도값을 너무 크게 예측하여 실측값과의 차이가 많이 나고 있으며 CCD방법의 경우 예측값과 실험값이 거의 일치하고 있음을 나타내고 있다.

표 2 전체 시험그룹에 대한 결과

Test No	$N_{(test)}$	$N_{(ACI, Predict)}$	$N_{(CCD, Predict)}$	1/2	1/3	failure mode
	1(ton)	2(ton)	3(ton)			
1TC601	2.88	2.78	2.73	1.03	1.05	cone failure
1TC602	3.68	2.78	2.73	1.32	1.34	
1TC603	2.9	2.78	2.73	1.04	1.06	
1TC604	3.35	2.78	2.73	1.20	1.22	
1TC605	2.9	2.78	2.73	1.04	1.06	
mean	3.142	2.78	2.73	1.13	1.15	
2TC206	5.15	6.94	7.74			steel failure
2TC207	5.15	6.94	7.74			
2TC208	5.15	6.94	7.74			
2TC209	5.16	6.94	7.74			
2TC210	5.18	6.94	7.74			
mean	5.158	6.94	7.74			
3TC611	2.0	2.57	2.05	0.77	0.97	cone failure
3TC612	1.84	2.57	2.05	0.71	0.89	
3TC613	2.3	2.57	2.05	0.89	1.12	
3TC614	2.12	2.57	2.05	0.82	1.03	
3TC615	1.98	2.57	2.05	0.77	0.96	
mean	2.04	2.57	2.05	0.79	0.99	
4TC616	fail	14.51	11.77			cone failure
4TC617	12.2	14.51	11.77	0.84	10.3	
4TC618	12.0	14.51	11.77	0.82	1.01	
4TC619	12.6	14.51	11.77	0.86	1.07	
4TC620	12.8	14.51	11.77	0.88	1.08	
mean	12.4	14.51	11.77	0.85	1.05	

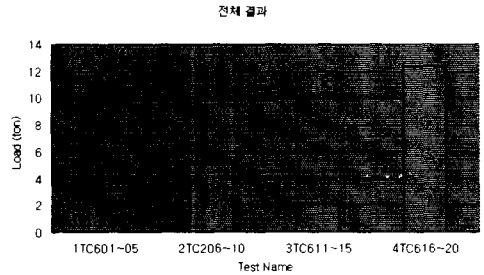


그림 3 전체 시험그룹에 대한 평균 파괴강도값

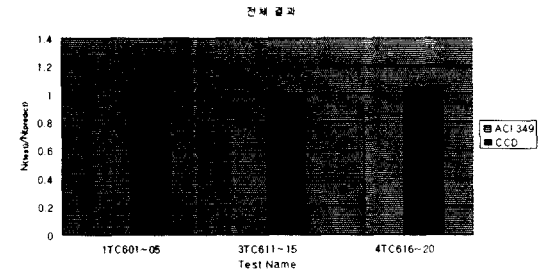
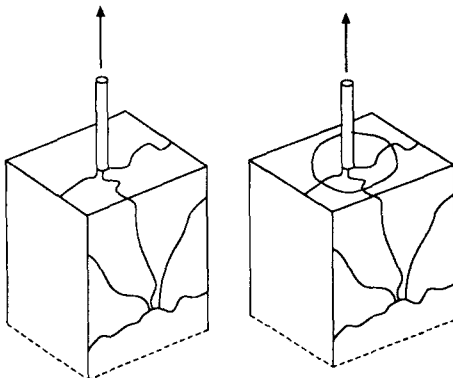


그림 4 전체 시험그룹에 대한 비교



1차 파괴                      2차 파괴  
그림 5 파괴진행 모습(그룹1)

각 그룹별 시험체의 파괴양상을 살펴보면 시험그룹 2를 제외하고는 모두 cone failure가 일어났다. 그러나 cone의 경사각은 45°에 못미치는 각도를 나타냈으며 이러한 결과는 실제 앵커의 영향범위가 ACI 349에서 가정한 것보다 작다는 것을 알 수 있었다. 또한 파괴진행과정은 시험그룹 1의 경우 그림5와 같이 1차 적으로 wedge-spalling 파괴가 일어난 후 cone 파괴가 발생하였다. 시험그룹 3의 경우 edge의 영향으로 인하여 극한하중값에 도달 후 급격한 강도의 저하되었으며 시험그룹 4의 경우 다중앵커의 영향으로 하나의 앵커가 파괴한 후에도 강도가 증가되는 현상을 보였다.

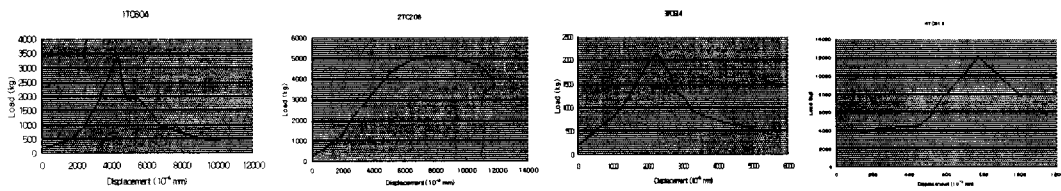


그림1

그림2

그림3

그림4

그림 6 각 시험그룹에 대한 하중-변위 곡선

그림 6은 각 그룹별 하중 변위 곡선을 나타내고 있다. 각 각각의 시험체의 변위에 대한 파괴양상은 파괴직후 어느정도의 하중에 견디나 시험그룹2의 경우 강재의 파괴로 인해 취성적인 파괴를 나타내고 있다.

### 5. 결론

- (1) CIP 앵커에 있어서 5cm 관입깊이를 갖는 경우 ACI 349 및 CCD 방법 모두 안전측의 예측값을 나타내었다.
- (2) CIP 앵커에 있어서 한번의 edge거리가 5cm인 시험체에 있어서 ACI 349 및 CCD 방법 모두 예측값이 실험값보다 과대평가 하는 것으로 나타났으며 그 차이에 있어서는 ACI 349 방법이 보다 비보수적으로 나타났다. 즉 CCD 방법은 약간의 비보수적인 면을 나타내었으나 거의 실험값과 같은 강도를 예측하였다. 실제 실험에서 이러한 결과의 이유는 실험 시 고려될 수 있는 편심하중이나 콘크리트 상태 등으로 인한 요인을 들 수 있으나 설계 방법에 있어서 ACI 349 및 CCD 방법의 강도에 대한 예측값 산정시 단순한 면적비에 대한 계산이 아니라 ACI 349의 경우 강도저감계수를 고려하고 CCD방법의 경우 그 값을 낮추어야 하는 것으로 보인다.
- (3) 그룹앵커의 경우 ACI 349의 예측값은 과대평가하는 것으로 나타났으나 CCD 방법의 경우 예측값과 실험값이 거의 일치됨을 알 수 있다.
- (4) ACI 349에 의한 예측값은 CCD 방법보다 비보수적인 면을 보이고 있으며 하중산정에 필요한 계산과정이 복잡하기 때문에 CCD 방법에 의한 설계가 보다 정확한 하중 예측에 도움을 줄 것으로 보인다.

### 참 고 문 헌

- 1) Werner Fuchs, Rolf Eligehausen, and John E. Breen, Concrete Capacity Design(CCD) Approach for Fastening to Concrete ACI Structural Journal, Vol.92, No. 1, Jan.-Feb., 1995.
- 2) R. E. Klingner and J. A. Mendonca Shear Capacity of Short Anchor Bolts and Welded Studs: A Literature Review ACI Structural Journal, Sep.-Oct., 1982.
- 3) R. A. Cook, D. M. Collins, R. E. Klinger, and D. Polyzois, Load-Deflection Behavior of Cast-in-Place and Retrofit Concrete Anchors ACI Structural Journal, Nov.-Dec., 1992.
- 4) Robert W. Cannon Straight Talk About Anchorage to Concrete-Part I ACI Structural Journal, Jan.-Feb., 1998.