

## 앵커간격 및 하중방향에 따른 앵커의 전단내력 Shear Strength of Anchors under Load Applied Angle and a Group Anchors at an Edge

김 성 용\*  
Kim, Sung-Yong

---

### Abstract

This study concerns the prediction of shear capacity, as governed by concrete breakout failure of the anchors under load applied angle and an group anchors at an edge and installed in uncracked, unreinforced concrete. For this purpose, the methods to evaluate the shear capacity of the anchors in concrete are summarized and the experimental data are compared with capacities by the two present methods: the method of ACI 349-90 and concrete capacity design (CCD) method.

**Key words** : Heavy-duty Anchor, Wedge Anchor, Shear Strength, Group Anchor, Load Applied Angle

---

### 요 지

본 연구는 비균열·무근콘크리트에 매입된 앵커의 앵커간격 및 하중방향에 따른 전단내력 평가를 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 앵커의 전단내력 설계식을 비교·평가하였으며, 실험값과 기존의 설계식의 예측값을 비교·분석하였다. 그 결과, 앵커간격 및 하중방향에 따른 CCD 방법 및 EOTA 설계식은 합리적인 설계방법임을 알 수 있었다.

**핵심용어** : 고하중 앵커, 웨지 앵커, 전단강도, 앵커군, 하중방향

---

\* 정회원, 경문전문학교 전임강사

## 1. 서 론

건설공사에 있어서 앵커는 건축구조물에 기계 또는 구조 부재를 부착하는데 사용된다. 이러한 앵커는 전단하중, 인장하중 또는 인장과 전단의 복합하중을 받는다. 그러나 국내에서는 앵커 접합부에 대한 합리적이고 안전한 설계기준이 전무한 상태이다. 따라서 국내에서 생산되는 정착기구에 대한 기술자료의 필요성이 시급한 상태이다.

본 연구에서는 익스팬션 앵커에 해당하는 고하중 앵커(Heavy-duty anchor)와 웨지 앵커(Wedge anchor)를 대상으로 앵커간격과 하중방향을 변수로 하는 전단실험을 통하여 앵커의 거동을 살펴보고, ACI 318-02<sup>1)</sup>와 EOTA (European Organization for Technical Approval)<sup>2)</sup> 기준의 근거인 CCD (Concrete Capacity Design)<sup>3)</sup> 방법과 기존의 ACI 349-90<sup>4)</sup>에 의한 예측값과 실험값을 서로 비교 평가하여, 콘크리트에 매입하는 앵커시스템의 품질 확보를 위해 필요한 기초 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 기존의 연구

### 2.1 앵커간격에 따른 전단내력

콘크리트 단부파괴는 앵커가 단부에 가깝거나, 하중방향이 그림 1과 같이 단부 쪽으로 작용할 때 일어난다. 콘크리트 단부파괴강도를 예측할 수 있는 설계방법들이 제안되고 있다. 이들 설계방법 중에서 가장 많이 사용되고 있는 설계방법은 ACI 349-90(45-Degree Cone Method)과 Concrete Capacity Design(CCD) Method 이다.

#### 1) ACI 349-90 설계기준<sup>4)</sup>

$4\sqrt{f'_c}$ 의 인장응력이 45° 콘크리트 반원뿔에 작용한다고 가정하여 콘크리트 단부파괴강도(Concrete breakout strength)를 식(1)과 같이 제안하였다(그림 1 참조). 콘크리트 단부파괴강도의 단위는 각각 US단위와 SI단위로 나타내었다.

$$V_{no} = 2\pi\sqrt{f'_c}c_1^2 \quad (\text{lb}) \quad (1, \text{a})$$

$$V_{no} = 0.48\sqrt{f'_c}c_1^2 \quad (\text{N}) \quad (1, \text{b})$$

여기서  $\sqrt{f'_c}$ : 콘크리트의 압축강도  
 $c_1$ : 연단거리

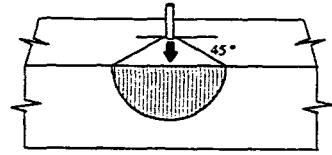


그림 1. ACI 349 전단파괴형상

만일 콘크리트 부재의 두께(h)가 연단거리( $c_1$ )보다 작거나 앵커간격( $S_1$ )이  $2c_1$ 보다 작다면, 콘크리트 단부파괴강도를 식(2)와 같이 제안하였다.

$$V_n = \frac{A_v}{A_{v0}} V_{no} \quad (2)$$

$$\text{여기서 } A_v = \left( \pi - \frac{\pi/2\theta}{180} + \sin\theta \right) c_1^2$$

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( \frac{S_1}{2c_1} \right)$$

$$A_{v0} = \frac{\pi}{2} c_1^2$$

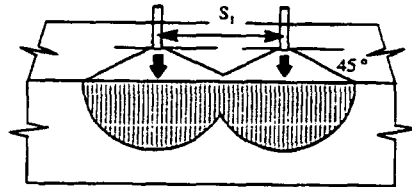


그림 2. ACI 349 전단투영면적

#### 2) Concrete Capacity Design(CCD) method<sup>3)</sup>

Fuchs는 앵커의 실험값을 회귀분석하여 단일앵커에 대한 콘크리트 단부파괴강도를 식(3)와 같이 제안하였다.

$$V_{no} = 13 \left( \frac{\iota}{d_o} \right)^{0.2} \sqrt{d_o} \sqrt{f'_c} c_1^{1.5} \quad (\text{lb}) \quad (3, \text{a})$$

$$V_{no} = \left( \frac{\iota}{d_o} \right)^{0.2} \sqrt{d_o} \sqrt{f'_c} c_1^{1.5} \quad (\text{N}) \quad (3, \text{b})$$

여기서  $\iota$ : 앵커의 하중 지압길이

$d_o$ : 앵커의 외경

또한,  $1.5c_1$ 와  $3c_1$ 의 치수를 갖는 이상화된 피라미드 모델에 기초하여(그림 3 참조), 부재의 두께( $h < 1.5c_1$ )와 앵커 간격( $s_1 < 3c_1$ )을 고려한 콘크리트

단부파괴강도를 식(4)과 같이 제안하였다(그림 4 참조).

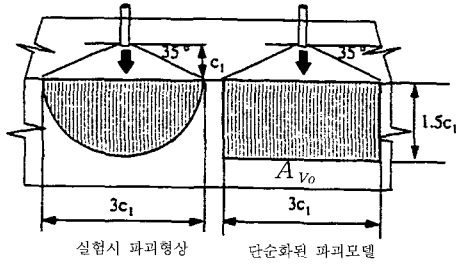


그림 3. CCD 전단파괴형상

$$V_n = \frac{A_V}{A_{V_0}} V_{n_0} \quad (4)$$

여기서  $A_{V_0} = 4.5 c_1^2$

$$A_V = [2(1.5c_1) + s_1]h$$

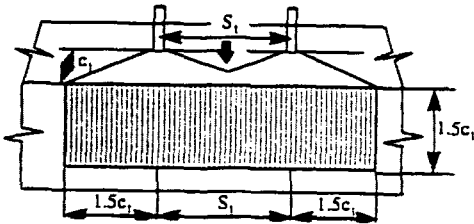


그림 4. CCD 전단투영 면적

## 2.2 하중방향에 따른 앵커내력

EOTA2)에서는 전단하중방향을 고려하여 Fig. 5와 같이 3영역으로 나누어서 하중방향계수를 식(5)와 같이 제안하였다.

$$\Psi_{\alpha, V} = 1.0 \quad 0^\circ \leq \alpha_V \leq 55^\circ \quad (5,a)$$

$$\Psi_{\alpha, V} = \frac{1}{\cos \alpha_V + 0.5 \sin \alpha_V} \quad 55^\circ < \alpha_V \leq 90^\circ \quad (5,b)$$

$$\Psi_{\alpha, V} = 2.0 \quad 90^\circ < \alpha_V \leq 180^\circ \quad (5,c)$$

## 3. 실험계획 및 방법

전단력을 받는 앵커의 강도는 콘크리트 강도, 앵커간격, 연단거리, 하중방향, 부재두께 등에 영향을 받는다. 본 연구는 앵커간격 및 하중방향과 전단내력

력의 관계를 규명하기 위하여 표 3과 표 4와 같이 실험체를 계획하였다.

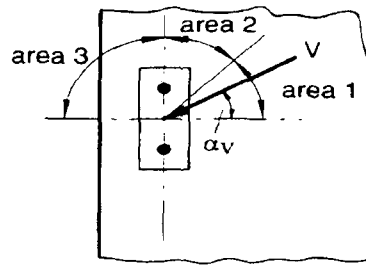


그림 5. 하중방향의 영역

일반적으로 앵커군(그룹앵커)의 평균 앵커강도와 앵커군과 유사한 기하학적 조건을 가진 단일앵커의 앵커강도를 비교하면, 앵커군의 평균 앵커강도는 앵커군의 상호작용으로 인하여 앵커의 강도저감 현상이 발생한다. 평균 앵커강도는 앵커간격이 감소함에 따라 강도가 현저하게 감소된다. 따라서 콘크리트 단부파괴 시에 앵커 간격에 따른 전단내력을 규명하고자 앵커 간격을 연단거리의 1.0배에서 3.5배까지 변화시켰다. 또한 콘크리트 단부파괴를 유도하기 위하여 웨지 앵커의 연단거리는 105mm, 고하중 앵커 연단거리는 140mm로 계획하였다.

또한 EOTA 기준에서는 콘크리트 단부파괴강도에 하중방향계수를 곱하여 사용한다(식(5) 참조). 본 연구에서 콘크리트 단부파괴를 유도하기 위하여 연단거리를 웨지 앵커는 65mm, 고하중 앵커는 140mm로 계획하였다.

앵커 실험을 위해 직육면체의 비균열 무근콘크리트 실험체(1.6×1.6×0.3m, 1.8×1.8×0.3m)를 제작하였다.

실험체에 대한 명명법은 다음과 같다.

H(S)S16-ACS(R)

여기서,

H(S) : 고하중 앵커(웨지 앵커)

S : 전단실험

16 : 앵커볼트 직경(M16)

A : 콘크리트 강도(A: 210kg/cm<sup>2</sup>)

C : 연단거리

S(R) : 앵커간격(하중방향)

앵커의 전단실험은 ASTM E 488-965)에 의하여

하중은 로드셀(사용범위 51tf)을 설치 후 유압장비로 가력 하였고, 데이터로거를 사용하여 초당 한번씩 데이터를 측정하였다. 또한 앵커의 변위측정을 위하여 200mm 변위계(LVDT)를 설치하여 측정하였다.

앵커의 설치과정은 적절한 직경의 비트로 구멍을 뚫은 후 구멍내의 먼지나 불순물을 제거한 뒤 앵커를 삽입하였다. 그리고 토크렌치를 사용하여 체결하였다.

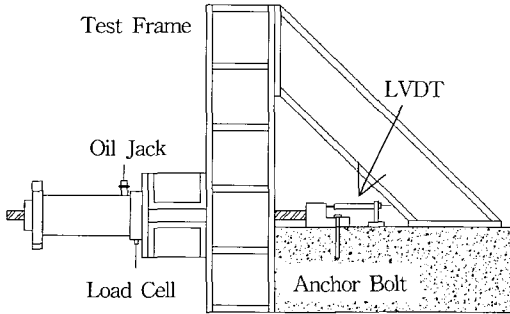


그림 6. 전단 실험의 설치전경

## 4. 실험결과

### 4.1 소재특성

본 실험에서 사용된 콘크리트의 배합 및 소재특성은 표 1과 같다. 콘크리트 압축강도 실험은 KS F2403에 따라 제작한 10개의 공시체를 실험체와 동일한 조건에서 28일 양생시킨 후, 콘크리트 압축강도 시험을 실시하였다. 고하중 앵커와 웨지 앵커의 인장강도는 볼트제조회사의 시험성적서를 사용하였으며, 앵커의 인장강도는 표 2와 같다.

표 1. 콘크리트 배합 및 소재특성

| 설계강도<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | w/c<br>(%) | 슬럼프<br>(cm) | 평균압축강도<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------|------------|-------------|----------------------------------|
| 210                            | 55.6       | 12          | 276.3                            |

표 2. 앵커의 소재특성

| 앵커의 종류 | 인장강도<br>(tf/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------------------------------|
| 고하중 앵커 | 11.02                         |
| 웨지 앵커  | 4.52                          |

### 4.2 실험결과

표 3은 고하중 앵커와 웨지 앵커의 앵커간격에 따른 실험값과 ACI 349-90기준과 CCD 방법의 예측값을 비교한 것이다. 표 4는 고하중 앵커와 웨지 앵커의 하중방향에 따른 실험값과 EOTA기준의 하중방향계수를 적용한 예측값을 비교한 것이다. 표 3과 표 4에서 실험값과 변위는 평균값을 나타낸 것이다.

표 3에서 앵커간격이 증가함에 따라 전단내력과 변위는 증가함을 알 수 있다. 또한 앵커간격이 연단거리의 3.0~3.5배인 실험체(실험체명 : S5~S6)의 변위는 급격히 증가하였다. 이는 최대하중에 도달하기 전에 앵커지압에 의하여 콘크리트의 지압파괴가 일어나며, 콘크리트 지압파괴로 인하여 변위가 약간 증가한 것으로 판단된다.

그림 7은 단부파괴가 발생한 실험체의 변위를 앵커 직경별로 평균값으로 나타낸 것이다. 그림 7에서 연단거리와 앵커간격이 동일하여도 앵커직경이 작을수록 변위는 증가함을 알 수 있었다.

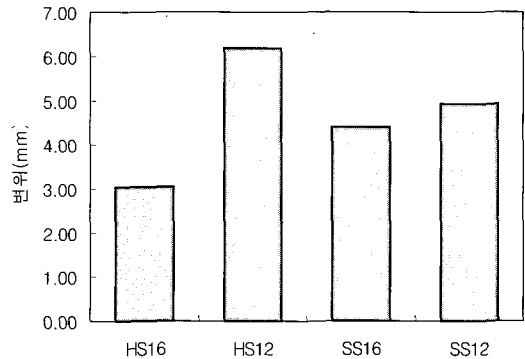


그림 7 익스팬션 앵커의 변위특성

표 4에서 고하중 앵커는 하중방향이 135°이상인 경우 전단내력과 변위가 급속히 증가하면서 파괴모드는 부서짐파괴로 바뀌었다. 또한 웨지 앵커는 하중방향이 90°이상인 경우에 콘크리트가 단부파괴가 발생하였으나 앵커의 휨 변형도 발생하였다. 또한 135°이상인 실험체에서는 일부 실험체에서 앵커파괴도 일어났다. 이로 미루어 하중방향이 90°이상인 경우에는 콘크리트의 구속효과가 매우 커짐을 알 수 있었다.

표 3. 앵커간격에 따른 전단실험 결과

| 실험체명       | 앵커간격<br>(mm) | ACI 349<br>감소계수 | CCD<br>감소계수 | ACI 349<br>(tf) | CCD<br>(tf) | 실험값<br>(tf) | 변위<br>(mm) | 실험값<br>/ACI349 | 실험값<br>/CCD | 파괴성상 |
|------------|--------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|------------|----------------|-------------|------|
| HS16-AC4S1 | 140          | 0.804           | 0.667       | 8.04            | 6.60        | 7.46        | 2.89       | 0.928          | 1.131       | 단부파괴 |
| HS16-AC4S2 | 210          | 0.928           | 0.750       | 9.27            | 7.42        | 8.70        | 2.57       | 0.938          | 1.172       | 단부파괴 |
| HS16-AC4S3 | 280          | 1.000           | 0.833       | 9.99            | 8.25        | 11.25       | 3.75       | 1.126          | 1.364       | 단부파괴 |
| HS16-AC4S4 | 350          | 1.000           | 0.917       | 9.99            | 9.07        | 10.56       | 2.93       | 1.057          | 1.164       | 단부파괴 |
| HS12-AC4S1 | 140          | 0.804           | 0.667       | 8.04            | 5.71        | 8.52        | 4.17       | 1.060          | 1.490       | 단부파괴 |
| HS12-AC4S2 | 210          | 0.928           | 0.750       | 9.27            | 6.43        | 8.13        | 3.61       | 0.877          | 1.265       | 단부파괴 |
| HS12-AC4S3 | 280          | 1.000           | 0.833       | 9.99            | 7.14        | 9.84        | 3.99       | 0.985          | 1.378       | 단부파괴 |
| HS12-AC4S4 | 350          | 1.000           | 0.917       | 9.99            | 7.86        | 12.43       | 6.86       | 1.245          | 1.582       | 단부파괴 |
| HS12-AC4S5 | 420          | 1.000           | 1.000       | 9.99            | 8.57        | 12.48       | 12.31      | 1.249          | 1.456       | 단부파괴 |
| SS20-AC3S1 | 100          | 0.791           | 0.659       | 4.45            | 4.64        | 4.62        | 3.86       | 1.038          | 0.995       | 단부파괴 |
| SS20-AC3S2 | 160          | 0.933           | 0.754       | 5.24            | 5.34        | 6.53        | 5.24       | 1.246          | 1.224       | 단부파괴 |
| SS20-AC3S3 | 210          | 1.000           | 0.833       | 5.62            | 5.88        | 6.79        | 4.36       | 1.208          | 1.154       | 단부파괴 |
| SS20-AC3S4 | 260          | 1.000           | 0.913       | 5.62            | 6.46        | 8.16        | 4.77       | 1.452          | 1.263       | 단부파괴 |
| SS20-AC3S5 | 320          | 1.000           | 1.000       | 5.62            | 7.08        | 8.55        | 3.54       | 1.522          | 1.207       | 단부파괴 |
| SS20-AC3S6 | 370          | 1.000           | 1.000       | 5.62            | 7.07        | 9.18        | 4.55       | 1.635          | 1.299       | 단부파괴 |
| SS16-AC3S1 | 100          | 0.791           | 0.659       | 4.44            | 4.07        | 5.15        | 3.40       | 1.159          | 1.264       | 단부파괴 |
| SS16-AC3S2 | 160          | 0.933           | 0.754       | 5.24            | 4.67        | 4.82        | 4.34       | 0.919          | 1.027       | 단부파괴 |
| SS16-AC3S3 | 210          | 1.000           | 0.833       | 5.62            | 5.14        | 5.74        | 4.23       | 1.022          | 1.116       | 단부파괴 |
| SS16-AC3S4 | 260          | 1.000           | 0.913       | 5.62            | 5.68        | 7.25        | 4.44       | 1.291          | 1.276       | 단부파괴 |
| SS16-AC3S5 | 320          | 1.000           | 1.000       | 5.62            | 6.18        | 7.08        | 5.10       | 1.259          | 1.144       | 단부파괴 |
| SS16-AC3S6 | 370          | 1.000           | 1.000       | 5.62            | 6.27        | 7.89        | 8.22       | 1.404          | 1.259       | 단부파괴 |

표 4. 하중방향에 따른 전단실험 결과

| 실험체명       | 연단거리<br>(mm) | 하중방향<br>(°) | EOTA<br>(tf) | 실험값<br>(tf) | 변위<br>(mm) | 실험값<br>/EOTA | 파괴성상  |
|------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|--------------|-------|
| HS12-AC4R1 | 140          | 0           | 4.29         | 5.24        | 9.66       | 1.222        | 단부파괴  |
| HS12-AC4R2 | 140          | 30          | 4.29         | 5.78        | 10.26      | 1.348        | 단부파괴  |
| HS12-AC4R3 | 140          | 60          | 4.90         | 6.36        | 13.59      | 1.299        | 단부파괴  |
| HS12-AC4R4 | 140          | 90          | 8.57         | 6.25        | 11.08      | 0.729        | 단부파괴  |
| HS12-AC4R5 | 140          | 135         | 8.57         | 9.44        | 33.41      | 1.101        | 부서짐파괴 |
| HS12-AC4R6 | 140          | 180         | 8.57         | 10.61       | 33.06      | 1.238        | 부서짐파괴 |
| SS16-AC2R1 | 65           | 0           | 1.52         | 2.18        | 4.10       | 1.437        | 단부파괴  |
| SS16-AC2R2 | 65           | 30          | 1.52         | 2.01        | 4.93       | 1.325        | 단부파괴  |
| SS16-AC2R3 | 65           | 60          | 1.73         | 2.26        | 6.13       | 1.303        | 단부파괴  |
| SS16-AC2R4 | 65           | 90          | 3.03         | 3.63        | 10.91      | 1.196        | 앵커 휨  |
| SS16-AC2R5 | 65           | 135         | 3.03         | 4.80        | 11.60      | 1.580        | 앵커 휨  |
| SS16-AC2R6 | 65           | 180         | 3.03         | 4.31        | 7.72       | 1.420        | 앵커 휨  |

### 4.3 앵커간격에 따른 콘크리트 단부파괴강도

그림 8은 참고문헌 6의 실험값을 이용하여 연단거리와 전단내력의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 실선 및 점선은 각각 CCD 설계방법 및 ACI 349-90의 예측값을 나타낸 것이다.

그림 9는 앵커간격에 따른 실험값을 식(1)에 의하여  $V_u(test) / V_{no(ACI\ 349\ predicted)}$  으로 무차원화하여 나타낸 것이다. 또한 식(2)에 의하여 ACI 349-90기준에서 제시하고 있는 앵커간격에 따른 예측값을 점선으로 나타내었다.

그림 9 및 그림 11에서 연단거리 105mm인 웨지 앵커의  $V_u(test) / V_{no(ACI\ 349\ predicted)}$  는 연단거리 140mm인 고하중 앵커보다 높게 나타났다. 이는 기존의 연구에서 ACI 349-90 예측값은 CCD 방법에서 고려되고 있는 앵커의 직경 및  $l/d_o$ 비가 고려되지 않아 연단거리가 작은 경우에 과소평가하기 때문으로 판단된다.6) 또한 ACI 349-90 설계식은 앵커간격이 연단거리 2배 이하인 경우에 실험값이 예측값 이하로 나타나고 있으며, 앵커간격이 연단거리의 2배 이상인 경우에는 실험값이 예측값을 초과하고 있다. 이로 미루어 ACI 349-90에서 가정하고 있는 콘각도 45°는 매우 불합리한 것으로 판단된다.

그림 10은 앵커간격에 따른 실험값을 식(3)에 의하여  $V_u(test) / V_{no(CCD\ predicted)}$  으로 무차원화하여 나타낸 것이다. 또한 식(4)에 의하여 CCD 방법에서 제시하고 있는 앵커간격에 따른 예측값을 점선으로 나타내었다.

그림 10과 11에서 고하중 앵커와 웨지 앵커의  $V_u(test) / V_{no(CCD\ predicted)}$  는 고하중 앵커의 실험값이 다소 크게 나타났으나, 큰 차이는 없으므로 판단된다. 또한 CCD 방법은 앵커간격이 증가함에 따라 미소하게 실험값이 증가하는 경향이 있으나 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이로 미루어 CCD 방법에서 제안하고 있는 콘각도 35°의 가정은 합리적인 것으로 판단된다.

표 5는 앵커간격에 따른 ACI 349-90과 CCD 방법의 콘크리트 단부파괴 예측값과 콘크리트 단부파괴가 발생한 실험체의 실험값을 무차원화하여 나타낸 것이다. 콘크리트 단부파괴가 발생한 실험체수는 43개이며, 통계 처리한 결과 CCD방법의 무차원평균은 1.250, 변동계수는 0.150으로 나타났다. CCD 방법의 예측값도 실험값 보다 약 25%정도 크

게 나타났는데 이는 지그와 콘크리트의 마찰에 의한 것으로 판단된다. 참고문헌 3의 연구에서도 유럽의 실험결과와 ASTM E 488-96에 의한 미국의 실험결과를 비교한 결과 약 20%정도 미국의 실험값이 크게 나타났다. 유럽의 앵커 전단실험은 마찰을 방지하기 위해 fluoropolymer sheet를 사용하므로 실험값이 약 20%정도 작게 나타나는 것으로 판단된다. 이로 미루어 하중방향에 따른 단부파괴강도의 예측 시, CCD 방법이 매우 정확함을 알 수 있었다.

표 5. 앵커간격에 따른 단부파괴강도 비교

| 구 분        | 무차원평균 | 표준편차  | 변동계수  |
|------------|-------|-------|-------|
| ACI 349-90 | 1.183 | 0.248 | 0.210 |
| CCD 방법     | 1.250 | 0.188 | 0.150 |

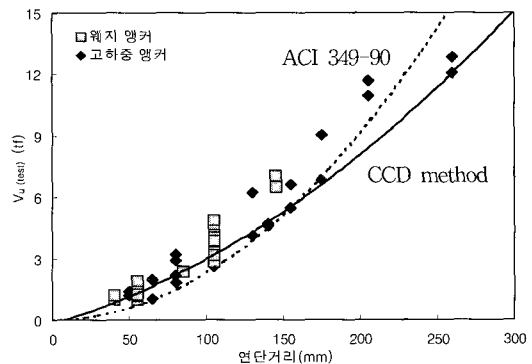


그림 8. 연단거리에 따른 콘크리트 단부파괴강도

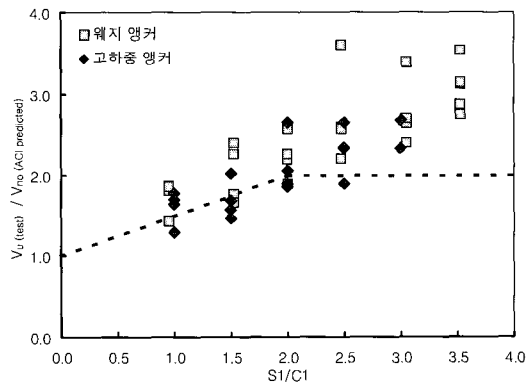


그림 9. ACI 349 단부파괴강도 비교

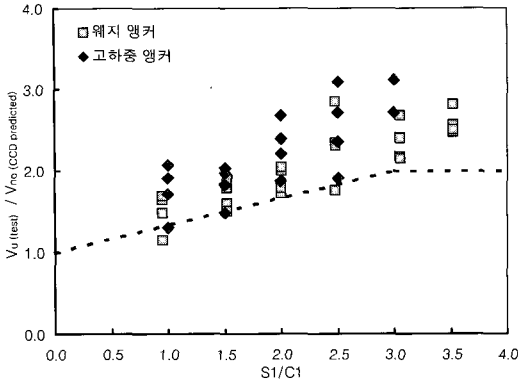


그림 10. CCD 단부파괴강도 비교

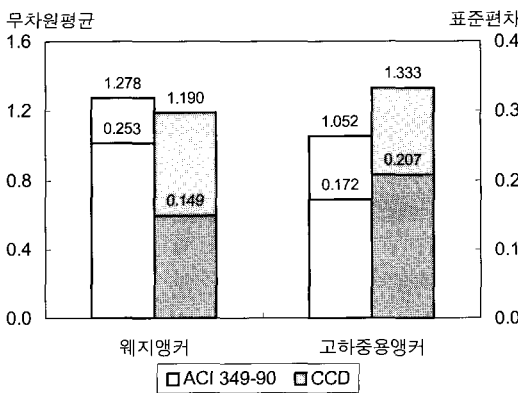


그림 11. 앵커 종류별 단부파괴강도 비교

그림 12는 그림 8의 연단거리에 따른 실험값을  $V_u(test) / V_{no(CCD predicted)}$  으로 무차원화하여 히스토그램 및 확률밀도곡선으로 나타낸 것이다. 그림 9에서 마찰을 고려한 비균열·무근콘크리트에 매입된 앵커의 콘크리트 단부파괴 강도는 정규분포곡선의 특성을 이용하여 5% 파괴확률을 적용한 값은 식(6)과 같이 제시하였다(6)

$$V_b = 0.793 \left( \frac{t}{d_o} \right)^{0.2} \sqrt{d_o} \sqrt{f_{ck}} (c_1)^{1.5} \quad (N) \quad (6)$$

그림 13은 식 (6)에 의하여 앵커간격에 따른 실험값을  $V_u(test) / V_{b(predicted)}$  으로 무차원화하여 히스토그램 및 확률밀도곡선으로 나타낸 것이다. 그림 13에서 앵커간격에 따른 콘크리트 단부파괴 강

도는 정규분포곡선의 특성을 이용하여 5% 파괴확률을 적용한 결과,  $V_u(test) / V_{b(predicted)}$  비는 1.108로 나타났다. 이로 미루어 앵커간격에 따른 콘

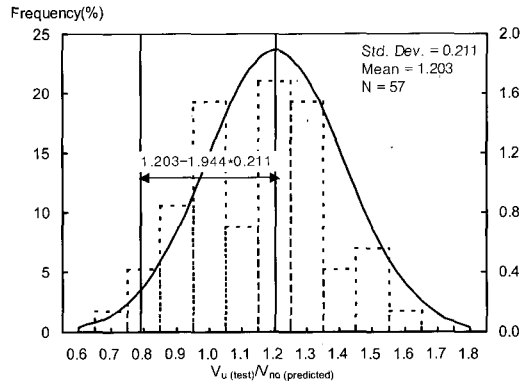


그림 12. 연단거리에 따른 5% 파괴확률

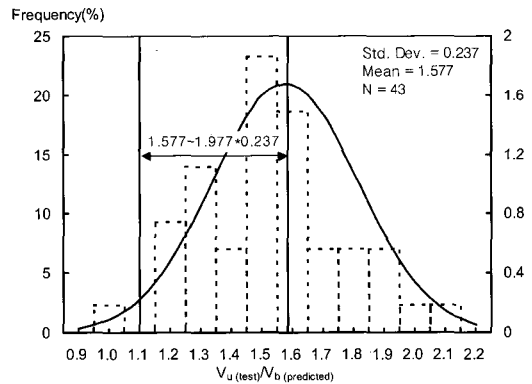


그림 13. 앵커간격에 따른 5% 파괴확률

크리트 단부파괴 강도 추정 시, CCD 방법은 합리적이며 안전 측으로 판단된다.

#### 4.4 하중방향에 따른 콘크리트 단부파괴강도

그림 14는 하중방향에 따른 실험값을 식(5)에 의하여  $V_u(test) / V_{no(CCD predicted)}$  으로 무차원화하여 나타낸 것이다. 그림 15는 하중방향에 따른 실험값을 앵커 종류별로  $V_u(test) / V_{no(CCD predicted)}$  으로 무차원화하여 나타낸 것이다.

그림 14와 그림 15에서 웨지 앵커의 무차원 평균이 고하중 앵커보다 약 20%정도 높게 나타났다. 이는 하중방향이 135°와 180°에서 웨지 앵커의 파괴

모드가 앵커파괴 및 앵커의 힘을 동반한 단부파괴로 진단내력이 높게 나타났기 때문에 판단된다. 또한 하중방향 90°를 제외하고 실험값은 대체적으로 EOTA 예측값보다 평균 30%정도 높게 나타났다.

콘크리트 단부파괴가 발생한 실험체는 20개이며, 통계 처리한 결과 무차원 평균( $V_u(test) / V_{no(CCD\ predicted)}$ )은 1.291, 표준편차는 0.220, 변동계수는 0.170으로 나타났다.

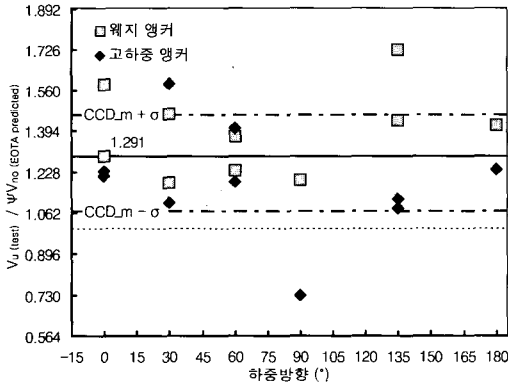


그림 14. EOTA 단부파괴강도 비교

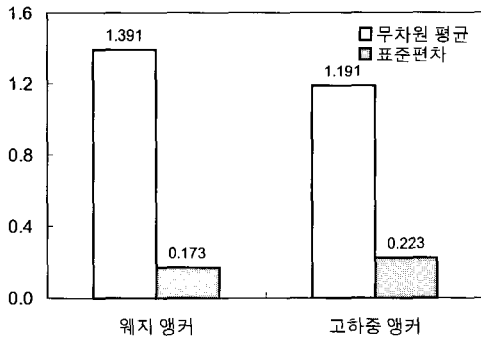


그림 15. 하중방향에 따른 앵커 내력비교

그림 16은 식 (6)에 의하여 앵커간격에 따른 실험값을  $V_u(test) / V_{b(predicted)}$  으로 무차원화하여 히스토그램 및 확률밀도곡선으로 나타낸 것이다. 그림 16에서 하중방향에 따른 콘크리트 단부파괴 강도는 정규분포곡선의 특성을 이용하여 5% 파괴확률을 적용한 결과,  $V_u(test) / V_{b(predicted)}$  비는 1.015로 나타났다. 이로 미루어 하중방향에 따른 콘크리트 단부파괴 강도 추정 시, EOTA 설계식은 안전

측으로 판단된다.

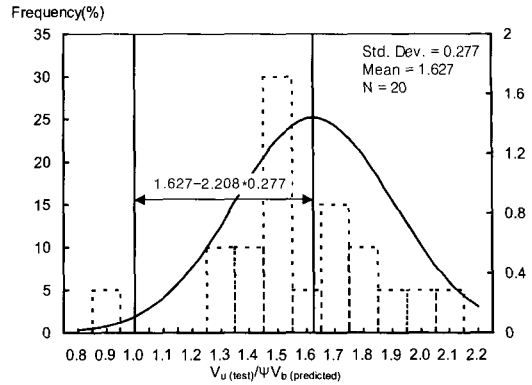


그림 16. 하중방향에 따른 5% 파괴확률

## 5. 결 론

국내산 익스펜션 앵커인 고하중 앵커(Heavy-duty anchor)와 웨지 앵커(Wedge anchor)를 대상으로 앵커간격 및 하중방향을 변수로 한 진단실험 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 앵커간격에 따른 콘크리트 단부파괴 강도는 5% 파괴확률을 적용한 결과,  $V_u(test) / V_{b(predicted)}$  비는 1.108로 나타났다. 이로 미루어 앵커간격에 따른 콘크리트 단부파괴 강도 추정 시, CCD 방법은 합리적이며 안전 측으로 판단된다.
2. 하중방향에 따른 콘크리트 단부파괴 강도는 5% 파괴확률을 적용한 결과,  $V_u(test) / V_{b(predicted)}$  비는 1.015로 나타났다. 이로 미루어 하중방향에 따른 콘크리트 단부파괴 강도 추정 시, EOTA 설계식은 안전 측으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary." American Concrete Institute. 2002.
2. EOTA, Annex C : Design Methods for Anchorages, 2001.
3. Werner Fuchs, Rolf Eligehausen, and John E. Breen "Concrete Capacity Design(CCD) Approach for Fastening to Concrete." ACI Structural Journal. vol.92, No1, 1995.



4. ACI Committee 349, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures." American Concrete Institute. Detroit, 1990.
5. ASTM E488-96, "Standard Test Methods for Strength of Anchors in Concrete and Masonry Elements", 1996.
6. 김규석 외4, "비균열·무근콘크리트의 단일앵커 전단내력 평가" 대한건축학회 추계학술발표논문집(구조계), 제22권 2호, 2002.10