

비균열 무근콘크리트에 매입된 케미컬 앵커의 전단내력에 관한 실험적 연구

서성연^{1*}

An Experimental Study on the Shear Strength of Chemical Anchors Embedded into Non Cracking Plain Concrete

Seong-Yeon Seo^{1*}

Abstract: The use of post installed anchors with adhesive type has lately been increasing when it is necessary to repair, reinforce, or remodel structures. This method provides flexibility and simplicity for construction of structural members that require adhering or fixing. Meanwhile, strength evaluation of anchors with expansion type among post installed anchors systems has nearly reached setting up stage like design code through continual experimental studies for the last ten years, but analyses or experimental studies on anchor system with adhesive type are not yet sufficient. Accordingly, the designers and builders of Korea depend on foreign design codes since there are no exact domestic design code they could credit. In this study, the objectives are investigating the effects on adhesive strength of anchors embedded into plain concrete by shear experiments of anchors with variables such as edge distance, anchor interval, and load direction and supplying basic data for enactment of domestic design code.

Keywords: Re-bar anchors, Lot-anchors, Edge distance, Anchor interval, Load direction, Shear test, Shear strength

1. 서 론

최근 건축물의 보수, 보강 및 리모델링시 중량물 및 구조부재를 부착시키거나 고정하는데 있어서 시공의 유연성 및 용이성으로 후설치 부착식 케미컬 앵커의 사용량이 점점 증가하고 있는 실정이다.

외국에서는 1980년대 초부터 후설치 부착식 케미컬 앵커에 대한 다양한 해석 및 실험을 Fuchs et al.(1995) 및 Hallowell, J. M.(1996)가 행하였으며, 이를 통한 설계식을 제시하여 실제 설계에 사용하고 있으나, 현재 우리나라에서는 설계자와 시공자가 신뢰할 수 있는 명확한 설계기준이 없는 상태로써 외국의 설계기준에 의존하고 있는 실정이다(ACI Committee 318, 2011; EOTA Annex C, 2001).

본 연구에서는 국내산 케미컬 레진을 이용한 비균열 무근콘크리트에 매입된 부착식 케미컬 앵커를 대상으로, 콘크리트 파괴모드 및 콘크리트 단부파괴 강도를 평가하기 위하여 앵커간격 및 연단거리 그리고 하중방향에 따른 전단실험을 실시하였으며, 이들 실험변수가 콘크리트 전단파괴 강도에

미치는 영향을 규명함으로써 부착식 케미컬 앵커에 관한 합리적인 국내 설계기준 제정을 위한 기초자료를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

2. 설계기준

콘크리트 단부파괴의 공칭전단강도를 CCD(Concrete Capacity Design method, Fuchs et al.(1995)) 설계기준에서는 식 (1)과 같이 제시하였다.

$$V_{no} = \left(\frac{l}{d_o}\right)^{0.2} \sqrt{d_o} \sqrt{f_{ck}} (c_1)^{1.5} \text{ (N)} \quad (1)$$

여기서 l 는 앵커의 하중 지압길이, d_o 는 앵커의 외경, f_{ck} 는 콘크리트 설계기준 압축강도(N/mm²), c_1 는 앵커의 연단거리(mm)이다.

ACI 349-90 Appendix B는 Fig. 1과 같이, 콘크리트 부재의 두께(h)가 연단거리(c_l)보다 작거나 앵커간격(s_l)이 $2c_l$ 보다 작다면 앵커간격에 따른 콘크리트 단부파괴강도를 식 (2)와 같이 제안하였다.

¹정회원, 한라대학교 공과대학 건축학과 부교수, 교신저자

*Corresponding author: syseo@halla.ac.kr

Department of Architectural Engineering, Halla University

•본 논문에 대한 토의를 2017년 8월 1일까지 학회로 보내주시면 2017년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

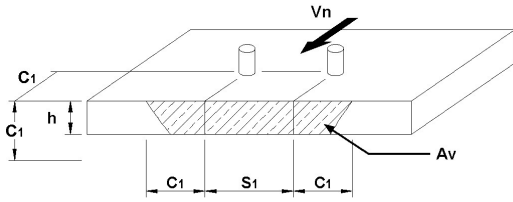


Fig. 1 Idealized breakout model with CCD method

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

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

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left(\frac{s_1}{2c_1} \right)$$

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

EOTA Annex C(EOTA Annex C(2001), Design Methods for Anchorages)는 부재두께와 앵커간격을 고려하여 콘크리트 단부파괴강도를 식 (3)과 같이 제안하였다.

$$V_n = \frac{A_v}{A_{vo}} V_{no} \quad (3)$$

여기서, $A_{vo} = 4.5c_1^2$

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

3. 실험체 및 실험방법

3.1 일반사항

부착식 케미컬 앵커의 부착력은 접착제의 주성분인 비닐 우레탄 메타아크릴레이트 레진과 균일한 골재 및 시멘트의 조합에 따른 접착력에 의한 콘크리트 구조체와 앵커볼트를 일체화시키는 공법으로, 콘크리트 내부에서 확장되어 힘을 받는 확장앵커에 비해 콘크리트 모재에 미치는 영향이 적어 앵커간격 및 모서리 간격이 좁은 경우 확장형 앵커보다 시공이 용이하다.

케미컬 앵커는 접착제 경화시간에 대한 제한이 있어 완전 경화 후 하중을 가해야 하며 천공구멍의 분진청소 상태가 중요하다. 따라서 본 실험에서는 천공깊이에 따른 레진 주입시 공기가 혼입되지 않도록 프레스건을 사용하였으며, Table 1과 같이 앵커 주입 시 온도에 따른 경화시간을 준수하였다.

Table 1 Hardening time of chemical anchors with temperature

Temperature(°C)	Setting time(min.)	Hardening time(min.)
-5	240	360
0	180	300
5	60	90
20	30	50
30	20	40
40	10	30

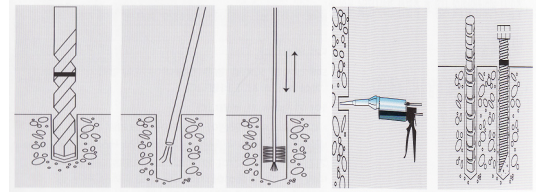


Fig. 2 Inserting process of chemical anchor

Fig. 2는 부착식 케미컬 앵커의 시공상세로서, 앵커는 적절한 직경의 비트로 구멍을 뚫은 후 구멍 내의 먼지나 불순물을 제거한 뒤 삽입하였다.

3.2 실험체 제원

Table 2는 콘크리트 배합비로서, 콘크리트 타설과 동시에 압축강도용 표준 원통형 공시체 17개의 몰드를 제작했으며, 48시간 후 거푸집을 제거하고 콘크리트 블록과 공시체를 부직포로 덮은 후 실내(20±3°C)에서 시료가 항상 습윤상태를 유지하도록 살수양생을 28일간 실시하였다.

실험용 콘크리트블록은 ASTM E488-96(1996)에서 제시하는 최소 클리어런스 및 실험체의 두께를 확보하기 위해 앵커의 삽입깊이 및 연단거리 그리고 앵커군 간격에 대한 변수를



(a) Re-bar anchor

(b) Lot anchor

Fig. 3 Shape of anchors

Table 2 Mix proportion of concrete

Design strength MPa	Water-cement ratio(%)	Fine aggregate ratio(%)	Unit material quantity(kN/m ³)			
			Cement	Fine aggregate	Coarse aggregate	Water
21	48	47	3.1	8.5	9.5	1.5

Table 3 Setting properties of re-bar anchos(mm)

	D10	D13	D16	D19	D25
Drill diameter	12	16	20	25	30
Hole depth	93	115	130	175	215
Inserting depth	90	110	125	170	210
Base depth	120	140	170	220	270

Table 4 Setting properties of lot-anchos(mm)

	M10	M12	M16	M20	M24
Drill diameter	12	16	20	25	30
Hole depth	93	115	130	175	215
Bond device diameter	20	30	40	50	60
Anchor inserting depth	90	110	125	170	210
Base depth	120	140	170	220	270
Bolt length	130	160	190	240	290

계산하여 비균열 무근콘크리트의 단면을 1,600×1,600×30 mm 인 직육면체의 거푸집을 제작후 레미콘을 사용하여 콘크리트를 타설하였다. Fig. 3은 본 실험에 사용한 철근 및 롯트앵커로서, 직경별 설치제원은 Tables 3~4와 같다.

3.3 실험개요

앵커간격 및 연단거리 그리고 하중방향에 따른 무근콘크리트에 매입한 후시공 부착식 케미컬 앵커의 전단강도를 알아보기 위해 Tables 7~13과 같이 철근앵커(D19, D25) 및 롯트앵커(M12, M16, M20)를 대상으로 전단실험을 계획하였다.

Table 7은 앵커간격에 따른 실험계획으로, 철근앵커 D25는 140~350 mm, D19는 140~420 mm 그리고 롯트앵커 M20은 100~370 mm, M16은 100~370 mm까지 각각 계획하였다. Table 9는 연단거리에 따른 실험계획으로, 철근앵커 D19는 44~136 mm, D25는 56~178 mm 그리고 롯트앵커 M12는 40~250 mm, M16은 57~400 mm, M20은 85~400 mm까지 각각 증분 변화하였다.

Table 12는 하중방향에 따른 실험계획으로, 철근앵커 D19 및 롯트앵커 M16를 0~180°까지 각각 증분변화하였다.

3.4 가력 및 측정방법

실험은 ASTM E 488-96에 의하여 수행하였으며, 예상된 극한하중의 ±1% 이내의 정밀성을 가진 실험장비로 하중을 측정하였고, 연속적인 하중-변위곡선을 산출하기 위하여 적어도 1초당 한번씩 데이터를 측정할 수 있도록 하였다. 그리고 실험장비와 데이터 로거를 사용하여 최소 120 데이터를 각각의 실험에 대해서 기록하였다.

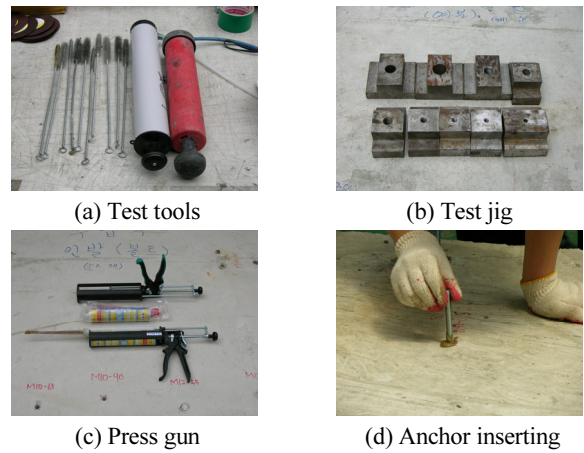


Fig. 4 Experimental tools of chemical anchor

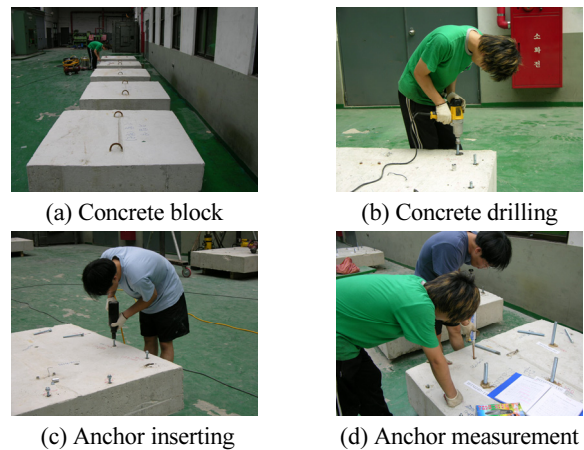
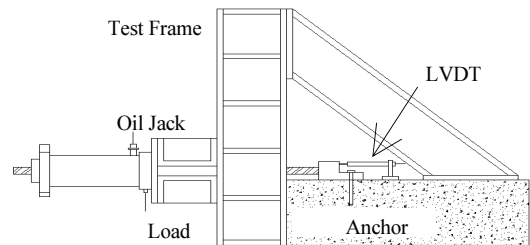


Fig. 5 Manufacturing process of test specimen



(a) Experimental setting



(b) Experimental view

Fig. 6 Test set-up

앵커의 가력방법은 로드 셀(500 kN)을 설치 후 하중은 유압 장비(600 kN)를 이용하여 하중제어 방법으로 증가시키며 주기적으로 재하하도록 계획하였다. 하중작용시 전단에 의한 앵커의 변위측정을 위하여 200 mm 변위계를 설치하였으며 데이터 로거를 이용하여 하중 및 변위량을 초당 한번씩 측정하였다.

실험장비는 다양한 구성요소(인장, 압축, 전단, 비틀림)의 항복에 대해서 충분한 내력을 갖게 제작하였으며 앵커와 수직이 되는 축과 평행하게 전단하중을 작용시켰다. 앵커간격에 따른 전단내력을 평가함에 있어, CCD 설계기준에 준하여 앵커간격에 따라 2개의 앵커가 동시에 전단하중을 받을 수 있도록 실험체 셋팅후 가력하였다.

Figs. 4~6은 부착식 주입형 케미컬앵커의 실험도구, 실험체 제작과정 그리고 전단내력 측정을 위한 실험체 Set-up 및 전단실험 전경이다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 재료시험결과

Tables 5~6은 콘크리트 및 앵커의 재료시험결과이다. 콘크리트 설계기준강도 21 MPa를 기준으로 배합설계한 17개 콘크리트 공시체의 평균압축강도는 26 MPa, 표준편차 2.53 그리고 변동계수는 9.7%로 나타나 콘크리트 품질관리는 비교적 양호하였으며 평균배합강도 24 MPa를 상회하여 설계기준의 규정을 만족하였다.

KS B 0802에 준한 12개의 직경별 롯트앵커(S20C, 아연도금)의 인장시험결과, 평균항복강도 275 MPa, 평균인장강도 435 MPa, 평균항복비는 0.63로 각각 나타났으며, 15개의 직경별 철근앵커의 인장시험결과, 평균항복강도 435 MPa, 평균인장강도 565 MPa, 평균항복비는 0.77로 나타났다.

Table 5 Compression test results of concrete

Compressive strength	Standard deviation	Variable coefficient	Slump
26 MPa	2.53	9.7%	80 mm

Table 6 Tension test results of anchor

Anchor type	Re-bar anchor	Lot anchor
Yield strength(f_y , MPa)	435	275
Tensile strength(f_u , MPa)	565	435
Yield ratio(f_y/f_u)	0.77	0.63
Elongation(%)	18	20

4.2 전단실험결과

Tables 7~13은 앵커간격 및 연단거리 그리고 하중방향에 따른 부착식 케미컬 앵커의 전단실험결과이다. 앵커간격 증가에 따른 강도 증가율은 약 5~10% 정도 크게 나타났으며, 연단거리 증가에 따른 콘크리트 전단과단강도 증가율은 약 17~23%로 나타났다. 그리고 하중방향 크기에 따른 콘크리트

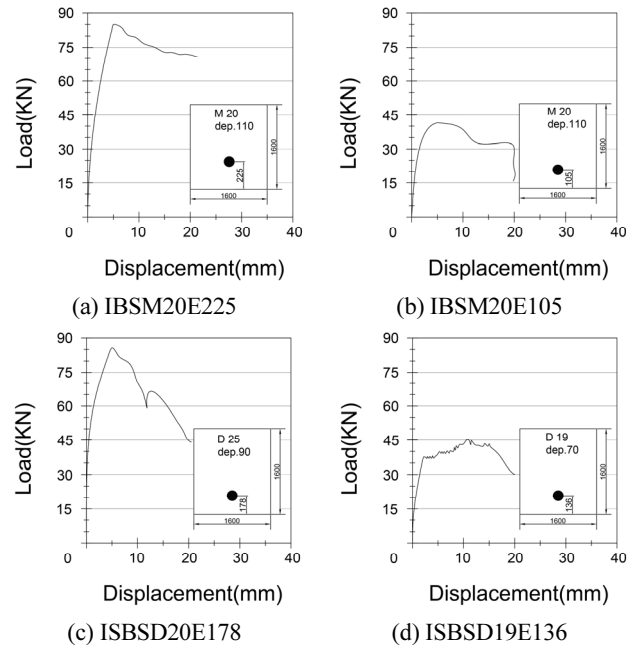


Fig. 7 Load-displacement curve

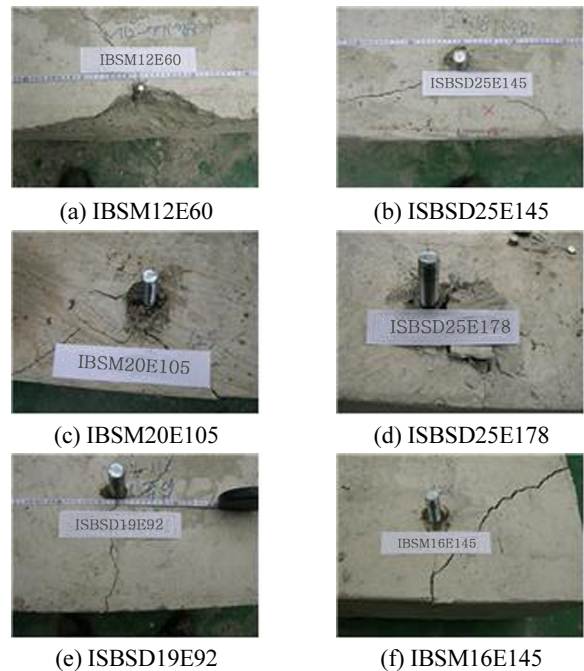


Fig. 8 Shape of concrete failure

트 파단강도 증가율은 약 10% 정도로 각각 나타났다.

실험결과 콘크리트에 매입된 앵커가 전단하중을 받는 경우 파괴모드는 앵커의 사이즈 및 연단거리 그리고 콘크리트 강도에 영향을 받는 것으로 나타났으며, 콘크리트 단부파괴는 앵커의 강성이 크고 연단거리가 작은 경우에 주로 발생하였다.

Figs. 7~8은 케미컬 앵커의 하중-변위 관계곡선 및 콘크리트 파괴형상이다. 콘크리트 파괴형상은 쪼개짐 및 콘형상으로 나타났고 앵커의 상단부분으로 부터 시작되었다. 또한 연단거리가 증가함에 따라 단부파괴에서 앵커의 전단파괴로 파괴모드가 변하였으며, 앵커의 전단파괴는 앵커의 인장강도가 작은 앵커에서 주로 발생하였다.

4.3 앵커간격에 따른 전단내력

Table 7은 부착식 주입형 케미컬 앵커의 앵커간격에 따른 전단실험결과이며, Fig. 9는 앵커간격에 따른 실험결과에 대한 CCD 설계기준의 예측값으로 나타낸 것으로, CCD 설계기준에서 제시하고 있는 앵커간격에 따른 예측값은 점선으로

Table 7 Test results on anchor interval

Specimen	Edge distance (mm)	Anchor interval (mm)	Test (kN)	Coef.	CCD (kN)	Test / CCD
ISBSD25S140	140	140	73.2	0.67	64.7	1.13
ISBSD25S210	140	210	85.3	0.75	72.8	1.17
ISBSD25S280	140	280	110.3	0.83	80.9	1.36
ISBSD25S350	140	350	103.6	0.92	88.9	1.16
ISBSD19S140	140	140	83.6	0.67	56.0	1.49
ISBSD19S210	140	210	79.7	0.75	63.1	1.27
ISBSD19S280	140	280	96.5	0.83	70.0	1.38
ISBSD19S350	140	350	121.9	0.92	77.1	1.58
ISBSD19S420	140	420	122.4	1.00	84.0	1.46
IBSM20S100	105	100	45.3	0.66	45.5	1.00
IBSM20S160	105	160	64.0	0.75	52.4	1.22
IBSM20S210	105	210	66.6	0.83	57.7	1.15
IBSM20S260	105	260	80.0	0.91	63.4	1.26
IBSM20S320	105	320	83.8	1.00	69.4	1.21
IBSM20S370	105	370	90.0	1.00	69.3	1.30
IBSM16S100	105	100	50.5	0.66	39.9	1.26
IBSM16S160	105	160	47.3	0.75	45.8	1.03
IBSM16S210	105	210	56.3	0.83	50.4	1.12
IBSM16S260	105	260	71.1	0.91	55.7	1.28
IBSM16S320	105	320	69.4	1.00	60.6	1.14
IBSM16S370	105	370	77.4	1.00	61.5	1.26

Note: ISBSD25S140; ISBS(chemical anchor), D25(anchor size), S140(anchor interval)

나타냈다.

Fig. 10은 CCD 설계기준의 앵커간격에 따른 계수 평균값을 나타낸 것으로, 실험결과에 대한 CCD 설계기준의 예측값으로 나타냈다. Figs. 9~10에서 CCD 설계기준은 앵커간격이 증가함에 따라 미소하게 실험값이 증가하는 경향이 있으나 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이로 미루어 CCD 설계기준에서 제안하고 있는 콘각도의 가정은 합리적인 것으로 판단

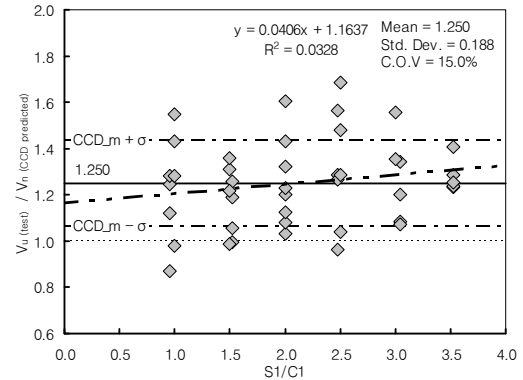


Fig. 9 Fracture strength of concrete edge with anchor interval

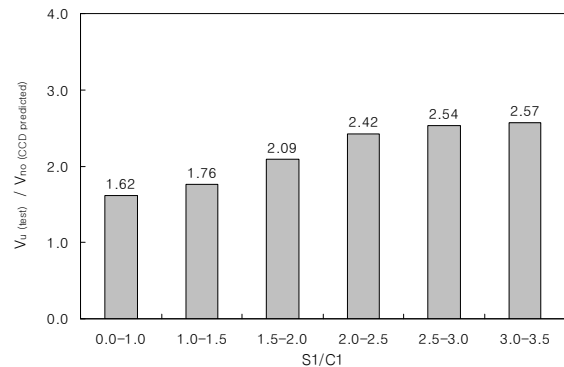


Fig. 10 Equal coefficient value with anchor interval

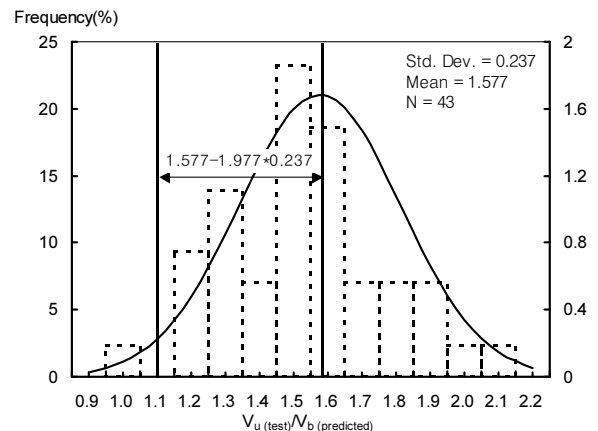


Fig. 11 5% cumulative distribution function

된다.

Fig. 11은 앵커간격에 따른 실험결과에 대한 CCD설계기준의 예측값의 확률밀도곡선으로, 앵커간격에 따른 콘크리트 단부파괴강도는 정규분포곡선의 특성을 이용하여 5% 파괴 확률의 안전성평가를 수행한 결과 1.11로 나타났다.

4.4 연단거리에 따른 전단내력

Tables 8~11은 부착식 주입형 케미컬 앵커의 연단거리에 따른 전단실험결과이다. 기존의 연구에서 콘크리트 단부파괴 강도는 앵커의 직경 및 연단거리 그리고 콘크리트 강도에 영향을 받는 것으로 나타났으며, 콘크리트 단부파괴하중에 대한 설계식은 CCD 설계기준이 널리 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서도 기존의 콘크리트 단부파괴강도 설계식의 타당성을 검토하기 위하여 연단거리에 따른 실험값과 콘크리트 단부 파괴강도 설계식의 예측값을 CCD 설계기준과 비교 검토하였다.

Fig. 12는 실험결과에 대한 CCD 설계기준의 예측결과값을

Table 8 Coefficient factors on anchor interval and edge distance

S/C_{min}	C/C_{min}									
	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
1.0	1.65	1.88	2.12	2.36	2.62	2.89	3.16	3.44	3.73	4.02
1.5	1.77	2.00	2.25	2.50	2.76	3.03	3.31	3.60	3.89	4.18
2.0	1.89	2.13	2.38	2.63	2.90	3.18	3.46	3.75	4.05	4.34
2.5	2.00	2.25	2.50	2.77	3.04	3.32	3.61	3.90	4.21	4.50
3.0	2.12	2.37	2.63	2.90	3.18	3.46	3.76	4.06	4.36	4.66
3.5	2.24	2.50	2.76	3.04	3.32	3.61	3.91	4.21	4.52	4.82
4.0	2.36	2.62	2.89	3.17	3.46	3.75	4.05	4.36	4.68	4.98
4.5	2.47	2.74	3.02	3.31	3.60	3.90	4.20	4.52	4.84	5.14
5.0	2.59	2.87	3.15	3.44	3.74	4.04	4.35	4.67	5.00	5.30
5.5	2.71	2.99	3.28	3.57	3.88	4.19	4.50	4.82	5.15	5.46
6.0	2.83	3.11	3.41	3.71	4.02	4.33	4.65	4.98	5.31	5.62
6.5		3.24	3.54	3.84	4.16	4.47	4.80	5.13	5.47	5.78
7.0			3.67	3.98	4.29	4.62	4.95	5.29	5.63	5.94
7.5				4.11	4.43	4.76	5.10	5.44	5.79	6.10
8.0					4.57	4.91	5.25	5.59	5.95	6.26
8.5						5.05	5.40	5.75	6.10	6.41

Table 9 Design strength on concrete edge fracture with edge distance

Anchor type	M10	M12	M16	M20	M24
Design strength(kN)	3.4	5.1	7.4	12.6	19.1
C_{min} (mm)	45	55	65	85	105
Inserting depth(mm)	90	110	125	170	210

연단거리에 따라 나타냈으며, Fig. 12에서 CCD 설계기준은 연단거리 변화에 따른 편차는 있으나 연단거리가 증가함에 따라 예측값이 감소되는 경향은 없는 것으로 나타났다. Fig. 13은 연단거리에 따른 콘크리트 단부파괴강도 정규분포곡선으로, 실험결과에 대한 CCD 설계기준에 의한 예측값으로 실험값을 통계처리한 결과, 변동계수는 17.5%로 비교적 편차는 적게 나타났으며, 실험값이 예측값 보다 약 20%정도 크게 나

Table 10 Test results on edge distance

Specimen	Edge distance (mm)	Inserting depth (mm)	CCD (kN)	Test (kN)	Test / CCD
IBSM12E40	40	70	5.8	8.8	1.50
IBSM12E55	55	70	9.4	13.0	1.39
IBSM12E57	57	70	9.9	13.3	1.26
IBSM12E60	60	70	10.7	11.1	1.04
IBSM12E90	90	70	19.4	23.9	1.23
IBSM12E130	130	70	21.9	26.5	1.21
IBSM12E165	165	70	23.1	26.3	1.14
IBSM12E250	250	70	25.5	29.3	1.15
IBSM16E57	57	70	10.8	14.1	1.32
IBSM16E92	92	70	22.1	26.3	1.19
IBSM16E101	101	70	25.5	28.4	1.12
IBSM16E105	105	70	35.0	43.6	1.26
IBSM16E145	145	70	41.5	49.0	1.17
IBSM16E185	185	70	43.0	53.7	1.25
IBSM16E225	225	70	46.0	50.6	1.10
IBSM16E400	400	70	47.0	54.1	1.15
IBSM20E85	85	110	23.0	23.9	1.04
IBSM20E105	105	110	31.6	42.3	1.34
IBSM20E112	112	110	34.9	43.0	1.23
IBSM20E145	145	110	51.3	68.7	1.34
IBSM20E185	185	110	60.6	73.4	1.21
IBSM20E225	225	110	68.0	83.6	1.23
IBSM20E400	400	110	74.3	89.1	1.20
ISBSD19E44	44	70	7.6	9.7	1.27
ISBSD19E70	70	70	15.5	18.6	1.20
ISBSD19E92	92	70	23.3	26.7	1.15
ISBSD19E136	136	70	41.7	45.3	1.09
ISBSD25E56	56	90	12.5	15.4	1.24
ISBSD25E90	90	90	25.8	28.6	1.11
ISBSD25E121	121	90	39.9	43.2	1.08
ISBSD25E178	178	90	71.5	84.4	1.18

Note: IBSM12E40; IBS(chemical anchor), M12(anchor size), E40(edge distance)

Table 11 Coefficient factors on anchor interval and edge distance

S/C_{min}	C/C_{min}									
	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	
1.0	1.65	1.88	2.12	2.36	2.62	2.89	3.16	3.44	3.73	
1.5	1.77	2.00	2.25	2.50	2.76	3.03	3.31	3.60	3.89	
2.0	1.89	2.13	2.38	2.63	2.90	3.18	3.46	3.75	4.05	
2.5	2.00	2.25	2.50	2.77	3.04	3.32	3.61	3.90	4.21	
3.0	2.12	2.37	2.63	2.90	3.18	3.46	3.76	4.06	4.36	
3.5	2.24	2.50	2.76	3.04	3.32	3.61	3.91	4.21	4.52	
4.0	2.36	2.62	2.89	3.17	3.46	3.75	4.05	4.36	4.68	
4.5	2.47	2.74	3.02	3.31	3.60	3.90	4.20	4.52	4.84	
5.0	2.59	2.87	3.15	3.44	3.74	4.04	4.35	4.67	5.00	
5.5	2.71	2.99	3.28	3.57	3.88	4.19	4.50	4.82	5.15	
6.0	2.83	3.11	3.41	3.71	4.02	4.33	4.65	4.98	5.31	
6.5		3.24	3.54	3.84	4.16	4.47	4.80	5.13	5.47	
7.0			3.67	3.98	4.29	4.62	4.95	5.29	5.63	

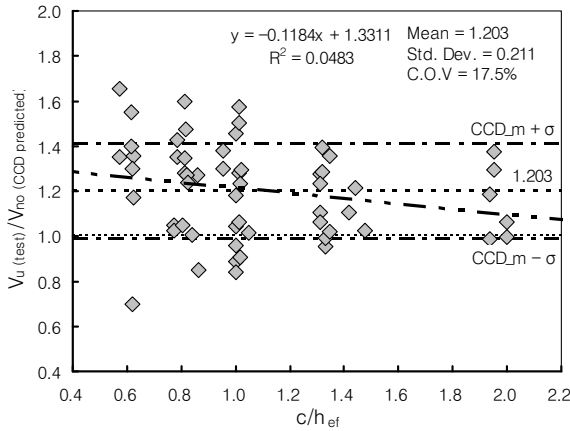


Fig. 12 Fracture strength of concrete edge with edge distance

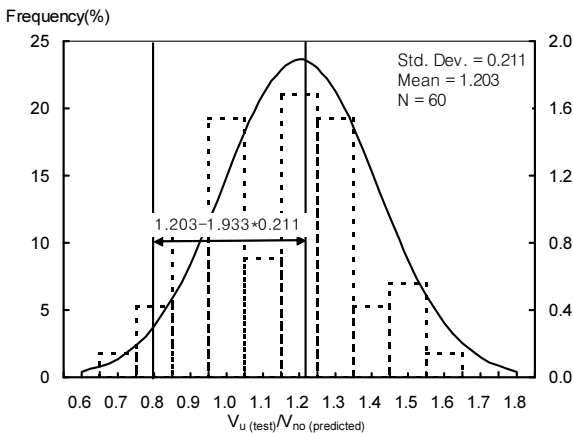


Fig. 13 Normal distribution curve of concrete edge fracture strength with edge distance

타났는데, 이는 연단거리 증가에 따른 가력 프레임의 아답타 (지그)와 접촉면 콘크리트와의 불가피한 마찰계수 증가에 따른 요인으로 판단된다.

4.5 하중방향에 따른 전단내력

Table 12는 부착식 주입형 앵커의 하중방향에 따른 전단실험결과로서, 연단거리 140실험체의 경우 하중방향이 0~180°까지 증분변화함에 따른 실험값은 51~104 kN까지 약 2.12배 증가하였으며, 연단거리 65실험체는 하중방향 크기에 비례하여 21~47 kN까지 약 2.23배 증분하여 나타났다.

Table 13은 하중방향에 따른 실험값을 통계처리한 영향계수로서, 0~180°하중방향 크기에 비례하여 1.0~2.0까지 나타났다으며, 정규분포곡선의 특성을 이용하여 5% 파괴확률을 적용한 결과 1.0이상으로 나타났다.

Fig. 14는 하중방향에 따른 실험결과에 대한 EOTA설계기준의 예측결과를 나타낸 것이며, Fig. 15는 $V_u(test)/\Psi V_{no}(EOTA predicted)$ 을 하중방향별로 통계처리하여 나타낸 것으로, 실험값은 대체적으로 EOTA 예측값보다 평균 23%정도 높게 나

Table 12 Test results on load direction

Specimen	Edge dist. (mm)	Load dir. (°)	Test (kN)	Disp. (mm)	EOTA (kN)	Test /EOTA
ISBSD19A0	140	0	51.4	8	42.1	1.22
ISBSD19A30	140	30	56.7	10	42.1	1.35
ISBSD19A60	140	60	62.4	12	48.1	1.30
ISBSD19A90	140	90	117.6	13	84.0	1.40
ISBSD19A135	140	135	92.6	23	84.0	1.10
ISBSD19A180	140	180	104.0	25	84.0	1.24
IBSM16A0	65	0	21.4	3	14.9	1.44
IBSM16A30	65	30	19.7	5	14.9	1.33
IBSM16A60	65	60	22.2	7	16.96	1.30
IBSM16A90	65	90	35.6	9	29.7	1.24
IBSM16A135	65	135	47.1	11	29.7	1.58
IBSM16A180	65	180	42.3	13	29.7	1.42

Note: ISBSD19A0 ; IISBS(chemical anchor), D19(anchor size), A0(load direction)

Table 13 Coefficient factors on load direction

Angle β [°]	Ψ
0 ~ 55	1
60	1.1
70	1.2
80	1.5
90 ~ 180	2

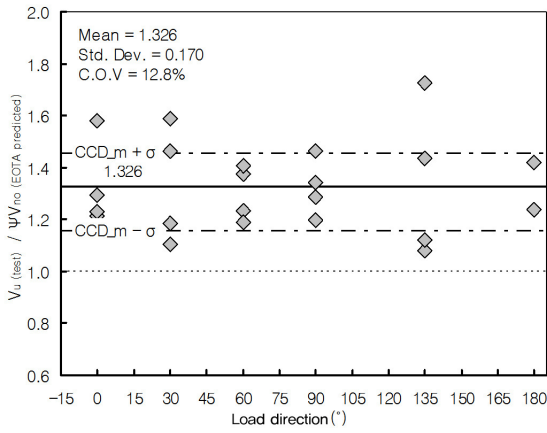


Fig. 14 Edge fracture strength of EOTA with load direction

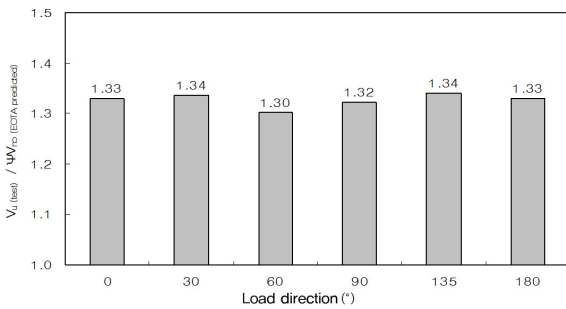


Fig. 15 Anchor strength with load direction

타났다. 그리고 콘크리트 단부파괴가 발생한 실험체 22를 통계처리한 결과 평균 1.33, 표준편차 0.17, 변동계수 12.8%로 각각 나타났다.

5. 결론

국내산 케미컬 레진을 이용한 비균열 무근콘크리트에 매입된 부착식 케미컬 앵커를 대상으로, 콘크리트 파괴모드 및 콘크리트 단부파괴 강도를 평가하기 위하여 앵커간격 및 연단거리 그리고 하중방향에 따른 전단실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 앵커간격 및 연단거리 그리고 하중방향을 변수로 한 전단 실험결과, 앵커간격 증가에 따른 강도 증가율은 약 5~10% 정도 크게 나타났으며, 연단거리 증가에 따른 콘크리트 전단파단강도 증가율은 약 17~23%로 나타났다. 그리고 하중방향 크기에 따른 콘크리트 파단강도 증가율은 약 10% 정도로 각각 나타났다.
- 2) 앵커간격에 따른 CCD 설계기준값과 콘크리트 단부파괴가 발생한 실험체의 실험값을 비교한 결과, 앵커간격에 따

른 평균값이 1.25로 나타나 단일앵커의 연단거리에 따른 평균값 1.20와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

- 3) 연단거리에 따른 실험결과에 대한 CCD 설계기준의 예측값으로 통계처리한 결과, 실험값은 기준식보다 약 20.3% 높게 나타났으며, 변동계수는 17.5%로 비교적 적은 편차를 나타냈다.
- 4) 연단거리에 따른 EOTA 설계기준값과 비교시 평균 1.21~1.46로 실험값이 약 20% 이상 크게 나타났으며, 변동계수는 10.7%로 나타났다. 그리고 실험값을 정규분포곡선의 특성을 이용하여 5% 파괴확률을 적용한 결과 앵커의 계수는 0.57로 평가되었다.
- 5) 하중방향에 따른 콘크리트 단부파괴강도의 경우 실험값은 대체적으로 EOTA 설계기준값보다 평균 약 23%정도 높게 나타났으며, 콘크리트 단부파괴가 발생한 22개 실험체를 통계처리한 결과 평균 1.33, 표준편차 0.17, 변동계수 12.8%로 각각 나타났다.
- 6) 하중방향에 따른 실험값을 정규분포 곡선의 특성을 이용하여 5% 파괴확률을 적용한 결과 1.0이상으로 나타났으며, 하중방향에 따른 영향계수를 통계처리한 결과 0~180° 하중방향 크기에 비례하여 1.0~2.0까지 각각 나타났다.

감사의 글

이 연구는 한라대학교 2017년도 학술연구조성비의 지원을 받아 수행된 연구이며 이에 감사드립니다.

References

ACI Committee 214 (2002), Evaluatio of Strength Test Results of Concrete.

ACI Committee 318 (2002), Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, American Concrete Institute.

ACI Committee 318 (2008), Building Code Requirements for Structural Concrete and commentary(ACI 318M-08), American Concrete Institute, Detroit, Mich.

ACI Committee 349(1990), Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures, American Concrete Institute. Detroit.

ACI Committee 349 (2001), Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures, ACI 349-01, Appendix B Anchoring to Concrete, American Concrete Institute.

ACI Committee 355 (2000), Evaluating the Performance of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete(ACI 355.2-00), American Concrete Institute.

ACI Committee 355 (2007), Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete(ACI 355.2-07), American

Concrete Institute, Detroit, Mich.
 ASTM E488-96 (1996), Standard Test Methods for Strength of Anchors in Concrete and Masonry Elements.
 ASTM F1554-99 (1999), Standard specification for anchor bolts, steel, 36, 55, and 105-ksi yield strength, American Society for Testing and Materials.
 EOTA Annex C (2001), Design Methods for Anchorages.
 Fuchs, W., Eligehausen, R., and Breen, J. (1995), Concrete Capacity Design(CCD) Approach for Fastening to Concrete, *ACI Structural Journal*, 92(6), 787-802.
 Gross, J. H. (2001), Dynamic Behavior of Single and Double Near-Edge Anchors Loaded in Shear, *ACI Structural Journal*, 98
 Hallowell, J. M. (1996), Tensile and Shear Behavior of Anchors in Uncracked and Cracked Concrete under Static and Dynamic ding,

M.S. Thesis, The University of Texas at Austin.
 KCI Korean Concrete Institute (2012), Concrete Structure Design Code and Commentary, Appendix II Anchoring to Concrete (in Korean).
 Malik, J. B. (1980), Shear Resistance of Anchor Bolts under Monotonic and Reversed Cyclic Loading, M.S. Thesis, The University of Texas at Austin.

Received : 11/30/2016

Revised : 02/13/2017

Accepted : 05/25/2017

요 지 : 최근 건축물의 보수보강 및 리모델링시 구조부재를 부착시키거나 고정하는데 있어서 시공의 유연성 및 용이성으로 부착식 후설치 앵커의 사용량이 증가하고 있는 실정이다. 그동안 후설치 앵커중 확장식 앵커시스템에 대한 내력평가는 지난 10년간 실험을 통한 연구가 지속 되어 설계기준 제정등 어느정도 정립단계에 있으나 부착식 앵커시스템에 대한 해석 및 실험적 연구는 아직 미비한 실정이다. 따라서 현재 우리나라에서는 설계자와 시공자가 신뢰할 수 있는 명확한 설계기준이 없는 상태로서 외국의 설계기준에 의존하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 부착식 케미컬 앵커를 대상으로 연단거리 및 앵커간격 그리고 하중방향에 따른 전단실험을 통하여 무근콘크리트에 매입된 케미컬 앵커의 부착강도에 미치는 영향을 규명하고 합리적인 케미컬 앵커의 설계기준 제정을 위한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

핵심용어 : 철근앵커, 록트앵커, 연단거리, 앵커간격, 하중방향, 전단실험, 전단내력
