캡스톤디자인 산학연계팀 과제 최종보고서

<table>
<tr><td>과 제 명</td><td colspan="6">아파트 리모델링을 위한 수평증축 접합부 설계프로세서</td></tr>
<tr><td>과제기간</td><td colspan="2">2017년11월1일 ~ 2018년1월31일</td><td>과 제 비</td><td colspan="3">원</td></tr>
<tr><td>팀 명</td><td colspan="2">건축구조연구팀</td><td>과 제 유 형</td><td colspan="3">☑일반 □ 현장 실습 연계</td></tr>
<tr><td>지도 교수</td><td>소 속</td><td colspan="2">도시건축학부</td><td>성 명</td><td colspan="2">천성철</td></tr>
<tr><td rowspan="8">참여 학생</td><td>구분</td><td>성명</td><td>학년</td><td colspan="2">학번</td><td>소속학과</td></tr>
<tr><td>팀장</td><td>최명지</td><td>3</td><td colspan="2">201402735</td><td>건축공학전공</td></tr>
<tr><td rowspan="5">팀원</td><td>박노운</td><td>4</td><td colspan="2">201202776</td><td>건축공학전공</td></tr>
<tr><td>최병국</td><td>4</td><td colspan="2">201202829</td><td>건축공학전공</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">참여 기업</td><td rowspan="2">기업명</td><td rowspan="2">동양구조 E&R</td><td rowspan="2">담당자</td><td>성명</td><td colspan="2">이은진</td></tr>
<tr><td>연락처</td><td colspan="2">02-497-2657</td></tr>
</table>

본 보고서를 공학교육혁신센터 캡스톤디자인 산학연계팀 과제 최종보고서로 제출합니다.

【붙임 : 최종 결과보고서 1부】

2017 년 11 월 30 일

대표학생 : 최 명 지 (인)

인천대학교 공학교육혁신센터장 귀하

캡스톤디자인 산학연계팀 과제 최종 결과보고서

Ⅰ. 과제 개발의 목적 및 필요성

1. 연구 필요성

최근 공동주택(이하 아파트)의 수직증축이 허용됨에 따라 기존 철근콘크리트 벽체에 신설 벽체를 연결하는 리모델링이 증가하고 있다([그림 1]). 벽체는 수직하중뿐 아니라, 바람/지진과 같은 수평하중에 저항하는 매우 중요한 구조요소이다. 특히 벽체 접합부는 구조효율에 매우 큰 영향을 미친다. 그러나 신구 벽체의 접합부 설계법은 아직 명확히 정립되지 않고 있어, 설계하중의 해석 및 접합부 강도 설계법의 표준화가 절실한 상황이다.

그림 1. 아파트 리모델링 수직증축 허용(2014.4)

2. 연구 목표

연구팀에서는 아파트 리모델링에서 향후 빈번하게 발생될 신구 철근콘크리트 벽체 수직접합부의 최적 설계법 개발을 목표로 한다. 구체적인 연구 목표는 다음과 같다.

- 벽식아파트 리모델링을 위한 벽체 수직접합부 작용 전단력 해석법 개발
- 벽식아파트 리모델링을 위한 벽체 수직접합부 전단설계법 개발
- 벽식아파트 리모델링을 위한 벽체 수직접합부 표준 상세 개발

3. 활용성 및 기대효과

- 아파트 리모델링은 향후 지속적으로 증가될 분야이므로, 이 연구과제를 토대로 향후 새로운 연구주제 개발이 가능함.
- 이 연구의 성공적 수행경험을 바탕으로 수직 증축을 고려한 벽체 수평접합부, 슬래브 접합부, 기둥 증타공법 등의 설계법 개발이 가능함.

Ⅱ. 과제내용 및 제작과정

1. 수직 접합부 작용 하중 산정

벽체는 그림 2와 같이 횡력에 의해 휨모멘트가 작용되고, 수직접합부에는 상하 휨모멘트의 차이로 인해 전단력이 유발된다. KICT(한국건설기술연구원)에서 발간한 「수직증축형 리모델링 구조매뉴얼」[2]에서 제안한 방법으로 전단력을 산정할 수 있다. 역학적 원리에 의해 수직 접합부에 작용되는 전단응력(τ)은 식(1)과 같이 표현될 수 있으며, 여기에 수직접합부 단면적($b_w h_w$)을 곱하면 작용되는 전단력(V_v)이 산정된다.

$$\tau = \frac{V_n Q}{I b_w} \rightarrow V_v = \tau b_w h_w = \frac{V_n Q h_w}{I} \quad (1)$$

여기서, V_h는 해당층의 수평 전단력이며, Q는 전체벽체에서 수직접합부 위치의 단면1차모멘트이고, I는 전체 벽체의 단면2차모멘트, b_w는 벽체 폭, h_w는 벽체높이이다.

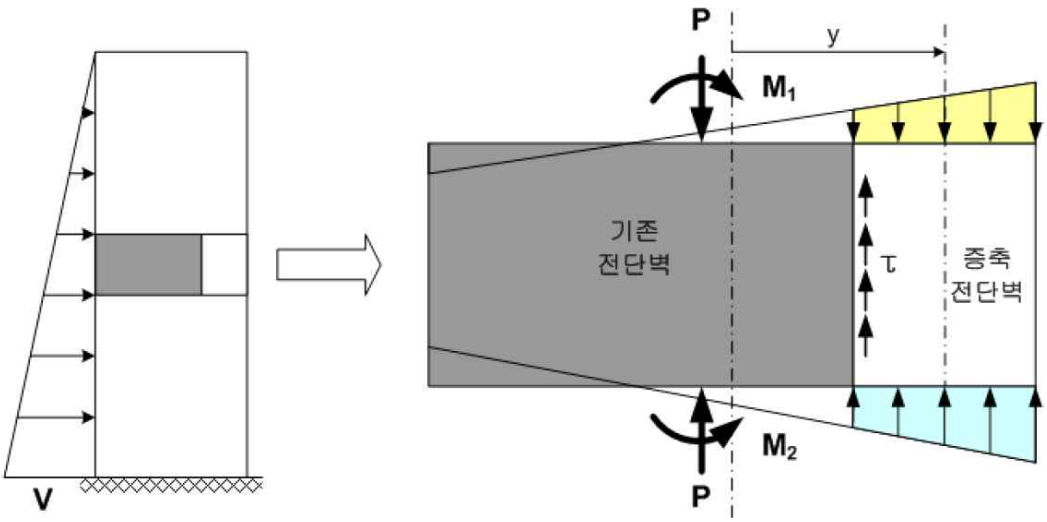


그림 2. 수직접합부에 작용되는 전단력 산정 방법

2. 수직 접합부 설계 개념

벽체 수직 접합부의 설계 개념으로 아래와 같이 2가지 방법으로 생각할 수 있다.

(1) 앵커설계법에 따른 수직접합부 전단 설계
- 콘크리트구조기준(2012) 부록II에 따라 전단을 받는 후설치앵커로 철근단면적 및 정착길이를 산정하는 방법.

(2) 앵커설계법에 따른 수직접합부 인장 설계

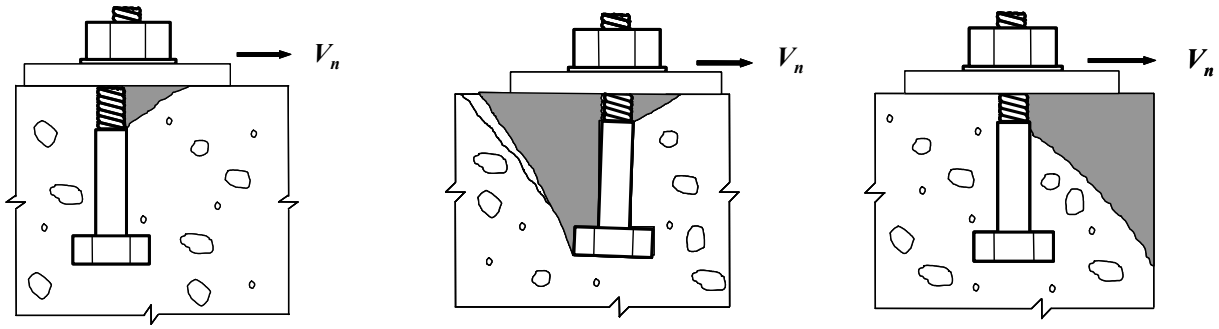
- 콘크리트구조기준(2012) 7.7에 따라 전단마찰설계로 철근단면적을 산정한 후, 인장을 받는 후설치앵커로 콘크리트구조기준 부폭Ⅱ 또는 8장 정착이음에 따라 정착길이를 산정하는 방법.
- 전단마찰설계의 기본개념은 철근이 인장을 받는 개념이므로 인장을 받는 후설치 앵커로 설계해야한다.

3. 설계 개념에 따른 파괴유형

설계 개념에 따른 발생 가능한 파괴유형을 정리하였다.

3.1 전단을 받는 후설치앵커(방법1)

(1) 가능한 파괴유형



(a) 강재 파괴 (b) 프라이아웃파괴 (c) 콘크리트 파괴

그림 3. 전단을 받는 후설치앵커의 파괴유형

(2) 실제 발생될 수 있는 파괴유형

- (a) 강재파괴 : 후설치 철근이 전단으로 파괴 가능함 → 작용되는 전단력을 지지하기 위한 소요 철근량 산정에 활용.
- (b) 프라이아웃파괴 : 아래 그림과 같이 강재베이스플레이트에 의한 지렛대 작용으로 발생되는 파괴유형이므로, 신구 콘크리트 접합부에서는 발생될 수 없음. (제외)

→

그림 4. 앵커의 프라이아웃파괴

- (c) 콘크리트파괴 : 벽체 상하단에 슬래브가 있기 때문에 마구리(끝단) 방향의 파괴는 발생되지 않음. 그러나 벽체 측면 피복이 얇기 때문에, 아래 그리과 같이 전단력 작용방향의 직각방향(측면방향)으로 파괴가 발생됨. 이 강도는 측면방향으로 전단력이 작용된 것으로 가정한 전단강도의 2배로 산정됨. → 정착길이 결정에 활용.

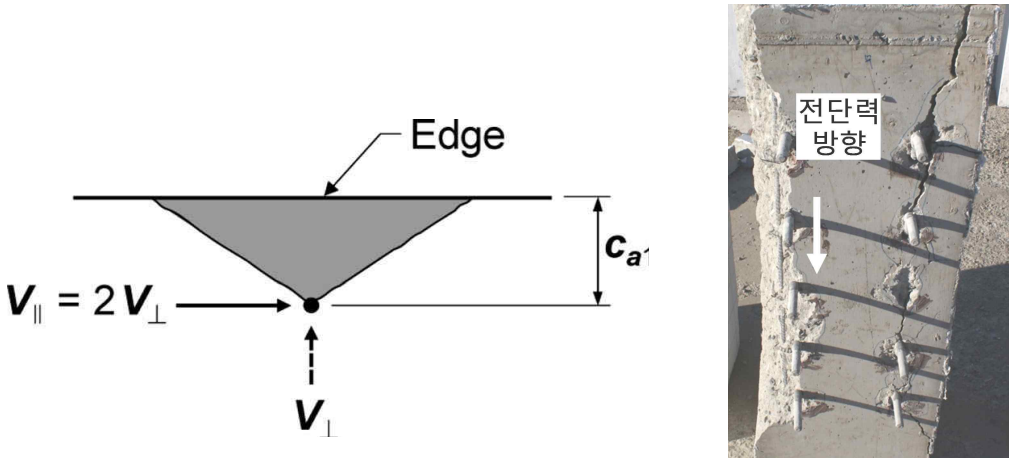


그림 5. 전단을 받는 앵커의 콘크리트파괴

(3) 설계절차
- 강재파괴로 소요 수평 철근량 산정
- 콘크리트파괴로 소요 정착길이 산정

3.1 전단마찰의 개념(방법2)
(1) 전단마찰의 개념
- 신구콘크리트 접합면에 직각으로 설치된 철근에 인장력이 작용되며, 힘의 평형조건을 위해 그 인장력과 동일한 크기의 압축력이 신구콘크리트 접합면에 작용된다는 개념 → 후설치 철근은 순수 인장을 받는다고 가정된다.

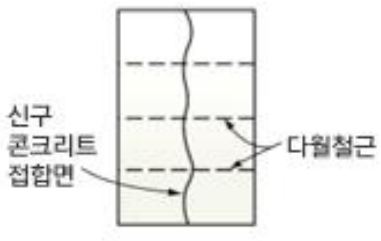
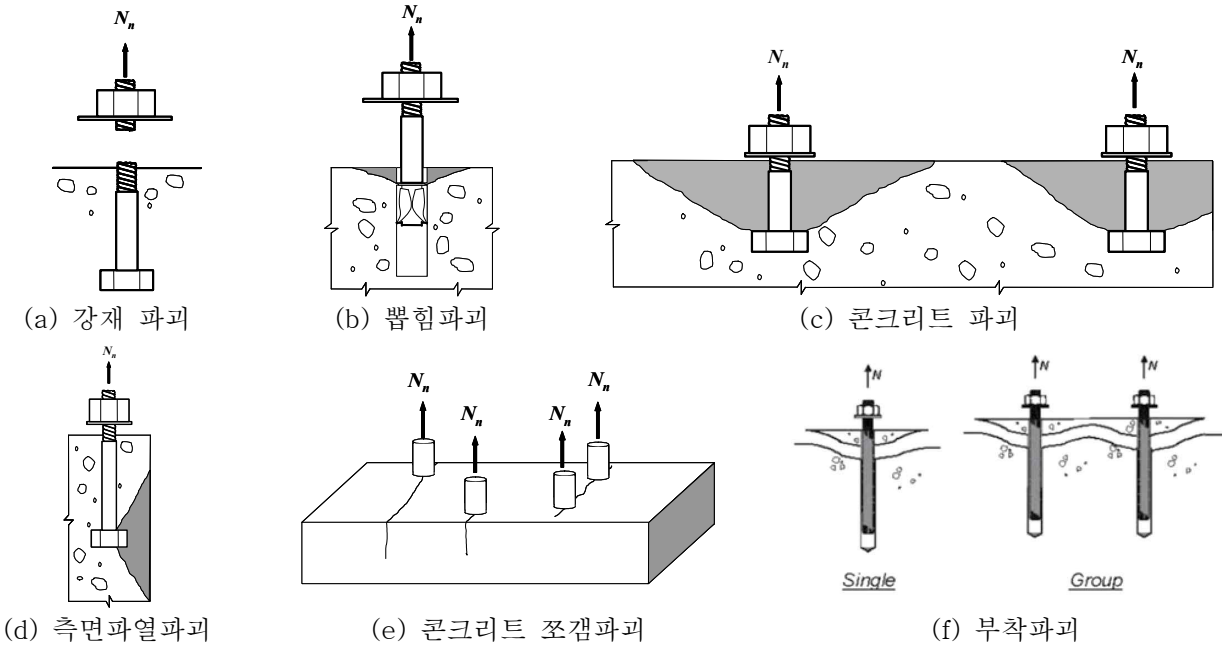


그림 6. 전단마찰의 개념

2) 가능한 파괴유형



(a) 강재 파괴 (b) 뽑힘파괴 (c) 콘크리트 파괴

(d) 측면파열파괴 (e) 콘크리트 쪼갬파괴 (f) 부착파괴

그림 7. 인장을 받는 후설치앵커의 파괴유형

(2) 실제 발생될 수 있는 파괴유형

- (a) 강재파괴 : 전단마찰설계에 따라 전체 단면적이 인장에 저항함. → 작용되는 전단력을 전단마찰로 지지하기 위한 소요 철근량 산정에 활용
- (b) 뽑힘파괴 : 부착식으로 설치되므로 발생되지 않고 부착파괴가 발생됨. (제외)
- (c) 콘크리트파괴 : 전단마찰설계개념에 따라 설치된 철근 주변 콘크리트에 압축력이 작용되므로 발생될 수 없음. (제외0
- (d) 측면파열파괴 : 헤드가 없는 경우 발생될 수 없음. (제외)
- (e) 콘크리트 쪼갬파괴 : 인장을 받는 철근의 정착길이 산정.
- (f) 부착파괴 : 부착식으로 설치되므로 발생될 수 있음. 소요 정착길이 산정에 활용. (콘크리트 쪼갬파괴와 부착파괴 중 짧은 정착길이로 산정 가능.
  부착파괴에 의한 정착길이가 긴 경우, 기존 벽체철근과의 이음이 형성되기 때문에 쪼갬파괴에 의한 정착길이보다 길 필요는 없음.

4. 설계 개념에 따른 설계절차

설계 개념에 따른 설계절차를 아래와 같이 정리하였다.

4.1 전단을 받는 후설치앵커(방법1)

(1) 소요 철근량 산정: 콘크리트구조기준(20120 부록II.5.1 전단을 받는 앵커

① $\phi V_{sa} = (0.65)0.6\,A_{se,V} f_{uta} \geq V_u \quad \rightarrow \quad A_{se,V} \geq \dfrac{V_u}{(0.65)0.6 f_{uta}}$ (소요 철근 단면적)

② $n = \frac{A_{se,V}}{A_b}$ (철근 지름 가정 후 철근 개수 산정)

③ $n = \frac{A_{se,V}}{A_b}$ (철근 열수(m) 및 간격(s) 산정)

여기서, ϕ는 전단을 받는 연성강재요소의 강도감수계수로 0.65이다.

(2) 정착길이 산정: 콘크리트구조기준(2012) 부록Ⅱ.5.2 전단을 받는 앵커의 콘크리트 파괴

$$\phi V_{cbg} = 2\phi \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \psi_{ec,V} \psi_{ed,V} \psi_{c,V} \psi_{h,V} V_b \geq V_u$$

(측면방향으로 전단력이 작용된다고 가정하여 산정한 강도의 2배를 길이방향 전단강도로 규정)

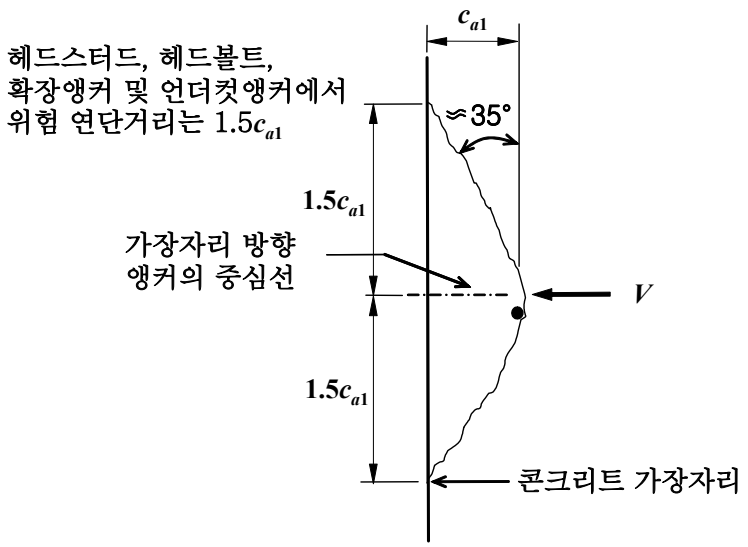


그림 8. 측면방향으로 전단력이 작용하는 앵커

ϕ=0.75 전단을 받는 연성강재요소의 강도감소계수

$A_{Vc} = h(1.5c_{a1})$ ($s \leq 3c_{a1}$인 경우, $s > 3c_{a1}$이면 단일 앵커로 $\frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} = 1$)

$A_{Vco} = 4.5\,(c_{a1})^2$

$\psi_{ec,V} = \frac{1}{(1 + \frac{2\,e'_V}{3\,c_{a1}})} = 1$ (편심이 작용되지 않음)

$\psi_{ed,V} = 0.7 + 0.3\,\frac{c_{a2}}{1.5\,c_{a1}} = 1$ (상하에 슬래브가 있으므로 측면 가장자리 영향 없음.)

$\psi_{c,V} = 1.0$: 보조철근이 없거나 D13 미만의 가장자리 보강근이 배치된 균열 콘크리트에 설치된 앵커

$\psi_{c,V} = 1.2$: 앵커와 가장자리 사이에 D13 이상의 보조철근이 있는 균열 콘크리트에 설치된 앵커

$\psi_{c,V} = 1.4$: 균열이 없거나, 앵커와 가장자리 사이에 D13 이상의 보조철근이 있고, 이 보조철근이 100 mm 이하 간격의 스터럽으로 둘러싸인 균열 콘크리트에 설치된 앵커

$\psi_{h,V} = 1$ (기존 벽의 폭이 $1.5\,c_{a1}$이상으로 충분함.)

$$V_b = \left(0.6\left(\frac{l_e}{d_a}\right)^{0.2}\sqrt{d_a}\right)\lambda_a\sqrt{f_{ck}}\,(c_{a1})^{1.5} \le 3.7\,\lambda_a\sqrt{f_{ck}}\,(c_{a1})^{1.5}$$

l_e의 최대값은 $8d_a$

4.2 전단마찰설계(방법2)

(1) 소요 철근량 산정: 콘크리트구조기준(2012) 7.7 전단마찰설계

① $\phi V_n = (0.75)A_{vf}f_y\mu \ge V_u \rightarrow A_{vf} \ge \dfrac{V_u}{(0.75)f_y\mu}$ (소요 철근 단면적)

② $n = \dfrac{A_{vf}}{A_b}$ (철근 지름 가정 후 철근 갯수 산정)

③ $s = \dfrac{h}{n}m$ (철근 열수(m) 및 간격(s) 산정)

ϕ=0.75 전단에 대한 강도감소계수

μ = 1.0 : 6mm 이상의 요청

= 0.6 : 별도의 면처리 없음

$f_y \le 500$ MPa : 콘크리트구조기준(2012) 7.7.2 (5)

(2) 정착길이1: 콘크리트구조기준(2012) 8장에 따른 정착길이 (콘크리트 쪼갬파괴)

$$l_d = \frac{0.90d_bf_y}{\lambda\sqrt{f_{ck}}}\frac{\alpha\beta\gamma}{\left(\dfrac{c+K_{tr}}{d_b}\right)} \ge 300\text{ mm}$$

$$= \frac{0.288d_bf_y}{\sqrt{f_{ck}}} \ge 300\text{ mm}$$

(상단근계수 α와 도막계수 β 미적용, $\gamma = 0.8$, 충분한 피복두께와 간격을 가지므로 $c + k_{tr} = 2.5d_b$로 가정)

부착식으로 설치된 경우, 철근 정착길이 미적용을 주장하는 경우가 있으나 접착제가 아무리 충분한 부착강도를 지녀도, 주변 콘크리트가 쪼갬파괴될 수 있음. (HILTI manual 2017 p. 331, 334)

(3) 정착길이2: ACI 318-14 17.4.5 부착파괴. 단 $20d_a$이하만 가능

$$\phi N_a = \phi\frac{A_{Na}}{A_{Nao}}\psi_{ed,Na}\psi_{cp,Na}N_{ba} \ge \phi_{sf}A_bf_y$$ (단일 앵커로 가정하여 소요 묻힘길이 산정)

ϕ=0.75 인장을 받는 앵커의 부착강도 (우수한 신뢰도를 갖는 제품이 철근이 배치된 기존 벽체에 정착되는 경우)

$A_{Nao} = (2c_{Na})^2$

$c_{Na} = 10d_a\sqrt{\frac{\tau_{uncr}}{7.6}}$

$A_{Na} = b_w s$ (벽체 중앙에 1열로 s간격으로 배치된 경우)

$N_{ba} = \lambda_a \tau_{cr} \pi d_a h_{ef}$

$\psi_{ed,Na} = 0.7 + 0.3\frac{c_{a,\min}}{c_{Na}} \le 1.0$ (상하에 슬래브가 있으므로, $c_{a,\min} = c_{a1}$)

$\psi_{cp,Na} = 1.0$ (기존 벽체에 철근이 있음.)

λ_a=1.0 (경량콘크리트 계수)

표 1. τ_{uncr}과 τ_{cr}최소값 및 HILTI RE500 V3 (2017년 Hilti Manual p.332)

설치 및 사용 환경	앵커 설치 시 콘크리트의 수분 함량	콘크리트의 최고 사용온도 (℃)	τ_{cr} (MPa)	τ_{uncr} (MPa)
실외	건조부터 완전히 젖은 상태까지	79	1.4 (7.95)	4.5 (6.45)
실내	건조 상태	43	2.1 (9.45)	7.0 (14)

(Hilti manual의 부분재료계수(partial material coefficient) 1.5를 사용한 값으로, KCI 또는 ACI기준에 적용하기 위해서는 manual 값에 1.5를 곱한 후 사용)

Ⅲ. 결론

1. 과제개발성과

신구 콘크리트 접합부의 설계법이 명확히 정립되지 않은 상황에서 공동주택의 수직증축 리모델링이 증가함에 따라 설계하중의 해석 및 접합부 강도 설계법의 표준화가 절실한 상황에서 기존 접합부 설계법을 분석하여 벽체 수직접합부에 작용하는 전단력 해석법을 개발하였다. 또한, 앵커설계법과 전단마찰설계법에 따라 수직접합부의 설계를 실시하여 보강 앵커 철근의 소요 단면적과 배근간격 및 정착길이 산정방법을 제안하였다.

2. 문제점 및 개선방안

아직 명확히 정립되지 않은 신구 콘크리트 접합부 설계법에 대한 연구가 이 연구를 바탕으로 많은 사람들이 관심을 가지고 수직 증축을 고려한 벽체 수평접합부, 슬래브 접합부, 기둥 증타공법 등의 설계법 등 추가 연구로 발전되어야 한다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, “콘크리트 구조기준·해설”, 2012년 12월
2. 한국건설기술연구원, “수직증축형 리모델링 구조매뉴얼”, 2014년 6월

부록

한국콘크리트학회 학술대회 논문발표 포스터

앵커설계법에 따른 벽체 수직접합부의 전단설계

Shear Design of Vertical Joints of Reinforced Concrete Wall According to anchor Design

천성철* 김문길* 최병국* 박노운* 최명지* 이은진**

인천대학교 * E&R Engineering & Remodeling **

접합부 작용 하중 산정

- KICT「수직증축 리모델링 구조매뉴얼」에 따른 산정이 적절함.
- 단, 예제의 700.7kN은 너무 과도하기 때문에 수평전단력 V값의 적절한 산정이 요구됨.

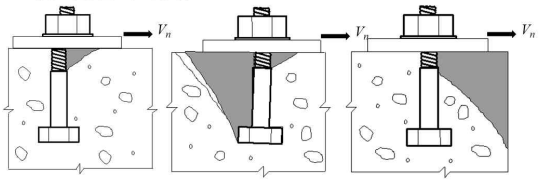
설계 개념

- KCI 2012 부록II에 따라 전단을 받는 후설치앵커로 철근 단면적 및 정착길이 산정.

설계 개념에 따른 파괴유형

- 전단을 받는 후설치앵커

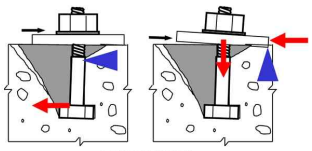
(1) 가능한 파괴유형



(i) 강재 파괴 (ii) 프라이아웃파괴 (iii) 콘크리트 파괴

(2) 실제 발생 될 수 있는 파괴유형

- **강재파괴** : 후설치 철근이 전단으로 파괴 가능 → 작용되는 전단력을 지지하기 위한 소요 철근량 산정에 활용.
- 프라이아웃파괴 : 아래 그림과 같이 강재베이스플레이트에 의한 지렛대 작용으로 발생되는 파괴유형 이므로, 신구 콘크리트 접합부에서는 발생될 수 없음. → 제외

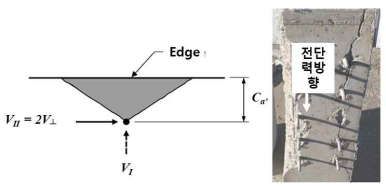


프라이아웃파괴

- **콘크리트파괴** : 벽체 상하단에 슬래브가 있기 때문에 끝단 방향의 파괴는 발생되지 않음.

→ 그러나 벽체 측면 피복이 얇기 때문에, 아래 그림과 같이 전단력 작용방향의 직각방향으로 파괴가 발생됨.

→ 이 강도는 측면방향으로 전단력이 작용된 것으로 가정한 전단강도의 2배로 산정됨. → 정착길이 결정에 활용.



설계 절차

- 소요 철근량 산정

$$\phi V_{sa} = (0.65)0.6A_{se,V}f_{uta} \geq V_u \rightarrow A_{se,V} \geq \frac{V_u}{(0.65)0.6f_{uta}}$$

(소요 철근 단면적)

→ (철근 지름 가정 후 철근 개수 산정) $n = \frac{A_{se,V}}{A_b}$

→ 철근 열수(m) 및 간격(s) 산정 $s = \frac{h}{n}m$

$\phi = 0.65$ (전단을 받는 연성강재요소의 강도감소계수)

$A_{se,V} = nA_b$

$f_{uta} = 460(SD400)$ (최대강도 860MPa)

$= 540(SD500)$

$= 648(SD600)$

- 정착길이 산정

$$\phi V_{cbg} = 2\phi \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}}\psi_{ec,V}\psi_{ed,V}\psi_{c,V}\psi_{h,V}V_b \geq Vu$$

→ $\phi = 0.75$ (전단을 받는 연성강재요소의 강도감소계수)

$A_{Vc} = h(1.5c_{a1})$

$A_{Vco} = 4.5(c_{a1})^2$

$\psi_{ec,V} = \frac{1}{(1+\frac{2e'_N}{3c_{a1}})} = 1$

$\psi_{ed,V} = 0.7 + 0.3\frac{c_{a2}}{1.5c_{a1}} = 1$

$\psi_{c,V}$ = 1.0 보조철근이 없거나 D13미만의 가장자리 보강근이 배치된 균열 콘크리트에 설치된 앵커

= 1.2 앵커와 가장자리 사이에 D13 이상의 보조철근이 있는 균열 콘크리트에 설치된 앵커

= 1.4 균열이 없거나, 앵커와 가장자리 사이에 D13이상의 보조철근이 있고, 이 보조철근이 100mm 이하 간격의 스터럽으로 둘러싸인 균열 콘크리트에 설치된 앵커

$\psi_{h,V}$= 1 (기존 벽의 폭이 1.5 c_{a1} 이상으로 충분함)

$$V_b = \left(0.6\left(\frac{l_e}{d_a}\right)^{0.2}\sqrt{d_a}\right)\lambda_a\sqrt{f_{ck}}(c_{a1})^{1.5} \leq 3.7\lambda_a\sqrt{f_{ck}}(c_{a1})^{1.5}$$

$\rightarrow l_e \leq 8d_a$

결론

아파트 리모델링을 위한 수직접합부의 전단설계를 콘크리트용 앵커설계법에 따라 실시하여, 후설치 앵커 소요 단면적과 배근간격 및 정착길이 산정방법을 제안하였다.

아파트 리모델링을 위한 수평증축 접합부 설계프로세서

최명지 [인천대학교]

1 0 0

공개여부 : 공개

카테고리 : 교육/연구, 기타

등록일 : 2017-11-30

팀원(공동개발자) : 박노운, 최병국

출품작 : 2017-2학기 아이디어 '톡톡' 캡스톤디자인 산학연계팀 경진대회

좋아요 연락하기

수행 목적

아파트 리모델링에서 향후 빈번하게 발생될 신구 철근콘크리트 벽체 수직접합부의 최적 설계법 개발

Contact Log

연락 이력이 없습니다.

상세설명

1. 수행배경

- 최근 공동주택의 수직증축이 허용됨에 따라 기존 철근콘크리트 벽체에 신설 벽체를 연결하는 리모델링이 증가하고 있다. 그러나 신구 벽체의 접합부 설계법은 아직 명확히 정립되지 않고 있어, 설계하중의 해석 및 접합부 강도 설계법의 표준화가 절실한 상황이다.