

[KDS 41 17 00 :2019]

# LH공동주택 비구조요소 내진설계 매뉴얼

Manual for Non-Structural element Seismic Design of LH Residential Buildings



2019. 10.



# 차 례

1. 일반사항 .....	1
1.1 적용 범위 .....	1
1.2 비구조요소 내진설계 절차 .....	1
1.3 인용 및 참조 문헌 .....	2
2. 지진하중의 산정 및 하중의 조합 .....	3
2.1 일반사항 .....	3
2.2 하중 조합 .....	3
2.2.1 강도설계법 및 한계상태설계법의 하중의 조합 .....	3
2.2.2 허용응력설계법 및 허용강도설계법의 하중조합 .....	3
2.3 중요도 계수 .....	4
2.4 등가정적하중에 의한 지진하중 .....	4
2.4.1 수평설계지진력 .....	4
2.4.2 수직설계지진력 .....	5
2.4.3 비구조요소의 설계계수 .....	5
2.5 상대변위 .....	6
3. 외부치장 점토벽돌벽 내진설계 .....	9
3.1 일반사항 .....	9
3.2 설계 요구사항 .....	10
3.3 일반설계 .....	13
3.4 사양설계 .....	17
3.5 조적 및 연결철물의 실험절차 .....	17
3.5.1 조적 휨강도 실험 .....	17
3.5.2 연결철물의 인장강도 실험 .....	18

3.5.3 외부치장 점토벽돌벽 유닛 반복하중 실험 .....	21
3.5.4 조적벽체 반복하중 실험 .....	24
4. 외부치장 석재벽 내진설계 .....	29
4.1 일반사항 .....	29
4.2 설계 요구사항 .....	31
4.3 일반설계 .....	32
4.4 사양설계 .....	33
4.5 석재 및 연결철물의 실험절차 .....	35
4.5.1 석재 실험 .....	35
4.5.2 연결철물 실험 .....	40
5. 콘크리트 벽돌벽 내진설계 .....	41
5.1 일반사항 .....	41
5.2 설계 요구사항 .....	41
5.3 일반설계 .....	43
5.3.1 설계원칙 .....	43
5.3.2 개구부가 없는 벽체의 최대힘모멘트계수 .....	45
5.3.3 개구부가 있는 벽체의 최대힘모멘트계수 .....	47
5.3.4 벽체 단부 안전성 검토 .....	49
5.4 사양설계 .....	50
5.5 조적 및 단부 지지부의 실험절차 .....	55
5.5.1 조적 휨강도 실험 .....	55
5.5.2 상부지지 또는 측면지지 앵글 전단강도 실험 .....	55

# 1. 일반사항

## 1.1 적용 범위

- 1) 이 매뉴얼은 LH가 설계하는 공동주택 및 일반 건축물에 설치되는 비구조요소인 외부치장 점토벽돌벽, 외부치장 석재벽, 그리고 필로티 등 피난경로에 시공되는 콘크리트 벽돌벽의 내진설계에 적용한다. 콘크리트 벽돌벽의 경우 면외방향 지진력을 받은 경우에 한한다.
- 2) 이 매뉴얼은 국토교통부 고시 제2019-117호 “「건축구조기준」 일부개정(안) (수정안)”에 따른 “KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준”을 바탕으로 작성되었으며, 이 매뉴얼에 명시되지 않은 부분은 건축구조기준 및 공인된 설계기준을 따른다.
- 3) 이 매뉴얼의 일반설계나 사양설계 조항과 일치하지 않더라도 내진설계책임구조기술자가 일반설계나 사양설계 조항의 취지에 비추어 동등수준 이상의 성능이 발휘된다고 판단하는 경우에는 설계에 반영할 수 있다. 내진설계 책임구조기술자의 정의는 KDS 41 17 00에 따른다.

## 1.2 비구조요소 내진설계 절차

- 1) 국토교통부령에 따라 건축물의 구조안전 및 내진설계 확인서 작성 시에는 시공단계에서 확인이 필요한 비구조요소를 기재하여야 한다.
- 2) 비구조요소의 내진설계는 비구조요소 계획 확정시점 및 설계 책임여부에 따라서 건축물 설계단계 또는 건축물 시공단계에서 수행할 수 있다.
- 3) 비구조요소의 내진설계 시점과는 무관하게 비구조요소의 시공 전 책임기술자나 감독관에 의한 비구조요소의 유형별 시공상세도에 대한 확인이 필요하다.

1. “KDS 41 170 0 : 2019 건축물 내진설계기준 18.1.1 적용범위”에 따른 의무 내진설계 대상 건축 비구조요소는 다음을 포함한다.

- (1) 중요도계수  $I_p = 1.5$ 에 해당하는 비구조재
- (2) 파라펫, 건물외부의 치장 벽돌 및 석재

“KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 18.1.2 중요도계수”에서  $I_p = 1.5$ 인 경우는 피난경로상의 계단, 캐노피, 비상유도등, 중량칸막이벽 등 손상시 피난경로확보에 지장을 주는 비구조요소를 포함한다.

2) 건축물 설계단계에서 비구조요소의 내진설계를 수행하는 경우에는 비구조요소에 대한 정보가 불완전한 경우가 발생할 수 있으므로 이에 대한 주의가 필요하다.

3) 내진설계가 수행되거나 내진성능이 입증된 비구조요소라도 설계 및 성능 입증 조건이나 그 취지가 현장 조건에 부합하는지 유형별 시공상세도에 대한 책임기술자나 감독관의 확인이 필요하다.

### 1.3 인용 및 참조 문헌

- 1) KDS 41 10 05 : 2019 건축구조기준 총칙
- 2) KDS 41 10 15 : 2019 건축구조기준 설계하중
- 3) KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준
- 4) LH 공사시방서 - 건축공사, 2016
- 5) 국가건설기준 표준시방서 KCS 41 34 및 KCS 41 35, 2016
- 6) TMS 402/602-16 Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures, 2016
- 7) Eurocode 6 - Design of masonry structures - Part 1-1, 2006
- 8) 2015 NEHRP Recommended Seismic Provisions - Design Examples, 2016

## 2. 지진하중의 산정 및 하중의 조합

2.1 “KDS 41 10 05 : 2019  
건축구조기준 총칙 4.2  
구조설계법”

### 2.1 일반사항

- 1) 이 매뉴얼에서는 건축구조기준에 명시된 강도설계법과 허용응력(강도)설계법에 대한 하중조합을 고려한다

### 2.2 하중 조합

2.2 “KDS 41 10 15 : 2019  
건축구조기준 설계하중 1.5  
하중조합”

#### 2.2.1 강도설계법 및 한계상태설계법의 하중의 조합

- 1)  $1.2D + 1.0E + 1.0L$
- 2)  $0.9D + 1.0E$

E는 수평설계지진력과 수직설계지진력을 모두 고려한 지진하중을 의미하며, D는 고정하중, L은 활하중을 의미한다.

#### 2.2.2 허용응력설계법 및 허용강도설계법의 하중조합

- 1)  $1.0D + 0.7E$
- 2)  $1.0D + 0.75 \times 0.7E + 0.75L$
- 3)  $0.6D + 0.7E$

단, 건축구조기준에 따라 변형을 검토하는 경우 지진하중에 하중계수 0.7을 곱하지 않고 산정하여야 한다.

2.2.2 “KDS 41 17 00 : 2019  
건축물 내진설계기준 7.2.8.1  
층간변위의 결정” 에서  
허용응력설계의 경우에도  
층간변위는 지진하중에  
하중계수를 곱하지 않고  
산정하여야 한다.

## 2.3 중요도 계수

이 매뉴얼의 대상이 되는 비구조요소의 중요도계수  $I_p$ 는 기본적으로 1.0을 적용한다. 단, 인명안전을 위해 지진 후에도 반드시 기능하여야 하거나, 손상 시 피난경로 확보에 지장을 주는 요소는  $I_p$ 를 1.5로 한다.

2.3 “KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 18.1.2. 중요도계수”에서 기본  $I_p = 1.0$ 이며,  $I_p = 1.5$ 인 경우는 소화배관과 스프링클러 시스템 등 인명안전을 위해 지진 후에도 반드시 기능하여야 하는 비구조요소 및 피난경로상의 계단, 캐노피, 비상유도등, 중량간막이벽 등 손상시 피난경로확보에 지장을 주는 비구조요소를 포함

## 2.4 등가정적하중에 의한 지진하중

이 절에서 설명된 등가정적하중 이외에도 건축구조기준의 동적해석법에 따라 지진하중을 산정하는 방법을 적용할 수 있다.

2.4 “KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 18.2.1. 등가정적하중”

### 2.4.1 수평설계지진력

지진에 의한 수평방향 등가정적하중  $F_p$ 는 아래의 [식 2-1]에 의하여 산정한다. 아래 식에 따른  $F_p$ 의 분포 개념도는 [그림 2-1]과 같다. 단, 지진하중이 아닌 다른 하중이  $F_p$ 를 초과하여 그에 따라 설계될 경우에도 이 매뉴얼의 상세와 제한규정은 적용되어야 한다.

“KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 18.2.2. 동적해석법”에 소개되는 다양한 동적해석법은 등가정적하중에 비해 계산방법이 훨씬 복잡하므로 이 매뉴얼에서는 다루지 않는다.

실제 지진력은 설계 요소의 강도만큼 증가될 수 있으므로 매뉴얼의 상세와 제한규정은 적용되어야 한다.

$$F_p = \frac{0.4a_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \left(1 + 2\frac{z}{h}\right) \quad \text{[식 2-1]}$$

단,  $F_p$ 는  $0.3 S_{DS} I_p W_p$  이상이어야 하며,  $1.6 S_{DS} I_p W_p$  를 초과할 필요는 없다.

### 2.4.1

$a_p$ : 2.4.3 비구조요소의 설계계수

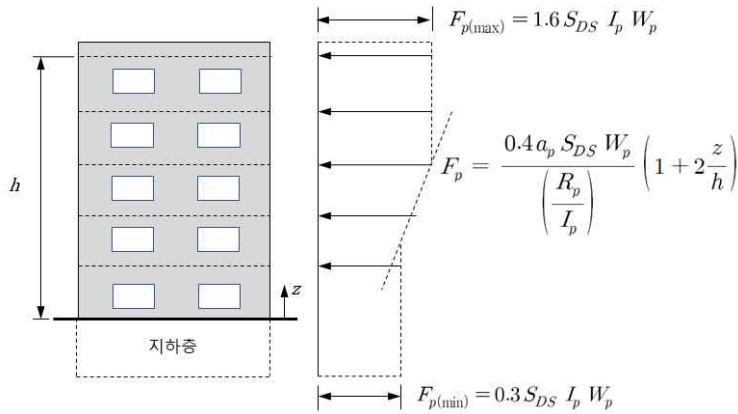
여기서,  
 $F_p$ : 비구조요소 질량 중심에 작용하는 수평설계지진력  
 $a_p$ : 비구조요소의 증폭계수  
 (2.4.3 비구조요소의 설계계수 참조)  
 $S_{DS}$ : 단주기에서의 설계스펙트럼가속도  
 $W_p$ : 비구조요소의 작동상태를 고려한 중량

$S_{DS}$ : 건축물 내진설계기준 4.2 설계응답스펙트럼 참조  
 $R_p$ : 2.4.3 비구조요소의 설계계수

$I_p$ : 2.3. 중요도계수



- $R_p$ : 비구조요소의 반응수정계수
- $I_p$ : 비구조요소의 중요도계수
- $h$ : 구조물의 밑면으로부터 지붕층의 평균높이
- $z$ : 구조물의 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이
- $z = 0$ : 구조물의 밑면 이하에 비구조요소가 부착된 경우
- $z = h$ : 구조물의 지붕층 이상에 비구조요소가 부착된 경우



[그림 2-1] 건물 층높이를 고려한 수평설계지진력  $F_p$  분포 개념도

$h, z$ : 건축구조기준에 따른 “밑면”의 정의는 “지반운동에 의한 수평지진력이 작용하는 기준면”이다. 비구조요소의 내진설계의 경우 지하는 지상층(1층)보다 지진하중이 크지 않으므로 밑면은 건물의 1층 바닥으로 적용할 수 있다.

### 2.4.2 수직설계지진력

수직방향 설계지진력은  $\pm 0.2 S_{DS} W_p$ 으로 산정한다. 수직설계지진력에서는 수평설계지진력과 달리 지진력 산정 시 중요도계수나 반응수정계수가 고려되지 않는다.

2.4.2 “KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 18.2.1.2 수직설계지진력”

### 2.4.3 비구조요소의 설계계수

설계하중 산정 시 사용되는 비구조요소의 설계계수는 아래 [표 2-1]과 같다.

2.4.3 “KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 <표 18.3-1 건축비구조요소의 설계계수>”

[표 2-1] 비구조요소의 설계계수

건축비구조요소	증폭계수 $a_p$	반응수정 계수 $R_p$	초과강도 계수 $\Omega_p^*$
<b>내부 비구조벽체 및 칸막이벽</b>			
비보강조적벽	1	1.5	1.5
그밖의 벽과 칸막이	1	2.5	2
<b>캔틸레버 부재 (횡지지되어 있지 않거나 질량중심 아래에서 골조에 지지된 경우)</b>			
파라펫 및 내부 캔틸레버 비구조벽체	2.5	2.5	2
<b>캔틸레버 부재 (횡지지되거나 질량중심 위에서 골조구조에 지지된 경우)</b>			
파라펫	1	2.5	2
외측 비구조벽체	1	2.5	2
<b>외측 비구조벽체 부재 및 접합부</b>			
벽체 부재	1	2.5	NA**
벽체패널 접합부의 몸체	1	2.5	NA**
연결시스템의 조임구	1.25	1	1
<b>표면 마감재</b>			
변형이 제한된 부재 및 부착물	1	2.5	2
변형성능이 낮은 부재 및 부착물	1	1.5	2

\* 초과강도계수는 콘크리트 및 조적조에 비연성앵커가 사용되었을 경우 적용

\*\* 앵커부에 해당하는 계수이므로 “연결시스템의 조임구” 에서 계수 제공

[표 2-1]

$\Omega_p$ : 구조물과 건물외구조물에 사용되는 초과강도계수  $\Omega_0$ 와 구분하기 위해 매뉴얼에서는 비구조요소에  $\Omega_p$ 를 사용

한계변형(Limit Deformation): 최대강도의 40% 하중에서 발생하는 초기 변형값의 2배에 해당하는 변형

극한변형(Ultimate Deformation): 파괴(failure)가 발생하는 변형. 단, 저항할 수 있는 지속하중이 최대강도의 80% 이하로 감소하게 되는 변형은 극한변형으로 간주되어야 함.

“변형이 제한된” (Limited-Deformability): 변형성능이 1.5 초과 3.5 미만인 경우

“변형성능이 낮은” (Low-Deformability): 변형성능이 1.5 이하인 경우

변형성능(Deformability): 한계변형에 대한 극한변형의 비 (=극한변형/한계변형)

## 2.5 상대변위

비구조요소에 상대변위가 고려되어야 하는 경우 비구조요소가 수용해야 할 지진에 의한 상대변위  $D_{pI}$ 는 다음과 같이 계산한다.

$$D_{pI} = D_p I_E \quad [\text{식 2-2}]$$

여기서,  
 $I_E$ : 중요도계수

2.5 “KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 18.2.3. 상대변위”

원칙적으로 구조해석에 반영되지 않았을 때 주변 구조 부재의 안전성에 부정적인 영향을 끼칠 수 있는 조적채움벽과 같은 비구조요소는 여기에서

$D_p$ : 아래 규정에 의해 산정되는 상대변위

동일한 구조물 또는 구조시스템상의 수직 위치가  $x$ 와  $y$ 인 두 연결점에 대하여  $D_p$ 는 다음과 같이 계산한다.

$$D_p = \delta_{xA} - \delta_{yA} \quad [\text{식 2-3}]$$

이때,  $D_p$ 는 다음 값을 초과할 필요는 없다.

$$D_p = (X - Y) \frac{\Delta_{aA}}{h_{sx}} \quad [\text{식 2-4}]$$

여기서,

$D_p$ : 비구조요소가 수용해야 할 지진에 의한 상대변위

$h_{sx}$ : 허용층간변위를 정의하기 위하여 사용된 층고

$\delta_{xA}, \delta_{yA}$ : 건축구조기준에 의해 산정된 구조물 A 상의 수직위치  $x$  또는  $y$ 에서의 변위

$X$ : 구조물 밑면으로부터 상부부착지점  $x$ 까지의 높이

$Y$ : 구조물 밑면으로부터 하부부착지점  $y$ 까지의 높이

$\Delta_{aA}$ : 건축구조기준에 의해 규정된 구조물 A의 허용층간변위

계산된 상대변위만큼 이격을 시켜야 한다.

여기에서는 비구조요소에 상대변위가 고려되어야 하는 경우 동일한 구조물 내에 위치한 비구조요소에 대해서만 고려한다.

수용해야 할 상대변위 계산 시에는 구조물의 상대변위에 건물의 중요도 계수  $I_E$ 를 곱한 값이다.

구조물의 상대변위  $\delta_{xA}, \delta_{yA}$ 는 KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 식 7.2-13

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_E} \text{에 근거하여}$$

구조물의 탄성해석에 따른 변위에 변위증폭계수를 곱한 뒤 구조물의 중요도계수로 나누어 산정할 수 있다. 구조물의 설계가 완료되기 전까지 이 값은 결정되지 않으며, 설계가 완료된 이후에도 설계변경의 가능성이 있으므로, 실무적으로는 상한치인 [식 2-4]를 검토할 수 있다.

<허용층간변위  $\Delta_a$ >

내진등급		
특	I	II
$0.010h_{sx}$	$0.015h_{sx}$	$0.020h_{sx}$



### 3. 외부치장 점토벽돌벽 내진설계

#### 3.1 일반사항

- 1) 이 장은 연결철물로 지지되는 (또는 앵커지지되는) 외부치장 점토벽돌벽을 대상으로 벽돌의 지진하중만을 고려한다. 또한, 이 장은 외부치장 조적벽체의 면외방향 하중에 대한 안전성만을 고려한다.
- 2) 외부치장 점토벽돌벽은 “3.3 일반설계”의 조건을 만족하도록 합리적인 구조계산 또는 실험결과에 근거하여 설계하거나 “3.4. 사양설계”에 규정된 방식을 따라 설계할 수 있다.
- 3) 원칙적으로 해석이나 실험에 의하여 별도로 입증되지 않는 한 일반설계와 사양설계 모두 “3.2 설계 요구사항”을 만족하여야 하며, 실험절차 등과 관련된 사항은 “3.5 조적 및 연결철물의 실험절차”를 따른다.
- 4) “3.3 일반설계”와 “3.4 사양설계” 조항은 필요한 경우 서로 혼합하여 적용할 수 있다.

#### 3.2 설계 요구사항

- 1) 외부치장 점토벽돌벽의 자중은 철근콘크리트 등의 구조부재에 의해 지지되어야 한다. 지지구조체의 콘크리트 설계기준강도는 21 MPa 이상이어야 한다.
- 2) 외부치장 점토벽돌벽을 지지하는 구조체 또는 비구조요소는 구조안전성에 대하여 별도로 검토되어야 한다.
- 3) 조적벽 줄눈에 매입되는 연결철물은 줄눈보강근에 연결되거나, 그 주위로 갈고리정착 되거나, 혹은 다른 적절한 방법 등을 통해 연결철물의 뽑힘파괴를 억제하는 상세를 적용하여야 한다. 연결철물의 요구조건은 “3.3 일반설계” 또는 “3.4 사양설계”의 해당 조항을 추가적으로 만족하여야 한다.
- 4) 조적개체의 압축강도는 24.5 MPa 이상이어야 한다. KS L 4201에 따른 1종 벽돌 또는 동등 수준 이상의 규격을 적용하는 경우 이 압축강도를 만족하는 것으로 간주한다.
- 5) 일반적인 조적벽의 단위무게는 20 kN/m<sup>3</sup> 을 적용할 수 있다.

3. 외부치장 점토벽돌벽과 관련된 건축구조기준 조항은 “KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 18.3.9.1 앵커지지 치장벽돌벽체”에 해당한다.

여기에서는 건축구조기준의 “앵커”라는 용어 대신 “연결철물”이라는 용어를 사용하였다.

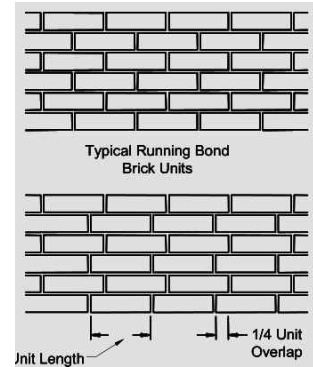
접착식 치장점토벽돌벽체는 “KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 18.3.9.2 접착식 치장벽돌벽체”를 참조할 수 있다.

치장 조적벽이 면외하중에 대해 안전할 경우 면내하중에 대해서도 문제가 발생하지 않은 것으로 알려져 있어 면외하중에 대해서만 고려하였다.

4) KS L 4201:2018에 따른 1종 벽돌의 압축강도는 24.5MPa 이상이다.

- 6) 조적벽 쌓기가 막힌줄눈 쌓기가 아닌 경우에는 가로 줄눈 방향으로 직경 3.7 mm 이상의 보강 철선이 수직 간격 450 mm 이내로 설치되어야 한다. 막힌줄눈 쌓기는 수직으로 인접한 조적개체들이 조적개체 길이의 1/4 이상 어긋나도록 쌓는 것을 의미한다. 단, 개구부나 단부 처리를 위한 일부 조적개체가 1/4 이상 어긋나지 않는 경우는 허용된다.
- 7) 줄눈 모르타르의 28일 기준 압축강도는 11 MPa 이상이어야 한다. KS L 5220에 따른 조적용 모르타르 또는 동등 수준 이상의 규격을 적용하는 경우 이 압축강도를 만족하는 것으로 간주한다.
- 8) 가로줄눈과 세로줄눈은 밀실하게 시공되어야 하며, 가로줄눈의 두께는 가로줄눈에 설치되는 연결철물 두께의 두배 이상이어야 한다.
- 9) 연결철물의 재질은 KS D 7011이나 KS D 3506을 만족하거나 동등 수준 이상이어야 한다.
- 10) 외부치장 점토벽돌벽은 온도와 습기에 의한 변형을 고려한 상세를 적용하여야 한다.

6) 건축구조기준에서는 통줄눈 쌓기(not laid in running bond)만을 정의하고 있으며 통줄눈 쌓기가 아닌 경우는 통상 막힌줄눈 쌓기(running bond)로 통용된다.



[ “TMS 402/602-16 Figure CC-4.5.-1 Running bond masonry” 그림 참조]

7) KS L 5220:2018에 따른 조적용 모르타르의 압축강도는 11MPa 이상이다.

### 3.3 일반설계

- 1) 2.4에 따라 계산된 지진하중에 대하여 조적벽체, 지지 구조체, 그리고 이들을 연결하는 연결철물에 작용하는 하중은 합리적인 역학원리에 따라 계산되어야 한다.
- 2) 외부치장 점토벽돌벽돌벽체의 내진설계 시에는 조적벽의 면외방향 휨모멘트강도와 연결철물의 인장강도를 검토하여야 한다. 휨모멘트강도 및 연결철물의 인장강도에 대해서는 강도저감계수  $\phi$ 는 0.6을 적용한다. 여기서, 연결철물의 인장강도는 연결철물 자체의 인장강도, 지지 구조체와의 정착부에서의 뺄힘강도, 조적벽체와의 연결부에서의 뺄힘강도를 고려하여 가장 작은 값으로 결정한다.
- 4) 점토벽돌벽체의 휨모멘트 검토 시에는 아래의 식을 만족하여야 한다.

2)  $\phi=0.6$ 은 건축구조기준의 비보강조적조에 대한 강도감소계수 0.6을 준용하였다.

책임구조기술자의 판단에 따라 필요시에는 연결철물의 강성도 고려되어야 한다.

$$\phi M_n \geq M_u \quad \text{[식 3-1]}$$

여기서,

$\phi$  : 0.6

$M_n$ : 공칭휨모멘트강도 ([식 3-2]에 따라 산정)

$M_u$ : 계수 휨모멘트 (연결철물의 지지조건을 고려한 일반적인 탄성해석법을 사용하여 산정)

$$M_n = f_{mk} S \quad \text{[식 3-2]}$$

여기서,

$f_{mk}$  : 조적벽체의 휨인장강도 (3.2의 요구사항을 만족하는 조적개체 및 모르타르가 사용된 조적벽의 면외방향 휨인장강도는 [표 5-1]를 따를 수 있다. 또는 3.5.1에 따라 결정할 수 있다.

$S$  : 연결철물의 지지조건을 고려한 검토대상 조적벽체의 탄성단면계수

- 5) 연결철물의 인장강도 검토 시에는 [식 3-3]을 만족하여야 한다. 연결철물의 인장강도는 (연결철물의 지지구조체와의 정착부 강도와 치장 조적벽체와의 연결부 강도 중 작은 값) 실험결과를 바탕으로 결정하여야 한다.

$$\phi P_n \geq P_u \quad \text{[식 3-3]}$$

여기서,

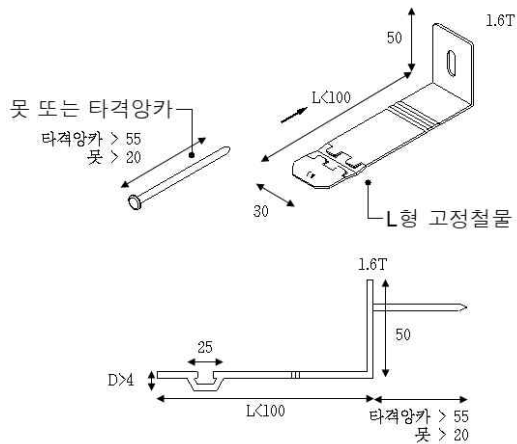
$\phi$  : 0.6

$P_n$ : 공칭인장강도 (공칭인장강도 산정 방법은 3.5 참조)

$P_u$ : 계수 인장하중 (연결철물의 지지조건을 고려한 일반적인 탄성해석법을 사용하여 산정하거나, 각 연결철물이 부담하는 면적에 작용하는 조적벽체의 지진하중을 통해 산정)

- 6) 4)의 [그림 3-1]부터 [그림 3-3]과 같은 형태의 연결철물 상세를 적용하여 책임구조기술자가 동등 수준 이상의 성능을 발휘 할 수 있다고 판단하는 경우 [표 3-1]로부터  $P_n$ 을 결정할 수 있다.

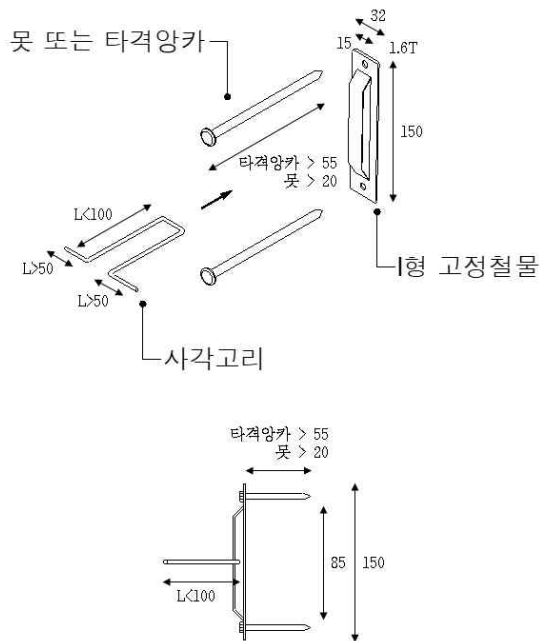
6) [그림 3-1]부터 [그림 3-3]과 같은 연결철물을 사용하되 지지구조체 정착상세가 상이한 경우, 그 지지구조체 정착상세는 [표 3-1]에 제시된 값 이상의 공칭강도를 확보하여야 한다.



[그림 3-1] L형 연결철물 (단위 mm)

벽체 부분 치수 :  $50 \times 30 \times 1.6T$   
 길이 부분 치수 :  $100 \times 30 \times 1.6T$   
 길이 부분 요철 깊이 : 4이상, 길이 : 25이상  
 구조체 정착부 길이 타격양카 : 55 이상,  
 못 : 20 이상

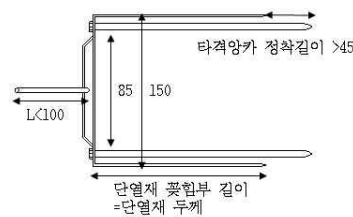
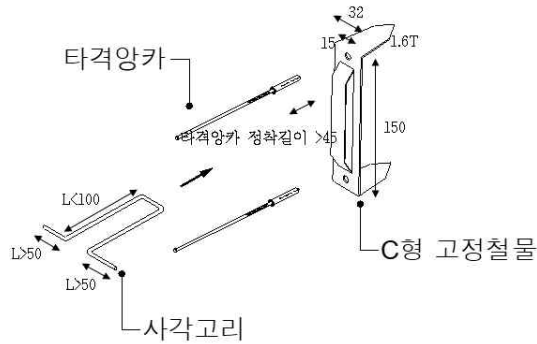
[그림 3-1]부터 [그림 3-3]의 연결철물 요구사항은 [표 3-1] 인장강도를 만족하기 위한 것으로서 실험으로 검증되었다.



[그림 3-2] I형 연결철물 (단위 mm)

벽체 부분 치수 :  $150 \times 32 \times 1.6T$   
 사각고리 연결부 치수 :  $85 \times 15 \times 1.6T$   
 사각고리 치수 :  $100 \times d4$   
 줄눈 매입부 정착부 길이 : 50 이상  $\times d4$   
 구조체 정착부 길이 타격양카 : 55 이상,  
 못 : 20 이상





[그림 3-3] C형 연결철물 (단위 mm)

벽체 부분 치수 : 150×32×1.6T

사각고리 연결부 치수 : 85x15x1.6T

단열재 꽃힘부 치수 : 단열재두께×32×1.6T

사각고리 치수 : 100xd4

줄눈 매입부 정착부 길이 : 50 이상xd4

구조체 정착부(타격앙카정착길이) : 45 이상

[표 3-1] 연결철물별 인장하중 저항능력

단열재 유무	무*		유**
	L형	I형	
연결철물 종류	L형	I형	C형
인장강도 ( $P_n$ , N)	550	1700	750

\* 지지구조체 외면에서 치장 점토벽돌벽 내면까지의 거리는 120 mm 이하 조건을 만족하여야 함.

\*\* 단열재는 3.4.4)를 만족하여야 하며, 단열재 외면에서 치장 점토벽돌벽 내면까지의 거리는 50 mm 이하 조건을 만족하여야 함.

[표 3-1] 연결철물 강도실험 결과로부터 50 N 단위로 최종 강도를 결정하였다.

### 3.4 사양설계

- 1) 사양설계는 기본적으로 중요도계수  $I_p$  는 1.0인 경우에 대하여 고려되었으며, 내진설계범주 D 이하에서 적용가능하다. 외부치장 점토벽돌벽 손상시 피난경로 확보에 지장을 주는 경우, 즉 중요도계수  $I_p$  는 1.5에 해당하는 경우에는 12), 13)에 규정된 벽체면적을 0.67배 하여 적용할 수 있다.

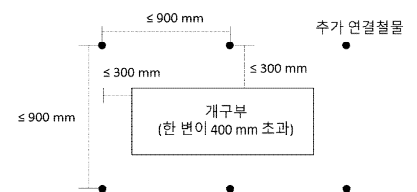
3.4 “TMS 402/602-16 12.2 Prescriptive requirements for anchored masonry veneer” 을 바탕으로 한 “KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준 18.3.9.1.2 앵커지지 치장벽돌벽체의 사양설계” 를 참조하여 작성되었다.

- 2) 조적벽체의 기준치수 두께는 67 mm 이상 100 mm 이하이어야 하며, 지지 구조체는 점토벽돌벽체 두께 이상의 두께를 가진 철근콘크리트벽체이어야 한다.
- 3) 점토벽돌벽체 내부면과 지지 구조체면 사이에 단열재가 없는 경우 점토벽돌벽체 내부면에서 지지 구조체면까지의 거리는 120 mm 이하이어야 한다. 단열재가 있는 경우 단열재 외면에서 치장 점토벽돌벽체내면까지의 거리는 50 mm 이하이어야 한다.
- 4) 점토벽돌벽체 내부면과 지지 구조체면 사이에 단열재를 설치하는 경우 단열재의 두께는 255 mm 이하이어야 한다. 이 때, 단열재의 압축강도는 8 MPa 이상이어야 한다. KS M 3808에 따른 비드법 3호 또는 동등 수준 이상의 규격을 적용하는 경우 이 압축강도를 만족하는 것으로 간주한다.
- 5) 13)에 따르는 경우를 제외하고는 실험에 의해 검증된 연결철물의 지지 구조체 정착부 뽑힘 공칭강도가 1 kN 이상인 정착상세를 적용하여야 한다. 실험에 따른 공칭강도 (강도감소계수 적용 전 기본강도) 산정은 3.5를 따른다.
- 6) 연결철물의 수평 간격은 800 mm 이하, 수직 간격은 600 mm 이하를 만족시켜야 한다.
- 7) 점토벽돌벽체에 어느 한 방향으로라도 400 mm를 초과하는 크기를 가진 개구부가 있는 경우 개구부로부터 300 mm 이내의 구간에 900 mm 이내의 간격으로 추가 연결철물을 설치하여야 한다.
- 8) 사양설계에서 허용되는 연결철물은 주름이 없는 철판형, 철선형, 그리고 조정식형으로 구분된다.
- 9) 주름이 없는 철판형 연결철물은 폭 20mm 이상, 두께 1.5mm 이상이어야 한다. 연결철물은 모르타르 줄눈 또는 그라우트 구간에 40 mm 이상 묻혀야 하며, 15 mm 이상 외부 방향으로 모르타르 줄눈 또는 그라우트 구간이 확보되어야 한다. 모르타르 줄눈에서의 정착 파괴를 억제하기 위해 모르타르 줄눈에 묻힌 구간에서는 직경 3.7 mm 이상의 철선이 부착되어야 하며, 철선은 연결철물 좌우로 각각 50 mm 이상씩 돌출되어야 한다.
- 10) 철선형 연결철물은 철선의 직경이 3.7mm 이상이어야 하며, 모르타르 줄눈 또는 그라우트 구간에 위치하는 구부러진 부분이 50 mm 이상이어야 한다. 점토벽돌벽체와 지지 구조체 사이에서 철선의 접힘은 허용되지 않는다. 철선형 연결철물은 모르타르 줄눈 또는 그라우트 구간에 40mm 이상 묻혀야 하며, 15 mm 이상 외부 방향으로 모르타르 줄눈 또는 그라우트 구간이 확보되어야 한다.
- 11) 조정식 연결철물은 그 형태에 따라 철판형 부분, 철선형 부분 등을 가질 수 있다. 조정식 연결철물의 각 부분은 9)와 10)에 기술된 해당 부분의 요구

4) 에너지 효율문제로 인해 단열재의 두께가 계속해서 증가하고 있는 추세이다. 따라서 단열재 두께 증가시 비구조요소의 안전에 관한 사항도 고려하여야 한다. KS M 3808:2011(2016 확인) 비드법 1호, 2호, 3호의 압축강도가 각각 16 MPa, 12 MPa, 8 MPa에 해당한다.

5) 공칭강도 산정 시 3.5의 대안으로 신뢰있는 공인된 방법으로 산정할 수 있으나 3.5의 동등 수준 이상으로 안전율을 고려하여야 한다.

#### 7) 개구부 보강



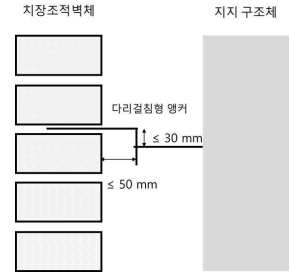
#### 8) 사양설계 허용 연결철물



사항을 만족하여야 하며, 연결부 틈새간격은 1.6 mm 이하여야 한다. 다리걸침형 연결철물의 경우 걸치는 철선 부분은 4.8 mm 이상의 직경을 가져야 하며, 연결부에서의 이격거리는 30 mm 이하, 그리고 점토벽돌벽체 내부면으로부터 연결부까지의 거리는 50 mm 이하이어야 한다.

- 12) 13)의 경우를 제외하고는 점토벽돌벽체 0.25 m<sup>2</sup> 당 1개 이상의 연결철물을 설치하여야 한다. 단, 주름이 없는 철판형, 직경 4.8 mm 이상의 철선형은 0.34 m<sup>2</sup> 당 1개 이상의 연결철물을 설치할 수 있다. 내진설계범주 D에 해당하는 경우 이 면적제한은 0.75배를 적용하여야 한다.
- 13) 10개 이상의 연결철물이 사용되는 점토벽돌벽에 대하여 [그림 3-1]부터 [그림 3-3]에 나타난 연결철물을 적용할 경우 [표 3-2]부터 [표 3-4]의 해당 연결철물에 따른 면적제한에 따라 내진설계범주와 상관없이 연결철물을 설치할 수 있다.  $I_p$ 가 1.5에 해당하는 경우에는 1)에 따라 면적제한을 0.67배 하여 적용한다.
- 14) 10개 미만의 연결철물이 사용된 점토벽돌벽은 13)에서 요구되는 연결철물의 면적제한을 절반으로 감소시켜 적용하여야 한다.

### 11) 다리걸침형 연결철물



13) [표 3-2]부터 [표3-5]에 따른 사양설계는 이번 연구 결과를 바탕으로 작성되었다.

점토벽돌벽의 연결철물 앵커부 검토 시에는 일반적으로 “표면 마감재”의 “변형성능이 낮은 부재 및 부착물” 조건을 적용할 수 있으나, 연구결과 해당 연결철물이 사용되고 10개 이상의 연결철물이 사용된 경우에는 “변형이 제한된 부재 및 부착물” 조건을 적용할 수 있는 것으로 판단되어 이를 반영하였다.

**[표 3-2] I형 연결철물 1개당 면적제한 (㎡)**

지반 \ 높이 z	0.25 h 이하	0.50 h 이하	0.75 h 이하	1.00 h 이하
S1	0.36	0.36	0.36	0.36
S2	0.36	0.36	0.36	0.36
S3	0.36	0.36	0.36	0.32
S4	0.36	0.36	0.36	0.36
S5	0.36	0.36	0.36	0.36

단열재가 없는 상세  
 h=구조물의 밑면으로부터 지붕층의 평균높이  
 z=구조물 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이(≤h)

**[표 3-3] I형 연결철물 1개당 면적제한 (㎡)**

지반 \ 높이 z	0.25 h 이하	0.50 h 이하	0.75 h 이하	1.00 h 이하
S1	0.36	0.36	0.36	0.36
S2	0.36	0.36	0.36	0.36
S3	0.36	0.36	0.36	0.36
S4	0.36	0.36	0.36	0.36
S5	0.36	0.36	0.36	0.36

단열재가 없는 상세  
 h=구조물의 밑면으로부터 지붕층의 평균높이  
 z=구조물 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이(≤h)

**[표 3-4] C형 연결철물 1개당 면적제한 (㎡)**

지반 \ 높이 z	0.25 h 이하	0.50 h 이하	0.75 h 이하	1.00 h 이하
S1	0.36	0.36	0.36	0.36
S2	0.36	0.36	0.36	0.36
S3	0.36	0.36	0.36	0.36
S4	0.36	0.36	0.36	0.36
S5	0.36	0.36	0.36	0.36

단열재가 있는 상세  
 h=구조물의 밑면으로부터 지붕층의 평균높이  
 z=구조물 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이(≤h)

h, z: 건축구조기준에 따른  
 “밑면”의 정의는  
 “지반운동에 의한  
 수평지진력이 작용하는  
 기준면”이다.  
 비구조요소의 내진설계의  
 경우 지하는 지상층(1층)보다  
 지진하중이 크지 않으므로  
 밑면은 건물의 1층 바닥으로  
 적용할 수 있다.

지반조건이 다양한 경우에는  
 해당하는 지반들에 대한  
 표의 값 중 가장 작은 값을  
 적용한다. 일반설계에서는 본  
 구조물의 내진설계에 적용된  
 $S_{DS}$  값을 동일하게 적용할 수  
 있다.

### 3.5 조적 및 연결철물의 실험절차

본 매뉴얼이나 공인된 기준 등에 의해 제시된 조적벽의 휨인장 강도를 적용하지 않는 경우에는 3.5.1의 실험절차를 따라 조적벽의 휨인장강도를 결정할 수 있다.

또한 본 매뉴얼이나 공인된 기준 등에 의해 제시된 연결철물의 공칭인장강도를 적용하지 않는 경우에는 3.5.2, 3.5.3 및 3.5.4의 실험절차를 따라 연결철물의 공칭인장강도  $P_n$ 을 산출할 수 있다. 3.5.2에 따라 공칭인장강도 산정 시에는 인장강도 실험 평균값 대비 25% (조적벽과 지지 구조체 사이에 단열재가 없는 경우) 및 15% (조적벽과 지지 구조체 사이에 단열재가 있는 경우)를 적용할 수 있으며, 3.5.3에 따라 산정 시에는 실험 평균값 대비 35%를 적용할 수 있다. 3.5.4에 따라 인장강도 산정 시에는 인장강도 실험 평균값 대비 100%를 적용할 수 있다. 이러한 실험값 대비 공칭강도 적용비율의 차이는 단순 뽑힘강도 실험에 비하여 전체 조적벽 실험에 의한 연결철물의 강도가 상대적으로 낮게 나오는 실험결과를 반영한 것이다.

#### 3.5.1 조적 휨강도 실험

조적벽의 휨인장강도를 결정하기 위한 조적 휨강도 실험 실험은 「ASTM E518/E518M-15(2010) Standard Test Methods for Flexural Bond Strength of Masonry」를 참조하여 진행할 수 있다.

#### 3.5.2 연결철물의 인장강도 실험

연결철물의 인장강도는 연결철물 자체의 인장강도, 지지 구조체와의 정착부에서의 뽑힘강도, 조적벽체와의 연결부에서의 뽑힘강도 중 최소값으로 결정한다.

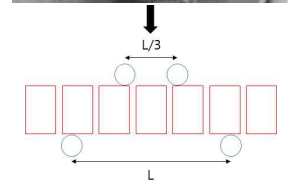
실험에 따른 공칭인장강도  $P_n$  산정 시에는 이 절에서의 단조하중에 의한 인장강도 실험 평균값 대비 25% (점토벽돌벽과 지지 구조체 사이에 단열재가 없는 경우) 및 15% (점토벽돌벽과 지지 구조체 사이에 단열재가 있는 경우)를 적용해야 한다.

실험 평균값은 “3.5.2.1 구조체 정착부 뽑힘강도 실험” 평균값 결과와 “3.5.2.2 연결철물-모르타르 부착실험”의 평균값 결과를 비교하여 작은 값으로 결정한다. [그림 3-2] 또는 [그림 3-3]의 경우와 같이 중간 연결부를 가지거나 복잡한 형태의 중간부를 가진 연결철물은 3.5.2.1 실험이나 3.5.2.2 실험시 중간 연결부 또는 복잡

3.5 실험은 대한건축학회와 같은 신뢰성 있는 관련 전문기관이나 감독원을 통한 실험계획의 검토 및 결과의 검토가 필요하며, 실험방법 및 절차 등 자세한 사항은 대한건축학회 보고서 『LH 공동주택 비구조요소 내진설계 매뉴얼』을 참고할 수 있다.

실험수행은 건설기술진흥법 제26조 또는 건설기술진흥법 제60조에 따른 품질검사 대행기관 및 KOLAS 인정기관 등 공인시험기관에서 할 수 있다.

3.5.1 길이 460 mm 이상의 조적개체를 아래의 그림과 같이 지지하고 지지점의 3등분점에 가력하여 파괴시의 휨 인장강도를 측정한다.

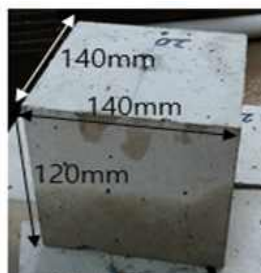


3.5.2 [그림 3-2] 또는 [그림 3-3]와 같이 중간 연결부를 가지거나 복잡한 형태의 연결철물에 대한 요구사항은 연결철물 중간(연결부)에서 일어날 수 있는 파단에 대한 강도를 반영하기 위함이다.

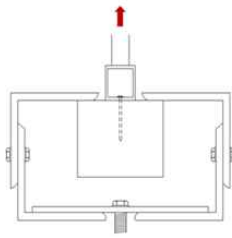
한 형태의 중간부 인장강도도 강도 산정에 반영이 되도록 실험계획을 수립하여야 한다. 대안으로 중간 연결부 또는 복잡한 형태의 중간부에 대한 별도의 실험을 추가할 수 있다.

### 3.5.2.1 구조체 정착부 뽑힘강도 실험

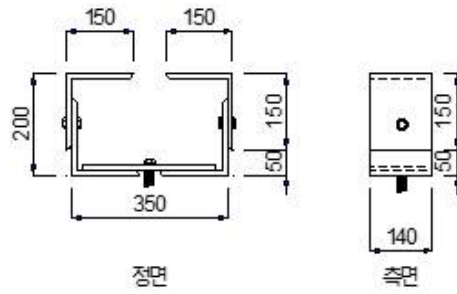
- 1) 구조체 정착부 뽑힘강도 실험은 ‘KS F ISO 9087 : 2004 목재의 못 또는 나사못 뽑기 저항 시험 방법’의 방법을 참조하여 진행한다.
- 2) 구조체 정착부를 설치하고자 하는 콘크리트의 강도로 구조체 정착부가 모서리에서 70mm가 떨어지도록 140mm 세로 140mm 두께 120mm의 콘크리트 블록 ([그림 3-4] 참조)을 제작한다.
- 3) 제작된 콘크리트 블록을 28일간 양생한 후 실험하고자 하는 구조체 정착부를 콘크리트 블록의 가운데에 수직으로 정착시킨다. 이때 지그 등을 사용하여 구조체 정착부의 헤드와 콘크리트 블록 사이에 이격을 만들어 인장지그를 사용할 수 있도록 한다.
- 4) 고정지그를 이용하여 콘크리트 블록을 고정하고 인장지그를 이용하여 구조체 정착부를 뽑는다. ([그림 3-5], [그림 3-6], [그림 3-7] 참조)
- 5) 실험기구를 이용하여 등속도로 구조체 정착부에 인장을 가하여 뽑아내며 이때 실험속도는 2.54mm/min으로 진행한다.
- 6) 구조체 정착부가 완전히 뽑힐 때까지 실험을 지속하며 해당 실험 회차의 최대하중을 기록한다.
- 7) 실험은 같은 변수에 대하여 15회 이상 수행하며, 실험의 평균값을 연결철물의 인장강도 실험 평균값으로 결정한다.



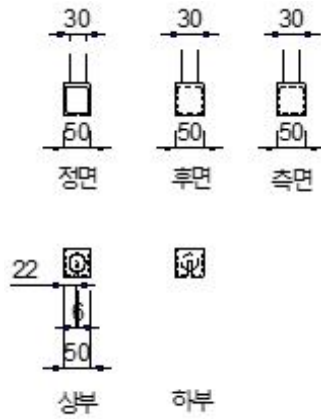
[그림 3-4] 콘크리트 블록



[그림 3-5] 못 뽑힘강도 실험 세팅



[그림 3-6] 못 뽑힘강도 실험 고정지그



[그림 3-7] 못 뽑힘강도 실험 인장지그

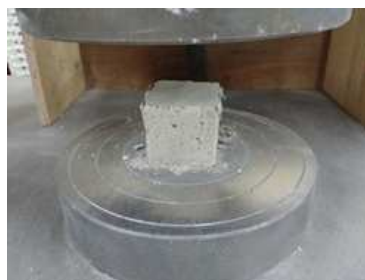
### 3.5.2.2 연결철물-모르타르 부착실험

두 벽돌 사이 굳은 모르타르에 묻힌 연결철물부를 정적으로 당기면서 연결철물-모르타르 부착강도를 측정한다.

- 1) 연결철물-모르타르 부착실험은 ASTM E754-80(2006) Standard Test Method for Pullout Resistance of Ties and Anchors Embedded in Masonry Mortar Joints 을 참조하여 진행한다.
- 2) 두 개의 벽돌 사이에 모르타르로 연결철물을 부착하여 연결철물-모르타르 부착실험 실험체를 제작한다. 이때 연결철물의 묻힘 길이는 실제 시공에서 적용할 길이를 사용하되 최소 40mm, 최대 75mm 사이의 길이로 한다.
- 3) 연결철물-모르타르 부착실험 실험체를 제작하며 모르타르 공시체를 함께 제작한다. 모르타르 공시체는 연결철물-모르타르 부착실험 실험체와 같은 환경에서 28일 양생한 후 실험을 수행하는 날에 모르타르의 강도를 측정한다. ([그림 3-8], [그림 3-9] 참조)



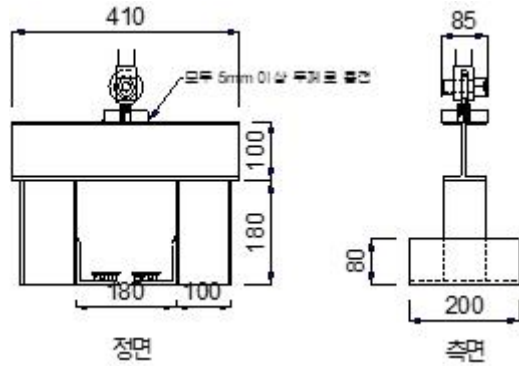
[그림 3-8] 연결철물-모르타르 부착실험 실험체 제작



[그림 3-9] 모르타르 공시체 강도측정

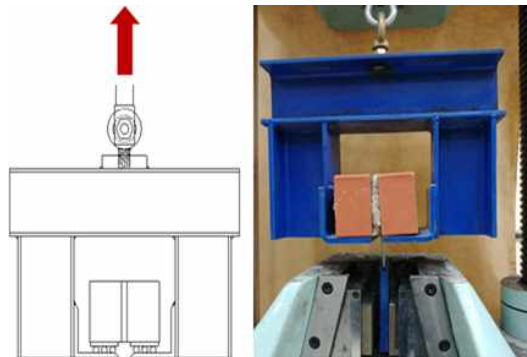
- 4) 벽돌을 고정하고 인장지그를 이용하여 연결철물부에 인장을 가하여 연결철물부를 뽑아낸다. ([그림 3-10] 참조) 인장속도는 초기의 실험 결과값으로 최대강도를 예상하여 분당 최대강도의 20%의 하중이 가해지도록 한다.





[그림 3-10] 연결철물 지그 도면

- 5) 연결철물부가 벽돌 사이에서 탈락할 때까지 실험을 지속하며 해당 실험 회차의 최대값을 기록한다.
- 6) 실험은 같은 변수에 대하여 15회 이상 수행하며, 실험의 평균값을 연결철물의 인장강도 실험 평균값으로 산정한다.



[그림 3-11] 연결철물-모르타르 부착실험 실험세팅

### 3.5.3 외부치장 점토벽돌벽 유닛 반복하중 실험

이 절의 외부치장 점토벽돌벽 유닛 반복하중 실험절차를 따를 경우에는 연결철물의 공칭인장강도  $P_n$  산정 시 실험결과 평균값의 35%를 적용할 수 있다. 구조체 정착부-연결철물부-치장조적으로 이루어진 연결철물 상세에 인장-압축 정적반복하중을 가하여 연결철물 상세의 성능을 검증한다.

- 1) 기존 실험[Choi, Y. H., & LaFave, J. M. (2004). Performance of corrugated metal ties for brick

veneer wall systems. Journal of materials in civil engineering, 16(3), 202-211.]의 방법을 참고하여 진행한다.

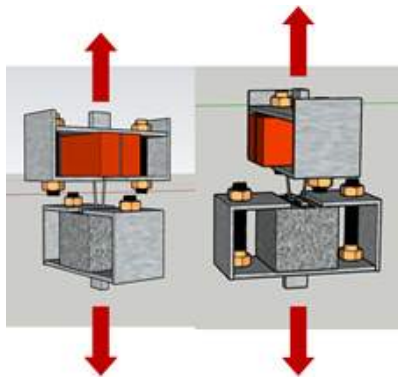
- 2) 콘크리트 블록-연결철물-치장점토벽돌벽돌 또는 콘크리트 블록-단열재-연결철물-치장점토벽돌벽돌로 구성된 연결철물 접합 실험체를 만든다. 이때, 콘크리트 블록의 크기는 연결철물의 종류에 따라 구조체 정착부의 설치 위치가 블록의 모서리에의 거리가 70mm 이상이 되도록 제작한다.
- 3) 연결철물의 문힘 길이는 최소 40mm, 최대 75mm 사이의 길이로 하며 실제 시공에서 적용할 길이로 시공한다. ([그림 3-12], [그림3-13] 참조)
- 4) 28일 양생 후 콘크리트 블록을 고정하는 지그와 치장 벽돌을 고정하는 지그를 이용하여 반복 가력한다. ([그림 3-14] 부터 [그림 3-15] 참조)
- 5) 각 하중단계의 실험 강도가 예상 파괴강도의 20%, 40%, 60%, 80%, 100%가 되도록, 하중단계 당 인장-압축 3회 반복하여 실험을 진행한다. 예상 강도의 100%에서 파괴가 발생하지 않을 경우 최대 변위에 150%의 변위로 추가적인 스텝을 진행하여 구조체 정착부 또는 연결철물부 또는 연결철물-모르타르 부착파괴가 발생할 때까지 실험을 진행한다. ([그림 3-18])
- 6) 실험체의 개수는 10회 이상으로 하며 외부치장 점토 벽돌벽 유닛 반복하중실험 실험결과 평균의 35%를 공칭인장강도  $P_n$ 으로 사용한다.



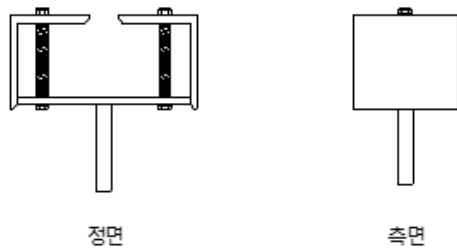
[그림 3-12] L형 연결철물부 시험체 제작



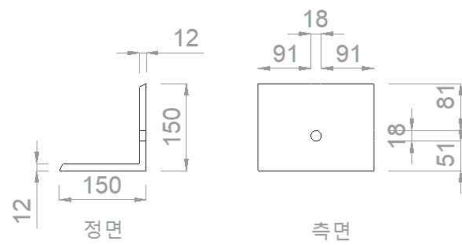
[그림 3-13] C형 연결철물부 시험체 제작



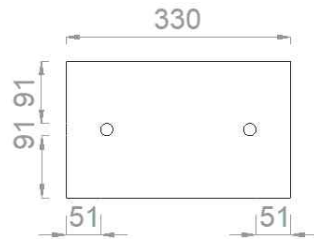
[그림 3-14] 연결철물 접합 실험체 실험



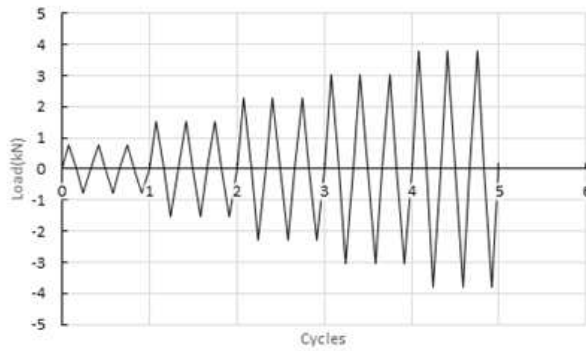
[그림 3-15] C형 연결철물부 시험체 제작



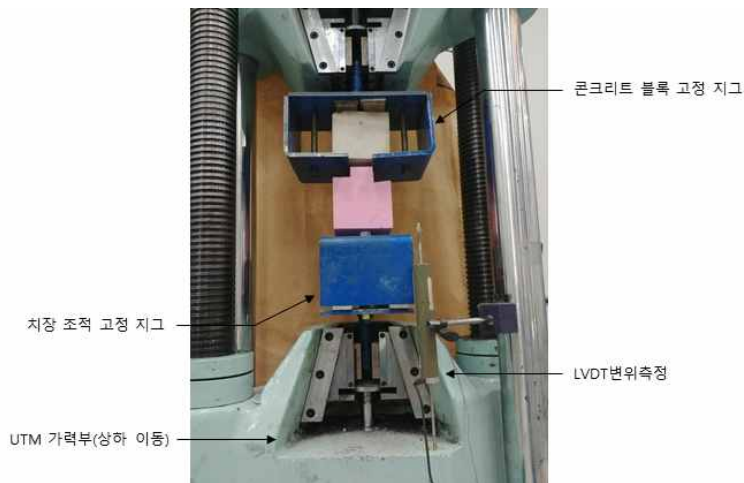
[그림 3-16] 연결철물 접합 실험체 지그



[그림 3-17] 9T 철판



[그림 3-18] 반복하중 프로토콜



[그림 3-19] 연결철물 접합 실험체 실험 세팅

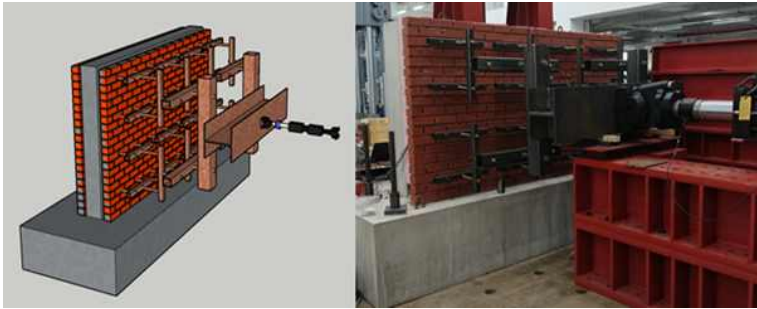
### 3.5.4 조적벽체 반복하중 실험

이 절의 조적벽 실험 절차를 따를 경우에는 연결철물의 공칭인장강도  $P_n$  산정 시 실험결과 평균값의 100% 를

적용할 수 있다.

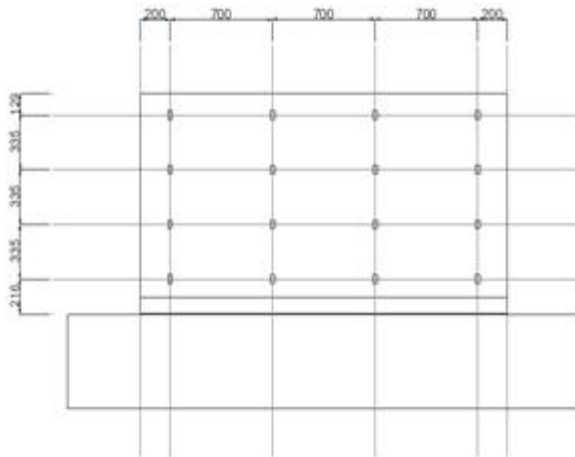
실제 시공 여건이 반영된 연결철물의 성능을 검증하기 위하여 콘크리트 지지벽과 외부치장 점토벽돌벽 또는 콘크리트 지지벽, 단열재, 그리고 외부치장 점토벽돌벽으로 이루어진 실험체를 제작한 후 등가정적하중을 모사하여 실험을 진행한다.

- 1) 가로 2500mm 이상, 세로 1350mm 이상 크기의 지지벽에 벽돌을 연결한 치장조적벽체를 제작한다.



[그림 3-20] 치장조적개체 반복하중실험

- 2) 치장조적벽체를 제작하기 전 목표 배치간격을 고려하여 일정한 간격으로 지지벽체에 연결철물을 설치한다.



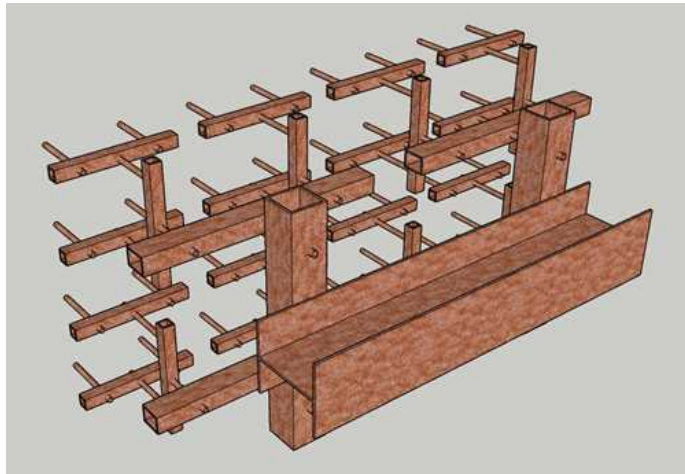
[그림 3-21] 연결철물 설치위치  
(벽체 면적이 0.24m<sup>2</sup>인 경우의 예)

- 3) 실제 적용하는 현장 요건에 따라 벽돌과 중앙연결철물부의 문힘 거리를 계산하여 버림 콘크리트(시험체 기초) 또는 앵글 위에 치장조적벽체를 시공한다.



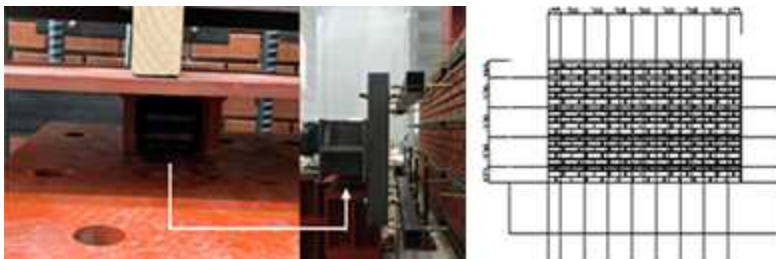
[그림 3-22] 치장조적벽체 시공

- 4) Whiffle 지그는 치장조적벽체에 등분포하중을 모사할 수 있도록 하나의 rod가 분담하는 면적을  $0.1 \text{ m}^2$  이하가 되도록 하며, 모든 rod의 분담면적이 같도록 한다. 치장조적 벽체의 상하, 좌우의 변위가 다르더라도 모든 rod가 같은 하중을 전달할 수 있도록 Whiffle 지그의 조립부를 힌지로 제작한다.

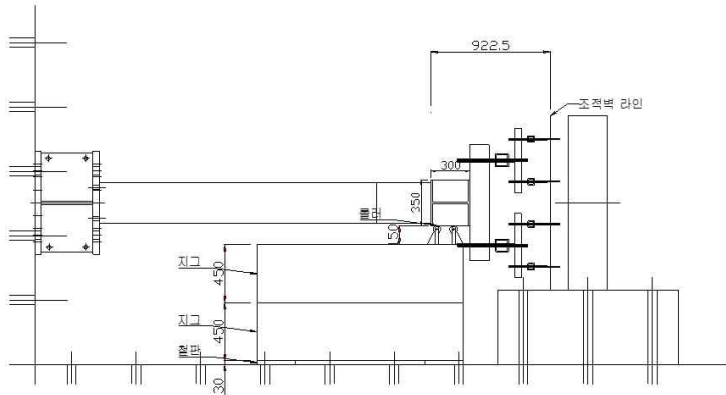


[그림 3-23] Whiffle 지그 3D 개념도

- 5) 치장조적벽체에 Whiffle 지그의 rod를 연결한다. 이때 치장조적벽체에 중력방향으로 하중이 가해지지 않도록 Whiffle 지그의 하부에 롤러를 설치하여 평형상태에서 진행한다.

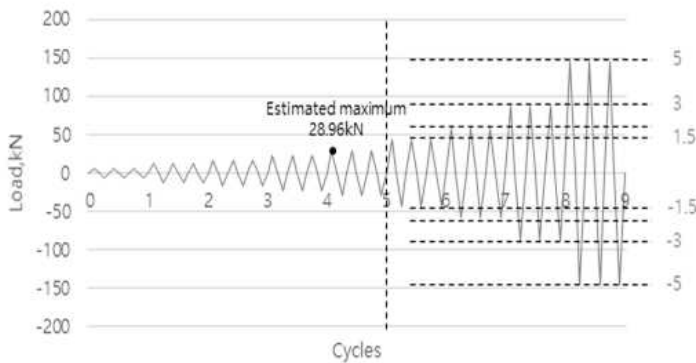


[그림 3-24] 로드 설치 위치와 Whiffle 지그 하부 롤러 지지



[그림 3-25] Whiffle 지그 측면 설치도

- 6) 지그 연결 후 지그 및 액추에이터의 수평을 확인한 후 액추에이터를 가동하여 치장 조절 벽체에 하중을 가하였다. 액추에이터의 하중-가력계획은 [그림3-26] 과 같이 예상되는 최대하중을 기준으로 작성한다. 최대하중의 20%, 40%, 60%, 80%, 100%가 되도록, 스텝 당 인장-압축 3회 반복하여 실험을 진행한다. 100%에서 파괴가 발생하지 않을 경우에는, 최대하중에 도달하였을 때의 변위의 1.5배, 2배, 3배, 5배 변위로 사이클을 반복하여 실험체의 항복 후 파괴가 발생하거나 힘이 감소할 때까지 실험을 반복한다.



[그림 3-26] 실험체 Loading protocol

- 7) 같은 변수에 대하여 동일실험을 3회 이상 반복한다.
- 8) 힘과 변위를 측정하며 인장 시 최대강도를 연결철물의 개수로 나눈 값을 연결철물의 인장강도로 산정한다.





## 4. 외부치장 석재벽 내진설계

### 4.1 일반사항

- 1) 이 장은 원칙적으로 연결철물로 지지되는 (또는 앵커지지되는) 외부치장 석재벽을 대상으로 석재에 작용하는 지진하중만을 고려한다.
  - 2) 외부치장 석재벽은 “4.3 일반설계”의 조건을 만족시키도록 합리적인 구조계산 또는 실험결과에 근거하여 설계하거나 “4.4 사양설계”에 규정된 방식을 따라 설계할 수 있다.
  - 3) 일반설계와 사양설계 모두 “4.2 설계 요구사항”은 원칙적으로 해석이나 실험에 의하여 별도로 입증되지 않는 한 만족하여야 하며, 실험절차 등과 관련된 사항은 “4.5 석재 및 연결철물의 실험절차”를 따른다.
  - 4) “4.3 일반설계”와 “4.4 사양설계” 조항은 필요한 경우 서로 혼합하여 적용할 수 있다.
  - 5) 외부치장 석재벽과 관련된 용어는 [그림 4-1]과 [그림 4-2]에 규정된다.
- 5) [그림 4-1]과 [그림 4-2]는 용어 설명을 위한 그림이므로 실제 상세와는 다를 수 있다.

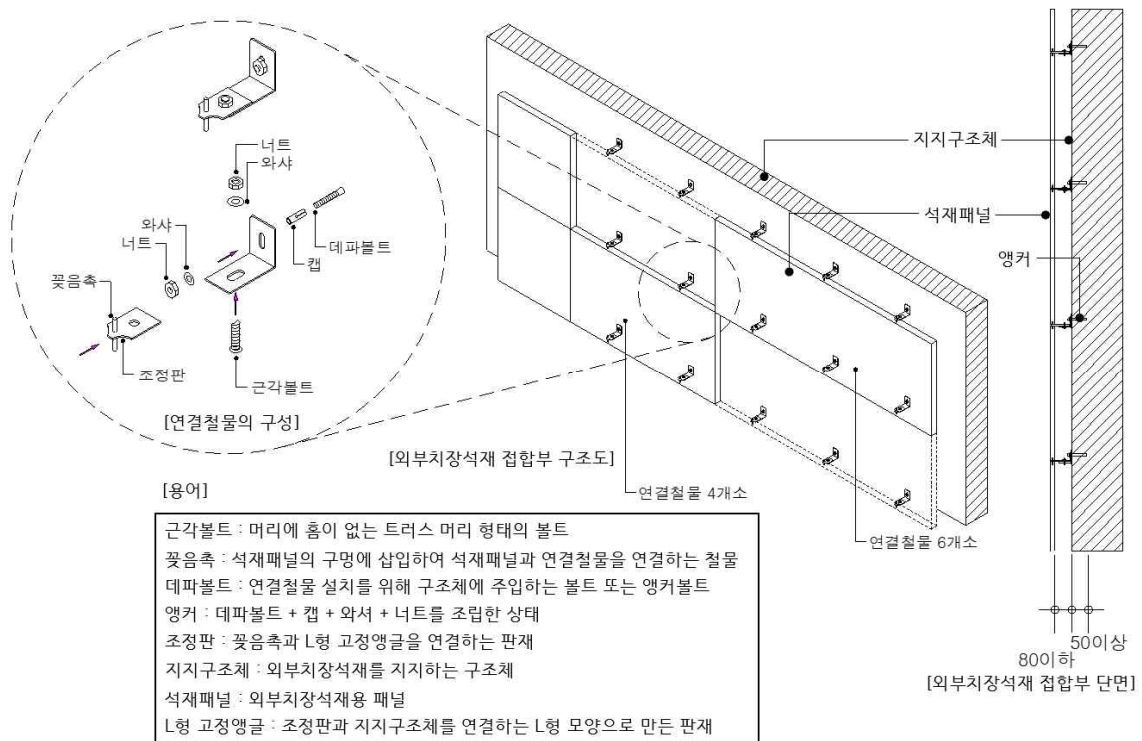
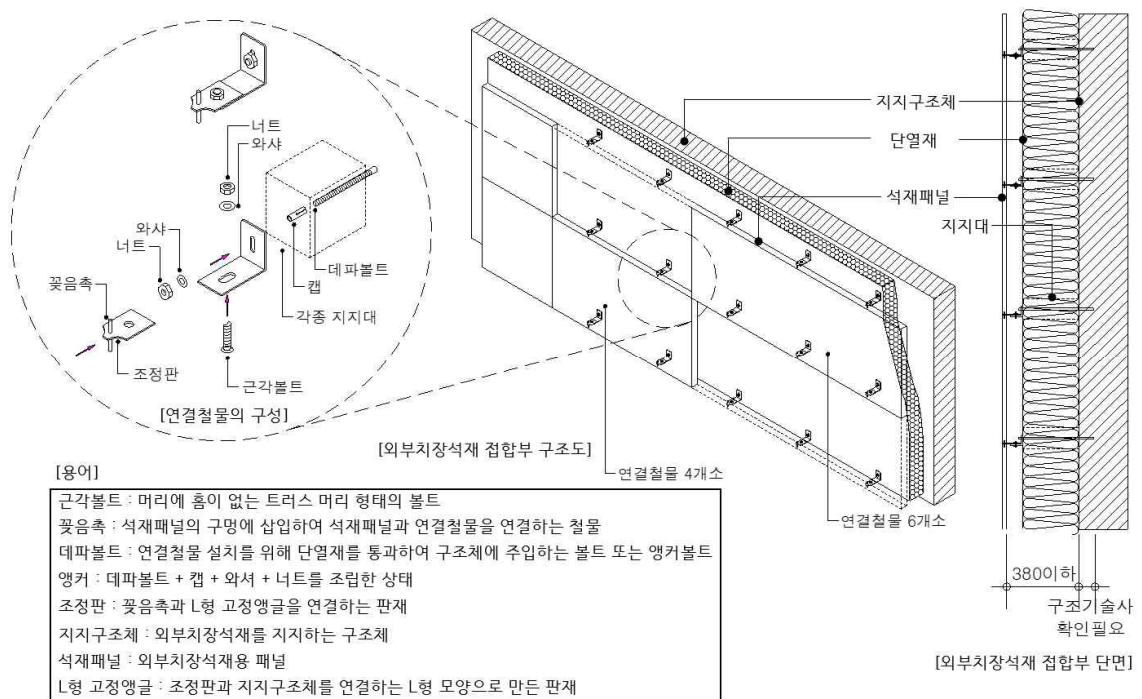


그림 4-1 외부치장석재의 구성도 : 단열재가 없는 경우



[그림 4-2] 외부치장석재의 구성도 : 단열재 및 지지대가 설치되는 경우

## 4.2 설계 요구사항

- 1) 외부치장 석재벽을 지지하는 구조체 또는 비구조요소는 구조안전성에 대하여 별도로 검토되어야 하며, 지지구조체의 콘크리트 설계기준강도는 21 MPa 이상이어야 한다.
- 2) 석재패널 당 연결철물은 하단부 2개소 이상 그리고 상단부 2개소 이상을 설치하여야 하며, 균등한 하중 분배가 되도록 대칭으로 배치한다.
- 3) 구조체의 하부나 모퉁이 부분 등에 설치되는 경우와 같이 설치방법이 일반 석재패널과 다른 석재패널은 하중 산정 및 연결철물의 상세 적용 시 책임구조기술자에 의한 별도의 확인이 있어야 한다. 석재패널의 면이 수직으로 배치되는 일반적인 석재패널 배치에서 연결철물의 설치는 수직설치를 원칙으로 한다.
- 4) 석재의 두께는 30 mm 이상이어야 한다. 석재의 압축강도는 50 MPa 이상이어야 하며, 휨인장강도는 5 MPa 이상이어야 한다.
- 5) 연결철물 강도 검토 시에는 지진에 의한 석재패널의 면내방향 하중도 고려되어야 한다. 연결철물의 요구조건은 “4.3 일반설계” 또는 “4.4 사양설계”의 해당 조항을 추가로 만족하여야 한다.
- 6) 꽃음축의 직경은 4 mm 이상, 5 mm 이하이어야 하며, 꽃음축 설치를 위한 석재패널의 구멍 직경은 6 mm 이하이어야 한다. 꽃음축의 구멍은 석재패널 두께의 중앙부에 위치하고, 석재 피복두께는 12 mm 이상을 확보하여야 한다.
- 7) 인접한 상부 석재패널에서 하부 석재패널로 하중이 전달되지 않도록 연결철물의 꽃음축 설치를 위한 석재패널의 구멍 깊이는 꽃음축 삽입 길이보다 3 mm 이상 천공하여야 한다. 이 때 꽃음축은 각 석재패널에 25 mm 이상 삽입되어야 한다.
- 8) 연결철물은 항복강도 205 MPa 이상, 인장강도는 520 MPa 이상의 재질이어야 한다. 단, KS D 3698 STS 304 또는 동등 수준 이상의 규격을 적용하는 경우 이를 만족하는 것으로 간주한다.
- 9) 단열재가 있는 경우에는 [그림 4-2]의 지지대가 반드시 설치되어야 한다. 지지대는 단열재를 관통하여 지지 구조체에 견고하게 정착되어야 하며, 지지대와 앵커는 실험이나 해석에 의해 적정한 강성과 강도를 가지고 있는지 확인되어야 한다.
- 10) 외부치장 석재벽은 상대변위로 인한 구조체의 움직임 수용할 수 있는 상세를 적용하여야 한다.
- 11) 외부치장 석재벽은 온도와 습기에 의한 변형을 고려한 상세를 적용하여야 한다.

2) 일반적으로 하부 연결철물은 수직하중과 수평하중에 대해, 상부 연결철물은 수평하중에 대해 저항한다.  
한 변에 2개소를 설치하는 경우 단부 모서리에서부터 해당 변 길이의 1/4 지점에 설치할 수 있다.

3) 연결철물의 측면설치가 필요할 경우에는 연결철물 상세를 제시하고, 해당상세의 적절성을 입증하여 사용할 수 있다.

### 4.3 일반설계

- 1) 주어진 지진하중에 대하여 석재패널, 지지 구조체, 그리고 이들을 연결하는 연결철물에 작용하는 하중은 합리적인 역학원리에 따라 계산되고 검토되어야 한다.
- 2) 외부치장 석재벽의 내진설계 시 검토되어야 하는 사항은 다음의 항목을 포함한다.

- 석재패널의 휨강도
- 연결철물의 석재패널과의 연결부 강도
- 연결철물 자체의 강도
- 연결철물의 지지 구조체와의 정착부에서의 강도

위의 각 항목에 대하여 [식 4-1]을 만족하여야 한다.

$$\phi F_n \geq F_u \quad \text{[식 4-1]}$$

여기서,

$\phi$  : 석재패널 휨강도의 경우 0.55, 연결철물의 석재패널과의 연결부 강도의 경우 0.70, 연결철물 자체 강도의 경우 0.9, 연결철물의 지지구조체와의 정착부에서 인장강도의 경우 0.45, 전단강도의 경우 0.7을 적용

$F_n$ : 공칭강도

$F_u$ : 소요강도 (계수하중)

- 3) 연결철물은 지진에 의해 석재패널과 지지 구조체 사이에 전달되는 하중을 지지할 수 있는 적절한 강도를 가지고 있는지 확인되어야 한다. 연결철물의 강도는 연결철물의 지지 구조체와의 정착부 강도와 석재패널과의 연결부 강도를 포함하며, 실험결과를 바탕으로 강도를 산정하여야 한다.
- 4) 석재패널을 지지하는 연결철물은 일반적으로 석재패널의 무게에 대한 중력하중도 지지하게 되므로, 연결철물의 강도 검토 시 연결철물의 설치 형상 및 건축구조기준에 따른 중력하중과 지진하중의 하중조합을 고려하여야 한다.
- 5) 연결철물의 지지 구조체와의 정착부 뿔힘강도는 강도감소계수를 고려하여 안전하게 설계하여야 하며, 인장력을 받는 앵커의 지지 구조체 콘크리트의 파괴를 방지하기 위한 뿔깊이를 고려하여야 한다. 앵커볼트의 강도는 「콘크리트 구조설계기준」 부록 II. 콘크리트용 앵커 기준에 따라 계산하거나, 신뢰성 있는 실험결과를 바탕으로 앵커 제조사에서 제공하는 값을 사용할 수 있다.

[식 4-1]에서 석재패널 휨강도의 경우  $\phi = 0.55$ 는 건축구조기준 무근콘크리트를 참조하여 적용하였다. 연결철물의 석재패널과 연결부 강도의 경우  $\phi = 0.70$ 는 「콘크리트 구조설계기준」 부록 II. 콘크리트용 앵커 기준에서 콘크리트 파괴, 측면파열, 뿔힘 또는 프라이아웃 강도에 의해 지배되는 앵커를 참조하여 적용하였다. 연결철물 자체 강도의 경우  $\phi = 0.9$ 는 연성강재를 참조하여 적용하였다. 연결철물의 지지구조체와의 정착부에서 인장강도의 경우  $\phi = 0.45$ , 전단강도의 경우  $\phi = 0.70$ 는 「콘크리트 구조설계기준」 부록 II. 콘크리트용 앵커 기준에서 콘크리트 파괴, 측면파열, 뿔힘 또는 프라이아웃 강도에 의해 지배되는 앵커(후설치앵커 범주 3 [높은 설치 민감도와 낮은 신뢰도])를 참조하여 적용하였다.

3) 책임구조기술자의 판단에 따라 필요시에는 연결철물의 강성도 고려되어야 한다.

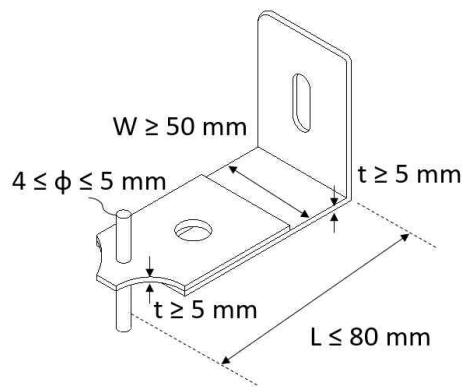
4) 강도설계법에 따라 석재패널을 지지하는 연결철물에서 고려해야 하는 하중조합은 다음과 같다.

- 1.2D + 1.0E + 1.0L
- 0.9D + 1.0E

(설계 적용 방법은 『LH 공동주택 비구조요소 내진설계 예제』 4.2 참고)

## 4.4 사양설계

- 1) 사양설계에서 기본적으로 중요도계수  $I_p$ 는 1.0인 경우에 대하여 고려되었으며, 내진설계범주 D 이하에서 적용가능하다. 외부치장 석재벽 손상시 피난경로 확보에 지장을 주는 경우, 즉 중요도계수  $I_p$ 가 1.5에 해당하는 경우에는 해당 단면적을 0.67배 하여 적용할 수 있다.
- 2) 사양설계 조항은 꽃음축 접합에 의한 연결철물 긴결 공법에 한정되며, 연결철물의 위치는 각 석재패널별 균등한 하중 분배가 가능하도록 대칭으로 배치되어야 한다. 4개소를 설치하는 경우 상단부에 2개소, 하단부에 2개소를 설치하며, 단부 모서리에서부터 해당 변 길이의 1/4 지점에 각각 설치한다. 6개소를 설치하는 경우 상단부에 3개소, 하단부에 3개소를 설치하며, 단부 모서리에서부터 해당 변 길이의 1/6 지점과 중앙에 각각 설치한다.
- 3) L형 고정앵글과 조정판은 두께 5 mm 이상, 폭 50 mm 이상의 크기를 사용하여야 한다. 꽃음축 중심으로부터 지지구조체면 또는 단열재면까지의 거리는 80 mm 이하이어야 한다. 콘크리트 지지구조체에 매입된 앵커의 설계뽑힘강도는 5 kN 이상이어야 하며, 매입깊이는 50 mm 이상이어야 한다.



[그림 4-3] L형 고정앵글, 조정판 및 꽃음축의 사양설계 상세

- 4) 단열재가 없는 경우, 석재패널당 연결철물의 최소 설치 개소는 석재패널의 두께가 30 mm, 50 mm 일 때 각각 [표 4-1], [표 4-2]의 조건을 만족시켜야 한다.
- 5) 단열재와 지지대가 설치된 경우, 연결철물의 최소 설치 개소는 석재패널당 두께가 30 mm, 50 mm 일 때 각각 [표 4-1], [표 4-2] 이상이어야 한다. 이 때

사용되는 지지대와 앵커는 꽃음축 중심에 작용하는 계수하중 수평력 0.8 kN과 수직력 0.8 kN에 대하여 구조검토를 수행하여야 한다. 이 때 수평력 0.8 kN은 수평력 주요방향 0.8 kN 과 직각방향 0.3 x 0.8 kN을 조합하여 적용하여야 한다.

- 6) 석재의 휨파괴를 고려하여, 석재 세로길이에 대한 석재 가로길이의 비는 0.5 이상 2.0 이하이어야 한다.

[표 4-1] 두께 30 mm 석재패널당 연결철물 최소 설치 개소, 유효지반가속도  $S = 0.22$  이하

지반조건	석재패널 (두께 30 mm) 면적	
	1.30 m <sup>2</sup> 이하	1.95 m <sup>2</sup> 이하
S1	4개소 설치	6개소 설치
S2		
S3		
S4		
S5		

[표 4-2] 두께 50 mm 석재패널당 연결철물 최소 설치 개소, 유효지반가속도  $S = 0.22$  이하

지반조건	석재패널 (두께 50 mm) 면적	
	0.80 m <sup>2</sup> 이하	1.2 m <sup>2</sup> 이하
S1	4개소 설치	6개소 설치
S2		
S3		
S4		
S5		

5) 계수하중 수평력 0.8 kN과 수직력 0.8 kN은 [표 4-1] 및 [표 4-2]에 제시된 석재패널 무게에 해당하는 중력하중과 지반종류 S3에 해당하는 지진하중의 조합에 의해 산정되었으며, 지진하중 계산 시에는 취성거동인 경우를 고려하여 초과강도계수 2.0이 적용되었다.

조적벽과 달리 석재패널의 지중이 연결철물에 의해 지지되는 석재벽은 단열재가 두꺼워질수록 지지대 및 앵커볼트에 대한 요구 강도 및 강성이 크게 증가한다.

[표 4-1]과 [표 4-2]는 4.2의 외부치장석재 및 긴결철물의 요구성능을 만족하며, 중요도계수  $I_p$  가 1.0, 꽃음축 중심으로부터 벽면 또는 단열재면까지 거리가 80 mm, 황하중 가력점으로부터 데파볼트까지의 수직방향 편심거리가 30 mm인 경우를 기준으로 산정되었다.

## 4.5 석재 및 연결철물의 실험절차

본 매뉴얼이나 공인된 기준 등에 의해 제시된 석재 및 연결철물의 성능을 검증하지 않는 경우에는 4.5.1 석재 시험 및 4.5.2 연결철물 시험 절차를 따라 각 요구강도를 결정할 수 있다. 석재 및 연결철물의 성능검증을 위한 실험절차는 아래 [그림 4-4]와 같다. 석재의 성능을 검증하기 위한 실험은 4.5.1을 따르며, 연결철물의 성능을 검증하기 위한 실험은 4.5.2를 따른다.

석재 성능검증 (시험방법, 요구성능)	연결철물 성능검증 (시험방법, 요구항복강도)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 압축강도시험 (KS F 2519, 50MPa)</li> <li>• 휨인장강도시험 (ASTM C880, 5MPa)</li> <li>• 석재패널-꽃음측 연결부 시험 (ASTM C1354 등, <math>V_{cb}</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 꽃음측 인장시험 (KS B 0802, 205MPa)</li> <li>• 조정판 인장시험 (KS B 0802, 205MPa)</li> <li>• L형고정앵글 인장시험 (KS B 0802, 205MPa)</li> <li>• 근각볼트 인장시험 (KS B 0802, 325MPa)</li> <li>• 앵커 인장시험 (KS B 0802, 205MPa)</li> </ul>

[그림 4-4] 외부치장석재 및 연결철물의 성능검증을 위한 실험절차

### 4.5.1 석재 실험

연결철물로 지지되는 외부치장 석재가 화강석일 경우, 석재의 압축강도시험 및 휨인장강도시험을 실시한다. 화강석 이외의 석재를 사용할 경우, 석재패널-꽃음측 연결부 시험을 추가로 실시한다.

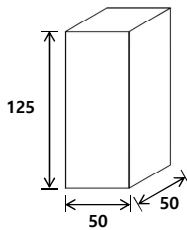
#### 4.5.1.1 석재 압축강도 시험

- 1) 석재의 압축강도시험은 KS F 2519(석재의 압축강도 시험방법)을 따르며([그림 4-5] 참조), 4.2.4) 석재 요구압축강도를 만족하여야 한다.
- 2) 공시체는 직육면체, 사각기둥형 또는 원주형으로 만들어야 하며, 공시체의 지름 또는 가로 방향 치수(서로 맞대는 수직면 사이의 거리)는 50 mm 이상이 되어야 하며, 높이(하중지지면 사이의 거리)가 지름 또는 가로 방향 치수보다 작지 않아야 한다.

4.5 실험은 대한건축학회와 같은 신뢰성 있는 관련 전문기관이나 감독원을 통한 실험계획의 검토 및 결과의 검토가 필요하며, 실험방법 및 절차 등 자세한 사항은 대한건축학회 보고서 『LH 공동주택 비구조요소 내진설계 매뉴얼』을 참고할 수 있다.

실험수행은 건설기술진흥법 제26조 또는 건설기술진흥법 제60조에 따른 품질검사 대행기관 및 KOLAS 인정기관 등 공인시험기관에서 할 수 있다.

- 3) 공시체는 각 시험 조건마다 5개 이상이어야 한다. 만일 시료를 습윤 및 건조 상태에서 결에 대하여 수직 방향으로만 시험할 경우에는 10개 이상의 공시체가 필요하며, 수직 및 평행의 두 방향으로 시험할 경우에는 20개 이상이 필요하다.
- 4) 시료를 시험기의 중앙에 놓고 시료 위에 접촉판을 손으로 조정할 수 있을 정도의 비율로 초기 하중을 가한다. 구형의 블록을 적절하게 얹힌 작은 하중에서 접촉판을 30° 각도로 앞뒤로 회전시킨다. 다만, 시료가 중앙의 위치에서 벗어나지 않도록 주의해야 한다. 하중의 재하는 매분 약 1 mm의 속도로 매초 약 1 MPa의 하중을 일정하게 가한다.



[그림 4-5] 석재 압축강도 시험

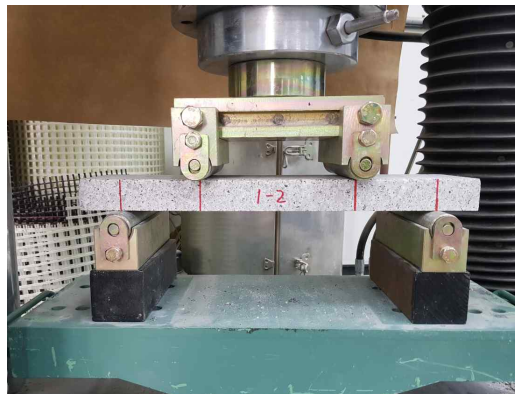
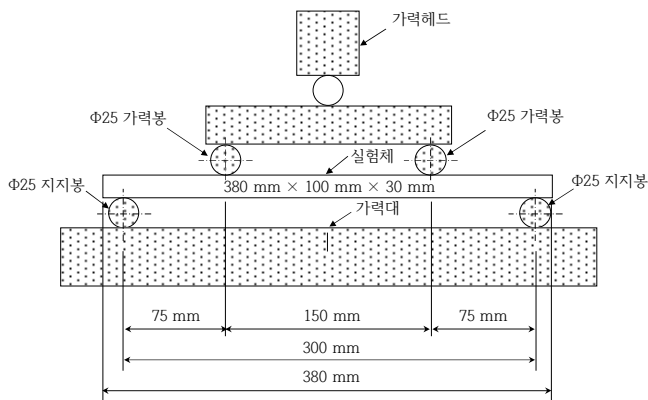
#### 4.5.1.2 석재 휨인장강도 시험

- 1) 석재의 휨인장강도 시험은 ASTM C880(Standard Test Method for Flexural Strength of Dimension Stone)을 따르며([그림 4-6] 참조), 4.2.4)의 석재 요구 휨인장강도를 만족하여야 한다.
- 2) 공시체는 너비 100 mm × 두께 30 mm × 길이 350 mm로 제작하며, 공시체 측면은 상·하부면과 직각을 이루어야 한다. 상·하부면은 연마 마감(a fine abrasive finish)을, 나머지 네 면은 톱날 마감(a fine saw finish)으로 처리해야 한다. 공시체의 지간길이는 300 mm로 한다.
- 3) 석재 두께가 30 mm가 아닌 석재의 휨강도 검증이 요구되는 경우, 공시체의 지간길이는 두께의 10배,



길이는 지간길이보다 50 mm ~ 100 mm 더 커야 한다. 석재 두께가 70 mm 미만인 경우, 공시체의 너비는 100 mm이며 석재 두께가 70 mm 이상인 경우, 공시체의 너비는 석재 두께에 1.5배하여 제작한다.

- 4) 4점가력 시험방법을 사용하며, 지압블럭을 사용하여 지간길이와 두 하중가력점과 두 지지점 사이의 거리를 시험 중에 1 mm 이상 변형하지 않도록 동일하게 유지할 수 있도록 해야한다.
- 5) 실험체 파괴에 이를 때까지 매분 약 4 MPa의 하중을 일정하게 가한다.
- 6) 각 실험조건에서 최소 5개 실험을 수행해야 하며, 실험결과의 평균을 휨강도로 사용한다.



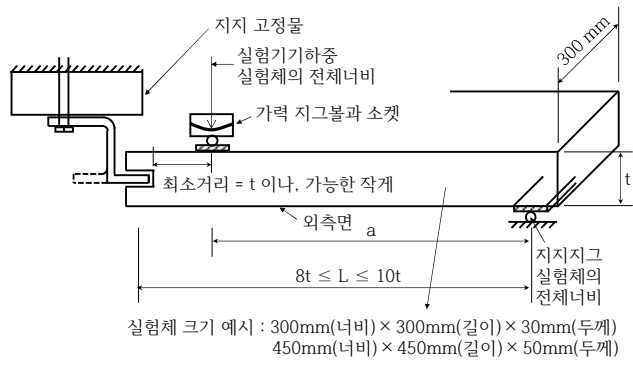
[그림 4-6] 석재 휨인장강도 시험

#### 4.5.1.3 석재패널-꽃음축 연결부 시험

- 1) 석재패널과 꽃음축 연결부 시험방법은 ASTM

C1354(Standard Test Method for Strength of Individual Stone Anchorages in Dimension Stone) 또는 이에 준하는 실험방법을 따른다([그림 4-7] 참조). 석재패널-꽃음축 연결부의 공칭전단강도는 「콘크리트 구조설계기준」 부록 II. 콘크리트 앵커기준의 전단을 받는 앵커의 콘크리트 파괴강도식에 의한  $V_{cb}$  이상이 요구된다.

- 2) 실험체는 석재패널과 꽃음축으로 구성되며, 꽃음축은 실험 지점과 연결된다. 실험체는 실제 석공사에서 사용되는 방법과 재료로 동일하게 제작되어야 한다.
- 3) 석재패널의 너비는 300 mm, 길이는 석재패널 두께의 8배~10배를 사용하여야 한다.
- 4) 하중가력점은 꽃음축 삽입부에서 최소 석재 두께 이상 거리를 두어야 하나, 가능한 작도록 하여야 한다. 실험체에 힘이 작용하지 않고 직접인장만이 작용되도록 적절한 장치(윤활 처리된 볼지그 또는 관절지그)를 사용하여 하중이 가해져야 한다.
- 5) 실험하중은 석재패널면과 수직한 방향으로 가력한다. 실험 하중은 지속적으로 증가시켜서 파괴될 까지 가한다. 실험하중과 파괴모드가 관측·기록되어야 하며, 석재패널과 꽃음축의 각 조합마다 5개의 실험을 수행하여야 한다. 석재패널-꽃음축 연결부의 공칭전단강도는 실험강도의 평균값을 사용한다.



[그림 4-7] 석재패널-꽃음축 접합부 시험

## 4.5.2 연결철물 실험

- 1) 외부치장 석재를 지지하는 연결철물의 구성이 「LH 전문시방서」 ‘45030 석재 벽설치’를 따를 경우, L형 고정앵글, 조정판 및 꽃음축의 시험은 KS D 3698를 따르며, 시험 결과 STS 304로 분류된 재료를 사용하여야 한다.
- 2) 근각볼트와 데파볼트의 시험방법은 KS B 0802을 따르며, 시험편은 KS B 0801의 5호 시험편을 사용한다. 근각볼트의 항복강도는 325 MPa 이상이어야 하며, 데파볼트의 항복강도는 205 MPa 이상이어야 한다.
- 3) 외부치장 석재를 지지하는 연결철물의 구성이 「LH 전문시방서」 ‘45030 석재 벽설치’와 상이할 경우, 각 개별요소의 성능이 4.3 일반설계에서 요구되는 강도 이상의 구조성능을 가지고 있음을 검증해야 한다. 성능검증에 대한 절차와 방법은 LH의 승인하에 이루어져야 한다.

1) 냉간 압연 스테인리스 강판 및 강대(KS D 3698) 규격 중 STS 304는 항복강도 205 MPa, 인장강도 520 MPa 이상 등의 기계적 성질을 만족하여야 하며, 부식시험을 통해 연결철물의 부식방지를 위한 화학적 성능을 만족하여야 한다.



[L형 고정앵글]

[조정판]

[꽃음축]



[근각볼트]

[데파볼트]

[그림 4-8] 연결철물의 구성



[말굽형]

[KOFAC형]

[원통형]

[환봉형]

[그림 4-9] 지지대의 종류

## 5. 콘크리트 벽돌벽 내진설계

### 5.1 일반사항

- 1) 이 장은 콘크리트 벽돌이 사용된 비구조 조적벽이 면외방향으로 지진하중을 받을 경우 전도를 방지하기 위한 내진설계절차를 다룬다.
- 2) 콘크리트 벽돌벽은 “5.3 일반설계”의 조건을 만족시키도록 합리적인 구조계산 또는 실험결과에 근거하여 설계하거나 “5.4 사양설계”에 규정된 방식을 따라 설계할 수 있다.
- 3) 일반설계와 사양설계 모두 “5.2 설계 요구사항”은 원칙적으로 해석이나 실험에 의하여 별도로 입증되지 않는 한 만족하여야 하며, 실험절차 등과 관련된 사항은 “5.5 조적 및 연결철물의 실험절차”를 참조할 수 있다.
- 4) “5.3 일반설계”와 “5.4 사양설계” 조항은 필요한 경우 서로 혼합하여 적용할 수 있다.

### 5.2 설계 요구사항

- 1) 콘크리트 벽돌벽이 손상시 피난경로 확보에 지장을 주는 경우에는 중요도계수  $I_p$ 는 1.5를 적용하여야 한다.
- 2) 콘크리트 벽돌벽의 두께는 최소 90 mm 이상 또는  $0.035 \cdot h$  ( $h$  = 조적벽 높이)를 확보해야 한다. 이때 조적벽의 두께는 미장마감의 두께를 제외한 조적벽 두께를 의미한다. 단, 공공장소 또는 비상구는 120 mm 이상이어야 한다.
- 3) 높이 1.8 m 이상의 내벽은 벽면에 직각방향으로 작용하는 0.25 kPa 이상의 등분포 활하중을 고려하여 설계하여야 한다.

5. 관련 건축구조기준  
조항은 “KDS 41 17 00 :  
2019 건축물 내진설계기준  
13.4 조적구조의 고려사항 -  
비구조 조적벽체”와 “KDS  
41 17 00 : 2019 건축물  
내진설계기준 18.3.3.  
칸막이벽 ”이 있다.

원칙적으로 “KDS 41 17 00  
: 2019 건축물 내진설계기준  
18.3.3. 칸막이벽 ”의 조항에  
따라 조적채움벽이  
RC모멘트골조로부터  
이격되지 않아  
구조요소로서의 역할을 하는  
경우에는 채움벽의 영향을  
구조해석에서 고려하여야  
한다. 이 조항의 취지는  
채움벽이 주변의 구조  
부재의 구조안전성에 끼칠  
수 있는 부정적인 영향을  
고려하여야 한다는 것이다.  
따라서, 책임구조기술자의  
판단에 따라 이격되지 않은  
비구조 조적벽에 의해 주변  
RC골조 부재의 조기 파괴가  
예상된다면 적절한 상세를  
통해 RC골조로부터  
이격시키거나 RC골조 부재의  
연성을 높일 수 있는 상세를  
적용하는 등의 조치를  
취하여야 한다.

2) “KDS 41 17 00 : 2019  
건축물 내진설계기준 13.4.1  
최소두께”

3) “KDS 41 10 15 : 2019  
건축구조기준 설계하중 3.7.2.  
내벽 횡하중”에 따라  
건축물 내부에 설치되는  
높이 1.8m 이상의 각종  
내벽은 벽면에 직각방향으로  
작용하는 0.25 kPa 상의  
등분포하중에 대하여  
안전하도록 설계하여야 한다.

- 4) 콘크리트 벽돌벽의 측면 또는 상단은 건물구조체에 횡지지되어야 하며, 횡지지부재는 천장재의 횡지지부재와 별도로 설치되어야 한다. 측면 또는 상단 지지조건은 충분한 강도를 확보하여야 하며, 그 강도는 해석이나 실험에 의해 산출된 값이어야 한다. 특히 해석에 의해 계산하기 힘든 정착부 강도와 같은 경우는 실험을 바탕으로 제시된 강도를 사용하여야 한다.
- 5) 조적벽 줄눈에 매립되는 연결철물은 줄눈보강근에 연결되거나, 그 주위로 갈고리정착 되거나, 혹은 다른 적절한 방법 등을 통해 연결철물의 뺨힘파괴를 억제하는 상세를 적용하여야 한다. 연결철물은 LH 시방서 41510 벽돌공사의 2.3.2의 규정을 따르며 “5.3 일반설계” 또는 “5.4 사양설계”의 해당 조항을 추가적으로 만족하여야 한다. 뺨힘파괴 억제 상세는 “3.4 사양설계” 관련 항목을 참조할 수 있다.
- 6) 조적개체의 압축강도는 8 MPa 이상이어야 한다. 단, KS F 4004에 따른 콘크리트 1종 벽돌, 2종 벽돌 또는 동등 수준 이상의 규격을 적용하는 경우 이 압축강도를 만족하는 것으로 간주한다.
- 7) 일반적인 조적벽 및 미장마감의 단위무게는 20 kN/m<sup>2</sup> 를 적용할 수 있다.
- 8) 줄눈 모르타르의 28일 기준 압축강도는 11 MPa 이상이어야 한다. KS L 5220에 따른 조적용 모르타르 또는 동등 수준 이상의 규격을 적용하는 경우 이 압축강도를 만족하는 것으로 간주한다.
- 9) 조적벽의 조적쌓기는 막힌줄눈 쌓기를 적용하여야 한다. 막힌줄눈 쌓기는 수직으로 인접한 조적개체들이 조적개체 길이의 1/4 이상 어긋나도록 쌓는 것을 의미한다. 단, 개구부나 단부 처리를 위한 일부 조적개체가 1/4 이상 어긋나지 않는 경우는 허용된다.
- 10) 가로줄눈과 세로줄눈은 밀실하게 시공되어야 하며, 가로줄눈의 두께는 가로줄눈에 설치되는 연결철물 두께의 두배 이상이어야 한다.
- 11) 내진설계에서 미장의 영향이 고려되는 경우, 미장 모르타르의 28일 기준 압축강도는 10 MPa 이상이어야 하며, 바름두께는 LH 시방서 42010을 따른다. 단, KS L 5220에 따른 일반 미장용 모르타르 또는 동등 수준 이상의 규격을 적용하는 경우 이 압축강도를 만족하는 것으로 간주한다.
- 12) 벽체에 개구부가 있는 경우 개구부 각 변의 길이가 200 mm 이내이며, 개구부 면적이 임의의 벽체 면적 1 m<sup>2</sup> 에서 0.1 m<sup>2</sup> 이내일 경우 개구부를 무시하고 벽체를 설계할 수 있다. 단, 각 개구부 간의 수평 또는 수직 거리는 200 mm 이상이어야 하며, 개구부는 단부로부터 200 mm 이상 이격되어야 한다.

6) KS F 4004:2013(2018 확인)에 따른 1종 벽돌과 2종 벽돌의 압축강도는 각각 13 MPa 이상, 8 MPa 이상이다.

8) KS L 5220:2018에 따른 조적용 모르타르의 압축강도는 11 MPa 이상이다.

9) 건축구조기준에서는 통줄눈 쌓기(not laid in running bond)만을 정의하고 있으며 통줄눈 쌓기가 아닌 경우는 통상 막힌줄눈 쌓기(running bond)로 통용된다.

9) 전기배선 등의 작업 공간으로 인해 통줄눈 쌓기가 발생하는 경우에는 해당 위치를 개구부로 간주하여 설계를 수행할 수 있다.

11) KS L 5220:2018에 따른 일반 미장용 모르타르의 압축강도는 10 MPa 이상이다.

11) 미장 바름두께는 LH 시방서 42010에서 내벽 15 mm, 외벽 18 mm 를 요구하고 있다. 참고로, 건축공사 표준시방서 KCS 41 46 02 : 2016 시멘트 모르타르 바름 표 3.3-2 에서는 내벽 18 mm, 바깥벽 24 mm 를 표준으로 하되 재벌두께를 정별로 하여 재벌을 생략할 수 있다고 부연하고 있다.

이 때 개구부 면적 제한의 의미는 평균적으로 벽체 1 m<sup>2</sup> 에서 0.1 m<sup>2</sup> 이하가 아닌, 임의로 설정한 어떠한 1 m<sup>2</sup> 벽체 부분에서도 개구부가 0.1 m<sup>2</sup> 이내이어야 한다는 것을 의미한다.

### 5.3 일반설계

#### 5.3.1 설계원칙

- 1) 주어진 지진하중에 대하여 콘크리트 벽돌벽, 지지구조체, 그리고 이들을 연결하는 연결철물에 작용하는 하중은 합리적인 역학원리에 따라 계산되고 검토되어야 한다. 이때 조적벽체는 면외방향 안전성을 고려하여 검토되어야 한다.
- 2) 콘크리트 벽돌벽의 내진설계 시 검토되어야 하는 사항은 콘크리트 벽돌벽의 면외방향 휨모멘트강도, 지지구조체와의 연결부에서의 전단강도(또는 전단강도와 휨강도)를 검토하여야 한다.
- 3) 지지 조건으로 연결철물을 적용할 경우 연결철물의 강도는 연결철물의 지지구조체와의 정착부 강도, 연결철물 자체의 강도, 그리고 조적벽과의 연결부 강도를 포함하며, 실험결과를 바탕으로 강도를 산정하여야 한다.
- 4) 5.2의 요구사항 만족하는 조적개체 및 모르타르가 사용된 조적벽의 면외방향 휨인장강도는 [표 5-1]의 값을 적용할 수 있다.

[표 5-1] 조적벽의 면외방향 휨인장강도의 기본값

휨균열 방향	미장 유무	휨인장강도 (MPa)	
수평줄눈 방향	없음	0.35 MPa	단, 면내 방향으로 인접한 기둥 또는 구조벽체로부터 충분히 이격되지 않은 경우에는 강도를 50% 저감시켜 적용
	있음	0.90 MPa	
수직줄눈 방향	없음	0.70 MPa	
	있음	1.00 MPa	

- 5) 조적벽체는 면외방향 전도에 대해 안전하기 위해서는 [식 5-1]을 만족하여야 한다.

$$\phi M_n \geq M_u \quad \text{[식 5-1]}$$

여기서,

5.3 일반설계는 “Eurocode 6 - Design of masonry structures, 2006” 을 바탕으로 작성되었다.

2) 5.3.2와 5.3.3은 면외방향 소요 휨모멘트 계산, 5.3.4는 벽체 단부의 소요 전단력 계산에 대한 내용을 포함하고 있다.

2) 책임구조기술자의 판단에 따라 필요시에는 연결철물의 강도 뿐만 아니라 연결철물의 강성도 고려되어야 한다.

[표 5-1]의 휨인장강도는 콘크리트 벽돌의 (현장에서 시멘트 벽돌로 통용됨) 실험을 바탕으로 작성되었다. 한 측면에만 미장이 시공되는 조적벽체의 경우 하중방향에 따라 벽체의 휨인장강도가 달라지므로 이를 고려하여 휨인장강도를 적용하여야 한다.

[식 5-1]은 휨모멘트 개념으로 작성되어 있으나, 휨모멘트를 휨인장응력으로 대체하여 적용할 수 있다.

강도저감계수  $\phi$ 는 0.6을 적용한다. 공칭휨모멘트강도  $M_n$ 는 6)에 따라 산정할 수 있으며, 계수휨모멘트  $M_u$ 는 7), 8) 또는 9)에 따라 산정할 수 있다.

- 6) 콘크리트 벽돌벽의 공칭휨모멘트강도  $M_n$ 는 휨인장강도와 조적벽체의 단면계수의 곱으로 산정한다.

$$M_n = f_{mk} S \quad [\text{식 5-2}]$$

여기서,

$f_{mk}$  : 조적벽체의 휨인장강도 ([표 5-1] 참조)

$S$  : 조적벽체의 탄성단면계수. 단, 단면계수 산정시 조적의 두께  $t$ 는 조적개체 두께에 미장마감 두께의 60%를 더한 값으로 할 수 있으며, 현장시공 시 벽체의 중간 높이에서 벽체 전체 길이에 걸쳐 0.6 m 간격으로 검사하여 규정된 두께를 만족함을 확인할 경우 100%를 반영할 수 있다.

- 7) 콘크리트 벽돌벽이 측면에 조적벽 지지를 위한 충분한 연결철물이 사용되는 경우, 계수휨모멘트  $M_u$ 는 다음 식으로 산정한다.

$$\text{수평줄눈방향 균열 시 } M_{u1} = \mu \alpha \omega_u l^2 \quad [\text{식 5-3}]$$

$$\text{수직줄눈방향 균열 시 } M_{u2} = \alpha \omega_u l^2 \quad [\text{식 5-4}]$$

여기서,

$\omega_u$  : 단위면적당 등분포 계수 횡하중 단, 계수횡하중에 포함되는 지진하중 산정 시에는 미장의 질량을 고려한다.

$l$  : 조적벽체의 수평방향 길이

$\alpha$  : 최대휨모멘트계수, 조적벽 단부의 지지조건에 따라 5.3.2(벽체에 개구부가 없는 경우) 또는 5.3.3(벽체에 개구부가 있는 경우)를 참조하여 산정

$\mu$  : 조적벽체의 수평줄눈방향 휨균열에 대한 휨인장강도를 수직줄눈방향 휨균열에 대한 휨인장 강도로 나눈 값. 실험결과가 없는 경우 [표 5-1]에 따라 미장 있는 면이 인장을 받는 경우 0.9, 나머지의 경우 0.5를 적용할 수 있다.

- 8) 콘크리트 벽돌벽의 측면에 조적벽 지지를 위한 충분한 연결철물이 사용되지 않는 경우, 조적벽체의 작용모멘트는 상부의 지지조건에 따라 양단 단순지지벽 혹은 캔틸레버 벽으로 가정하여 산정한다.

- 9) 바닥면과 밀실하게 모르타르로 채워진 조적벽체의 하단부는 단순지지로 볼 수 있다. 측면단부가 연결철물을 이용하여 지지 구조체에 적절하게 연결되는

[식 5-2]는 조적벽체의 자중을 무시한 수식이나 필요한 경우 고려되는 지점상부의 조적의 무게에 의한 조합응력을 고려할 수 있다.



경우에는 측면단부도 단순지지로 볼 수 있다.

- 10) 측면 단부에 직각으로 교차하는 조적벽체가 있는 경우, 교차하는 벽체와의 연결부에서 조적개체면적의 50%가 교차조적된 경우(단 조적개체면적의 50%를 이루는 각 변의 길이는 75 mm 이상) 고정단으로 볼 수 있으며 그렇지 않은 경우 단순지지로 본다. 이 때 교차하는 벽체는 별도로 구조안전성이 검토되어야 한다.
- 11) 벽체 상단부에서 앵글, 앵커 등을 이용해 면외하중에 의한 전단력을 충분히 지지할 수 있는 경우 상단부도 단순지지로 볼 수 있다. 이 때 앵글, 앵커 등은 별도로 구조안전성이 검토되어야 한다.
- 12) 조적벽의 형상이 불규칙적이거나 큰 개구부가 있을 경우 해당 벽체에 대한 작용모멘트는 이방성을 고려한 유한요소해석이나 항복선 해석과 같은 휨모멘트 해석법을 사용하여 산정할 수 있다.

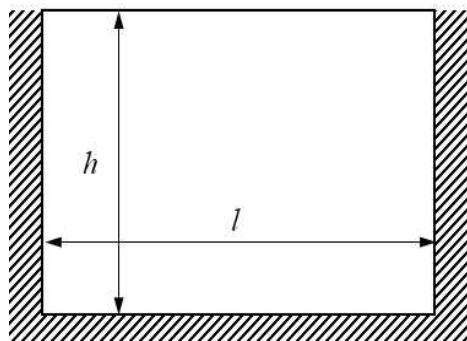
10) 교차조적은 들어쌓기를 의미한다. 교차벽과의 모서리 연결부를 고정단으로 보기 위해서는 교차벽의 충분한 지지강도가 확보되어야 한다. 조적개체는 모르타르 줄눈을 고려한 치수인 공칭치수와 (예: 100x200) 순수 조적개체 치수인 기준치수가 (예: 90x190) 있다. 이 조항은 공칭치수 개념이므로 교차면적 계산을 위한 변의 길이 산정 시, 모르타르 줄눈에 따른 공칭치수와 기준치수의 차이 부족은 (예: 10 mm) 허용된다.

### 5.3.2 개구부가 없는 벽체의 최대휨모멘트계수 $\alpha$

- 1) 이 절은 개구부가 없고 3변지지되거나 4변지지된 경우의 벽체에 적용할 수 있다.
- 2) 3변지지 중 상단이 자유단이고 조적벽의 좌, 우변과 하단부가 단순지지인 경우 최대휨모멘트계수  $\alpha$ 는 휨강도비에 따라 [식 5-5] 혹은 [식 5-6]에 따라 산정한다. 3변지지 중 좌, 우측 한변이 고정단이거나 양변 모두 고정단일 경우 [식 5-5] 혹은 [식 5-6]에 따라 산정된 값에 [표 5-2]의 단부 지지조건에 따른 수정계수를 곱하여 최대휨모멘트계수  $\alpha$ 를 산정할 수 있다.

1) 상단 지지부는 앵글이나 채널과 앵커 등을 이용한 상세를 적용할 수 있다. 단, 앵글, 채널 및 앵커 등에 대해 별도로 구조안전성이 검토되어야 한다.

5.3.2에서 계산되는  $\alpha$ 는 5.3.1의 [식 5-3], [식 5-4]에 활용한다.



[그림 5-1] 3변지지의 개념도

$$\mu = 0.5 \begin{cases} \alpha = -0.101(h/l)^2 + 0.1596(h/l) + 0.002 & (h/l \leq 0.5) \\ \alpha = -0.0234(h/l)^2 + 0.0841(h/l) + 0.025 & (h/l > 0.5) \end{cases}$$

[식 5-5]

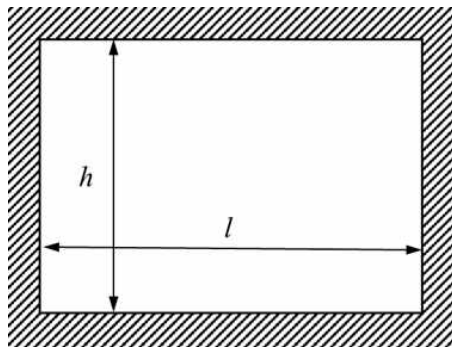
$$\mu = 0.9 \begin{cases} \alpha = -0.0584(h/l)^2 + 0.1207(h/l) + 0.002 & (h/l \leq 0.65) \\ \alpha = -0.0202(h/l)^2 + 0.0802(h/l) + 0.013 & (h/l > 0.65) \end{cases}$$

[식 5-6]

[표 5-2] 3변 지지조건에 따른 최대휨모멘트 수정계수

	측면과 하단 중 3변 단순지지	좌,우 측면 중 한변 고정단	양측면 고정단
[식 5-5] $h/l$ 0.5 이하 [식 5-6] $h/l$ 0.65 이하	1.0	0.8	0.65
[식 5-5] $h/l$ 0.5 초과 [식 5-5] $h/l$ 0.65 초과	1.0	0.75	0.6

- 3) 4변지지 중 4변이 모두 단순지지된 경우 최대휨모멘트계수  $\alpha$ 는 휨강도비에 따라 [식 5-7] 혹은 [식 5-8]에 따라 산정할 수 있다. 4변지지 중 그밖의 지지조건에 대해서는 [식 5-7] 혹은 [식 5-8]에 따라 산정된 값에 [표 5-3]의 단부 지지조건에 따른 수정계수를 곱하여 최대모멘트계수  $\alpha$ 를 산정할 수 있다.



[그림 5-2] 4변지지의 개념도

$$\mu = 0.5: \alpha = -0.0211(h/l)^2 + 0.0878(h/l) - 0.009 \quad \text{[식 5-7]}$$

$$\mu = 0.9: \alpha = -0.0128(h/l)^2 + 0.0677(h/l) - 0.01 \quad \text{[식 5-8]}$$

[표 5-3] 4변 지지조건에 따른 최대휨모멘트 수정계수

단부 지지조건	벽체 높이-길이 비	
	$h/l \leq 1.0$	$h/l > 1.0$
4변이 단순지지	1.0	1.0
좌, 우 한변이 고정단	0.935	0.81
양측면이 고정단	0.88	0.67
상단이 고정단	0.85	0.90

### 5.3.3 개구부가 있는 벽체의 최대휨모멘트계수 $\alpha$

- 1) 이 절은 개구부가 있고 3변지지되거나 4변지지된 경우의 벽체에 적용하며, 개구부의 영향을 고려하여 수정된 고정도계수를 사용하여 최대휨모멘트계수  $\alpha$ 를 산정한다.
- 2) 5.2의 12)에 따른 면적제한을 초과하는 개구부는 개수가 1개 이하이며, 그 개구부로부터 인접 구조부재까지의 거리가 벽체 높이의 1/5 이상인 경우로 한해 이 절을 적용할 수 있다.
- 3) 개구부의 영향을 고려하여 수정된 고정도계수는 [식 5-9]와 [식 5-10]에 따라 산정한다.

5.3.3에서 계산되는  $\alpha$ 는 5.3.1의 [식 5-3], [식 5-4] 계산식에 활용

2)의 조건을 만족하지 못하는 경우에는 유한요소해석과 같은 일반적인 구조해석을 통해 최대휨모멘트를 산정할 수 있다.

$$\text{측면지지의 고정도: } \phi_l'(\phi_r') = \phi_l(\phi_r) - \frac{h_{op}}{h}$$

[식 5-9]

$$\text{상하단지지의 고정도: } \phi_b'(\phi_t') = \phi_b(\phi_t) - \frac{l_{op}}{l}$$

[식 5-10]

여기서,

$h_{op}$ : 개구부의 높이

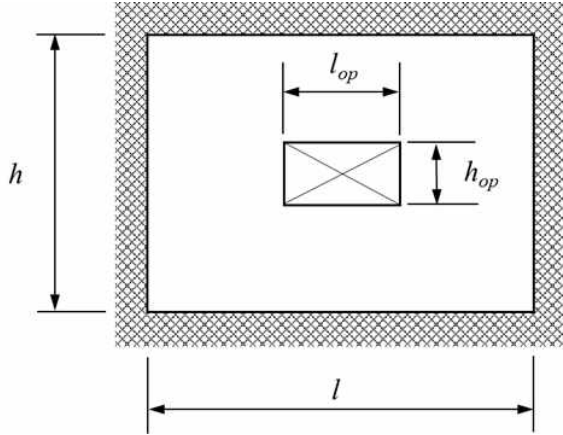
$h$ : 조적벽의 높이

$l_{op}$ : 개구부의 길이

$l$ : 조적벽의 길이

$\phi_l(\phi_r)$ : 좌측면(우측면) 지지부의 수정전 고정도 (단순지지일 경우 0, 고정단일 경우 1, 자유단의 경우 -1)

$\phi_b(\phi_t)$ : 하단부(상단부)의 수정전 고정도 (단순지지일 경우 0, 고정단일 경우 1, 자유단의 경우 -1)



[그림 5-3] 벽체 크기와 개구부의 크기 개념도

- 4) 4변지지일 경우 [식 5-11]을 사용하여 최대휨모멘트 계수  $\alpha$ 를 산정한다.

$$\alpha = \frac{a_r b_r}{8 \left( 1 + \frac{b_r}{a_r} + \frac{a_r}{b_r} \right)} \quad [\text{식 5-11}]$$

여기서,

$$a_r = \frac{2}{Y_{bt}}$$

$$b_r = \frac{2}{Y_{lr}}$$

$$Y_{bt} = (\sqrt{1 + \phi_b'} + \sqrt{1 + \phi_t'}) / R$$

$$Y_{lr} = \sqrt{1 + \phi_l'} + \sqrt{1 + \phi_r'}$$

$$R = \frac{h/l}{\sqrt{\mu}}$$

$\phi_b', \phi_t', \phi_l', \phi_r'$  : 각각 하단부, 상단부, 좌측, 우측 지지부의 고정도

- 5) 상단이 자유단인 3변지지 벽체의 경우 [식 5-12]와 [식 5-13] 중 더 큰 값을 최대휨모멘트계수  $\alpha$ 로 한다.

$$\alpha = \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{Y_{b3}^2 / Y^2 - 1} \quad [\text{식 5-12}]$$

$$\alpha = \frac{1}{6 Y_{lr}^2} \cdot \left( \sqrt{\frac{Y_b^2}{Y_{lr}^2} + 3} - \frac{Y_b}{Y_{lr}} \right)^2 \quad [\text{식 5-13}]$$

여기서,

$$Y_{b3} = (\sqrt{3 + \phi_b})/R$$

$$Y_b = (\sqrt{1 + \phi_b})/R$$

$$Y = \sqrt{\left(\frac{Y_{lr}}{Y_{b3}}\right)^2 + 3} - \frac{Y_{lr}}{Y_{b3}}$$

- 6) 측면중 하나가 자유단인 3변지지 벽체의 경우 [식 5-14]와 [식 5-15] 중 중 더 큰 값을 최대모멘트계수  $\alpha$ 로 한다.

$$\alpha = \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{Y_{l3}^2 / Y^2 - 1} \quad [\text{식 5-14}]$$

$$\alpha = \frac{1}{6 Y_{bt}^2} \cdot \left( \sqrt{\frac{Y_l^2}{Y_{bt}^2} + 3} - \frac{Y_l}{Y_{bt}} \right)^2 \quad [\text{식 5-15}]$$

여기서,

$$Y_l = \sqrt{1 + \phi_l}$$

$$Y_{l3} = \sqrt{3 + \phi_l}$$

$$Y = \sqrt{\left(\frac{Y_{bt}}{Y_{l3}}\right)^2 + 3} - \frac{Y_{bt}}{Y_{l3}}$$

### 5.3.4 벽체 단부 안전성 검토

- 1) 콘크리트 벽돌벽은 5.3.2 혹은 5.3.3에 의한 중앙부 휨모멘트에 대한 안전성뿐 아니라 단부에서 발생하는 전단력에 대해 안전하도록 설계되어야 한다.
- 2) 벽체 단부에서 발생하는 전단력은 이방성을 고려한 유한요소해석 혹은 항복선이론에 균열선의 면적과 단위면적당 지진하중의 곱으로 산정할 수 있다. 개구부가 없는 벽체의 항복선이론에 균열선의 형태는 [그림 5-4]와 같다. 여기서 단부 전단력 산정을 위한 대각선의 각도는 45도를 적용할 수 있다.
- 3) 단부에 설치되는 연결철물 혹은 앵글 등은 발생하는 전단력을 지지할 수 있도록 배치되어야 한다.
- 4) 상단이 자유단인 벽체에 작용하는 지진하중이 길이가 짧은 측면 단부의 교차벽체를 통해 인접골조로 전달되는 경우, 교차벽체와 인접골조 사이의 연결철물 인장파괴로 인해 벽체 전도가 발생하지 않도록 검토되어야 한다. 단, 교차벽체의 길이가 [식 5-16]을 만족하는 경우 연결철물의 인장파괴를 검토할 필요는 없다.

5.3.4 벽체 단부에서 발생하는 전단력은 벽체와 인접구조체사이의 마찰 혹은 연결철물로 지지된다. 인접구조체와의 마찰은 지진하중 발생 시 벽체의 거동에 의해 손실될 가능성이 크므로 단부 전단력 검토시에는 연결철물만에 의한 저항력을 고려하는 것이 합리적이다.

연결철물의 전단강도는 3.5.2.2와 같은 부착실험을 통해 산정될 수 있다. 이번 연구에서 직접적인 전단강도 실험을 수행하지는 못했지만 외부치장 점토벽돌벽에서의 연결철물 인장강도 실험으로부터 공칭강도 기준 1.2 kN 정도로 추정된다. 이때 연결철물은 LH 시방서 41510 벽돌공사의 2.3.2의 요구조건을 모두 만족하여야 한다.

3변지지 형상비 0.5이하	
3변지지 형상비 0.5이상	
4변지지	

상단앵글의 전단강도는 5.5.2에 제시된 실험절차를 통하거나 일반적인 해석 등을 통해 산정할 수 있다.

[그림 5-4] 지지조건별 전단력 배분

## 5.4 사양설계

아래의 조건을 모두 만족하는 콘크리트 벽돌벽은 이 절의 조항을 사용하여 설계할 수 있다. 콘크리트 벽돌벽의 사양설계 중 4변이 단순지지인 일반적인 경우에 대한 기본 상세 개념도는 [그림 5-5] 및 [그림 5-6]에 나타난다.

- 1) 콘크리트 벽돌벽의 사양설계는 지상층에 설치되는 경우에 한정된다.
- 2) 사양설계를 적용하기 위해서는 조적벽체의 두께는 90 mm 이상 190 mm 이하이어야 한다. 이때 조적벽체의 두께는 미장마감의 두께를 제외한 조적벽 두께를 의미한다.
- 3) 벽체의 휨인장을 검토하는 방향, 즉 벽체의 쓰러짐을 방지하려는 방향면에는 미장마감을 시공하여야 한다.
- 4) 조적벽체를 쌓기 위한 조적개체는 속찬 단위조적개체를 사용하여야 한다.
- 5) 사용하중 기준으로 벽체에 수직으로 작용하는 압축하중은 3.0 kN/m 이하이어야 한다. 단, 조적벽 자중은 압축하중 계산에 포함되지 않는다.
- 6) 지지 구조체는 철근콘크리트 구조시스템 또는 철골 구조시스템이어야 한다.
- 7) 개구부가 없는 조적벽체의 높이와 두께의 비 ( $h/t$ )

5.4. 사양설계 규정은 “TMS 402/602-16 14.2

Prescriptive design of partition walls”의 일반 조항들을 참조하였으며, 실험 및 분석에 의해 검토된 연구결과를 고려하여 작성되었다.

사양설계 수치들은 대피경로상에 위치한 중량조적칸막이벽을 대상으로 중요도계수  $I_p = 1.5$ 를 적용하여 산출되었으며, 건축구조기준에서 요구하는 등분포 활하중 0.25 kPa도 고려되었다.

1) 사양설계는 비구조요소에 대한 지진하중이 가장 작은 지상층(1층) 기준으로 작성되었으나, 지하층은 지상층(1층)보다 지진하중이 크지 않으므로 지하층에 대해서도 적용가능하다.

및 길이와 두께의 비( $l/t$ )는 상부와 측면의 지지조건에 따라 [표 5-5]와 [표 5-6]에 규정된 값을 초과할 수 없다. 측면의 지지조건은 [표 5-4]와 같이 분류한다.

- 8) 개구부가 있는 조적벽체의 높이와 두께의 비 ( $h/t$ ) 및 길이와 두께의 비( $l/t$ )는 상부와 측면의 지지조건에 따라 [표 5-7]과 [표 5-8]에 규정된 값을 초과할 수 없다. 이 때 5.2의 12)에 따른 면적제한을 초과하는 개구부는 개수가 1개 이하이어야 하며, 벽체 높이에 대한 개구부 높이의 비 및 벽체 길이에 대한 개구부 길이의 비는 0.5 이하이어야 하고, 개구부는 지지부로부터 벽체 높이의 1/5 이상 이격되어야 한다. 이를 만족하지 못할 경우 일반설계 절차를 통해 설계한다. 측면의 지지조건은 [표 5-4]와 같이 분류한다.
- 9) 조적벽 두께( $t$ )에 대한 높이( $h$ ) 및 길이( $l$ ) 제한비 검토 시 조적의 두께  $t$ 는 조적개체 두께에 미장마감 두께의 60%를 더한 값으로 할 수 있다. 단, 현장시공 시 벽체의 중간 높이에서 벽체 전체 길이에 걸쳐 0.6 m 간격으로 검사하여 규정된 두께를 만족함을 확인할 경우 미장마감 두께는 100% 반영할 수 있다.
- 10) 조적벽체의 측면에서는 LH 시방서 41510에 따라 400 mm 이하 간격으로 연결철물을 설치하는 경우 구조안전이 확보된 측면 단순지지로 볼 수 있다. 벽체의 상단부에서는 개당 2.4 kN의 공칭전단강도를 가지는 상세를 400 mm 이하의 간격으로 사용할 경우 상부를 구조안전이 확보된 단순지지로 볼 수 있다.
- 11) 상단이 자유단인 벽체가 [표 5-4]의 Case 4-6과 같이 교차하는 벽에 의해 지지되는 경우 교차벽의 길이는 [식 5-16]에 의한 길이 조건을 만족시켜야 한다. 또한 교차벽과의 연결부는 5.3.1의 10)을 만족해야 한다.

$$b_w \geq \sqrt{0.16 b_f h} \quad \text{[식 5-16]}$$

여기서,

$b_w$  : 검토 대상 벽체의 길이

$b_f$  : 단부 교차 벽체의 길이

$h$  : 벽체의 높이, 검토 대상 벽체와 교차벽체 높이는 동일

3) 사양설계에 의한  $l/t$  혹은  $h/t$  제한 범위 작성 시 벽체의 쓰러짐을 방지하려는 면에 미장마감이 있는 경우를 가정하여 휨인장강도를 적용하였다. 반드시 양면미장을 요구하지 않은 것은 공동주택에서 한쪽면은 대피경로이고 한쪽면은 파이프 설비 공간인 경우 대피경로 방향으로 쓰러지는 것은 방지되고 파이프 설비공간 방향으로 쓰러지는 것은 허용하는 경우를 반영하기 위함이다.

4) 속찬 조적개체 : 최소 순단면적이 전단면적의 75%보다 이상인 조적개체

7), 8) 사양설계표의  $t/l$ ,  $h/t$  제한값은 구조체로부터 면내하중이 전달로 인한 면내변형에 의한 손상 발생 가능성을 고려하여, 면외 휨균열 강도를 50%로 감소하여 적용하였다.

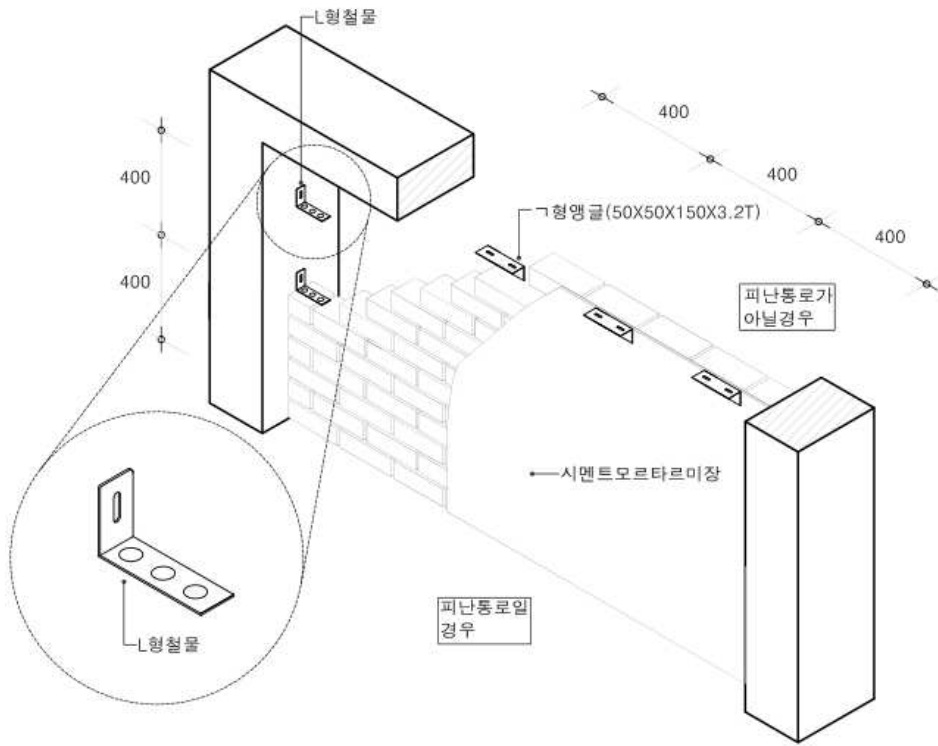
10) 상단지지부의 요구강도 2.4 kN은 L-50x50x150x3.2 (SHN 275 이상), 셋앙카 2-M6 이상(설치 깊이 33 mm 이상)이 적용되는 경우 만족하는 경우 만족하는 것으로 간주할 수 있다.

11) 실제 조적벽체 시공 시에는 설계자가 인지하지 못하는 위치에서 조적벽체를 수직으로 관통하는 배관들이 설치될 가능성이 높다. 이러한 경우에는 조적벽체가 좌우에서 지지되지 못하고 상하단에서 지지되어야 한다. 그러므로 좌우에서 지지되는 이 조건을 사용하기

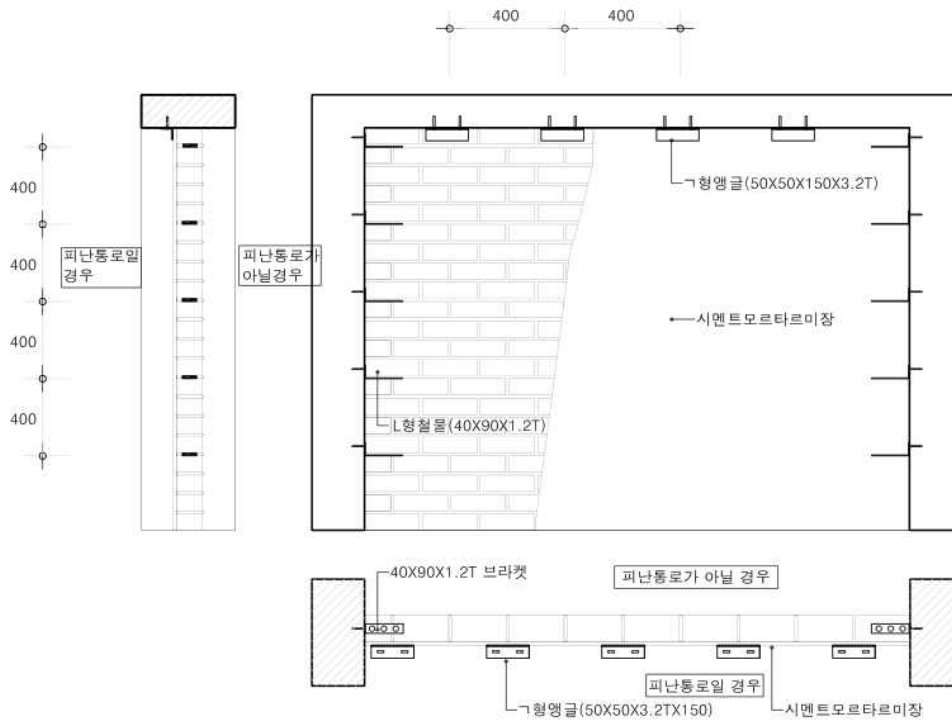
위해서는 구조기술자의  
계산에 따른 확인 뿐만  
아니라 시공 조건에 대한  
주의깊은 확인이 반드시  
필요하다.

따라서 특별한 경우가  
아니라면 일반적인 시공  
현실을 고려하여 상단을  
단순지지로 설계를 진행하는  
것이 바람직하다.



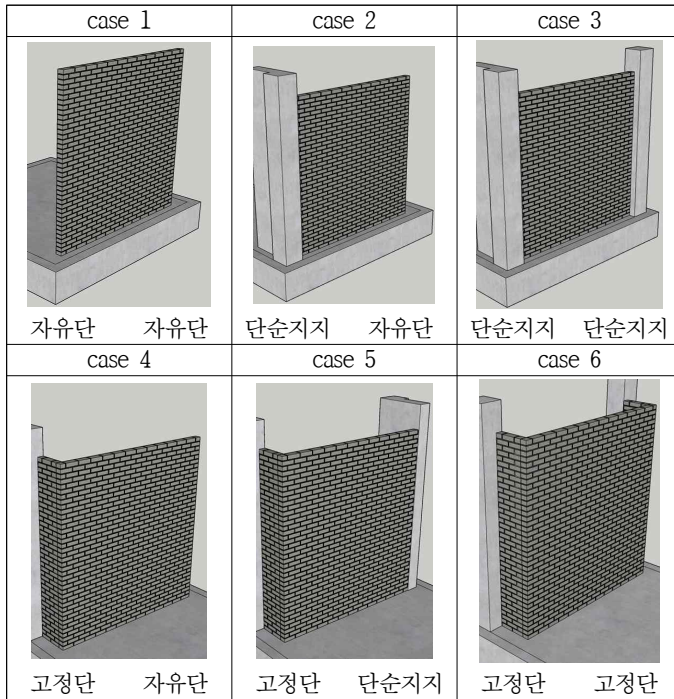


[그림 5-5] 4변이 단순지지인 일반적인 경우에 대한 기본 상세 개념도, 3D



[그림 5-6] 4변이 단순지지인 일반적인 경우에 대한 기본 상세 개념도

[표 5-4] 조적벽의 측면지지 조건 개념도



[표 5-5] 개구부가 없으며 상부 지지조건이 자유단인 조적벽의 l/t 및 h/t 제한값

지반조건	상단 상태	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6
S1	자유단	6*	6*	20	6*	28.5**	28.5**
S2	자유단	6*	6*	18	6*	28.5**	28.5**
S3	자유단	6*	6*	17	6*	28.5**	28.5**
S4	자유단	6*	6*	18	6*	28.5**	28.5**
S5	자유단	6*	6*	19	6*	28.5**	28.5**

\* 해당 제한값은 높이에 대한 제한값으로 길이방향에 대해서는 제한이 없다.  
 \*\* 비구조 조적벽체의 최소두께 규정인 0.035h를 만족시키기 위해 h/t는 28.5를 초과할 수 없다.

[표 5-6] 개구부가 없으며 상부 지지조건이 단순지지인 조적벽의 l/t 및 h/t 제한값

지반조건	상단 상태	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6
S1	단순지지	17*	25	26	28.5**	28.5**	28.5**
S2	단순지지	16*	23	24	27	28.5**	28.5**
S3	단순지지	16*	22	23	27	28.5**	28.5**
S4	단순지지	16*	23	24	28	28.5**	28.5**
S5	단순지지	16*	23	24	28	28.5**	28.5**

\* 해당 제한값은 높이에 대한 제한값으로 길이방향에 대해서는 제한이 없다.  
 \* 벽체에 면내 하중이 전달되지 않는 것이 확인된 경우 제한값을 1.4배 증가시켜 적용할 수 있다.  
 \*\* 비구조 조적벽체의 최소두께 규정인 0.035h를 만족시키기 위해 h/t는 28.5를 초과할 수 없다.

[표 5-5]부터 [표 5-8]에서 지반조건이 다양한 경우에는 해당하는 지반들에 대한 표의 값 중 가장 작은 값을 적용한다. 일반설계에서는 본 구조물의 내진설계에 적용된  $S_{D5}$  값을 동일하게 적용할 수 있다.

[표 5-5]부터 [표 5-8]의 t/l, h/t 제한값은 구조체로부터 면내하중이 전달로 인한 면내변형에 의한 손상 발생 가능성을 고려하여, 면외 휨균열 강도를 50%로 감소하여 적용하였다.

[표 5-6] 개구부가 없는 조적벽체에서 상하단과 좌우측면이 모두 구조체에 의해 지지되는 경우 (case 3) 보수적인 길이/두께비 및 높이/두께비는 23 이하이다. 따라서 기타의 조건이나 일반설계를 적용하지 않는다면 4변이 단순지지되는 (case 3) 일반적인 조적벽의 길이 및 높이는 0.5B + 1면 18 mm 미장의 경우 2320 mm [=23x(90+0.6x18)], 1.0B + 1면 18 mm 미장의 경우 4620 mm [=23x(190+0.6x18)]로 제한된다.

**[표 5-7] 개구부가 있으며 상부 지지조건이 자유단인 조적벽의 l/t 및 h/t 제한값**

지반조건	상단 상태	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6
S1	자유단	6*	6*	14	6*	27	28.5**
S2	자유단	6*	6*	13	6*	24	28.5**
S3	자유단	6*	6*	13	6*	24	28.5**
S4	자유단	6*	6*	13	6*	24	28.5**
S5	자유단	6*	6*	13	6*	25	28.5**

\* 해당 제한값은 높이에 대한 제한값으로 길이방향에 대해서는 제한이 없다.  
 \*\* 비구조 조적벽체의 최소두께 규정인 0.035h를 만족시키기 위해 h/t는 28.5를 초과할 수 없다.

**[표 5-8] 개구부가 있으며 상부 지지조건이 단순지지인 조적벽의 l/t 및 h/t 제한값**

지반조건	상단 상태	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6
S1	단순지지	-	16	19	24	28.5*	28.5*
S2	단순지지	-	14	17	21	28.5*	28.5*
S3	단순지지	-	14	17	21	28.5*	28.5*
S4	단순지지	-	14	17	21	28.5*	28.5*
S5	단순지지	-	15	17	22	28.5*	28.5*

\* 비구조 조적벽체의 최소두께 규정인 0.035h를 만족시키기 위해 h/t는 28.5를 초과할 수 없다.

[표 5-8] 개구부가 있는 조적벽체에서 상하단과 좌우측면이 모두 구조체에 의해 지지되는 경우 (case 3) 보수적인 길이/두께비 및 높이/두께비는 17 이하이다. 따라서 기타의 조건이나 일반설계를 적용하지 않는다면 4변이 단순지지되는 (case 3) 일반적인 조적벽의 길이 및 높이는 0.5B + 1면 18 mm 미장의 경우 1710 mm [=17x(90+0.6x18)], 1.0B + 1면 18 mm 미장의 경우 3410 mm [=17x(190+0.6x18)] 로 제한된다.

## 5.5 조적 및 단부 지지부의 실험절차

조적벽의 휨인장강도를 산출하기 위한 실험은 5.5.1을 따를 수 있다. 단부 지지부의 전단 강도를 실험은 5.5.2를 따를 수 있다.

### 5.5.1 조적 휨강도 실험

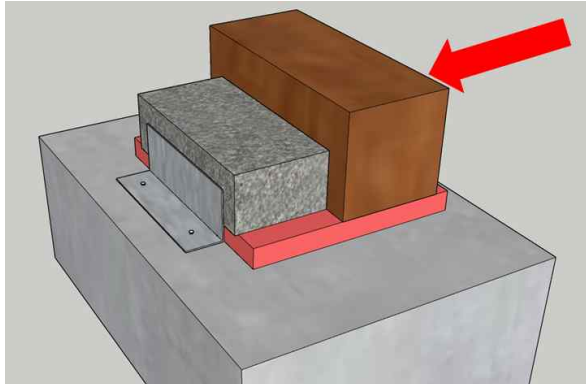
조적벽의 휨인장강도를 산출하기 위한 조적 휨강도 실험 실험은 「ASTM E518/E518M-15(2010) Standard Test Methods for Flexural Bond Strength of Masonry」를 참조하여 진행할 수 있다.

### 5.5.2 상부지지 또는 측면지지 앵글 전단강도 실험

단부지지 앵글 접합부의 전단저항능력은 실험에 근거한

5.5 실험은 대한건축학회와 같은 신뢰성 있는 관련 전문기관이나 감독원을 통한 실험계획의 검토 및 결과의 검토가 필요하며, 실험방법 및 절차 등 자세한 사항은 대한건축학회 보고서 『LH 공동주택 비구조요소 내진설계 매뉴얼』을 참고할 수 있다. 실험수행은 건설기술진흥법 제26조 또는 건설기술진흥법 제60조에 따른 품질검사 대행기관 및 KOLAS 인정기관 등 공인시험기관에서 할 수 있다.

앵커 강도와 해석을 통해 계산하거나 아래 [그림 5-7]와 같이 실제 상황을 모사한 가력실험을 통해 산정할 수 있다. 단부지지 앵글 설치시 조적과 구조체 사이에 이격이 있을 수 있으므로 실험 시에도 이를 고려하여야 한다. 벽돌과 하단면 사이에는 테프론 시트를 사용하여 마찰에 의한 영향을 최소화한다.



**[그림 5-7] 상단 앵글 고정도 실험 예시**  
(조적벽과 콘크리트 구조체 사이의 이격량 반영을 위해, 실험 시 해당 이격량 두께만큼의 판재를 조적개체 하부에 설치)



