

조적조 내력벽 구조계산에 관한 연구

A Research for Structural Design of Brick Retaining Wall

李明春/상건축사사무소 대표, 공학박사, 기술사
by Lee, Myung-Choon

1. 용도 : 다세대 및 연립주택
2. 구조개요 : 조적조, 철근콘크리트 슬라브등
3. 구조계산 : 구조안전도 계산(조적조)규칙 제22조등 준용

(가)건축물의 규모

1. 건축물의 규모와 구조개요 (지하층, 지상3층)에서

동별	층수	건축연		비고
		m ²	평	
각동	지층	82.22	24.87	옹벽 R.C.조
	1층	82.22	24.87	조적조
	2층	82.22	24.87	R.C.슬라브
	3층	82.22	24.87	및 테두리보
계		328.88	99.48	

(나)다세대 및 연립주택 조적구조의 내력벽등에 대한 안전도를 건축법시행령 1-3건축물의 구조기준등에 관한 규칙, 제2장 제2절 조적식 구조 제22등(적용범위)(1)항에 의거 구조 계산을 한다.

1. 내력벽에 미치는 응력도 산정

1)·지붕슬라브:

적재하중	200kg/m ²							
고정하중	<table> <tr> <td>슬라브 288</td> <td rowspan="4">} 388kg/m²</td> </tr> <tr> <td>방수층 40</td> </tr> <tr> <td>물 탈 30</td> </tr> <tr> <td>천 정 30</td> </tr> <tr> <td>계:</td> <td>568kg/m²</td> </tr> </table>	슬라브 288	} 388kg/m ²	방수층 40	물 탈 30	천 정 30	계:	568kg/m ²
슬라브 288	} 388kg/m ²							
방수층 40								
물 탈 30								
천 정 30								
계:	568kg/m ²							

•보 장:

적재하중	130kg/m ²					
고정하중	<table> <tr> <td>지붕고정하중 388</td> <td rowspan="2">} 488kg/m²</td> </tr> <tr> <td>보 자 중 100</td> </tr> <tr> <td>계:</td> <td>618kg/m²</td> </tr> </table>	지붕고정하중 388	} 488kg/m ²	보 자 중 100	계:	618kg/m ²
지붕고정하중 388	} 488kg/m ²					
보 자 중 100						
계:	618kg/m ²					

$$\text{보자중} = (0.4 \times 0.2 \times 3.0 \times 2,400K) \div (3.1 \times 3.0) = 62kg/m^2$$

$$\text{내력벽} = 0.19 \times 3.0 \times 2.3 \times 1,900 \div (3.1 \times 3.0) = 267.8 \leq 268kg/m^2$$

2)·3층 슬라브:

적재하중	200kg/m ²							
고정하중	<table> <tr> <td>슬라브 288</td> <td rowspan="4">} 388kg/m²</td> </tr> <tr> <td>물 탈 30</td> </tr> <tr> <td>구 들 40</td> </tr> <tr> <td>천 정 30</td> </tr> <tr> <td>계:</td> <td>588kg/m²</td> </tr> </table>	슬라브 288	} 388kg/m ²	물 탈 30	구 들 40	천 정 30	계:	588kg/m ²
슬라브 288	} 388kg/m ²							
물 탈 30								
구 들 40								
천 정 30								
계:	588kg/m ²							

•보 장:

적재하중	180kg/m ²					
고정하중	<table> <tr> <td>슬라브고정하중 388</td> <td rowspan="2">} 450kg/m²</td> </tr> <tr> <td>보 자 중 62</td> </tr> <tr> <td>계:</td> <td>630kg/m²</td> </tr> </table>	슬라브고정하중 388	} 450kg/m ²	보 자 중 62	계:	630kg/m ²
슬라브고정하중 388	} 450kg/m ²					
보 자 중 62						
계:	630kg/m ²					

•내력벽:

적재하중(10% 감)	180kg/m ²					
고정하중	<table> <tr> <td>보고정하중 450</td> <td rowspan="2">} 718kg/m²</td> </tr> <tr> <td>내력벽자중 268</td> </tr> <tr> <td>계</td> <td>898kg/m²</td> </tr> </table>	보고정하중 450	} 718kg/m ²	내력벽자중 268	계	898kg/m ²
보고정하중 450	} 718kg/m ²					
내력벽자중 268						
계	898kg/m ²					

3)·2층 슬라브

적재하중	200kg/m ²							
고정하중	<table> <tr> <td>슬라브 288</td> <td rowspan="4">} 388kg/m²</td> </tr> <tr> <td>물 탈 30</td> </tr> <tr> <td>구 들 40</td> </tr> <tr> <td>천 정 30</td> </tr> <tr> <td>계:</td> <td>588kg/m²</td> </tr> </table>	슬라브 288	} 388kg/m ²	물 탈 30	구 들 40	천 정 30	계:	588kg/m ²
슬라브 288	} 388kg/m ²							
물 탈 30								
구 들 40								
천 정 30								
계:	588kg/m ²							

•보 장:

적재하중(10% 감)	180kg/m ²					
고정하중	<table> <tr> <td>슬라브고정하중 388</td> <td rowspan="2">} 450kg/m²</td> </tr> <tr> <td>보 자 중 62</td> </tr> <tr> <td>계:</td> <td>630kg/m²</td> </tr> </table>	슬라브고정하중 388	} 450kg/m ²	보 자 중 62	계:	630kg/m ²
슬라브고정하중 388	} 450kg/m ²					
보 자 중 62						
계:	630kg/m ²					

•내력벽:

적재하중	180kg/m ²					
고정하중	<table> <tr> <td>보고정하중 450</td> <td rowspan="2">} 718kg/m²</td> </tr> <tr> <td>내력벽자중 268</td> </tr> <tr> <td>계:</td> <td>98kg/m²</td> </tr> </table>	보고정하중 450	} 718kg/m ²	내력벽자중 268	계:	98kg/m ²
보고정하중 450	} 718kg/m ²					
내력벽자중 268						
계:	98kg/m ²					

4)·1층슬라브:

적재하중	200kg/m ²
------	----------------------

고정하중	<table> <tr> <td>슬라브 288</td> <td rowspan="4">} 388kg/m²</td> </tr> <tr> <td>물 탈 30</td> </tr> <tr> <td>구 들 40</td> </tr> <tr> <td>천 정 30</td> </tr> <tr> <td>계:</td> <td>588kg/m²</td> </tr> </table>	슬라브 288	} 388kg/m ²	물 탈 30	구 들 40	천 정 30	계:	588kg/m ²
슬라브 288	} 388kg/m ²							
물 탈 30								
구 들 40								
천 정 30								
계:	588kg/m ²							

•보 장:

적재하중(10% 감)	180kg/m ²					
고정하중	<table> <tr> <td>슬라브고정하중 388</td> <td rowspan="2">} 450kg/m²</td> </tr> <tr> <td>보 자 중 62</td> </tr> <tr> <td>계:</td> <td>630kg/m²</td> </tr> </table>	슬라브고정하중 388	} 450kg/m ²	보 자 중 62	계:	630kg/m ²
슬라브고정하중 388	} 450kg/m ²					
보 자 중 62						
계:	630kg/m ²					

•내력벽:

적재하중	180kg/m ²					
고정하중	<table> <tr> <td>보고정하중 450</td> <td rowspan="2">} 718kg/m²</td> </tr> <tr> <td>내력벽자중 268</td> </tr> <tr> <td>계:</td> <td>898kg/m²</td> </tr> </table>	보고정하중 450	} 718kg/m ²	내력벽자중 268	계:	898kg/m ²
보고정하중 450	} 718kg/m ²					
내력벽자중 268						
계:	898kg/m ²					

5)·지층슬라브:

적재하중	200kg/m ²
고정하중	∑ 388kg/m ²
계:	588kg/m ²

•보 장:

적재하중	180kg/m ²
고정하중	∑ 450kg/m ²
계:	630kg/m ²

•내력벽:

적재하중	180kg/m ²
고정하중	∑ 718kg/m ²
계:	898kg/m ²

6)지층내력벽에

미치는 (4층) 전체연직하중(옥상층 포함)
 $4\text{층하중} = (618K + 898 \times 4) \times 3.1 \times 3.0$
 $= 4,210K \times 9.3m^2$
 $= 39,153K = 39,200K$

지층내력벽 계 = 39,200kg = 39.2t

*이상 다세대 및 연립주택 층별 연직하중 산출기초이다.

각층별 연직하중 일람표 (㎡ 당)

층별	하중	스라브	보강	내력벽	비 고
지붕	적재하중	180	130	130	지붕은 Slab 혹은 모임지붕 으로 테두리보 R.C 조
	고정하중	388	488	488	
	계	568	618	618	
3 층	적재하중	200	180	180	테두리보(Wall Girder는 Slab와 T형 R.C구조로 반 Rohmen조)
	고정하중	388	450	718	
	계	588	630	898	
2 층	적재하중	200	180	180	테두리보(Wall Girder는 Slab와 T형 R.C구조로 반 Rohmen조)
	고정하중	388	450	718	
	계	588	630	898	
1 층	적재하중	200	180	180	테두리보(Wall Girder는 Slab와 T형 R.C구조로 반 Rohmen조)
	고정하중	388	450	718	
	계	588	630	898	
지층	적재하중	200	180	180	테두리보(Wall Girder는 Slab와 T형 R.C구조로 반 Rohmen조)용벽 R.C. 조
	고정하중	388	450	718	
	계	588	630	898	
내력벽	합 계	4,210kg			지하1층 지상3층

(다) Materials of allowable stress

1. Concrete $f_c = 75 \text{ kg/cm}^2$
 $f_x = 7.5 \text{ kg/cm}^2$
2. Reinforced $f_s = 1,600 \text{ kg/cm}^2$
 $f_c = 1,600 \text{ kg/cm}^2$
3. Bond Stress $f_b = 7 \text{ kg/cm}^2$
4. Bearing power $= 25 \text{ t/m}^2$
5. Cement breck $f_c = 70 \text{ kg/cm}^2$

(라) 보(Girder) Bending moment and shearing (테두리보)

$W = 630 \text{ kg} \times 3.0 = 1,890 \text{ kg/m}$

$$C = \frac{W}{12L} (3L^3 - 2a^2L + a^3)$$

$$= \frac{1,890}{12 \times 3.0} \times (3.0^3 - 2 \times 0.8^2 \times 3.0 + 0.8^3) \times 100$$

$$= 52.5 \times (27 - 3.8 + 0.5) \times 100$$

$$= 52.5 \times 23.8 \times 100 = 124,950 \text{ kg.cm}$$

$$M_o = \frac{3L^2 - 4a^2}{24} W$$

$$= \frac{3 \times 3.0^2 - 4 \times 0.8^2}{24} \times 1,890$$

$$= \frac{27 - 2.6}{24} \times 1,890 \times 100$$

$$= 1.02 \times 1,890 \times 100 = 192,780 \text{ kg.cm}$$

$$M_c = 192,780 - 124,950 \times \frac{3}{4}$$

$$= 192,780 - 93,713$$

$$= 99,067 \text{ kg.cm}$$

$$Q = 1,890 \times \frac{(3.0 - 0.8)}{2} = 2,079 \text{ kg}$$

1) G_1 Girder의 단부 단면을 결정하면
B. Moment $m_e = 124,950 \text{ kg.cm}$
응장대비근(應張對比筋) m_{t-105} $r=1$ 로
가정하면

부족표 7 NO-1에서 $C=10.85$
* Wall Girder(테두리보) R.C. 조는 각종
하중 등분표(等分布) 내력벽
압축강도전달에 Slab Concret와 T형을
형성 조적조의 획기적 보강 구조가 되는
것이며 규칙 제26조 제2항(내력벽의
두께)표에서 1층, 2층, 3층 공히 19cm
충족하는데 크게 기여하는 것이다.

$$bd^2 = \frac{M}{C} = \frac{124,950}{10.85} = 11,516 \text{ cm}^2$$

$B = 20 \text{ cm}$

$$d = \sqrt{\frac{11,516}{20}} = 24.0 \text{ cm} \leq 40.0 \text{ cm} \dots \text{O.K.}$$

2) G_1 보의 중앙부 단면을 결정하면

$M_c = 99,067 \text{ kg.cm}$

$C = 40 \text{ cm}$ $d = 35 \text{ cm}$ 로 가정하면

$$j = \frac{7d}{8} \times \frac{7}{8} \times 35 = 30.6 \text{ cm}$$

$$at = \frac{M}{f_t j} = \frac{99,067}{1,600 \times 30.6} = 2.02 \text{ cm}^2$$

$$= 4.02 \text{ cm}^2 \dots \text{O.K.}$$

$16 \text{ m/m } \phi \times 2 = 4.02 \text{ cm}^2$
3) 기둥(column) 대응내력벽 단면점검
 $B = 19 \text{ cm}$ $D = 300 \text{ cm} \dots 3.0 \text{ m}$
지상3개층(옥상포함)으로 가정하여
연직하중 $P = 40,000 \text{ kg}$
시멘트 벽돌 : f_c 안전도

$$\text{점검(안전율)} = \frac{70}{3.5} = 20 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = \frac{P}{BD} = \frac{39,200}{19 \times 300} = 6.9 \text{ kg/cm}^2 <$$

$$20 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{O.K.}$$

4) 조적조 내력벽체 두께 = T의

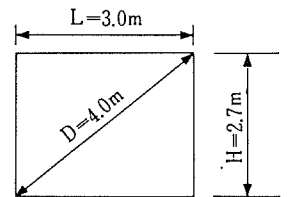
계산검토(내.외부 공통)

$$T = \frac{LH}{DN} = \frac{3.0 \times 2.7}{4.0 \times 22}$$

$$0.092 \text{ m} < 0.19 \text{ m} \dots \text{O.K.}$$

L = 내력벽 폭(3.0m)
 H = 내력벽 높이(2.7m)
 D = 대각선(내력벽 폭과 높이의
사선 : 4.0m) \dots (도1)
 N = 주택에 관한 계수(22)

도-1



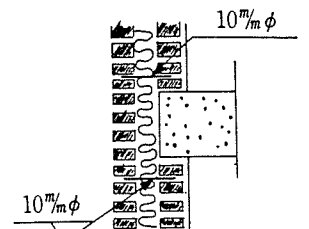
조적조 내력벽두께

$$T = \frac{LH}{DN} = \frac{3.0 \times 2.7}{4.0 \times 22}$$

$$= 0.092 \times 100 = 9.2$$

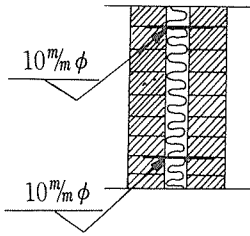
$$= 9.2 \text{ cm} \leq 19 \text{ cm} \dots \text{O.K.}$$

도-2



외부 이중공간사이 테두리보를 감싸고 있는
조적조 구조는 결노와 습기방지에 기여한다.

도-3



이중벽 내외부를 이형철근 10m/mφ 보강6단 40cm간격은 전도올방지, 내력 벽두께 19cm로 인정한다.

(마)조적조 구조 건축법 시행령 규칙 제22조 내지 제30조 적용범위 검토

1. 층고(높이) : $H=2.7M \leq 4.0M$
..... O.K.
2. 내력벽
두께 : $T = \frac{2.7}{20} = 0.135 = 13.5cm \leq 19cm$
.....O.K.
3. 벽길이; $3.0m \leq 10.0m$O.K.
4. 내력벽으로 : 둘러쌓인 부분의 바닥면적(가장큰방) 검토
 $A=3.0m \times 3.7m = 11.1m^2 < 20m^2 < 40m^2 < 60m^2 < 80m^2 < \dots$ O.K.
5. 간막이 벽두께 : $T'=9cm \approx 9cm$O.K.
6. 테두리보(Wall Girder)와 Slab가 일체식 T형으로 구성됨으로 반 일체식 Rohmen구조로 간주한다.
7. 3층 이하 건축물로서 :
처미높이 $H=9.45m \leq 11.0m$O.K.
각층 내력벽으로 둘러쌓인 부분의 면적 :
 $A=11.1m^2 \leq 40.0m^2$O.K.
로서 규정 제23조 내지 34조에 한하여 적용받는다.
8. 개구부 폭의 합계 : 개구부폭 합계 = 벽길이의 1/2
벽길이 : $L = 12.8 \times 2 + 6.6 \times 2 = 38.8m \div 2 = 19.4m$
개구부길이 :
 $W = (2.5 + 2.2 + 0.8 + 1.2 + 1.3) \times 2 = 16m \leq 19.4m$O.K.
9. 이중벽 : 높이 2.7m ≤ 3.0m
외부단열재 삽입 이중벽으로서 외부소성벽돌 + 단열재 + 시멘트벽돌을 연결하여 40cm 간격으로 10m/mφ 철근으로 매 6단마다 연결 보강함으로 좌굴(挫屈)Buckling을 미연방지하여 19cm의내력벽 두께로 간주

전도(顛倒)율을 억제한다(도-3)

10. 벽량(壁量) : $21cm/m^2 \leq$ 벽량.....일본 규정 인용

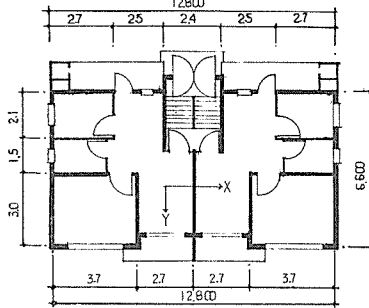
$$X - \text{방향벽량} = \frac{(2.7+1.3+0.6) \times 2 + 2.7 \times 2 + 3 \times 2 + 2.5 \times 2 + 2.2}{82.22} \times \frac{19}{19} \approx 35 \geq 21. \text{ O.K.}$$

$$Y - \text{방향벽량} = \frac{(6.6-1.3) \times 2 + 0.8 \times 2 + 1.4 \times 2 + 3 \times 2 + 3.7 \times 2 + 4.5}{82.22} \times \frac{19}{19} \approx 40 \geq 21 \dots \text{O.K.}$$

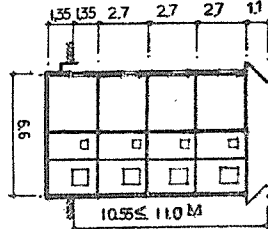
11. 대린벽(對隣壁) : 서로 이웃(相隣)하여 1개이상 접착하여 내력벽을 구성하고 있으며, 벽높이의 1/3이상의 부축벽등으로 간막이 벽체를 형성하고 있다.

12. 이중공간외벽 : 1개이상 대린벽은 1/3~1/4정도의 하중지지, 반내력벽인고로 간막이벽 T(9cm)와 흡사하다. 위 항에서 이형철근 보강은 19cm 벽두께로 법적 인정을 받으며 실내 공간 약 3.0m² 이상+와 공사비 절감에 기여할 뿐 아니라 (도-2,도-3)참조 결노와 습도를 완전 차단할 것이다.

도-4



도-5



(바)조적구조의 건축법상 현대식과 재래식 비교검토

1)조적조는 건축법상 3층까지 허용되는 바, 본 외벽조적의 경우 각층 내력벽의 구조는 시멘트 벽돌 0.5B+단열재 50m/m + 외부마감 소성벽돌+0.5B=

1.0B로 축조, 내부 중요부

내력간막이벽은 시멘트벽돌 1.0B로 축조, 내부 중요부 내력간막이벽은 시멘트벽돌 1.0B로 축조함으로서 도-4,5와 같은 구조체로서 내력벽을 형성하고 있으며, 역학적 측면에서 보면 벽들은 단면적이 크므로 연직 압축응력도가 비교적 높으나, 조적인고로 수평응력도가 다른 건축골조 재료에 비하여 비교가 안될정도로 낮은 것이 본질적으로 흠이다.

2)본 조적구조체의 공법에 있어, (도-2 : 설계도 참조) 내부시멘트벽돌 0.5B+외부 소성벽돌 0.5B=1.0B공간 쌓기로 되어 있으며 이 T보(T. Beam형)가 Slab로 연결되어있는고로 테두리보(Wall Girder)는 반 Rohmen구조체이며, 외부 이중벽은 10m/mφ 이형철근 40cm 간격으로 6단마다 보강함으로 벽두께 19cm로 인정받으며 내력벽의 전도(顛倒)에 안전하며, 2개이상의 대린벽(對隣壁)으로 내력벽을 구성함으로 각종 하중을 최대한 등분포(Uniform Load)로 전달하는 것이다. (도-2,3참조) 고로 실험 및 구조계산상 재래식 목구조 집중하중(Concentrated Load) 0.5B+0.1B공간쌓기 벽두께를

(사)결론

1. 본 건축물은 건축법 시행규칙 1-3 제2장제2절 조적식구조 제22조제1항에 의한 안전도 구조계산에 의하면 결론적으로 경험상 기동 R.C조 Rohmen구조와 조적혼합구조는 그 접합부위에서 동질기 결노현상과 우기에 습기현상은 피할 길이 없음을 이 기회에 부언하여 두기로 한다. 구조 계산상 R.C 기동혼합구조는 전혀 불필요함을 알 수 있으며, 공사비 절감에 도움이 되지 아니한다고 본다.
2. 따라서 천재지변과 같은 불의의 충격이 없는 한 본 다세대 및 연립주택 조적구조상 지층 내력벽 및(외부)소성벽돌 0.5B+내부 시멘트벽돌 0.5B 공간쌓기 조적구조는 상술한 바 테두리보 T-Beam Slab식으로서 조적구조의 획기적 보강방법이며, 실험 및 구조계산 검토한 바, 내력벽 조적구조는 위 제22조 제1항(적용범위)에서 허가권자의 인정을 받기에 족하다고 판단된다.