



선형정적절차

1. 건물개요

1.1 일반사항

- (1) 건물명 : 00 관리사무실
- (2) 소재지 : 서울특별시 00구
- (3) 건물용도 : 업무시설
- (4) 준공연도 : 1993년
- (5) 구조형식 : 조적채움벽이 있는 철근콘크리트 모멘트 골조
- (6) 내진설계 여부 : 미적용
- (7) 기초형식 : 독립기초 (설계도서)

1.2 건물 규모

- (1) 층 수 : 지상 2층
- (2) 지하층 유무 : 없음
- (3) 건물높이 : 6.6 m (층고 3.3m)
- (4) 건물길이 : 장변방향 (X방향) : 27.3 m
단변방향 (Y방향) : 12 m
- (5) 연 면 적 : 845.13 m²

1.3 구조변경 이력사항

- (1) 증축 여부 : 없음
- (2) 신축줄눈 : 없음

1.4 내진등급 및 성능목표

(1) 내진등급 및 중요도계수

대상 건물은 “KDS 41 10 05 건축구조기준 총칙” 의 “3. 건축물의 중요도분류” 에 의하면 중요도(2)에 해당하며, “KDS 41 17 00” 의 <표 2.2-1>에 따라 내진등급 II을 적용함.

(2) 내진성능목표

대상 건물의 최소 내진성능목표는 재현주기 2400년 지진에 대한 붕괴방지 및 재현주기 1000년 지진에 대한 인명보호임. (요령 표 2.1.4)

기존 건축물 내진성능평가 예제집

[참조] KDS 41 17 00 표 2.2-1 내진등급과 중요도계수

| 건축물의 중요도 ¹⁾ | 내진등급 | 내진설계 중요도계수(I_E) |
|------------------------|------|---------------------|
| 중요도(특) | 특 | 1.5 |
| 중요도(1) | I | 1.2 |
| 중요도(2), (3) | II | 1.0 |

¹⁾ KDS 41 10 05(3.)에 따름.

[참조] 요령 표 2.1.4 건축물의 내진등급별 최소성능목표

| 내진등급 | 성능목표 | |
|------|---------------------|--------------------|
| | 재현주기 | 성능수준 |
| 특 | 2400년 | 인명보호 |
| | 1000년 ²⁾ | 기능수행 |
| I | 2400년 | 붕괴방지 ¹⁾ |
| | 1400년 ²⁾ | 인명보호 |
| | 100년 | 기능수행 |
| II | 2400년 | 붕괴방지 |
| | 1000년 ²⁾ | 인명보호 |
| | 50년 | 기능수행 |

¹⁾ 내진등급 건축물의 붕괴방지 검토시에는 붕괴방지 허용기준을 1.2로 나눈 값(혹은 인명안전과 붕괴방지의 중간수준의 허용기준)을 적용한다. 이때, 허용기준은 부재의 성능수준 결정 시 변형량과 관계된 허용기준을 의미한다. 단, 허용충간변형각은 1.2로 나누지 않고 표 4.6.1의 값을 그대로 사용한다.

²⁾ 1000년 재현주기 지진의 크기는 2400년 재현주기 지진의 2/3로 정의한다. 1400년 재현주기 지진의 크기는 1000년 재현주기 지진 크기의 1.2배로 정의한다.

2. 도면 및 현장조사

2.1 도면 및 부재일람표

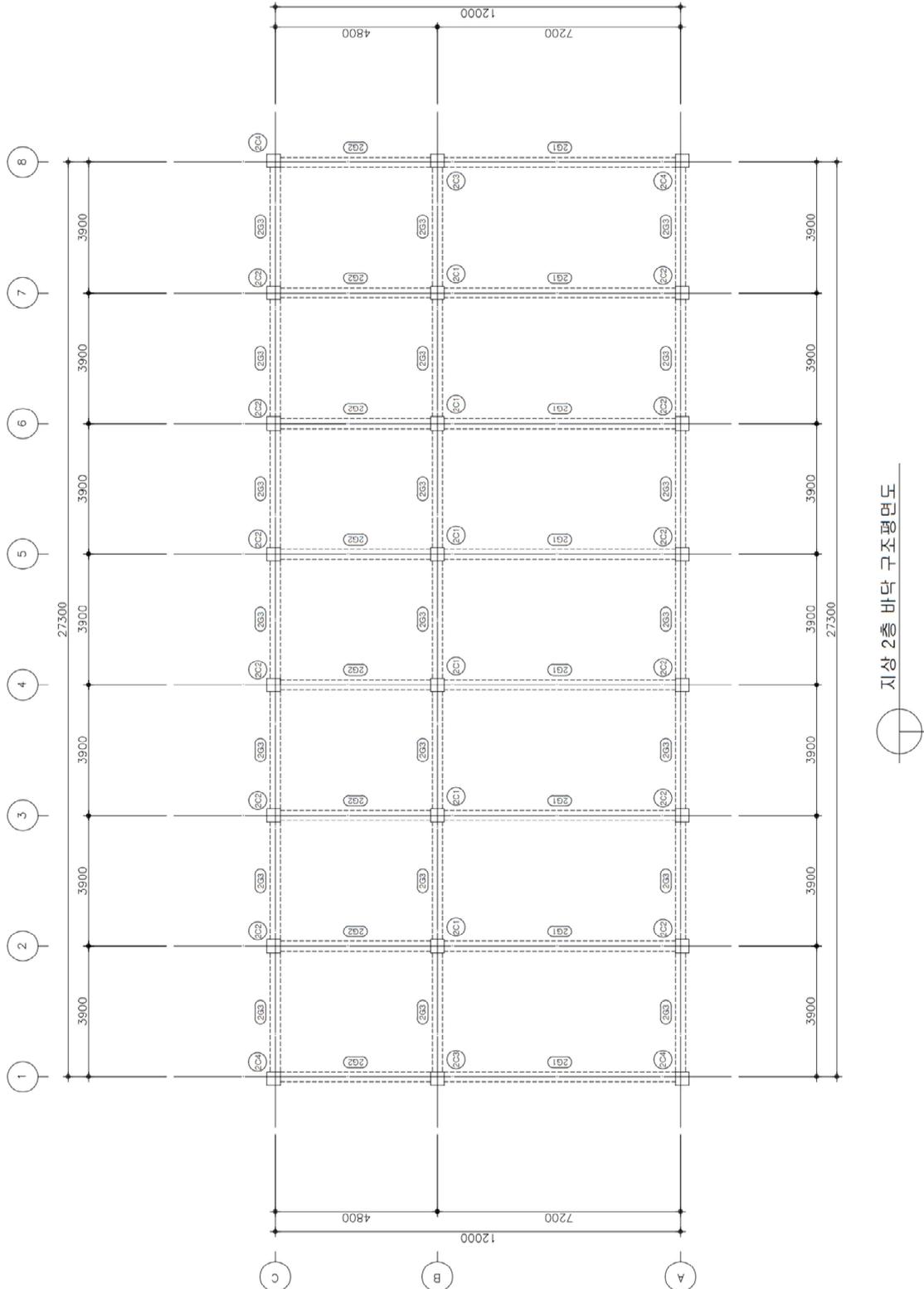


그림 2.1 구조평면도

기존 건축물 내진성능평가 예제집

표 2.1 부재일람표: 기둥

| 구 분 | 부재 이름 | 부재크기 (mm) | 주근 | 전단철근 |
|-----|--------------------|-----------|-------|---------|
| 기둥 | C1 ~ C2 (1층~2층) | 400×400 | 8-D19 | D10@200 |
| | C3 ~ C4 (1층~2층) | 400×400 | 8-D19 | D10@300 |

표 2.2 부재일람표: 보

| 구 분 | 부재 이름 | 부재크기(mm) | 주근 | | 전단철근 |
|-----|---------------|----------|-----|--------------------------|---------|
| 보 | 1G1, 1G2, 1G3 | 300×600 | 양단부 | 상부근: 3-D19 하부근: 2-D19 | D10@300 |
| | | | 중양부 | 상부근: 3-D19 하부근: 3-D19 | D10@300 |
| | 2G1, 2G2 | 300×600 | 양단부 | 상부근: 3-D19 하부근: 2-D19 | D10@200 |
| | | | 중양부 | 상부근: 3-D19 하부근: 4-D19 | D10@300 |
| | 2G3 | 300×600 | 양단부 | 상부근: 3-D19 하부근: 2-D19 | D10@150 |
| | | | 중양부 | 상부근: 3-D19 하부근: 2-D19 | D10@300 |
| | RG1, RG2, RG3 | 300×550 | 양단부 | 상부근: 3-D19 하부근: 2-D19 | D10@200 |
| | | | 중양부 | 상부근: 3-D19 하부근: 4-D19 | D10@300 |

표 2.3 부재일람표: 조적채움벽

| 층 | 부재 이름 | X 방향 (장변방향) | | | | | Y 방향 (단변방향) | | | | |
|-------|-------|-------------|--------|--------|--------|-----|-------------|--------|--------|--------|-----|
| | | Lm (m) | hm (m) | tm (m) | 개구부 면적 | 비고 | Lm (m) | hm (m) | tm (m) | 개구부 면적 | 비고 |
| 1F | A1-A2 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A2-A3 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A3-A4 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A5-A6 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A6-A7 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A7-A8 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C1-C2 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C2-C3 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C3-C4 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C5-C6 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C6-C7 | 3.5 | 0.6 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A1-B1 | | | | | | 6.8 | 2.7 | 0.19 | 0 | 채움벽 |
| | A8-B8 | | | | | | 6.8 | 2.7 | 0.19 | 0 | 채움벽 |
| | B1-C1 | | | | | | 6.8 | 2.7 | 0.19 | 0 | 채움벽 |
| | B4-C4 | | | | | | 4.4 | 2.7 | 0.19 | 0 | 채움벽 |
| | B5-C5 | | | | | | 4.4 | 2.7 | 0.19 | 0 | 채움벽 |
| B6-C6 | | | | | | 4.4 | 2.7 | 0.19 | 0 | 채움벽 | |
| B8-C8 | | | | | | 4.4 | 2.7 | 0.19 | 0 | 채움벽 | |
| 2F | A1-A2 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A2-A3 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A3-A4 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A4-A5 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A5-A6 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A6-A7 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A7-A8 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C1-C2 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C2-C3 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C3-C4 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C4-C5 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C5-C6 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C6-C7 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | C7-C8 | 3.5 | 0.9 | 0.19 | 0 | 허리벽 | | | | | |
| | A1-B1 | | | | | | 6.8 | 2.75 | 0.19 | 0 | 채움벽 |
| | A8-B8 | | | | | | 6.8 | 2.75 | 0.19 | 0 | 채움벽 |
| B1-C1 | | | | | | 4.4 | 2.75 | 0.19 | 0 | 채움벽 | |
| B4-C4 | | | | | | 4.4 | 2.75 | 0.19 | 0 | 채움벽 | |
| B5-C5 | | | | | | 4.4 | 2.75 | 0.19 | 0 | 채움벽 | |
| B6-C6 | | | | | | 4.4 | 2.75 | 0.19 | 0 | 채움벽 | |
| B8-C8 | | | | | | 4.4 | 2.75 | 0.19 | 0 | 채움벽 | |

2.2 현장조사

이 예제에서는 구체적인 현장조사 결과를 포함하지 않았으나 실제 내진성능평가에서는 6장을 참고하여 현장조사를 수행하고 그 결과를 보고서에 수록하여야 함.

(1) 건물외관

사진

그림 2.2 OO 관리사무실

(2) 상태조사

- ① 요령 “1.2.1 현장조사”에 따라 요령 <표 1.2.1> 제시된 각 항목에 대한 조사를 수행하여 설계도서를 검증하고 평가에 필요한 정보를 취득해야함. 설계도서가 없을 경우 체계적인 현장조사를 통해 구조도면을 작성하고 요령 <표 1.2.1>에 제시된 항목에 대한 정보를 취득해야함. 그 결과를 내진성능평가보고서에 제공해야 하나, 본 예제에서는 생략함.

<예제집의 가정사항>

- 콘크리트의 재료상태는 ‘양호’로 가정
- 조적의 상태는 채움벽은 불량, 허리벽은 양호로 가정함 (요령 6.1.1.3 재료 특성 기본값의 규정중 현장조사를 수행하지 않은 경우에 해당).

(3) 지반조사

- ① 지반조사보고서에 따르면 해당 건물은 지반조건은 S4로 분류됨.

3. 하중

3.1 중력하중

표 3.1 바닥하중

(단위 : kN/m²)

| 용도 | 고정하중 (DL) | | 활하중 (LL) |
|-----|--------------------|------|---------------|
| 지붕 | 무근콘크리트 (t=100mm) | 2.30 | 1.00 (비점유) |
| | 방수 및 모르타르 (t=30mm) | 0.60 | |
| | 콘크리트 슬래브 (t=120mm) | 2.88 | |
| | 천장 | 0.30 | |
| | ----- | ---- | |
| | 소계 | 6.08 | |
| 사무실 | 마감 및 모르타르 (t=30mm) | 0.60 | 2.50 |
| | 콘크리트 슬래브 (t=120mm) | 2.88 | |
| | 천장 | 0.30 | |
| | ----- | ---- | |
| | 소계 | 3.78 | |
| 계단 | 마감 (t=30mm) | 0.60 | 5.00 |
| | 모르타르 (t=50mm) | 1.00 | |
| 계단참 | 콘크리트 슬래브 (t=220mm) | 5.28 | |
| | ----- | ---- | |
| | 소계 | 6.88 | |

3.2 유효건물중량

- (1) 지진하중 산정을 위한 질량은 요령 “4.1.1.2 질량”에 따라 KDS 41 17 00의 식 (7.2-1)에 정의된 유효건물중량을 중력가속도로 나눈 값을 사용함.
- (2) KDS 41 17 00에 정의된 유효건물중량은 고정하중에 ① 참고 활하중의 25%, ② 칸막이벽 실제 중량과 0.5 kN/m² 중 큰 값, ③ 영구설비의 총하중, ④ 평지붕 적설하중의 20%, ⑤ 옥상정원이나 이와 유사한 곳에서 조경과 이에 관련된 재료의 무게를 추가함.
- (3) 본 예제 건물은 ①-⑤까지 해당사항이 없으므로 고정하중(채움벽의 하중 포함)만을 유효건물중량에 포함.

표 3.2 층별 유효건물중량

| 층 | 높이 (m) | 바닥면적 (m ²) | 유효건물중량 (kN) |
|-----|--------|------------------------|-------------|
| 지붕층 | 6.60 | 327.6 | 3139 |
| 2F | 3.30 | 327.6 | 2073 |
| 합계 | | | 5212 |

3.3 지진하중

(1) 평가용 응답스펙트럼

- ① 2400년 유효지반가속도(S)는 요령 ‘2.2.1 지진구역, 지진구역계수 및 위험도계수’에 따라 산정된 값인 0.176를 적용함.
- ② 1000년 재현주기 단주기스펙트럼가속도는 2400년 재현주기 지진의 2/3로 산정 (요령 표 2.1.4의 각주)

표 3.3 평가용 스펙트럼가속도

| 재현주기 | S | F_a | F_v | S_{XS} | S_{X1} |
|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 2400년 | 0.176 | 1.448 | 2.048 | 0.637 | 0.360 |
| 1000년 | - | - | - | 0.425 | 0.240 |

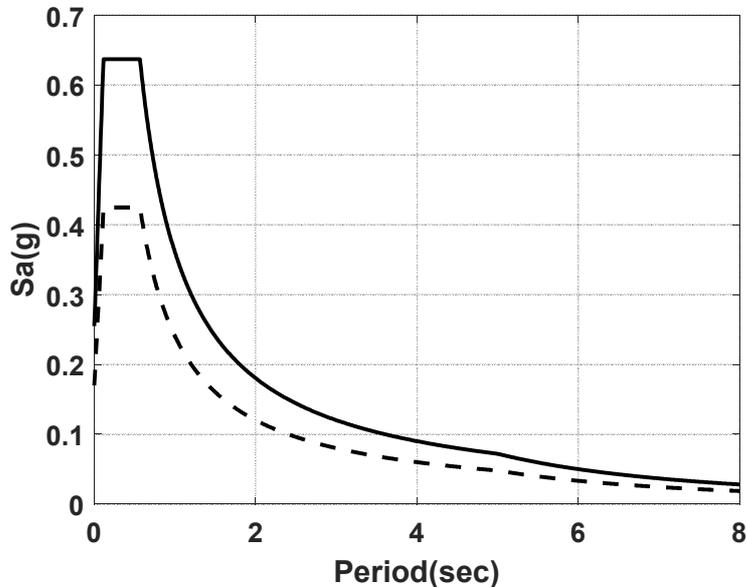


그림 3.1 평가용 지진하중의 스펙트럼

(2) 고유주기

- ① 대상건물의 구조형식은 x, y 방향 모두 철근콘크리트 조적채움벽 골조임.
- ② 요령 4.2.6에 의해 철근모멘트골조의 약산주기에 2/3를 곱하여 산정

약산식에 의한 근사고유주기, $T_a = \frac{2}{3} C_t h_n^x = \frac{2}{3} \times 0.0466 \times 6.6^{0.9} = 0.170\text{sec}$

③ 고유치해석에 의한 고유주기

- 장변방향(X방향) T = 0.335 sec
- 단변방향(Y방향) T = 0.429 sec

- ④ 구조물의 주기는 구조해석모델의 고유치해석에 의한 주기와 약산식에 의한 근사고유주기에 주기상한계수 C_u 를 곱한 값 중 작은 값임. 주기상한계수는 2400년 재현주기 지진의 S_{X1} 에 해당하는 $C_u=1.4$ 를 적용
- ⑤ 장변방향 주기 = $\min(0.170 \times 1.4, 0.335) = 0.238\text{sec}$
- ⑥ 단변방향 주기 = $\min(0.170 \times 1.4, 0.429) = 0.238\text{sec}$

[참조]

예제건물의 경우 Y방향으로는 채움벽이, X방향으로는 허리벽이 배치되어 있다. 채움벽은 벽체와 유사한 거동을 하지만 허리벽은 그러한 경향이 낮다. 허리벽만 배치된 경우 모멘트골조의 약산주기와 허용층간변형각 기준을 적용하는 경우도 있으나 허리벽에 의한 단주 효과 때문에 분명히 순수모멘트골조보다는 주기가 감소하고 층간변형각도 작아질 경향이 있다. 이 예제에서는 이러한 경향을 고려하여 양방향 모두 철근콘크리트 조적채움벽골조에 해당하는 약산주기와 허용층간변형각 기준을 적용하였으나 엔지니어의 판단에 의해 허리벽만 배치된 방향으로는 모멘트골조의 기준을 적용할 수 있다.

또한 마찬가지로 이유로 (3) 수평방향 의사지진력 결정시 보수적인 판단을 위해 보정계수 C 를 양쪽 방향 모두 1.2를 적용하였으나, 엔지니어의 판단에 의해 지진하중의 증폭이 없다고 가정하고 더 낮은 증폭계수를 적용할 수 있다.

선형정적평가의 경우 고유치해석은 필수사항이 아니다. 즉, 고유치 해석결과없이 약산주기만으로 지진하중을 결정하여 해석을 수행할 수 있다. 하지만 고유치 해석결과를 반영하는 것이 좀 더 정확하며 고유치해석결과는 해석모델의 오류를 확인할 수 있는 근거자료이므로 고유치해석 수행을 추천한다.

(3) 수평방향 의사지진력

- ① 의사지진력 V 는 요령 식 (4.2.3)으로 산정.

$$V = CS_a W$$

여기서,

C : 변위의 보정계수.

*요령 표 4.2.1에서 조적채움벽골조와 가장 유사한 거동을 하는 전단벽, 가새골조의 값 적용(1.2)

S_a : 스펙트럼가속도

W : 유효건물중량

- ② 2400년 재현주기 의사지진력

기존 건축물 내진성능평가 예제집

$$S_{XS}=0.637, S_{X1}=0.360 \text{ 이므로 } T_s = \frac{0.360}{0.637} = 0.565\text{sec} > 0.280\text{sec}$$

가속도 지배구간에 해당: $S_a=S_{XS}$

$$\therefore 2400\text{년 재현주기 의사지진력, } V=1.2 \times 0.637 \times 5212 = 3984kN$$

③ 1000년 재현주기 의사지진력

$$T_s \text{는 } 2400\text{년 재현주기의 경우와 동일 } T_s = 0.565 \text{ sec} > 0.280 \text{ sec}$$

가속도 지배구간: $S_a=S_{XS}$

$$\therefore 1000\text{년 재현주기 의사지진력, } V=1.2 \times 0.425 \times 5212 = 2658kN$$

3.4 하중조합

표 3.4를 고려할 때 선형절차에서는 요령 “4.2.7 하중조합 및 다축가진효과”에 따라 표 3.5와 같이 64개의 하중조합을 사용함.

(1) 중력하중(총 2개 조합)

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L)$$

$$Q_G = 0.9Q_D$$

여기서,

Q_D : 고정하중에 의한 부재력

Q_L : 활하중의 25%에 의한 부재력

(2) 지진하중(총 32개 조합)

$$Q_E = \pm 1.0E_X \pm 0.3E_Y$$

$$Q_E = \pm 1.0E_Y \pm 0.3E_X$$

여기서,

$$E_X = E_{X,0} \pm E_{X,acc}$$

$$E_Y = E_{Y,0} \pm E_{Y,acc}$$

$E_{X,0}$, $E_{Y,0}$: 각각 질량중심에 작용하는 X- 및 Y-축 지진하중

$E_{X,acc}$, $E_{Y,acc}$: 각각 X- 및 Y-축에 직교하는 우발편심에 대한 지진하중

[참조]

선형절차의 경우 구조부재의 항복에 의한 강도와 강성의 불규칙성을 고려하기 위해 우발편심 및 비틀림 모멘트의 동적증폭을 고려하여야 한다.

격막이 유연하지 않을 경우 수평비틀림모멘트를 고려하여야 한다. 수평비틀림모멘트는 구조물의 질량 중심과 강성 중심 간의 편심에 의한 비틀림모멘트와 우발비틀림모멘트의 합이다. 비틀림모멘트는 편심거리에 총전단력을 곱하여 산정하고, 우발비틀림모멘트는 지진력 작용 방향에 직각인 평면치수의 5%에 해당하는 우발편심과 총전단력을 곱하여 산정한 모멘트로 한다. 우발편심은 질량 중심에 대하여 양방향 모두 고려하여야 한다.

기존 건축물 내진성능평가 예제집

(3) 중력하중과 지진하중의 조합

중력하중의 조합이 2종 지진하중의 조합이 32종이므로 전체 하중조합의 수는 64개가 됨.
 각 경우 변형지배거동의 부재력은 다음의 하중조합으로 구함.

$$Q_{UD} = Q_G + Q_E$$

힘지배거동의 부재력은 다음의 수식으로 구함.

$$Q_{UD} = Q_G + \frac{\chi Q_E}{CJ}$$

여기서, 인명안전일 경우 $\frac{\chi Q_E}{CJ} = \frac{1.3}{(1.2)(2)} Q_E = 0.54 Q_E$

붕괴방지일 경우 $\frac{\chi Q_E}{CJ} = \frac{1.0}{(1.2)(2)} Q_E = 0.42 Q_E$

[참조]

표 3.4 힘지배거동하는 부재의 부재력 산정을 위한 계수

| 최대 비탄성변위와 선형탄성변위의 보정을 위한 수정계수, C^1 | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----|-----|-------|
| 건물의 형식 | 층수 | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4층 이상 |
| 모멘트 골조 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| 전단벽 구조, 가새골조 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 조적조 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 본 예제 건물에 해당하는 하중전달 감소계수 J^2 | | | | |
| 유형 | 값 | | 적용 | |
| 하중전달경로상 부재의 DCR중 최소로 함 | DCR중 최솟값 | | | |
| 지진구역 1 | 2.0 | | ○ | |
| 지진구역 2 | 1.5 | | | |
| 거주가능 수준의 검토 | 1.0 | | | |
| 횡하중 저항시스템 내의 부재가 항복하지 않을 경우 | 1.0 | | | |
| 본 예제 건물에 해당하는 성능수준에 따른 보정계수 χ^3 | | | | |
| 유형 | 값 | | 적용 | |
| J의 값으로 DCR의 최소치를 택함 | 1.0 | | | |
| J의 값으로 DCR의 최소치를 택하지 않음 | | | | |
| - 붕괴방지 성능 수준의 검토 | 1.0 | | ○ | |
| - 인명안전 혹은 거주가능 성능 수준의 검토 | 1.3 | | ○ | |

1) [요령] 표 4.2.1 참고

2) [요령] 4.2.7(4) 참고

3) [요령] 4.2.7(4) 참고

표 3.5 선형정적해석을 위한 하중조합

| 번호 | 이름 | 하중조합 |
|----|------|--|
| 1 | LC1 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Exo+Exacc)+0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 2 | LC2 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Exo+Exacc)+0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 3 | LC3 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Exo+Exacc)-0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 4 | LC4 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Exo+Exacc)-0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 5 | LC5 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Exo-Exacc)+0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 6 | LC6 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Exo-Exacc)+0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 7 | LC7 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Exo-Exacc)-0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 8 | LC8 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Exo-Exacc)-0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 9 | LC9 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Eyo+Eyacc)+0.3(Exo+Exacc)$ |
| 10 | LC10 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Eyo+Eyacc)+0.3(Exo-Exacc)$ |
| 11 | LC11 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Eyo+Eyacc)-0.3(Exo+Exacc)$ |
| 12 | LC12 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Eyo+Eyacc)-0.3(Exo-Exacc)$ |
| 13 | LC13 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Eyo-Eyacc)+0.3(Exo+Exacc)$ |
| 14 | LC14 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Eyo-Eyacc)+0.3(Exo-Exacc)$ |
| 15 | LC15 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Eyo-Eyacc)-0.3(Exo+Exacc)$ |
| 16 | LC16 | $1.1(D+0.25L)+1.0(Eyo-Eyacc)-0.3(Exo-Exacc)$ |
| 17 | LC17 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Exo+Exacc)+0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 18 | LC18 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Exo+Exacc)+0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 19 | LC19 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Exo+Exacc)-0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 20 | LC20 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Exo+Exacc)-0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 21 | LC21 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Exo-Exacc)+0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 22 | LC22 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Exo-Exacc)+0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 23 | LC23 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Exo-Exacc)-0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 24 | LC24 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Exo-Exacc)-0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 25 | LC25 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Eyo+Eyacc)+0.3(Exo+Exacc)$ |
| 26 | LC26 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Eyo+Eyacc)+0.3(Exo-Exacc)$ |
| 27 | LC27 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Eyo+Eyacc)-0.3(Exo+Exacc)$ |
| 28 | LC28 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Eyo+Eyacc)-0.3(Exo-Exacc)$ |
| 29 | LC29 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Eyo-Eyacc)+0.3(Exo+Exacc)$ |
| 30 | LC30 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Eyo-Eyacc)+0.3(Exo-Exacc)$ |
| 31 | LC31 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Eyo-Eyacc)-0.3(Exo+Exacc)$ |
| 32 | LC32 | $1.1(D+0.25L)-1.0(Eyo-Eyacc)-0.3(Exo-Exacc)$ |
| 33 | LC33 | $0.9D+1.0(Exo+Exacc)+0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 34 | LC34 | $0.9D+1.0(Exo+Exacc)+0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 35 | LC35 | $0.9D+1.0(Exo+Exacc)-0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 36 | LC36 | $0.9D+1.0(Exo+Exacc)-0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 37 | LC37 | $0.9D+1.0(Exo-Exacc)+0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 38 | LC38 | $0.9D+1.0(Exo-Exacc)+0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 39 | LC39 | $0.9D+1.0(Exo-Exacc)-0.3(Eyo+Eyacc)$ |
| 40 | LC40 | $0.9D+1.0(Exo-Exacc)-0.3(Eyo-Eyacc)$ |
| 41 | LC41 | $0.9D+1.0(Eyo+Eyacc)+0.3(Exo+Exacc)$ |
| 42 | LC42 | $0.9D+1.0(Eyo+Eyacc)+0.3(Exo-Exacc)$ |
| 43 | LC43 | $0.9D+1.0(Eyo+Eyacc)-0.3(Exo+Exacc)$ |
| 44 | LC44 | $0.9D+1.0(Eyo+Eyacc)-0.3(Exo-Exacc)$ |
| 45 | LC45 | $0.9D+1.0(Eyo-Eyacc)+0.3(Exo+Exacc)$ |
| 46 | LC46 | $0.9D+1.0(Eyo-Eyacc)+0.3(Exo-Exacc)$ |
| 47 | LC47 | $0.9D+1.0(Eyo-Eyacc)-0.3(Exo+Exacc)$ |

기존 건축물 내진성능평가 예제집

| | | |
|----|------|--|
| 48 | LC48 | $0.9D+1.0(E_{yo}-E_{yacc})-0.3(E_{xo}-E_{xacc})$ |
| 49 | LC49 | $0.9D-1.0(E_{xo}+E_{xacc})+0.3(E_{yo}+E_{yacc})$ |
| 50 | LC50 | $0.9D-1.0(E_{xo}+E_{xacc})+0.3(E_{yo}-E_{yacc})$ |
| 51 | LC51 | $0.9D-1.0(E_{xo}+E_{xacc})-0.3(E_{yo}+E_{yacc})$ |
| 52 | LC52 | $0.9D-1.0(E_{xo}+E_{xacc})-0.3(E_{yo}-E_{yacc})$ |
| 53 | LC53 | $0.9D-1.0(E_{xo}-E_{xacc})+0.3(E_{yo}+E_{yacc})$ |
| 54 | LC54 | $0.9D-1.0(E_{xo}-E_{xacc})+0.3(E_{yo}-E_{yacc})$ |
| 55 | LC55 | $0.9D-1.0(E_{xo}-E_{xacc})-0.3(E_{yo}+E_{yacc})$ |
| 56 | LC56 | $0.9D-1.0(E_{xo}-E_{xacc})-0.3(E_{yo}-E_{yacc})$ |
| 57 | LC57 | $0.9D-1.0(E_{yo}+E_{yacc})+0.3(E_{xo}+E_{xacc})$ |
| 58 | LC58 | $0.9D-1.0(E_{yo}+E_{yacc})+0.3(E_{xo}-E_{xacc})$ |
| 59 | LC59 | $0.9D-1.0(E_{yo}+E_{yacc})-0.3(E_{xo}+E_{xacc})$ |
| 60 | LC60 | $0.9D-1.0(E_{yo}+E_{yacc})-0.3(E_{xo}-E_{xacc})$ |
| 61 | LC61 | $0.9D-1.0(E_{yo}-E_{yacc})+0.3(E_{xo}+E_{xacc})$ |
| 62 | LC62 | $0.9D-1.0(E_{yo}-E_{yacc})+0.3(E_{xo}-E_{xacc})$ |
| 63 | LC63 | $0.9D-1.0(E_{yo}-E_{yacc})-0.3(E_{xo}+E_{xacc})$ |
| 64 | LC64 | $0.9D-1.0(E_{yo}-E_{yacc})-0.3(E_{xo}-E_{xacc})$ |

4. 구조해석

4.1 부재별 강도, 강성, 허용기준

(1) 재료강도

- ① 설계도서상 콘크리트 강도 = 30 MPa
- ② 재료상태: 양호 → 재료상태에 따른 감소계수 = 1.0
- ③ 경과연수: 30년 (1993년에 건설) → 경과연수에 따른 감소계수 = 0.8

따라서

- ④ 콘크리트의 공칭강도 $f_{ck} = 30 \times 0.8 = 24MPa$
- ⑤ 콘크리트의 평균강도 $f_{cke} = 24 \times 1.1 = 26.4MPa$
- ⑥ 철근의 공칭강도 $f_y = 400MPa$ (설계도서, 주근과 전단보강근 모두 동일)
- ⑦ 철근의 평균강도 $f_{ye} = 400 \times 1.1 = 440MPa$

- 예시 부재의 선정

- 기둥: 1층 C3 그리드. 평면의 장변방향으로 허리벽에 구속
- 보: 1층 A3-B3(장변방향), B3-B4 (단변방향)

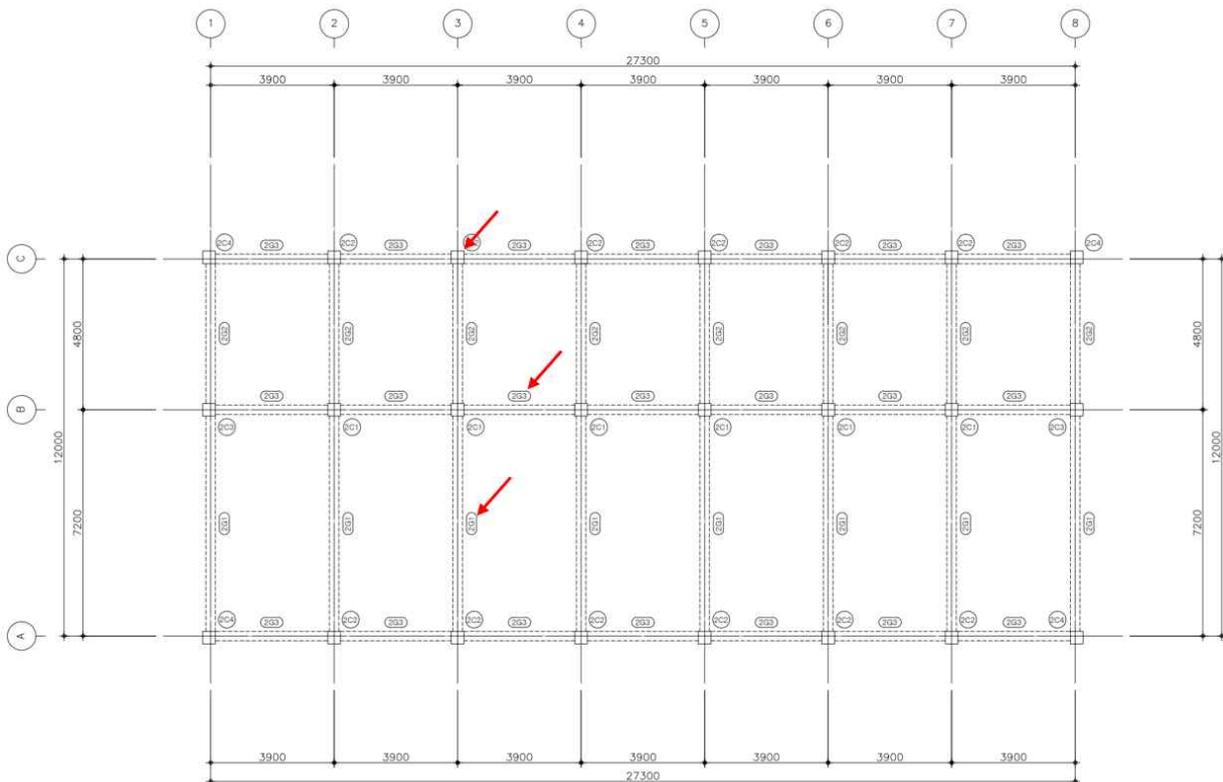


그림 4.1 예시 부재의 위치

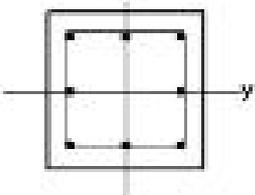
기존 건축물 내진성능평가 예제집

4.1.1 기둥

(1) 기둥의 강도 및 파괴모드

기둥의 파괴모드는 요령 표 5.4.1에 따라 전단강도 V_o (V_n 과 동일), 양단 횡향복시 전단력 V_p , 그리고 횡보강 철근의 상세에 따라 산정함.

표 4.1 기둥 단면정보

| | | | | | | |
|---|--------|--------|------------|-------|-------|---------|
|  | 단면 | | 공칭강도 (MPa) | | 주근 | 전단철근 |
| | B (mm) | H (mm) | f_{ck} | f_y | | |
| | 400 | 400 | 24 | 400 | 8-D19 | D10@200 |

① z축 모멘트 방향

평균모멘트강도 (축력비 3%일 경우) $M_e = 179.2 \text{ kN-m}$

순높이 $h_o = 3.3(\text{층고}) - 0.6(\text{보춤}) - 0.6(\text{허리벽}) = 2.1 \text{ m}$ (허리벽으로 구속)

양단 모멘트항복시 전단력 $V_p = \frac{179.2 \times 2}{2.1} = 170.7 \text{ kN}$

전단강도 $V_o = V_n = 173.9 \text{ kN}$

→ $V_p/V_o = 170.7/173.9 = 0.98$

90° 갈고리를 가진 폐쇄형 띠철근 사용 : OK

∴ 그룹 ii : 휨전단파괴

② y축 모멘트 방향

평균모멘트강도 (축력비 3%일 경우) $M_e = 179.2 \text{ kN-m}$

순높이 $h_o = 3.3(\text{층고}) - 0.6(\text{보춤}) = 2.7 \text{ m}$

양단 모멘트항복시 전단력 $V_p = \frac{179.2 \times 2}{2.7} = 132.7 \text{ kN}$

전단강도 $V_o = V_n = 173.9 \text{ kN}$

→ $V_p/V_o = 132.7/173.9 = 0.76$

90° 갈고리를 가진 폐쇄형 띠철근 사용 : OK

∴ 그룹 ii : 휨전단파괴

[참조]

| 기둥의 전단강도 및 휨파괴시 전단력 산정 | | |
|------------------------|--|--------------|
| 기둥의 전단강도 (Vn) | $V_n = k_1 \frac{A_v f_y d}{s} + \lambda \left(\frac{0.5 \sqrt{f_{ck}}}{M/Vd} \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.5 \sqrt{f_{ck}} A_g}} \right) 0.8 A_g$ | [요령] 5.4.3.2 |
| 휨파괴시 전단력 | $V_p = \frac{M_{e1} + M_{e2}}{h_o}$ | |

[참조] 요령 표 5.4.1 횡보강근 상세에 따른 RC기둥의 파괴모드 분류

| 전단 강도비 (V_p/V_o) | 135° 갈고리가 사용되고 건축구조기준에서 규정하는 내진상세로 횡보강근이 배근된 경우 | 90° 갈고리를 가진 폐쇄형 띠철근이 사용된 경우 | 그 외(겹침이음된 띠철근 포함) |
|----------------------|---|-----------------------------|-------------------|
| 0.6 이하인 경우 | i) ¹⁾ | ii | ii |
| 0.6 이상 1 이하인 경우 | ii | ii | iii |
| 1 이상인 경우 | iii | iii | iii |

1) 소성힌지구간에서 횡보강근이 $A_v/b_w s \geq 0.002$ 이고 $s/d \leq 0.5$ 인 경우에만 파괴모드 i로 분류할 수 있다. 그 외의 경우 파괴모드 ii로 분류함

- 그룹 I : 휨 파괴(전단 파괴 발생 없이 휨 파괴가 발생하는 경우)
- 그룹 ii : 휨전단 파괴(휨 항복 이후 전단 파괴가 발생하는 경우)
- 그룹 iii: 전단 파괴(휨 항복에 선행하여 전단 파괴가 발생하는 경우)

기존 건축물 내진성능평가 예제집

(2) m 계수

① z축 모멘트 방향

파괴모드: 그룹 ii

축력비: $P/A_g f_{ck} = 0.03 < 0.1$

횡보강근비: $\rho = A_v/b_w s = 0.000891$

전단강도비: $V/b_w d \sqrt{f_{ck}} = 0.44$

여기서, V 는 한계상태해석을 통해 산정된 전단력 = V_p 적용

∴ m 계수:

| IO | LS | CP |
|------|------|------|
| 1.27 | 1.32 | 1.51 |

[참조] 요령 표 5.4.4 철근콘크리트 기둥의 m 계수

| 부재 조건 | m 계수 ^D | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|---------------------------------------|------|------|-----|-----|-----|
| | 성능 수준 | | | | | | |
| | 부재 중요도 | | | | | | |
| | 1차부재 | | 2차부재 | | | | |
| 거주가능 | 인명안전 | 붕괴방지 | 인명안전 | 붕괴방지 | | | |
| 그룹 ii: 휨 항복 후 전단 파괴 ²⁾ | | | | | | | |
| $P/A_g f_{ck}$ ³⁾ | $\rho = A_v/b_w s$ | $V/b_w d \sqrt{f_{ck}}$ ⁴⁾ | | | | | |
| ≤0.1 | ≥0.006 | ≤0.25 | 2 | 2.5 | 3 | 4 | 5 |
| ≤0.1 | ≥0.006 | ≥0.5 | 2 | 2 | 2.5 | 4 | 5 |
| ≥0.6 | ≥0.006 | ≤0.25 | 1.25 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 2 |
| ≥0.6 | ≥0.006 | ≥0.5 | 1.25 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.8 |
| ≤0.1 | ≤0.0005 | ≤0.25 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.6 |
| ≤0.1 | ≤0.0005 | ≥0.5 | 1 | 1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| ≥0.6 | ≤0.0005 | ≤0.25 | 1 | 1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| ≥0.6 | ≤0.0005 | ≥0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

② y축 모멘트 방향

파괴모드: 그룹 ii

축력비: $P/A_g f_{ck} = 0.03$

횡보강근비: $\rho = A_v/b_w s = 0.0018$

전단강도비: $V/b_w d \sqrt{f_{ck}} = 0.34$

∴ m 계수:

| IO | LS | CP |
|------|------|------|
| 1.33 | 1.46 | 1.65 |

4.1.2 보

(1) 보의 강도 및 파괴모드

표 4.2 보의 단면정보

| 부재 위치 | 부재크기(mm) | 주근 | | 전단철근 |
|--------------------|----------|-----|--------------------------|---------|
| 1층 A3-B3 (장변방향) | 300×600 | 양단부 | 상부근: 3-D19 하부근: 2-D19 | D10@200 |
| | | 중앙부 | 상부근: 3-D19 하부근: 4-D19 | D10@300 |
| 1층 B3-B4 (단변방향) | 300×600 | 양단부 | 상부근: 3-D19 하부근: 2-D19 | D10@150 |
| | | 중앙부 | 상부근: 3-D19 하부근: 2-D19 | D10@300 |

① 1층 A3-B3

정방향 $M_e = 134.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$

부방향 $M_e = 197.7 \text{ kN}\cdot\text{m}$

순길이 $l_o = 7.2 - 0.4 = 6.8 \text{ m}$

양단 모멘트항복시 전단력 $V_p = (134.3+197.7)/6.8 = 48.9 \text{ kN}$

전단강도 $V_n = V_c + V_s = 141.4 + 172.8 = 314.2 \text{ kN}$

$\therefore V_n > V_p$ 이므로 횡지배거동

② 1층 B3-B4

정방향 $M_e = 134.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$

부방향 $M_e = 197.7 \text{ kN}\cdot\text{m}$

순길이 $l_o = 3.9 - 0.4 = 3.3 \text{ m}$

양단 모멘트항복시 전단력 $V_p = (134.3+197.7)/3.3 = 100.6 \text{ kN}$

전단강도 $V_n = V_c + V_s = 141.4 + 230.4 = 371.8 \text{ kN}$

$\therefore V_n > V_p$ 이므로 횡지배거동

기존 건축물 내진성능평가 예제집

(2) m계수

① 1층 A3-B3

<지배거동> 횡지배거동

<주철근비>

- $\rho = 0.0052$

- $\rho' = 0.0035$

$$\rho_{bal} = \frac{0.85 \times f_{cke} \times \beta_1}{f_{ye}} \times \frac{\varepsilon_{cu} E_s}{\varepsilon_{cu} E_s + f_{ye}} = 0.0260$$

→ $(\rho - \rho') / \rho_{bal} = 0.0667 < 0.5$

<횡보강근 조건>

- 내진갈고리 있음

- $s = 200 > d/3 = 183.5$

- $V_s = 172.8 < 3/4 \times V_n = 3/4 \times 314.2 = 235.7$

→ 전단철근의 간격이 부재축의 1/3을 초과하며 전단철근에 의한 전단강도가 전체전단강도의 75% 미만이므로 NC에 해당

<전단강도비>

→ $V/b_w d \sqrt{f_{ck}} = 0.0603 < 0.25$

여기서, V 는 한계상태해석을 통해 산정된 전단력 = V_p 적용

∴ m 계수:

| IO | LS | CP |
|----|----|----|
| 2 | 3 | 4 |

② 1층 B3-B4

<지배거동> 횡지배거동

<주철근비>

- $\rho = 0.0052$

- $\rho' = 0.0035$

$$\rho_{bal} = \frac{0.85 \times f_{cke} \times \beta_1}{f_{ye}} \times \frac{\varepsilon_{cu} E_s}{\varepsilon_{cu} E_s + f_{ye}} = 0.0260$$

→ $(\rho - \rho') / \rho_{bal} = 0.0667 < 0.5$

<횡보강근 조건>

- 내진갈고리 있음
- $s = 150 < d/3 = 183.5$
- $V_s = 230.4 < 0.75 V_n = 0.75 \times 372.8 = 279.6$

→ 전단철근에 의한 전단강도가 전체전단강도의 75% 미만이므로 NC에 해당

<전단강도비>

→ $V/b_w d \sqrt{f_{ck}} = 0.124 < 0.25$ (V는 한계상태해석을 통해 산정된 전단력 = V_p)

∴ m 계수:

| | | |
|----|----|----|
| 10 | LS | CP |
| 2 | 3 | 4 |

[참조] 요령 표 5.4.3 철근콘크리트 보의 m 계수

| 부재 조건 | | m 계수 ¹⁾ | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|---------------------------|------|------|------|------|----|
| | | 성능 수준 | | | | | |
| | | 부재 중요도 | | | | | |
| | | 1차부재 | | | 2차부재 | | |
| | | 거주가능 | 인명안전 | 붕괴방지 | 인명안전 | 붕괴방지 | |
| 휨에 의해 지배되는 경우 ²⁾ | | | | | | | |
| $(\rho - \rho')/\rho_{bal}$ | 횡보강근 ³⁾ | $V^4/b_w d \sqrt{f_{ck}}$ | | | | | |
| ≤0.0 | C | ≤0.25 | 3 | 6 | 7 | 6 | 10 |
| ≤0.0 | C | ≥0.5 | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| ≥0.5 | C | ≤0.25 | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| ≥0.5 | C | ≥0.5 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 |
| ≤0.0 | NC | ≤0.25 | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| ≤0.0 | NC | ≥0.5 | 1.25 | 2 | 3 | 2 | 4 |
| ≥0.5 | NC | ≤0.25 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| ≥0.5 | NC | ≥0.5 | 1.25 | 2 | 2 | 2 | 3 |

기존 건축물 내진성능평가 예제집

4.1.3 조적벽

(1) 조적벽의 재료특성

- ① 조적의 상태는 채움벽은 불량, 허리벽은 양호로 가정함.
- ② 조적채움벽(재료상태 불량)과 조적허리벽(재료상태 양호)의 공칭강도(하한값) 및 탄성계수의 기대값은 표 4.3과 같음.
- ③ 재료강도의 기댓값(평균값)은 표 4.3의 1.3배에 해당함.
- ④ 강성산정시에는 탄성계수의 기대값을 사용하며 힘지배거동의 재료강도는 하한값, 변형지배거동의 재료강도는 평균값을 사용함.

표 4.3 조적벽 재료 특성

| 항목 | 조적채움벽(불량) | 조적허리벽(양호) |
|-----------------|-----------|-----------|
| 압축강도(f_m') | 2.1 | 6.2 |
| 전단강도(ν_m) | 0.09 | 0.19 |
| 인장강도 | 0 | 0.14 |
| 탄성계수(E_m) | 546 | 1612 |
| 전단탄성계수(G_m) | 218.4 | 644.8 |

(2) 조적벽의 강성

- ① 예시부재
 - 조적채움벽: A1-B1 (y방향, $L_m = 6800$, $h_m = 2700$, $t_m = 190$)
 - 조적허리벽: C2-C3 (x방향, $L_m = 3500$, $h_m = 600$, $t_m = 190$)

표 4.4 조적채움벽(불량) 강성 산정 - 활선강성 적용

| 항목 | 계산결과 |
|--|--|
| 층고 h_c (mm) | 3300 |
| 조적벽 높이 h_m (mm) | 2700 |
| 조적벽 길이 L_m (mm) | 6800 |
| 조적벽 순수 두께 t_m (mm) | 190 |
| 대각선 길이 d_m (mm) | 7316.4 |
| 스트럿 각도 θ_m (rad) | 0.38 |
| 조적의 탄성계수 E_m (MPa) | 546 |
| 인접기둥의 단면2차모멘트 I_c (mm ⁴) | $\frac{400 \times 400^3}{12} = 2.13 \times 10^9$ |
| 콘크리트강도 (기대강도) (MPa) | $24 \times 1.1 = 26.4$ |
| 콘크리트 탄성계수 E_c (MPa) | $8500 \times 26.4^{\frac{1}{3}} = 25309.7$ |
| $\lambda_m = \left[\frac{E_m t_m \sin 2\theta_m}{4E_c I_c h_m} \right]^{\frac{1}{4}}$ | 0.000591 |
| 조적채움벽 등가스트럿 폭 b_m (mm) | 980.1 |
| $b_m = [0.175(\lambda_m h_c)^{-0.4}] d_m$ | |
| 개구부에 의한 감소율 r_{op} | 1.0 |
| 등가스트럿의 활선강성 k_{ms} (N/mm) | 13897.3 |

표 4.5 조적허리벽(양호) 초기강성 산정

| 항목 | 계산결과 |
|---|---|
| 허리벽 높이 h_m (mm) | 600 |
| 허리벽 길이 L_m (mm) | 3500 |
| 허리벽 순수 두께 t_m (mm) | 190 |
| 대각선 길이 d_m (mm) | 3551.1 |
| 스트럿 각도 θ_m (rad) | 0.17 |
| 조적의 탄성계수 E_m (MPa) | 1612 |
| 조적의 전단탄성계수 G_m (MPa) | 644.8 |
| 허리벽 단면2차모멘트 I_m (mm ⁴) | $\frac{190 \times 3500^3}{12} = 6.788 \times 10^{11}$ |
| 등가 캔틸레버 기둥의 휨강성 K_{fm} (N/mm) | 15198791 |
| 등가 캔틸레버 기둥의 전단강성 K_{vm} (N/mm) | 714653 |
| 휨강성과 전단강성의 조합강성 K_{mi} (N/mm) | 682559 |
| 스트럿방향강성 $K_{mi} / \cos^2 \theta_m$ (N/mm) | 702618 |

기존 건축물 내진성능평가 예제집

(3) 조적벽의 강도

- ① 조적벽 전단강도는 가로줄눈미끄러짐강도, 대각균열강도, 지압강도중 가장 작은 강도에 의해 지배됨. 각 파괴모드의 강도는 표 4.6과 같이 산정됨.
- ② 대각균열파괴와 지압파괴는 힘지배거동이므로 공칭강도를 적용. 가로줄눈강도는 변형지배거동이므로 기대강도를 적용함.
- ③ 채움벽과 허리벽 모두 가로줄눈파괴에 의해 지배됨

표 4.6 조적벽 강도 산정

| 항목 | 조적채움벽 | 조적허리벽 |
|--|--------|--------|
| 조적벽 높이 h_m (mm) | 2700 | 600 |
| 조적벽 길이 L_m (mm) | 6800 | 3500 |
| 조적벽 순수 두께 t_m (mm) | 190 | 190 |
| 대각선 길이 d_m (mm) | 7316.4 | 3551.1 |
| 스트럿 각도 θ_m (rad) | 0.38 | 0.17 |
| 조적전단강도(공칭) (MPa) | 0.09 | 0.19 |
| 조적압축강도(공칭) (MPa) | 2.1 | 6.2 |
| 가로줄눈미끄러짐강도(기대) V_{bjs} (N) | 151164 | 164255 |
| 사인장전단강도 f_{dt} (MPa) $f_{dt} = 0.125 \sqrt{f_m'}$ | 0.181 | 0.311 |
| 대각균열강도 V_{dc} (N) | 234959 | 185057 |
| 지압강도 V_{bm} (N) | 359100 | 235600 |
| 최종 전단강도 V_m (N) | 151164 | 164255 |
| 등가스트럿 환산 축강도 (N) $P = Q / \cos \theta_m$ | 162644 | 166651 |

(4) m계수

① 조적채움벽: A1-B1 (y방향, $L_m = 6800$, $h_m = 2700$, $t_m = 190$)

골조와 채움벽의 강도비, $\beta = V_{frame}/V_m = \frac{(기둥전단강도)173.9}{162.6} = 1.07$

채움벽의 길이/높이 비, $L_m/h_m = \frac{6800}{2700} = 2.51 > 2.0$

∴ m 계수:

| | | |
|----|-----|----|
| IO | LS | CP |
| 1 | 4.5 | NA |

② 조적허리벽: C2-C3 (x방향, $L_m = 3500$, $h_m = 600$, $t_m = 190$)

골조와 채움벽의 강도비 $\beta = V_{frame}/V_m = \frac{(기둥전단강도)173.9}{166.6} = 1.04$

채움벽의 길이/높이 비 $L_m/h_m = \frac{3500}{600} = 5.83 > 2.0$

∴ m 계수:

| | | |
|----|-----|----|
| IO | LS | CP |
| 1 | 4.5 | NA |

기존 건축물 내진성능평가 예제집

[참조]

요령 표 6.1.3 조적채움벽의 m 계수

| 조건 | | 목표성능수준별 m 계수 ¹⁾ | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|------|------|
| 골조와 채움벽의 강도비 $\beta^{2)}$ | 채움벽의 길이/높이비 ³⁾ | 거주가능 | 인명안전 | 붕괴방지 |
| 0.7 미만 | 0.5 | 1.0 | 4.0 | n.a. |
| | 1.0 | 1.0 | 3.5 | n.a. |
| | 2.0 | 1.0 | 3.0 | n.a. |
| 0.7 이상 1.3 미만 | 0.5 | 1.5 | 6.0 | n.a. |
| | 1.0 | 1.2 | 5.2 | n.a. |
| | 2.0 | 1.0 | 4.5 | n.a. |
| 1.3 이상 | 0.5 | 1.5 | 8.0 | n.a. |
| | 1.0 | 1.2 | 7.0 | n.a. |
| | 2.0 | 1.0 | 6.0 | n.a. |

1) 사이값은 선형보간한다.

2) 골조와 채움벽의 강도비 β 는 V_{frame}/V_m 로 산정한다.

3) 채움벽의 길이-높이비는 L_m/h_m 로 산정한다.

4.1.4 조적채움벽의 면외방향검토

- 붕괴방지 검토시 조적채움벽의 면외전도는 성능과 상관이 없으므로 검토하지 않음.
- 인명안전 검토시 해당 건물의 S_{XS} 는 0.425, S_{XI} 는 0.240이며 이때 한계치는 9임.
- 면외전도 검토에서의 예제의 조적의 상태는 양호로 가정함.
- 아래와 같이 조적채움벽은 아치작용을 기대할 수 있는 경우와 아치작용을 기대할 수 없는 경우로 분류하여 검토함.

(1) 아치작용을 기대할 수 있는 경우

<높이 - 두께비 검토>

- ① 검토대상 조적채움벽의 높이-두께비는 14.21으로 한계치를 초과함. 따라서 면외전도에 대한 검토가 필요함.

표 4.7 해당건물 조적채움벽 높이-두께비(h_m/t_m)

| 구분 | 조적높이 (m) | 조적두께 (m) | 높이-두께비 | 검토결과 |
|-----|----------|----------|--------|------|
| 채움벽 | 2.7 | 0.19 | 14.21 | 불만족 |

[참조] 요령 표 6.1.7 아치작용의 요건을 만족하는 조적채움벽의 면외방향 검토를 생략하기 위한 높이-두께비(h_m/t_m) 상한치

| 성능수준 | $S_{XS} < 0.33g$ 또는 $S_{X1} < 0.133g$ | $0.33g \leq S_{XS} < 0.50g$ 또는 $0.133g \leq S_{X1} < 0.20g$ | $0.50g \leq S_{XS}$ 또는 $0.20g \leq S_{X1}$ |
|------|--|--|---|
| 거주가능 | 14 | 13 | 8 |
| 인명안전 | 15 | 14 | 9 |
| 붕괴방지 | 16 | 15 | 10 |

<아치작용 기대 조건>

- ① 채움벽이 보 하단과 밀실하게 접촉되어 있는 경우 아치작용을 기대할 수 있음.
- ② 높이-두께비

$$\frac{h_m}{t_m} = \frac{2.7}{0.19} = 14.21 < 25$$

∴ 아치작용을 기대할 수 있음

<면외강도 검토>

- ① 면외강도(Q_{CL})

$$Q_{CL} = q_{in} A_{in} = \frac{0.7 f'_m \lambda_2}{(h_m/t_m)} A_{in} = \frac{0.7 \times 6.2 \times 0.034}{14.21} \times 6800 \times 190 \times 10^{-3} = 13.4 \text{ kN}$$

- ② 관성력(F_p)

인명안전에 대한 검토시 χ 는 1.3를 적용함.

$$F_p = 0.4 \chi S_{XS} W_p = 0.4 \times 1.3 \times 0.425 \times 4.52 \times 6.8 \times 2.7 = 18.3 \text{ kN}$$

여기서, W_p (m²당 중량) = $\gamma \times t = 20 \times 0.226 = 4.52 \text{ kPa}$

단위 중량 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

1.0B인 경우 두께는 $190 \text{ mm} + 2 \times 18 \text{ mm}$ (양측 미장) = 226 mm

표 4.8 해당건물 면외강도 검토

| | 높이-두께비 | 면외강도(Q_{CL}) (kN) | 관성력(F_p) (kN) | 검토결과 |
|------|--------|-----------------------|-------------------|------|
| 인명안전 | 14.21 | 13.4 | 18.3 | 불만족 |

∴ 채움벽은 면외전도에 대해 안전하지 못함.

기존 건축물 내진성능평가 예제집

[참조]

해당 예제의 면외전도검토는 아래의 측면에서 상당히 보수적인 평가임.

* 조적의 두께: 강도산정시 조적두께는 미장을 무시하고 조적조 1.0B 두께에 해당하는 190mm를 적용하였으나 무게 산정시에는 양쪽면의 미장을 고려하여 226 mm 로 산정함.

면외전도검토 시 현장조사 및 상태조사를 기반으로 한 공학적 판단을 통해 이보다 높은 값을 적용할 수 있음.

(2) 아치작용을 기대할 수 없는 채움벽의 면외방향 검토

① 단열재로 인해 상부보와 조적채움벽 사이에 이격이 있어 아치작용을 기대할 수 없는 경우 면외전도 검토결과는 아래와 같음.

- 요령 6.1.5 (5) ③에 따라 조적채움벽을 수직 캔틸레버로 간주하고 횡 균열이 발생하는 수평하중을 면외방향 하중작용 시의 강도로 결정함.
- 요령 6.1.1.2 또는 6.1.1.3에 따른 채움벽의 설계기준 인장강도를 적용함. 4면 고정접합을 가정하기 위해서는 현장조사를 통해 조적벽체와 골조의 경계면에 이격(gap)이 존재하지 않는 것을 확인하여야 하며, 확인하지 않는 경우 하부면만 접합된 것으로 가정하고 캔틸레버로 거동하는 것으로 가정함.

| 항목 | 평가결과 | 비고 |
|-----------------------|----------|--|
| 지역계수 S | 0.176 | - |
| 지반종류 | S_4 | - |
| 단주기 지반증폭계수 F_a | 1.448 | - |
| 인명안전 검토시 S_{XS} (g) | 0.425 | 재현주기 1000년, $\frac{2}{3} \times S \times 2.5 \times F_a$ |
| z/h | 1.0 | 최상부 기준 |
| W_p (단위면적당 중량) | 4.52 kPa | (단위 중량) * (두께) |
| a_p (증폭계수) | 1 | KDS 41 17 표18.3-1의 “내부 비구조벽체 및 칸막이벽 - 비보강 조적벽” |
| R_p (반응수정계수) | 1.5 | |
| Ω_p (초과강도계수) | 1.5 | |

㉞ 비구조요소용 수평지진하중

$$F_p = \frac{0.4a_p S_{XS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \left(1 + 2\frac{z}{h}\right) = \frac{0.4(1.0)(0.425)(4.52 \text{ kN/m}^2)}{\left(\frac{1.5}{1.0}\right)} (1 + 2) = 1.54 \text{ kN/m}^2$$

여기서, 인명안전에 해당 I_p 는 1.0임.(피난경로 상에 위치한 경우 1.5 적용)

㉔ 최대 인장응력

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{5610N \cdot m}{0.008513m^3} = 0.66 MPa$$

여기서,

단위 폭 m 당 소요휨모멘트(측면지지가 없는 경우),

$$M_u = \frac{w_u l^2}{2} = \frac{1.54 \text{ kN/m} \times (2.7\text{m})^2}{2} = 5.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

단면계수,

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{1.0 \times (0.19 + 2 \times 0.018)^2}{6} = 0.008513m^3/m$$

조적의 휨인장강도는 0.14 MPa 이나 상부의 자중에 의한 압축응력을 반영할 수 있음. 이 때 자중효과는 하중조합 0.9D + 1.0E 의 취지를 반영하여 0.9배만 고려함.

$$f_t = 0.14MPa + 0.9 \times (20 \text{ kN/m}^3 \times 2.7\text{m})/1000 = 0.19MPa < 0.66 MPa$$

∴ 채움벽은 면외전도에 대해 안전하지 못함.

4.2 구조해석모델

- (1) 조적채움벽과 허리벽은 트러스 요소를 사용한 등가스트럿을 X 형태로 배치하여 모델링함.
- (2) 등가스트럿은 양방향 (X 형태)로 모델링하므로 각 스트럿은 위에서 산정한 수치의 절반에 해당하는 강성을 가지도록 모델링하였음.
- (3) 지중보와 주각을 모델링하고 기둥하부(기초) 절점은 핀지지로 가정하여 모델링함.

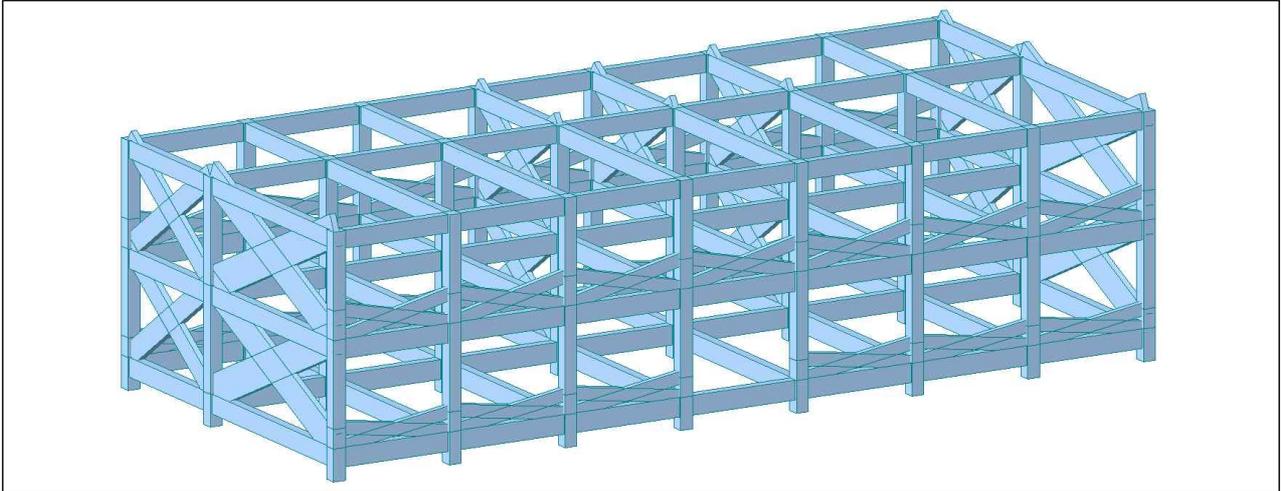


그림 4.2 3D 뷰

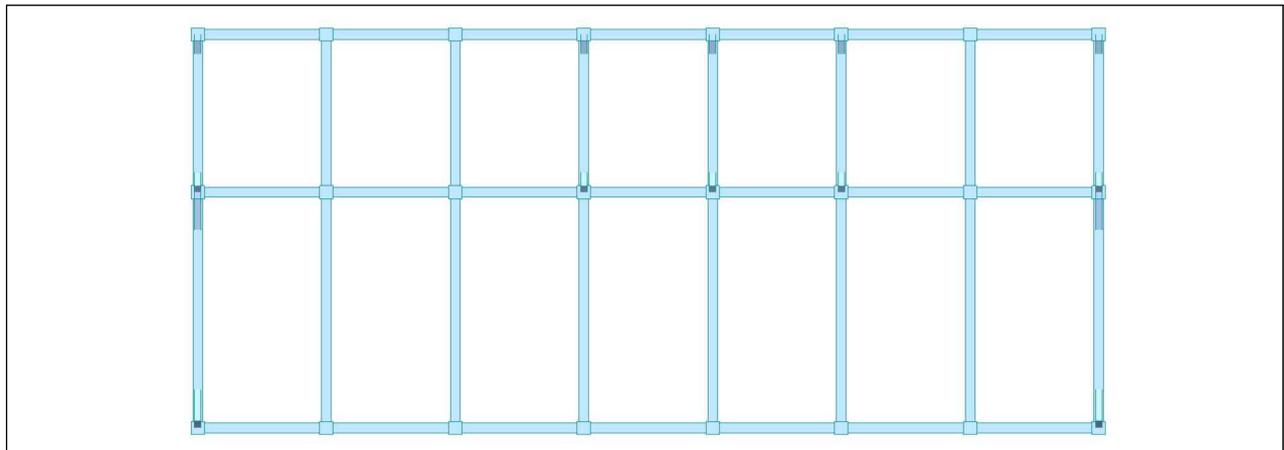


그림 4.3 평면

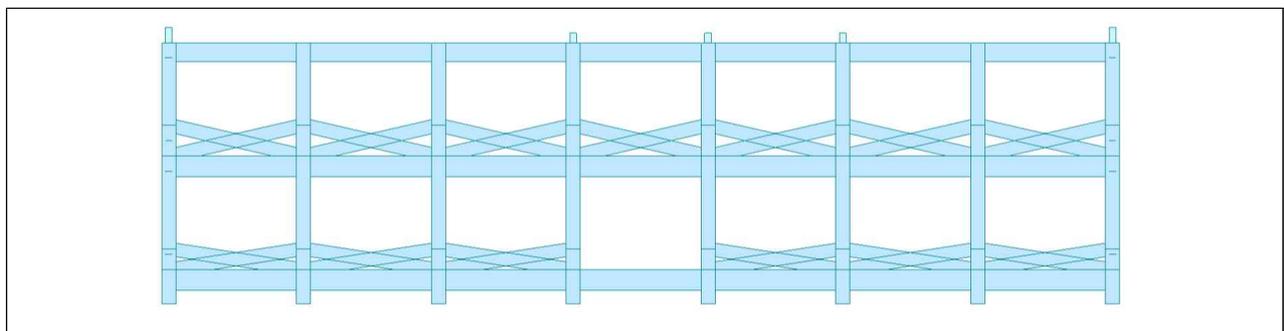


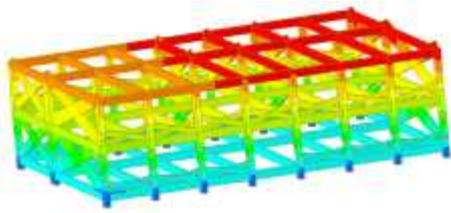
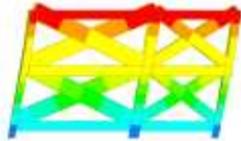
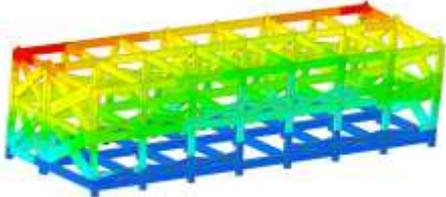
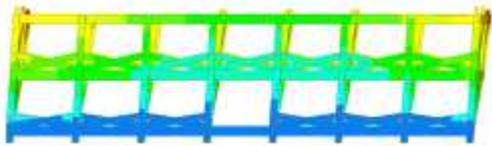
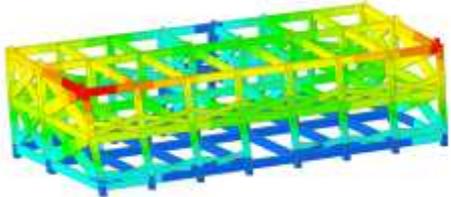
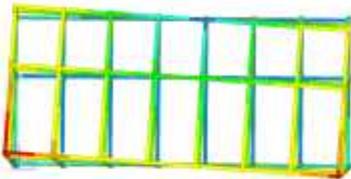
그림 4.4 입면

4.3 고유치해석결과

표 4.9 고유치 해석 결과

| 모드 | 주기 (초) | 질량참여율 (%) | | |
|-------|--------|-----------|------|-------|
| | | X방향 | Y방향 | 비틀림 |
| 1 | 0.437 | 0.01 | 94.2 | 0.17 |
| 2 | 0.336 | 74.28 | 0.11 | 19.67 |
| 3 | 0.312 | 19.83 | 0.18 | 73.76 |
| 누적참여율 | | 94.5 | 94.3 | 94.5 |

표 4.10 고유치 해석 결과 및 모드 형상

| | |
|---|--|
|  |  |
| 1차모드 | 1차 모드 |
|  |  |
| 2차모드 | 2차모드 |
|  |  |
| 3차모드 | 3차모드 |

5. 평가절차 적용제한 검토

5.1 선형절차의 적용제한 조건 검토

- (1) 선형절차는 구조물에 비정형성이 없고 비탄성 거동이 크지 않으며 비교적 균등히 발생하는 경우에만 사용할 수 있으며 요령에서는 부재별 축력, 휨모멘트, 전단력 등 모든 작용력의 DCR이 3.0 혹은 부재별 m 계수를 초과하는 경우, 약층비정형과 비틀림강도비정형 중 하나라도 해당된다면 사용할 수 없도록 하고 있음.
- (2) 작용력의 DCR은 선형절차에 따른 해석을 수행한 후 부재별로 요령 식 (4.2.1)에 의해 산정함.

$$DCR = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \quad \text{요령 식 (4.2.1)}$$

여기서, Q_{UD} 는 선형절차의 하중조합에 의해 발생하는 부재력, $Q_{UD} = Q_G + Q_E$ 이고, Q_{CE} 는 평균재료강도를 사용하여 산정한 부재의 기대강도임.

- (3) 표 5.1은 2400년 재현주기 지진시 기둥부재의 부재력과 강도를 나타낸 표로 부재력은 해석에 사용된 64개 하중조합중 최대값임. 표 5.2는 표 5.1의 부재력과 강도를 사용하여 산정한 DCR과 부재의 m 계수를 나타낸 표로서 기둥부재에서 DCR값은 선형절차 적용제한 조건을 위배하지 않음을 나타냄.
- (4) 표 5.3과 표 5.4는 보 부재에 대한 부재력과 강도, DCR을 검토한 표로 보부재에서도 DCR값은 선형절차 적용제한 조건을 위배하지 않음을 나타냄.
- (5) 1000년 지진작용시 부재력은 2400년 지진보다 작을 것이므로 1000년 지진에 대한 검토는 필요하지 않음.

∴ 모든 부재에서 DCR이 3.0을 초과하지 않고, 선형절차에서 제시하는 m 계수를 초과하지 않으므로 약층비정형과 비틀림강도비정형을 검토할 필요 없이 선형절차를 적용할 수 있음.

표 5.1 기둥 검토: 부재력과 강도

| 부재 번호 | Demand | | | | | Capacity | | | | |
|-------|------------|------------|---------|----------|----------|------------|------------|---------|----------|----------|
| | Muy (kN·m) | Muz (kN·m) | Pu (kN) | Vuy (kN) | Vuz (kN) | Mey (kN·m) | Mez (kN·m) | Pn (kN) | Vny (kN) | Vnz (kN) |
| 406 | 239.71 | 285.81 | 551.11 | 217.29 | 105.432 | 204.27 | 204.27 | 3307.23 | 130.92 | 130.92 |
| 412 | 233.91 | 278.93 | 550.36 | 212.47 | 102.006 | 203.11 | 203.11 | 3307.23 | 130.31 | 130.31 |
| 424 | 236.49 | 275.93 | 791.28 | 211.43 | 103.44 | 213.98 | 213.98 | 3307.23 | 135.97 | 135.97 |
| 436 | 240.71 | 292.77 | 566.52 | 223.1 | 106.026 | 201.59 | 201.59 | 3307.23 | 129.53 | 129.53 |
| 454 | 284.02 | 125.91 | 499.97 | 157.83 | 185.154 | 189.79 | 189.79 | 3307.23 | 123.38 | 123.38 |
| 455 | 263.74 | 119.41 | 420.26 | 143.48 | 171.666 | 193.74 | 193.74 | 3307.23 | 125.43 | 125.43 |
| 456 | 282.25 | 122.43 | 477.09 | 154.02 | 182.826 | 188.5 | 188.5 | 3307.23 | 122.71 | 122.71 |
| 457 | 262.15 | 116.16 | 393.91 | 140.04 | 169.578 | 191.63 | 191.63 | 3307.23 | 124.34 | 124.34 |
| 458 | 225.14 | 113.2 | 390.22 | 137.49 | 154.47 | 190.86 | 190.86 | 3307.23 | 123.94 | 123.94 |
| 460 | 262.13 | 117.38 | 396.47 | 142.12 | 169.53 | 190.51 | 190.51 | 3307.23 | 123.76 | 123.76 |
| 461 | 264.1 | 121.51 | 424.93 | 146.68 | 171.972 | 188.84 | 188.84 | 3307.23 | 122.89 | 122.89 |
| 462 | 237.47 | 116.89 | 751.33 | 145.56 | 161.19 | 197.69 | 197.69 | 3307.23 | 127.49 | 127.49 |
| 531 | 225.41 | 113.12 | 391.24 | 137.16 | 154.566 | 191.13 | 191.13 | 3307.23 | 124.08 | 124.08 |
| 546 | 243.52 | 128.44 | 520.36 | 161.79 | 167.982 | 189.38 | 189.38 | 3307.23 | 123.17 | 123.17 |

표 5.2 기둥 DCR 검토

| 부재 번호 | DCR | | | | | m_y (CP) | m_z (CP) | 판정 |
|-------|---------|---------|-------|---------|---------|----------|----------|----|
| | Muy/Mey | Muz/Mez | Pu/Pn | Vuy/Vny | Vuz/Vnz | | | |
| 406 | 1.17 | 1.40 | 0.17 | 1.63 | 0.81 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 412 | 1.15 | 1.37 | 0.17 | 1.63 | 0.78 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 424 | 1.11 | 1.29 | 0.24 | 1.55 | 0.76 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 436 | 1.19 | 1.45 | 0.17 | 1.63 | 0.82 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 454 | 1.50 | 0.66 | 0.15 | 1.28 | 1.50 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 455 | 1.36 | 0.62 | 0.13 | 1.14 | 1.37 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 456 | 1.50 | 0.65 | 0.14 | 1.26 | 1.49 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 457 | 1.37 | 0.61 | 0.12 | 1.13 | 1.36 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 458 | 1.18 | 0.59 | 0.12 | 1.11 | 1.25 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 460 | 1.38 | 0.62 | 0.12 | 1.15 | 1.37 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 461 | 1.40 | 0.64 | 0.13 | 1.19 | 1.40 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 462 | 1.20 | 0.59 | 0.23 | 1.14 | 1.26 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 531 | 1.18 | 0.59 | 0.12 | 1.11 | 1.25 | 1.65 | 1.51 | OK |
| 546 | 1.29 | 0.68 | 0.16 | 1.31 | 1.36 | 1.65 | 1.51 | OK |

기존 건축물 내진성능평가 예제집

표 5.3 보 검토: 부재력과 강도

| 부재번호 | Demand | | | | Capacity | | |
|------|------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------|
| | Mu (i) (kN·m) | Mu (j) (kN·m) | Vu (i) (kN) | Vu (j) (kN) | Me (i) (kN·m) | Me (j) (kN·m) | Vn (kN) |
| 83 | 161.7 | 161.7 | 84.2 | 114.5 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 84 | 155.2 | 152.7 | 77.2 | 116.0 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 88 | 166.4 | 164.8 | 79.8 | 138.7 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 89 | 167.8 | 169.3 | 83.8 | 129.5 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 93 | 179.7 | 178.1 | 91.3 | 134.7 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 94 | 173.1 | 172.3 | 87.5 | 126.1 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 101 | 189.5 | 181.7 | 24.9 | 138.0 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 102 | 323.3 | 329.6 | 112.2 | 242.8 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 103 | 190.6 | 183.2 | 25.2 | 138.2 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 104 | 341.5 | 347.7 | 134.9 | 218.0 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 105 | 199.8 | 191.9 | 27.9 | 140.9 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 106 | 345.3 | 351.9 | 126.7 | 239.2 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 113 | 151.4 | 151.4 | 75.7 | 114.5 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |
| 114 | 156.6 | 165.4 | 81.0 | 119.8 | 131.2 | 193.2 | 234.6 |

표 5.4 보 DCR 검토

| 부재번호 | DCR | | | | m 계수 (CP) | 판정 |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|----|
| | Mu(i)/Me(i) | Mu(j)/Me(j) | Vu(i)/Vn(i) | Vu(j)/Vn(j) | | |
| 83 | 1.23 | 0.84 | 0.36 | 0.49 | 4 | OK |
| 84 | 1.18 | 0.79 | 0.33 | 0.49 | 4 | OK |
| 88 | 1.27 | 0.85 | 0.34 | 0.59 | 4 | OK |
| 89 | 1.28 | 0.88 | 0.36 | 0.55 | 4 | OK |
| 93 | 1.37 | 0.92 | 0.39 | 0.57 | 4 | OK |
| 94 | 1.32 | 0.89 | 0.37 | 0.54 | 4 | OK |
| 101 | 1.44 | 0.94 | 0.11 | 0.59 | 4 | OK |
| 102 | 2.46 | 1.71 | 0.48 | 1.04 | 4 | OK |
| 103 | 1.45 | 0.95 | 0.11 | 0.59 | 4 | OK |
| 104 | 2.60 | 1.80 | 0.58 | 0.93 | 4 | OK |
| 105 | 1.52 | 0.99 | 0.12 | 0.60 | 4 | OK |
| 106 | 2.63 | 1.82 | 0.54 | 1.02 | 4 | OK |
| 113 | 1.15 | 0.78 | 0.32 | 0.49 | 4 | OK |
| 114 | 1.19 | 0.86 | 0.35 | 0.51 | 4 | OK |

5.2 선형정적절차 적용 제한조건 검토

(1) 요령 “4.2.3 선형정적절차의 적용 제한” 에 따라 5개 요구조건을 검토함 (표 5.5).

표 5.5 선형정적절차 적용제한 검토

| 요구조건 | 판정 |
|---|---|
| (1) 건물의 기본주기 $T < 3.5 T_s (= S_{x1}/S_{xs})$ | (만족) $T = 0.28s < 3.5 T_s = (3.5)0.565 = 1.98s$ |
| (2) 수평치수의 변화율이 140%이내 (옥탑층은 제외) | (만족) 두 층의 수평치수가 동일 |
| (3) 비틀림 강성 비정형(임의 층 평면내 임의점에서 최대 변위가 평균변위의 150%를 초과) 없음 | (만족) 표 5.6 참조 |
| (4) 수직 강성 비정형(옥탑층을 제외한 임의 층의 평균 변형각이 인접한 상부층 혹은 하부층의 평균변형각의 150%를 초과)없음 | (만족) 표 5.6 참조 |
| (5) 지진력 저항시스템은 서로 직교경우 | (만족) 지진력 저항시스템은 직교 |

(2) 표 5.6의 층간변형각은 비틀림 강성, 수직 강성 비정형 항목에 대한 적용제한 검토를 위한 것으로 2400년 재현주기 지진을 적용하였을 때 모든 하중조합중 최대값임.

표 5.6 층간변형각

| 층 | 최대층간변형각 | 평균층간변형각 | 비틀림강성비정형 검토 |
|-------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| RF | 0.0066 | 0.0055 | $0.0066/0.0055 = 1.20 < 1.5$ |
| 2F | 0.0084 | 0.0071 | $0.0084/0.0071 = 1.18 < 1.5$ |
| 수직강성 비정형 검토 | $0.0084/0.0066=1.27 < 1.5$ | $0.0071 < 0.0055 = 1.29 < 1.5$ | |

∴ 요구조건을 모두 만족하므로 선형정적절차 적용 가능

6. 성능수준 판정

6.1 중력하중저항능력 검토

- 부재별 해석 및 평가결과(재현주기별, 하중조합별, 층별 부재의 해석결과, m계수, 부재별 성능수준)는 8장 <부록>에 수록함. 부재별 평가결과를 바탕으로 요령 4.6 에 따라 지진후 중력하중저항능력을 판정함.
- 수직부재와 수평부재로 나누어 성능수준별로 부재가 부담하고 있는 중력하중의 비율을 산정함. 조적채움벽 등가가새는 중력하중을 지지하지 않아 중력하중저항능력 산정시 포함되지 않음. 하지만 조적채움벽이 면내로 파괴되거나 혹은 면외로 전도될 경우 전체 구조물은 거주가능과 인명안전의 성능수준을 만족하지 못하는 것으로 판정하며 붕괴방지일 경우, 조적채움벽의 파괴는 전체 건물의 성능수준 판정에 고려하지 않음.
- 중력하중저항능력은 각 하중조합별로 검토되고 그중 가장 불리한 하중조합의 결과가 구조물 전체의 성능수준으로 결정되어야 함. 하지만 하중조합의 수가 매우 많아 결과 표시에 번거로움을 감안하여 아래 표와 같이 먼저 부재별로 모든 하중조합 중 가장 불리한 경우를 대상으로 검토를 수행하였음.

6.1.1 2400년 재현주기 지진작용시 붕괴방지 만족여부 검토

표 6.1 수직부재 중력하중저항능력 검토 (모든 하중조합)

| 층 | 높이 (m) | 하중 조합 | I0 | LS | CP | 붕괴 부재 수 | 판정 |
|----|--------|-------|------|------|------|---------|----|
| 2층 | 6.60 | ALL | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 16 | NG |
| 1층 | 3.30 | ALL | 0.28 | 0.45 | 0.48 | 20 | NG |

표 6.2 수평부재 중력하중저항능력 검토 (모든 하중조합)

| 층 | 높이 (m) | 하중 조합 | I0 | LS | CP | 붕괴 부재 수 | 판정 |
|-----|--------|-------|------|-----|-----|---------|----|
| 지붕층 | 6.60 | ALL | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0 | OK |
| 2층 | 3.30 | ALL | 0.73 | 1.0 | 1.0 | 0 | OK |

- 모든 하중조합중 불리한 결과를 사용한 평가결과 수직부재가 목표성능을 만족하지 못하므로 개별 하중조합별 검토를 추가로 수행함.
- 표 6.3은 하중조합 $LC1 = 1.1(D+0.25L)+1.0(Exo+Exacc)+0.3(Eyo+Eyacc)$ 의 부재력만을 사용한 검토결과로 수직부재 중력하중저항능력이 목표성능을 만족하고 못하는 것으로 나타남.

표 6.3 수직부재 중력하중저항능력 검토 (하중조합 LC1)

| 층 | 높이 (m) | 하중 조합 | I0 | LS | CP | 붕괴 부재 수 | 판정 |
|----|--------|-------|------|------|------|---------|----|
| 2층 | 6.60 | LC1 | 0.71 | 0.71 | 0.71 | 10 | NG |
| 1층 | 3.30 | LC1 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 15 | NG |

표 6.4 수평부재 중력하중저항능력 검토 (하중조합 LC1)

| 층 | 높이 (m) | 하중 조합 | I0 | LS | CP | 붕괴 부재 수 | 판정 |
|-----|--------|-------|-----|-----|-----|---------|----|
| 지붕층 | 6.60 | LC1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0 | OK |
| 2층 | 3.30 | LC1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0 | OK |

∴ 따라서 대상건물은 2400년 재현주기 지진시 붕괴방지의 성능을 만족하지 못하는 것으로 판정함.

6.1.2 1000년 재현주기 지진 작용시 인명안전 만족여부 검토

표 6.5 수직부재 중력하중저항능력 검토 (모든 하중조합)

| 층 | 높이 (m) | 하중 조합 | I0 | LS | CP | 붕괴 부재 수 | 판정 |
|----|--------|-------|-----|-----|-----|---------|----|
| 2층 | 6.60 | ALL | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0 | OK |
| 1층 | 3.30 | ALL | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0 | OK |

표 6.6 수평부재 중력하중저항능력 검토 (모든 하중조합)

| 층 | 높이 (m) | 하중 조합 | I0 | LS | CP | 붕괴 부재 수 | 판정 |
|-----|--------|-------|-----|-----|-----|---------|----|
| 지붕층 | 6.60 | ALL | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0 | OK |
| 2층 | 3.30 | ALL | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0 | OK |

표 6.7 조적채움벽 검토 (모든 하중조합)

| 층 | 하중 조합 | LS 만족여부(개) | | 판정 |
|----|-------|------------|-----|----|
| | | 만족 | 불만족 | |
| 2층 | ALL | 7 | 0 | OK |
| 1층 | ALL | 7 | 0 | OK |

기존 건축물 내진성능평가 예제집

- 1000년 재현주기지진에 대해서는 모든 부재의 중력하중저항능력이 인명안전의 목표성능을 만족함.
- 기둥, 보 부재는 인명안전 이상의 성능을 보유하고 있으며 조적채움벽의 파괴도 발생하지 않음

∴ 대상건물은 1000년 재현주기 지진시 인명안전의 성능을 만족하는 것으로 판단함.

6.2 층간변형각기준에 따른 성능수준 판정

- 층간변형각은 요령 “4.6 성능수준의 판정” 에서 <표 4.6.1>항목에 따라 평가하였음.

6.2.1 2400년 재현주기 지진작용시 붕괴방지 만족여부 검토

표 6.8 층간변형각(2400년 재현주기)

| 층 | X방향 | | Y방향 | |
|----|---------|----------------------|---------|----------------------|
| | 최대층간변형각 | 허용기준 | 최대층간변형각 | 허용기준 |
| RF | 0.0038 | 0.015의 70%=0.0105 | 0.0073 | 0.015의 70%=0.0105 |
| 2F | 0.0051 | 0.015의 70%=0.0105 | 0.0090 | 0.015의 70%=0.0105 |

6.2.2 1000년 재현주기 지진 작용시 인명안전 만족여부 검토

표 6.9 층간변형각(1000년 재현주기)

| 층 | X방향 | | Y방향 | |
|----|---------|-----------------|---------|-----------------|
| | 최대층간변형각 | 허용기준 | 최대층간변형각 | 허용기준 |
| RF | 0.0026 | 0.01의 70%=0.007 | 0.0051 | 0.01의 70%=0.007 |
| 2F | 0.0035 | 0.01의 70%=0.007 | 0.0062 | 0.01의 70%=0.007 |

∴ 층간변형각 기준에 따른 평가결과 두 가지 성능목표를 모두 만족함.

7. 기초 안전성 평가

- (1) 2400년 재현주기 지진 작용시 기둥 하단부에 작용하는 축력(최대 소요반력)과 기대지지력의 비를 나타내면 표 7.1과 같음.
- (2) 기초의 기대지지력(q_e)은 요령 “8.3 (1)” 의 식 (8.3.1)에 따라 허용지지력(q_{all})의 3배로 가정함
- (3) 허용지지력(q_{all})은 요령 “8.3 (2)” 에 따라 고정하중의 1.0배와 활하중의 0.25배를 적용한 경우의 기초반력을 허용지지력으로 사용함.

표 7.1 기초 검토 (압축내력)

| 부재번호 | 최대압축하중 (KN) | 허용지지력 (KN) | 기대지지력 (KN) | DCR (압축) | 압축력 검토 |
|------|-------------|------------|------------|----------|--------|
| 631 | 832.8 | 517.5 | 1552.6 | 0.54 | OK |
| 632 | 1349.6 | 769.3 | 2307.9 | 0.58 | OK |
| 633 | 1070.4 | 652.5 | 1957.6 | 0.55 | OK |
| 634 | 1374.2 | 812.0 | 2436.1 | 0.56 | OK |
| 635 | 812.3 | 514.1 | 1542.4 | 0.53 | OK |
| 636 | 812.6 | 510.2 | 1530.5 | 0.53 | OK |
| 637 | 780.9 | 273.5 | 820.6 | 0.95 | OK |
| 638 | 1261.0 | 523.5 | 1570.5 | 0.80 | OK |
| 639 | 1075.1 | 393.7 | 1181.1 | 0.91 | OK |
| 640 | 1373.1 | 561.0 | 1683.1 | 0.82 | OK |
| 641 | 743.1 | 275.1 | 825.2 | 0.90 | OK |
| 642 | 776.3 | 270.8 | 812.5 | 0.96 | OK |
| 643 | 615.7 | 352.3 | 1056.9 | 0.58 | OK |
| 644 | 586.5 | 357.4 | 1072.1 | 0.55 | OK |
| 645 | 620.3 | 360.1 | 1080.3 | 0.57 | OK |
| 646 | 620.2 | 351.4 | 1054.2 | 0.59 | OK |
| 647 | 589.7 | 357.2 | 1071.5 | 0.55 | OK |
| 648 | 628.9 | 360.1 | 1080.3 | 0.58 | OK |
| 649 | 929.3 | 453.9 | 1361.8 | 0.68 | OK |
| 650 | 930.2 | 453.2 | 1359.5 | 0.68 | OK |
| 651 | 1031.5 | 299.7 | 899.1 | 1.15 | NG |
| 652 | 1067.8 | 212.1 | 636.4 | 1.68 | NG |
| 653 | 1095.6 | 217.7 | 653.0 | 1.68 | NG |
| 654 | 1032.8 | 299.7 | 899.2 | 1.15 | NG |

기존 건축물 내진성능평가 예제집

- (4) 2400년 재현주기 지진 작용시 기둥 하단부에 작용하는 인발력과 과 기대지지력의 비를 나타내면 표 7.2와 같음.
- (5) 인발에 대한 기대지지력은 기초의 무게와 기초상부의 흙의 무게를 합산하여 산정함
- (6) 예제구조물의 경우 기초판의 치수는 2.0 m X 2.0 m X 0.5 m 이고 기초판 상부의 흙의 높이는 2.0m 로 가정하였음. 따라서 인발에 대한 기대지지력은 $(2.0 \times 2.0 \times 0.5 \times 24) + (2.0 \times 2.0 - 0.4 \times 0.4) \times 18 \times 2.0 = 186.24 \text{ kN}$

표 7.2 기초 검토 (인발력)

| 부재번호 | 최대인발력 (kN) | 인발내력 (kN) | DCR (인발) | 인발력 검토 |
|------|------------|-----------|----------|--------|
| 631 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 632 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 633 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 634 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 635 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 636 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 637 | -246.1 | 186.24 | 1.32 | NG |
| 638 | -229.6 | 186.24 | 1.23 | NG |
| 639 | -312.1 | 186.24 | 1.68 | NG |
| 640 | -275.8 | 186.24 | 1.48 | NG |
| 641 | -205.2 | 186.24 | 1.10 | NG |
| 642 | -246.9 | 186.24 | 1.33 | NG |
| 643 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 644 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 645 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 646 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 647 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 648 | 0 | 186.24 | 0 | OK |
| 649 | -37.5 | 186.24 | 0.20 | OK |
| 650 | -39.9 | 186.24 | 0.21 | OK |
| 651 | -441.4 | 186.24 | 2.37 | NG |
| 652 | -649.7 | 186.24 | 3.49 | NG |
| 653 | -666.5 | 186.24 | 3.58 | NG |
| 654 | -442.7 | 186.24 | 2.38 | NG |

8. 최종 평가결과

- (1) 2400년 재현주기 지진 작용시 층간변형각 기준은 만족하였으나 중력하중저항능력은 기동부재의 파괴에 의해 붕괴방지의 성능수준을 만족하지 못함. 또한 일부 기초는 압축과 인발 모두 저항력이 부족한 것으로 평가됨. 따라서 목표성능인 붕괴방지를 만족하지 못하는 것으로 판정됨.
- (2) 1000년 재현주기 지진 작용시 골조부재의 중력하중저항능력과 층간변형각은 기준을 만족함. 또한 조적채움벽 등가스트럿에도 파괴가 발생하지 않음. 그러나 면외전도 검토에 대해서는 부분적으로 인명안전의 목표성능을 불만족하는 것으로 확인됨.

표 8.1 최종 평가결과

| 해석 방법 | 성능 목표 | 방향 | 중력하중저항능력 | 붕괴부재 | 허용층간변형각 | 조적벽 안전성 | 기초 안전성 | 평가결과 | 비고 |
|----------|-------|-----|----------|------|---------|---------|--------|------|----|
| 선형 정적 해석 | 인명 안전 | X 축 | 만족 | - | 만족 | 불만족 | - | 불만족 | |
| | | Y 축 | | | 만족 | 불만족 | - | 불만족 | |
| | 붕괴 방지 | X 축 | 불만족 | 불만족 | 만족 | - | 불만족 | 불만족 | |
| | | Y 축 | | | 만족 | - | 불만족 | 불만족 | |

기존 건축물 내진성능평가 예제집

<부록> 부재별 성능수준 평가 결과

표1. 기동부재 성능수준 검토 테이블 예시: 하중조합(LC1), 2400년(붕괴방지)), 단위: kN, m

표1의 모멘트 DCR은 다음 수식에 의한 값임. α 는 원형 및 정사각형 단면일 경우 1.75, 직사각형 단면일 경우 1.5

$$DCR = \left(\frac{M_x}{m_x M_{ex}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_y}{m_y M_{ey}} \right)^\alpha$$

| 층 | 부재번호 | 절점 | Demand | | Capacity | | m계수 (CP) | | Pu | Vuy | Vuz | Pn | Vcy | Vcz | Moment | Pu/Pn | Vuy/Vny | Yuz/Vnz | 판정 |
|----|------|----|--------|-------|----------|-------|----------|-----|-------|-------|------|--------|-------|-------|--------|-------|---------|---------|----|
| | | | Muy | Muz | Mey | Mex | m_y | m_z | | | | | | | | | | | |
| 2F | 407 | I | 111.1 | -68.2 | 181.5 | 181.5 | 1.6 | 1.6 | 206.7 | -26.4 | 36.0 | 3307.2 | 120.1 | 120.1 | 0.27 | 0.06 | 0.22 | 0.3 | OK |
| 2F | 407 | J | -131.8 | 80.9 | 179.5 | 179.5 | 1.6 | 1.6 | 194.2 | -26.4 | 36.0 | 3307.2 | 119.4 | 119.4 | 0.36 | 0.06 | 0.22 | 0.3 | OK |
| 2F | 413 | I | 101.7 | -73.1 | 181.1 | 181.1 | 1.6 | 1.6 | 207.7 | -32.0 | 31.8 | 3307.2 | 120.0 | 120.0 | 0.25 | 0.06 | 0.27 | 0.26 | OK |
| 2F | 413 | J | -123.9 | 87.1 | 179.2 | 179.2 | 1.6 | 1.6 | 195.2 | -32.0 | 31.8 | 3307.2 | 119.3 | 119.3 | 0.35 | 0.06 | 0.27 | 0.27 | OK |
| 2F | 437 | I | 111.6 | -93.1 | 180.1 | 180.1 | 1.6 | 1.6 | 209.8 | -54.5 | 36.4 | 3307.2 | 119.6 | 119.6 | 0.33 | 0.06 | 0.46 | 0.3 | OK |
| 2F | 437 | J | -132.3 | 110.4 | 178.2 | 178.2 | 1.6 | 1.6 | 197.4 | -54.5 | 36.4 | 3307.2 | 118.9 | 118.9 | 0.45 | 0.06 | 0.46 | 0.31 | OK |
| 2F | 480 | I | 140.5 | -8.9 | 169.2 | 169.2 | 1 | 1 | 98.3 | -16.0 | 55.9 | 3307.2 | 115.8 | 115.8 | 0.73 | 0.03 | 0.14 | 0.48 | OK |
| 2F | 480 | J | -172.6 | 51.4 | 167.8 | 167.8 | 1 | 1 | 89.3 | -16.0 | 55.9 | 3307.2 | 115.3 | 115.3 | 1.18 | 0.03 | 0.14 | 0.48 | NG |
| 2F | 481 | I | 165.9 | 14.7 | 173.6 | 173.6 | 1 | 1 | 135.9 | 39.1 | 99.1 | 3307.2 | 117.3 | 117.3 | 0.94 | 0.04 | 0.33 | 0.84 | OK |
| 2F | 481 | J | -202.6 | -38.1 | 172.2 | 172.2 | 1 | 1 | 126.8 | 39.1 | 99.1 | 3307.2 | 116.8 | 116.8 | 1.4 | 0.04 | 0.33 | 0.85 | NG |
| 2F | 482 | I | 138.3 | -9.6 | 170.0 | 170.0 | 1 | 1 | 99.6 | -19.9 | 51.8 | 3307.2 | 116.1 | 116.1 | 0.7 | 0.03 | 0.17 | 0.45 | OK |
| 2F | 482 | J | -161.8 | 55.9 | 168.6 | 168.6 | 1 | 1 | 90.5 | -19.9 | 51.8 | 3307.2 | 115.6 | 115.6 | 1.08 | 0.03 | 0.17 | 0.45 | NG |
| 2F | 483 | I | 166.7 | 14.5 | 172.7 | 172.7 | 1 | 1 | 133.8 | 37.4 | 97.9 | 3307.2 | 117.0 | 117.0 | 0.95 | 0.04 | 0.32 | 0.84 | OK |
| 2F | 483 | J | -199.4 | -36.5 | 171.3 | 171.3 | 1 | 1 | 124.8 | 37.4 | 97.9 | 3307.2 | 116.5 | 116.5 | 1.37 | 0.04 | 0.32 | 0.84 | NG |
| 2F | 484 | I | 168.0 | 14.3 | 172.5 | 172.5 | 1 | 1 | 133.9 | 35.4 | 98.7 | 3307.2 | 116.9 | 116.9 | 0.97 | 0.04 | 0.3 | 0.84 | OK |
| 2F | 484 | J | -200.7 | -34.0 | 171.1 | 171.1 | 1 | 1 | 124.9 | 35.4 | 98.7 | 3307.2 | 116.4 | 116.4 | 1.38 | 0.04 | 0.3 | 0.85 | NG |
| 2F | 485 | I | 168.0 | 14.2 | 172.4 | 172.4 | 1 | 1 | 133.1 | 32.4 | 98.7 | 3307.2 | 116.9 | 116.9 | 0.97 | 0.04 | 0.28 | 0.84 | OK |
| 2F | 485 | J | -200.8 | -30.2 | 171.0 | 171.0 | 1 | 1 | 124.1 | 32.4 | 98.7 | 3307.2 | 116.4 | 116.4 | 1.37 | 0.04 | 0.28 | 0.85 | NG |
| 2F | 487 | I | 166.7 | 14.2 | 172.2 | 172.2 | 1 | 1 | 133.8 | 30.8 | 98.1 | 3307.2 | 116.8 | 116.8 | 0.96 | 0.04 | 0.26 | 0.84 | OK |
| 2F | 487 | J | -199.6 | -28.4 | 170.8 | 170.8 | 1 | 1 | 124.7 | 30.8 | 98.1 | 3307.2 | 116.3 | 116.3 | 1.36 | 0.04 | 0.26 | 0.84 | NG |
| 2F | 488 | I | 141.5 | -11.8 | 171.5 | 171.5 | 1 | 1 | 101.8 | -33.6 | 56.9 | 3307.2 | 116.6 | 116.6 | 0.72 | 0.03 | 0.29 | 0.49 | OK |
| 2F | 488 | J | -174.3 | 71.3 | 170.1 | 170.1 | 1 | 1 | 92.7 | -33.6 | 56.9 | 3307.2 | 116.1 | 116.1 | 1.26 | 0.03 | 0.29 | 0.49 | NG |
| 2F | 489 | I | 166.3 | 14.5 | 171.7 | 171.7 | 1 | 1 | 135.8 | 27.8 | 98.5 | 3307.2 | 116.7 | 116.7 | 0.96 | 0.04 | 0.24 | 0.84 | OK |
| 2F | 489 | J | -202.2 | -24.1 | 170.3 | 170.3 | 1 | 1 | 126.8 | 27.8 | 98.5 | 3307.2 | 116.2 | 116.2 | 1.38 | 0.04 | 0.24 | 0.85 | NG |
| 1F | 406 | I | 207.0 | -68.4 | 201.5 | 201.5 | 1.6 | 1.6 | 221.9 | -17.9 | 62.0 | 3307.2 | 129.5 | 129.5 | 0.53 | 0.07 | 0.14 | 0.48 | OK |
| 1F | 406 | J | -203.5 | 78.2 | 200.2 | 200.2 | 1.6 | 1.6 | 208.3 | -17.9 | 62.0 | 3307.2 | 128.8 | 128.8 | 0.54 | 0.06 | 0.14 | 0.48 | OK |
| 1F | 412 | I | 201.8 | -75.2 | 200.3 | 200.3 | 1.6 | 1.6 | 214.0 | -24.3 | 59.3 | 3307.2 | 128.9 | 128.9 | 0.52 | 0.06 | 0.19 | 0.46 | OK |
| 1F | 412 | J | -194.8 | 84.7 | 199.0 | 199.0 | 1.6 | 1.6 | 200.3 | -24.3 | 59.3 | 3307.2 | 128.2 | 128.2 | 0.52 | 0.06 | 0.19 | 0.46 | OK |

< 이하 생략 >

표2. 보부재 성능수준 검토 테이블 예시: 하중조합(LC1), 2400년(붕괴방지), 단위: kN, m

| 층 | 부재 번호 | 절점 | Moment | | | Shear | | DCR | | 판정 |
|------|----------|----|--------|--------|--------------|--------|-------|--------|-------|----|
| | | | Mu | Me | m 계수 (CP) | Vu | Vn | Moment | Shear | |
| Roof | 361 | I | -11.19 | 174.31 | 3.83 | -22.74 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 361 | J | -16.68 | 174.31 | 3.83 | 25.87 | 259.3 | 0.02 | 0.10 | OK |
| Roof | 362 | I | -15.99 | 174.31 | 3.83 | -24.45 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 362 | J | -15.47 | 174.31 | 3.83 | 24.16 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 363 | I | -15.47 | 174.31 | 3.83 | -24.24 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 363 | J | -15.71 | 174.31 | 3.83 | 24.37 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 364 | I | -15.51 | 174.31 | 3.83 | -24.27 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 364 | J | -15.64 | 174.31 | 3.83 | 24.34 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 365 | I | -15.71 | 174.31 | 3.83 | -24.39 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 365 | J | -15.4 | 174.31 | 3.83 | 24.22 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 366 | I | -14.86 | 174.31 | 3.83 | -28.54 | 259.3 | 0.02 | 0.11 | OK |
| Roof | 366 | J | -22.11 | 174.31 | 3.83 | 32.68 | 259.3 | 0.03 | 0.13 | OK |
| Roof | 367 | I | -20.8 | 174.31 | 3.83 | -30.36 | 259.3 | 0.03 | 0.12 | OK |
| Roof | 367 | J | -21.69 | 174.31 | 3.83 | 30.86 | 259.3 | 0.03 | 0.12 | OK |
| Roof | 368 | I | -25.1 | 174.31 | 3.83 | -32.83 | 259.3 | 0.04 | 0.13 | OK |
| Roof | 368 | J | -17.35 | 174.31 | 3.83 | 28.4 | 259.3 | 0.03 | 0.11 | OK |
| Roof | 369 | I | -23.51 | 174.31 | 3.83 | -42 | 259.3 | 0.04 | 0.16 | OK |
| Roof | 369 | J | -37.18 | 174.31 | 3.83 | 49.81 | 259.3 | 0.06 | 0.19 | OK |
| Roof | 370 | I | -35.32 | 174.31 | 3.83 | -46.43 | 259.3 | 0.05 | 0.18 | OK |
| Roof | 370 | J | -21.63 | 174.31 | 3.83 | 38.61 | 259.3 | 0.03 | 0.15 | OK |
| Roof | 371 | I | -10.95 | 174.31 | 3.83 | -22.63 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 371 | J | -16.8 | 174.31 | 3.83 | 25.98 | 259.3 | 0.03 | 0.10 | OK |
| Roof | 372 | I | -15.57 | 174.31 | 3.83 | -23.97 | 259.3 | 0.02 | 0.09 | OK |
| Roof | 372 | J | -16.75 | 174.31 | 3.83 | 24.64 | 259.3 | 0.03 | 0.10 | OK |
| Roof | 373 | I | -20.17 | 174.31 | 3.83 | -26.78 | 259.3 | 0.03 | 0.10 | OK |
| Roof | 373 | J | -11.52 | 174.31 | 3.83 | 21.83 | 259.3 | 0.02 | 0.08 | OK |
| Roof | 374 | I | -15.93 | 174.31 | 3.83 | -30.4 | 259.3 | 0.02 | 0.12 | OK |
| Roof | 374 | J | -28.54 | 174.31 | 3.83 | 37.6 | 259.3 | 0.04 | 0.15 | OK |
| Roof | 375 | I | -26.68 | 174.31 | 3.83 | -34.22 | 259.3 | 0.04 | 0.13 | OK |
| Roof | 375 | J | -14.06 | 174.31 | 3.83 | 27.01 | 259.3 | 0.02 | 0.10 | OK |
| Roof | 376 | I | -57.31 | 174.31 | 3.83 | -54.18 | 259.3 | 0.09 | 0.21 | OK |
| Roof | 376 | J | -72.09 | 174.31 | 3.83 | 58.53 | 259.3 | 0.11 | 0.23 | OK |

< 이하 생략 >

기존 건축물 내진성능평가 예제집

표3. 조적채움벽부재 성능수준 검토 테이블 예시: 하중조합(LC1), 1000년(인명안전), 단위: kN, m

| 층 | 단면 | 부재번호 | 절점 | Pu | Pn | m 계수 (LS) | DCR | 판정 |
|----|-----------------|------|----|-------|-------|-----------|------|----|
| 2F | Strut 2750x6800 | 577 | I | 28.53 | 31.71 | 6 | 0.15 | OK |
| 2F | Strut 2750x6800 | 577 | J | 28.53 | 31.71 | 6 | 0.15 | OK |
| 2F | Strut 2750x6800 | 578 | I | 28.72 | 31.71 | 6 | 0.15 | OK |
| 2F | Strut 2750x6800 | 578 | J | 28.72 | 31.71 | 6 | 0.15 | OK |
| 2F | Strut 2750x4400 | 581 | I | 16.79 | 22.43 | 6.4 | 0.12 | OK |
| 2F | Strut 2750x4400 | 581 | J | 16.79 | 22.43 | 6.4 | 0.12 | OK |
| 2F | Strut 2750x4400 | 582 | I | 17.07 | 22.43 | 6.4 | 0.12 | OK |
| 2F | Strut 2750x4400 | 582 | J | 17.07 | 22.43 | 6.4 | 0.12 | OK |
| 2F | Strut 2750x4400 | 611 | I | 21.39 | 22.43 | 6.4 | 0.15 | OK |
| 2F | Strut 2750x4400 | 611 | J | 21.39 | 22.43 | 6.4 | 0.15 | OK |
| 2F | Strut 2750x4400 | 612 | I | 21.38 | 22.43 | 6.4 | 0.15 | OK |
| 2F | Strut 2750x4400 | 612 | J | 21.38 | 22.43 | 6.4 | 0.15 | OK |
| 2F | Strut 2750x4400 | 613 | I | 20.87 | 22.43 | 6.4 | 0.15 | OK |
| 2F | Strut 2750x4400 | 613 | J | 20.87 | 22.43 | 6.4 | 0.15 | OK |
| 1F | Strut 2700x4400 | 614 | I | 20.88 | 22.43 | 6.4 | 0.15 | OK |
| 1F | Strut 2700x4400 | 614 | J | 20.88 | 22.43 | 6.4 | 0.15 | OK |
| 1F | Strut 2700x4400 | 615 | I | 19.05 | 22.43 | 6.4 | 0.13 | OK |
| 1F | Strut 2700x4400 | 615 | J | 19.05 | 22.43 | 6.4 | 0.13 | OK |
| 1F | Strut 2700x4400 | 616 | I | 18.99 | 22.43 | 6.4 | 0.13 | OK |
| 1F | Strut 2700x4400 | 616 | J | 18.99 | 22.43 | 6.4 | 0.13 | OK |
| 1F | Strut 2700x4400 | 621 | I | 23.41 | 22.43 | 6.4 | 0.16 | OK |
| 1F | Strut 2700x4400 | 621 | J | 23.41 | 22.43 | 6.4 | 0.16 | OK |
| 1F | Strut 2700x4400 | 622 | I | 23.03 | 22.43 | 6.4 | 0.16 | OK |
| 1F | Strut 2700x4400 | 622 | J | 23.03 | 22.43 | 6.4 | 0.16 | OK |
| 1F | Strut 2700x6800 | 625 | I | 19.12 | 31.71 | 6 | 0.1 | OK |
| 1F | Strut 2700x6800 | 625 | J | 19.12 | 31.71 | 6 | 0.1 | OK |
| 1F | Strut 2700x6800 | 626 | I | 19.44 | 31.71 | 6 | 0.1 | OK |
| 1F | Strut 2700x6800 | 626 | J | 19.44 | 31.71 | 6 | 0.1 | OK |

< 이하 생략 >