

## 국내 조적조 건물의 내진성능 평가 방법

Seismic Capacity Evaluation Method of Existing Unreinforced Masonry Building in Korea



강대언\*  
Dae-Eon Kang



이원호\*\*  
Waon-Ho Yi



송동엽\*\*\*  
Dong-Yub Song

### 1. 서 론

국내의 내진설계기준은 1988년에 처음으로 6층 이상 건축물 및 연면적 1만 m<sup>2</sup> 이상 건축물인 경우에 적용하였으며, 1996년에는 5층 이상 건축물 및 연면적 5,000 m<sup>2</sup> 이상 건축물로 변경되었다. 또한 2005년에는 3층 이상 건축물 및 연면적 1,000 m<sup>2</sup> 이상의 건축물로 변경되는 내용이 발표되는 등 내진설계기준이 강화되는 추세에 있다. 그러나 1~2층의 건물은 고유주기가 지진의 진동주기와 같아서 진동 증폭 효과가 있으므로 횡력에는 더욱 불리함에도 불구하고 내진설계기준이 적용이 되지 않는다. 특히 국내의 대부분의 1~2층 건물은 횡력에 약한 조적조 건물이며 국내의 조적조 건물의 경우는 구조상세상 전세계적으로도 독특한 구조를 지니고 있다. 따라서 이런 유일의 구조의 내진성능을 정확하게 평가하는 것은 중요하다고 사료된다. 따라서 본 보고에서는 이런 무방비 상태의 국내 조적조 건물의 내진성능을 평가할 수 있는 방법을 소개하고 그에 따라 대상 조적조 건물의 내진성능을 평가하였다.

### 2. 기존 국내 조적조 건물의 내진성능 평가 방법

국내의 조적조 건축물의 내진성능 평가 기법으로는 한국시설안전기술공단 및 한국지진공학회가 공동으로 연구한 "기존 건축물의 내진성능 평가 및 향상 요령"<sup>1)</sup>(2004)과 포항산업과학연구원, 동경대학교, 동경공업대학교 및 광운대학교가 공동으로 연구한 "구조 내진성능 평가에 관한 기술지침(안)"<sup>2)</sup>(2002)과 서울시립대학교 및 지진방재연구소에서 제안한 "조적조 건축물에 대한 내진성능 평가 기법"<sup>3)</sup>이 있다. 이들 국내의 내진성능

평가기법은 미국과 일본의 내진성능 평가 개념을 근본적으로 받아들이면서 국내의 실정에 적합하도록 수정한 것으로 개념적으로 미국과 일본의 내진성능 평가 기법을 수용하고 있다.

본 보고에서는 조적조 건물의 내진성능 평가 방법을 전술한 [참고문헌 2]를 기본으로 수정한 평가 방법을 소개하려고 한다. 수정 내용 중 강도지표(C)는 무개구부와 개구부를 갖는 순수 조적 벽체의 실험을 통해 평균전단응력도를 산출하였으며 구조 성능내진지표(I<sub>so</sub>)를 현재의 국내의 건축구조설계기준<sup>4)</sup>(KBC 2005)에 맞도록 수정하였다.

### 3. 국내 조적조 건물의 내진성능 평가 방법 지침(안)

#### 3.1 적용범위

본 지침(안)은 기존 조적조 건축물의 내진성능 평가에 적용한다. 여기서의 내진성능 평가란 건축물이 보유하고 있는 내진성능을 연속량의 지표로 나타내고, 그 결과를 판정하는 것을 말한다.

#### 3.2 건물의 실태 조사

##### 3.2.1 일반 사항

내진성능 평가를 수행하기 전, 대상 건물의 이력, 노화 상황, 설계 도서와의 비교, 재료 강도의 조사, 구조 형식 및 건물 규모 등의 조사를 수행하여 본 지침(안)의 적용 여부를 검토한다.

##### 3.2.2 예비 조사

본 지침(안)을 적용함에 있어서, 적절한 예비 조사를 실시하고, 본 지침(안)의 적용을 검토해야 한다. 여기서, 예비 조사는 대상으로 하는 건물의 규모, 형식, 경년 변화 등이 현저히 다른 점이 있는가에 대하여 간단히 조사한다.

\* 정희원, 광운대학교 에센스구조연구센터 교수  
kde0898@kw.ac.kr

\*\* 정희원, 국립방재연구소 소장

\*\*\* 정희원, 한국시설안전기술공단 진단2본부 건축실 부장

### 3.2.3 기본 조사

기본 조사는 건물 관리자로부터의 상황 설명, 조사담당자의 현지 시찰을 기본으로 하여 현지 건물을 원칙적으로 마감재의 위에서부터 육안검사 하거나 간단한 치수 실측에 의해 다음의 항목을 검토하는 것을 말한다. 단, 균열 상황, 노후화의 정도에 따라서는 필요에 의해 마감재의 일부를 벗기고 조사를 실시한다.

- (1) 건물의 이력 및 외관 조사
- (2) 설계 도서의 현지 확인
- (3) 구조 균열 및 변형의 발생 정도와 범위
- (4) 변질, 노후화 정도와 범위
- (3) 및 (4)에 대해서는 각 현상별의 발생 정도와 범위를 원칙적으로는 각 층별로 실시하여 감점수 P를 집계한다. 조사할 수 없는 층은 제외한다.

### 3.2.4 상세 조사

상세 조사는 설계 도서가 준비되지 않은 경우의 구조상의 조사도 겸해서 다음에 표시한 항목에 대해서 건물 구조체로부터 공시체 채취, 마감재의 일부 제거, 콘크리트의 국부적인 깎아냄에 의해 조적 벽체에 대해서 보유성능 기본지표( $E_0$ )의 계산에 필요한 데이터의 수정, 추가를 위한 자료를 얻는 것을 말한다.

- (1) 콘크리트 재료 강도, Young 계수
- (2) 시공 상태, 균열, 결손 상태를 고려한 부재 단면 성능의 재평가
- (3) 콘크리트 중성화, 노후화를 고려한 재료 강도의 재 평가

3.2.5 설계 도서가 없는 경우 또는 준비가 안 된 경우의 조사  
설계 도서가 없는 경우 또는 준비가 안 된 경우의 조사에서는 구조체의 치수와 진단에 필요한 내용을 조사한다.

### 3.3 구조내진지표( $I_s$ )

구조내진지표( $I_s$ )는 건물의 각 층의 방향에 대하여 식 (1)으로 산정한다. 단, 강도지표( $T$ ) 및 형상지표( $S_D$ )는 층 위치 및 방향에 의한 구별을 하지 않는다.

$$I_s = E_0 \times S_D \times T \quad (1)$$

여기서,  $E_0$  : 보유성능 기본지표  
 $S_D$  : 형상지표  
 $T$  : 경년지표

### 3.3.1 보유성능 기본지표( $E_0$ )

보유성능 기본지표( $E_0$ )는 다른 지표를 1.0으로 가정하여, 건물의 극한강도, 파괴 형식 및 인성 능력으로 건물이 보유하는 내진성능을 평가하는 지표로서, 강도가 높을수록 인성이 풍부한 파괴 형식으로 변형 능력이 클수록 그 값도 크게 된다. n층의 건물의 i층의 보유성능 기본지표  $E_0$ 는 "3.3.2 강도지표"의 절에서 구해지는 강도지표( $C$ )와 파괴형식 및 "3.3.3 인성지표"의 절에서 구해지는 인성지표( $F$ ) 등을 조합시켜 식 (2)로 산정한다.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w \times F_w) \quad (2)$$

여기서, n : 건물 층수

i : 대상 층수, 1층은 1로 하고, 최상층은 n으로 한다.

$C_w$  : 조적벽체의 강도지표

$F_w$  : 조적벽체의 인성지표

$E_0$ 지표는 비교적 양호한 구조 계획, 시공이 이루어진 건물의 구조내진성능을 표현하는 지표로서 전술한 바와 같이 강도지표( $C$ )와 인성지표( $F$ )에 의해 계산된다. 강도지표( $C$ )는 건물의 보유 수평강도가 높을수록 크고, 인성지표( $F$ )는 건물의 수평 변형 능력 및 소성 영역에서의 에너지 흡수 능력이 클수록 크게 된다.

예를 들면, <그림 1>에 나타난 것과 같이 강도는 높고, 인성이 적은 건물(건물 A)와 강도는 별로 높지 않지만 인성이 있는 건물(건물 B)의 2종류가 있을 때, 지진시 응답이 그림의 ▽로 표시한 것과 같이 건물의 파괴한계점(×)을 넘으면, 같은 정도의 내진성능을 가지고 있다고 해도  $E_0$ 지표는 같은 값이 산출되게끔 의도한 것이 기본적인 생각이다. 또한  $E_0$ 지표는 예상되는 지진시 응답에 대해, 강도 또는 인성의 여유가 어느 정도 인가를 나타내는 지표이므로 <그림 1>의 강도가 높거나 혹은 인성 능력이 풍부한 경우(<그림 1>의 파선)는  $E_0$ 지표는 크게 된다.

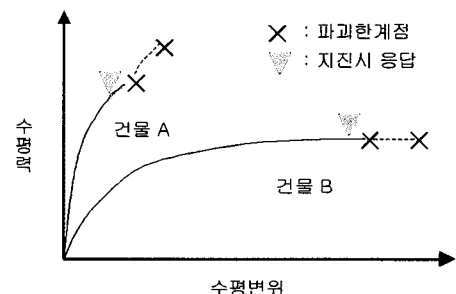


그림 1. 건물의 수평력과 수평변위와의 관계

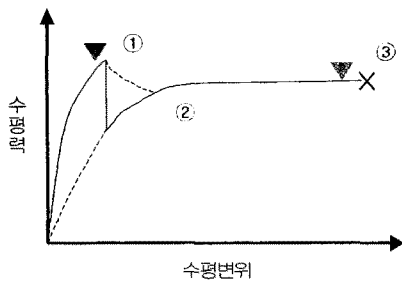


그림 2. 건물의 수평력과 수평변위와의 관계

강도는 높으나 인성능력이 낮은 골조(취성골조 또는 취성부재)와 강도는 그리 높지 않으나 인성능력이 풍부한 골조(인성골조 또는 인성부재)로 이루어진 건물, 예를 들어, 내진벽이 소량인 모멘트 골조 등에 대해서는 다음의 기본 방침으로  $E_0$ 지표를 산정한다. 이 때의 건물의 수평력과 수평변위와의 관계를 <그림 2>와 같이 이상화하여 생각한다.

즉, 수평변위가 증가하면, ①점에서 취성 부재(골조)가 파괴되고, 강도가 저하된다. 더욱 수평변위가 증가하면 수평력은 다시 증가하고, ②점에서 인성 부재도 파괴된다.

일반적인 건물에서는 ①점에서 취성 부재가 파괴되도, 한번에 내력이 저하하는 경우는 적고, 그림에서 파선으로 나타내었듯이 서서히 내력이 저하하여 ①점에서 ③점으로 향하여 거동하게 되나, 여기서는 안전측의 가정 하에 일시에 내력이 저하하는 것으로 한다.

- 1) 건물의 파괴 한계점을 ①점으로 생각했을 때의  $E_0$ 지표와 ②점으로 생각했을 때의  $E_0$ 지표를 각각 구하여, 큰 쪽을 건물의  $E_0$ 지표로 한다.
- 2) ②점의  $E_0$ 지표가 큰 경우에는, 건물의  $E_0$ 지표는 ②점의  $E_0$ 지표가 되나, 이 경우는 취성 부재(골조)의 수평력에 의한 파괴를 허용하는 것이 된다. 그러나 취성 부재의 파괴 후에도 나머지의 인성 부재(골조)에 의해 수평력에 대한 저항력을 가지는 경우, 파괴한 취성 부재가 유지하고 있던 축방향력(연직력)을 대신해서 유지할 수 있는 골조(부재)가 주위에 없는 경우, 혹은 슬래브, 보 등이 약해서 주위의 골조에 전달할 수 없는 경우 등에는, 바닥이 내려앉는 등의 국부 파괴가 발생할 가능성이 있다. 따라서 이 경우에는 "②점의  $E_0$ 지표 > ①점의  $E_0$ 지표"로 한다.

### 3.3.2 강도지표(C)

조적 벽체의 단면적만을 이용하여, 강도지표 C를 다음 식 (3)과 같이 약산한다.

$$C_w = \frac{\tau_w}{W} \times a_w \quad (3)$$

여기서,  $C_w$  : 조적 벽체의 강도지표

$\tau_w$  : 조적 벽체의 극한 평균전단응력도, <표 1> 참조

$a_w$  : 연 바닥면적 벽률 =  $A_w / \sum A_f$  ( $m^2/m^2$ )

$A_w$  : 층의 대상으로 하는 방향에 유효한 조적 벽체 단면적의 총합 ( $m^2$ ). 단, 조적벽체 단면적의 정의는 <표 1>과 같다.

$\sum A_f$  : 그 층보다 위의 바닥 면적의 총합( $m^2$ )

$W$  : 그 층보다 위의 건물 전중량(건물 자중+ 지진용 활하중) ( $N/m^2$ )

강도지표는 건물을 구성하는 연직부재의 극한강도를 전단력 계수의 형태로 나타내는 지표이다. 즉, 조적 벽체의 수평 단면적을 이용해, 그 값에 단위강도를 곱하여 조적 벽체의 극한강도를 계산한다. 이렇게 구한 해당 층의 극한강도의 총합을 해당 층보다 상부의 건물 전 중량으로 나누어 무차원화한 값이 강도지표이다. 단, 보유성능 기본지표  $E_0$ 를 구하기 위해서는 연직부재의 파괴 형식 혹은 변형 능력에 대응하여, 연직 부재를 몇 개의 그룹으로 나누어 각각의 그룹의 강도지표를 구할 필요가 있다.

### 3.3.3 인성지표(F)

인성지표 F는  $E_0$ 지표 산정에서도 말했듯이, 보유하는 인성 능력(극한 변형의 크기)과 소성역에 있어서의 에너지 흡수 능력을 파괴 형식에 따라 평가하려는 지표이다.

표 1. 조적 벽체의 분류 및 전단 응력도·단면적의 산출 방법

조적 벽체의 종류	단면도	전단응력도 및 단면적
개구부가 없는 조적 벽체		$\tau_{bw} = 0.2$ (MPa) $A_w = t \cdot L_w$
개구부가 있는 조적 벽체		$\tau_{bw} = 0.1$ (MPa) $A_w = t \cdot L_w$

또한, 이것을 지진 응답이라는 관점에서 보면 F지표와 3.3.2항에서 정해진 강도지표(C)와의 조합으로 얻어지는 E<sub>0</sub>지표가 같은 2개의 건물이 같은 규모의 진동을 받았을 때에는 같이 극한 변형에 대해서 같은 정도의 응답 변위가 생기는 것을 의도하여 설정된 지표라고도 말할 수 있다.

본래 복잡한 성질을 가지는 조적조 건축물의 지진 응답량을 이렇게 간단한 지표만을 이용하여 정확하게 추정하는 것은 무리이나, 파괴 형식에 의한 극한 변형량의 차이, 복원력 특성의 차이, 지진 응답량의 차이 등에 관한 기존의 연구를 참고해 가면서 본 기준 전체의 정확도를 병행해 가면서 조적조 건물 각 층의 인성지표 F를 0.8로 고정하였다.

### 3.4 형상지표 S<sub>D</sub>

이 지표는 형상의 복잡함 및 강성의 불균등한 분포 등의 내진성능에 미치는 영향을 공학적인 판단에 의해 정량화하고, E<sub>0</sub>지표를 보정하려는 것이다. 형상지표는 산출 방법의 간편함과 산출되는 숫자에 의해 의미를 가지게 되는 영향도의 정도에 대응하여 산출한다<sup>2)</sup>.

### 3.5 경년지표 T

경년지표 T는 구조체에 생기는 균열, 변형, 노후화 등의 구조적 결함이 건물의 내진성에 미치는 영향을 평가하고자 하는 지표이다. 따라서, 경년지표의 산정은 본래 상세한 현지 조사에 입각해서 실행하여야 하지만, 예비 조사, 기본 조사 및 상세 조사의 3단계로 하고, 원칙적으로 이러한 조사 결과를 기본으로 하여, 구조내진지표 I<sub>s</sub> 산정을 위한 경년지표 T를 산출한다<sup>2)</sup>.

### 3.6 구조 내진 판정지표 설정

구조 내진 판정지표 I<sub>so</sub>는 상정되는 지진 입력 레벨에 대해서 식(4)으로 산정한다. 밀면 전단력계수(C<sub>s</sub>)의 산정은 건축구조 설계기준<sup>4)</sup>을 따른다.

$$I_{so} = \frac{\Gamma}{\phi} C_s \quad (4)$$

여기서,  $\Gamma$  : 하중계수(특별한 검토를 하지 않은 경우는 1.0으로 한다.)

$\phi$  : 강도저감계수(수직부재를 고려한 값으로, 특별한 검토를 하지 않은 경우는 0.65로 한다.)

$$0.044S_{DS} \leq C_s = \frac{S_{D1}}{\left[\frac{R}{I_E}\right]^T} < \frac{S_{DS}}{\left[\frac{R}{I_E}\right]} \quad (5)$$

여기서,  $I_E$  : 건물의 중요도계수

$R$  : 반응수정계수

$S_{DS}$  : 단주기 설계스펙트럼 가속도

$S_{D1}$  : 주기 1초에서의 설계스펙트럼 가속도

$T$  : 건물의 고유주기(초)

건물에 요구되는 내진성능은 상정되는 지진동에 의한 입력 레벨에 관한 과학적인 근거와 지진성능을 부여하기 위한 작업에 대해서 사회적인 합의하에 설정되는 것이다. 과거에 큰 지진피해를 입은 미국, 일본, 대만 등의 국가에서도 다시 큰 지진피해가 발생하면 지진학에 관한 새로운 견해나 지진피해에 대한 사회적 요구, 내진 기술의 현 상황 등을 반영해서 설계 기준이 개정되고 있다. 이렇게 지진피해가 자주 발생하는 국가들에서도 지진 발생의 메커니즘이나 상정되는 지진동에 의한 입력 레벨 등에 관해서는 과거에 발생한 지진에 기초한 연구가 진행되고 있는 단계이며, 결코 완전한 내진설계기준이 존재하고 있지는 않다. 따라서 국내에서도 국내에 영향을 미칠 수 있는 지역에서 발생하는 지진에 관한 정보의 누적·분석을 기초로 하여 요구내진성능을 계속해서 고쳐나갈 필요가 있으며, 그에 따라 구조내진 판정지표도 개정되어 나가야 하겠다.

본 지침(안)은 현재 국내의 내진설계기준에서의 지진동 입력 레벨에 기초하여 구조내진 판정지표 I<sub>so</sub>를 설정하였다. 국내의 내진규정에서의 밀면전단력의 산정식에 기초하여, 건물이 탄성범위에 머물기 위해 필요한 수평내력을 나타낸다. 국내의 설계기준에 의한 밀면전단력은 식 (6)과 같다.

$$V = C_s W \quad (6)$$

여기서,  $V$  : 제1층에 작용하는 층전단력(밀면전단력)

$W$  : 건물의 중량

구조내진판정지표(I<sub>so</sub>)는 식 (6)의 양변을 전중량  $W$ 로 나누어 밀면전단력계수로 한 식에 대응한 것이다. 따라서 밀면전단력계수(C<sub>s</sub>)에 하중계수  $\Gamma$ 를 곱하고 부재의 단면 산정시에는 부재의 강도를 강도저감계수  $\phi$ 로 나눔으로써 지진과 같은 불확실성을 배제할 수 있도록 구조내진판정지표에 반영하였다. 국내의 순수 조적조 건축물의 경우 지진하중의 하중계수값으로 하여  $\Gamma=1.0$ ,

강도저감계수를 철근콘크리트 조의 수직부재의 강도저감계수보다 작게  $\phi=0.65$ 로 설정하여 구조내진판정지표를 산정한다.

### 4. 조적조 건물의 내진성능 평가 예

#### 4.1 대상 건물 개요

대상 건물은 서울시 소재의  $S_B$ 지반에 건설되어 있는 조적조 3층 주택이다. <그림 3>에 예제 건물의 평면도 및 입면도를 <그림 4>에 단면도를, <그림 5>에 접합부 상세를 나타내었다.

- (1) 외벽 : 0.5B + 공간 + 0.5B(시멘트 벽돌 + 단열재 + 적벽돌)
- (2) 내벽 : 0.5B or 1.0B
- (3) 슬래브 두께 : 120 mm 내외
- (4) 인방보는 없거나 목재 사용

#### 4.2 보유성능 기본지표( $E_0$ )

##### 4.2.1 준비 계산

##### (1) 조적 벽체 면적( $\sum A_w$ )

각 층의 조적 벽체의 면적을 계산하여 <표 2>에 나타내었다.

- X방향의 경우

$$\begin{aligned} \sum A_w &= [(3.6 - 2.1) + (3.95 - 2.35) + (1.15 - 0.4) + 1.15 + (2.7 - 1.2) + (2.7 - 1.2) + (2.9 - 1.2) + 0.4] \times 0.19 \times 2 (\text{대칭}) + (3.6 + 2.7 + 1.6) \times 0.09 \times 2 (\text{대칭}) \\ &= (1.5 + 1.6 + 0.75 + 1.15 + 1.5 + 1.7 + 0.4) \times 0.19 \times 2 + (3.6 + 2.7 + 1.6) \times 0.09 \times 2 \\ &= 3.838 + 1.422 \\ &= 5.26 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Y방향의 경우

$$\begin{aligned} \sum A_w &= (4.8 + 1.2 + 0.6 + 1.6 + 3.2 + 0.9) \times 0.19 \times 2 + 3.3 \times 0.19 + (1.2 + 1.6 + 1.8 + 3.3) \times 0.09 \times 2 \\ &= 4.674 + 0.627 + 1.422 \\ &= 6.723 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

표 2. 조적 벽체 면적

$\sum A_w$	X 방향	Y 방향
조적 벽체 면적( $\text{m}^2$ )	5.26	6.72

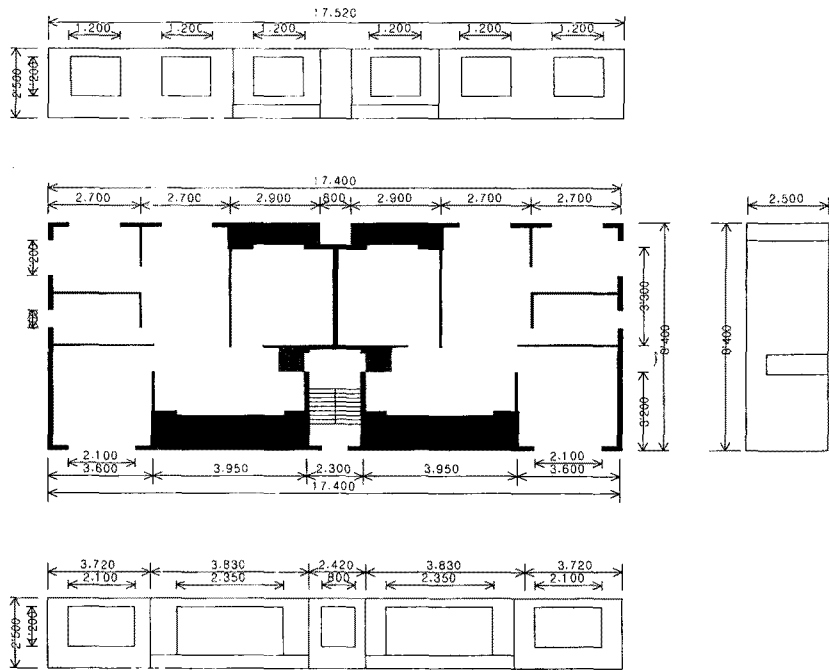


그림 3. 대상 건물의 평면도 및 입면도

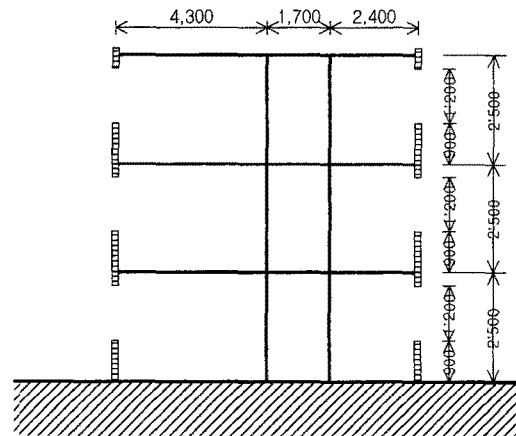
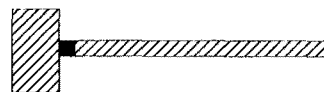
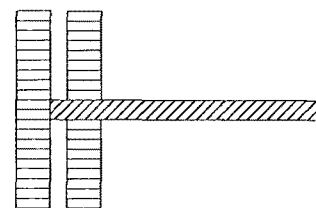


그림 4. 대상 건물의 단면도



(a) 벽체와 벽체



(b) 벽체와 슬래브

그림 5. 접합부 상세

(2) 연직하중 산정

각 층의 연직하중을 산정하여 <표 3>에 나타내었다.

- 지붕층	
보호모르타르 (Thk. 60)	1.2 kN/m <sup>2</sup>
방수 및 모르타르 (Thk. 20)	0.4 kN/m <sup>2</sup>
콘크리트 슬래브 (Thk. 120)	2.9 kN/m <sup>2</sup>
천정	0.2 kN/m <sup>2</sup>
DL	4.7 kN/m <sup>2</sup>
LL	2.0 kN/m <sup>2</sup>
- 2층, 1층	
마감 및 온돌	2.2 kN/m <sup>2</sup>
콘크리트 슬래브 (Thk. 120)	2.9 kN/m <sup>2</sup>
천정	0.2 kN/m <sup>2</sup>
DL	5.3 kN/m <sup>2</sup>
LL	2.0 kN/m <sup>2</sup>

◦ 조적 벽체의 단위중량 : 20 kN/m<sup>3</sup>

지붕층 하중

$$: (4.7 + 2.0) \times (8.76 \times 8.4 \times 2) + (5.26 + 6.723) \times (2.5 / 2) \times 20 = 1,285.6 \text{ kN}$$

2층, 1층 층하중

$$: (5.3 + 2.0) \times (8.76 \times 8.4 \times 2) + (5.26 + 6.723) \times 2.5 \times 20 = 1,673.5 \text{ kN}$$

4.2.2 항복강도(Q) 산정

3.3.2항에 나타낸 바와 같이 조적 벽체의 항복강도는 무개부 조적벽체의 평균전단응력도 :  $\tau = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$ 와 조적 벽체의 단면적의 곱으로 약산적으로 구한다. 그 결과를 <표 4>에 나타내었다.

(1) 3F :

- X방향  $Q = \tau \cdot A_w = 0.2 \text{ N/mm}^2 \times 5260000 \text{ mm}^2 = 1052 \text{ kN}$

- Y방향  $Q = \tau \cdot A_w = 0.2 \text{ N/mm}^2 \times 6723000 \text{ mm}^2 = 1344.6 \text{ kN}$

(2) 2F, 1F도 3F와 동일하게 계산하여 <표 4>에 나타내었다.

4.2.3 강도지표(C) 산정

표 3. 연직하중(단위:KN)

	3F	2F	1F
건물중량( $\Sigma W$ )	1,285.6	2,959.1	4,632.6

표 4. 항복강도(Q)

	1F, 2F, 3F	
	X	Y
항복강도(Q)	1,052.0kN	1,344.6kN

◦ 3F :

$$X \text{ 방향} \Rightarrow C = \frac{Q}{\Sigma W} = \frac{1052.0}{1285.6} = 0.82$$

$$Y \text{ 방향} \Rightarrow C = \frac{1344.6}{1285.6} = 1.05$$

$$\circ 2F : X \text{ 방향} \Rightarrow C = \frac{1052.0}{2959.1} = 0.36$$

$$Y \text{ 방향} \Rightarrow C = \frac{1344.6}{2959.1} = 0.45$$

$$\circ 1F : X \text{ 방향} \Rightarrow C = \frac{1052.0}{4632.6} = 0.23$$

$$Y \text{ 방향} \Rightarrow C = \frac{1344.6}{4632.6} = 0.29$$

4.2.4 보유성능 기본지표(E<sub>0</sub>) 산정

본 지침(안)의 식 (2)를 바탕으로 보유성능 기본지표 E<sub>0</sub>를 산정하여 <표 5>에 나타내었다.

4.2.5 형상지표(S<sub>D</sub>) 및 경년지표(T) 산정

형상지표는 본 대상 건물의 경우 정형에 가까우므로 지표를 1.0으로 하였다. 또한 경년지표는 1.0으로 가정하였다.

4.2.6 구조내진지표(I<sub>S</sub>)

구조내진지표를 본 지침(안)의 식 (1)에 의해 산정하여 그 결과를 <표 6>에 나타내었다.

4.3 구조내진 판정지표(I<sub>so</sub>)

표 5. 보유성능 기본지표(E<sub>0</sub>) 산정

	Q(kN)	$\Sigma W$ (kN)	$\frac{n+1}{n+i}$	C	F	E <sub>0</sub>
3F	X 1052.0	1285.6	0.67	0.82	0.8	0.44
	Y 1344.6		0.67	1.05	0.8	0.56
2F	X 1052.0	2959.1	0.8	0.36	0.8	0.16
	Y 1344.6		0.8	0.45	0.8	0.29
1F	X 1052.0	4632.6	1.0	0.23	0.8	0.18
	Y 1344.6		1.0	0.29	0.8	0.23

표 6. 구조내진지표값

		$E_0$	$S_D$	$T$	$I_s$
3F	X	0.44	1.0	1.0	0.44
	Y	0.56			0.56
2F	X	0.16			0.16
	Y	0.29			0.29
1F	X	0.18			0.18
	Y	0.23			0.23

3.6절에서 제안한 방식에 기초하여 대상건물의 구조내진 판정지표  $I_{S0}$ 를 식 (5)과 (6)에 의해 산정하였다. 다만 본 예제 의 경우 특별히 검토를 수행하지 않았으므로 하중계수  $r=1.0$ , 강도저감계수  $\phi=0.65$ 으로 하였다. 본 대상 건물은 서울 지역이므로 지역계수  $A=0.11$ 로 하였고 주택이므로 중요도계수  $I_E=1.0$ 으로 하였다. 또한 조적조이므로 반응수정계수  $R=1.5$ 로 기본진동주기  $T=0.049(h_n)^{3/4}=0.222(sec)$  ( $h_n=7.5m$ )로 하였다. 이러한 값을 사용하여 구조내진판정 지표  $I_{S0}$ 를 계산하면 0.375이다.

#### 4.4 대상 건물의 내진성능 평가 결과

4.2절에서 산정한 구조내진지표와 4.3절에서 산정한 구조내진판정지표를 함께 <그림 3>에 나타내었다. <그림 3>의 결과로부터 대상 건물의 1층과 2층의 내진성능에는 문제가 있다고 판단되며 상정한 입력 지진 레벨에 견디기 위해서는 보강 등이 필요하다고 사료된다.

### 5. 결 론

구조 상세상 전세계적으로도 독특한 구조를 지니고 있는 국내의 조적조 건축물은 대부분 층이 많으며 횡력에 약한 건물이다. 따라서 이런 독특한 구조의 내진성능을 정확하게 평가하여 무방비 상태의 국내 조적조 건물의 내진성능을 평가할 수

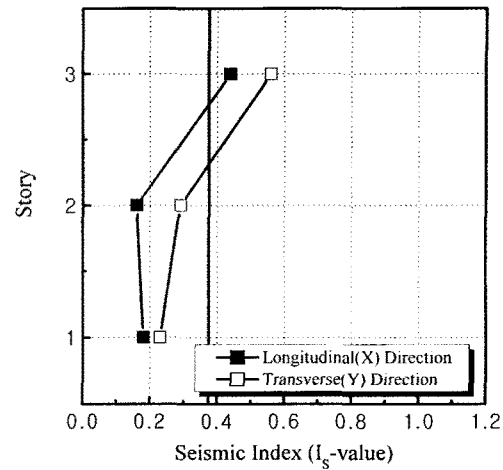


그림 6. 조적조 건물의 내진 진단 결과

있는 방법을 소개하였으며 그에 따라 대상 조적조 건물의 내진성능을 평가하였다. 그 결과 대상 건물은 상정한 입력 지진 레벨에 견디기 위해서는 보강 등이 필요하다고 사료되는 결론을 얻을 수 있었다. 대상 건물 한 개로 전체의 국내 조적조 건축물의 내진성능의 문제점을 논하는 것은 어렵지만 대상건물 뿐만 아니라 국내 조적조 건축물의 경우 내진성능이 낮은 상태에 있다고 사료된다. 따라서 본 저자가 제안하는 내진성능 평가 방법이 아닐지라도 국내 조적조 건축물의 내진성능 평가와 더불어 보수보강 방법이 하루속히 만들어졌으며 한다. □

### 참고문헌

1. 건설교통부, 한국시설안전기술공단, "기존 건축물의 내진성능 평가 및 향상요령", 2004.
2. 포항산업과학연구원, 동경대학교, 동경공업대학교, 광운대학교, "구조 내진성능 평가에 관한 기술지침(안)", 2002.
3. 서울시립대학교, 지진방재연구소, "조적조 건축물에 대한 내진성능평가 기법", 2001.
4. 대한건축학회, "건축구조설계기준", 2005.

### 원고 모집 안내 ☆☆☆

「한국콘크리트학회지」는 콘크리트 관련 학문과 기술에 대한 정보를 제공하기 위해 발행되고 있습니다. 본 학회지를 통해서 자신의 연구 결과, 경험한 사례 등을 콘크리트 관련 기술자들과 함께 나누길 원하시는 분께서는 다음과 같은 형태로 참여하실 수 있습니다. 여러분의 옥고를 기다리겠습니다.

- 원고 주제 : 포토에세이(사진, 서예, 시 등), 특집기사, 기술기사, 공사기사, 원로와의 대화, 해외번역기사, 해외연구소 소개, 국제학술대회 참가기, 현장탐방, 논문, 우리회사소개 등
- 원고 분량 : 글씨크기 11pt, 줄간격 160%, A4용지 4매 ~ 6매 내외
- 제출처 : TEL : (02)568-5985~7 FAX : (02)568-1918 E-mail : mjh@kci.or.kr