

## 제 9 장 비구조요소의 내진성능평가

### 9.1 일반사항

#### 9.1.1 목적

이 장은 건축, 기계 및 전기설비, 배관 등의 비구조요소의 내진성능평가에 적용한다. 이 장에서는 다음과 같은 사항을 규정한다.

- (1) 비구조요소의 성능목표 정의
- (2) 비구조요소의 내진성능평가 방법
- (3) 비구조요소의 해석적, 실험적 평가 절차
- (4) 주요 비구조요소의 정의, 거동 및 성능수준별 허용기준

#### 9.1.2 평가범위

건축구조기준에서 내진설계가 필수적으로 요구되는 비구조요소는 평가에 포함한다. 다만 건축구조기준에서 내진설계를 필수적으로 요구하지 않은 비구조요소의 경우에도 건축물의 내진성능에 크게 영향을 미치는 것으로 판단되는 경우 발주처와 협의하여 내진성능평가를 수행할 수 있다.

[해설]

건축구조기준에서 지진시 낙하에 의해 인명안전에 위협을 줄 수 있는 중량 비구조요소, 지진시 화재나 유출에 의해 2차피해를 유발할 수 있는 비구조요소, 또한 기능수행이 요구되는 건축물 내에 중요 비구조요소는 필수 내진설계대상으로 규정되어 있다.

#### 9.1.3 평가방법

비구조요소의 내진성능평가는 다음 중 하나의 절차에 의해 수행될 수 있다.

- (1) 해석적 평가 : 평가자가 9.4의 규정에 따라 해당 건물 내 비구조요소의 하중 및 변형요구량을 산정하여 평가를 수행한다.
- (2) 실험적 평가 : 9.5의 규정에 의한 실험을 통해 요구되는 내진성능을 보유하고 있음을 입증한다.
- (3) 사양적 절차 : 해당 비구조요소의 공급자가 정밀해석 혹은 9.5의 규정에 의한 실험을 통해 내진성능을 보유하고 있음을 입증하는 문서, 관련 시방서 및 유지관리 지침을 제출하고, 그에 적합하게 시공 및 유지관리 되고 있음을 확인한다.
- (4) 이 요령에서 규정하지 않은 경우 개별 비구조요소의 공인된 설계기준 또는 평가지침에 따라 내진성능평가를 수행할 수 있다.

#### 9.1.4 평가절차

비구조요소의 내진성능은 아래의 절차에 따라 평가한다.

- (1) 대상 구조물에 설치된 비구조요소에 대한 자료를 수집한다. 관련 자료가 미흡할 경우 현장조사를 통하여 내진성능평가에 충분한 정보를 취득하여야 한다. 기존의 관련 도서가 있더라도 현장조사

- 를 통해 비구조요소의 위치, 구조체와의 접합 상세 등을 파악하여 평가 시 이를 반영하여야 한다.
- (2) 9.1.2를 참고하여 평가대상 비구조요소를 결정한다.
  - (3) 비구조요소의 목표성능을 제2장의 전체건축물의 성능목표에 부합하도록 9.2에 따라 정의한다. 이때 구조체와 비구조요소 성능수준간의 상호관계는 표 2.1.1과 같이 고려되어야 한다.
  - (4) 비구조요소의 성능 취약부를 9.3의 프로세스에 따라서 판정한다.
  - (5) 비구조요소의 성능목표 및 지진위험도에 따른 해석 및 내진성능평가 방법을 각각 9.4 및 9.7에 따라 결정한다.

## 9.2 비구조요소의 성능목표

비구조요소의 성능수준은 표 2.1.3과 같이 기능수행, 위치유지, 인명안전의 3가지로 분류된다. 기능수행 수준은 비구조요소가 손상없이 기능을 발휘하는 것으로 지진시 화재나 위험물질 유출등의 2차 피해를 유발할 수 있는 비구조요소와 특등급 건물내의 비구조요소에 요구된다. 전체건축물의 성능목표와 구조체 및 비구조요소에 요구되는 성능수준의 관계는 표 2.1.1과 같다. 선택된 성능목표에 해당되는 주요 비구조요소별 허용기준은 이 요령의 9.5절에 제시한다.

## 9.3 정보수집 및 성능취약부 육안평가

평가를 위하여 우선 대상 구조물의 비구조요소와 관련된 설계도면, 장치의 설치도면 및 현재 설치된 상태에 대한 정보를 수집한다. 비구조요소 및 장치의 설치시기는 구조물의 건설 시기와 다를 수 있으며, 주요 비구조요소 및 장치에 대해서 설치시기, 구조검토 및 내진설계 적용 여부 등에 대한 정보를 수집한다.

- (1) 비구조요소에 대한 정보수집에서는 다음과 같은 정보들을 포함하도록 한다.
  - ① 기준에서 다루고 있는 비구조요소의 설치 유무 및 구조체와의 접합 방식
  - ② 설치된 비구조요소 및 접합부의 내구성 저하 여부
  - ③ 비구조요소가 전반적인 건축물 성능에 영향을 미치는지 여부
  - ④ 특정 비구조요소의 손상 또는 붕괴가 다른 비구조요소의 성능에 영향을 미치는지 여부
  - ⑤ 특정 비구조요소의 손상 또는 붕괴로 인해 해당 구조물의 중요한 기능(지진 발생 후 피난시설로 활용되거나 재난 복구를 위해 중요한 기능이 요구되는 경우 등)에 영향을 미치는지 여부
- (2) 직접적인 육안 평가는 다음과 같은 기준을 적용하여 실행 여부를 결정한다.
  - ① 비구조요소 및 정착부에 대한 상세 도면이 있는 경우, 각 비구조요소 유형별로 5%의 샘플에 대해 육안 평가를 실시한다. 육안 평가 결과 도면과의 차이가 크지 않으면 샘플이 전체 비구조요소를 대표한다고 판단할 수 있다. 만일 육안 평가 결과와 도면과의 차이가 크면, 최소한 10%의 샘플을 선정하여 내진성능평가를 실행한다.
  - ② 비구조요소 및 정착부에 대한 상세 도면이 없는 경우, 각 비구조요소별로 최소한 10% 이상이 되도록 3개 이상의 샘플을 선정하고, 각 샘플별 상태에 큰 차이가 없으면, 이를 대상으로 내진성능평가를 수행한다. 만일 각 샘플별로 큰 차이가 발생하면, 각 비구조요소별로 최소 20% 이상의 샘플을 선택하여 내진성능평가를 실행한다.

## 9.4 해석적 평가절차

### 9.4.1 평가절차

- (1) 주요 비구조요소는 9.2절의 성능 목표를 확보하는지 여부를 평가하여야 한다.
- (2) 비구조요소의 내진성능평가를 위한 지진하중은 9.4.2에 따라 산정하며, 변형 및 가속도는 9.4.3 및 9.4.4에 따라 계산한다.
- (3) 해석적 방법이 아닌 실험적 방법에 의한 경우, 9.5절의 실험적 절차에 따라 비구조요소의 내진성능을 평가할 수 있다.
- (4) 주요 비구조요소에 대한 성능목표별 허용기준은 9.7절에 따른다.

### 9.4.2 평가지진력 산정

#### (1) 수평지진하중

비구조요소에 작용하는 수평방향 평가지진력  $F_p$ 는 식 (9.4.1)에 의한 등가정적하중 또는 식 (9.4.4)에 의한 층지진하중에 의하여 산정한다.  $F_p$ 는 비구조요소에 작용하는 가동중량과 함께 고려하되 축방향 및 축직교방향에 대하여 각각 독립적으로 적용하도록 한다. 비구조 외벽에 작용하는 풍하중이  $F_p$ 를 초과하는 경우에는 풍하중에 대하여 저항할 수 있어야 한다.

$$F_p = \frac{0.4a_p S_{XS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \left(1 + 2\frac{z}{h}\right) \quad (9.4.1)$$

$F_p$ 는 식 (9.4.2)에 의해 산정된 값을 초과할 필요가 없으며 식 (9.4.3)에 의해 산정된 값보다 커야 한다.

$$F_{pmax} = 1.6S_{XS}I_p W_p \quad (9.4.2)$$

$$F_{pmin} = 0.3S_{XS}I_p W_p \quad (9.4.3)$$

여기서,

$F_p$  : 비구조요소 질량 중심에 작용하는 평가지진력

$I_p$  : 건축구조기준에 따른 비구조요소의 중요도계수

$R_p$  : 건축구조기준에 따른 비구조요소의 반응수정계수

$a_p$  : 건축구조기준에 따른 비구조요소의 증폭 계수

$S_{XS}$  : 성능목표의 지진위험도에 해당되는 단주기 스펙트럼 가속도.

$W_p$  : 비구조요소의 가동중량. 가동중량은 비구조요소 자중과 함께 가동시에 부하되는 추가 중력하중을 포함한다.

$h$  : 구조물의 밑면으로부터 지붕층까지의 평균높이

$z$  : 구조물의 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이

$z=0$ : 구조물의 밑면 이하에 비구조요소가 부착된 경우

$z=h$ : 구조물의 지붕층 이상에 비구조요소가 부착된 경우

비구조요소에 작용하는 평가지진력  $F_p$ 는 식 (9.4.1)을 대신해서 동적해석법에 의해 산정된 증가속도로부터 식 (9.4.4)에 의해 산정 가능하다. 비구조요소의 증폭계수, 반응수정계수, 중요도계수 및 구조물해석절차별 증가속도와 층응답스펙트럼의 산정절차는 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)을 참고한다.

$$F_p = \frac{a_i a_p W_p}{R_p / I_p} A_x \quad (9.4.4)$$

여기서,

$F_p$  : 비구조요소 질량 중심에 작용하는 평가지진력

$a_i$  : 건물  $i$ 층의 층응답가속도. 응답스펙트럼해석 결과를 사용할 경우  $a_i$ 는 해석결과에 의한  $i$ 층의 최대응답가속도이다. 시간이력해석 결과를 사용할 경우  $a_i$ 는 해석결과에 의한  $i$ 층의 층응답가속도이다. 이때, 7개 이상의 지진파가 사용된 경우 지진파별 최대응답가속도의 평균값을 사용할 수 있으며 7개 미만의 지진파가 사용된 경우 지진파별 최대응답가속도 중 최대치를 사용하여야 한다. 시간이력해석을 위한 설계지진파는 4.4.3에 따라 선정하고 조정한다.

$A_x$  : 건축구조기준에 따른 비틀림 증폭계수

비구조요소의 축방향 및 축 직교방향에 대한 기본주기  $T_p$ 는 비구조요소의 요소와 지지점, 스프링과 질량으로 이루어진 단자유도시스템으로써 해석적으로 나타낼 수 있는 경우 다음 식 (9.4.5)에 의해 계산할 수 있다. 또 다른 방법으로, 기본주기  $T_p$ 는 실험데이터 또는 적절히 입증된 해석에 의하여 결정할 수 있다.

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{W_p}{K_p g}} \quad (9.4.5)$$

여기서,

$T_p$  : 비구조요소의 기본주기

$W_p$  : 비구조요소의 운전하중

$g$  : 중력가속도

$K_p$  : 요소의 무게중심에서 단위변위 당 하중으로 결정되는 요소, 지지점과 연결장치의 조합 강성

## 기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령

### (2) 수직 지진하중

수직 지진하중이 특별히 요구되는 경우 비구조요소의 수직방향 평가지진력은 식 (9.4.6)에 따라 산정할 수 있다.

$$F_{pv} = 0.2S_{XS}W_p \quad (9.4.6)$$

### (3) 하중 조합

비구조요소의 하중은 식 (9.4.7)의 하중조합을 기반으로 결정한다.

$$Q_{uf} = 1.2W_p + F_{pv} \pm F_p \quad (9.4.7a)$$

$$Q_{uf} = 0.9W_p - F_{pv} \pm F_p \quad (9.4.7b)$$

### (4) 중요도계수

비구조요소의 중요도계수  $I_p$ 는 건축구조기준에서 정의한 값을 고유한 값으로 적용한다. 다만 9.7에서 각 비구조요소의 요구 성능수준별로  $I_p$ 를 명시한 경우에는 해당 값을 적용한다.

## 9.4.3 변위 산정

비구조요소가 수용하여야 할 지진에 의한 상대변위  $D_{pI}$ 는 다음과 같이 산정한다.

$$D_{pI} = D_p I_E \quad (9.4.8)$$

여기서,

$D_p$  : 식 (9.4.9) 및 (9.4.11)에 의해 산정하는 구조물의 상대변위

$I_E$  : 건축구조기준에 따른 건축물의 내진등급별 중요도계수

$D_p$ 는 다음과 같이 변형 발생 시 비구조요소와 구조체의 관계에 따라서 달리 산정하여야 하며, 지진에 의한 횡변위는 다른 하중에 의한 변위와 함께 고려하여야 한다.

동일 구조물 또는 구조시스템상의 수직 위치가  $x$ 와  $y$ 인 2연결점에 대하여  $D_p$ 는 식 (9.4.9)에 따라 계산한다. 그러나 식 (9.4.9)에 의해 산정된  $D_p$ 는 식 (9.4.10)에 따라 계산된 값을 초과할 필요는 없다.

$$D_p = \delta_{xA} - \delta_{yA} \quad (9.4.9)$$

$$D_p = (X - Y) \frac{\Delta_{aA}}{h_{sx}} \quad (9.4.10)$$

독립된 2개의 구조물 또는 분리된 구조시스템상의 수직 위치가 각각  $x$ 와  $y$ 인 2연결점에 대하여  $D_p$ 는 식 (9.4.11)에 따라 계산한다. 그러나 식 (9.4.11)에 의해 산정된  $D_p$ 는 식 (9.4.12)에 따라 계산된 값을 초과할 필요는 없다.

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{xB}| \tag{9.4.11}$$

$$D_p = \frac{X\Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{Y\Delta_{aB}}{h_{sy}} \tag{9.4.12}$$

여기서,

$D_p$  : 비구조요소가 수용하여야 할 지진에 의한 상대변위

$h_{sx}$  : 허용층간변위를 정의하기 위해 사용된 층고

$\delta_{xA}, \delta_{yA}, \delta_{yB}$  : 탄성해석에 의하여 계산된 값에 구조시스템의 변위증폭계수  $C_d$  값을 곱하여 구한 구조물 A 또는 B에서 수직 위치  $x$  또는  $y$ 에서의 변위

$X$  : 구조물 밑면으로부터 상부 부착지점  $x$  까지의 높이

$Y$  : 구조물 밑면으로부터 하부 부착지점  $y$  까지의 높이

$\Delta_{aA}, \Delta_{aB}$  : 구조물 A 또는 B의 허용 층간변위

### 9.4.4 가속도 산정

기계설비, 전기 및 전자설비 등 비구조요소 또는 내부장치가 가속도에 의해 손상될 수 있는 경우, 비구조요소의 동적거동 특성을 반영한 동적해석을 수행하여 가속도를 산정하거나 식 (9.4.4)를 따라 약산으로 가속도를 산정한다.

## 9.5 실험적 평가절차

비구조요소와 부속품들의 내진성능을 평가하는 방법으로 9.4의 해석적 절차를 대신하여 실험적 절차를 적용할 수 있다. 실험 방법은 동적실험 또는 정적실험을 적용할 수 있으며, 지진에 의한 비구조요소의 강성, 강도, 변형능력 등 동적거동 특성을 직접 평가할 수 있도록 실험이 계획, 수행되어야 한다.

**[해설]**

통신장비, 전원설비 등 기계와 전기설비의 기능수행은 일반적으로 실험을 통해 증명되며 이때 사용되는 실험규약으로는 방송통신설비의 내진시험기준 기준(전파연구소 공고 2009-3호), AC156(Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-Table Testing of Non structural Components, 2010), FEMA 461( Interim Protocols For Determining Seismic Performance Characteristics of Structural and Nonstructural Components Through Laboratory Testing, 2007) 등을 참조하여 적용할 수 있다.

### 9.6 기능수행의 확인

표 2.1.1에 따라 기능수행이 요구되는 비구조요소 중 기계 및 전기 비구조요소는 다음 규정을 통해 내진성능을 입증하여야 한다.

- (1) 설계지진에 대해 기능유지가 요구되는 기계 및 전기 비구조요소의 구동부분(active parts) 혹은 동력부분(energized components)은 진동대 실험을 통해 설계지진 후에도 정상작동함을 입증하여야 한다.
- (2) 중요도계수( $I_p$ )가 1.5인 위험물질과 관련된 비구조요소의 경우 제조자는 정밀해석 또는 실험을 통해 설계지진시에도 위험물질이 유출되지 않음을 증명하여야 한다.
- (3) 해석을 통한 증명은 움직이지 않는 비구조요소에만 허용하고  $R_p/I_p = 1.0$ 을 적용한 지진력에 대하여 수행한다.

### 9.7 비구조요소별 성능수준의 정의 및 허용기준

주요 비구조요소별 성능수준의 정의 및 허용 기준은 9.7을 따른다. 비구조요소의 내진성능평가를 위한 하중산정시 요구되는 중요도계수( $I_p$ )는 비구조요소별로 건축구조기준에 정의된 값을 따르되, 성능수준별로 평가가 요구되는 경우 9.7절에서 별도로 정의된 중요도계수를 적용한다.

#### 9.7.1 건축 비구조요소

##### 9.7.1.1 외부에 접착 또는 앵커로 고정되는 중량 외장재

###### (1) 정의 및 범위

건물 외부에 접착된 외장재는 의장적 효과를 위해 본드, 몰탈 등 접착제를 이용해 구조체의 외부에 접착한 벽돌, 석재, 타일 및 유사한 외장 시스템을 대상으로 한다. 외부에 앵커로 고정된 외장재는 벽돌, 석재, 프리패브 패널 등을 구조체의 외부에 앵커를 이용해 부착한 외장재를 대상으로 한다.

###### (2) 부재의 거동

외부에 접착된 중량 외장재는 면내 방향으로는 변형에 민감하며, 면외 방향으로는 가속도에 민감하다. 벽돌이나 석재와 같은 중량의 외장재는 탈락 시 인명 손상이나 주차된 자동차 등의 재산 피해를 야기할 수 있다.

###### (3) 허용 기준

###### ① 인명안전

중량 외장재의 지지구조(접착제 및 앵커 등)는 9.4.2절에 제시된 산정식에 의한 지진 하중에 저항할 수 있어야 하며, 9.4.3절에 의해 산정된 변위각은 0.02 이내이어야 한다.

###### ② 위치유지

인명안전 수준과 동일하다.

###### ③ 기능수행

중량 외장재의 접착제 및 앵커 등에 의한 지지구조는 9.4.2에 제시된 산정식 및 중요도 계수  $I_p$ 를 1.5를 적용한 의한 지진하중에 저항할 수 있어야 하며, 9.4.3절에 의해 산정된 변위각은 0.01 이내이면서 동시에, 상대변위는 13 mm를 넘지 않도록 한다.

### 9.7.1.2 칸막이벽

(1) 정의 및 범위

칸막이벽은 수직방향의 비내력벽을 나타낸다. 조적조 등의 중량 칸막이벽의 내진성능평가는 이 요령 6장을 따르며, 이 절은 경량철골 및 목재 스티드로 뼈대를 구성하고 석고보드, 목재 및 금속재 패널 등으로 마감한 경량 칸막이벽을 대상으로 한다.

(2) 부재의 거동

칸막이벽의 지진거동은 가속도와 변형에 모두 민감하다. 칸막이벽은 지진발생시 관성력에 의해 먼 외방향으로 전도되거나 구조체의 변형에 의해 구조체에서 탈락하여 붕괴될 수 있다.

(3) 허용 기준

① 인명안전

경량 칸막이벽은 별도로 요구되지 않는 경우 인명안전 수준에 대한 평가는 수행하지 않는다.

② 위치유지

경량 칸막이벽은 위치유지 수준에 대하여 먼외방향 지진하중에 저항할 수 있어야 하며, 9.4.3에 따라 산정된 상대변위에 따른 부재각이 0.02 이내여야 한다.

③ 기능수행

경량 칸막이벽은 기능수행 수준에 대하여 중요도 계수  $I_p$ 를 1.5으로 적용한 먼외방향 지진하중에 저항할 수 있어야 하며, 9.4.3에 따라 산정된 상대변위에 따른 부재각이 0.01 이내여야 한다.

### 9.7.1.3 커튼월, 칸막이벽에 끼워진 유리

(1) 정의 및 범위

이 절은 커튼월, 칸막이벽에 끼워진 유리를 대상으로 한다. 유리를 프레임에 고정하는 방식은 실린트 등을 이용하는 습식 공법과 가스켓 등을 사용하는 건식 공법 모두 적용된다.

(2) 부재의 거동

커튼월, 칸막이벽에 끼워진 유리의 지진거동은 우선적으로는 변형에 민감하나, 큰 가속도에 대해서는 유리의 탈락 등이 발생할 수 있다.

(3) 허용 기준

① 인명안전

1) 일반사항

커튼월, 상점앞면, 칸막이벽에 끼워진 유리는 인명안전 수준에 대하여 식 (9.7.1)의 상대변위 요구조건을 충족하거나 또는 13mm중에서 큰 값을 택한다.

$$\Delta_{fallout} \geq 1.25D_{pI} \tag{9.7.1}$$

여기서,

$\Delta_{fallout}$  : 커튼월, 칸막이벽에 끼워진 유리가 빠져 나오는 지진에 의한 상대 변위

$D_{pI}$  : 비구조요소가 수용하여야 할 지진에 의한 상대변위

## 기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령

### 2) 예외

- (a) 식 (9.7.2)에서 규정된 바와 같이 골조로부터 충분한 틈새를 보유하고 있어서 유리와 골조 간의 접촉이 발생되지 않는 경우는 이 요구조건을 따를 필요가 없다.

$$D_{clear} \geq 1.25D_{pI} \quad (9.7.2)$$

여기서,

$D_{clear}$  : 유리와 틀 사이에 접촉이 발생하게 되는 틀의 상대변위로서 유리높이에 대해 정의됨. 직사각형 유리틀일 경우 식(9.7.3)으로 산정한다.

$$D_{clear} = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1}\right) \quad (9.7.3)$$

$h_p$  : 사각형 창의 높이

$b_p$  : 사각형 창의 폭

$c_1$  : 수직 창 모서리와 프레임사이의 간격

$c_2$  : 수평 창 모서리와 프레임사이의 간격

$D_{pI}$  : 비구조요소가 수용하여야 하는 상대 변위.  $D_{pI}$  산정시 유리 부재의 높이를 고려하여야 한다.

- (b) 보도면으로부터 3 m 이하에 위치한 잘 제작된 통유리는 이 요구조건을 따를 필요가 없다.

### ② 위치유지

#### 1) 일반사항

커튼월, 상점앞면, 칸막이벽에 끼워진 유리는 식 (9.7.1)의 상대변위 요구조건을 충족하거나 또는 13 mm 중에서 큰 값을 택한다.

#### 2) 예외

- (a) 식 (9.7.2)에서 규정된 바와 같이 설계변위에서 골조로부터 충분한 틈새를 보유하고 있어서 유리 와 골조간의 접촉이 발생되지 않는 경우는 이 요구조건을 따를 필요가 없다.

- (b) 보도면으로부터 3 m 이하에 위치한 잘 제작된 통유리는 이 요구조건을 따를 필요가 없다.

### ③ 기능수행

#### 1) 일반사항

커튼월, 상점앞면, 칸막이벽에 끼워진 유리는 식 (9.7.4)의 상대변위 요구조건을 충족하거나 또는 13 mm 중에서 큰 값을 택한다.

$$\Delta_{fallout} \geq 1.5 \times 1.25D_{pI} \quad (9.7.4)$$

여기서,

$\Delta_{fallout}$  : 커튼월, 칸막이벽에 끼워진 유리가 빠져 나오는 지진에 의한 상대 변위  
 $D_p$  : 비구조요소가 수용하여야 할 지진에 의한 상대변위

2) 예외

- (a) 식 (9.7.2)에서 규정된 바와 같이 골조로부터 충분한 틈새를 보유하고 있어서 유리와 골조 간의 접촉이 발생되지 않는 경우는 이 요구조건을 따를 필요가 없다.
- (b) 보도면으로부터 3 m 이하에 위치한 잘 제작된 통유리는 이 요구조건을 따를 필요가 없다.

9.7.1.4 매달린 천장

(1) 정의 및 범위

매달린 천장은 천장에 매달린 프레임에 흡음보드 등이 조명이나 기계장치 등과 함께 설치된 통합 천장을 나타낸다. 매달린 천장의 프레임은 M-Bar나 T-Bar등의 경량철골 또는 목재 등이 적용될 수 있으며, 여기에 부착되는 마감재는 흡음타일, 석고보드, 금속천장재 등이 적용될 수 있다. 천장의 무게  $W_p$ 는 천장 격자판, 천장 타일 또는 패널, 조명기구, 기타 천장에 수평지지된 모든 것을 포함한다. 지진력  $F_p$ 는 천장 부착물을 통하여 건물 구조부재 또는 천장과 건물체 경계면으로 전달되어야 한다. 단, 다음의 경우는 이 요령을 적용하지 않는다.

- ① 상부 구조체에 수평지지되어 있는 벽체로 둘러싸인 매달린 천장의 면적이  $13m^2$  이하인 경우에는 이 조항의 요구조건 적용에서 제외된다.
- ② 상부 구조체에 수평지지되어 있는 벽체로 둘러싸여 접합된 천장의 일정한 높이에 나사 또는 못으로 부착된 석고보드로 시공된 천장은 이 조항의 요구조건 적용에서 제외된다.

(2) 부재의 거동

매달린 천장의 지진거동은 가속도와 변형에 모두 민감하다. 매달린 천장은 관성력에 의해 천장판이나 조명 등이 탈락되거나 벽체 등의 경계부와 충돌하여 매달린 프레임에 손상이 발생한다. 적절하게 브레이스 처리되지 않은 천장은 과도한 변형이 발생하여 스프링클러 등 천장에 설치되는 다른 비구조요소의 손상을 야기할 수 있다.

(3) 허용 기준

① 인명안전

인명안전의 성능수준에서 매달린 높이 600 mm 미만의 천장에 대한 평가는 별도로 요구되지 않는 한 수행하지 않는다. 600 mm 이상의 매달린 천장에 대해서는 9.4.3에 따라 산정된 상대변위를 수용할 수 있어야 한다.

② 위치유지

위치유지의 성능수준에서 600 mm 이하의 매달린 천장은 9.4.2에 제시된 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다. 600 mm 이상의 매달린 천장에 대해서는 9.4.3에 따라 산정된 상대변위를 수용할 수 있어야 한다.

③ 기능수행

기능수행의 성능수준에서 600 mm 이하의 매달린 천장은 9.4.2에 제시된 산정식에 중요도 계수  $I_p$ 를 1.5로 적용한 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다. 600 mm 이상의 매달린 천장에 대해서는

## 기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령

9.4.3에 따라 산정된 상대변위를 수용할 수 있어야 한다. 기능수행 수준에 대한 평가시 천장에 포함된 소방설비 등 다른 비구조요소의 기능손상을 야기하지 않는지 평가하여야 한다.

### 9.7.1.5 이중바닥

#### (1) 정의 및 범위

이중바닥은 슬래브와 바닥 마감 사이에 배선이나 배관을 설치하기 위한 공간을 둔 시스템으로, 바닥패널과 그것을 지지하는 수평 및 수직 프레임의 한 모듈로 구성된다. 이중바닥의 프레임은 알루미늄이나 강재 등이 적용될 수 있으며, 바닥패널은 금속과 몰탈, 목재 등으로 이루어진 부재 등이 적용될 수 있다.

이중바닥의 무게  $W_p$ 는 바닥시스템의 무게, 바닥에 고정된 모든 장비무게의 100%, 그리고 바닥에 지지만 되었고 고정은 되지 않은 모든 장비무게의 25%를 포함한다.

액세스 플로어 및 그 상부에 설치되는 전기 및 통신설비의 기능수행 수준에 대한 평가는 전파연구소의 전기통신설비의 내진 시험방법과 같은 국가 공인 시험 절차에 따를 경우 성능을 만족하는 것으로 간주한다.

#### (2) 부재의 거동

이중바닥의 지진거동은 가속도와 변형에 모두 민감하다. 이중바닥은 슬래브와 적절히 앵커링이 되지 않은 경우 전도될 수 있고, 프레임간 연결이 느슨할 시 수평프레임과 수직프레임이 탈락할 수 있다. 또한 벽체 등과의 경계부와 충돌하여 프레임에 손상이 발생할 수 있다. 또한 중량의 설비 장치가 슬래브에 직접 고정되지 않고, 이중바닥 패널 상부에만 고정될 경우 전도될 수 있다.

#### (3) 허용 기준

##### ① 인명안전

인명안전의 성능수준에서 이중바닥에 대한 평가는 불필요하다.

##### ② 위치유지

위치유지 성능수준에서 이중바닥은 9.4.2에 제시된 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다.

##### ③ 기능수행

기능수행의 성능수준에서 이중바닥은 9.4.2에 제시된 산정식에 중요도 계수  $I_p$ 를 1.5로 적용한 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다.

### 9.7.1.6 중량 파라펫

#### (1) 정의 및 범위

파라펫은 공간 구분을 위해 옥상 상부 등에 설치되는 조적조 등으로 구성되는 비내력 벽체로 정의된다.

#### (2) 부재의 거동

중량 파라펫의 거동은 면외방향 가속도에 민감하다. 특히 옥상 등에 설치되는 조적 파라펫은 면외방향의 전도에 의한 붕괴 위험이 높다.

#### (3) 허용 기준

##### ① 인명안전

중량의 파라펫은 면외방향에 대하여 9.4.2에 제시된 지진 하중에 저항할 수 있어야 한다.

② 위치유지

인명안전 수준과 동일하다.

③ 기능수행

중량의 파라펫은 면외방향에 대하여 9.4.2에 제시된 산정식 및 중요도 계수  $I_p$ 를 1.5을 적용한 지진 하중에 저항할 수 있어야 한다.

## 9.7.2 기계 및 전기 비구조요소

### 9.7.2.1 기계장비

#### (1) 정의 및 범위

기계장비는 다음 기준 중 하나 이상을 충족하는 건물 유지관리에 사용되는 장비를 뜻하고, 각각의 허용기준에 따라 평가되어야 한다.

① 2 kN 이상의 모든 장비

② 9.4.1.1절에 따라 계산된 지진하중이 적용되는 1.5 이상의 전도안전계수를 가지지 않는 0.5 kN 이상의 비고정 기계장비

③ 천장, 벽 또는 1.2 m 이상 높이에서 부착된 0.1 kN 이상의 기계장비

④ 다음을 포함한 건물 유지관리 장비

(a) 보일러 및 용광로

(b) 컨베이어

(c) 진동피해가 없거나 진동이 발생하지 않는 HVAC 시스템 장비나 덕트 배관에 장착된 HVAC 시스템 장비

#### (2) 부재의 거동

기계장비의 지진거동은 가속도에 민감하다. 기계장비는 지진 발생 시 장착된 곳에서 미끄러지거나 전도, 탈락할 수 있으며 이때, 인명안전이 위협되므로 위치유지 성능수준과 인명안전 수준을 동일하게 둔다. 일부 지진 이후 기계설비의 기능수행이 요구될 경우 엔지니어가 기능수행에 맞는 평가를 진행하여야 한다.

#### (3) 허용 기준

① 인명안전

평가가 필요한 기계장비는 기계장비를 고정하는 앵커수준으로 평가한다. 기계장비를 고정하는 앵커는 9.4.2에 제시된 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다.

② 위치유지

인명안전 성능수준과 동일하다.

③ 기능수행

기계장비를 고정하는 앵커는 9.4.2에 제시된 산정식에 중요도 계수  $I_p$ 를 1.5로 적용한 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다. 화재진압장비와 같은 인명안전에 필요한 시스템의 일부를 구성하거나 유해물질을 포함하는 경우 기능수행 성능수준에 대한 내진성능평가를 실시하도록 한다.

### 9.7.2.2 전기 및 통신설비

#### (1) 정의 및 범위

전기 및 통신설비는 전기실이나 건물안의 기타 공간에 위치한 패널보드, 배터리랙, 제어센터 등을 포함한 전기설비와 통신설비를 의미한다. 또한 전기 및 통신설비는 다음 기준 중 하나 이상을 충족하는 장비 및 설비를 뜻하고, 각각의 허용기준에 따라 평가되어야 한다.

- ① 0.5 kN 이상의 모든 설비 및 장비
- ② 9.4.1.1절에 따라 계산된 지진하중이 적용되는 1.5 이상의 전도안전계수를 가지지 않는 0.5kN 이상의 비고정된 설비 및 장비
- ③ 천장, 벽 또는 1.2m 이상 높이에서 부착된 0.1 kN 이상의 설비 및 장비
- ④ 건물 유지관리에 필요한 전기 및 통신설비

전기 및 통신설비의 기능수행 수준에 대한 평가는 전파연구소의 전기통신설비의 내진 시험방법과 같은 국가 공인 시험 절차에 따를 경우 성능을 만족하는 것으로 간주한다.

#### (2) 부재의 거동

전기 및 통신설비의 지진거동은 가속도에 민감하다. 전기 및 통신설비는 설치된 바닥에서 미끄러지거나 기울어짐, 또는 전도로 탈락 및 파괴가 발생할 수 있고 이로 인하여 전기 배관 등에 문제가 발생할 수 있다.

#### (3) 허용 기준

##### ① 인명안전

평가가 필요한 전기 및 통신설비는 9.4.2에 제시된 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다.

##### ② 위치유지

인명안전 성능수준과 동일하다.

##### ③ 기능수행

기계장비를 고정하는 앵커수준은 9.4.2에 제시된 산정식에 중요도 계수  $I_p$ 를 1.5로 적용한 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다. 비상전원 시스템이나 그 일부를 구성하는 전기 및 통신설비의 경우 기능수행 성능수준에 대한 내진성능평가를 실시하도록 한다.

## 9.7.3 배관

### 9.7.3.1 압력배관

#### (1) 정의 및 범위

압력배관은 소화배관을 제외한 증기단계에서 700 Pa 이상의 압력을 나타내는 유체를 운반하는 모든 배관에 적용된다.

#### (2) 부재의 거동

일반적인 압력배관의 지진거동은 가속도에 민감하다. 압력배관이 구조재를 관통하는 경우 가속도와 변형을 모두 고려하여야한다. 압력배관은 구조재와의 거동 특성 차이로 인하여 배관 자체의 변형 및 손상이 발생할 수 있고, 배관과 배관 사이의 접합부와 압력배관을 설치하는 장치 시스템의 탈락이나 파손 등이 발생할 수 있다. 지진에 대한 압력배관의 가장 일반적인 파괴형상은 부적절한 지지부에 의한 파손이나 브레이스의 손상이다.

(3) 허용 기준

① 인명안전

평가가 필요한 압력배관은 9.4.2에 제시된 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다. 또한 바닥 등을 통과하는 압력배관의 경우 9.4.3에 제시된 상대변위를 수용할 수 있어야 한다.

② 위치유지

인명안전 성능수준과 동일하다.

③ 기능수행

기계장비를 고정하는 앵커수준은 9.4.2에 제시된 산정식에 중요도 계수  $I_p$ 를 1.5로 적용한 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다. 또한 바닥 등을 통과하는 압력배관의 경우 9.4.3에 제시된 상대변위를 수용할 수 있어야 한다.

### 9.7.3.2 소화배관

(1) 정의 및 범위

소화배관은 0.45~1.5 kN/m 이상의 무게를 갖는 주 배관과 30 N/m의 무게를 갖는 가지배관 및 스프링클러 배관을 포함한다. 소화배관이 소방시설의 내진설계 기준을 만족하는 경우, 성능을 만족하는 것으로 간주한다. 단, 소방시설의 내진설계기준에 의해 산정된 지진하중이 9.4.2에 제시된 지진하중보다 작을 경우 이 요령의 지진하중 산정방법을 따른다.

(2) 부재의 거동

소화배관의 지진거동은 가속도에 민감하다. 소화배관은 구조재를 통과하는 경우 가속도 및 변형을 모두 고려하여야한다. 일반적으로 압력배관과 동일한 손상을 기대할 수 있다. 지진에 대한 소화배관의 가장 일반적인 파괴형상은 부적절한 지지부나 브레이스의 손상, 스프링클러 헤드로 인한 인접한 자재와의 공동 손상 등이다.

(3) 허용 기준

① 인명안전

평가가 필요한 소화배관은 9.4.2에 제시된 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다. 또한 바닥 등을 통과하는 소화배관의 경우 9.4.3에 제시된 상대변위를 수용할 수 있어야 한다.

② 위치유지

평가가 필요한 소화배관은 9.4.2에 제시된 산정식에 중요도 계수  $I_p$ 를 1.5로 적용한 지진 하중을 견딜 수 있어야 한다.

③ 기능수행

위치유지 성능수준과 동일하다.