

# 제 8 장 기초 및 지반

## 8.1 일반사항

이 장은 기존건축물 기초의 내진성능평가를 위하여 지반조사, 구조해석을 위한 기초의 모델링 및 허용기준을 규정한다. 여기서 언급되지 않는 사항은 건축구조기준과 구조물기초설계기준을 따른다. 기초와는 별도로 지진에 의한 지질학적 부지재해(seismic-geologic site hazard)가 예상되는 경우에 관련 전문가에 의한 별도의 평가를 수행하여야 한다. 부지재해는 단층파쇄(fault rupture), 액상화(liquefaction), 산사태(landsliding), 홍수(flooding), 침수(inundation) 등을 포함한다.

## 8.2 지반조사

### 8.2.1 지반조사의 목적

- (1) 지진위험도 결정을 위한 지반의 분류
- (2) 신설 및 기존 기초의 지지력 평가
- (3) 필요시 대상 건축물의 안전에 영향을 줄 수 있는 사면 또는 옹벽의 내진 안정성 평가

### 8.2.2 지반조사의 방법

- (1) 시추조사
- (2) 탄성과 탐사
- (3) 필요시 기초형식의 확인을 위한 조사
- (4) 필요시 부지특성평가를 위한 시험

#### [해설]

##### (1) 시추조사

- ① 필요 개소 : 내진 특등급 건축물은 부지 내 2개소 이상, 내진 1등급 및 2등급 건축물은 1개소 이상 시추조사를 실시하며, 불리한 값을 내진성능평가에 적용한다. 시추조사는 가급적 대상 건물에 최대한 인접한 위치에서 실시한다. 기초의 지지력이 명기된 설계도서가 있다면 생략할 수 있다.
- ② 표준관입시험 : 시추조사로 얻어지는 표준관입 시험값은 반드시 표준관입 시험기의 에너지효율을 고려하여 N60의 값으로 보정되어야 한다. 또한, 기타 표준관입 시험값에 영향을 줄 수 있는 사항들에 대한 보정이 가능하도록 지반조사보고서에 시추 당시 조건을 상세히 명기할 수 있도록 한다.
- ③ 시추조사의 대체 : 특등급 건물의 1개소 및 내진 2등급 구조물에 한하여, 300m 이내의 기존 시추조사 자료나 국토지반정보 포털시스템(www.geoinfo.or.kr)을 활용하여 시추조사를 대체할 수 있다. 단, 암반까지 시추기록이 존재하여야 하며, 지층별 입도분포곡선과 에너지 보정된 표준관입시험치가 확보될 수 있어야 한다.

## 기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령

### (2) 탄성과 탐사

- ① 지반의 최대 전단탄성계수 결정에 필요한 전단파 속도 주상도를 획득하기 위해서는 현장탄성과 시험을 수행하여야 한다. 탐사 개소 요건은 (1)의 시추조사와 동일하다. 전단파속도가 명기된 설계도서가 있다면 생략할 수 있다.
- ② 탄성과 탐사 깊이는 건축구조기준의 지반분류 요건을 충족하여야 한다.
- ③ 탄성과 탐사의 대체 : 특등급 건물의 1개소 및 내진 2등급 구조물에 한하여, 300m 이내의 기존 탐사자료로 대체할 수 있다. 내진 2등급 구조물에 한하여 관입 저항값과 전단파 속도의 경험적 상관관계를 통하여 전단파 속도를 획득할 수 있으며, 다음 해식 (8.2.1)과 같이 국내 지반에 대해 제안된 상관관계식<sup>4)</sup>(Sun et al., 2013, Pure and Applied Geophysics)을 활용할 수 있다.

$$V_s = 65.64N^{0.407} \quad (\text{해 8.2.1})$$

### (3) 기초형식의 확인

- ① 신뢰할 수 있는 기초의 도면이 미확보된 내진특등급 건물은 지진 시 침하가 발생하여 기능수행에 장애를 유발할 수 있다고 판단되는 경우에 시험굴 조사 등을 실시하여 기초의 형태와 크기를 확인하여야 한다.
- ② 세부적인 기초의 평면배치는 가능한 범위 내에서 추정할 수 있다.
- ③ 미확인 기초의 추정은 건축 당시 가장 일반적인 설계방식에 근거하여 추정되어야 하며, 그로 인한 결과는 보수적인 내진성능평가 결과로 반영되어야 한다.

### (4) 부지특성 평가 방법

실내시험, 평판재하시험 등을 포함하여 대상 지반의 부지특성 평가를 위하여 실시하는 현장 및 실내 반복시험방법은 각 시험의 특성에 따라 매우 다양한 종류의 지반 물성치를 획득하게 하고, 각 시험에서 결정 가능한 지반 물성치는 서로 다르다. 대상 구조물의 중요도, 시험장비의 가용성 지반조사 비용 등을 고려하여 지반조사기법의 조합이 결정되므로, 현장 여건에 따라 각 시험에서 결정된 지반 물성치를 효과적으로 결합하여 대상 지반의 부지특성을 평가하여야 한다.

해표 8.2.1 지반조사 필요개소

내진등급	시추조사 최소개소	탄성과 탐사 최소개소	비고
특등급	2 개소	2 개소	1개소는 300m 이내의 기존 지반조사 자료 또는 국토지반정보 포탈시스템 자료로 대체 가능
1등급	1 개소	1 개소	-
2등급	1 개소	1 개소	300m 이내의 기존 지반조사 자료 또는 국토지반정보 포탈시스템 자료로 대체 가능

4) Sun, Chang-Guk, Cho, Chang-Soo, Son, Minkyung, Shin, Jin Soo, "Correlations Between Shear Wave Velocity and In-Situ Penetration Test Results for Korean Soil Deposits", Pure and Applied Geophysics, Volume 170, Issue 3, pp.271-281, 2013

### 8.3 기초의 지지력

(1) 기초의 안전성은 기초의 기대지지력에 기초하여 평가한다. 기초의 기대지지력은 지반조사에 의한 극한지지력으로 결정하거나 설계도서에 명시된 허용지지력과 그에 포함된 안전율을 고려하여 다음 식으로 산정할 수 있다.

$$q_e = \phi(3.0 q_{all}) \tag{8.3.1}$$

$$Q_e = \phi(3.0 Q_{all}) \tag{8.3.2}$$

여기서,

$q_e$  : 얕은기초의 기대지지력 (MPa)

$q_{all}$  : 설계도서에 명시된 얕은기초의 중력하중 설계용 허용지지력 (MPa)

$Q_e$  : 말뚝기초의 기대지지력 (kN)

$Q_{all}$  : 설계도서에 명시된 말뚝기초의 중력하중 설계용 허용지지력 (kN)

$\phi$  : 강도감소계수로서 성능기반의 선형절차 및 비선형절차에 모두 1.0을 적용

- (2) 허용지지력이 명시된 설계도서가 없는 경우에 「건축구조기준」에 따른 고정하중의 1.0배와 활하중의 0.25배를 적용한 경우의 기초반력을 허용지지력으로 간주할 수 있다.
- (3) 설계 당시의 활하중을 조사하여 고정하중의 1.0배와 활하중의 1.0배를 적용한 경우의 기초반력을 허용지지력으로 간주 할 수 있다. 증축된 건물의 설계 당시 활하중은 증축설계에 적용된 활하중으로 본다.
- (4) (2)와 (3)을 적용하기 위해서 현재 사용하중 하에서 침하 등의 문제가 없음을 확인하여야 한다.
- (5) 지반조사를 통해서 기초의 기대지지력을 구할 수 있다.

[해설]

(1) 내진설계 시 기초의 허용지지력은 시추조사 등을 통해 확인된 지반의 극한지지력을 안전율로 나누어 산정한다. 이 요령에서는 극한지지력의 기댓값인 기대지지력을 사용하여 기초의 안전성을 평가한다. 극한지지력 즉, 기대지지력과 비교되는 기초반력은 내진성능평가시 적용된 하중조합에 의해 산정된다. 즉, 선형절차의 경우 4.2.7, 비선형정적절차의 경우 4.3.4에 의한 하중조합시 성능점에서의 값, 비선형동적절차의 경우 4.4.2에 의해 산정된 기초반력이다.

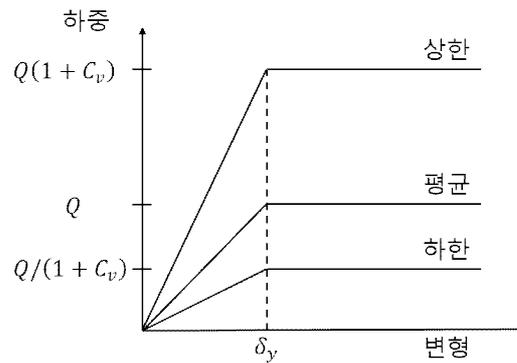
ASCE 41-17에서는 기초의 기대지지력에 대한 추정치로서 설계도서에 명시된 허용지지력의 3배를 적용하거나 또는 기초에 작용하는 연직하중의 1.5배를 적용할 수 있도록 허용하고 있다. 후자의 경우에 기초를 고정된 지지점으로 모델링 시 강도의 상한치(기대 지지력의 2배) 적용을 허용하므로 결과적으로 이 요령과 같이 허용지지력의 안전율 3을 적용하는 것과 동등한 수준이다.

(2) 허용지지력을 산정하기 위하여 기초에 작용하는 연직하중을 계산하는 경우에 안전측의 하중조합을 적용한다. 증축부가 있는 건물의 경우에 설계 시 기초에 대한 검토가 수행되었다는 가정 하에 적용 하중기준은 증축설계 시점을 기준으로 결정한다.

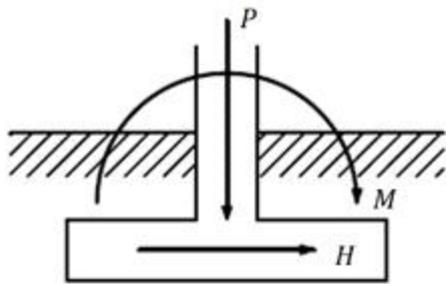
## 8.4 구조물의 해석을 위한 기초지반의 모델링

### 8.4.1 일반사항

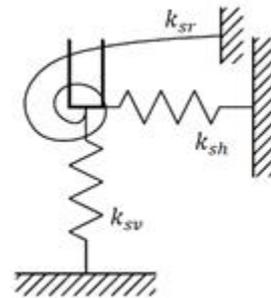
- (1) 얕은기초와 말뚝기초는 고정 지지점 또는 유한한 강성을 갖는 경계조건으로 모델링할 수 있다.
- (2) 유한한 강성을 갖는 경계조건으로 모델링하는 경우에 강성과 강도의 불확실성을 고려하여 상한치와 하한치에 대한 검토를 모두 수행한다. 상한치와 하한치 산정을 위해서 그림 8.4.1과 같이 변동계수  $C_v$ 를 적용하며, 별도의 입증자료에 의하지 않는다면 독립기초에는 1.0을 적용하고, 말뚝기초에는 0.5 이상의 값을 적용하여야 한다.



(a) 지반의 이상화된 완전탄소성 하중-변형 관계



(b) 기초의 하중



(c) 강체로 가정한 기초의 독립적 스프링 모델

그림 8.4.1 유한한 강성을 갖는 기초의 모델링

### 8.4.2 얕은기초

- (1) 얕은기초를 유한한 강성을 갖는 경계조건으로 모델링하는 경우 치수, 물림깊이 및 지반의 물성 등을 고려하여 강성을 산정한다.
- (2) 기초를 상호 연결하는 지중보가 있고, 지중보와 주각을 모델링하는 경우에 한하여 기초를 회전단 경계조건으로 해석할 수 있다.
- (3) 기대 압축저항능력은 8.3에 따른 기대지지력을 적용하여 산정한다.
- (4) 기대 들림저항능력은 해당 기초의 고정하중에 의한 복원력으로 간주한다. 복원력 산정을 위한 고정하중은 기대값으로서 하중계수를 적용하지 않는다.

- (5) 기대 모멘트저항능력은 기초저면의 접지압 분포를 고려한 소성한계상태의 모멘트 내력을 적용한다. 접지압의 분포에는 8.3에 따른 기대지지력을 적용한다. 기초에 작용하는 수직하중을 고려하며, 여기에는 중력하중과 지진하중을 모두 포함한다.

[해설]

(1) 얇은기초의 강성은 6자유도에 대하여 독립적으로 모델링하거나, 복수의 연직방향 스프링을 이용하는 Winkler 모델을 이용하여 축력과 전도의 커플링을 고려할 수도 있다. 기초가 지반에 비해 유연한 경우 기초 구조체를 별도로 모델링한다. 얇은기초를 6자유도의 스프링으로 모델링하는 경우 각 자유도의 탄성강성은 다음 식 (해 8.4.1)로 산정할 수 있다.

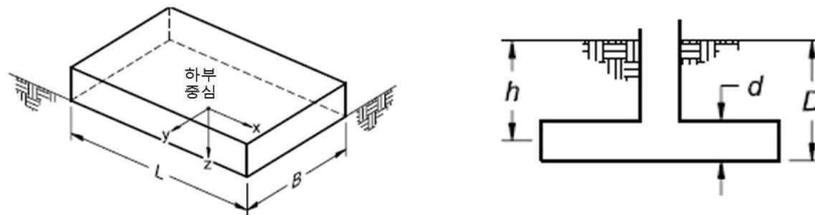
$$K = K_{sur} \beta \quad (\text{해 8.4.1})$$

여기서

$K$  : 지반에 접하는 얇은기초의 스프링 강성

$K_{sur}$  : 바닥이 지표면에 놓인 얇은기초의 스프링 강성으로서 해표 8.4.1에 따름

$\beta$  : 얇은기초의 매입깊이를 고려한 보정계수로서 해표 8.4.2에 따름



해그림 8.4.1 얇은 기초의 치수 및 묻힘깊이

## 기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령

해표 8.4.1 얇은기초의 스프링 강성 산정을 위한 지표면 강성

자유도 <sup>1)</sup>	지표면 강성, $K_{sur}$ <sup>2)</sup>
X방향 병진운동	$K_{x,sur} = \frac{GB}{2-\nu} [3.4(\frac{L}{B})^{0.65} + 1.2]$
y방향 병진운동	$K_{y,sur} = \frac{GB}{2-\nu} [3.4(\frac{L}{B})^{0.65} + 0.4\frac{L}{B} + 0.8]$
z방향 병진운동	$K_{z,sur} = \frac{GB}{1-\nu} [1.55(\frac{L}{B})^{0.75} + 0.8]$
X방향 회전운동	$K_{xx,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} [0.4(\frac{L}{B}) + 0.1]$
y방향 회전운동	$K_{yy,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} [0.47(\frac{L}{B})^{2.4} + 0.034]$
z방향 회전운동	$K_{zz,sur} = GB^3 [0.53(\frac{L}{B})^{2.45} + 0.51]$

1) 해그림 8.4.1 참조

2)  $L, B$ : 기초의 치수로서 해그림 8.4.1 참조

$G$ : 기초의 유효전단탄성계수

$\nu$ : 지반의 포아송(Poisson) 비

해표 8.4.2 얇은기초의 스프링 강성 산정을 위한 매입깊이에 대한 보정계수

자유도 <sup>1)</sup>	매입깊이에 대한 보정계수, $\beta$ <sup>2)</sup>
X방향 병진운동	$\beta_x = (1 + 0.21\sqrt{\frac{D}{B}} \cdot [1 + 1.6(\frac{hd(B+L)}{BL^2})^{0.4}])$
y방향 병진운동	$\beta_y = \beta_x$
z방향 병진운동	$\beta_z = [1 + \frac{1}{21}\frac{D}{B}(2 + 2.6\frac{B}{L})] \cdot [1 + 0.32(\frac{d(B+L)}{BL})^{2/3}]$
X방향 회전운동	$\beta_{xx} = 1 + 2.5\frac{d}{B} [1 + \frac{2d}{B}(\frac{d}{D})^{-0.2}\sqrt{\frac{B}{L}}]$
y방향 회전운동	$\beta_{yy} = 1 + 1.4(\frac{d}{L})^{0.6} [1.5 + 3.7(\frac{d}{L})^{1.9}(\frac{d}{D})^{-0.6}]$
z방향 회전운동	$\beta_{zz} = 1 + 2.6(1 + \frac{B}{L})(\frac{d}{B})^{0.9}$

1) 해그림 8.4.1 참조

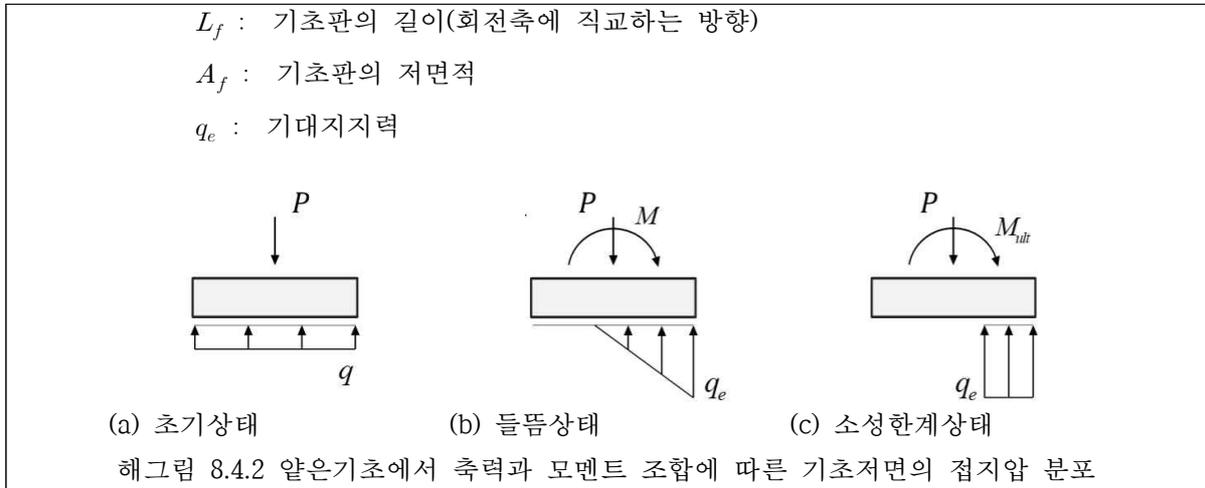
2)  $L, B, d, D, h$ : 기초의 치수 및 묻힘깊이로서 해그림 8.4.1 참조

(5) 축력과 휨모멘트가 동시에 작용하는 얇은기초에는 휨모멘트의 크기에 따라 해그림 8.4.2와 같이 기초저면의 접지압 분포가 달라진다. 회전작용(rocking)이 지배적인 직사각형 얇은기초의 기대 모멘트저항능력은 해그림 8.4.2(c)의 소성한계상태를 가정한 식 (해 8.4.2)의 극한모멘트내력을 적용할 수 있다.

$$M_C = \frac{PL_f}{2} \left( 1 - \frac{P}{A_f} \frac{1}{q_e} \right) \quad (\text{해 8.4.2})$$

여기서,

$P$ : 수직력



### 8.4.3 말뚝기초

- (1) 설계도서에 의해 말뚝기초여부를 확인할 수 없다면 얇은기초로 간주하여 평가를 수행한다.
- (2) 인장을 받는 말뚝의 강성과 강도는 말뚝머리와 말뚝의 연결 상세를 반영하여 모델링한다.
- (3) 말뚝기초를 유한한 강성을 갖는 경계조건으로 모델링하는 경우 말뚝의 제원, 지반의 물성 등을 고려하여 강성을 산정한다.
- (4) 압축 및 인장이 작용하는 말뚝기초의 기대 수직저항능력은 8.3에 따라 결정된 개별 말뚝의 기대지지력을 적용하여 산정한다. 단, 개별 말뚝의 기대지지력은 구조요소의 공칭강도를 초과할 수 없다.
- (5) 무리말뚝의 기대 모멘트저항능력은 말뚝머리를 강체로 가정하여 개별 말뚝의 기대지지력에 기초하여 결정한다. 건축구조기준에 따른다.
- (6) 말뚝의 강성, 강도 및 지반의 영향은 건축물 기초구조 설계기준(KDS 41 20 00) 또는 지반설계기준(KDS 11 00 00)에 따른다.

[해설]

(3) 무리말뚝의 축방향 강성과 강체회전 스프링 강성은 개별 말뚝의 축방향 강성에 기초하여 산정한다. 축방향 강성은 다음과 같이 산정한다.

$$k_{sv} = \sum_{n=1}^N k_{vn} \quad (\text{해 8.4.3})$$

여기서,

$k_{vn}$  = 개별 말뚝의 축방향 강성

$N$  = 포함된 말뚝의 수량

말뚝머리의 수평 축에 대한 강체회전 스프링의 강성은 개별 말뚝의 축방향 스프링을 이산 Winkler 스프링으로 보고 계산한다. 회전스프링상수  $k_{sr}$ 은 식 (8.4.4)를 이용하여 계산한다.

$$k_{sr} = \sum_n^N k_{vn} S_n^2 \quad (\text{해 8.4.4})$$

여기서,

$k_{vn}$  = n번째 말뚝의 축강성

$S_n$  = n번째 말뚝과 회전축 간 거리

무리말뚝의 횡강성은 무리말뚝 효과가 적절히 반영된 말뚝의 횡강성과 말뚝머리의 수동저항을 합하여 산정한다.

## 8.5 기초의 안전성평가

### 8.5.1 얕은기초

#### 8.5.1.1 일반사항

- (1) 경계조건을 고려한 해석결과로부터 산정된 수직 및 회전자유도에 대한 검토를 수행한다.
- (2) 기초 구조체의 검토는 5장에 따르며, 5장에서 정의되지 않은 사항은 건축구조기준에 따른다.

#### 8.5.1.2 선형절차

- (1) 고정된 밑면으로 모델링된 얕은기초
  - ① 작용력중 수직압축력은 힘지배요소, 그 외에는 변형지배요소로 분류하고 4.2의 규정에 따라 평가한다. 단 모두 기대지지력을 적용한다.
  - ② 기대지지력은 8.4.2에 따라 산정한다.
  - ③ 모멘트 및 들림에 대한 기초의 m 계수는 거주가능은 2.0, 인명안전은 3.0, 붕괴방지는 4.0을 적용한다.
  - ④ 거주가능 이상의 성능을 평가 시 성능이 기초의 변위에 민감한 구조물에 적용할 수 없다.
- (2) 유한한 강성을 갖는 것으로 모델링된 얕은기초
  - ① 변형지배요소로 분류하고 4.2의 규정에 따라 평가한다.
  - ② 기대지지력과 기대강성은 8.4.2에 따라 산정한다. 단, 들림에 대한 기대강성은 8.4.1에 따른 하한치를 적용한다.
  - ③ m 계수는 기초의 형상과 작용하중을 고려하여 결정한다.
- (3) 들림이 발생하는 얕은기초는 연관된 구속조건을 해제하고 해석할 수 있다. 단 이 경우 해당 기초의 수직자유도에서 들림에 해당되는 변위가 발생함을 확인하여야 한다.

#### [해설]

(1)(2) 들림에 대한 저항력은 해당 자유도에서의 연직하중으로서 들림 발생 이후에도 중력은 계속 작용하여 저항력을 상실하지 않으므로 변형지배 작용으로 본다. 수직하중을 포함하여 해석을 수행한 경우에는 수직하중에 의한 영향을 제외한 반력을 들림저항능력과 비교한다.

(1)③ 밑면이 고정된 기초의 모멘트에 대한 m 계수는 ASCE 41-17의 수치를 도입하였다. 같은 기준에서 들림의 경우에는 모멘트의 2배 값을 제시하고 있으나 ASCE 41-13을 참조하여 안전측으로 모멘트에 대한 m 계수와 동일한 값을 적용하였다. 다만 ASCE 41-17에서는 수직압축력에 대해서 별도로 m 계수를 제시하고 있지 않다. 그러나 밑면이 유한한 강성으로 모델링된 경우에 수직반력이 수직저항능력에 도달한 상태에서는 모멘트에  $m = 1.0$ 을 적용하고 있다. 즉 모든 접지압이 지지능력에 도달한 상태에서는 추가적인 응력을 허용하지 않는다. 이 요령에서는 수직압축력에 대해서 이를 준용한다.

(2)③ 밑면이 유한한 강성을 갖는 얇은기초의  $m$  계수는 ASCE 41-17의 수치를 참고할 수 있다. ASCE 41-17에서는 직사각형 및 I-형 기초에 대하여 모멘트에 대한  $m$  계수 표를 제시하고 있으며, 기초의 형상과 크기 및 축하중에 의해 결정된다. 또한 들림에 대한  $m$  계수를 별도로 제시하고 있다.

(3) 들림이 발생하는 기초는 지면과 유리되어 수평변위와 회전에 대한 저항력을 상실한다. 다만 하중 조건에 따라 들림 발생 여부 및 해당 기초가 달라질 수 있으므로 구속조건 변경 시 주의를 요한다.

### 8.5.1.3 비선형절차

- (1) 고정된 밑면으로 모델링된 얇은기초
  - ① 힘지배요소로 분류하고 4.3의 규정에 따라 평가한다. 단, 기대지지력을 적용한다.
  - ② 지지력은 8.4.2에 따라 산정한다.
  - ③ 거주가능 이상의 성능을 평가 시 성능이 기초의 변위에 민감한 구조물에 적용할 수 없다.
- (2) 유한한 강성을 갖는 것으로 모델링된 얇은기초
  - ① 변형지배 요소로 분류하고 토질역학 원리에 따라 비탄성 요소로 모델링하여 평가한다.
  - ② 기대지지력과 강성은 8.4.2에 따라 산정한다. 8.4.1에 따른 상한치와 하한치를 각각 적용하여 해석한다.
- (3) 들림이 발생하는 기초는 연관된 구속조건의 상실을 모델에 반영하여 해석한다.

[해설]

- (1) 수직하중을 포함하여 해석을 수행한 경우에는 수직하중에 의한 영향을 제외한 반력을 들림 저항능력과 비교한다.
- (2) 밑면이 유한한 강성을 갖는 기초의 수직 및 회전성분은 ASCE 41-17에 따라 각각 이선형 및 삼선형 하중-변형 관계로 모델링할 수 있다. ASCE 41-17에서는 모델링 변수는 두 성분에 대해서 각각 제시하고 있으나 허용기준은 회전에 대해서만 제공하고 있고 성능수준은 회전량을 기준으로 판정한다.
- (3) 들림이 발생하는 기초는 지면과의 유리되어 수평변위와 회전에 대한 저항력을 상실한다. 따라서 자유도간 상호작용을 고려하여야 한다.

## 8.5.2 말뚝기초

### 8.5.2.1 일반사항

- (1) 말뚝기초에 작용하는 축력과 모멘트에 대하여 지반에 매입된 개별 말뚝이 안전하게 저항하는지 검토하여야 한다.
- (2) 기초 구조체의 검토는 5장에 따르며, 5장에서 정의되지 않은 사항은 건축구조기준에 따른다.

### 8.5.2.2 선형절차

- (1) 고정된 밑면으로 모델링된 말뚝기초
  - ① 작용력 중 수직압축력은 힘지배요소, 그 외에는 변형지배요소로 분류하고 4.2의 규정에 따라 평가한다. 단 모두 기대지지력을 적용한다.
  - ② 구성요소의 강도는 8.4.3에 따라 산정한다.

## 기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령

- ③ 모멘트 및 들림에 대한 기초의  $m$  계수는 거주가능은 1.5, 인명안전은 3.0, 붕괴방지는 4.0을 적용한다.
- ④ 거주가능 이상의 성능을 평가 시 성능이 기초의 변위에 민감한 구조물에 적용할 수 없다.
- (2) 유한한 강성을 갖는 것으로 모델링된 말뚝기초
  - ① 변형지배요소로 분류하고 4.2의 규정에 따라 평가한다.
  - ② 구성요소의 강도와 강성은 8.4.3에 따라 산정한다.
  - ③ 구성요소의  $m$  계수는 기초의 형상과 작용하중 등을 고려하여 결정한다.
  - ④ 지반의 횡방향 강도를 평가할 필요는 없으며, 상부 구조물과 기초가 지반의 변위를 성능수준별 요구한도 안에서 수용 가능한지 검토한다.

### 8.5.2.3 비선형절차

- (1) 고정된 밑면으로 모델링된 말뚝기초
  - ① 힘지배요소로 분류하고 4.3의 규정에 따라 평가한다. 단, 기대지지력을 적용한다.
  - ② 구성요소의 강도는 8.4.3에 따라 산정한다.
  - ③ 거주가능 이상의 성능을 평가 시 성능이 기초의 변위에 민감한 구조물에 적용할 수 없다.
- (2) 유한한 강성을 갖는 것으로 모델링된 말뚝기초
  - ① 변형지배요소로 분류하고 비탄성 하중-변형 관계를 직접적으로 모델링한다.
  - ② 구성요소의 강도와 강성은 8.4.3에 따라 산정한다. 8.4.1에 따른 상한치를 적용한 경우와 하한치를 적용한 경우로 나누어서 각각 내진성능평가를 수행한다.
  - ③ 구조물과 기초가 해당 성능수준의 허용기준을 만족하면서 지반변위를 수용할 수 있는지의 여부를 검토하여 평가한다.

## 8.6 지하구조의 안전성평가

단독 지하주차장, 지하역사, 지하도 상가 등의 독립된 지하구조물과 공동주택의 지하주차장 등 건축물의 지상층과 연결되어 있는 지하구조물의 안전성평가는 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)의 14장에 따라 수행할 수 있다.

- (1) 건축구조기준에 따라 지진토압 산정시 유효지반가속도  $S$ 의 2/3 대신에 이 요령에서 정의하는 성능목표별 지진위험도에 상응하는 지진위험도를 적용한다.
- (2) 지하구조의 안전성은 건축구조기준에 따라 기초면 하부만 고정된 모델을 사용하여 평가한다. 상부구조의 평가는 추가적으로 지하구조가 고정된 모델 또는 지반의 강성을 고려한 모델을 사용하여 평가되어야 한다.
- (3) 선형해석절차의 경우에 식 (4.2.10)에서  $E_X$  와  $E_Y$  각각에 건축물 내진설계기준의 14장에 따라 산정된 정적토압과 지진토압을 하중으로 포함하여 평가한다.
- (4) 비선형정적절차의 경우에 우선 관성력에 의한 지진하중에 대한 비선형 정적해석을 수행하여 성능점을 산정한다. 성능점에서 지하구조물의 변위가 응답변위법 또는 다른 유효한 방법에 따라 산정되는 지반의 예상변위보다 작은 경우에 한하여 추가적인 토압을 가하여 해석한다. 여기서 추가적인 토압은 건축물 내진설계기준의 14장에 따라 산정되는 정적토압과 성능점에서의 지하구조물의

