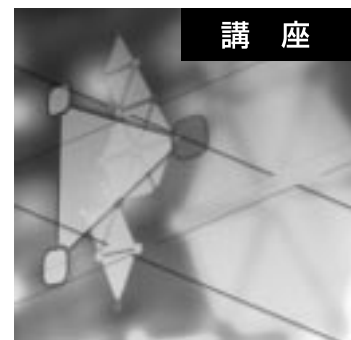


設備技術者のための建築構造入門(3)

設備機器および配管用耐震基礎

平山昌宏 芝浦工業大学 正会員

キーワード：コンクリート基礎(Concrete Base), 建築設備(Building Equipment), 地震(Earthquake)



はじめに

建築設備耐震の基本的目標は地震動による人的物的被害防止にあり、地震時の損壊防止と地震後の機能確保とを図ることにある。

損壊防止を図るには、設備機器や配管類の損壊や移動・転倒による直接的被害の防止を基本とし、“建築設備耐震設計・施工指針 2005年版(財)日本建築センター(以降、センター指針と略す)にその対策が示され、主に機器や配管類の固定と各部に生じる変位とを吸収することとしている。また、“建築設備の耐震設計 施工法(社)空気調和・衛生工学会(以降、学会指針と略す)にはその技術的裏づけが示されている。

機能確保は、センター指針では固定と変位吸収とが十分になされていれば大きな被害はなからうとのことから、短期間の修理程度で機能は回復されるであろうと受身で扱っている。しかし、機能停止が許されない用途や、地域社会に生じた被害を早期に復旧するための中枢施設となる官庁施設、病院などでは建物機能を地震後も継続して確保する必要があり、建築的・設備的に積極的な機能確保策を図る必要がある。建築設備の機能確保への積極的な対策には、前述の固定や変位吸収に加えて設備の二重化などシステムの対応が必要で、さらにライフラインが停止状態になっても機能を確保するためのエネルギーや水、食料などの備蓄や供給などが必要となる。機能確保に対する範囲や程度はその要求度から決められるが、具体的方法の例として、“官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 平成8年版(社)公共建築協会”にその基本が示されている。

これら設備耐震に求められる主に固定強度に対する“耐震クラス”と“機能確保の要求度”とを総合的に表す言葉として、“耐震グレードS, 同A, 同B”が用いられている。

ここでは地震動により建物、そして構造体から機器や配管類に作用する地震力を支持・固定する耐震基礎(以降、基礎と略す)について述べる。

1. 地震動と建物のゆれ³⁾

地震動には初期微動(縦波:P波)があり、続いて強い主要動(横波:S波)がある。P波は波の伝わる方向に対して

前後に振動しながら伝わる波であり、S波は波の進行方向に直角に振動しながら伝わる波である。地震波が地表に到達する場合、速度の速いP波が先に到達し、その後にS波がくる。

地中を伝わる地震波の速度は、一般に地表に近いほど遅いため、地震波の進む方向は次第に地表面に対して垂直方向に近づいてくる。そのため、地表では震源が直下でなくても地震波はP波が上下動として感じ、S波が水平動として感じる。さらに、地震波が伝わる速度の大きい地層から小さい地層に入ると、波の周期は変わらないことから1周期の進む波が進む距離、すなわち波長が短くなる。しかし、1波長の中に含まれるエネルギーは変わらないことから、短い波長の波が一定のエネルギーを運ぶにはその振幅が大きくなることになり、地震波が伝わる速度の速い地層から遅い地層に入ると波の振幅は大きくなることになる。

したがって、地表付近に柔らかい地層が存在すれば地動の振幅が大きくなるといわれるが、一般に地盤が柔らかいほど、また柔らかい地盤が厚く堆積しているほど増幅作用は大きくなり、建築物に対しては不利に作用する。

2. 表面地盤と建物との共振³⁾

建物側に大きな応答をもたらす地動の性質として、地動の振動の大小だけでなく地動の周期と継続時間の長短が関連する。建物自体は最も揺れやすい特有の周期を持っており、これと一致した周期の地震動が続くと、建物はその地震動の振幅の何倍も大きくゆれることになる。

表面地盤における周期は表面近くの地層の固有振動と考えられ、その周期は地層の硬軟ならびにその厚さによって決まるといわれ、通常は硬い地盤で0.5~0.8秒程度、柔らかい地盤で1.2~1.6秒程度が卓越周期となる。

一方、一般的に建築物の固有周期は剛構造建築物のほうが柔構造建築物に比較して短いから、剛構造建築物は硬い地盤に建てられる場合には総じて震度被害が大きくなり、柔構造建築物はその逆で、柔らかい地盤に建てられるほど震害は大きくなる傾向にある。

以上の状況から、表面地盤と建築構造種別による代表的高さの建物との共振の可能性では、硬い地盤に建つS造

表-1 局部震度法による設計用標準震度 (K_S)¹⁾

	建築設備機器のクラス			適用階の区分
	耐震クラス S	耐震クラス A	耐震クラス B	
上層階、 屋上および 塔屋	2.0	1.5	1.0	
中間階	1.5	1.0	0.6	
地階および 1階	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	

() 内の値は地階および1階(地表)に設置する水槽の場合に適用する。

- 注 1) 防振装置が付した機器は耐震クラス A または同 S を適用する。
2) 水槽類は機器の応答倍率と用途係数が一般機器と異なり、地階および1階では()内の値とする。

では約 20~40 m(5~11 階程度)で、SRC・RC 造では約 40~50 m(12~15 階程度)の中高層建物で、また柔らかい地盤に建つ S 造では約 40~55 m(10~16 階程度)の中高層建物、SRC・RC 造では約 60~120 m(20~40 階程度)の超高層建物で地盤と建物の周期とが近似してしまう可能性がある。

3. 設備基礎に作用する設計用地震力

地盤から建物内に入った地震動は、設置床の応答加速度として基礎から機器や配管類に作用する。その間に、特に重量機器や屋上設置の機器・配管類では、その固定用に基礎が介在して床や壁などに作用する。設計用地震力は、機器の応答倍率や防振装置の有無など、その設置状況を考慮して決めることになる。

3.1 機器に作用する設計用地震力

機器に作用する設計用地震力は機器を変形しない剛体とみなして、設置階の床応答加速度に重量を掛け、機器などの重心位置に作用する慣性力として求める。設計用地震力を求める基準となる設計用標準震度は、局部震度法では表-1 に示すように 0.4~2.0 の値として定められている。

3.2 配管類に作用する設計用地震力

配管類は柔軟性があることから、その応答性などを考慮して耐震支持・固定間の重量に S_A 種と A 種とでは 1.0 倍を、B 種では 0.6 倍をその支点間の重心位置に作用する慣性力として求めている。

3.3 基礎に作用する設計用地震力

基礎に作用する地震力は、機器や配管類を基礎に固定する部分では、機器や配管類に作用する慣性力として求め、

表-2 建築物の動的解析が行われている際の設計用水平震度 (K_H)¹⁾

設計用水平震度 (K_H)	予備設計用水平震度 (K_H)
0.4	0.42 以下
0.6	0.63 以下
1.0	0.63 を超え 1.10 以下
1.5	1.10 を超え 1.65 以下
2.0	1.65 を超える場合

基礎と構造体とを緊結する部分では基礎を含めた機器や配管類の慣性力として求める。前者で機器や配管類を基礎に固定する金物類にはアンカボルト類が用いられ、後者でも基礎を構造体に緊結するにはアンカボルト類や鉄筋を用いている。ただし、設計用水平震度が 1.0 以内の基礎の場合には、アンカボルト類などを用いないことも認められている。

4. 機器に作用する設計用地震力の計算方法

建築設備機器を固定するために必要な設計用水平震度の計算方法を“局部震度法”と“建築物の動的解析が行われている場合”とについて示す。

4.1 局部震度法による場合

(1) 設備機器に作用する地震力の考え方

局部震度法による方法も動的解析による方法と同じく、設備機器の予備設計用水平震度 (K_H) は次式によって計算される。基準震度や応答倍率なども動的解析による場合と同じ考え方としている。

$$K_H = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot Z \cdot D_{SS} \cdot I_S \cdot I_K$$

ここで、

K_0 : 基準震度(0.4)

K_1 : 想定各階床応答率(1~2.5)

K_2 : 設備機器の応答倍率(1.5 または 2.0)

D_{SS} : 設備機器据付け用構造特定係数(2/3)

I_S : 設備機器の用途係数(1.0~1.5)

I_K : 建築物の用途係数(1.0~1.5)

(2) 設計用水平震度の計算方法

設計用水平震度 (K_H) は次式により求め、その結果を表-1 に表している。

$$K_H = Z \cdot K_S$$

ここで、

K_S : 設計用標準震度(表-1 の値以上とする)

Z : 地域係数(通常は 1 としよ)

4.2 建築物の動的解析が行われている場合

動的解析が行われている場合には、各階床の応答加速度 (G_r) が与えられていることになり次式による。

$$G_r = K_0 \cdot K_1 \cdot Z \cdot I_K \cdot G$$

したがって、設備機器の予備設計用水平震度 (K_H) は次

表-3 横引き配管の耐震支持の適用¹⁾

設置場所	配管		ダクト	電気配線
	設置間隔	種類		
耐震クラス A・B 対応				
上層階, 屋上, 塔屋	配管の標準支持間隔の3倍以内(ただし, 銅管の場合には4倍以内)に1箇所設けるものとする	A 種	ダクトの支持間隔約 12 m 以内に1箇所 A 種または B 種を設ける	電気配線の支持間隔約 12 m 以内に1箇所 A 種または B 種を設ける
中間階		50 m 以内に1箇所は, A 種とし, その他は B 種	通常の施工方法による	通常の施工方法による
地階, 1階		B 種		
耐震クラス S 対応				
上層階, 屋上, 塔屋	配管の標準支持間隔の3倍以内(ただし, 銅管の場合には4倍以内)に1箇所設けるものとする	S _A 種	ダクトの支持間隔約 12 m 以内に1箇所 S _A 種または A 種を設ける	電気配線の支持間隔約 12 m 以内に1箇所 S _A 種を設ける
中間階		50 m 以内に1箇所は, S _A 種とし, その他は A 種	ダクトの支持間隔約 12 m 以内に1箇所 A 種または B 種を設ける	電気配線の支持間隔約 12 m 以内に1箇所 A 種または B 種を設ける
地階, 1階		A 種		
ただし, 以下のいずれかに該当する場合は上記の適用を除外する。				
	1) 50 A 以下の配管, ただし, 銅管の場合には 20 A 以下の配管 2) つり材長さが平均 30 cm 以下の配管		1) 周長 1.0 m 以下のダクト 2) つり材長さが平均 30 cm 以下のダクト	1) φ 82 以下の単独電線管 2) 周長 80 cm 以下の電気配線 3) 定格電流 600 A 以下のバスダクト 4) つり材長さが平均 30 cm 以下の電気配線

式になる。

$$K_H = (G_I / G) \cdot K_2 \cdot D_{SS} \cdot I_K$$

ここで,

G_I: 各階床の振動応答加速度 [cm/s²]

G: 重力加速度 [cm/s²]

表-2 に, 予備設計用水平震度 (K_H) を設計用水平震度 (K_H) に換算する方法を示す。

5. 配管類に作用する地震力と支持部材

5.1 配管類に作用する地震力

配管類の耐震措置は, 地震力が配管類の支持材に作用する応力や変形などが事実上支障のない範囲になることを前提に行う。配管類に作用する地震力を受ける支持部材の必要強度は機器とは異なり, 配管系の応答倍率などを考慮して比較的小さい値で設定されている。

しかし, 屋上や機械室に設けられるヘッダのように, 剛性が大きい大口径配管の支持部材にもそれらの小さい値を適用してよいのかについては状況による判断が必要である。配管径および溶接や可とう継手など管継手種別を含めた配管系の剛性や設置状況などによる地震力を検討のうえ対処する必要がある。

5.2 横引き配管類の耐震支持

表-3 に, センター指針による横引き配管類の支持部材の種類(強度と形状)と取付け方を示す。

横引き配管類の支持・固定金物は, その強度に加えて形

表-4 横引き配管類の耐震支持部材の強度と形状

	耐震支持金物		
	S _A 種	A 種	B 種
強度 [†]	1.0 倍	0.6 倍	0.6 倍
形状	形鋼	形鋼	引張り材

[†] 耐震支持材間の配管重量に対する倍率

状も示されている。形状については, 耐震クラス S に適用する S_A 種と耐震クラス A に適用する A 種とには引張り力や圧縮力, 曲げモーメントのそれぞれ対応した部材を選定して構成するものとし, 耐震クラス B に適用する B 種には圧縮力を自重による引張り力と相殺させる引張り材で構成するものとしている。表-4 にこれらの組合せを示す。

また, センター指針には「配管用耐震支持部材選定表及び組立要領図の例」で実際の配管類の設置状況を考慮した代表的な配管支持部材の例が示されている。

5.3 立て配管

立て配管の支持・固定で重要なことは, 立て配管に作用する地震力を構造体に伝えることにあるが, 地震力によって建築構造に生じる層間変位によって配管類に生じる強制変形にも耐えられる必要があることである。

表-5 に, 立て配管の柔軟性を考慮した耐震用支持・固定部材の取付け間隔の範囲を示す。一般に, 配管系の変形に対する反力は管材種別や継手類, 内圧などによる剛性に

表-5 立て配管の耐震支持間隔の例(鋼管 [m])¹⁾

層間変形角 $R = 1/100$

呼び径 [A]	SGP 空管		SGP 満水管		STPG 38 Sch 40 満水管
	溶接 接合	ねじ 接合	溶接 接合	ねじ 接合	溶接 接合
65	2.0 ~ 6.4	3.0 ~ 6.4	2.0 ~ 6.5	3.0 ~ 6.5	1.5 ~ 6.4
80	2.0 ~ 7.5	3.0 ~ 7.5	2.5 ~ 7.5	4.0 ~ 7.5	2.0 ~ 7.5
100	2.5 ~ 9.7	4.0 ~ 9.7	3.0 ~ 9.7	5.5 ~ 7.0	2.5 ~ 9.6
125	3.5 ~ 11.9	5.0 ~ 11.9	3.5 ~ 12.0		3.0 ~ 11.9
150	4.0 ~ 14.2	6.0 ~ 14.2	4.5 ~ 12.5		3.5 ~ 14.1
200	5.0 ~ 18.6	8.0 ~ 17.5	6.0 ~ 13.0		4.5 ~ 18.5
250	6.0 ~ 23.0	10.5 ~ 18.5	7.5 ~ 13.5		5.5 ~ 19.5
300	7.5 ~ 27.5	13.0 ~ 18.5	10.5 ~ 12.0		6.5 ~ 20.5
350					7.5 ~ 21.5

注 耐震支持材(振止め)の取付間隔は本表の範囲内とすること。
継手効率：溶接接合 0.9, ねじ接合 0.6, 水平震度 $K_H = 1.0$ として算定した。

大きく左右され、小口径管では小さく、大口径管では大きくなり、また耐震支持間隔長さが短ければ大きく、長ければ小さくなる。耐震用支持部材および基礎はこれら地震力による水平方向と鉛直方向への応力と、強制変形により生じる応力にも耐えられる強度を有する必要がある。

6. コンクリート基礎の概要と計画

6.1 基礎の概要

床上に設けられる機器や配管類の支持・固定には、基礎を設ける場合が多いが、基礎には多くの役割がある。それらには、①機器や配管類を支持・固定するに適した金物類(防振装置などを設ける場合など)の形状や必要強度に応じられること、②支持・固定点に集中する荷重を構造的要求に応じて分散したり位置、形状を変えたりすること、③基礎上に機器の排水溝を設けたり維持管理に寄与することなど、設備的・構造的な要求事項を調整する機能を果たしている。ここで、基礎からみて重量機器や大型機器に多く用いられている機器据付け用架台は機器とみなしている。

6.2 基礎の計画

重量機器や耐震グレード S や同 A など機能保持を図る機器の基礎は、鉄筋により構造体と一体化した形状とする場合が多いが、いろいろな状況から各種のものが利用されている。表-6 に、センター指針に示されている基礎形状と検討方式を示す。

同表では、建物用途や機器重量、建築設備の耐震グレード(耐震化の要求度による区分け)などから、設備機器や配管類用の基礎を(a)設計用標準震度が1以下で基礎の浮き上がりが無いもの、(b, c)基礎の浮き上がりが無いもの、(d, e)重量機器や耐震固定をする条件により自在に対処できるもの、に分類されている。また(a~c)は設備工事として設計施工することも可能であるが、(d, e)に

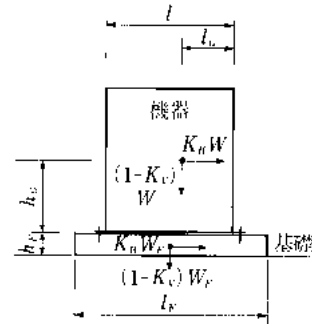


図-1 一般的な機器と基礎の例¹⁾

ついては設備関係から固定するための条件を提示して構造設計者が設計し、建築工事で行われるものである。

設備設計者は必要に応じて基礎に浮き上がりが生じないように検討する場合が多いが、基礎の浮き上がりが生じないことは図-1において次式を満たすことで確認する。

$$(1 - K_V) \{ [1 + (l_F - l)] W + l_F / 2 \cdot W_F \} > K_H \cdot \{ (h_F + h_G) W + 1/2 \cdot h_F \cdot W_F \} \quad \dots (1)$$

ここで、

l : 基礎の幅 [cm]

l_G : ここでは、 $l/2$ cm 設備機器重心位置 [cm]

h_G : 機器重心高さ [cm]

l_F : 基礎長さ [cm]

h_F : 基礎高さ [cm]

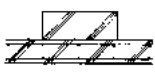
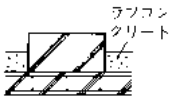

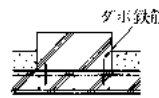
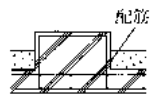
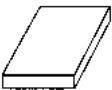
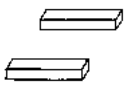

K_H : 設計用水平震度

K_V : 設計用鉛直震度

W : 機器の重量 [kN]

W_F : 基礎重量(コンクリートの比重量は 23×10^{-6} kN/cm³)

表-6 基礎の形状と検討方式¹⁾

断面形状 平面形状	aタイプ	bタイプ	cタイプ	dタイプ	eタイプ
	目荒しを行いラフコンクリートのない場合	目荒しを行いラフコンクリートのある場合	ラフコンクリートの間につなぎ鉄筋を配する場合	床スラブとの間にダボ鉄筋を配する場合	床スラブと一体構造にする場合
					
A, A, A タイプ (ベタ基礎) 	1) 式(1)を満足すること。 2) $K_H \geq 1.0$	式(1)を満足すること。	式(1)を満足すること(基礎重量にラフコンクリート重量を見込んでよい)。	ダボ鉄筋の引抜き力とせん断力とを検討すること。	日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規程・同解説(1999)」に準拠すること。
Bタイプ (はり形基礎) 	1) $K_H \geq 1.0$ 2) 機器のアンカボルトに引抜き力を生じていない。 3) 基礎高さ: h_F 基礎幅: $B_F \geq 20 \text{ cm}$, $h_F / B_F \geq 2$	1) 式(1)を満足すること。 2) 基礎高さ: h_F 基礎幅: $B_F \geq 20 \text{ cm}$, $h_F / B_F \geq 2$	式(1)を満足すること(基礎重量にラフコンクリート重量を見込んでよい)。	日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規程・同解説(1999)」に準拠すること。	日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規程・同解説(1999)」に準拠すること。
Cタイプ (独立基礎) 	1) $K_H \geq 1.0$ 2) 機器のアンカボルトに引抜き力を生じていない。 3) 基礎高さ: h_F 基礎幅: $B_F \geq 30 \text{ cm}$, $h_F / B_F \geq 1$	1) 式(1)を満足すること。 2) 基礎高さ: h_F 基礎幅: $B_F \geq 30 \text{ cm}$, $h_F / B_F \geq 2$	式(1)を満足すること(基礎重量にラフコンクリート重量を見込んでよい)。	日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規程・同解説(1999)」に準拠すること。	日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規程・同解説(1999)」に準拠すること。

【表-6の解説】

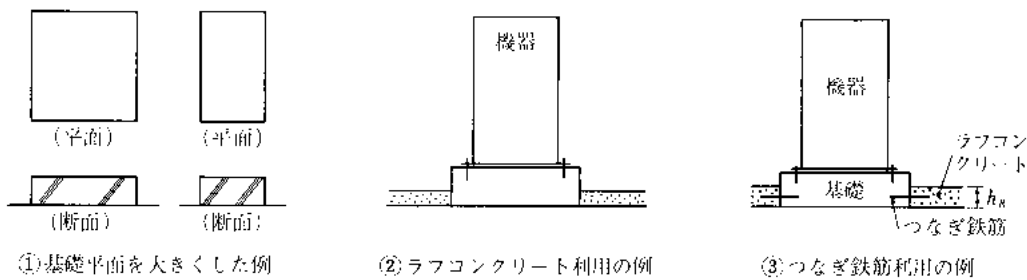
- 1) A aタイプは、 $K_H \geq 1.0$ の条件と表-1の設計用水平震度の値から屋上では耐震クラスBのみに適用可能となる。
- 2) A bタイプは、式(1)を満たせば耐震クラスSにも適用可能である。式(1)を満たす工夫は、コンクリート基礎の平面形状や高さの工夫による。
- 3) A cタイプは式(1)を満たすことは2)と同じであるが、基礎につなぎ鉄筋が入った部分のラフコンクリートを含めて計算してよい。
- 4) B aタイプは $K_H \geq 1.0$ に加えて、アンカボルトに引張り力を生じていないこと、コンクリート基礎形状の縦横比が2以下、基礎幅が20 cm以上あることが条件である。
この種の耐震基礎が用いられるのは、屋上の横引き配管の支持・固定が多いが、一般の自重支持用基礎と異なるので注意を要する。
- 5) B bタイプは、式(1)を満たすことに加えて、4)と同じくコンクリート基礎形状の縦横比が2以下であること、基礎幅が20 cm以上あることが条件である。ただし、この場合の基礎高さはラフコンクリートから上の高さで計算する。
- 6) B cタイプは3)と同じである。
- 7) C aタイプは $K_H < 1.0$ に加えて、アンカボルトに引張り力を生じていないこと、コンクリート基礎形状の縦横比が1以下、基礎幅が30 cm以上あることが条件であることなど、最も不安定な基礎として取り扱っている。
- 8) C bタイプは $K_H < 1.0$ に加えて、アンカボルトに引張り力を生じていないこと、コンクリート基礎形状の縦横比が2以下、基礎幅が30 cm以上あることが条件である。
- 9) C cタイプは式(1)を満たすことが必要であるが、基礎につなぎ鉄筋が入った部分のラフコンクリートを含めて計算してよい。

7. 与条件による基礎形状の選択

設計的には、基礎形状をどのような形状にするかが問題となる。その判断には、設計用水平震度による採用可能な基礎形状と、建築構造的な許容荷重とが大きな問題となる。前者は設計用水平震度(K_H)が1.0未満であるか1.0以下であるか1.0を超えるかにより基礎形状が限定され、後者は基礎を含めた機器重量を床スラブで受けられるのか梁間や柱上に設ける必要があるのかが問題となる。特に

表-6の(a, b, c)の基礎形状で検討する場合には、式(1)を満たすために平面的、断面的に想像以上の大きさと重量とになることがあるので注意が必要である。

これらの中で、構造的荷重条件が満たされていれば設計用水平震度(K_H)が1.0を超えていても基礎形状により設備側で設計施工できる(b, c)タイプの基礎について検討がなされることが多い。



注 それぞれの基礎を選択した場合の計算式はセンター指針を参照のこと。また、設備工事で設計施工できる(a~c)タイプの基礎のコンクリートの設計基準強度は基本的に 1.8 kN/mm^2 とする。それ以外の強度を用いる場合の基礎コンクリートの施工は建築工事で行うことが望ましい。

図-2 基礎形状による転倒防止の例¹⁾

7.1 構造体と切り離して設ける基礎

配置できる重量と位置とは、構造設計者と許容荷重の協議をしておくことが必要で、必要により設置位置が床スラブ上でなく梁間や柱上などになることもある。この場合の基礎は、防水層の上に設けるので防水層の保護に気をつける必要があるが、基本的に防水性能に関する懸念は少ない。

(1) 設計用水平震度(K_H)が1.0未満の場合

耐震クラスBの中間階と耐震クラスAと同Bの地階および1階に設ける場合であるが、すべてのコンクリート基礎形状が選択できる。しかし、BaやCaタイプでは、機器のアンカボルトに引抜き力を生じないことを確認できることが条件となる。

(2) 設計用水平震度(K_H)が1.0以下の場合

上層階、屋上および塔屋では耐震クラスB、中間階では耐震クラスAとB、地階および1階に設ける場合であるが、基礎形状はCaを除くすべての基礎形状を選択できる。しかし、Baタイプでは機器のアンカボルトに引抜き力を生じないこと、その他のa, b, cタイプの基礎では浮き上がりが生じないことを確認できることが条件となる。

(3) 設計用水平震度(K_H)が1.0を超える場合

すべての階のすべての耐震クラスで、aタイプを除くすべての基礎形状を選択できる。しかし、基礎に浮き上がりが生じないことを確認できることが条件となる。

7.2 構造体と一体化する基礎

建築のコンクリート工事後に(d)ダボ筋やアンカボルトを用いる方法と、建築工事と同時に(e)基礎の鉄筋を行う方法とがある。前者は基礎を含む機器荷重が床スラブの許容荷重を下まわっている場合に用いられ、後者は梁間などに基礎を設ける場合や柱上に設けられる場合など、より構造体と一体化させる場合に用いられる。

いずれの場合でも設計用水平震度(K_H)や引張り力など基礎に要求される設備的耐震要求条件に応じて構造設計者

が構造基準書に基づいて行うので要求強度を得ることができる。

ただし、(d)の方法は屋上など防水層がある場合に用いることはできない。(e)は防水層を基礎に巻き上げる必要があるために設計図書に記載しておく必要がある。

8. 基礎の設計

8.1 構造体と一体化しない基礎の設計

防水層がある屋上などでは重量機器を除いて構造体と一体化しない表-6の(a, b, c)タイプが多く利用されているが図-2にその例を示す。

いずれも重要なことは、基礎を含めた機器重量が床スラブなどの積載荷重条件内になるように基礎の平面形状や高さ、周囲のラフコンクリートやつなぎ鉄筋を入れる範囲などを決定することである。

図-2の①は基礎面積を大きくしてベタ基礎とし、基礎重量は増すが浮き上がり防止を図り、設計用水平震度(K_H) <1 ではなく、1の場合でも適用可能とする例である。

②はラフコンクリートを利用して、床スラブ重量は増すが床スラブとのすべりを防ぎ、基礎の平面や高さを工夫して浮き上がり防止も図り、設計用水平震度(K_H)1であった基礎をそれ以上にも適用可能とする例である。

③はつなぎ鉄筋を利用してラフコンクリートと基礎との一体化を図る方法で、基礎重量を増さずに浮き上がり防止を図り、床スラブへの荷重条件を変えないですべての設計用水平震度(K_H)への適用を図る例である。

8.2 構造体と一体化される基礎

建築構造設計者により構造体として設計されるものである。機器や配管類の重量と重心位置、設計用水平震度、設計用鉛直震度、機器や配管類を支持・固定するアンカボルト類の形状や位置などをもとに構造設計者と協議し、構造設計者が構造体として設計し、建築工事で施工する。同時に、設備設計で行う基礎に機器や配管類と基礎とを緊結す

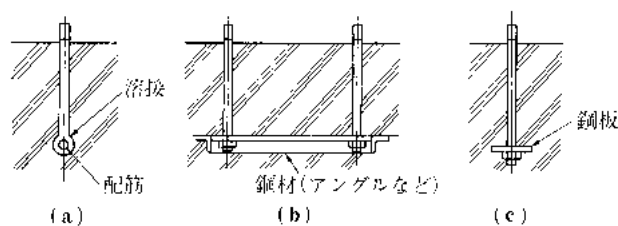


図-3 アンカボルトの強度強化策(参考図)

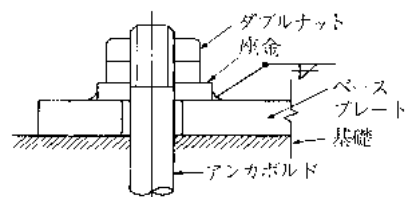


図-4 座金を溶接して穴あけ寸法の調整をする例²⁾

る支持・固定ボルト類の形状や取付け方などを確認しておく。

なお、この際注意することは、設備耐震設計では設計用水平震度と設計用鉛直震度とが同時に作用することを忘れずに伝える必要がある(建築構造設計ではそれらは時刻的に別に作用するとしている)。

9. アンカボルトの設計施工上の注意事項

センター指針や学会指針に詳しく掲載されているが、以下にアンカボルトを設計施工する注意事項を示す。

- 1) アンカボルトの有効埋込み長さは、基礎表面から 20 mm 入ったところからの長さとする。これは、アンカボルト芯と機器固定部との位置合わせのために、ハンマなどで曲げられることを想定しているためである。
- 2) 基礎の辺部の距離を確保する。辺部からのアンカボルトの埋込み位置(C)は次式以上離す。これはアンカボルトが鉄筋の内側になることを想定している。

$$C \geq 4d, \text{ かつ } C \geq d/2 + 5 \text{ cm}$$

ただし、 d : アンカボルト寸法

- 3) 設備関係のアンカボルトの埋込み長さは建築関係と異なり短いので、使用するアンカボルトの種類はヘッド付きか JA 形などとする。図-3 に、鉄筋を利用したり、アンカボルト強度強化策の例を示す。
- 4) 鋼製設置架台などのボルト用穴開け寸法は、ボルト径プラス 5 mm 以内とする。特に、重量機器の支持・固定で穴あけ寸法が大きくなりすぎた場合には、図-4 に示す座金などを溶接するなどより、応力が均等に作用するようにする。
- 5) 床スラブに設けられるアンカボルトはその径にかかわらず、床上面に用いられるものは 12 kN/本を超える引抜き長期荷重を、床下面と壁面に設けられるものは同 8 kN/本を超える引抜き短期荷重は負担できない。
- 6) アンカボルトなどは同一の種類、径のものを使用

し、1本あたりの負担する応力は等しいものとする。

- 7) 箱抜き形アンカボルトは一般的な天井下面や壁面には用いない。
- 8) 箱抜き形アンカボルト用に用いる充てんモルタル強度は 12 kN として計算する。
- 9) 箱抜き形アンカボルト用の箱寸法は 10 ~ 15 cm とし、箱外間寸法を 10 cm 以上とする。かつ内面は十分な目荒しをする。アンカボルト先端部の箱内部が広がっていることも役立つ。
- 10) めねじ形あと施工金属拡張アンカボルトの床スラブ上面に設けられる許容引抜き短期荷重は M 6 ~ M 12 で 0.75 kN/本と小さい。また、床下面と壁面に設けられる許容引抜き長期荷重は M 6 ~ M 12 で 0.5 kN/本である。
- 11) ラフコンクリートには、原則として機器固定用のアンカボルトなどは設けない。
- 12) 一般的なアンカボルトの打設間隔はボルト径の 10 倍以上、かつ埋込み長さの 2 倍以上とする。

引用・参考文献

- 1) 建築設備耐震設計・施工指針(2005年版),(財)日本建築センター
- 2) 建築設備の耐震設計 施工法,(社)空気調和・衛生工学会
- 3) 木内俊明・広澤雅弘・寺村 彰:設備耐震設計の基本(2) 設備耐震設計の基礎理論(その1),空気調和・衛生工学, 70(4)(1996.4)
- 4) 官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説(平成8年版),(社)公共建築協会

(2007/2/13 原稿受理)



平山昌宏 ひらやままさひろ
昭和18年生まれ/出身地 栃木県/最終学歴 早稲田大学理工学部/学位 博士(工学)資格 一級海技士, 建築設備士, 熱管理士/著書 床吹出し空調 Q&A