

3. 消防用設備等の地震時に作用する外力の類型化

本章では、消防用設備等の地震時に作用する外力を、建築設備の耐震設計の体系として類型化するために、既存の文献資料を収集し整理した。なお、本章では機器本体の耐震性ではなく、機器の取付け・据付けを中心とした耐震性に言及していることに留意されたい。現状の消防用設備等についても他の建築設備同様、同図のフローにて耐震設計されている。

3.1 耐震設計の体系

3.1.1 耐震設計手順の概要

消防用設備等を含む建築設備の耐震設計手順の概要について、図 3.1 に示す。

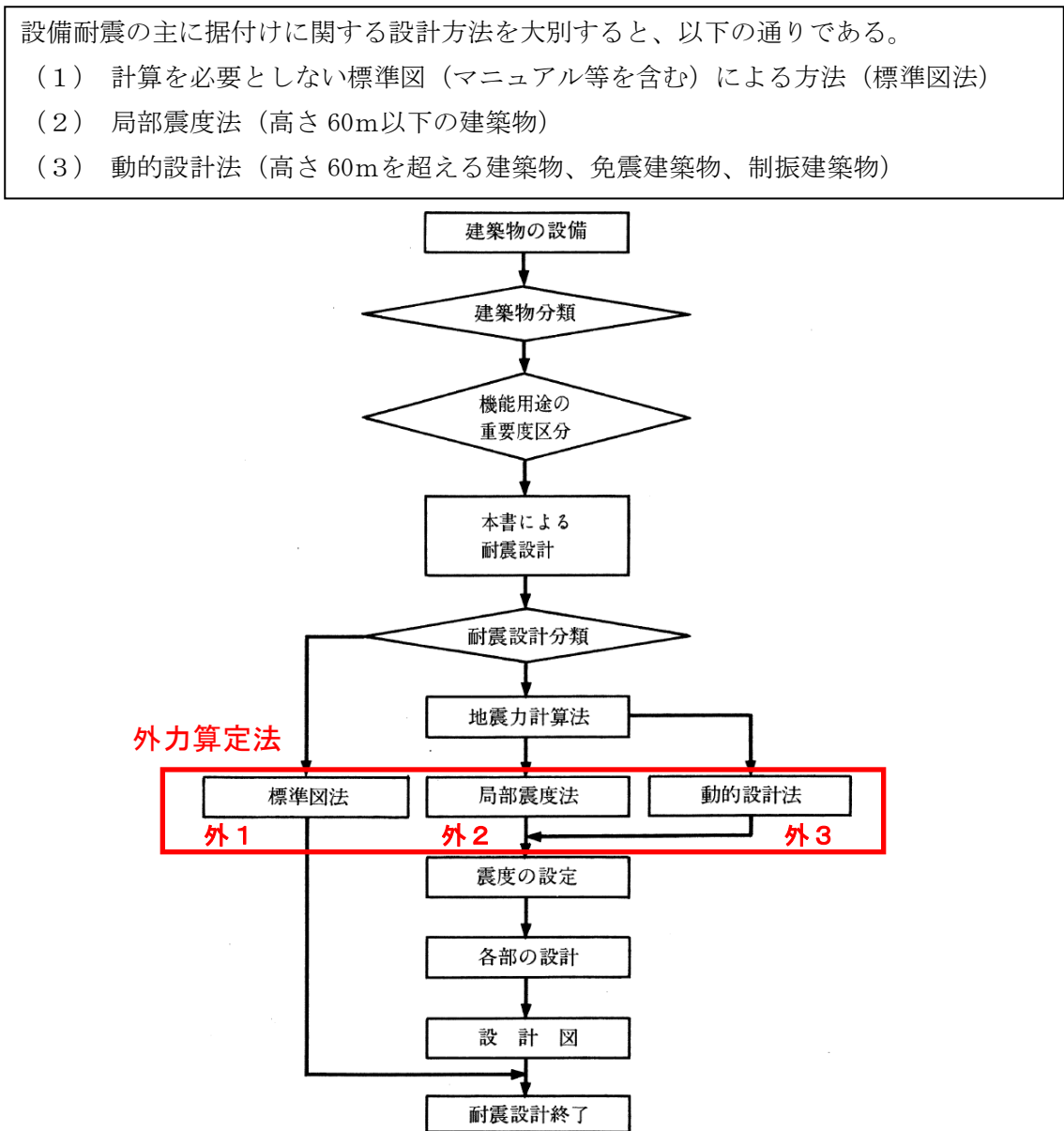


図 3.1 耐震設計手順の概要

(出典：空衛学会、P9)

【外力算定法の説明】

標準図法 (外1) : 1kN(約100kg)以下の軽量機器に適用。

耐震設計に基づいて標準図化されたもの。

局部震度法 (外2) : 経験的に定めた静的震度分布を用いて各部に作用する地震力を求め、耐震設計を行う方法。

動的設計法 (外3) : 地盤・建築物及び設備を動力的にモデル化し、適切な入力地震波を数波選定し、地震応答性状を計算して耐震設計を行う方法。

3.1.2 耐震設計の流れ

耐震設計の具体的な流れについては、日本建築センターの「建築設備耐震設計・施工指針」に、以下のような手順が整理されている。

ステップ1 : (接点※) 耐震性能 → ステップ2 : 外力算出 → ステップ3 : 各部設計

※接点 (取付部分・据付部分)

本項では、「(a) 機器」と「(b) 配管」に関する各ステップの概要を以下に示す。「(b) 配管」については、外力算出を行うステップ2を回避し、事前にパターン別に計算済みの一覧表から部材を選定するのが一般的となっているため、この項ではそれにならうものとする。

なお、「3.4 外力の類型化」においては、外力の算定式等の情報収集することが目的でもあるため、本項の一覧表形式ではなく、空衛学会で示された理論式を用いて類型化していることに留意されたい。

(a) 機器

ステップ1 : 局部震度法で耐震クラス (S、A、B) から震度 K_s (1.0~2.0) を決定

$K_H = Z \cdot K_s$

K_s : 設計用標準震度 (表1.1-1の値以上とする)

Z : 地域係数 (図1.1-1による、通常1としてよい)

表1.1-1 局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

	建築設備機器の耐震クラス			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, 屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.0	
中間階	1.5	1.0	0.6	
地階及び1階	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	

()内の値は地階及び1階 (地表) に設置する水槽の場合に適用する。

上層階の定義

- ・ 2~6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・ 7~9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・ 10~12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・ 13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

中間階の定義

- ・ 地階, 1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

出典 : センター指針、P6

<解説> 機器の耐震クラスと機器の設置階から、上表を用いて震度 K_s (1.0~2.0) を決定する。

ステップ2：機器重量から地震力を算出し、重心位置に作用させた接点（据付部・取付部）の設計用水平震度（応力）を算出

設備機器に対する設計用水平地震力 F_H は次式によるものとし、作用点は原則として重心とする。

$$F_H = K_H \cdot W \text{ (kN)} \quad (1.1-1)$$

ここに、 K_H ：設計用水平震度

W ：機器の重量 (kN)

設計用鉛直地震力 F_V を考慮する必要がある場合は、

$$F_V = K_V \cdot W \text{ (kN)} \quad (1.1-2)$$

$$K_V = (1/2) K_H$$

ここに、 K_V ：設計用鉛直震度

出典：センター指針、P5

<解説> 機器重量にステップ1で算出した震度 $K_S (= K_H)$ を乗じて、設計用水平地震力 (= 応力) を算出

ステップ3：機器との接点の「①アンカーボルト、②基礎、③頂部支持材、④背面支持材、⑤耐震ストッパ、⑥架台」を設計

具体的内容は、センター指針 (P11-39) を参照のこと

<解説> ステップ2で算出した設計用水平地震力 (= 応力) と、各部の許容応力を比較し、応力が許容応力内に収まるように部材を選定

(b) 配管

ステップ1：耐震クラス（S、A、B）により、耐震支持種類を決定（S_A種、A種、B種）

表3.5-1 耐震支持の適用				
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（表3.5-2参照）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12m以内に1箇所A種又はB種を設ける	電気配線の支持間隔約12m以内に1箇所A種又はB種を設ける
中間階		50m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（表3.5-2参照）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12m以内に1箇所S _A 種又はA種を設ける	電気配線の支持間隔約12m以内に1箇所S _A 種を設ける
中間階		50m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12m以内に1箇所A種又はB種を設ける	電気配線の支持間隔約12m以内に1箇所A種又は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。				
	(i) 50A以下の配管、ただし、銅管の場合には20A以下の配管 (ii) 吊材長さが平均30cm以下の配管		(i) 周長1.0m以下のダクト (ii) 吊材長さが平均30cm以下のダクト	(i) φ82以下の単独電線管 (ii) 周長80cm以下の電気配線 (iii) 定格電流600A以下のバスダクト (iv) 吊材長さが平均30cm以下の電気配線 ※図3.5-1参照

表・図	参照ページ
表3.5-2	参2
図3.5-1	参2

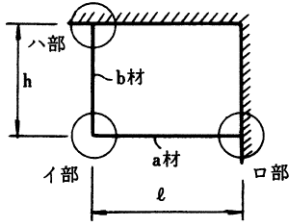
出典：センター指針、P57

<解説>配管等は、地震による軸直角方向の過大な変位を抑制するように耐震支持を行う。配管の耐震クラスと設置場所から、耐震支持種類を決定（S_A種、A種、B種）する。

ステップ3：耐震支持種類・配管重量（配管径）・サポート幅（耐震支持間隔）・支持方法より耐震部材を選定（ステップ2は回避）

(1) 横引配管用 A 種耐震支持材部材選定表の例

表5.7-1 横引配管用 A 種耐震支持材部材選定表の例 (No.1)



- 注) 1) * 1 の配管重量 (P) は地震時に耐震支持材が受け持つ配管重量を示す。すなわち、耐震支持材には含まれた部分の配管重量とする。
- 2) 躯体取付けアンカーの種類と埋込深さ（下記以上とする）
- (i) あと施工金属拡張アンカー（おねじ形）(M)
M 8 : 40mm M16 : 70mm
M10 : 45mm M20 : 90mm
M12 : 60mm
- (ii) あと施工接着系アンカー (CM)
CM12 : 90mm
CM16 : 110mm

配管重量 P*1 (kN)	サポート幅 l (mm)	部材仕様 a 材	吊長さ h (mm)	部材仕様 b 材	接合 ボルト サイズ	躯体取付けアンカー				部分詳細図 No.(図5.7-1)					
						a 材		b 材		はり固定	スラブ 固 定				
						柱固定	壁固定	はり固定	スラブ固定						
2.5	500	L-40×40×3	500	M 8 丸鋼	—	M 8	M 8	M 8	M 8	はり固定	スラブ 固 定				
	1000	L-40×40×5	1000			M 8	M 8	M 8	M 8						
5	500	L-40×40×5	500	M 8 丸鋼	—	M 8	M 8	M 8	M 8			① 1-イ-1	② 1-ロ-2		
	1000	L-50×50×6	1000			M 8	M 8	M 8	M 8			③ 1-ハ-3			
10	500	L-50×50×6	500	M 8 丸鋼	M10	M10	2-M12	M 8	2-M 8			はり固定	スラブ 固 定		
	1000	L-65×65×6	1000												
	1500	L-75×75×6	1500												
	2000	L-75×75×9	2000												
	2500	[-75×40×5×7	2500												
15	500	L-60×60×5	500	M 8 丸鋼	M12	M12	2-M12	M10	2-M 8					① 1-イ-1	② 1-ロ-1
	1000	L-75×75×6	1000							③ 1-ハ-1					
	1500	L-75×75×9	1500												
	2000	[-75×40×5×7	2000												
	2500	[-100×50×5×7.5	2500												
20	1000	L-75×75×9	1000	M 8 丸鋼	M16	M16	2-M16	M10	2-M12	はり固定	スラブ 固 定				
	1500	[-75×40×5×7	1500												
	2000	[-100×50×5×7.5	2000												
	2500	[-100×50×5×7.5	2500												
25	1000	[-75×40×5×7	1000	M10丸鋼	M16	M16	2-M16	M12	2-M12			はり固定	スラブ 固 定		
	1500	[-75×40×5×7	1500												
	2000	[-100×50×5×7.5	2000												
	2500	[-125×65×6×8	2500												
30	1500	[-100×50×5×7.5	1500	M10丸鋼	M16	M16	2-CM12	2-M10	2-M12					はり固定	スラブ 固 定
	2000	[-100×50×5×7.5	2000												
	2500	[-125×65×6×8	2500												
40	1500	[-100×50×5×7.5	1500	M12丸鋼	M20	2-M16	2-CM16	2-M12	2-M16	① 1-イ-1	② 1-ロ-1				
	2000	[-125×65×6×8	2000							③ 1-ハ-2					
	2500	[-125×65×6×8	2500												
50	2000	[-125×65×6×8	2000	M12丸鋼	M20	2-M16	3-CM16	2-M12	2-CM16	はり固定	スラブ 固 定				
	2500	[-150×75×6.5×10	2500												
60	2500	[-150×75×6.5×10	2500	M16丸鋼	M22	2-M16	3-CM16	2-M12	2-CM16						

上表は横引配管選定表の一例（センター指針、P239）で、「センター指針 P240～P276」に示す選定表も参照されたい。

たて配管用の選定表は、「センター指針 P277～P281」を参照されたい。

出典：センター指針、P239

<解説>耐震支持種類（S_A種、A種、B種）、配管重量（配管径）、サポート幅（耐震支持間隔）、及び支持方法により、一覧表から支持部材を選定する。

3.1.3 適用範囲

参考文献等に示される適用範囲を下記に示す。また、本章における適用対象外の範囲については、ヒアリングにより補完するため、第5章の「耐震対策の現状と問題点」を参照されたい。

- ・一般構造建築物（60m超建築物・制振建築物・免震建築物は対象外）
- ・機器と建築の接点（据付・取付）（機器自身は対象外）
- ・機器と接する建築部分

構造部材	→	建築基準法により規制
非構造部材	→	規定なし（対象外）

3.2 消防用設備等の耐震クラス

消防用設備等の耐震基準は、消火設備等という重要度を配慮し耐震クラスSを選択するといった提言が、文献（消火設備R）で報告されている。

耐震設計手法

（1）機器に関して、

ア 建築物の動的な解析が行われている場合

各階の最大応答加速度から、建築設備据付用構造特性係数、設備用途係数及び建築用途係数を設定し、設計用標準震度を算出する。

イ 建築物の動的な解析が行われていない場合

局部震度法による設計用標準震度を採用し、地震力を計算する。

ウ 設備用途係数（耐震クラス）

消火設備等という重要度を配慮し、最上位クラスを選択する。

自動消火設備にあつては、耐震クラスSと同様の耐震基準とする（表2-1）。

その他消火設備は、施設に適した耐震クラスでの耐震基準とする。

表 2-1 自動消火設備機器の設計用標準震度

	建築設備機器の耐震クラス			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, 屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.0	
中間階	1.5	1.0	0.6	
地階及び1階	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	

（ ）内の値は地階及び1階（地表）に設置する水槽の場合に適用する。

上層階の定義

- ・ 2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・ 7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・ 10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・ 13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

中間階の定義

- ・ 地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

3.3 外力の種類・考え方

消防用設備等の部位に作用する外力の種類は、建築物躯体を介して生じる応答加速度（水平力・鉛直力）や衝撃力等が考えられる。本報告書では、上記の中でも水平力を主たる外力としている。

また、建築物に設置される場所（高さ）ごとに異なる変形量の違いから生じる強制変形（層間変形角）についても、本報告書では外力に分類する。表 3.1 は各部位に作用する外力（加速度・変形）を明記した。

表 3.1 消火設備に作用する外力

消火設備			
分類	部 位		作用する外力
① 機器類系	水系	ポンプユニット(地階)	加速度
		ブースターポンプ(超高層)	
		補給水槽(屋上)	
		消火水槽(パネル水槽)	
		ガスボンベ(CO ₂ 、N ₂ 、ハロン)	
		貯蔵槽(泡原液、粉末、圧力)	
	電気系	非常用発電機	
		蓄電池	
		トランス	
		受電・配電盤	
② 配管系	(横引き) 配管・ダクト・電線管	変形	
	(たて) 配管・ダクト・電線管		
	エキスパンションジョイント		
	引込管		
③ 端末部系	スプリンクラーヘッド等	加速度	
	ガス用ノズル		
	屋内消火栓箱		
	屋外消火栓箱		
	送水口		