



耐震架台設計ハンドブック

機械・電気設備（MEP）耐震架台 MT システム

機械・電気設備（MEP）耐震架台の設計・評価手法と国内外規格の解説、現在の日本の評価手法である（一社）日本建築学会「鋼構造許容応力度設計基準」および（一財）日本建築センター「建築設備耐震設計・施工指針」に準拠した設計手法の解説

序文

非構造部材は「構造ではない」からといって「重要ではない」という意味ではありません。構造部材ほど重要視されなくとも、建築設備、ユーティリティ、機器などの非構造部材に対する耐震設計は、もはや軽視できるものではありません。

過去 20 年間の地震から得られた教訓として、耐震性を考慮せずに非構造部材を設置した場合、以下のような共通の結果が見られます：

1)修繕費の大幅な増加

特に都市部では、地震による損害や損失の多くが、構造部材よりも非構造部材に起因するケースが多く見られます。

2)重要な機能の喪失

地震後も継続的な運用が求められる病院、公共施設、商業施設・工場などでは、建物の主要構造が設計通りに耐震性能を発揮しても、水道、通信などの非構造設備が機能しなければ、建物全体の継続的な運用が不可能になります。

このような結果が起こり得るにもかかわらず、非構造部材の耐震設計に関する実務的な情報は依然として限られています。

本ハンドブックは、設備支持や非構造部材の耐震設計に関わるみなさまに向けて、耐震設計の知識と最適な評価プロセス提供することを目的としています。そして、以下の 3 つの課題に基づいた設計例や解決策を本書から得ることができます：

1. 非構造部材は、耐震設計が施されていないと、地震に対して非常に脆弱である
2. 非構造部材の耐震対策には、構造部材よりも高いコストが必要となる
3. 非構造部材は、小規模な地震でも構造部材よりも損傷する傾向がある

本ハンドブックを理解することで、コンサルティングエンジニア、プランナー、MEP（機械・電気・配管）設計者のみなさまは、過度な設計や計算作業を行うことなく、効果的で最適な耐震支持対策を仕様に盛り込むことが可能になります。

目次

1. 初めに

- 1.1. ヨーロッパの地震活動
- 1.2. イタリアの地震活動
- 1.3. 標準規格のフレームワーク

2. 地震作用の計算

- 2.1. 非構造部材
- 2.2. 等価静的解析
- 2.3. ユーロコード 8 に従った地震作用の計算
- 2.4. 数値例

3. 日本の地震活動

- 3.1. 震度の理解

4. 建築設備耐震設計・施工指針

- 4.1. 背景と概要
- 4.2. 適用範囲
- 4.3. 指針の構成
- 4.4. 監修と改訂
- 4.5. 「建築設備耐震設計・施工指針」第2編 計算例 第2章 地震力の抜粋
- 4.6. 「建築設備耐震設計・施工指針」第2編 計算例 第6章 配管等の耐震対策の抜粋

5. ユーロコード EN1993 と建築設備耐震設計施工指針の関係

6. ヒルティ設計ソフト PROFIS Modular Supports Engineering (PROFIS MSE)の評価プロセス体系的な設計事例

7. 耐震架台の支持方法

1. 初めに

近年、地震による建物の非構造部材の被害への関心が非常に高まっています。機械、外装、内装、配管および配電線などは、自重支持の目的だけに設計された場合、小規模な地震時でさえ、発生する水平地震力を受け、損傷することがよく起こります。損傷とは通常、落下または破損した配管や電線、機械の脱落（特に変圧器や変電所）のことを言います。その結果、耐震性のない非構造部材は、地震後に下記のような深刻な二次災害を引き起こすことがよくあります：

- 火災や爆発（特に可燃性ガスや電気が近くにある場合）
- 各種汚染や有毒物質の放出
- 避難経路の妨害
- 落下物や崩落物による怪我
- 公共の安全に関連する建物でのユーティリティの喪失による運用の中断
- 工場での生産の中断

修理費用の規模は、地震による修理が主に非構造部材の損傷規模によって大きく影響されることを示しており、時には構造体の損傷よりもはるかに高い割合になることがあります。非構造部材の耐震設計では、現場所在地の地震ハザードと対象建物の特性が決定的です。一般的に、荷重構造とその固定具の計算では、死荷重と負荷荷重が支配的です。同じことが非構造的な備品、機器、設備にも当てはまり、通常、重量による鉛直方向の力のみが考慮されています。水平方向に連続的または変動する力が作用すると考えられていないため、水平力に対する抵抗力は通常かなり小さくなります。したがって、当然、地震による典型的な損傷は、異常な水平力の影響に起因しています。

1.1 ヨーロッパの地震活動

図 1.1 は、ヨーロッパの地震ハザードマップです。これは、硬い地盤に対するピーク地動加速度と 50 年間で 10%の超過確率（475 年の再現期間）を示し確率論的地震動予測 です。地震活動は特に地中海地域、イタリア、バルカン半島、ギリシャ、トルコ、アルプス、イベリア半島、北アフリカの一部でも高い地震活動が見られます。北ヨーロッパ、ドイツ、フランスでは地震活動は低い傾向があります。中央ヨーロッパでは、ライン地域でわずかに高い傾向があり、各国の国家ガイドラインには、各国のマクロ地震強度と地震ハザードが示されています。

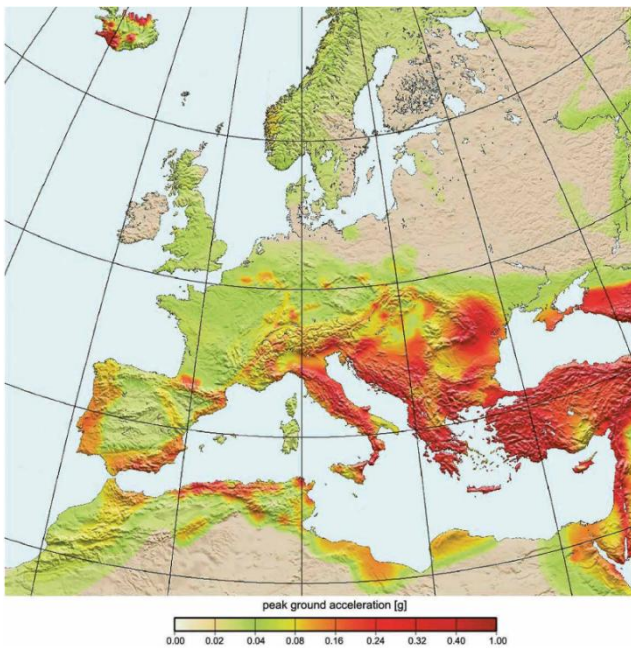


図 1.1 – ヨーロッパの地震ハザードマップ

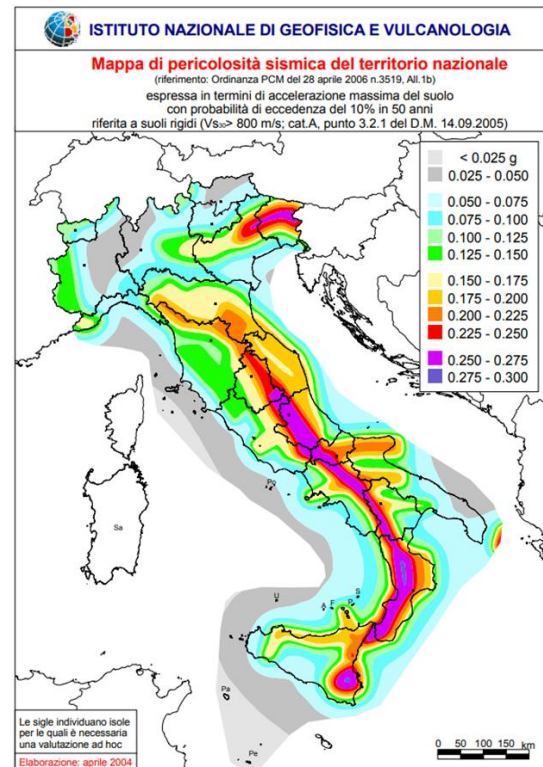


図 1.2 – 「Ordinanza PCM no. 3519-2006」によるピーク地動加速度

1.2 イタリアの地震活動

イタリアは、歴史的にこの地域に影響を与えた地震の頻度と強度の両方で、地中海地域で最も地震活動が活発な国の一つです。以下の図は、イタリアのマクロ地震強度の概要を示しています。強度は地震の強さの定性的な指標です。マクロ地震強度は、地震の影響を計測器なしで知覚できるものを指します。人間の知覚、地質、建物への影響が典型的な例です。地震の影響を定量化するために使用される物理的な値（設計に使用されるピーク地動加速度など）は、図 1.2 に示されています。

1.3 標準規格のフレームワーク

1.3.1 ユーロコード / EN1998

ヨーロッパの標準規格であるユーロコードは、高品質で一貫性のある建築基準として認識されています。各国の規則には、各国独自の国家特定パラメータ (NDP) が含まれており、例えば、ピーク地動加速度を示す地域のハザードマップが公表されています。ユーロコードが支持構造または構造物に使用される場合、支持構造が設置される国の国家規則が必要です。EN 1998 シリーズ (ユーロコード 8) は耐震設計に関するものです。この標準は下記のように異なるセクションに分かれています：

- EN 1998-1: 建物の耐震設計に適用される一般規則、地震作用および建物の規則を含む。
- EN 1998-2: 橋梁に関する特別規則を含む。
- EN 1998-3: 既存建物の耐震性能の評価と改善に関する規則を含む。
- EN 1998-4: サイロ、貯蔵タンク、パイプラインに関する特別規則を含む。
- EN 1998-5: 基礎、保持構造および地盤工学的側面に関する特別規則を含む。
- EN 1998-6: 塔、マスト、煙突に関する特別規則を含む。

ヨーロッパ以外の国では、現地の規則がない場合、ユーロコード 8 を非構造部材の耐震設計の参考として使用することができます。

1.3.2 イタリアの規格 NTC 18 / Circolare Applicativa

2018 年 3 月以降、イタリアでは国家建築基準 NTC 18 が法 1086/71 によって法的に施行されています。一般的に、NTC 18 は特定の用途に対して考慮すべき耐震作用、設計方法および検証を定義しています。設置システムも NTC 18 の範囲内にあり、非構造要素として扱われます。非構造要素に対する耐震作用は NTC 2018 の §7.2.3 で定義されています。この段落は耐震作用係数 S_a (耐震作用係数) および耐震拳動係数 q_a を参照しています。 S_a を計算するための式は、新しい NTC の Circolare Applicativa (2019 年 1 月 21 日に承認) およびユーロコード 8 に記載されています。どちらも適用可能です。

1.3.3 スイスの規格 SIA 261

SIA 構造標準 261:2014 の第 16.7 条は、二次部品およびそれらの接続および固定の耐震設計を要求しています。特に、これらの部品が人々を危険にさらし、支持構造を損傷し、または重要なシステムの運用を妨げる場合です。SIA 標準はすべてのスイスの州で拘束力があるとは宣言されていませんが、現在の標準と見なされており、他の標準 (例えば SN EN 標準) が使用されない限り、拘束力があると見なされます。SIA 261 に従った耐震設計の論理はユーロコード 8 と完全に一致しています。

2. 地震作用の計算

2.1 非構造要素

建物の支持構造の一部ではない設置物や備品は非構造部材と呼ばれます。非構造部材には、建物の外装や吊り天井などの設置物やファサードが含まれます。配管、装置、機械、機器、または太陽光発電設備なども非構造部材として指定されます。非構造部材を耐震設計し固定する必要がある場合、設計と寸法決定の決定要因は地面の動き（地震加速度または a_g ）ではなく、建物/床の動きです。ここで、決定的な床加速度 a_f は、地震時に床の動きを伝える建物に依存します（図 2.1）。

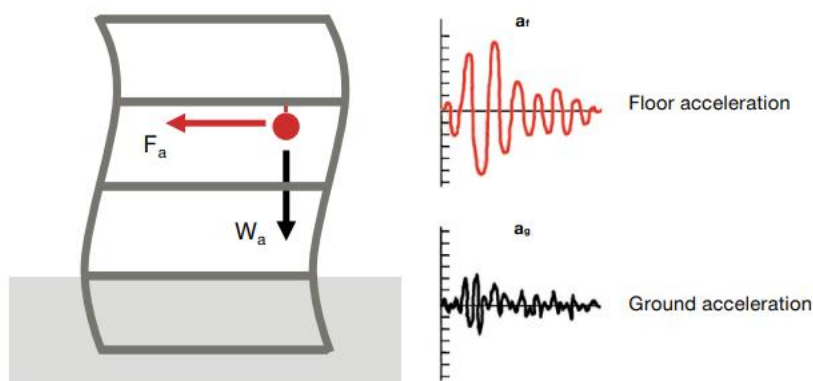


図 2.1 – 非構造要素に対する地震作用の決定のための等価静的解析

2.2 等価静的解析

上記の関係は、複雑な動的プロセスを含み、精巧な動的シミュレーションで考慮されます。しかし、このようなシミュレーションは費用を要します。このため、この精巧な解析は、通常、原子力発電所の部品などの例外的な場合にのみ使用されます。非構造部材は通常、等価静的法を使用して設計されます。この場合、要素の重心に作用する等価静的力（地震力） F_a が決定されます。これにより、動的な建物と非構造部材の挙動が簡略化され、さまざまな係数（係数）で考慮されます。

2.3 EC8 に従った地震作用の計算

2.3.1 一般形式

EN 1998-1 によると、非構造部材の重心に作用する水平地震力（等価静的力） F_a は次のように計算されます：

ここで：

$$F_a = \frac{\gamma_a}{q_a} \cdot S_a \cdot W_a$$

- F_a : 水平地震力 [kN]
- W_a : 非構造部材の重量 [kN]
- S_a : 非構造部材の地震係数 [-]
- γ_a : 非構造部材の重要度係数 [-]
- q_a : 非構造部材の挙動係数 [-]

2.3.2 重要度係数

γ_a は非構造部材の重要度係数です。これは物理的な値ではなく、リスク指向の係数（安全係数）です。EN 1998-1:2004 の 4.3.5.3 条では、以下の非構造部材に対して重要度係数 γ_a は 1.5 以上でなければなりませんとされています：

- 生命安全システムに必要な機械および装置の固定
- 公衆に危険をもたらす有毒または爆発性物質を含むタンクおよび容器

その他のすべての場合、非構造部材の重要度係数は $\gamma_a = 1.0$ と見なすことができます。

2.3.3 挙動係数

延性システムはエネルギーを散逸させることができます。このようなシステムでは、挙動係数 q_a を使用して地震力を減少させることができます。構造物の場合、最終限界状態で挙動係数 $q_a > 1.0$ を使用するためには、エネルギー散逸能力を実証し、定量化する必要があります。非構造部材のいくつかのグループについては、EN 1998-1:2004 の 4.3.5.4 章で最大値が設定されています。

非構造要素の種類	q_a
● カンチレバー型のパラペットまたは装飾品 ● 看板および広告板 ● 高さの半分以上がブレース無しのカンチレバーとして機能する煙突、マスト、および脚付きタンク	1.0
● 外壁および内壁 ● 仕切りおよびファサード ● 高さの半分未満がブレースなしのカンチレバーとして機能する煙突、マスト、および脚付きタンク、または質量中心以上で構造に支保またはガイされたもの	2.0
● 吊り天井および照明器具の固定部材	

支持架台はこの表には記載されていません。しかし、一般的に、非構造部材に延性挙動が期待できる場合、その挙動係数 $q_a = 2.0$ が関連付けられます。「吊り天井および照明器具の固定要素」は、この第二グループの要素に含まれています。これらは設置サポート要素に似ています。

EN 1992-4:2018 の表 C.2 には、非構造部材の q_a 値が記載されています。以下のカテゴリはすべて $q_a = 2.0$ に関連しています：

- 「コンピュータアクセスフロア、電気および通信機器」(行 9)
- 「高圧配管、消火配管」(行 13)
- 「非危険物質用の流体配管」(行 14)

「危険物質の保管、危険流体配管」に関連する設置システムについてのみ、 $q_a = 1.0$ が与えられています。

非構造部材の種類

q_a

1	片持ち梁のパラペットまたは装飾品	
2	看板および広告板	
3	高さの半分以上がブレース無しの片持ち梁として機能する 煙突、マスト、および脚付きタンク	1.0
4	危険物質の保管、危険流体配管	
5	外壁および内壁	
6	仕切りおよびファサード	
7	高さの半分未満がブレース無しの片持ち梁として機能する 煙突、マスト、および脚付きタンク、または重心より高い 位置で構造にブレースまたは支えのあるもの	
8	エレベーター	
9	コンピュータアクセスフロア、電気および通信機器	2.0
10	コンベヤー	
11	床に支えられた永久キャビネットおよび書棚の固定部材	
12	偽（吊り）天井および照明器具の固定部材	
13	高圧配管、消火配管	
14	非危険物質用の流体配管	
15	コンピュータ、通信およびストレージラック	

これは、ユーロコード 8 の他の部分、例えば EN 1998-4 に見られる挙動係数に関する情報と完全に一致しています。これはサイロ、貯蔵タンク、パイプラインに適用され、溶接配管の挙動係数に関する情報も利用可能です。この場合、配管の形状に応じて、挙動係数 $q_a = 1.5 \sim 3.0$ が示されています。

ヒルティインсталレーションシステムの耐震設計には、ユーロコードの上記のセクションに基づいて、一般的に $q_a = 2.0$ の適用が推奨されます。危険物質の保管および危険流体配管に対してのみ、 $q_a = 1.0$ を使用する必要があります。

2.3.4 地震係数

EN 1998-1:2004 では、地震係数 S_a を以下のように場所ごとに決定する必要があります。これは、地震ハザードと増幅係数を考慮して決定されます。

$$S_a = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \left[3 \cdot \frac{(1 + z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0.5 \right] = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot A$$

ここで：

- S_a : 非構造部材の地震係数 [-]
- a_g : タイプ A 地盤の設計地震加速度 [m/s²]
- S : 地盤係数 [-]
- z : 非構造部材の高さ（建物の基礎レベルから） [m]
- H : 建物の高さ（建物の基礎レベルから） [m]
- T_a : 非構造部材の基本振動周期 [s]
- T_1 : 建物の基本振動周期（該当する方向） [s]
- A : 増幅係数 [-]

2.3.5 地震ハザード

地震係数 S_a の式に含まれる用語は、

$$\frac{a_g}{g} \cdot S$$

設計地震加速度 a_g と地盤係数 S を考慮し、特定の場所の地震ハザードを記述します。設計地震加速度 a_g は、各国の地震ハザードに基づいて決定され、EN 1998-1 の関連国別付録（EN 1998-1/NA）または国別ガイドラインに記載されています。EN 1998-1:2004 によると、地盤クラス A、B、C、D、および E は次の表に示されています。これらの地盤クラスに対する推奨地盤係数 S も示されています。

地盤 クラス	説明	推奨地盤 係数 S
A	岩または類似の岩質地質形成、表面に 5m 以上の柔らかい材料がない	1.00
B	非常に密な砂、砂利、または非常に硬い粘土の堆積物、深さに応じて機械的特性が徐々に増加する	1.20
C	密または中密度の砂、砂利、または硬い粘土の深い堆積物、厚さは数メートルから数百メートル	1.15
D	密度の低い非凝集性土壌（柔らかい凝集層がある場合もある）または主に柔らかいから硬い凝集性土壌の堆積物	1.35
E	表面に C または D の v_s 値を持つ表層堆積物、厚さは約 5m から 20m、下に $v_s > 800$ m/s の硬い土壌材料	1.40

2.3.6 増幅係数 A

増幅係数 A は、非構造要素の高さ (z/H) に対する加速度の増幅と共鳴効果による増幅を考慮するために使用されます。これは、非構造部材の基本振動周期 (T_a) と建物の基本振動周期 (T_1) が近い場合、非構造部材の加速度が増加することを意味します。

$$A = \left[3 \cdot \frac{(1 + z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0.5 \right]$$

非構造部材の基本振動周期 T_a は、質量と剛性の関数です。一般的に、物理的な式は次のように適用されます：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$$

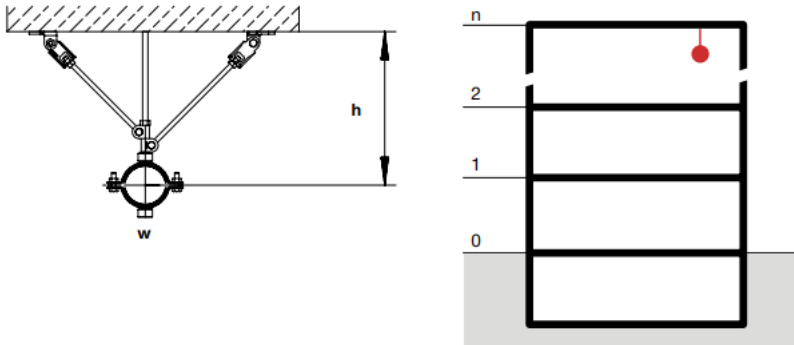
ヒルティの Profis MSE ソフトウェアは、モジュラーサポートシステムの基本周期の完全自動評価を可能にします。詳細な分析がない場合、常に $T_a/T_1 = 1$ と安全側で設定できます。増幅係数 A は次の値の間で大きく変動する可能性があります：

- 基礎レベルの硬い非構造部材 ($T_a/T_1 \approx 0$) : $A = 1.0$
- 建物の屋根に共鳴する非構造部材 ($T_a/T_1 = 1$) : $A = 5.5$

2.4 数値例

以下のセクションは、単一の配管の設置を仮定した場合の質量 w (kg/m) が天井から h (m) の距離に固定されている場合の水平地震力を簡略化させた計算例です。目的は、地震力の計算に影響を与える主要なパラメータを特定し、最終的に静的解析に基づく実際の計算を行うことです。

2.4.1 入力



配管重量	$w = 10 \text{ kg/m}$	(DN50 の鋼管、満水、断熱材付)
天井からの距離	$h = 0.25 \text{ m}$	(配管の重心からの距離)
設置間隔	$i_{\text{static}} = 2.00 \text{ m}$	(配管ランの配管固定間の距離)

EC8 によると、水平地震荷重は次のように計算されます：

$$F_a = \frac{\gamma_a}{q_a} \cdot S_a \cdot W_a$$

地震係数 S_a は、地震ハザードと局所的な建物および地盤条件の影響を考慮して、国ごとに決定する必要があります（関連国別付録または国別ガイドラインを参照）。

$$S_a = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \left[3 \cdot \frac{(1 + z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0.5 \right] = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot A$$

例えば、以下のように仮定します：

$a_g = 2.42 \text{ m/s}^2$	(イタリアの中程度の地震地域の例)
$S = 1.35$	(地盤クラス B、スペクトルタイプ 2 の例 - 表 2.2 参照)
$z/H = 1$	(建物の最上階に設置された配管 - 上の図参照)
$T_a/T_1 = 1$	(安全側の設定)

地震係数 A は 5.5 に等しく、最終的に地震係数 S_a は 1.80 です。

2.4.2 水平地震荷重の評価

重要度係数 γ_a と挙動係数 q_a は次のように仮定できます：

$\gamma_a = 1$ (生命安全システムの機能を持たない非構造要素)
 $q_a = 2$ (支持された架台 – 表 2.1 参照)

したがって、水平地震力は次のようになります：

$$F_a = \frac{\gamma_a}{q_a} \cdot S_a \cdot W_a = \frac{1}{2} \cdot 1.80 \cdot w \cdot i_{seismic} = 0.90 \cdot 0.10 \text{ kN/m} \cdot i_{seismic} = 0.090 \cdot i_{seismic}$$

$i_{seismic}$ は同じタイプのブレースを持つ支持間の距離です。この例では、横方向のブレースを持つ 2 つの配管支持間の距離です。耐震支持は横方向のセットアップと縦方向のセットアップを交互に配置することが想定されています（配管のブレースの構成に関する詳細は**セクション 3.2**を参照してください）。

$$i_{seismic} = 2 \cdot i_{static} = 4 \text{ m}$$

その結果、ブレースされた配管支持に作用する地震荷重は

$$F_a = 0.090 \cdot i_{seismic} = 0.090 \cdot 4 = 0.36 \text{ kN}$$

2.4.3 地震支保に対する作用の評価

次の構造スキームを考慮し、圧縮のみを受けるブレース 2 を無視すると、ブレース 1 および垂直の全ねじに作用する地震作用 S_1 および S_3 を簡単に決定できます。 $\alpha = 45^\circ$ と仮定すると、次のように導き出されます：

$$S_1 = \frac{F_a}{\sin \alpha} = 0.509 \text{ kN}$$

$$S_3 = W - \frac{F_a}{\tan \alpha} = w \cdot i_{static} - \frac{F_a}{\tan \alpha} = -0.16 \text{ kN}$$

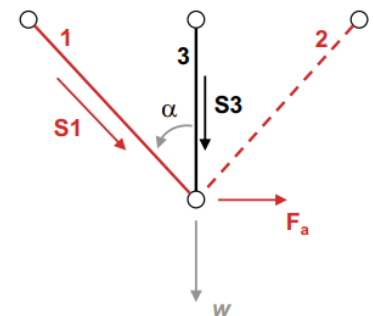
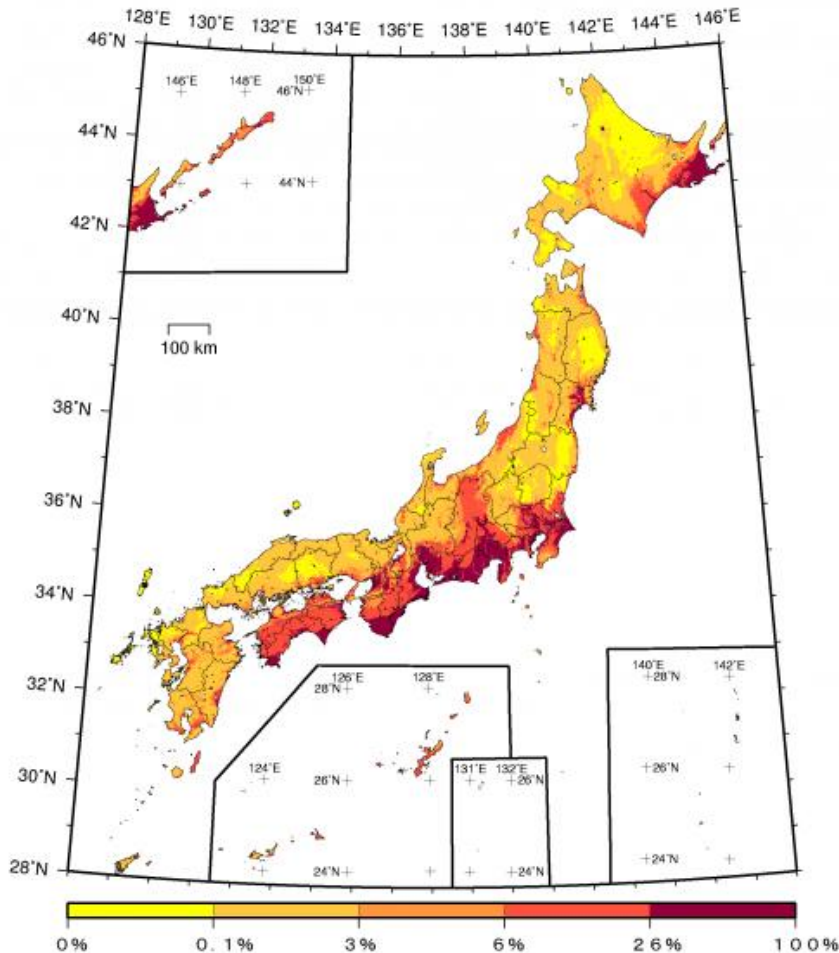


図 2.2 – 地震ブレースに対する作用の構造スキーム

ブレース 1 は、水平地震荷重 $F_a = +0.36 \text{ kN}$ を考慮すると、 0.509 kN の引張力を受けます。地震作用は定義上、両方向に作用する可能性があるため ($\pm F_a$)、ブレース 2 は反対方向の水平地震作用を吸収する必要があります： $F_a = -0.36 \text{ kN}$ 。垂直の全ねじは -0.16 kN の圧縮力を受けます。この場合、垂直の全ねじの座屈証明（PROFIS MSE ソフトウェアによる自動計算）を行うか、補強材で全ねじを強化する必要があります（全ねじ補強材の使用に関する詳細は**付録 D**を参照）。

3. 日本の地震活動

日本は環太平洋火山帯に位置しており、世界で最も地震が多い地域の一つです。独特な地質環境は、軽微な揺れから壊滅的な地震まで、頻繁に地震を引き起こします。特に東北、関東、九州などの地域では地震活動が顕著です。2011 年の東北地震や 2024 年の能登地震など、大規模な地震が頻繁に発生するため、地震ハザードは非常に高いです。



**図 1.1 全国地震動予測地図 2020 版：30 年 震度 6 弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図
(参照：防災科研 J-SHIS HP <https://www.j-shis.bosai.go.jp/en/> これらの地震は、日本の地震活動が沿岸部および内陸部の広範囲にわたることを示しています。

3.1 震度の理解

気象庁は震度階級を使用して地震の影響を測定します。この階級は 0 から 7 まであり、数字が大きいほど揺れが強く、被害の可能性が高くなります。例えば、4 月 23 日に岩手県沖で発生したマグニチュード 4.4 の地震は震度 3 でした。

4. 建築設備耐震設計・施工指針

4.1 背景と概要

建築設備耐震設計・施工指針は、建築物の耐震性能を向上させるために制定されたガイドラインです。この指針は、特に大地震時における設備機器や配管の損傷を防ぎ、機能の喪失を防ぐことを目的としています。指針は、水平震度・鉛直震度、耐震クラス、耐震支持の種類（SA 種、A 種、B 種）、支持間隔、従来工法の考え方など、さまざまな要素を含んでいます。

4.2 適用範囲

この指針は、S 造、RC 造、SRC 造の建築物で、高さ 60m 未満の建築物に適用されます。対象となる建築設備には、1kN 以上の機器、Φ82mm 以上の電線管、幅 400mm 以上のケーブルラック、吊り長さが平均 200mm 以上の電気配線やケーブルラックが含まれます。

4.3 指針の構成

指針は以下の 3 編から成り立っています：

第 1 編：建築設備耐震設計・施工指針

- 第 1 章：総説
- 第 2 章：地震力
- 第 3 章：設備機器の耐震支持
- 第 4 章：アンカーボルトの許容耐力と選定
- 第 5 章：建築設備の基礎の設計
- 第 6 章：配管等の耐震対策

第 2 編：計算例

第 3 編：付録

第 1 編の概要

第 1 章：総説 指針の適用範囲について言及し、軽量機器の耐震支持方法や重量と長さに応じた耐震支持について説明しています。吊り軽量機器の吊り長さや耐震支持方法が耐震性に影響を与えることが強調されています。

第 2 章：地震力 設備機器の重要度に応じた耐震クラスが特記仕様書に記載されており、防火設備や排煙ダクトなど、大地震後にも機能維持が必要とされる設備について説明しています。

第 3 章：設備機器の耐震支持 設備機器の耐震支持方法について具体的な指針が示されています。

第 6 章：配管等の耐震対策 標準支持間隔や支持形式部材の選定方法について説明しています。特記仕様書に記載がない場合、指針に従って支持ピッチを適用することが推奨されています。

4.4 監修と改訂

この指針は、大地震を経て改訂されてきました。地震時に機器や配管の損傷による機能喪失を防ぐため、簡易に耐震支持部材の選定が行えるように工夫されています。荷重が大きいものについては構造設計者へ依頼することが推奨されています。

建築設備耐震設計・施工指針は、建築物の耐震性能を向上させるための重要なガイドラインです。この指針に従うことで、地震時における設備機器や配管の損傷を防ぎ、建築物の機能を維持することが可能となります。

4.5 「建築設備耐震設計・施工指針」第2編 計算例、第2章 地震力の抜粋

2.1 設計用地震力

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

$$F_H = K_H \cdot W \text{ (kN)} \quad (2.1-1)$$

ここに

K_H : 設計用水平震度

W 設備機器の重量、ただし水槽においては満水時の液体重量を含む設備機器総重量 (kN)

設計用鉛直地震力 F_y は次式によるものとし、作用点は原則として設備機器の重心とする。

$$F_y = K_y \cdot W \text{ (kN)} \quad (2.1-2)$$

ここに、

K_y : 設計用鉛直震度

ただし、ここで水槽とは受水槽、高置水槽などである。水槽および自由表面を有する液体貯槽の場合には、「第3編 付録3」による有効重量比 α_T 、作用点高さと同値高さの比 β_T を用い、設計用重量および地震力の作用点高さを求め使用してもよい。

なお、上記の設備機器に対する設計用地震力算定に用いる K_H 、 K_y については、建築物の時刻歴応答解析が行われていない場合 (2.2 節) と、建築物の時刻歴応答解析が行われている場合 (2.3 節) とに分けて規定している。

2.2 設備機器の地震力 その1 (建築物の時刻歴応答解析が行われていない場合)

時刻歴応答解析が行われない通常の構造の建築物については、2.2.1 項で設計用水平震度 K_H を、2.2.2 項で設計用鉛直震度 K_y を求める。

2.2.1 設計用水平震度

設計用水平震度 K_H を下式で求める。

$$K_H = Z \cdot K_s \quad (2.2-1)$$

ここに、

K_s : 設計用標準震度(指針表 2.2-1 の値以上とする)

Z : 地域係数(指針図 2.2-1 による、通常 1.0 としてよい)

指針表 2.2-1 設備機器の設計用標準震度

	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、屋上および塔屋	2.0	1.5	1.0	
上層階	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(あるいは地表)に設置する水槽の場合に適用する。

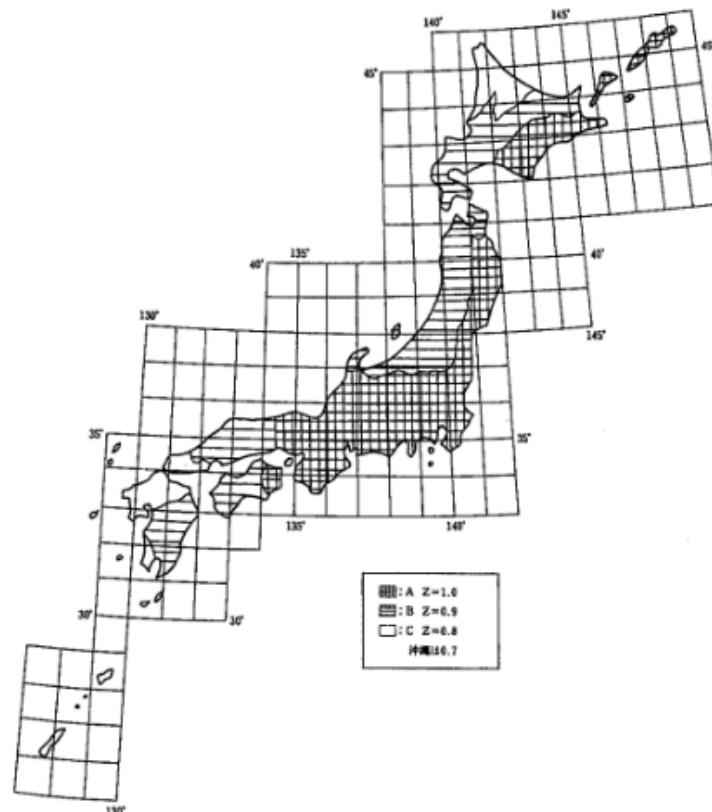
上層階の定義

- ・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 層を上層階とする。
- ・10~12 階建ての建築物では、上層の 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。

指針表 2.2-1における「水槽」とは、受水槽、高置水槽などをいう。



指針図 2.2-1 地域係数 (Z) (詳細は「第3編 付録 7.3.2」昭 55 建告第 1793 号による)

2.2.2 設計用鉛直震度

設計用鉛直震度 K_v を下式で求める。

$$K_v = 1/2 K_H \quad (2.2-2)$$

ここに、

K_H : 2.2.1 項で求めた設計用水平震度

2.3 設備機器の地震力 その 2 (建築物の時刻歴応答解析が行われている場合)

時刻歴応答解析が行われている建築物については、各階の応答加速度値 G_f (cm/s^2) が与えられることとなる。この場合の設計用水平震度 K_H を 2.3.1 項で、設計用鉛直震度 K_v を 2.3.2 項で求める。

2.3.1 設計用水平震度

時刻歴応答解析結果がある場合の予備計算による震度 K 正を下式によって求め、耐震クラスを $S \cdot A \cdot B$ のいずれかに設定して、指針表 2.3-4 を適用して K_H の値を定める。

$$K_H' = (G_f/G) \cdot K_2 \cdot D_{ss} \cdot I_s \quad \cdots \text{設備機器の場合} \quad (2.3-1)$$

$$= (G_f/G) \cdot \beta \cdot I \quad \cdots \text{水槽(受水槽、高置水槽など)の場合} \quad (2.3-2)$$

ここに、

G_f : 各階床の応答加速度値 (cm/s^2)

G : 重力加速度値 $= 980$ (cm/s^2)

K_2 : 設備機器の応答倍率で、設備機器自体の変形特性や防振支持された設備機器支持部の増幅特性を考慮して、指針表 2.3-1 によるものとしている。

D_{ss} : 設備機器据付け用構造特性係数で、振動応答解析が行われていない設備機器の据付・取付の場合、ある程度の変形特性を見込んで $D_{ss} = 2/3$ と設定している。

I_s : 設備機器の用途係数で、 $I_s = 1.0 \sim 1.$ としている。

β : 水槽の設置場所に応じた応答倍率で、指針表 2.3-2 による。

I : 水槽の用途係数で指針表 2.3-3 による。

指針表 2.3-1 設備機器の応答倍率

設備機器の取付状態	応答倍率 : K_2
防振支持された設備機器	2.0
耐震支持された設備機器	1.5

指針表 2.3-2 水槽の応答倍率 β

場 所	応答倍率 : β
1 階、地階、地上	2.0
中間階、上層階、屋上、塔屋	1.5

指針表 2.3-3 水槽の用途係数 I

用 途	用途係数：I
耐震性を特に重視する用途	1.5
耐震性を重視する用途	1.0
その他の用途	0.7

指針表 2.3-4 建築物の時刻歴応答解析が行われている際の設計用水平震度 K_H

K_H' の値	設計用水平震度 K_H		
	耐震クラス S	耐震クラス A	耐震クラス B
1.65 超	2.0	2.0	2.0
1.10 超～1.65 以下	1.5	1.5	1.5
0.63 超～1.10 以下	1.0	1.0	1.0
0.42 超～0.63 以下		0.6	0.6
0.42 以下			0.4

2.3.2 設計用鉛直震度

建築物の時刻歴応答解析が行われている場合の設計用鉛直震度を下式で求める。

$$K_V = 1/2 K_H \quad (2.3-3)$$

ここに、

K_H ：2.3.1 項で求めた設計用水平震度

ただし、免震構造の建築物において、設計用鉛直震度が、特に解析されていない場合には、2.2.2 項に従って設計用鉛直震度を定める。

4.6 「建築設備耐震設計・施工指針」第2編 計算例、第6章 配管等の耐震対策の抜粋

6.1 配管等の耐震措置に関する基本事項

6.1.1 基本的な考え方

配管等(配管・ダクト・電気配線・ケーブルラック)の耐震措置を行うにあたっては、地震時に配管等、支持材の各部に発生する応力、変形などが実用上支障のない範囲にとどまることを確認する必要がある。

そのために、以下の3項目を検討する。

- ① 配管等が設置された建築物の各部にどの程度の応答(加速度および変形)が生ずるか
- ② 上記の応答により配管等および支持材の各部にどの程度の応力、変形を生ずるか
- ③ 上記の応力、変形などが許容限界内にあるか

6.1.2 具体的な手法

① 配管等の耐震措置を行うにあたっては、地震時に配管等、支持材の各部に発生する応力、変形などが実用上支障のない範囲にとどまることを確認する必要がある。具体的には、配管等の「耐震支持間隔」を配管等の許容応力、許容変形以内になるよう実務上の見地を加えて定め、この耐震支持材間の配管等の重量(内容物を含む)により、適切な部材支持形式を有する「耐震支持部材」の選定を行う方法を採用する。

② 耐震支持部材については各種の支持形式のものを付表2、付表3に列挙する。部材の接合部における断面欠損、接合ボルト、アンカーボルトなどの局部応力による問題が生じないように注意する。

6.2 横引き配管等の耐震対策

6.2.1 横引き配管等の耐震支持

横引き配管等は、地震による管軸直角方向の過大な変位を抑制するよう耐震支持を行う。配管等の管軸方向の直線部の長さが25mを超える場合は、25mごとに曲がり部分や直線部分で管軸方向の過大な変位を抑制する耐震支持を行う。

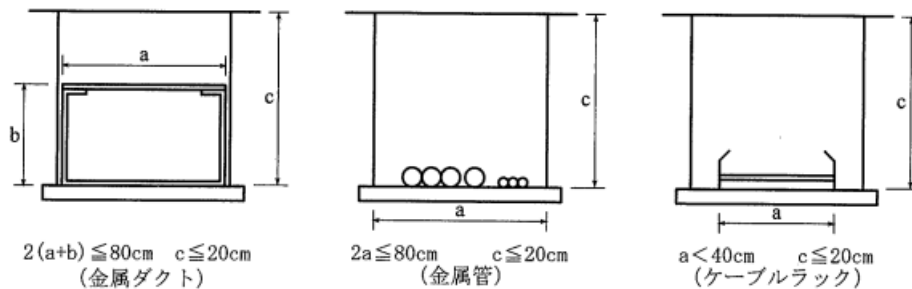
6.2.2 耐震支持の種類と適用

- ① 耐震支持の種類は次に示す S_A 種、A 種、B 種の3種類とする。
- ② S_A 、A 種耐震支持は、地震時に支持材に作用する引張り力、圧縮力、曲げモーメントにそれぞれ対応した部材を選定して構成されているものである。
- ③ B 種耐震支持は、地震力により支持材に作用する圧縮力を配管等の重量による引張り力と相殺させることにより、吊り材、振止め斜材が引張り材(鉄筋、フラットバーなど)のみで構成されているものである。
- ④ 耐震支持の適用は指針表 6.2-1 による。

⑤ 建築物の時刻歴応答解析が行われている場合で、配管等に作用する地震力が小さいときは、指針表 6.2-1 の耐震支持の適用によらず、地震力に応じた耐震支持方法の選定を行うことができる。

設置場所	配管		ダクト	電気配線（金属管・金属ダクト・バスダクトなど）	ケーブルラック
	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(解表 6.2－1 参照)の 3 倍以内（ただし、銅管の場合には 4 倍以内 I に 1 箇所設けるものとする	A 種	ダクトの支持間隔 12m 以内に 1 箇所 A 種を設ける	電気配線の支持間隔 12m 以内に 1 箇所 A 種を設ける	ケーブルラックの支持間隔 8m 以内に 1 箇所 A 種または B 種を設ける
中間階		A 種	ダクトの支持間隔 12m 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 12m 以内に 1 箇所 A 種または B 種を設ける	ケーブルラックの支持間隔 12m 以内に 1 箇所 A 種または B 種を設ける
地階、1 階		125A 以上は A 種、125 A 未満は 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(解表 6.2－1 参照)の 3 倍以内（ただし、銅管の場合には 4 倍以内 I に 1 箇所設けるものとする	S _A 種	ダクトの支持間隔 12m 以内に 1 箇所 S _A 種を設ける	電気配線の支持間隔 12m 以内に 1 箇所 S _A 種を設ける	ケーブルラックの支持間隔 8m 以内に 1 箇所 A 種または B 種を設ける
中間階		S _A 種	ダクトの支持間隔 12m 以内に 1 箇所 A 種を設ける	電気配線の支持間隔 12m 以内に 1 箇所 A 種を設ける	ケーブルラックの支持間隔 12m 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。					
	(i) 40A 以下の配管（銅管の場合には 20A 以下の配管）。ただし、適切な耐震措置をおこなうこと。 (ii) 吊り長さが平均 20cm 以下の配管		(i) 周長 1.0m 以下のダクト (ii) 吊り長さが平均 20cm 以下のダクト	(i) Φ82 以下の単独金属管 (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) 吊り長さが平均 20cm 以下の電気配線（指針図 6.2-1 参照）	(i) ケーブルラックの支持間隔については、別途間隔を定めることができる。※4 (ii) 幅 400mm 未満のもの (iii) 吊り長さが平均 20cm 以下のケーブルラック（指針図 6.2-1 参照）

- ※ 1 本表の「耐震クラス」とは、指針表 2.2-1、あるいは、指針表 2.3-4 で選定する耐震クラスのことである。
- ※ 2 耐震支持の適用に際し、吊り長さが平均 20cm であっても、吊り長さが異なる場合、吊り長さの短い部分に地震力が集中するため、適宜、耐震支持を設ける必要がある。
- ※ 3 耐震支持の適用に際し、配管、ダクト、電気配線、ケーブルラックの末端付近では、耐震クラスによらず、耐震支持を設けることを原則とする。
- ※ 4 ケーブルラックの中央部変形が少なく、子桁端部の許容応力度が充分あるなど、上記の支持間隔を広げても支障ないことが製造者により確認された製品を使用する場合は、その製品の性能によって、最大値を 12m として支持間隔を定めることができる。



指針図 6.2-1 電気配線・ケーブルラックの耐震支持適用除外

6.3 立て配管等の耐震対策

6.3.1 立て記管等の耐震支持

立て配管等は、地震による管軸直角方向の過大な変形を抑制し、かつ建築物の層間変位に追従するよう耐震支持を行う。地震力、配管等重量、層間変位による反力を考慮した耐震支持を行う。

6.3.2 耐震支持の種類と適用

- ① 耐震支持の種類は次に示す S_A 種、A 種の 2 種類とする。
- ② S_A 、A 種耐震支持は、地震時に支持材に作用する引張り力、圧縮力、曲げモーメントにそれぞれ対応した部材を選定して構成されているものである。

6.4 建築物のエキスパンションジョイント部を通過する配管等の耐震対策

建築物のエキスパンションジョイント部を通過する配管等で、変位を抑制することができない場合は変位吸収が可能な措置をとる。

エキスパンションジョイント部での両建築物の相対変位量 δ は、層間変形角 R より次式で計算する。

$$\delta = 2Rh \quad (6.4-1)$$

ここに、

h : 配管の通過する部分の地上高さ (m)

R : 層間変形角 (rad)

原則として鉄骨構造 (S 造) の場合には $R = 1/100$ とし、鉄筋コンクリート構造 (RC 造) および鉄骨鉄筋コンクリート構造 (SRC 造) の場合には $R=1/200$ とし、これを超えるおそれのある場合は、建築構造設計者の指示によるものとする

6.5 建築物導入部の配管等の耐震対策

- ① 地盤の変状により、建築物と周辺地盤との間に変位が生ずるおそれのある場合には、建築物導入部の配管等に適切な変位吸収が可能な措置を行う。
- ② 建築物導入部の配管設備については、以下に示すような損傷防止措置を行う。なお、配管の貫通により建築物の構造耐力上に支障が生じないこと
 - i. 貫通部分にスリーブを設けるなど有効な配管損傷防止措置を講ずること
 - ii. 変形により配管に損傷が生じないように可撓継手を設けること
- ③ 積層ゴムなどを用いた免震構造の建築物においては、地震時の下部構造と上部構造の相対変形量が大きいため、免震構造の上部構造部分へわたる配管等には、この相対変形量を吸収できる措置を施す。この相対変形量は一般的な免震構造の建築物の場合は 400mm 程度を考慮することとなるが、建築構造設計者と協議をして、設計上想定される最大変形量とする。

6.6 設備機器と配管等の接続部の耐震対策

- ① 設備機器は固定し、配管等は過大な変位を生じないように支持することにより接続部に損傷を生じないようにすることを原則とする。
- ② 「地震時に大きな変位を生ずるおそれのある防振支持された設備機器」や「本体が脆性材で構成された設備機器」などで本体や配管等に損傷を生ずるおそれのある場合は、十分な可撓性のある接続とする。

6.7 天井面に取合う機器・器具と支持

- ① 天井は、建築非構造部材の中でも最も多く設備機具類が取り合っている部材である。しかし地震時には、取付けられている設備機器・器具および配管類と天井との相対変位量が大きくなり、損傷例も多いため、損傷が生じないようにすることを原則とする。
- ② 1kN 以下の軽量機器の据付け-取付けで機器の製造者の指定する方法が提示されていない場合には、天井に取付ける 0.1 匁以下の軽量器具については天井面構成部材に緊結し、それを超える設備機器・器具は指針 1.1 節の③による。
- ③ 上面スラブ等に取り付ける設備機器-器具類および配管類は、耐震支持するとともに、天井との相対変位量を吸収する変位吸収性能を有し、落下防止措置を講ずることが必要である。

5. ユーロコード EN1993 と建築設備耐震設計施工指針の関係

ヒルティモジュラーサポートの耐震性能の評価方法について、現在の日本の評価手法である（一社）日本建築学会「鋼構造許容応力度設計基準(AIJ)」および（一財）日本建築センター「建築設備耐震設計・施工指針」と、ユーロコード（EN1993）の評価基準との関係を明確にします。

まず、設計震度や評価規準については、建設プロジェクトごとの特記仕様書に加え、「建築設備耐震設計・施工指針（2014年版）」を準拠されます。さらに、国際基準であるユーロコード（EN1993）も準拠されております。これにより、国内外の設計要件に対応したより信頼性の高い構造設計が可能となっています。

それから、評価の中心となるのは、鋼材の降伏点（F 値）を基準とした許容応力度設計です。ここでは安全率を考慮した F' ($F \div 1.1$) を用いて各種応力に対する許容値を設定します。長期荷重に対しては、短期許容応力を 1.5 で割った値を基準とし同様に荷重も 1.5 倍して評価することで、長期使用時の安全性を確保します。

応力の種類ごとに、引張、圧縮、せん断、曲げに対する許容応力が定義されており、それぞれに応じた評価式が示されています。特に圧縮および曲げに関しては、部材の座屈しやすさを考慮して許容値が低減される点が重要です。座屈の評価は、断面形状や座屈長さに基づいて行われ、与えられた荷重条件下で座屈が発生するかどうかを判定します。

また、評価方法の違いとして、AIJ では応力照査と座屈評価を同時に行うのに対し、ユーロコードではこれらを別々に実施するという特徴があります。この違いは、評価の精度や設計の柔軟性に影響を与えるため、設計者にとって重要なポイントとなります。このように、比較表は PROFIS MSE（ヒルティ設計ソフト）構造計算書の理解を深めるとともに、MT システムの設計における安全性評価の根拠を明確にするためのガイドとして活用できます。特に、国際基準に準拠した評価手法を採用することで、より高い信頼性と透明性を持った構造設計が可能になります。

		従来 (AIJ)	MSS
設計震度		・プロジェクトの特記仕様書 ・建築設備耐震設計・施工指針2014年版	・プロジェクトの特記仕様書 ・建築設備耐震設計・施工指針2014年版
評価規準		・建築設備耐震設計・施工指針2014年版 ・鋼構造許容応力度設計規準	・ユーロコード (EN1993)
評価	降伏 (F値)	$F = \text{鋼材の降伏点}$	$F' = F / 1.1$ (10%の安全率を見ている)
	長期の評価	長期許容応力 = 短期許容応力 / 1.5 で評価	長期荷重 = 実際の長期荷重 × 1.5 で評価
	短期許容引張応力 (1.5ft)	$1.5ft = F$	$1.5ft = F'$
	短期許容圧縮応力 (1.5fc)	$1.5fc = F$ (ただし、座屈しやすさによって低減)	$1.5fc = F'$
	短期許容せん断応力 (1.5fs)	$1.5fs = F / \sqrt{3}$	$1.5fs = F' / \sqrt{3}$
	短期許容曲げ応力 (1.5fb)	$1.5fb = F$ (ただし、座屈しやすさによって低減)	$1.5fb = F'$
	座屈※	断面形状や座屈長さを考慮して、許容圧縮応力及び許容曲げ応力を低減することで評価	与えられた荷重条件下で、座屈が発生するかどうかを断面形状や座屈長さから判定

※座屈に関して、応力照査と同時に実施するのがAIJ、応力照査と別に実施しているのがユーロコードとなります。

6. ヒルティ設計ソフト PROFIS Modular Supports Engineering (PROFIS MSE) の評価プロセス

評価プロセスは、まず「初期設定」から始まります。ここでは建設プロジェクトの基本情報を入力し、使用する部材を選定します。これにより、以降の設計や解析作業に必要な前提条件が整えられます。

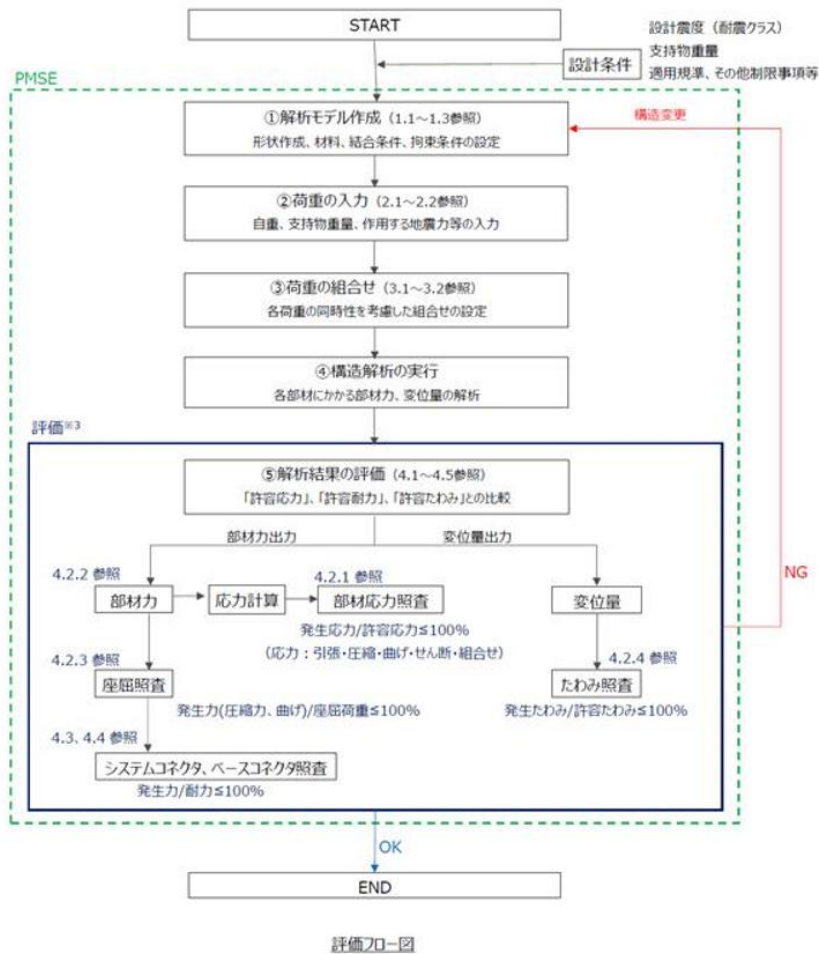
次に行うのが「荷重条件の設定」です。ここでは、構造物に作用する荷重の種類とその大きさを設定し、さらに荷重が作用する位置、すなわち作用点を明確にします。これらの情報は、構造解析の精度を左右する重要な要素となります。

上記の「設計条件」や「荷重条件」は、建設プロジェクトごとの設備工事特記仕様書と、「建築設備耐震設計・施工指針（2014 年版）」を準拠し、さらにお客様毎の要領書に関しても応じた条件で評価することを可能とします。荷重条件が整ったら、「構造解析」フェーズに進みます。この工程では、PROFIS MSE ソフトを用いて構造解析を実施し、構造物に発生する応力や変形量を計算します。これにより、設計対象の構造的な挙動を定量的に把握することが可能になります。

構造解析の結果を踏まえて、「許容応力度設計」を行います。この設計は、欧州規格 EN1993-1-1 に基づいて実施され、発生応力と許容応力の比率、いわゆる検定比を算出することで、安全性を評価します。検定比が 100%以下であれば、安全であると判断されます。

最後に、「結果の確認」を行います。ここでは、計算結果を詳細に確認し、必要に応じて設計の修正を行います。そして、最終的な評価結果を報告書としてまとめ、関係者に共有します。

なお、いくつかの重要な注意点があります。まず、部材の許容耐力は、実証実験および FEM 解析に基づいており、欧州の第三者機関 (ETA) によって認証されています。また、PROFIS MSE では「構造解析ソフトウェア RSTAB」が使用されており、許容応力度設計においては、発生応力／許容応力、発生力／許容耐力、発生たわみ／許容たわみのいずれかが 100%以下であることが、安全性の基準とされています。



- ※1 : MSSで使用される部材の許容耐力は、実証実験及びFEM解析に基づいており、欧州の第三者機関(ETA)により認証されている。
 ※2 : PMSEでは、構造解析に「構造解析ソフトウェア RSTAB」(Dlubal Software, Inc.)を用いている。
 ※3 : EN1993-1-1をベースに許容応力度設計を実施する。
 検定比 = 発生応力/許容応力 (もしくは、発生力/許容耐力、発生たわみ/許容たわみ) ≤ 100%で「安全」とする。

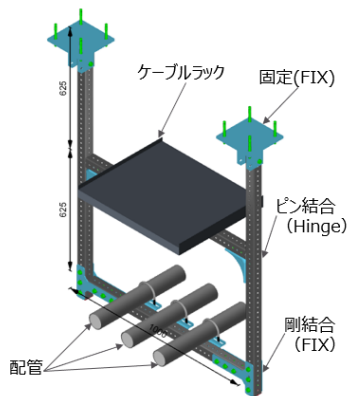
7. 代表的な設計事例

この章では代表的な耐震架台の設計事例を紹介いたします。

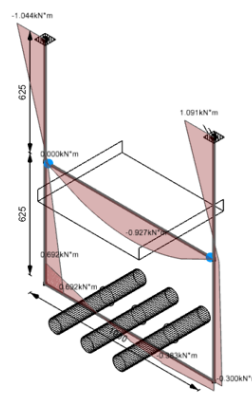
Trapeze (Goal Post, 門型)

設備 (空調・衛生・電気) を天井スラブ or 鉄骨から吊り下げた門型で支持する方法です。

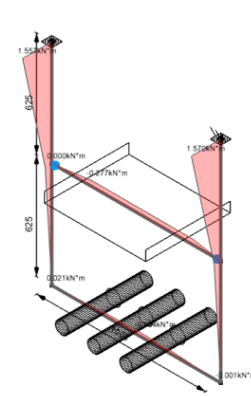
- 対 象 : すべて
 考慮点 : 管軸方向の強度や剛性が足りない場合には、斜材等で補強します。
 注意点 : 留付け金具に必要なスペースを考慮して支柱間距離を決めることが重要です。



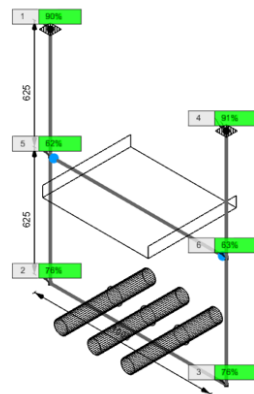
事例1



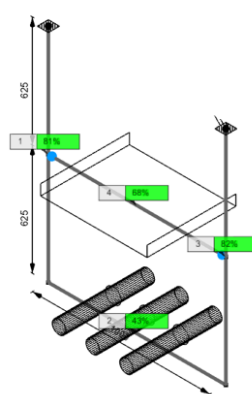
X方向地震時 M図



Y方向地震時 M図



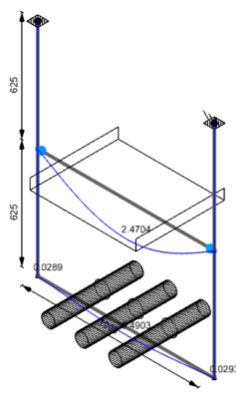
コネクタ・ベースコネクタ 検定比図



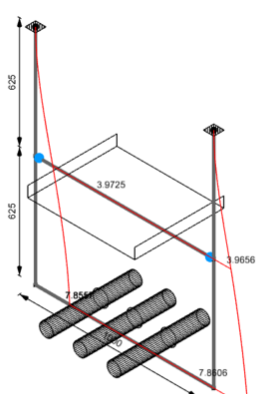
部材 検定比図

UTILIZATION OVERVIEW	
Members	81.82% ✓
MT-70 OC 6m	81.82% ✓
Connectors	75.89% ✓
MT-C-GSP T A OC	75.89% ✓
MT-C-GS A OC	63.31% ✓
Bases	90.69% ✓
MT-B-GS O4U OC	90.69% ✓

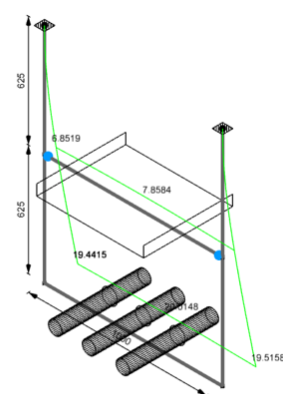
検定比まとめ表



長期 変形図
($\delta z = 2.47\text{mm}$)



X方向地震時 変形図
($\delta x = 7.86\text{mm}$)



Y方向地震時 変形図
($\delta y = 19.52\text{mm}$)

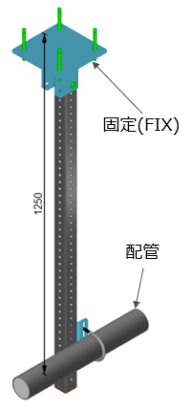
Single Arm (Cantilever、片持ち)

設備 (空調・衛生・電気) を天井スラブ or 鉄骨から 1 本の支持材で支持する方法です。

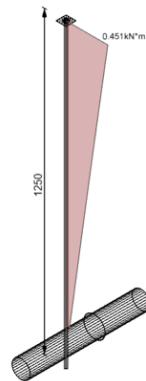
対 象 : 配管、スパイラルダクト、電線管

考慮点 : 管軸方向を支持できないケースが多く、周囲の架台との連携させる事が多いで
す。

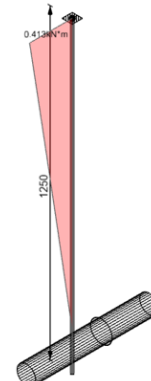
注意点 : 変形しやすいので、変形に対する制限の有無を事前に確認する必要があります。



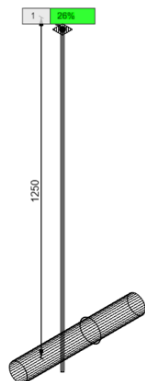
事例2



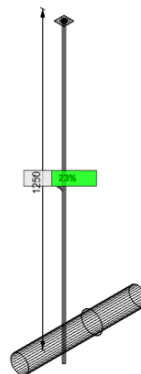
X方向地震時 M図



Y方向地震時 M図



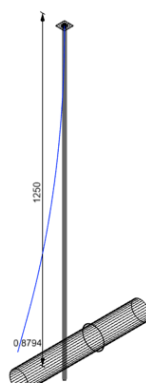
ベースコネクタ 検定比図



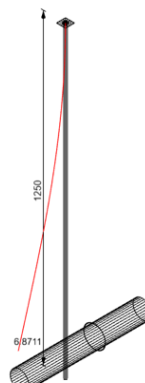
部材 検定比図

UTILIZATION OVERVIEW	
Members	22.94% ✓
MT-70 OC 6m	22.94% ✓
Connectors	0.00% ✓
Bases	25.94% ✓
MT-B-GS O4U OC	25.94% ✓

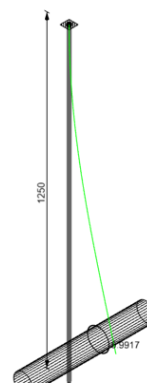
検定比まとめ表



長期 変形図
($\delta x = 0.88\text{mm}$)



X方向地震時 変形図
($\delta x = 6.87\text{mm}$)



Y方向地震時 変形図
($\delta y = 5.99\text{mm}$)

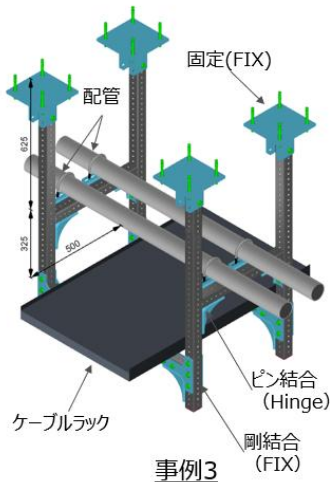
Box (かご型、やぐら型)

設備 (空調・衛生・電気) もしくは機器を天井スラブから 4 本以上の支持材を用いてかご型にして支持する方法です。

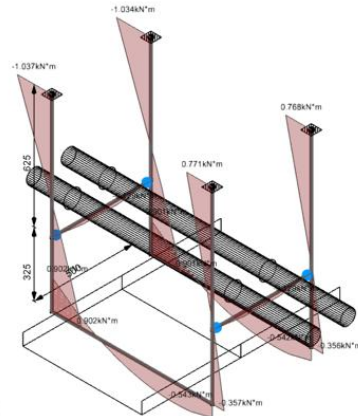
対 象 : すべて

考慮点 : 重量が重い場合や直交方向に伸びる設備を同時に支持する場合に有効です。

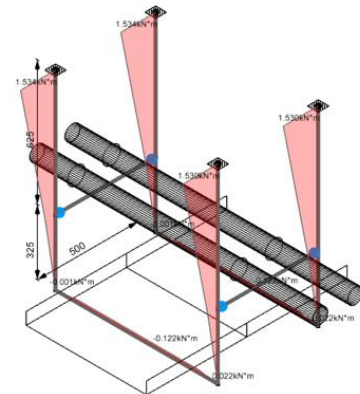
注意点 : 架台が大きくなりやすい為、他設備との干渉に十分注意する必要があります。



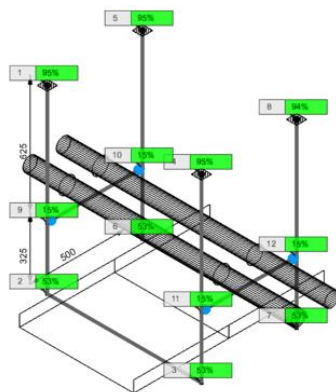
事例3



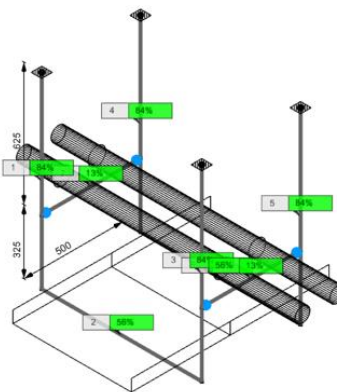
X方向地震時 M図



Y方向地震時 M図



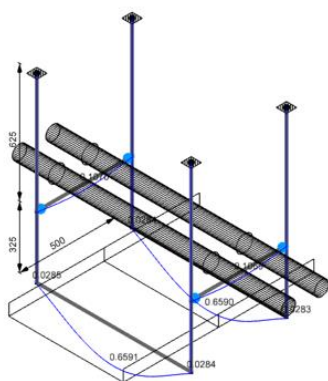
コネクタ・ベースコネクタ 検定比図



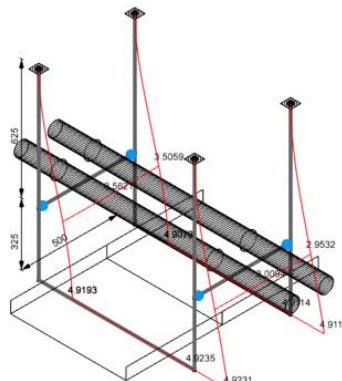
部材 検定比図

UTILIZATION OVERVIEW	
Members	83.90% ✓
MT-70 OC 6m	83.90% ✓
Connectors	52.88% ✓
MT-C-GSP T A OC	52.88% ✓
MT-C-GS A OC	14.92% ✓
Bases	94.73% ✓
MT-B-GS O4U OC	94.73% ✓

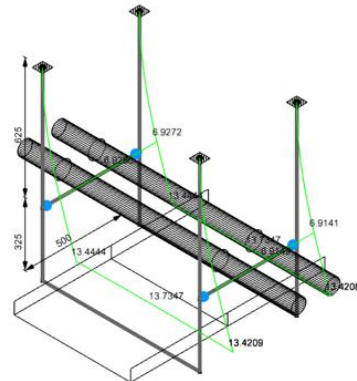
検定比まとめ表



長期 変形図
($\delta z = 0.66\text{mm}$)



X方向地震時 変形図
($\delta x = 4.91\text{mm}$)



Y方向地震時 変形図
($\delta y = 13.4\text{mm}$)

8. 耐震架台の支持方法

この章では耐震架台を支持する方法を紹介します。

ヒルティには3つの留め付け技術（あと施工アンカー、ビームクランプ、FoS - Fastening on Steel）があります。それぞれの特徴について、以下にご紹介します。

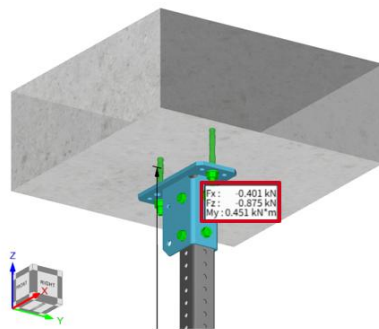
あと施工アンカー

PROFIS MSE で架台の性能を評価した後、PROFIS MSE から算出される支持点反力を用いて PROFIS Engineering で評価します。

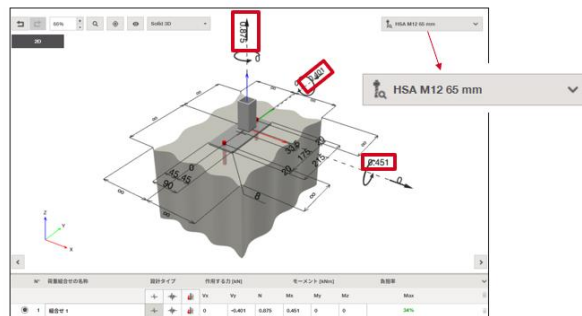
対 象 : コンクリートへの留め付け

考慮点 : デッキの形状によっては、2 次鋼材（所掌範囲要確認）が必要となります。

注意点 : デッキ形状に合わせたベースコネクタの形状、向き、2 次鋼材の配置について十分な検討が必要です。



PROFIS MSE (反力の計算)



PROFIS Engineering (アンカーの選定と強度確認)

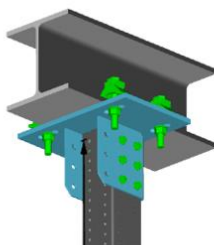
ビームクランプ

PROFIS MSE で評価します。

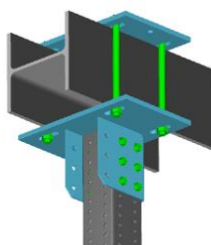
対 象 : 形鋼への留め付け

考慮点 : 留め付ける鋼材の種類、幅、フランジの板厚について事前の調査が必要です。

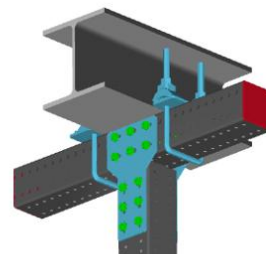
注意点 : 鋼材の種類、向きによっては留め付けられない場合があります。



クランプ (MI-SGC-M16)



はさみ込み PL

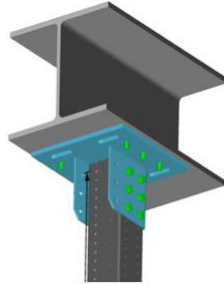


はさみ込み (MT-BC-GXL T OC & Uボルト)

FoS (Fastening on Steel)

PROFIS MSE で評価します。

- 対 象 : 形鋼もしくは鋼板部への留め付け
- 考慮点 : 鋼材のフランジ幅が 300mm を超える際に有効です。
- 注意点 : 採用するにあたり、事前に顧客への確認が必要です。



Direct Fastening (F-BT, S-BT, S-BT)

9. 用語集

FoS :

インストール製品 :

モジュラーサポート :

Profis MSE

PE