EE設計通信　　H28.11.30

■ 建築設備耐震の考え方　～　熊本地震を体験して

平成28年4月14日午後9時26分に熊本地方で、震度7(M6.5)の地震がありました。後に、前震と発表された地震でした。大分でも震度4の揺れがあり、当時完成間近の熊本市内の施設のことが、心配になり、翌日に関係各所の連絡をしました。被害状況を聞き取り、今後の補修計画を相談している矢先に、4月16日午前1時25分に震度7(M7.3)の本震がありました。大分でも震度6弱の揺れで、深夜ということもあり、身のまわりを含め、被害状況がとても気になりました。

当社もボランティアで、応急危険度判定、そして罹災証明発行支援の二次調査等、緊急時の業務に携わってきました。

「被災された方々へ、今できること」を念頭に、設備技術者として、当社なりの支援を実行してきました。その中で、「このことはやろう！」と思えることがありました。「設備耐震設計」を私なりにまとめることでした。被災した施設が、より早く営業を再開するために、設備技術者にできることを、技術資料の形でまとめることでした。今回の「EE通信　建築設備耐震の考え方」編は、上述した思いで通信しています。今回の熊本地震の教訓を生かす意味においても、若い世代の皆さんに、少しでもお役に立つことがあれば幸いであります。

（大分合同新聞朝刊 平成28年5月3日 より抜粋）

○ 設備機器の耐震　　参考文献：建築設備耐震設計・施工指針 2014年度版　～　以降の項目も同様です

設備機器の耐震支持は、原則アンカーボルトを用いて鉄筋コンクリートの基礎・床・壁に緊結する。

鉄筋コンクリート部材に直接取付けが難しい場合は、支持構造部材（頂部支持材や鉄骨架台）を介して緊結する。

（今回または過去の事例）

- 設備機器本体の強度不足で本体が損傷した。FRP製水槽やFRP製冷却塔が特に損傷例が多い。
  ※機器本体の耐震は、国土交通省営繕部「建築設備設計基準」に準じて施工する。
- デスク上機器で、耐震措置のないCRTやプリンターが移動・転倒して、機能停止になった。
  ※知人のJIA九州支部熊本地域会会員が困窮していた内容です。パソコンの使用が不可で、メール等に支障
- 吊りボルト等の振れ止め措置がないために、機器が落下しての損傷

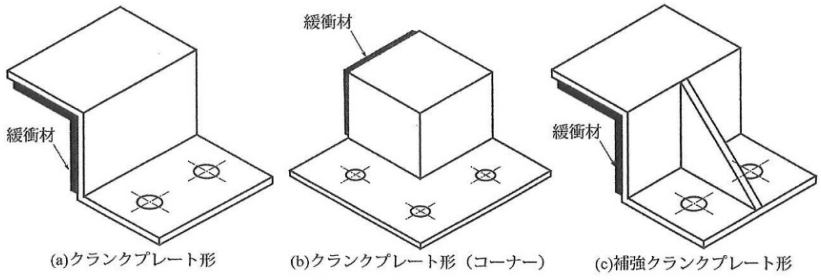
○ 防振支持された設備機器の耐震

防振材・防振装置を介して設置される設備機器の耐震支持は、耐震ストッパーを使用する。

ストッパー板厚は機器との衝突効果を考慮していないので、耐震ストッパーと機器との間隔は、定常運転時に接触しない範囲で極力小さくする。

スプリング防振等のたわみ量が大きい場合は、耐震ストッパーのタイプを移動・転倒防止型とする。

通しボルト形以外の耐震ストッパーの場合は、防振材の引抜き力を検討する。



（移動・転倒防止型ストッパーの例）

移動・転倒防止型ストッパーは形鋼・鋼板等で製作し、水平方向の移動及び転倒を防止するのに使用。通しボルト形ストッパーは、常時は機器と架台と接触しない状態で設定し、地震時には機器の水平方向の移動及び転倒を防止するのに使用。

（今回または過去の事例）

○ 耐震ストッパーなしの事例で、機器本体が大きく移動して、転倒あるいは防振架台を飛び出していた

※マルチ室外機本体が防振架台（スプリング）から着脱。熊本地震でも、数多く見受けられた事例です。

※今後は冷媒配管接続部のクッション施工と合わせ、移動・転倒防止型ストッパー設置を行う。 ～ 当社設計監理指針

○ キュービクルの移動・転倒防止型耐震ストッパーを措置した変圧器で、上部変位量が大きく、電気配線が破損

※接続配線には余長を確保、耐震ストッパーの隙間調整（2mm以下）や変圧器上部に振れ止め設置を行う。

また、必要に応じて、一次側端子の破断防止用に、添板や絶縁筒を設置する。 ～ 当社設計監理指針

○ アンカーボルト

径や強度の異なるアンカーボルトや金属拡張と接着系アンカーの混用は原則できない。強度の弱いアンカーから破損することになる。穴径はアンカーボルト径+2mm程度とする。穴径が大きい場合は、無収縮モルタルで孔埋めする。十分な大きさのワッシャーを用い、ワッシャーと鋼板を溶接で緊結する。

○ あと施工アンカーボルト

あと施工アンカーのピッチは10d（アンカー径）以上、はしあき寸法C≧50＋d/2とする。

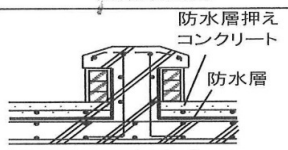
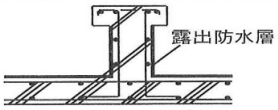
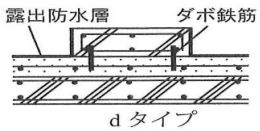
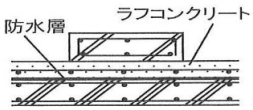
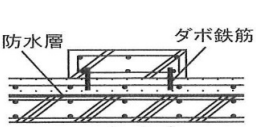
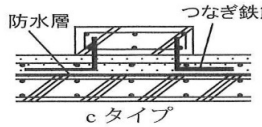
作業は資格者（一社日本建築あと施工アンカー協会）、または十分な技能及び経験を有した技術者が行う。

金属拡張アンカーを使用する場合は、おねじ形とする。めねじ形の使用は、床上据付け計量機器（20Kg以下）の場合のみとする。

※あと施工アンカーの施工は、必ず有資格者にて行う。 ～ 当社設計監理指針

○ 設備基礎

基礎形式には、主要構造物と一体化または分離した場合で選択が異なる。原則として、設計は構造設計者になるが、設備機器の必要な情報を、設備技術者は伝える必要がある。

分類		概略断面図	基礎の概要と注意事項	主な使用部分
防水層上基礎	防水層立上げの場合	 e タイプ	屋上などの防水層のある床に設置する基礎で、コンクリート基礎に防水層を立ち上げる方式であり、コンクリート基礎には配筋を行い、スラブと緊結する。 このような基礎は設計・施工ともに建築構造設計者に依頼すること。	屋上などの防水層のある部分に設置する、比較的大型で重量のある設備機器などに用いる。 ・大型冷却塔 ・大型水槽 ・大型キュービクル ・自家発電機
		 e タイプ		
		 d タイプ	屋上などの防水層のある床に設置する基礎で、改修など防水層を後から施工するものに主に用いる。	軽微な設備機器に用いる。
	防水層押えコンクリート上の場合	 a タイプ	屋上などの防水層のある床に設置する基礎で、押えコンクリートのある場合に、押えコンクリート上に作るコンクリート基礎を示している。 a タイプは押えコンクリートの表面を目荒し、打水をしてコンクリート基礎を打設する方式の基礎である。 d タイプは a タイプの基礎と押えコンクリートの間に、ダボ鉄筋を配した方式の基礎である。 c タイプは a タイプのコンクリート基礎ののる部分の押えコンクリートに、メッシュ筋程度の配筋を行い、コンクリート基礎と押えコンクリートはつなぎ鉄筋で緊結する。押えコンクリートの配筋の範囲は、基礎周囲 600mm 程度以下とする。	屋上などの防水層のある部分に設置する設備機器などに用いる。ただし、a タイプは比較的軽微な設備機器に用いる。 ・冷却塔 ・水槽 ・キュービクル ・空調機、ファン、ポンプ ・冷房機の屋外機
		 d タイプ		
		 c タイプ		

（基礎の断面形状・施工方法による種類） ～ 防水層上基礎の場合

コンクリート基礎の基準強度は、18N/mm2（1.8KN/cm2）以上とする。補強鉄筋については、D10@200程度とする。

（今回または過去の事例）

- アンカーボルトのへりあき寸法不足から、コンクリート基礎の縁が破損して、アンカーボルトが抜けて、設備機器が移動・転倒して損傷
- コンクリート基礎と床スラブが緊結していないことから、コンクリート基礎と共に設備機器が移動・転倒

○ 配管等の耐震対策

配管等の耐震措置は、適切な部材支持形式を有する「耐震支持部材」を選定することが必要となる。

配管等の許容応力内になる「耐震支持間隔」と間隔内の配管等の重量を考慮して、「配管支持部材」を選定する。

<table>
<tr><th rowspan="2">設置場所</th><th colspan="2">配　管</th><th rowspan="2">ダ　ク　ト</th><th rowspan="2">電　気　配　線
（金属管・金属ダクト・バスダクトなど）</th><th rowspan="2">ケーブルラック</th></tr>
<tr><th>設置間隔</th><th>種類</th></tr>
<tr><td colspan="6">耐震クラスA・B対応</td></tr>
<tr><td>上層階、屋上、塔屋</td><td rowspan="3">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）に1箇所設けるものとする</td><td>A種</td><td>ダクトの支持間隔12m以内に1箇所A種を設ける</td><td>電気配線の支持間隔12m以内に1箇所A種を設ける。</td><td rowspan="2">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</td></tr>
<tr><td>中間階</td><td>A種</td><td rowspan="2">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</td><td rowspan="2">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。</td></tr>
<tr><td>地階、1階</td><td>125A以上はA種、125A未満はB種</td><td>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</td></tr>
<tr><td colspan="6">耐震クラスS対応</td></tr>
<tr><td>上層階、屋上、塔屋</td><td rowspan="3">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）に1箇所設けるものとする。</td><td>S_A種</td><td>ダクトの支持間隔12m以内に1箇所S_A種を設ける</td><td>電気配線の支持間隔12m以内に1箇所S_A種を設ける</td><td>ケーブルラックの支持間隔6m以内に1箇所S_A種を設ける</td></tr>
<tr><td>中間階</td><td>S_A種</td><td rowspan="2">ダクトの支持間隔12m以内に1箇所A種を設ける</td><td rowspan="2">電気配線の支持間隔12m以内に1箇所A種を設ける</td><td rowspan="2">ケーブルラックの支持間隔8m以内に1箇所A種を設ける</td></tr>
<tr><td>地階、1階</td><td>A種</td></tr>
</table>

（耐震支持の適用）　～　指針表

○ 横引き配管等の耐震対策

横引き配管等は、管軸直角方向の過大な変位を抑制する耐震支持を行う。直線部が25m超の場合は、25m毎に曲り部分や直線部分に耐震支持を行う。ただし、40A以下や平均吊り長さ20m以下の配管は、標準支持のみも可。

<table>
<tr><td></td><td>呼径（A）</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>32</td><td>40</td><td>50</td><td>65</td><td>80</td><td>100</td><td>125</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td></tr>
<tr><td rowspan="2">鋼管</td><td>支持間隔〔m〕</td><td>—</td><td colspan="6">2.0</td><td colspan="8">3.0</td></tr>
<tr><td>つりボルト</td><td>—</td><td colspan="7">M10</td><td colspan="4">M12</td><td>M16</td></tr>
<tr><td rowspan="2">銅管</td><td>支持間隔〔m〕</td><td colspan="3">1.0</td><td colspan="3">1.5</td><td>2.0</td><td colspan="3">2.5</td><td colspan="2">3.0</td><td colspan="3">—</td></tr>
<tr><td>つりボルト</td><td colspan="12">M10</td><td colspan="3">—</td></tr>
</table>

（横引き鋼管・銅管の標準支持間隔の例）　～　指針表6.2-1

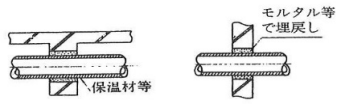
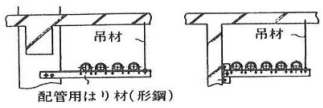
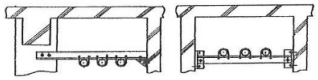
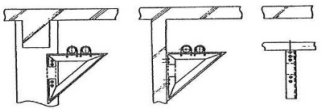
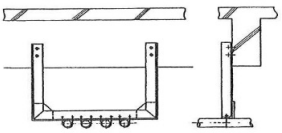
<table>
<tr><td colspan="2">呼び径
分　類</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>32</td><td>40</td><td>50</td><td>65</td><td>80</td><td>100</td><td>125</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td></tr>
<tr><td rowspan="6">吊り金物による吊り</td><td>鋼管及びステンレス鋼管</td><td colspan="8">2.0m以下</td><td colspan="6">3.0m以下</td></tr>
<tr><td>ビニル管、耐火二層管及びポリエチレン管</td><td colspan="8">1.0m以下</td><td colspan="6">2.0m以下</td></tr>
<tr><td>銅管</td><td colspan="8">1.0m以下</td><td colspan="6">2.0m以下</td></tr>
<tr><td>鋳鉄管</td><td colspan="14">標準図（鋳鉄管の吊り要領）による。</td></tr>
<tr><td>ポリブテン管</td><td>0.6m以下</td><td colspan="2">0.7m以下</td><td colspan="2">1.0m以下</td><td colspan="2">1.3m以下</td><td>1.6m以下</td><td colspan="6">—</td></tr>
<tr><td>鉛管</td><td colspan="14">1.5</td></tr>
</table>

（横走り管の標準支持間隔の例）　～　指針表6.2-1

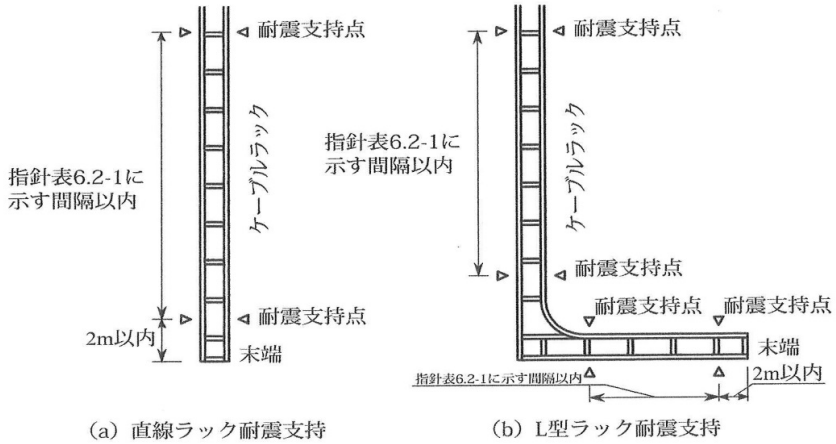
（今回または過去の事例）

- 吊りボルトで支持されている配管・ダクト・配線が、大きく振れることで衝突して破損
- 吊り金具や埋込金具の強度不足による破損により、配管・ダクト・配線が落下
- 枝管固定部と主管との変位差により、比較的小口径の枝管分岐部が破損
- 多条数、大容量幹線に対する配線軸方向の耐震支持が適切でなく、防火区画貫通部が破損

※標準支持のみでなく、躯体等を利用した耐震支持を行う。 ～ 当社設計監理指針

分類		耐震支持方法の概念	部材選定	備考
S_AおよびA種耐震支持の例	梁・壁などの貫通部	 (a)はり貫通部　(b)壁貫通部		建築物躯体の貫通部（梁、壁、床など）は、貫通部周囲をモルタルなどで埋戻しすれば、配管の軸直角方向の振れを防止することができる。貫通部の処理方法例 (i) 保温されている配管 保温材表面と貫通部の間をモルタルなどで埋戻しする。 (ii) 裸配管 (i) と同様に埋戻しする。
	柱・壁などを利用する方法	 (a)柱を利用する例　(b)壁を利用する例	「付表2」の付表2.1－1および付表2.2－1の部材選定表および付表2.4－1に準ずる。	柱（または壁）を利用すると比較的容易に配管の軸直角方向の振れを防止することができる。ここに示すものは、その一例である。
	柱・壁などの間を利用する方法	 (a)柱と壁を利用する例　(b)壁と壁を利用する例	「付表2」の付表2.1－2および付表2.2－2の部材選定表および付表2.4－2に準ずる。	柱（または壁）と壁にはさまれた空間に配管する場合には、比較的容易に配管の軸直角方向の振れを防止することができる。ここに示すものは、その一例である。
	ブラケット支持する方法（その1）	 (a)　(b)　（側面の概念）	「付表2」の付表2.1－3および付表2.2－3の部材選定表および付表2.4－3に準ずる。	柱や壁などからブラケットにより支持された配管は、軸直角方向の振れを防止できる。 ここに示すものは、その一例である。
	梁や上面スラブより吊り下げる方法	 はり（又はスラブ）に吊下げる場合（ラーメン架構）	「付表2」の付表2.1－6および付表2.2－6の部材選定表および付表2.4－6に準ずる。	これは、ラーメン架構の場合の一例を示しており、考え方は上記と同様である。 ただし、吊材と梁材の接合箇所は曲げを伝えるために剛接合とする必要がある。

（配管の耐震支持方法の種類）



(a) 直線ラック耐震支持　(b) L型ラック耐震支持

地震時に末端が自由端になると振動が増幅されることから、末端から2m以内に耐震支持を行う。

指針表は上記標準支持間隔の例を参照。

（ケーブルラックの耐震支持例）

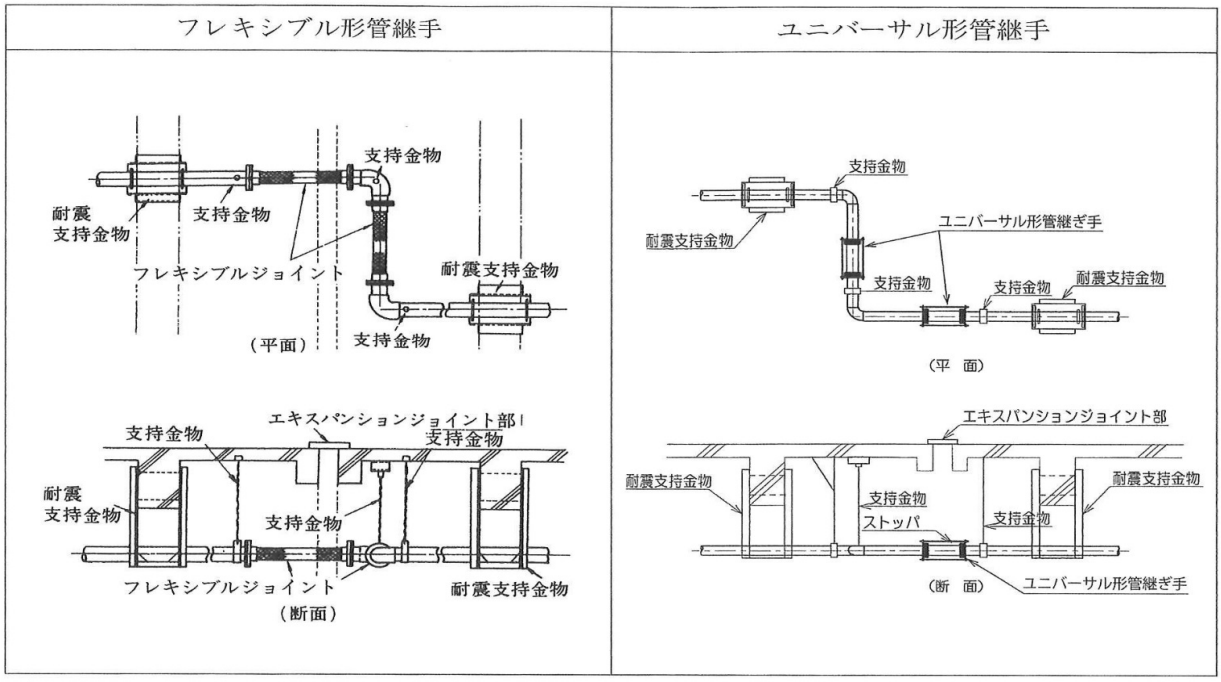
○ 立て配管等の耐震対策

立て配管等は、管軸直角方向の過大な変位を抑制し、かつ建築物の層間変位にするように耐震支持を行う。一般的に、立て配管は層間変形角1/100の耐震支持間隔を採用する。立て電気配線は、標準支持間隔ごとに自重支持することで、過大な変形は抑制されていると考えて良い。

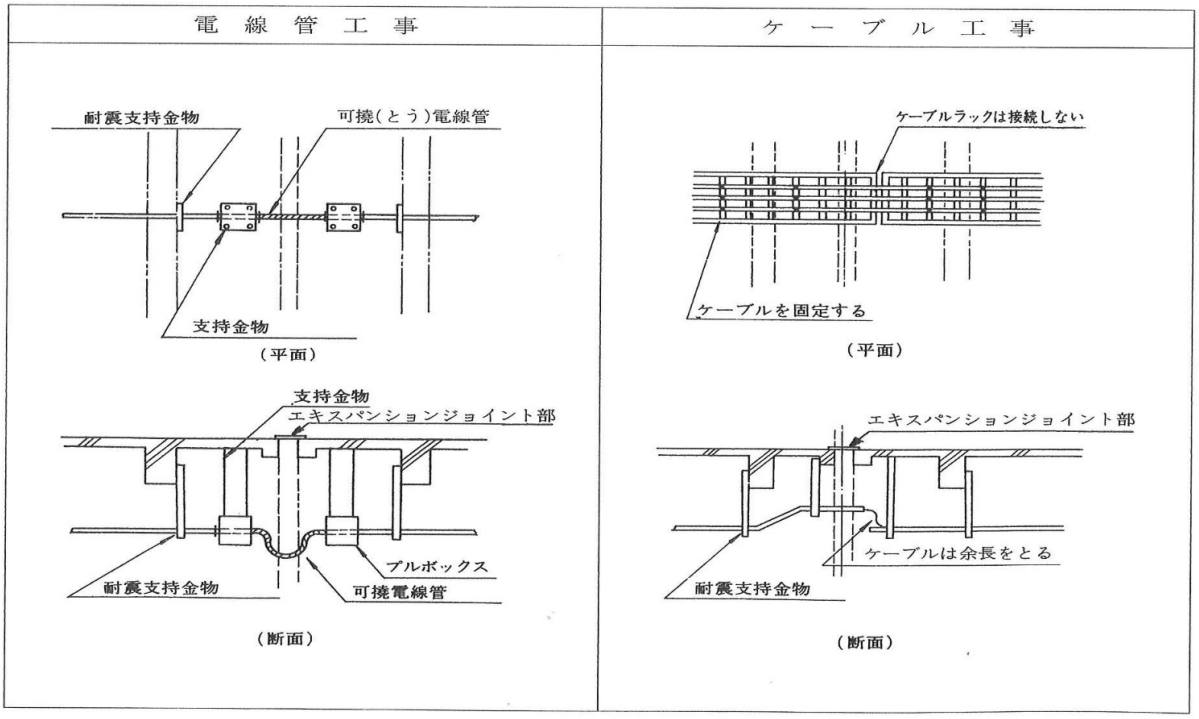
○ 建築物のエキスパンションジョイント部を通過する配管等の耐震

エキスパンションジョイント部は相対変形が大きいので、貫通しないことが基本。ただし、貫通する場合は下記の内容に留意して施工する。

配管等で変位抑制はできない場合は、変位吸収措置をする。相対変位量δは、層間変位角Rにより計算する。層間変位角Rは、鉄骨構造（S）では1/100、鉄筋コンクリート構造（RC）及び鉄骨鉄筋コンクリート構造（SRC）では1/200として計算する。



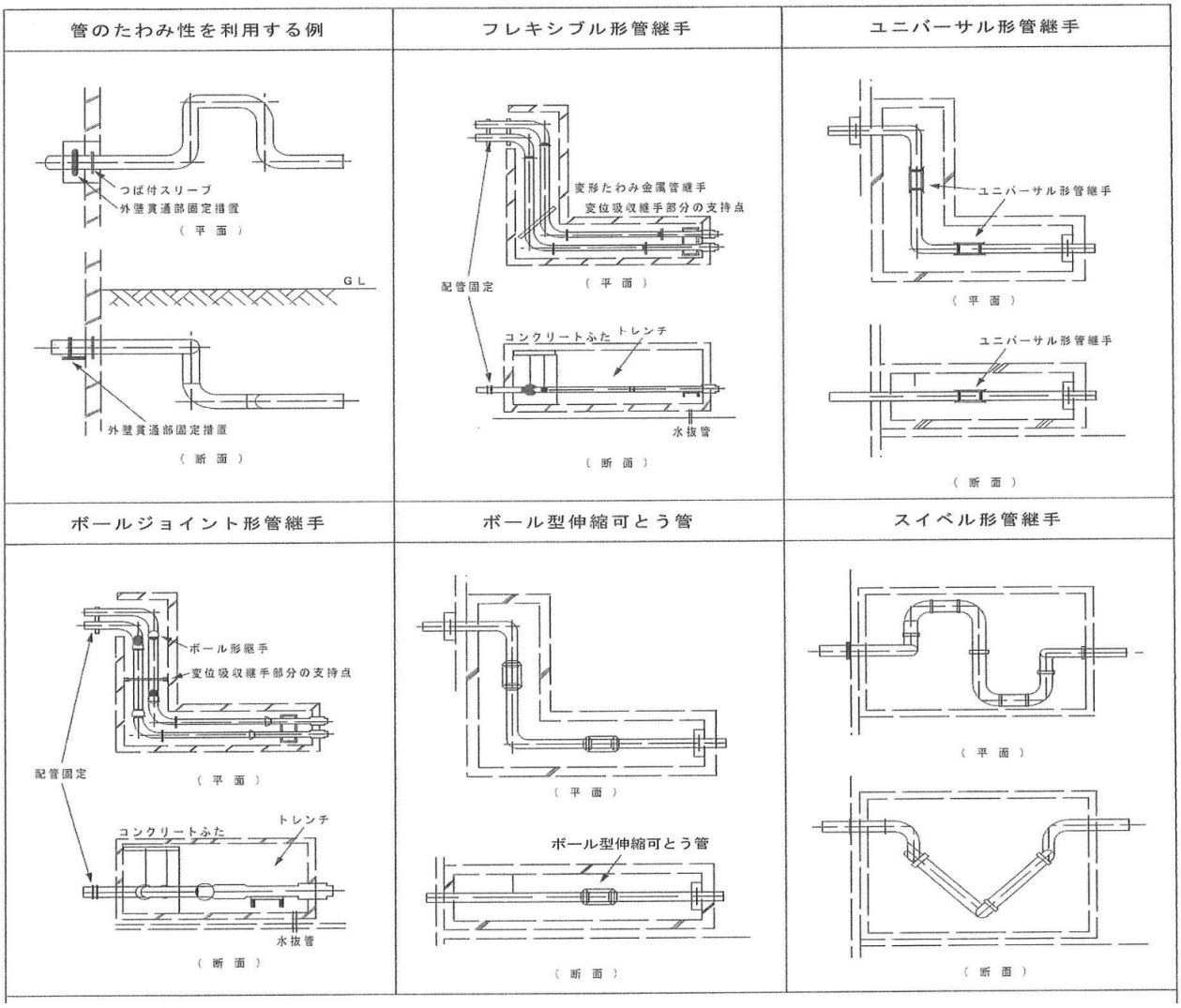
（建築部エキスパンションジョイント部を通過する配管例）



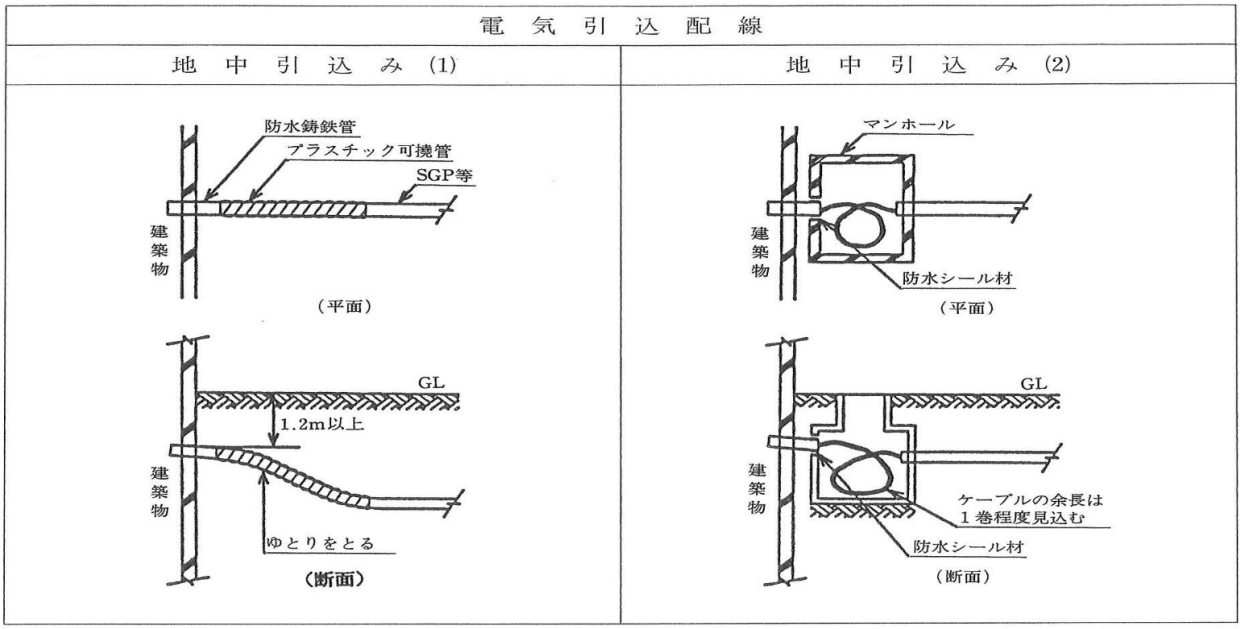
（建築部エキスパンションジョイント部を通過する電気配線例）

○ 建築物導入部の配管等の耐震対策

建築物と周辺地盤との間に変位が生じる可能性がある場合は、建築物の導入部の配管等に適切な変位吸収措置を行う。また、導入部の配管等は、スリーブや可撓継手等を用いて、有効な損傷防止措置を行う。



（建物導入部の配管例）



（建物導入部の電気配線例）

○ 設備機器と配管等の接続部の耐震対策

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で、接続部の損傷を防止することを原則とする。

○ 天井面に取合う設備機器・器具の耐震支持

1KN(100Kg)以下の場合は、吊りボルトへの斜材取付けの鉛直方向距離を短くする等の措置を行う。

0.1KN(10Kg)以下の場合は、天井面に緊結する。

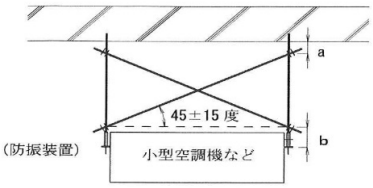


図 2.1　全ネジボルトX状の据付け法

- a+b が 25cm 以下は斜材不用
- a+b が 25～30cm は鉛直吊り長さが 25cm 以内になる斜材か、鉛直吊りボトルを 12φ にする
- a+b が 30cm を超える場合は鉛直吊り長さが 25cm 以内になる斜材が必要

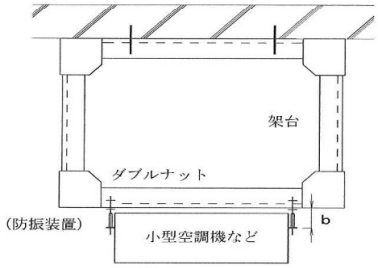
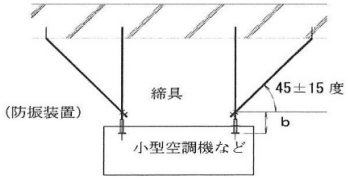


図 2.2　形鋼製架台の据付け法

- b が 25cm 以下は斜材不用
- b が 25～30cm は鉛直吊り長さが 25cm 以内になる斜材か鉛直吊りボトルを 12φ にする
- b が 30cm を超える場合は鉛直吊り長さが 25cm 以内になる斜材が必要



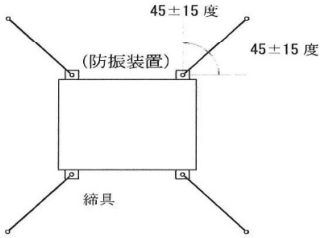
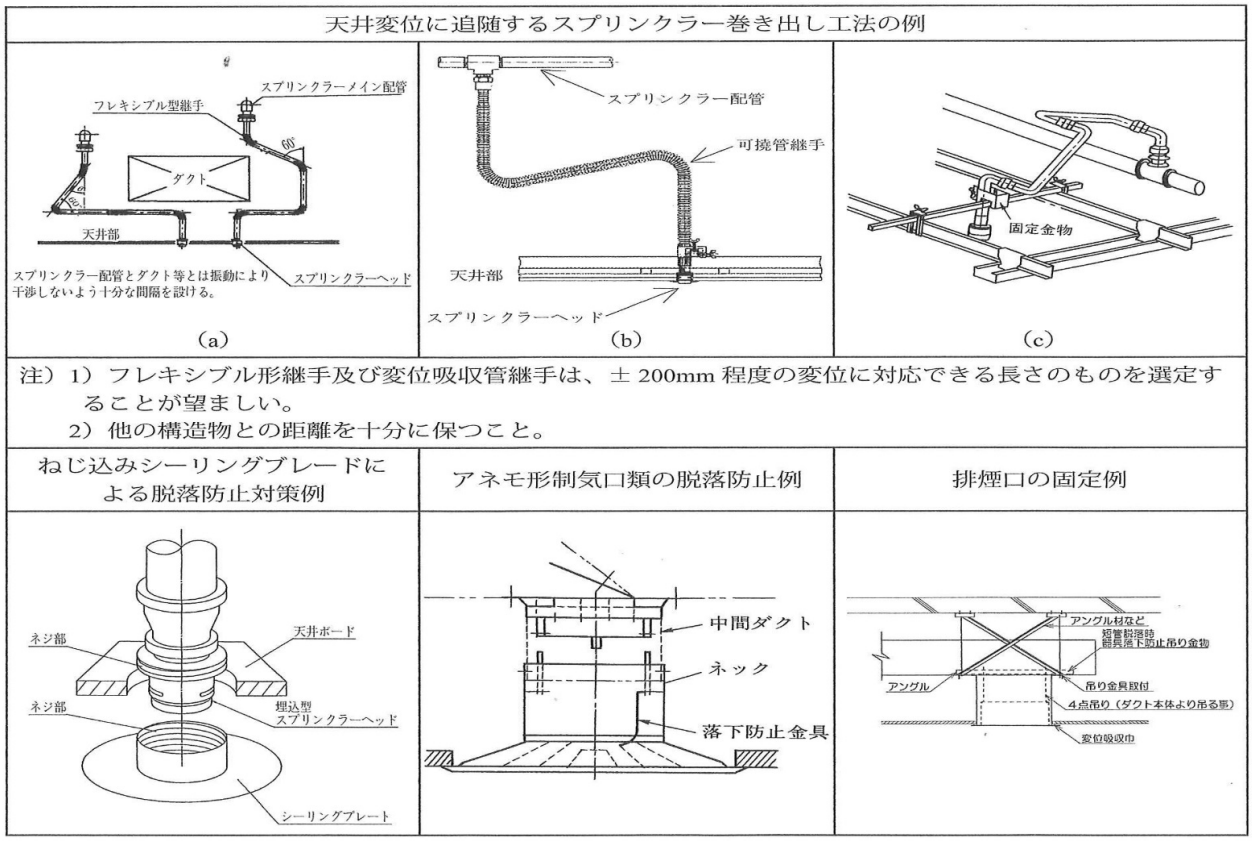


図 2.3　全ネジボルト放射状の据付け法

（天井吊り機器の標準的耐震支持方法）

※鉛直吊材長さを25cm以下とする。25cm超の場合は、斜材を4方向に設置する。 ～ 当社設計監理指針



（天井に取合う器具類の標準的耐震支持方法）

※スプリンクラーヘッドの固定には、ネジ式締金具を使用し、クラップ止め施工は不可とする。 ～ 当社設計指針

※照明器具の支持は、「照明器具の耐震設計・施工ガイドライン」（日本照明器具工業会：技術資料）に基づき、照明器具の重量に応じた安全率を考慮した対応を行う。 ～ 当社設計監理 文責 EE設計 金田勝美