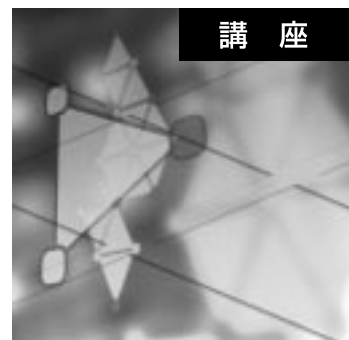


設備技術者のための建築構造入門(4)

配管・配線工事と建築構造体の関係

—耐震支持などに関して—

米田千瑛夫 須賀工業(株) 正会員



キーワード: 配管工事(Piping Work), 配線工事(Wiring Work), 建築構造体(Building Structure), 配管支持(Pipe Support), 耐震支持(Seismic Proof)

はじめに

1995年1月の兵庫県南部地震以降も、2004年10月の新潟中越地震、2005年3月の福岡県西方沖地震ほか、マグニチュード7.0前後、震度6弱以上の大地震を、この十数年の間に私たちは経験してきている。そして、それらの地震発生たびに、水・電気・通信といった公共インフラの途絶という事態に、被災地の人々は忍耐の生活を余儀なくされてきた。この図式は建築物、施設など建物の内部においても同様であることを、建築設備にかかわる技術者はよく認識しなければならない。すなわち、給排水設備、電気設備、通信設備はともに建物内のライフラインであり、大地震など災害が発生すると、それに起因する設備機能障害がたちまちひとの生活に混乱を及ぼすことになる。

大地震発生後の生活において求められるものは、何をあいても水源であり、それに関連する設備を機能させる電源である。公共インフラが遮断しても、例えば、“官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説¹⁾”でも、地域の水供給事情や都市規模などによって異なるが、応急対策活動期間を含め、被災後4~7日の生活水源確保と、水まわりの設備機能が求められている。配管・配線設備はその生命線を預かるものであり、設備を機能維持させるためには耐震技術が重要なものとなる。

配管設備に対する作用地震力や、その荷重に対する耐震強度と設計各論に関しては、(財)日本建築センター発行“建築設備耐震設計・施工指針2005年版²⁾”(以下、センター指針という)、および(社)空気調和・衛生工学会発行“新指針 建築設備の耐震設計 施工法³⁾”(以下、学会指針という)など各種の耐震指針に詳細が示されているため、ここではそれらの要点例示程度にとどめる。

本稿では、地震時に起因する建築物と設備配管(配線配管含む)特有の課題、例えば層間変位や建物と配管の共振などについて述べたうえで、配管・配線自体の耐震性からそれらの支持材の所要強度、そしてそれを支える構造体への作用力などについて示し、設備工事の構造体との干渉部位について留意すべき事項などを考える。さらに、配管の

支持固定にあたっては管などの熱伸縮の問題があるため、その考え方についても述べる。

配線配管は単位長さあたりの質量が水配管と異なるが、作用荷重とその耐力に関しては基本的に水配管と考え方が変わらないので、以下、熱膨張の検討項以外は“配管”ということに包含して解説する。

なお、配管・配線に限らないが、耐震設計・施工に対する一般的付託要素として、次の事項が基本にある。

- 1) 災害時の緊急事態下でも、設備の重要度に応じた最低限の機能・使命は確保しなければならない。当然のことながら、できうる限り生活水源の損失は回避すべきであり、無用な漏出水の遮断措置は備えるべき設備要素である。
- 2) 耐震設計コンセプトにはリスク回避、フェールセーフ的思考が肝要³⁾である。浸水などの二次災害防止などはもとより、被災損傷後の復旧容易性の配慮、電源、水源の応急または複数供給などを想定しておくことである。

1. 配管自体の耐震性

地震に起因する建築物の揺れと、配管系の耐震性能に対する基本的な課題は、センター指針などにも示されているように、①地震力の作用による配管本体の応力、変形はどうか、②配管支持材、固定材への影響はどうか、③建築構造体に及ぼす荷重、応力はどうか、というところに代表される。

すなわち、具体的なポイントとしては、下記のような事項になる。

- 1) 建築物層間変形に対する耐力と反力
- 2) 建築物の揺れとの共振
- 3) 熱伸縮の吸収法と耐震支持
- 4) 建物導入部および建築エキスパンションジョイント部の変位に対する配管支持と耐力

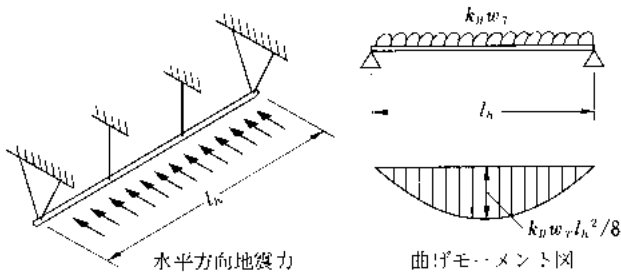


図-1 横走り管直管部の地震力によるモーメント分布(学会指針 p.131, 図3・14より)

1.1 地震力による配管への作用応力度

配管系の耐震を検討するにはまず、配管への作用地震力を検討しなければならない。これに関しては、学会指針に詳しく説明されているため、ここでは代表的なものの関係式を提示する。

(1) 横走り管直管部

横走り直管部は、配管支持部をピン支持とし、両端ピン支持の単スパンばりとして応力を考える(図-1)。

$$M_E = k_H w_T l_h^2 / 8 \quad \dots\dots(1)$$

$$\sigma_E = i_r \frac{M_E}{Z} = \frac{i_r k_H w_T l_h^2}{8 Z} \quad \dots\dots(2)$$

ここで、

M_E : 地震力による最大曲げモーメント [N・cm]

σ_E : 地震力による最大応力度 [N/cm²]

k_H : 設計用水平方向震度

w_T : 内容物を含む配管の単位長さあたり重量 [N/cm]

l_h : 耐震支持間隔 [cm]

Z : 配管の有効断面係数 [cm³]

i_r : 断面方向の継手効率による応力度増倍係数*
(= 1/η_s)

η_s: 断面方向継手効率

(2) 立て管部

配管立て管部において、耐震支持材(振れ止め)間を両端ピン支持の単スパンばりとしてとらえれば、発生曲げモーメント、応力度とも横走り管直管部と同様、前述の式(1),(2)のように示される(図-2)。

なお、立て管部において考えなければならないものに、次に記す建築物の層間変位による影響がある。

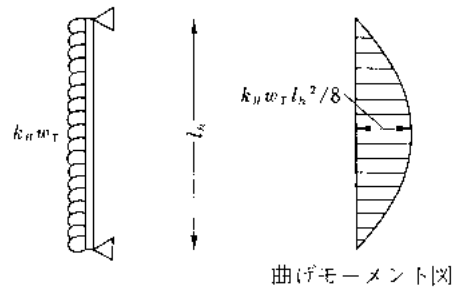


図-2 立て管の地震力によるモーメント分布(学会指針 p.136, 図3・22より)

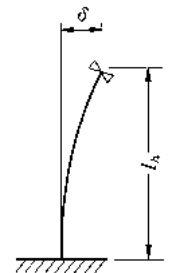


図-3 立て管のモデル化(学会指針 p.137, 図3・24より)

1.2 立て管の層間変形

地震時における立て管の課題として、建築物の層間変位に伴って発生する変形作用力に対する耐力評価がある。建築物の振動モードも数種あるが、配管に作用する最大曲げモーメント、最大振幅、最大せん断応力を考えた場合、そのモードは、図-3に示される1端固定、他端ピン支持の一次モードである。

$$M_\delta = 3 EI \delta / l_h^2 \quad \dots\dots(3)$$

$$\sigma_\delta = i_r \frac{M_\delta}{Z} = \frac{3 i_r EI \delta}{Z l_h^2} \quad \dots\dots(4)$$

ここで、

M_δ : 建築物層間変位による最大曲げモーメント [N・cm]

σ_δ : 建築物層間変位による最大応力度 [N/cm²]

E : 配管の縦弾性係数 [N/cm²]

I : 配管の有効断面二次モーメント [cm⁴]

δ : 建築物層間変位による強制変位量 [cm]

なお、建築物の設計用層間変形角は鉄筋コンクリート造・鉄骨鉄筋コンクリート造では1/200、鉄骨造1/100として検討する。したがって、層間変位量 δ は次のように想定される。

(1) 鉄筋コンクリート造・鉄骨鉄筋コンクリート造の場合

$$\delta = (1/200) \eta_h \quad \dots\dots(5)$$

(2) 鉄骨造の場合

$$\delta = (1/100) \eta_h \quad \dots\dots(6)$$

ここで、

δ : 層間変形角に従って想定される層間変位量 [cm]

η_h : 配管振れ止め間隔 [cm]

すなわち、このとき配管自体または配管支持材には式(7)の反力が作用することになる。

$$P = 3 EI \delta / l_h^3 \quad \dots\dots(7)$$

* 配管材の継手の種類、例えば溶接接合やねじ接合などによって継手効率を考慮し、継手部に見掛け上大きな応力度が発生したとみなして応力度評価を行うための係数である。耐震設計においては、管軸断面方向(管の円周方向)の継ぎ目を問題とする。(学会指針3章2.3, pp.123, 124より)

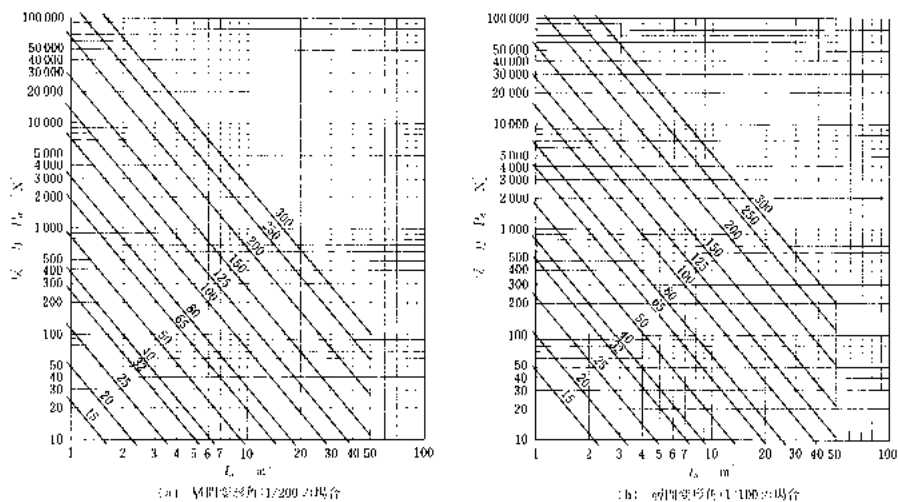


図-4 層間変形における支持点への作用反力算定線図(学会指針 p.181, 図3・86 SGP 1/200, 1/100の2種)

表-1 振動数係数 λ 値

(機械工学便覧 A 3⁴⁾より)

端部条件	λ
両端固定	4.730
一端固定他端自由	1.875
一端固定他端支持	3.927
一端支持他端自由	3.927
両端支持	π

ここで,

P : 配管支持点に作用する反力[N]

層間変位に対する反力 P の計算算定図は、学会指針に図-4のように示されている。

1.3 配管の共振

地震時の配管本体の損傷防止として検討すべき課題に、前述の層間変形の問題があるほか、配管への作用振動との共振、すなわち、地震による建物振動と配管の共振がある。この問題に関しては、学会指針にも説明されているように、配管の固有振動数と建築物の固有振動数との比で検討する。

地震時に配管自体が振動することによる危険性は、加振振動数と配管系振動数の比、すなわち建築物の一次固有振動数 f_B と配管系の一次固有振動数 f_P との比によって左右される。危険性は、建築物と配管が共振状態にいたったときが最大であり、それを回避するためには次のように考慮する。

振動数比は f_B/f_P で示され、以下のようにすることが望ましいとされている³⁾。

$$f_B/f_P \geq 0.3 \quad \dots\dots(8)$$

- f_B 1/(0.03 H [Hz])..鋼構造物
- 1/(0.02 H [Hz])..その他の構造
- f_P 3 [Hz]

ここで,

H : 建築物の高さ[m]

f_B : 建築物の一次固有振動数[Hz]

f_P : 配管系の一次固有振動数[Hz]

すなわち、配管を両端固定型の振動系で考え、配管の耐震支持間隔を短くすることにより配管系の一次固有振動数を、建築物の一次固有振動数より大きくする方向に設定し、共振を回避するように図ることとしている。

なお、直管の横振動固有振動数は、一様断面のはりと同様に、次の式で示される。

$$f_P = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{\lambda}{l} \right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad \dots\dots(9)$$

ここで,

f_P : 直管の一次固有振動数[Hz]

λ : 振動数係数(表-1)

l : スパン長さ[cm]

A : 管断面積 cm^2

ρ : 内容物を含む管の密度 kg/cm^3

その他、配管に曲がりなどがある場合や、配管支持材を含めた場合の固有振動を考慮⁵⁾しなければならないが、配管系各部について固有振動数を求め、建築物との共振分析をすることは、建築や設備各要素の現実との相違やその複雑さに比べて、検討結果の有効性に十分なものが期待できない。また、過去の配管系の地震被害事例では、建築物との共振により配管系が破損・破断した例は少なく、共振時の配管系の振幅により、配管周囲の物体に衝突したり、配管分岐部や機器との接続部への多大な応力付加による損傷と想定される被害のほうが多いと見られている³⁾。

すなわち、振幅変位の小さい範囲、耐震支持間隔を短くした短周期域での共振であれば、被害は抑えられるものととらえ、学会指針ではその限界の振動数を 3.3 Hz と設定

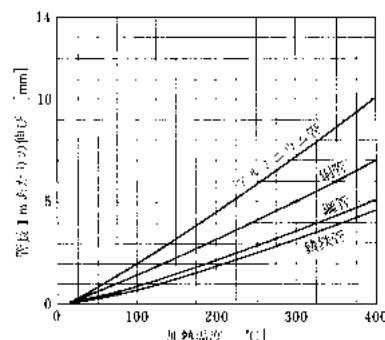


図-5 管の伸縮量(小河内美男, 昭39 空気調和・衛生工学便覧, 第13版 第5編⁶⁾, p.341, 図7.2より)

表-2 横走り管支持間隔の例 (SGP 満水管) (学会指針 p.170, 表3・14 より)

水平 震度 k_H	呼び 径 A	配管の 接合 方法	単位長 さあた りの質 量 [kg/m]	架台上 部の標 準自重 支持間 隔 l_d [m]	最大耐震 支持間隔		建築物の柱スパンによる耐震支持間隔の例															
					管断面 方向 $l_{h \max}$ [m]	管軸 方向 $l_{a \max}$ [m]	5 m スパンの場合				6 m スパンの場合				7.5 m スパンの場合				9 m スパンの場合			
							支持 間隔 l_s [m]	配管 全質量 [kg]	支持 間隔 l_s [m]	配管 全質量 [kg]	支持 間隔 l_s [m]	配管 全質量 [kg]	支持 間隔 l_s [m]	配管 全質量 [kg]	支持 間隔 l_s [m]	配管 全質量 [kg]	支持 間隔 l_s [m]	配管 全質量 [kg]	支持 間隔 l_s [m]	配管 全質量 [kg]		
1.0	15	ねじ 接合	1.51	1.8	5.3	10.6	5.0	8	10.0	16	3.0	5	6.0	10	3.75	6	7.5	12	4.5	7	9.0	14
	20		2.04	1.8	5.8	11.6	5.0	11	10.0	21	3.0	7	6.0	13	3.75	8	7.5	16	4.5	10	9.0	19
	25		3.02	2.0	6.7	13.4	5.0	16	10.0	31	6.0	19	12.0	37	3.75	12	7.5	23	4.5	14	9.0	28
	32		4.38	2.0	7.5	15.0	5.0	22	10.0	44	6.0	27	12.0	53	7.5	33	15.0	66	4.5	20	9.0	40
	40		5.24	2.0	7.9	15.8	5.0	27	10.0	53	6.0	32	12.0	63	7.5	40	15.0	79	4.5	24	9.0	48
	50	7.50	3.0	8.7	17.4	5.0	38	10.0	76	6.0	45	12.0	91	7.5	57	15.0	113	4.5	34	9.0	68	
	65	溶接 接合	11.08	3.0	10.2	20.4	10.0	111	20.0	222	6.0	67	12.0	134	7.5	84	15.0	167	9.0	100	18.0	200
	80		13.90	3.0	10.8	21.6	10.0	139	20.0	279	6.0	84	12.0	167	7.5	105	15.0	209	9.0	126	18.0	251
	100		20.90	4.0	12.1	24.2	10.0	209	20.0	419	12.0	251	24.0	502	7.5	157	15.0	314	9.0	189	18.0	377
	125		28.43	4.0	13.1	26.2	10.0	285	20.0	569	12.0	342	24.0	683	7.5	214	15.0	427	9.0	256	18.0	512
150	38.71		4.0	14.2	28.4	10.0	388	20.0	775	12.0	465	24.0	929	7.5	291	15.0	581	9.0	349	18.0	697	
200	62.99	5.0	16.1	32.2	15.0	945	30.0	1890	12.0	756	24.0	1512	15.0	945	30.0	1890	9.0	567	18.0	1134		
250	93.12	5.0	17.9	35.8	15.0	1397	30.0	2794	12.0	1118	24.0	2235	15.0	1397	30.0	2794	9.0	839	18.0	1677		
300	125.88	5.0	19.2	38.4	15.0	1889	30.0	3777	12.0	2266	36.0	4532	15.0	1889	30.0	3777	18.0	2266	36.0	4532		
0.6	15	ねじ 接合	1.51	1.8	5.5	11.0	5.0	8	10.0	16	3.0	5	6.0	10	3.75	6	7.5	12	4.5	7	9.0	14
	20		2.04	1.8	6.1	12.2	5.0	11	10.0	21	6.0	13	12.0	25	3.75	8	7.5	16	4.5	10	9.0	19
	25		3.02	2.0	6.9	13.8	5.0	16	10.0	31	6.0	19	12.0	37	3.75	12	7.5	23	4.5	14	9.0	28
	32		4.38	2.0	7.7	15.4	5.0	22	10.0	44	6.0	27	12.0	53	7.5	33	15.0	66	4.5	20	9.0	40
	40		5.24	2.0	8.1	16.2	5.0	27	10.0	53	6.0	32	12.0	63	7.5	40	15.0	79	4.5	24	9.0	48
	50	7.50	3.0	9.1	18.2	5.0	38	10.0	76	6.0	45	12.0	91	7.5	57	15.0	113	9.0	68	18.0	136	
	65	溶接 接合	11.08	3.0	10.2	20.4	10.0	111	20.0	222	6.0	67	12.0	134	7.5	84	15.0	167	9.0	100	18.0	200
	80		13.90	3.0	10.8	21.6	10.0	139	20.0	279	6.0	84	12.0	167	7.5	105	15.0	209	9.0	126	18.0	251
	100		20.90	4.0	12.1	24.2	10.0	209	20.0	419	12.0	251	24.0	502	7.5	157	15.0	314	9.0	189	18.0	377
	125		28.43	4.0	13.1	26.2	10.0	285	20.0	569	12.0	342	24.0	683	7.5	214	15.0	427	9.0	256	18.0	512
150	38.71		4.0	14.2	28.4	10.0	388	20.0	775	12.0	465	24.0	929	7.5	291	15.0	581	9.0	349	18.0	697	
200	62.99	5.0	16.1	32.2	15.0	945	30.0	1890	12.0	756	24.0	1512	15.0	945	30.0	1890	9.0	567	18.0	1134		
250	93.12	5.0	17.9	35.8	15.0	1397	30.0	2794	12.0	1118	24.0	2235	15.0	1397	30.0	2794	9.0	839	18.0	1677		
300	125.88	5.0	19.2	38.4	15.0	1889	30.0	3777	12.0	2266	36.0	4532	15.0	1889	30.0	3777	18.0	2266	36.0	4532		

- 使用上の注意事項
- 1) 表の耐震支持間隔は、躯体取付け部、サポートおよびサポートへの取付け部などの耐力は未検討であるので、これらは別途に検討を要する。
 - 2) 表の値にかかわらず、曲り部・分岐部に管軸方向の地震荷重によってモーメントが発生しないように、管軸方向の耐震支持材を設置する。
 - 3) 管軸方向の耐震支持間隔 $l_{s \max}$ は、 $l_{h \max}$ の2倍と仮定したもので、2を満足すれば表の値より長くともよい。ただしこの場合、1)の検討事項をより確実に行う。
 - 4) 表の耐震支持間隔は建築物の柱スパンを考慮して便宜上定められたものであり、最大耐震支持間隔以下であればよい。
 - 5) 配管の接合方法について一例を示したものであり、この区分によらない場合、例えば65 A以上のねじ接合または50 A以下の溶接接合とした場合は、指針付表1を参照して補正する。
 - 6) つり下げ配管の自重支持間隔は指針付表14(a)による。

している。これは、“空気調和・衛生設備工事標準仕様書 (SHASE S 010 2000)”による、鉛直方向支持間隔の3倍に断面方向耐震支持を設置した場合にほぼ対応するものとなっている。

1.4 熱伸縮に対する処置

地震動による配管の揺れや変位に対応できるようにすることは、耐震技術として求められる機能であるが、その対処法、支持各論においては配管自体の持つ特性、特に熱による伸縮特性も合わせ考えておかなければならない。

例えば、冷温水配管や給湯配管などで温度変化を伴うものでは、熱膨張吸収措置が不可欠のものとなる。

支持材、固定部には熱膨張により、管軸方向への圧縮応力もしくは引張応力が作用する。管の両端が固定され、配管の伸縮吸収が不適切であると、管軸方向に多大な応力が生じ、配管自体の圧縮座屈・破損、あるいは建築構造体への荷重作用点に損傷をもたらすことになる。

膨張伸縮の吸収手段としては、配管による方法と伸縮管継手設置による方法がある。

温度差をパラメータとして、配管の熱膨張量 Δl は式

(10)のように示される。

$$\Delta l = \alpha (t_1 - t_2) l \quad \dots (10)$$

ここで、

Δl : 温度差による配管の伸縮量 [cm]

α : 管の材質による線膨張率 [1/°C]

(例、管の伸縮量、図-5 参照)

t_1, t_2 : 最高使用温度、周囲雰囲気最低温度 [K]

l : 管の長さ [cm]

配管の両端を固定した状態で、管に膨張が生じた場合の管軸方向への圧縮応力は式(11)で示される⁵⁾。

$$\sigma = E \alpha (t_1 - t_2) \quad \dots (11)$$

ここで、

σ : 管に生じる応力 [N/cm²]

2. 配管の支持材

配管系に、変形負荷をもたらす地震力に対しては、耐震支持を適切に行って、損傷、被害を回避・軽減させるように図らなければならない。配管の耐震支持に関して検討すべき事項は、支持間隔と支持工法の2点に区分される。

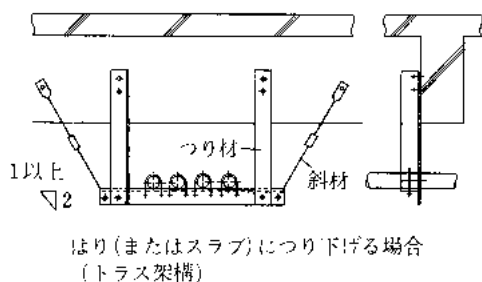


図-6 横走り管耐震支持SA, A, 種の例(センター指針 p.60, 表3.5.3(b)より抜粋)

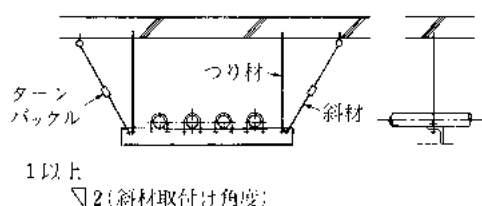


図-7 横走り管耐震支持B種の例(センター指針 p.62, 表3.5.3(d)より抜粋)

耐震支持間隔は、自重、内圧そして前述の共振回避および層間変位に対応できるように、その間隔を設計しなければならない。

配管支持材の仕様や、仕口詳細は、センター指針ほか、各種ガイドに示されているので、ここではその例を示すにとどめる。

2.1 横走り配管など

横走り管の耐震支持に関して、センター指針では種類がSA, A, Bの3種に区分されて、耐震支持間隔および支持工法仕様が示されている。区分の基本は、耐震設計の基準である建築設備機器の耐震クラス²⁾に整合して選択されるべきものとしている。その適用区分と標準支持間隔例は、センター指針に表記されているとおりであり、別報にも提示されているので、ここでは学会指針に示されている、配管の種類と接合方法に区分され、建物の柱スパンに対応した耐震支持間隔の例を表-2に参考として示す。

なお、センター指針におけるSA種, A種は、地震時に作用する各力成分、引張り、圧縮、曲げに対応できる部材(山形鋼など)で構成、B種は支持材に圧縮力対応ができない部材(つりボルト、フラットバーなど)で構成されたものである。ダクト、電気配線配管などもこれらに準ずるものとしている(図-6, 7参照)。

2.2 立て配管など

立て配管では、管軸直角方向に対する地震負荷荷重、および建築物鉛直方向の層間変位による変形荷重を受ける。配管支持の原則は管種、管径、接合種類および層間変形角に対応して、支持構成部材自体の強度を保持するとともに、発生荷重を適切に建築構造体に伝達することである。

センター指針では、立て配管の標準支持間隔も表示されているが、作用する地震荷重とその反力の大きさは、配管種類、サイズ、支持間隔などと相関し、その大きさを求めるには煩雑な計算が必要となる。学会指針では、耐震支持間隔に対応した、地震による配管への作用応力度や層間変位を計算した応力算定線図が図-8のように示されており、支持間隔をバランスよく適切に選定できるようにしている。また、層間変形角と支持間隔に対応して発生する支持材および支持固定点に作用する反力は前出の図-4のように提示されている。

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こととしている²⁾。

また、立て配管自重支持部では、配管自体の座屈防止を検討しなければならないが、座屈防止ガイドの取付け設計に関しては、学会指針に準じるものとしてここでは省略する。

2.3 熱膨張支持

支持材、固定部には前述の熱膨張による応力影響をさけるため、膨張継手を適切に配置しなければならない。また、膨張吸収措置を施した場合においても、その措置の性能に応じて配管自体の熱膨張は吸収できるが、その作用反力も考慮しておかなければならない。例えば、膨張変位吸収継手としてペローズ式やスリーブ式のものでは、管内圧力が配管固定点に作用することになる。口径の大きい管や内圧力の高い配管では、管軸方向支持固定部への作用荷重もかなり大きく、注意が必要である。

変位吸収継手は、例えば図-9(a), (b)に示すようなものだが、それぞれの特徴と変位吸収能力を適切に選択すべきである。

伸縮継手においては静荷重のほか、管内流体抵抗反力は小さいので無視できるが、下記の管内圧力 F [Pa], 同圧力によって生じる力 F_L [N], 伸縮継手の作動圧力 F_k [N] が作用するため、膨張によって配管固定点を損傷させないためにも、これらの要素も考慮しておかなければならない。固定点に作用する荷重は式(12)のように示される⁶⁾。伸縮継手の取付けにあたっては、管の伸縮力が継手の伸縮吸収方向に、正しく作用するように設置しなければならないことはいうまでもない。

$$\left. \begin{aligned} F_m &= F_p + F_k \\ F_p &= A_e P \\ F_k &= K \delta \end{aligned} \right\} \dots (12)$$

ここで、

- F_m : 直管部固定点への作用力 [N]
- A_e : 伸縮継手の有効断面積 m^2]
- P : 伸縮継手内の流体圧力 [Pa]
- K : 伸縮継手のばね定数 [N/m]

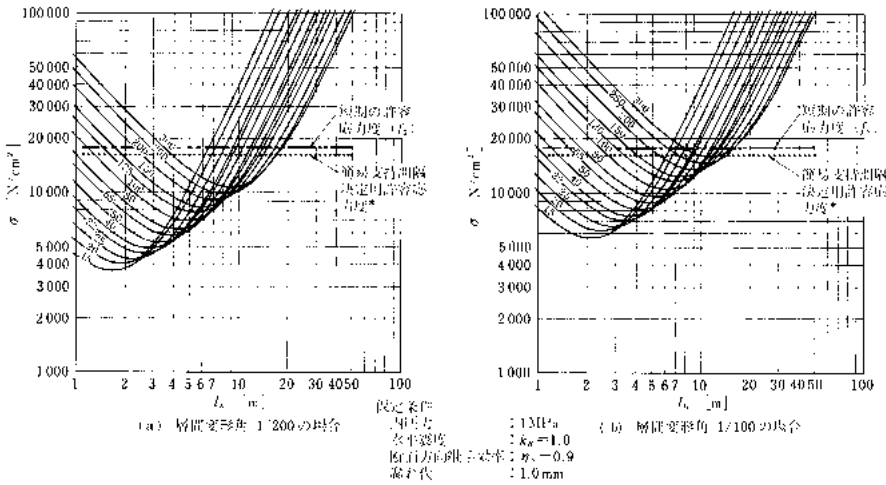


図-8 内圧力+地震力による応力度算定図の例 SGP 満水管溶接接合(学会指針 p. 177, 図 3.82 より)

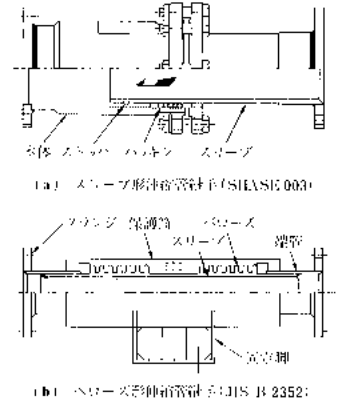


図-9 変位吸収継手(空調・衛生工学便覧, 第13版第8編第2章 p.87, 図 2.72, 図 2.73 より)

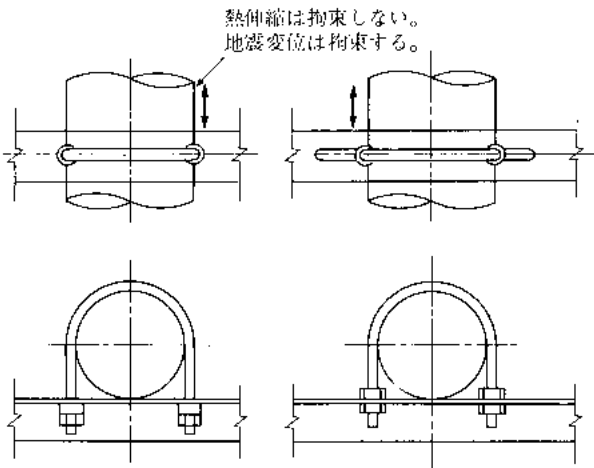


図-10 支持材と配管の取付け方法の例(学会指針 p.145, 図 3.34 より)

δ : 伸縮継手の伸縮量[m]

配管本体と耐震支持材との接合部は、一般的にはUボルトなどで締め付けるものが多い(図-10参照)。学会指針でも述べられているが、Uボルトは、熱伸縮のようにゆっくりと増加する軸方向力に対しては、すべりを生じてUボルト部の拘束が小さいと考えられている。したがって、熱伸縮がさほど大きくない配管に対しては、Uボルトによる支持でよいと考えられる。ただし、特に熱伸縮が大きい配管の場合には熱伸縮は拘束せず、地震時の変位のみ拘束するような選択的な拘束力を持つ支持部を使用するとよいとしている³⁾。

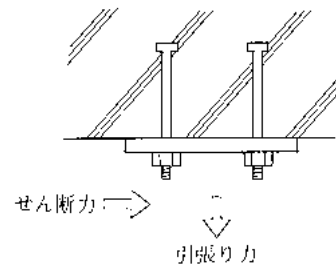


図-11 躯体取付け金具に作用する力(学会指針 p.146, 図 3.36 に加筆)

3. 配管支持部と建築構造体への影響

3.1 構造体への荷重

配管を建築構造体に取り付ける部位は、配管支持材および固定部構造体ともに、配管自重および地震作用荷重を確実にサポートできる、十分な剛性と強度を有していなければならない。

図-11に示すように、取付け金具、ボルトに作用する応力は、鋼構造設計基準⁷⁾に示されているように、引張り力とせん断力の組合せ応力でチェックしなければならない。すなわち、式(13)に従って算定する。

$$f_s = 1.4 f_0 - 1.6 \tau \text{ かつ } f_s \leq f_0 \quad \dots (13)$$

ここで、

f_s : せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力度 [N/cm²]

f_0 : ボルトの許容引張応力度 [N/cm²]

τ : ボルト1本に作用するせん断応力度 [N/cm²]

建築構造体への取付け部においては、配管支持部材を、管種、自重、地震荷重および支持間隔と対応させて、2.に示したように選定し、耐荷重性を保有した仕様で設置する。したがって、建築構造体もその部位に作用する支持荷重、配管変位反力などを受け止め、保持できる強度を持つ

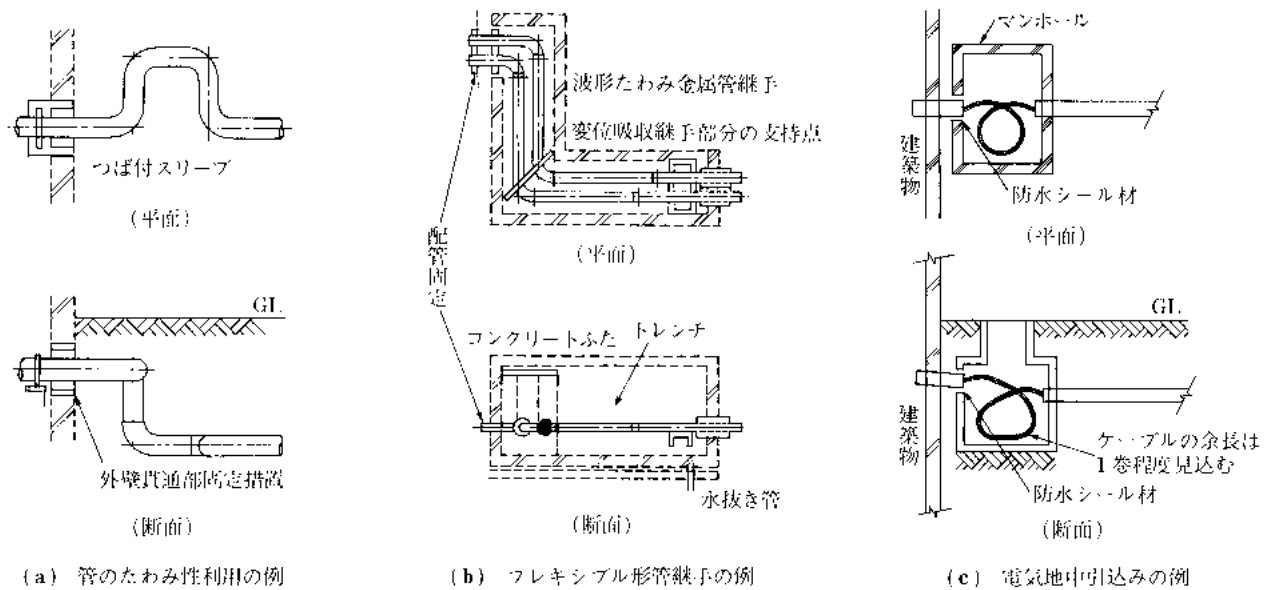


図-12 建物導入部の配管例(センター指針 p 46, 48, 図 3.3.1(a),(b)より抜粋)

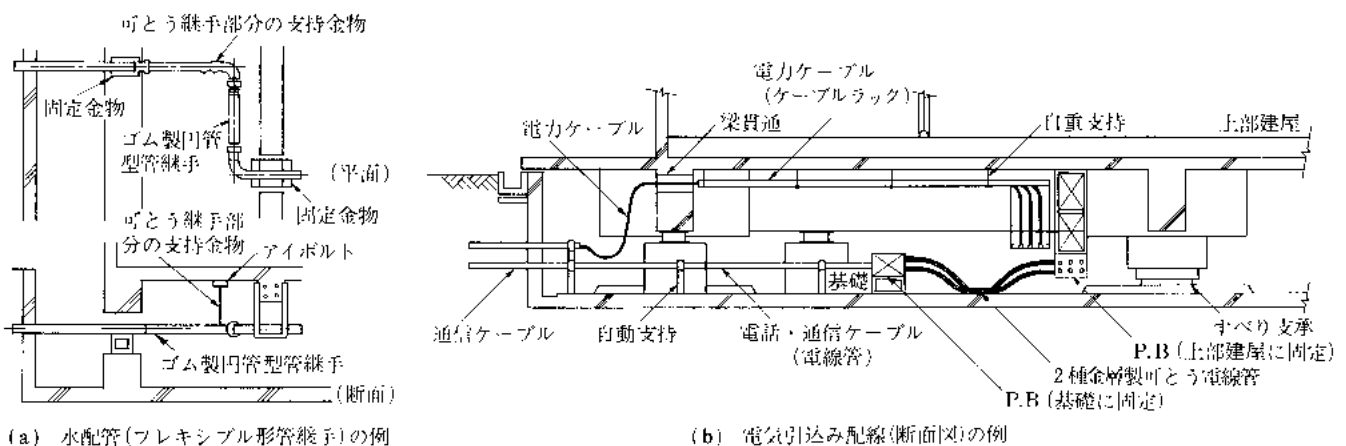


図-13 免震建築物導入部の例(センター指針 p 49, 50, 図 3.3.2(a),(b)より抜粋)

たものでなければならない。

なお、立て管の自重支持点も同様であるが、地震時には静荷重と地震荷重が鉛直方向振動により、同方向(重力方向)に相加することに注意が必要である。建築構造体、固定金物ともにその荷重への耐力が保有されるものでなければならず、チェックが重要となる。

3.2 建物導入部、建築物エキスパンションジョイント部の配管

(1) 配管の建物導入部

特に、埋設配管の建物導入部は、地盤の不同沈下量や建物と地盤の揺れ位相差によって、配管自身および配管の構造体への固定部それぞれにおいて多大なせん断、引張荷重がかかる。この部位に関する施工要領はセンター指針はじめ、各種の文献に代表的な例として図-12のように示されている。

基本的には、配管自体に変位吸収機能を持たせておくこ

とが望ましく、それにより配管自体および構造体への地震作用荷重を軽減でき、損傷も小さく抑えることができる。

免震構造建築物では、建物基部免震装置部での相対変位が大きいため、建物本体への取込み配管などには構造設計者と協議のうえで想定される変形量を見積もらなければならない。その対処例を図-13に示す。

(2) 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

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には、変位吸収措置を施す。

建築物エキスパンションジョイント部に想定すべき相対変位 δ は式(14)で求める²⁾。

$$\delta = 2Rh \quad \dots (14)$$

ここで、

δ : 建物エキスパンション部に想定すべき相対変位 [cm]

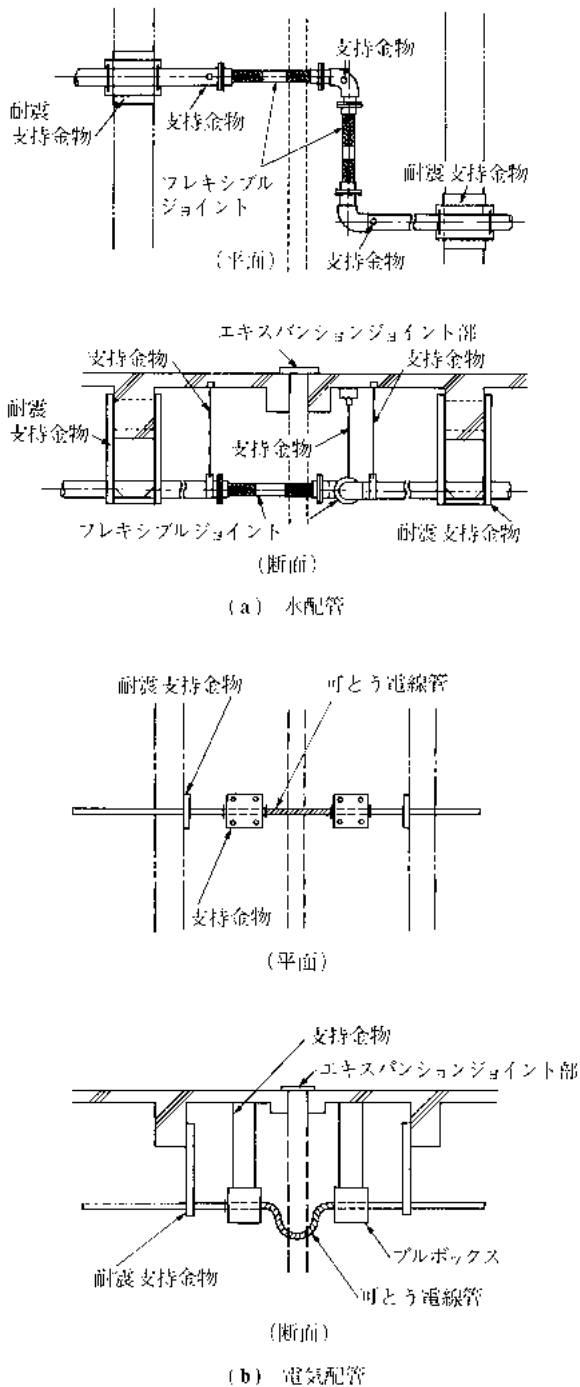


図-14 エクスパンションジョイント部を通過する配管例(センター指針 p.43, 図3.2.1(a)より抜粋)

h : 配管の通過する部分の地上高さ[cm]

R : 層間変形角[rad]

層間変形角は鉄筋コンクリート造・鉄骨鉄筋コンクリート造では1/200, 鉄骨造で1/100として計算する。

式(14)から理解できるように, 建物エキスパンション部の変位 δ は h の小さいほうが小さいゆえ, 下層部で通過させるように計画するほうが有利である。

建物エキスパンション部通過配管の対処例を図-14(a)

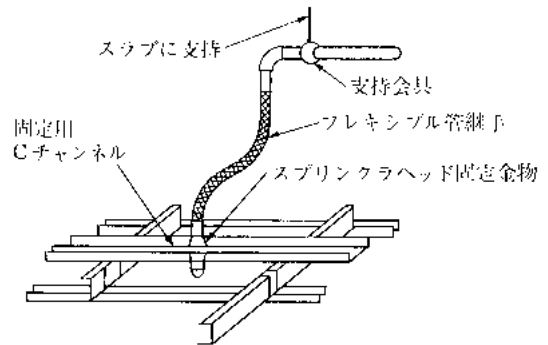


図-15 スプリンクラ接続配管例と天井材固定部(学会指針 p.161, 図3.69より抜粋)

(b)に示す。

3.3 その他, 建築部材との干渉

(1) 設備器具と天井材

設備機材の末端部で建築部材と干渉する部位に天井材との接点がある。軽量部位とはいえ, 人の頭上にあるものであり, 落下, 破損や漏水を防止できるように処置しておかなければならない。すなわち, 器具と天井材の揺れによる変位を吸収できるようにすること, 器具接続配管部は天井下地に堅固に固定することなどである。ここでは, スプリンクラ配管を例に図-15に示す。

(2) スプリンクラと防火戸開閉部

地震動により防火戸が作動した場合に, 扉の開閉動作や天井面の揺れにより(図-16参照), スプリンクラヘッドに損傷を与え, 無用な漏水事故をもたらすことがある。扉の作動範囲とスプリンクラヘッドとの干渉の事前確認が肝要である。

(3) 高層建築と現行の設備耐震指針

現行の設備耐震指針は, 高さ60m以下の建築物に設置される建築設備の据付け, 取付けを適用範囲としている。一方, 高さ60mを超える高層建築物では, 免震工法, 制振工法など建物構築工法としての耐震手段も各種採用されるであろう。したがって, 建築設備の耐震計画にあたっては床応答加速度, 層間変位, 免震層変位など, 建築構造設計技術者に確認することは基本的要件である。建築も設備もその耐震性はバランスするものでなくてはならない。

まとめにかえて—耐震計画のポイントなど

震災時においても, 人の生活空間としての建物がある限り, 建築設備が最低限必要な機能を全うできるように, 系統別重要度なども含めた耐震計画を, 総合的に, かつ多岐にわたって考慮しておかなければならない。物理的耐震技術は土木, 建築, 構造, 建築設備それぞれの分野にて, 震災事例も検証しながらそのポイントが指摘され, 各々の基準, 指針などに反映されてきている。あとは具現化するば

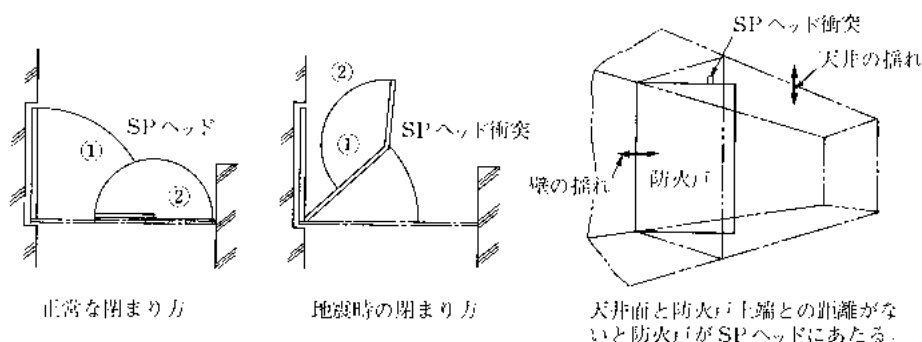


図-16 スプリンクラヘッドと防火扉開閉の干渉(学会指針 p.162, 図 3.72 より)

かりといえる。

阪神大震災以後、主張されるようになってきたが、今や災害直後の機能維持や、生活支援のキーをどう考えるか、混乱状態にいかに備えるか、いわば人の社会生活の維持、極端にはサバイバルを考えたハード、ソフト両面の備えをいかに考えるか、という時代にきていると思われる。

防災技術を追求することも重要であるが、回避できない場合の被害を最小限に抑える努力としての技術⁸⁾にも目が向けられるようになってきている。社会では、広域避難地域が指定され、首都圏では災害避難訓練も最近活発に行われている。

公共ライフラインが途絶した状況下においても、建築と設備がつくる世界、すなわち建築施設内では、人の生活保全が約束され、生活支援のための建築設備があり、それらが十分機能するような建築社会でありたいと願う。

参考文献

- 1) 建設大臣官房官庁営繕部監修：官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説(平成8年版),(社)公共建築協会発行
- 2) “建築設備耐震設計・施工指針(2005年版)”国土交通省国

土技術政策総合研究所,(独)建築研究所監修,平成17年5月31日,(財)日本建築センター発行

- 3) 空気調和・衛生工学会新指針“建築設備の耐震設計施工法”平成9年10月15日,(社)空気調和・衛生工学会発行
- 4) “機械工学便覧 A3力学・機械力学”昭和61年1月,(社)日本機械学会発行 第7章7.3無限自由度振動,p.A3.50
- 5) 寺村 彰,木内俊明:設備耐震設計の基本(3)設備耐震設計の基礎理論(その2),空気調和・衛生工学,70.5
- 6) “空気調和・衛生工学会便覧 第13版”(社)空気調和・衛生工学会発行,第5編第7章,p.341,342
- 7) “鋼構造設計基準 許容応力度設計法”2005年9月1日,(社)日本建築学会発行,6章6.3,p.15
- 8) “減災と技術 災害の教訓を活かす”,平成17年1月,(社)日本技術士会発行

(2007/3/6 原稿受理)



米田千瑛夫 よねだちさお
昭和21年生まれ/出身地 兵庫県/最終学歴 大阪府立大学工学部船舶工学科/資格 建築設備士,技術士(衛生工学部門)

SHASE-S 012-2005 建築設備用あと施工アンカー

主要目次 適用範囲/用語の意味/種類/材質・形状・寸法/性能/外観/防せい(錆)処理
試験/検査/施工上の留意点/製品の呼び方/製品の表示/引用規格

・平成18年9月20日発行 A4判 33頁
・定価1,600円 会員価格1,440円 送料350円(消費税込)

FAX:03-3363-8266 あてお申し込みください。	配	会社名	所属	担当者名	注文部数	冊
	送	〒	TEL	FAX		