



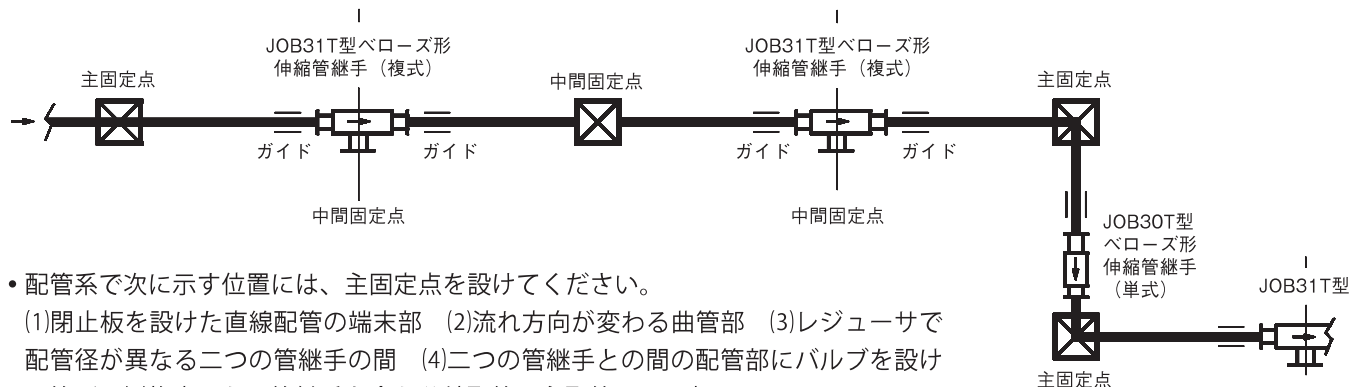
各種伸縮管継手比較表

項目 \ 形式		ベローズ形	ボール形	スリーブ形
外観形状		JOB30T・31T型 ベローズ形伸縮管継手	J102型ボールジョイント	ユーバージョイント
				
規格		JIS B 2352の附属書JD	SHASE-S 007	SHASE-S 003
シール方法		ベローズシール	パッキンシール	パッキンシール
伸縮吸収法		ベローズの伸縮	ボールの回転	スリーブの摺動
伸縮吸収量		普通(ベローズの長さで限度あり)	大	大
寿命 ⁽¹⁾		小～中(使用条件により異なる)	大	大
長期使用による劣化 ⁽¹⁾		中～大(ベローズの疲労)	中	小(ほとんどなし)
耐圧		小(ベローズによって決まる)	大	大
漏れの処置		管継手一式交換	増締め又は一部パッキン交換	増締め又は一部パッキン交換
孔食・異種金属腐食 ⁽¹⁾		有	なし	なし
吸収の方向	軸	○	○	○
	回転	×	○	○
	曲げ	×	○	×
備考		単式と複式があり、複式は、アンカーベースが中間固定となる。	2個又は3個組合わせて使用する。	配管長が長い場合、ベローズ形より伸縮吸収量が大きい分有利となる。

注⁽¹⁾ 同一条件の比較ではなく、弊社使用実績による大略的な評価です。

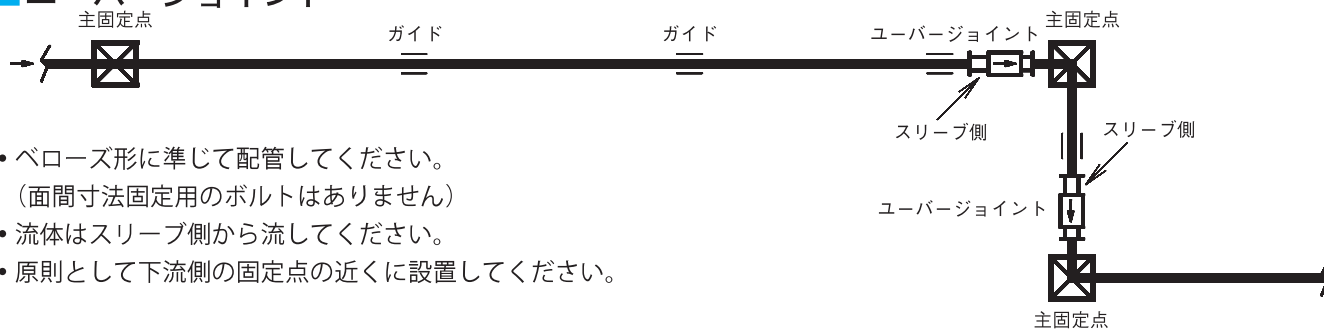
配管例

ベローズ形伸縮管継手



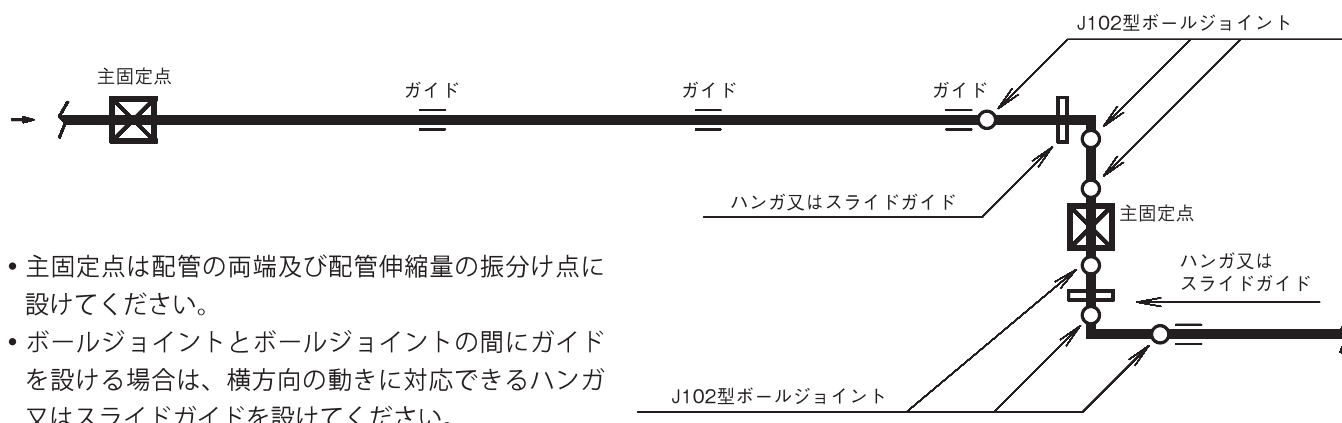
- 配管系で次に示す位置には、主固定点を設けてください。
(1)閉止板を設けた直線配管の端末部 (2)流れ方向が変わる曲管部 (3)レジューサで配管径が異なる二つの管継手の間 (4)二つの管継手との間の配管部にバルブを設ける箇所 (5)拘束のない管継手を含む分岐配管の主配管の入口部
- 配管系で主固定点の間に管継手を2個以上使用する場合には、それぞれの管継手の中間に中間固定を設けてください。
- 複式は固定点と固定点の中央部に取り付けます。アンカーベースには中間固定点と同様の荷重が作用しますので確実に固定してください。
- 単式は原則として固定点（上流側、下流側のどちらでもよい）のすぐ近くに取り付けてください。
- 管継手は、流れ方向を合わせて配管してください。
- 管継手と管とのしん合わせ、及び軸方向の動きに要する力を無理なく固定点に伝えるために、ガイドを設けてください。
ガイド間幅は、224 ページ又は JIS B 2352 附属書 JC を参考にしてください。
- 水張り試験時には、面間設定ボルト及び面間設定板は取り外さないでください。水張り試験完了後、必ず取り外してください。

ユーバージョイント



- ベローズ形に準じて配管してください。
(面間寸法固定用のボルトはありません)
- 流体はスリーブ側から流してください。
- 原則として下流側の固定点の近くに設置してください。

ボールジョイント



- 主固定点は配管の両端及び配管伸縮量の振分け点に設けてください。
- ボールジョイントとボールジョイントの間にガイドを設ける場合は、横方向の動きに対応できるハンガ又はスライドガイドを設けてください。

計算要領

1 固定点に作用する荷重の計算式

本項のベローズ形伸縮管継手の固定点に作用する荷重は、JIS B 2352-2005（旧版のJIS規格）附属書3のアンカーに作用する荷重又は次の計算によります。

備考 最新のJIS規格の荷重計算は、複雑なため、弊社では原則として旧版のJIS規格の荷重計算を適用します。

●直管部主固定点に作用する荷重

ベローズ形伸縮管継手	ユーバージョイント	ボールジョイント
$F_m \div F_p + F_k \dots\dots\dots (1)$	$F_m = F_p + M \dots\dots\dots (5)$	224・225・227～229ページ参照
$F_p = 100P \times A_e \dots\dots\dots (2)$	$F_p = 100P \times A_e \dots\dots\dots (6)$	
$F_k = K \times \delta \dots\dots\dots (3)$		
$F_T = 150P \times A_e \dots\dots\dots (4)$		

備考 ベローズ形伸縮管継手の主固定点にかかる荷重は、(1)式又は(4)式の大きい方としてください。

●曲管部主固定点に作用する荷重

$$F_b = 2F_m \sin \frac{\theta}{2} \text{ 又は } (F_{m1} + F_{m2}) \sin \frac{\theta}{2} \dots\dots\dots (7)$$

比重の大きい流体や流速が速い流体のときは次式(8)の荷重を加算してください。

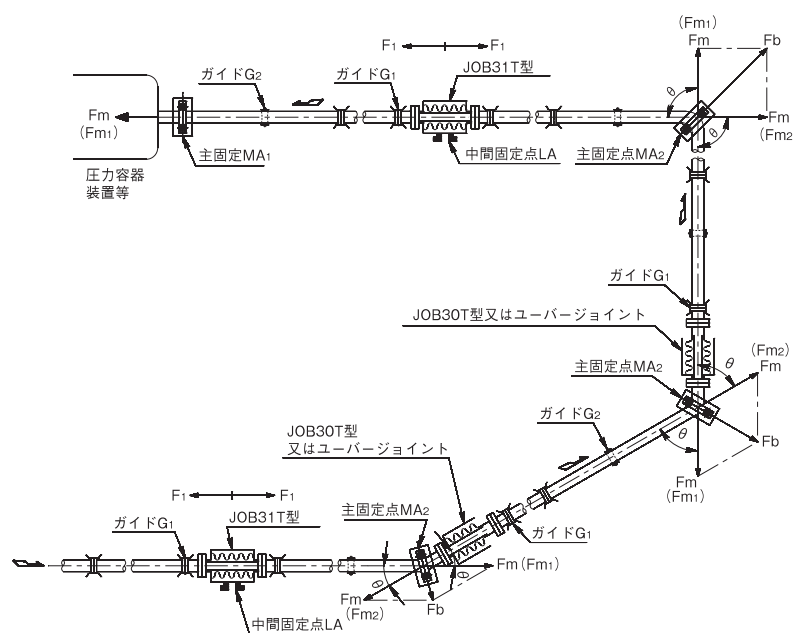
$$F_v = 2 \times 10^{-4} \times A_p \rho v^2 \sin \frac{\theta}{2} \dots\dots\dots (8)$$

●中間固定点に作用する荷重

ベローズ形伸縮管継手 $F_k \div K \times \delta \dots\dots\dots (9)$

備考 δ は、両側の伸縮長さのうち大きい方を用いる。

ユーバージョイント M



F_m : F_{m1}, F_{m2} 主固定点に加わる荷重（直管部）	N
F_b : 主固定点に加わる荷重（曲管部）	N
F_T : 主固定点に加わる荷重（水張り試験時）	N
F_1 : 中間固定点に加わる荷重	N
F_p : 伸縮管継手の流体圧力による荷重	N
F_k : 伸縮管継手の伸縮による荷重	N
F_v : 流体の遠心力による荷重	N
P : 流体圧力	MPa
K : 伸縮管継手のばね定数	N/mm
A_e : 伸縮管継手の有効面積	cm ²
A_p : パイプの内径面積	cm ²
δ : 伸縮管継手の自由長に対する伸縮長さ	mm
θ : パイプの曲り角度	度
ρ : 流体の密度	kg/m ³
v : 流体の速度	m/s
g : 重力の加速度	980cm/s ²
M : ユーバージョイントの始動時の摩擦	N

図1 主固定点と中間固定点に作用する荷重と方向

●固定点設計上の御注意

- (1) 主固定点の強度は、十分な安全率をかけて決定し、上記荷重に十分に耐えるようにしてください。また、主固定点は配管と溶接するなどして、スチームハンマ、ウォータハンマ又は装置の振動によって、主固定点が移動しない構造としてください。
- (2) スチームハンマ、ウォータハンマなどの影響により配管が揺れる場合は、配管の揺れによる大きな荷重が固定点やガイドに加わり、損傷することがあります。したがって、配管の揺れが増幅しないように十分なガイドを設け、必要があれば主固定点の安全率を十分大きくとってください。

計算要領

表 1 主固定点に作用する軸方向の計算荷重一覧表

形式	呼び径			20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
ベローズ形伸縮管継手	有効面積	Ae	cm ²	9.6		15.0	19.9	33.6	50.8	74.5	118	196	275	446	649	903	1099	1419	1780	2182
	ばね定数	K	N/mm	101		93	82	79	80	135	169	200	273	371	888	585	645	733	821	909
	最高使用圧力1.0MPaによる荷重	Fp	N	960		1500	1990	3360	5080	7450	11800	19600	27500	44600	64900	90300	109900	141900	178000	218200
	最高縮み量25mmによる荷重	Fk	N	2525		2325	2050	1975	2000	3375	4225	5000	6825	8700	20850	14625	16125	18325	20525	22725
	最高使用圧力時の合力	Fm=Fp+Fk	N	3485		3825	4040	5335	7080	10825	16025	24600	34325	53300	85750	104925	126025	160225	198525	240925
	試験圧力1.5MPaによる荷重	F _T	N	1440		2250	2985	5040	7620	11175	17700	29400	41250	66900	97350	135450	164850	212850	267000	327300
ユーバージョイント	有効面積	Ae	cm ²	—	8	12.9	16.6	26.4	42.4	58.1	95	143.1	203.6	346.2	530.9	754.8	—	—	—	—
	内圧1.0MPaによる推力	Fp	N	—	800	1300	1700	2700	4300	5900	9500	14400	20400	34700	53100	75500	—	—	—	—
	内圧2.0MPaによる推力	Fp	N	—	1600	2600	3400	5300	8500	11700	19000	28700	40800	69300	106200	151000	—	—	—	—
	内圧3.0MPaによる推力	Fp	N	—	2400	3900	5000	8000	12800	17500	28500	43000	61100	104000	159300	226500	—	—	—	—
	始動時の摩擦力	M	N	—	3000	3750	4500	6000	7500	9000	12000	15000	18000	24000	30000	36000	—	—	—	—
J102型ボールジョイント ⁽¹⁾	ボールジョイント間の距離 ℓ=1mの時の推力	F ₁	N	200		300	400	600	800	1000	1800	2800	4200	8000	12000	17600	—	—	—	—
	ボールジョイント間の距離 ℓ=2mの時の推力	F ₁	N	100		150	200	300	400	500	900	1400	2100	4000	6000	8800	—	—	—	—
	ボールジョイント間の距離 ℓ=3mの時の推力	F ₁	N	70		100	140	200	270	340	600	940	1400	2670	4000	5870	—	—	—	—
	ボールジョイント間の距離 ℓ=4mの時の推力	F ₁	N	50		80	100	150	200	250	450	700	1050	2000	3000	4400	—	—	—	—
	ボールジョイント間の距離 ℓ=5mの時の推力	F ₁	N	40		60	80	120	160	200	360	560	840	1600	2400	3520	—	—	—	—
	第一ガイドまでの距離 χ=1mの時の荷重 ⁽²⁾	F ₂	N	10	30	60	80	180	390	640	1480	2760	5100	13420	28040	51580	—	—	—	—
	第一ガイドまでの距離 χ=2mの時の荷重 ⁽²⁾	F ₂	N	2.0	3.0	7.0	10	30	50	80	190	350	640	1680	3510	6450	—	—	—	—
	第一ガイドまでの距離 χ=3mの時の荷重 ⁽²⁾	F ₂	N	1.0		2.0	3.0	10	20	30	60	110	190	500	1040	1920	—	—	—	—
	第一ガイドまでの距離 χ=4mの時の荷重 ⁽²⁾	F ₂	N	1.0			2.0	3.0	10		30	50	80	210	440	810	—	—	—	—
	第一ガイドまでの距離 χ=5mの時の荷重 ⁽²⁾	F ₂	N	0.1	0.2	1.0		2.0	4.0	6.0	20	30	50	110	230	420	—	—	—	—

注⁽¹⁾ ボールの回転トルクは蒸気圧力 1.5MPa 時の回転トルクで計算してあります。
(圧力が大きく異なる場合は図 14 から計算補正してください。)
⁽²⁾ たわみ y = 1mm の場合で計算してあります。したがって、たわみ量が n mm の場合は表の数値を n 倍してください。

2 ガイド（管案内装置）

ガイドには管継手と管とのしん合わせ及び配管の座屈防止用 G₁ と配管質量支え用 G₂ の 2 種類があります。

(1) しん合わせ及び配管座屈防止用ガイド G₁

ガイド G₁ は、図 3-1、図 3-2 に示す管継手から最初の第 1 ガイドまでの間隔（L₁）、次の第 2 ガイドまでの間隔（L₂）、中間ガイドの間隔（L₃）などの取付間隔が、次の(10)～(12)式で求めた間隔値を超えないようにしてください。また L₃ は、配管が SGP の場合、図 4 から求めることができます。

$$L_1 \leq 4D \cdots \cdots (10)$$

$$L_2 \leq 14D \cdots \cdots (11)$$

$$L_3 = \frac{1}{1000} \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{SF}} \cdots \cdots (12)$$

L₂ : ガイド間隔 m

F : 配管の軸方向荷重 N

(223 ページの F_m、229 ページの F₁、F₃、F₄)

E : 縦弾性係数 [鋼管の場合 2.1 × 10⁵ N/mm²]

I : 配管断面の慣性モーメント mm⁴

$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$ 、D : 管の外径 mm、d : 管の内径 mm

S : 安全係数 (3 以上)

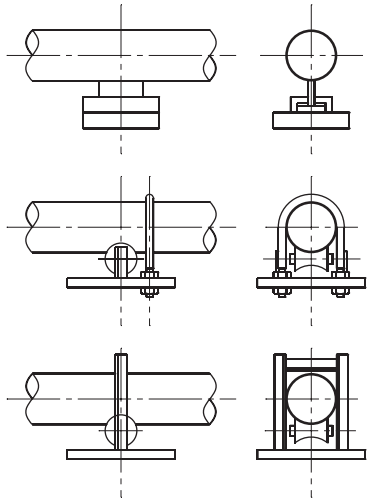


図2 配管座屈防止用ガイドの例

計算要領

(2) 配管質量支え用ガイド G_2

配管の自重、流体の質量などによって生ずる配管の曲りを防止するためにローラ、サポート又はハンガが、ガイド G_2 として設置されます。

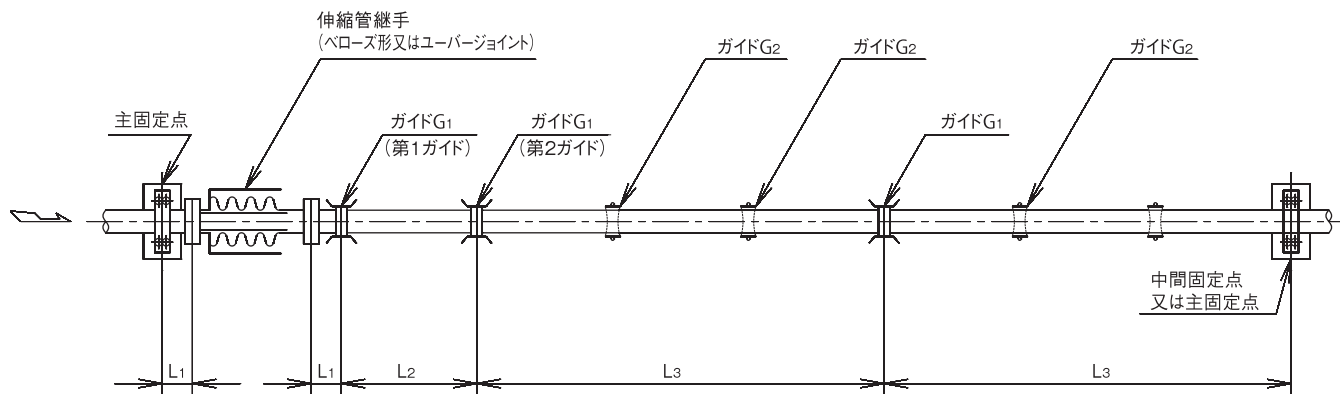


図3-1 ベローズ形又はユーバジョイントのガイド設置図

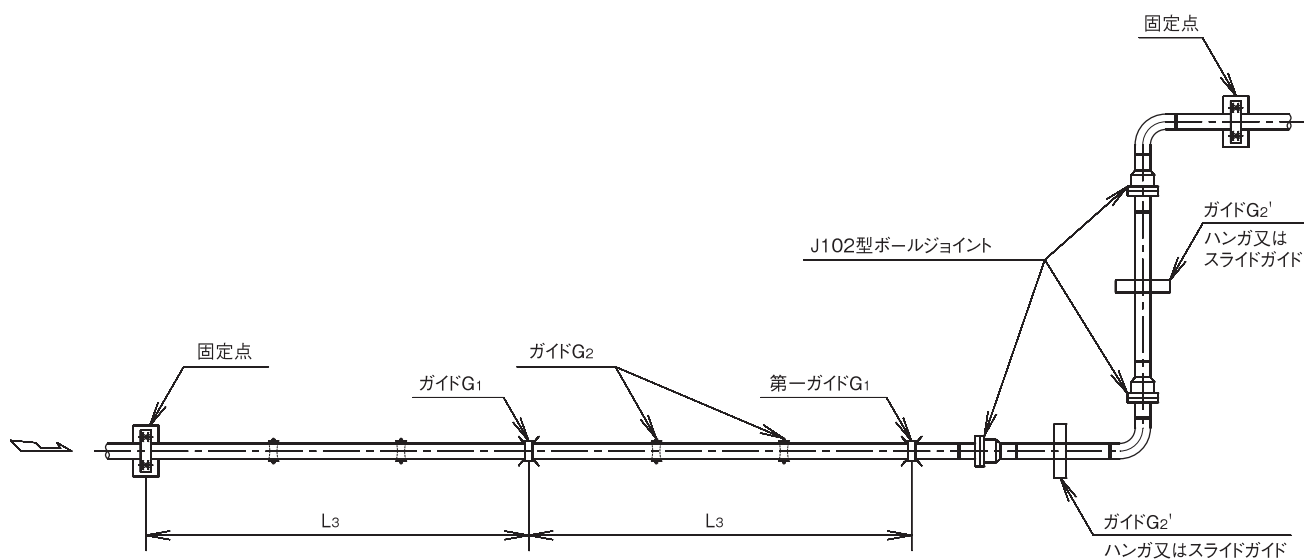


図3-2 ボールジョイントのガイド設置例

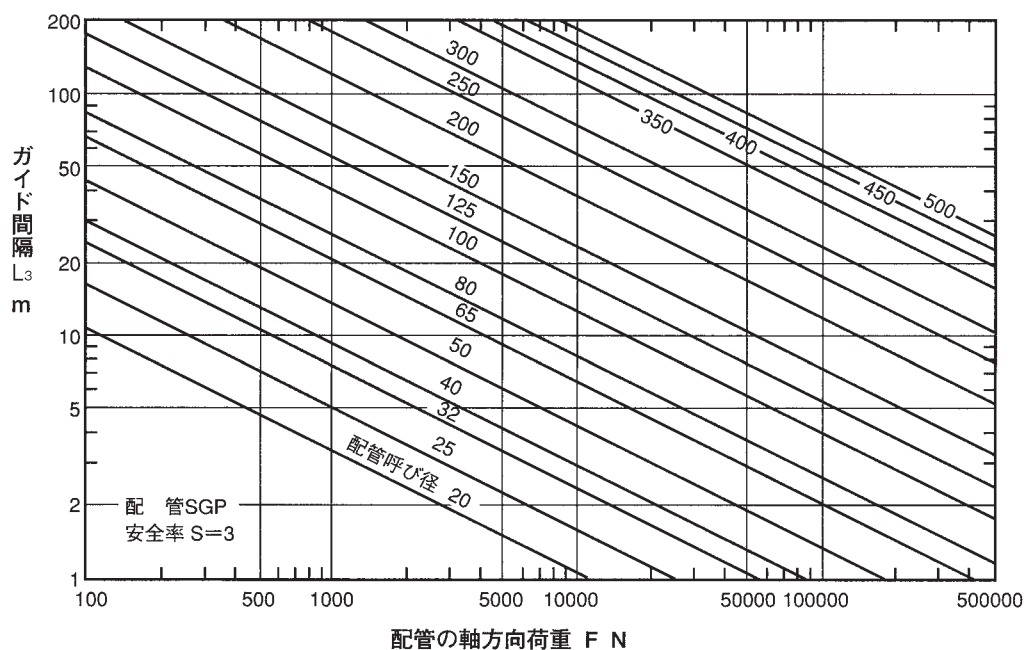


図4 ガイド間隔

取付け計算例

① ベローズ形伸縮管継手

配管の伸縮長さと管継手の選定

流体の温度条件などにより配管の伸縮量を(13)式で計算して(14)式で管継手の個数を決定します。

$$\Delta \ell = \beta (T - t_1) \ell \quad \dots (13) \quad \Delta \ell : \text{管の伸縮量 mm}$$

$$n = \frac{\Delta \ell}{\delta} \quad \dots (14) \quad \beta : \text{管の膨張係数 mm/m/}^\circ\text{C}$$

炭素鋼 12.0×10^{-3}
ステンレス鋼 17.0×10^{-3}

T : 最高使用温度 $^\circ\text{C}$
t₁ : 最低使用温度又は気温 $^\circ\text{C}$
ℓ : 配管長さ m
n : 管継手個数
δ : 管継手の最大伸縮長さ mm
(215・216ページのδe + δc)

計算例 1

T = 151 $^\circ\text{C}$ (飽和蒸気 0.4MPa)
t₁ = -20 $^\circ\text{C}$ (最低気温)
ℓ = 25m (配管長さ)
β = 12.0 × 10⁻³ mm/m/ $^\circ\text{C}$ (SGPの膨張係数)
Δℓ = 12.0 × 10⁻³ × {151 - (-20)} × 25 = 52mm
ここでこの管の伸縮量 Δℓ に 20% 安全余裕を見込むと
Δℓ = 52 × 1.2 = 63mm
JOB30T型を使う場合
n = $\frac{63}{35} = 1.8$
すなわち JOB30T 型を 2 個使用します。

伸縮量の安全率

(13)式の管の伸縮量 Δℓ の計算値に、計算時気温と実際取付時気温の誤差等を考慮して、少なくとも 20% 以上の安全余裕を見込んでください。

管継手の取付面間寸法調整

管継手を取り付ける前に取付時気温、最高使用温度及び最低気温から管継手の取付面間寸法を計算し調整して取り付けます。

$$L_s = L_1 - \delta \frac{t_2 - t_1}{T - t_1} \quad \dots (15)$$

ここに L_s : 取付面間寸法 mm
L₁ : 使用最大面間長さ mm
(215・216 ページ参照)
t₂ : 取付時気温 $^\circ\text{C}$

計算例 2

L₁ = 425mm (JOB30T型 100Aの使用最大面間長さ)
δ = 35mm (JOB30T型の最大伸縮長さ)
T = 151 $^\circ\text{C}$ (飽和蒸気 0.4MPa)
t₁ = -20 $^\circ\text{C}$ (最低気温)
t₂ = 20 $^\circ\text{C}$ (取付時気温)
L_s = 425 - 35 × $\frac{20 - (-20)}{151 - (-20)} = 416.8\text{mm}$
すなわち管継手を使用最大面間長さから 8.2mm (= 425 - 416.8) 縮めて配管に取り付けます。

ただし、配管の伸び量に対して管継手の縮み量に余裕がある場合は標準の設定面間長さ (使用最大面間長さから 10mm 縮めてある) で取り付けて問題ありません。

② ユーバージョイント

配管伸縮長さと管継手の選定

計算例 3

T = 170 $^\circ\text{C}$ (飽和蒸気 0.7MPa)
t₁ = -20 $^\circ\text{C}$ (最低気温)
ℓ = 50m (配管長さ)
β = 12.0 × 10⁻³ mm/m/ $^\circ\text{C}$ (STPG370の膨張係数)
Δℓ = 12.0 × 10⁻³ × {170 - (-20)} × 50 = 114mm
ここでこの管の伸縮量 Δℓ に 20% 安全余裕を見込むと
Δℓ = 114 × 1.2 = 137mm
ユーバージョイントを使う場合
n = $\frac{137}{200} = 0.685$

すなわちユーバージョイントを 1 個使用します。

伸縮量の安全率については前項を参照してください。

管継手の取付面間寸法調整

計算例 4

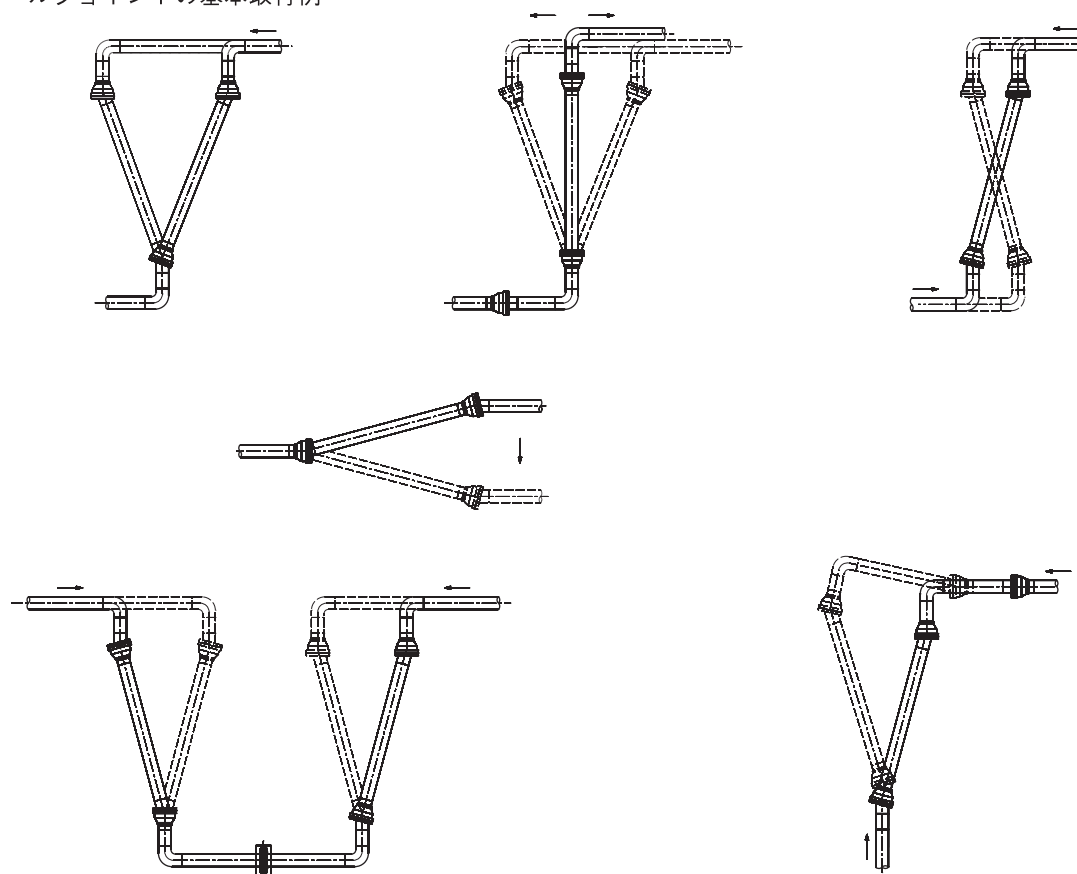
L₁ = 680mm (220ページのユーバージョイント 100Aの使用最大面間長さ)
δ = 200mm (220ページのユーバージョイントの最大伸縮長さ δe + δc)
T = 170 $^\circ\text{C}$ (飽和蒸気 0.7MPa)
t₁ = -10 $^\circ\text{C}$ (最低気温)
t₂ = 20 $^\circ\text{C}$ (取付時気温)
L_s = 680 - 200 × $\frac{20 - (-20)}{170 - (-10)} = 636\text{mm}$

すなわちユーバージョイントを使用最大面間長さから 44mm (= 680 - 636) 縮めて配管に取り付けます。
ただし、配管の伸び量に余裕がある場合は標準の設定面間長さ (使用最大面間長さから 40mm 縮めてある) で取り付けて、問題ありません。

取付け計算例

③ J102 型ボールジョイントの使用法

図5 ボールジョイントの基本取付例



ボールジョイント間の距離（ボール中心間の距離）

図6のように配管が伸縮する際、配管の伸縮量・ボールジョイントの変位角、ボールジョイント間の距離の間には次のような関係があります。

$$l \div \frac{\delta}{\sin \theta} \cdots (16)$$

l : ボールジョイント間の距離mm
 δ : 配管の伸縮量mm
 θ : ボールジョイントの変位角

ある伸縮量 δ に対して l を小さくして行くと、 θ は大きくなりますが、ボールジョイントの最大傾き角 θ 以内でなければならぬことはむろんです。

l 、 δ 、 θ の関係を図7に示します。この図により θ が最大傾き角 θ （図6(b)の場合は $\theta/2$ ）を超えないよう注意しながら、 l を適当に選べばよいのですが温度の誤差、取り付けの誤差等を考慮して l は最小値の少なくとも1.5倍にとるようにします。

なお、後の項で述べますが、配管のたわみを小さくするため、あるいは固定点に加わる荷重を小さくするために l はできるだけ長くします。一般的なボールジョイント間の距離は次表の通りです。

呼び径	20~32	40~100	125・150	200	250	300
ボールジョイント間距離 l (m)	0.7~1	1~1.5	1.5~2	2~3	2.5~4	3~5

配管のたわみ

図6のごとく配管が伸縮する際、ボールジョイントは円弧運動を行いますので配管にたわみが生じます。

図(a)のごとく伸縮量を直角軸に対して左右に振分ける場合

$$y = l - \sqrt{l^2 - \left(\frac{\delta}{2}\right)^2} \cdots \cdots (17)$$

図(b)のごとく伸縮量を直角軸から一方に取る場合

$$y = l - \sqrt{l^2 - \delta^2} \cdots \cdots (18)$$

y : 配管のたわみmm

ある伸縮量 δ に対してボールジョイント間の距離 l を大きくすればたわみ y は小さくなります。

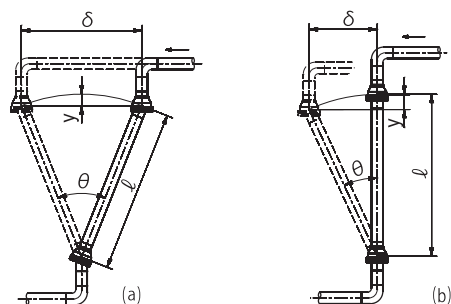


図6

取付け計算例

図7 伸縮量とボールジョイント間の距離の関係

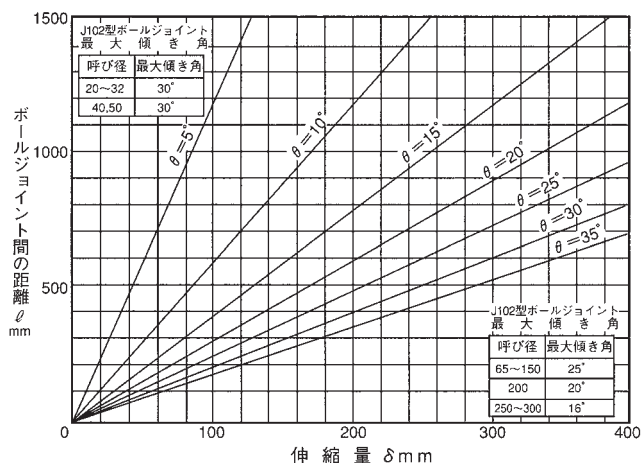
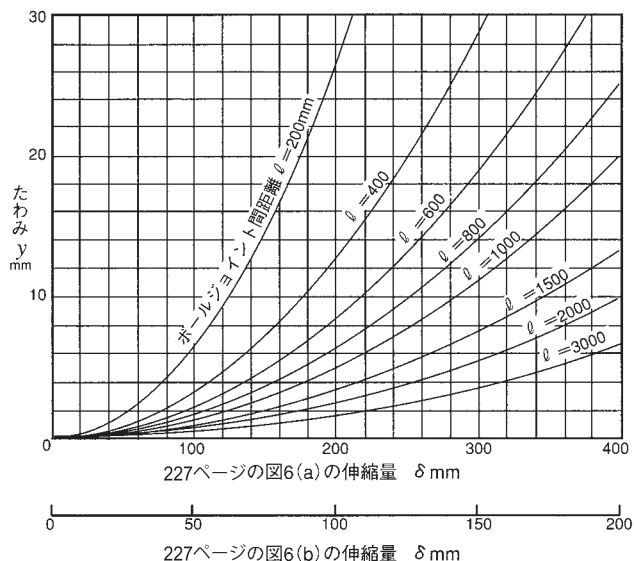


図8 伸縮量とたわみの関係



3 個目のボールジョイントの検討

配管がたわむと、配管には曲げ応力が発生します。たわみが大きくなると曲げ応力も大きくなり危険です。図9のごとく、①の位置に3個目のボールジョイントを取り付け、配管のたわみを吸収させなければなりません。

このことは二方向の配管の伸縮をボールジョイントで吸収する場合も同じです。(図10)

ボールジョイント間の距離 $l_1 \cdot l_2$ は、伸縮量 $\delta_1 \cdot \delta_2$ の長い方を用いて計算してボールジョイント間の距離を求め、その値を1.5倍して $l_1 \cdot l_2$ とします ($l_1 = l_2$)。

次にボールジョイント間の距離 $l_1 \cdot l_2$ から各ボールジョイントの傾き角度 $\theta_1 \cdot \theta_2$ を求め、 $\theta_1 + \theta_2 = \theta_3$ が許容傾き角度を超えていないかどうかを確認します。**もし θ_3 が許容傾き角度を超えている場合には、ボールジョイント間の距離 $l_1 = l_2$ を更に長くして再チェックします。**

①のボールジョイントを使用しない場合、第一ガイドまでの距離 x は(19)式又は図11から求められる距離以上でなければなりません。

$$x(\text{min}) = \frac{S}{1000} \sqrt{\frac{3EyD}{2\sigma_a}} \dots\dots (19)$$

- $x(\text{min})$: 第一ガイドまでの最小距離m
- D : 配管の外径mm
- σ_a : 配管の許容応力
(鋼管の場合 $\sigma_a = 70\text{N/mm}^2$)
- E : 配管材料の縦弾性係数
(鋼管の場合 $E = 2.1 \times 10^5\text{N/mm}^2$)
- S : 安全係数(2以上)
- y : たわみ(mm)

免震用ボールジョイントの検討

免震用に使用する場合、SHASE-S 007 (空気調和・衛生工学会規格) によってボールジョイント間距離を決定して設置してください。

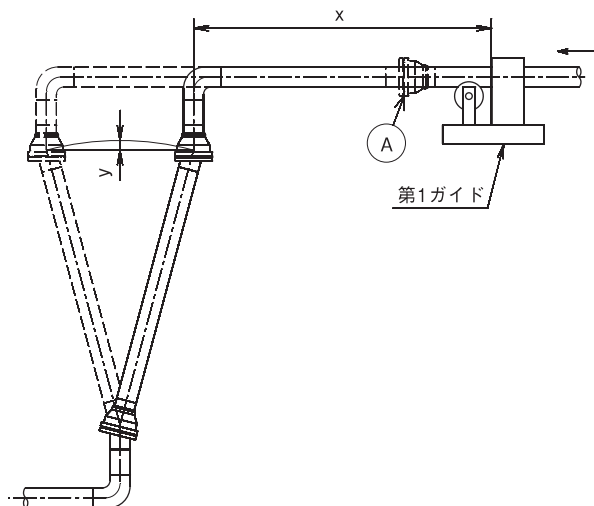


図9

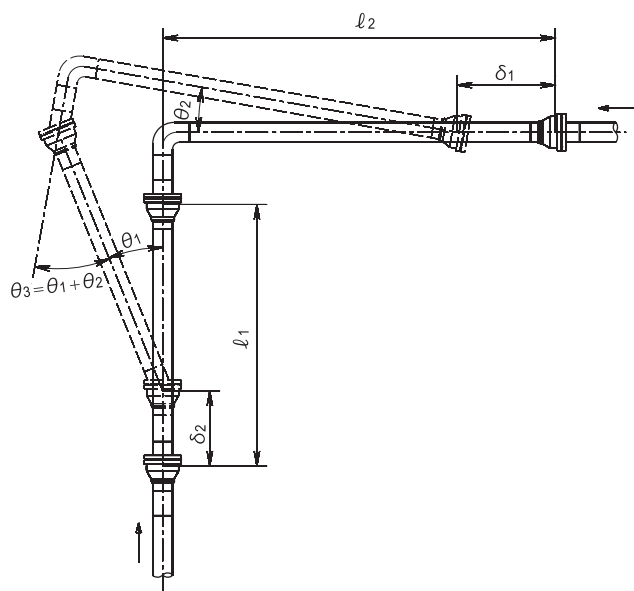


図10

取付け計算例

固定点・ガイドにかかる荷重

図9・10のように配管の伸縮をボールジョイントで吸収する場合、ボールジョイントは回転動作を行います。ボールとガスケットとの接触面には摩擦に打勝つ力が必要となります。固定点又はガイドにはこの摩擦に打勝つ力が反力となって作用するため、この反力に耐える十分な強度の固定又はガイドでなければなりません。

$$F_1 = \frac{2T \times 1000}{\ell_1} \dots (20)$$

$$F_2 = \frac{3Ely}{x^3 \times 10^9} \dots (21)$$

$$F_3 = \frac{2T \times 1000}{\ell_1} \dots (22)$$

$$F_4 = \frac{2T \times 1000}{\ell_2} \dots (23)$$

図12・13及び式(20)～(23)において

F：固定点又は第一ガイドにかかる荷重N

T：ボールジョイントのトルクN・m

ℓ：ボールジョイント間距離mm

x：曲管部と第一ガイド間の距離m

y：配管のたわみmm

I：配管断面の慣性モーメントmm⁴、 $\frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$

d：配管内径mm

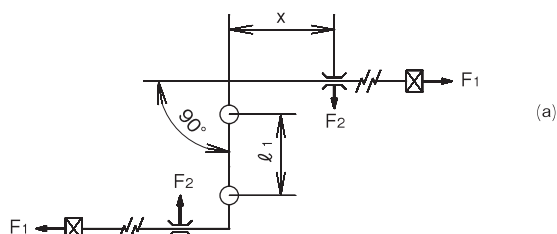


図12

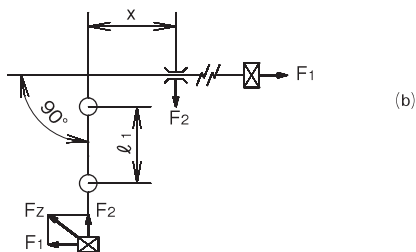


図13

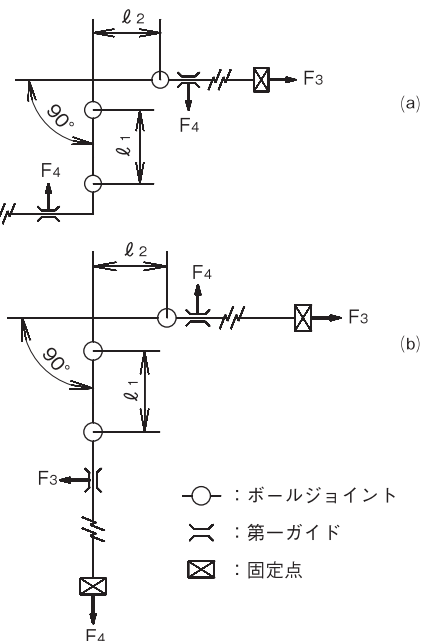


図11 第一ガイドまでの最小距離

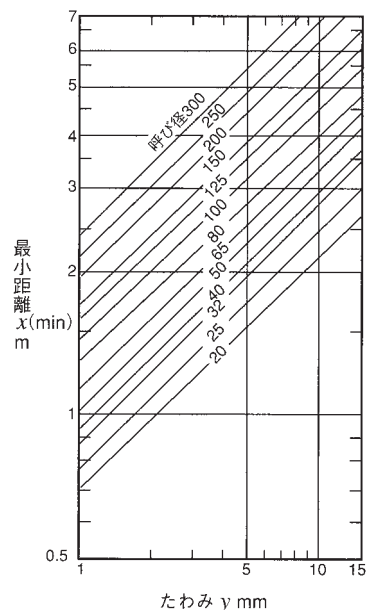
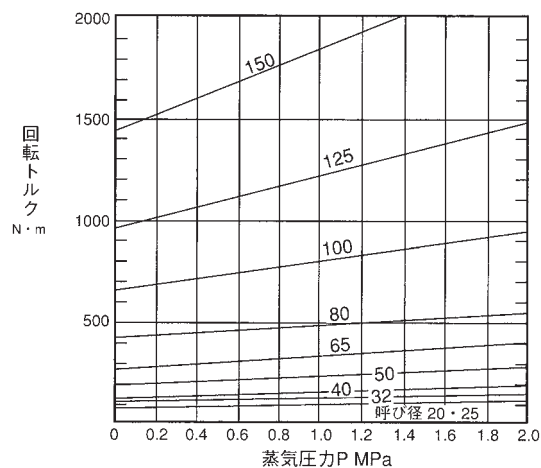
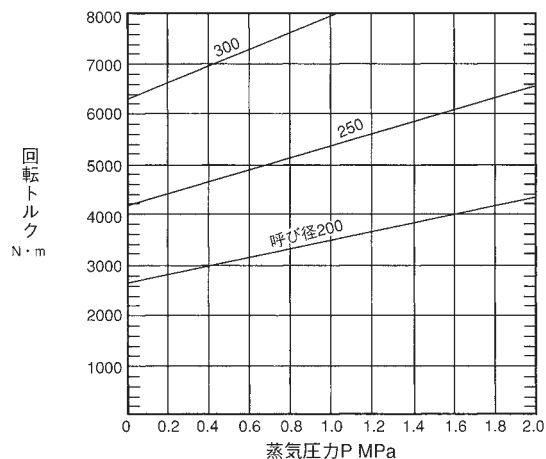


図14 J102型ボールジョイントのトルク



各温度間における鋼管の膨張係数

表 2 鋼管の膨張係数 (10⁻³mm/m/°C)

最高温度 T (°C) \ 最低温度 t ₁ (°C)	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40
-40	10.6	10.5	10.5	10.4	10.3	10.3	10.2	10.1	—
-30	10.7	10.6	10.5	10.5	10.4	10.3	10.3	—	10.1
-20	10.7	10.7	10.6	10.5	10.4	10.4	—	10.3	10.2
-10	10.8	10.7	10.7	10.6	10.5	—	10.4	10.3	10.3
0	10.9	10.8	10.7	10.7	—	10.5	10.4	10.4	10.3
10	11.0	10.9	10.8	—	10.7	10.6	10.5	10.5	10.4
20	11.0	11.0	—	10.8	10.7	10.7	10.6	10.5	10.5
30	11.1	—	11.0	10.9	10.8	10.7	10.7	10.6	10.5
40	—	11.1	11.0	11.0	10.9	10.8	10.7	10.7	10.6
50	11.3	11.2	11.1	11.0	11.0	10.9	10.8	10.8	10.7
60	11.4	11.3	11.2	11.1	11.0	11.0	10.9	10.8	10.8
70	11.4	11.4	11.3	11.2	11.1	11.0	11.0	10.9	10.8
80	11.5	11.4	11.4	11.3	11.2	11.1	11.1	11.0	10.9
90	11.6	11.5	11.4	11.4	11.3	11.2	11.1	11.1	11.0
100	11.7	11.6	11.5	11.4	11.4	11.3	11.2	11.1	11.1
120	11.8	11.7	11.7	11.6	11.5	11.4	11.4	11.3	11.2
140	12.0	11.9	11.8	11.7	11.7	11.6	11.5	11.4	11.4
160	12.1	12.0	11.9	11.9	11.8	11.7	11.6	11.6	11.5
180	12.2	12.2	12.1	12.0	11.9	11.9	11.8	11.7	11.6
200	12.4	12.3	12.2	12.2	12.1	12.0	11.9	11.9	11.8
220	12.5	12.4	12.4	12.3	12.2	12.1	12.1	12.0	11.9

SHASE-S 005 による

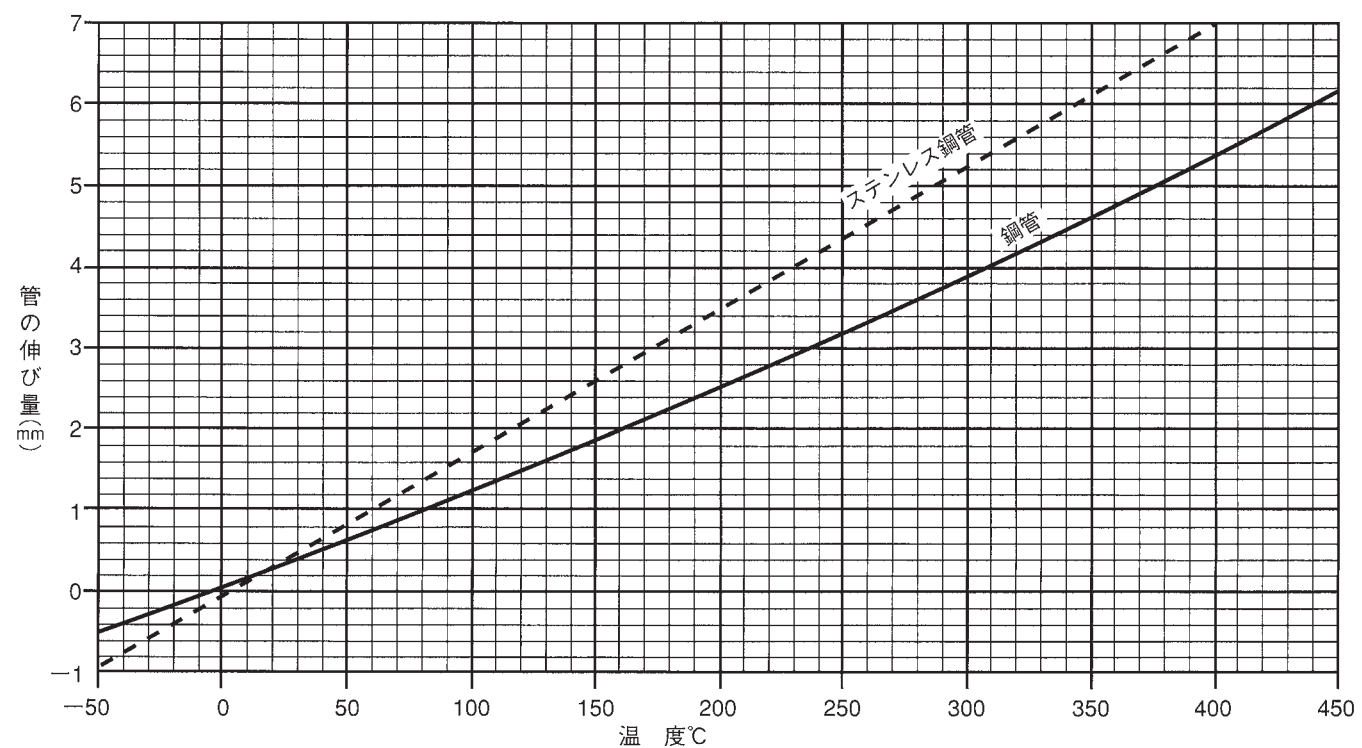


図15 0°Cを基準とした鋼管及びステンレス鋼管の1m当りの伸び量