



技術資料 No.19-01

一般用ポリエチレン管 (3 種管・PE100) 設計マニュアル

2019 年 5 月

日本ポリエチレンパイプシステム協会

はじめに

一般用ポリエチレン管（3種管・PE100 以下、管とする）は、軽量で柔軟性、耐食性、衛生性、長期耐久性や耐震性に優れる第三世代ポリエチレン樹脂を用い、「海水取水・放流」、「地下水くみ上げ」、「消雪・融雪」、「工場内冷却水」、「文化財消火」、「小水力発電用導水」等の幅広い用途に使用していただくことができます。また、管と継手を組織的に一体化させるE F接合及びB F接合を採用し、信頼性の高いパイプラインを構築できます。

日本ポリエチレンパイプシステム協会は、管を管掌する団体として長年にわたり活動してまいりました。この「技術資料」は、設計施工をご担当される皆様の便に供することを目的としています。この冊子をご愛読いただき、管の特長を活かした、正しい配管設計をお願いします。

目次

1. 特長

1.1 第三世代高密度ポリエチレンとは	1
1.2 E F接合とは	4
1.3 B F接合とは	5
1.4 管の特長	6

2. 用途

7

3. 規格

3.1 管および管継手品目表	8
3.2 管・管継手の寸法	11
3.3 性能	17

4. 機能

4.1 基本物性	18
4.2 引張特性	19
4.3 クリープ特性	19
4.4 機能試験結果	20
4.5 耐震性	23
4.6 耐薬品性	31
4.7 耐候性	32

5. 配管設計

5.1 基本事項	34
5.2 使用範囲	34
5.3 内圧設計	35
5.4 外圧設計	35
5.5 水理設計	44
5.6 支持間隔（参考）	61
5.7 熱伸縮	67
5.8 管布設歩掛り（参考）	72

1. 特長

一般用ポリエチレン管は、長期耐久性、耐食性・耐酸性、地盤変位追従性・耐震性、等に優れた「PE100 認証取得樹脂」を使用した「第三世代高密度ポリエチレンパイプ」であることと、接合方法に信頼性の高い EF（エレクトロフュージョン）接合及びBF（バットフュージョン）接合を採用したことを大きな特長としています。

1.1 第三世代高密度ポリエチレンとは

1.1.1 ポリエチレンの分類

一般にポリエチレン樹脂はその密度により、低密度ポリエチレン、中密度ポリエチレン、高密度ポリエチレンの3つに大別されます。また近年、パイプ用途の材料については、ISO 9080^{*1}に定められた方法で求めた長期静水圧強度をもとに分類する方法が主流となっています。これは内圧クリープ試験（任意の一定内圧を負荷したパイプを一定温度で保持し、パイプが破壊するまでの時間を測定する試験）で得られたデータから、20℃で50年間使用可能な一定応力値を予測し、その値によって、グレード分けする方法です。（表-1.1 参照）

表-1.1 長期静水圧強度に基づくポリエチレンの分類

σ_{LPL} ^{*2} の範囲 MPa	MRS(最小要求強度)MPa	グレード
4.00 ~ 4.99	4.0	PE40
5.00 ~ 6.29	5.0	PE50
6.30 ~ 7.99	6.3	PE63
8.00 ~ 9.99	8.0	PE80
10.00 ~ 11.19	10.0	PE100

*1. ISO 9080 : 「プラスチック配管及び管路システム—管形状の熱可塑性材料の外挿法による長期水圧強さの測定」

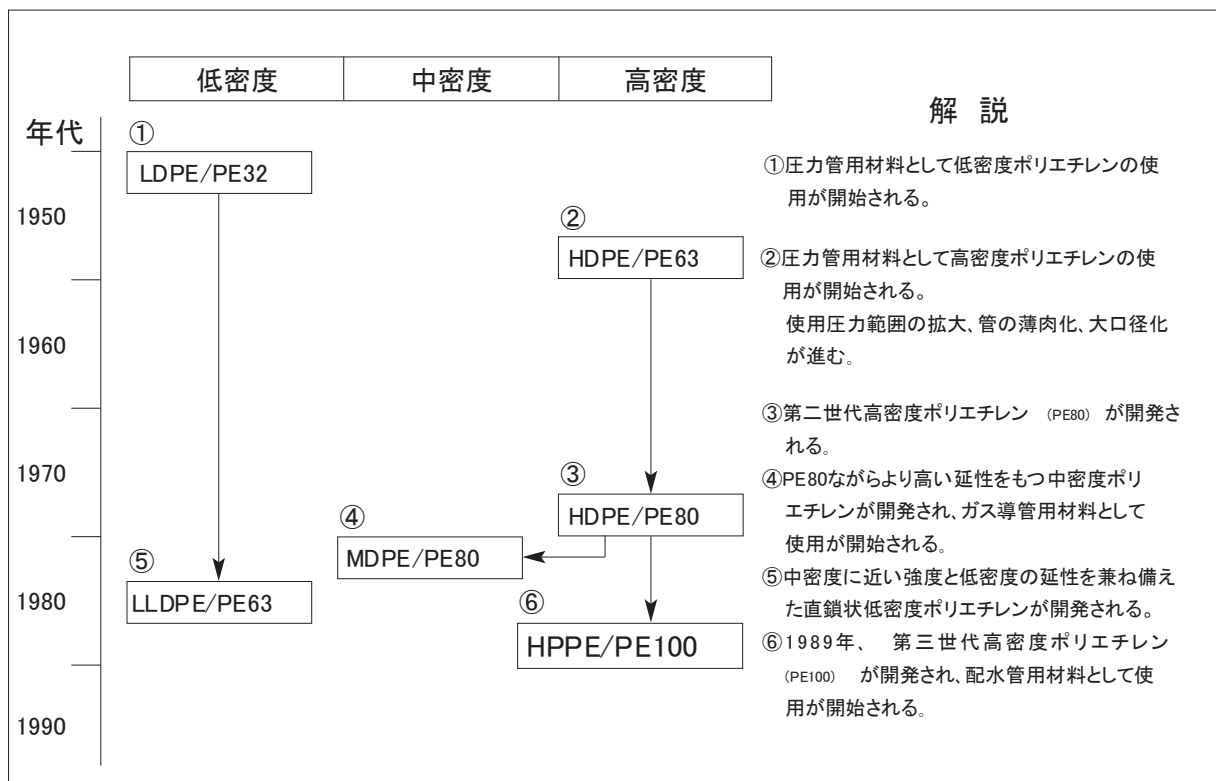
*2. σ_{LPL} : 長期静水圧強度 (σ_{LTHS}) の 97.5%信頼下限値。 σ_{LTHS} は内圧クリープ試験結果から回帰線を外挿して予測する 20℃で 50 年間管が破壊しない一定応力値のこと。

1. 特長

1.1.2 ポリエチレンの発達の歴史

密度による分類と長期静水圧強度による分類の両方の観点から、パイプ用途ポリエチレン樹脂の発達の歴史を図示すると、表-1.2 のようになります。管に使用している HPPE/PE100 は、発達のステップから「第三世代高密度ポリエチレン」と呼ばれ、1989 年にヨーロッパで開発されて以来、その高い長期静水圧強度（MRS=10MPa）により配水管用材料として急速に普及が進んでいます。また HPPE/PE100 は、各基本性能の高さとバランスの良さから、密度による分類の枠を越えた新しいカテゴリーを創造したと高く評価され、高性能ポリエチレン（HPPE：Higher performance polyethylene）と称されています。

表-1.2 ポリエチレンの発達の歴史



LDPE 低密度ポリエチレン	耐衝撃性や伸びなど延性が大きい反面、剛性・強度が小さく、現在では主にフィルムや容器などに使用されている。
LLDPE 直鎖状低密度ポリエチレン	主にLDPEの剛性・強度面を改良した樹脂で、水道用ポリエチレン二層管1種(JIS K 6762)はLLDPE/PE50 相当の樹脂を使用している。
MDPE 中密度ポリエチレン	高密度と低密度の中間に位置し、適度な強度と耐クリープ性、耐環境応力き裂性、延性をバランス良く備えている。ガス用ポリエチレン管(JIS K 6774)はMDPE/PE80相当樹脂を使用している。
HDPE 高密度ポリエチレン	剛性・強度が大きく管厚設計で有利な樹脂である。一般用ポリエチレン管2種(JIS K 6761)はHDPE/PE80相当樹脂を使用している。
HPPE/PE100 第三世代高密度ポリエチレン	高強度とともに、従来の高密度の弱点とされた耐クリープ性や耐環境応力き裂性を大幅に向上させ、同時に適度な延性を確保した樹脂で、現在、一般用ポリエチレン管3種用材料として急速に普及が進んでいる。

1.1.3 第三世代高密度ポリエチレンの基本性能

ポリエチレン樹脂のもつ性能は、分子量と分子量分布および結晶構造により大きく左右されます。第三世代高密度ポリエチレン HPPE/PE100 の開発では、これらの点について次のような改良が行われました。

(1) 分子量と分子量分布 (図-1.1 参照)

- ①分子量領域を増加することで、長期静水圧強度と耐環境応力き裂性を向上。
- ②低分子量領域をある程度確保することで、耐衝撃性を向上、かつ適度な柔軟性を確保。

(2) 結晶構造 (図-1.2 参照)

結晶構造をつなぐタイ分子を増加することで、結晶部どうしの間でき裂を生じにくくさせ、長期静水圧強度、耐環境応力き裂性を向上。

このように開発された HPPE/PE100 は、長期静水圧強度や耐環境応力き裂性、耐衝撃強度などの性能を、高次元で融合することに成功しています (図-1.3 参照)。

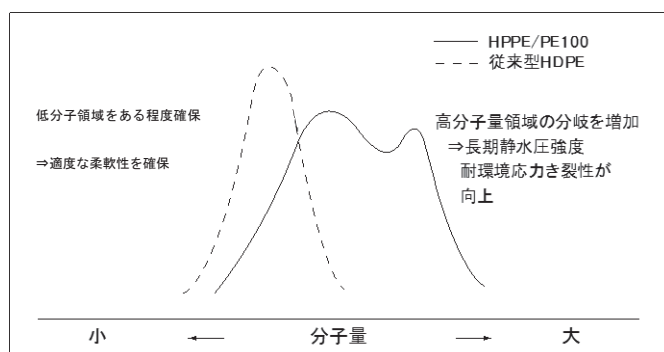


図-1.1 HPPE/PE100 の分子量分布 (イメージ)

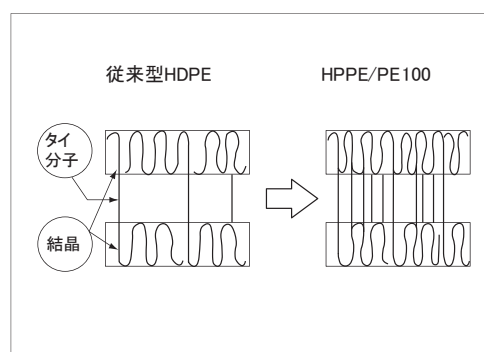


図-1.2 HPPE/PE100 の結晶構造 (イメージ)

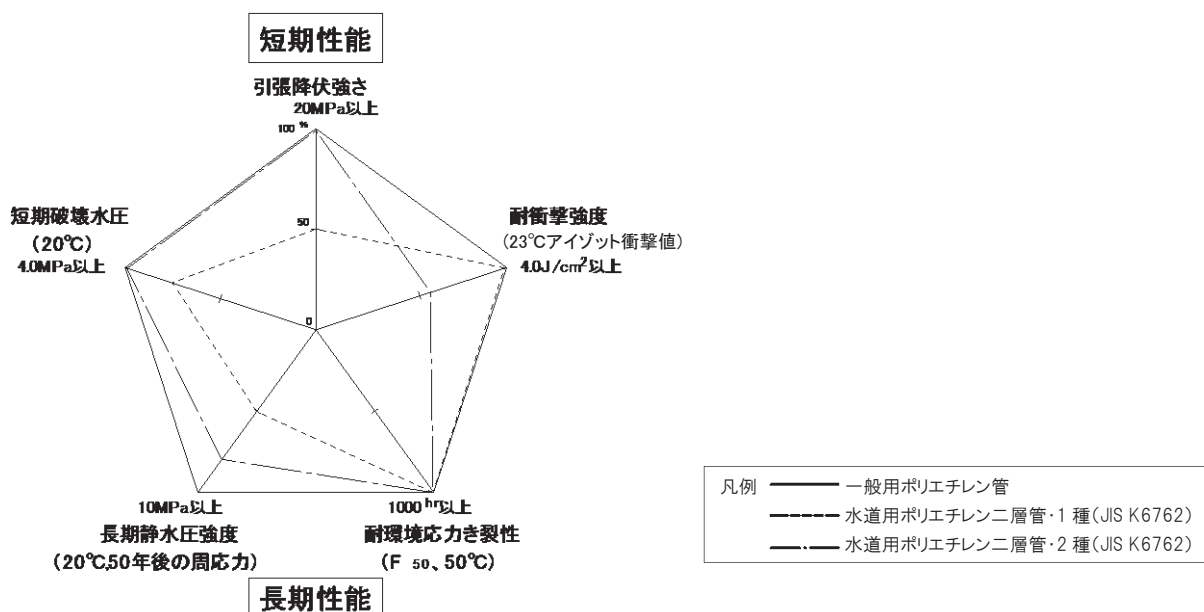


図-1.3 管の基本性能

1.2 EF 接合とは

EF（エレクトロフュージョン）接合とは、内面に電熱線を埋め込んだ継手に管をセットした後、コントローラから通電して電熱線を発熱させ、継手内面と管外面の樹脂を加熱溶融して融着することで組織的に一体化させる接合方法です。

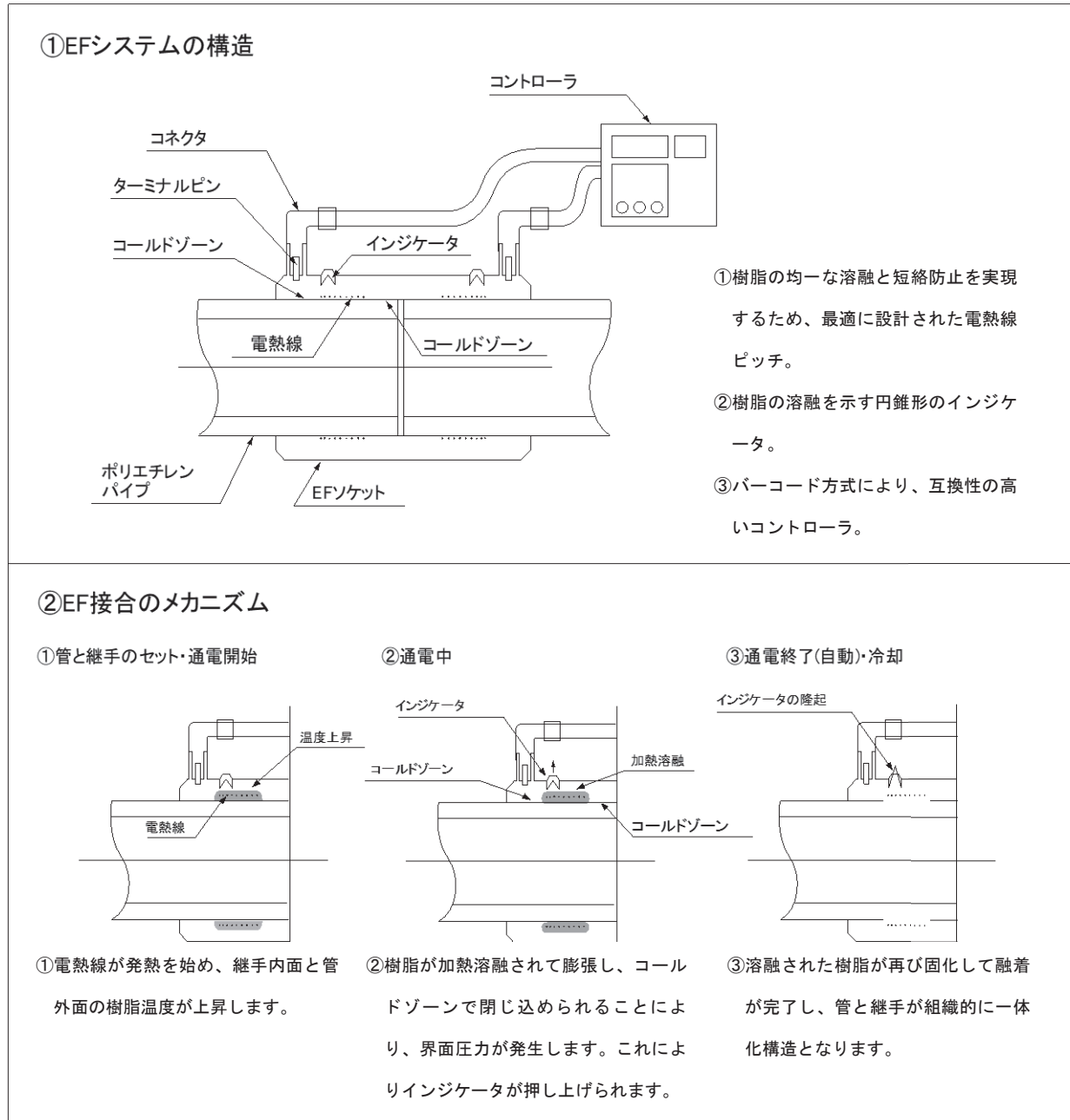
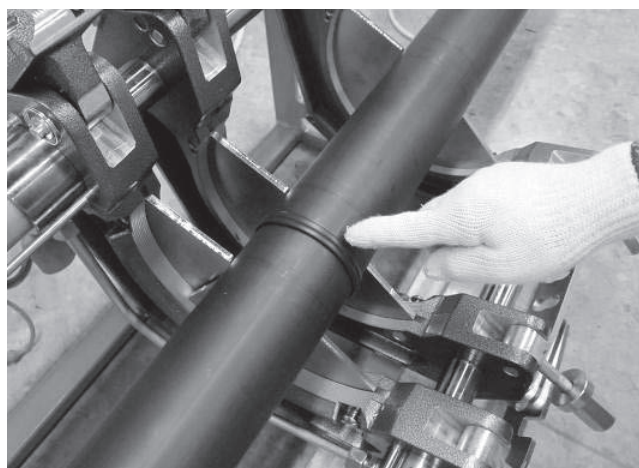
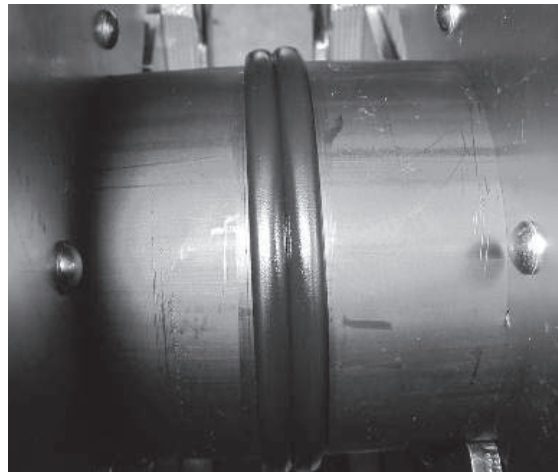
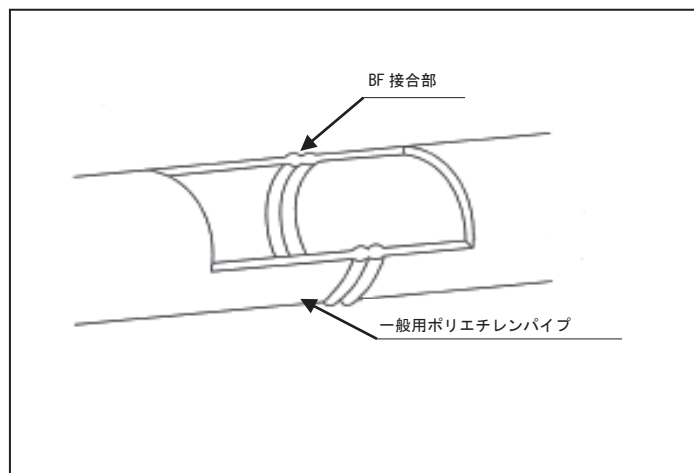


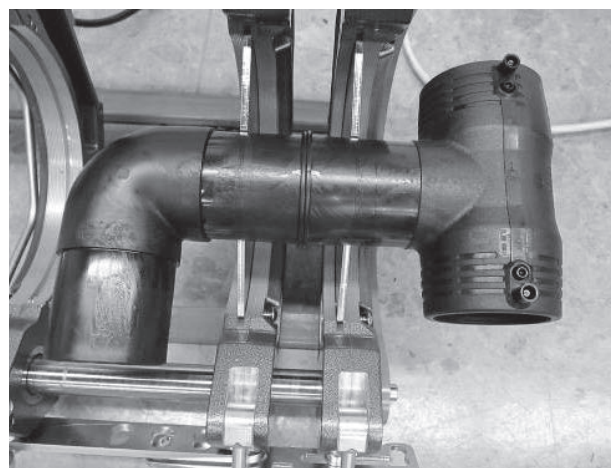
図-1.4 EF 接合のメカニズム

1.3 B F 接合とは

B F（バット融着）接合とは、接合する管や継手の両端面を、加熱されたヒータに同時に密着させて樹脂を加熱溶融した後、加圧しながら突き合わせて圧着することで組織的に一体化させる接合方法です。



管の B F 接合



継手の B F 接合

図-1.5 B F 接合

施工方法の詳細は『施工マニュアル』をご参照ください。

なお、B F 接合は、内面にも凸部が生じます。僅かですが圧力損失がありますのでご注意ください。

1.4 管の特長

管は次のような特長を有しています。

1. 施工性に優れる

金属管と比較して軽量のため取り扱いが容易です。また可とう性があるため、埋設部では直管による曲げ配管ができ、曲管の使用が少なく済みます。

2. 耐食性・耐酸性に優れる

第三世代高密度ポリエチレン HPPE/PE100 を使用しており、優れた耐食性を維持できます。腐食や赤水の心配はありません。

3. 長期耐久性を確保

第三世代高密度ポリエチレン HPPE/PE100 は、20℃で50年管使用した場合の周応力が10MPa以上有しており、内圧1.6MPaで50年後において安全率1.25の設計強度を有しています（SDR11の場合）。

4. 耐震性

柔軟で伸びが大きい材料特性と、管と継手が組織的に一体化構造となるE F接合又はB F接合により、レベル2地震動だけでなく、地割れや段差などにより生じる地盤変状に対しても、管路機能を損なうことなく追従する性質を有します。

5. 信頼性の高い接合部強度

E F接合又はB F接合により組織的に一体化構造となり、信頼性の高い接合部強度が得られます。

6. 水理特性に優れる

呼び径に近い内径寸法を採用しているため、優れた流量特性を維持しています。

7. 耐摩耗性に優れる

他のプラスチック管材と比較して、耐摩耗性に優れています。

8. その他の特長

耐薬品性、耐衝撃性、耐寒性など、従来のポリエチレン管の特長をそのまま継承しています。また、耐候性に優れる為、露出配管も可能です。

2. 用途

管は、次のような用途の配管材として使用可能です。

表-2.1 管の主な用途

用 途
海水取水・放流管
地下水くみ上げ管
原水管
工場冷却水管
中水管
工場埋設送水・排水管
一般排水管
薬液用配管※
小水力発電用導水管
消雪・融雪管
文化財消火配管

※薬液によっては使用できないものもありますので
別途ご相談ください。



工場冷却水管



工場排水管



原水管



融雪管

図-2.1 管の用途例

3. 規格

3.1 管および管継手品目表

管および管継手の品揃えは表-3.1 ～ 3.4 のとおりです。

表-3.1 管および管継手品目表 SDR11（公称外径 25 ～ 630）

品名	枝公称外径等	公称外径	
直 管	—	25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630	
EF ソケット	—	25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630	
EF エルボ	90 ° , 45 °	25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 160, 180, 250	
EF ベンド	90 ° , 45 ° 22 ° , 11 °	両受け	片受け
		63, 90, 125, 180, 250	63, 90, 125, 180, 250
EF チーズ	×25 ×32 ×40 ×50 ×63 ×75 ×90 ×125 ×160 ×180 ×250	両受け	片受け
		25, 32, 40, 50, 63, 90, 125	—
		32, 40, 50, 63, 90, 125	—
		40, 50, 63	—
		50, 63, 90, 125	—
		63, 90, 125	63
		75	—
		90, 125, 180, 250	180, 250
		125, 180, 250	180, 250
		160	—
		180, 250	180, 250
		250	250
EF レデューサ	×25 ×32 ×40 ×50 ×63 ×90 ×110 ×125 ×160 ×180	両受け	片受け
		32, 40, 50, 63	—
		40, 50, 63	—
		50, 63	—
		63	—
		75, 90, 110	90, 125
		110, 125, 160	125, 250
		160	—
		180	180, 250
		250	—
		—	250
EF フランジ	—	63, 90, 125, 180, 250	
EF キャップ	—	25, 32, 40, 50, 63, 90, 125, 160, 180, 250	
スピゴットエルボ	90 ° , 45 °	90, 110, 125, 160, 180, 250, 315	
スピゴットベンド	90 ° , 45 ° 22 ° , 11 °	63, 75, 90, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630	
スピゴットチーズ	×63 ×90 ×125 ×160 ×180 ×250 ×315 ×355 ×400 ×450 ×500 ×560 ×630	63, 90	
		90, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630	
		125, 180, 250	
		160, 180, 250	
		180, 315	
		250, 315, 355	
		315, 355	
		355	
		400	
		450	
		500	
		560	
		630	

表-3.1 のつづき

品名	枝公称外径等	公称外径
スピゴット レデューサ	×40	75
	×50	75, 90
	×63	75, 90, 125, 160, 180, 250
	×75	90, 125
	×90	125, 160, 180, 250
	×125	160, 180, 250
	×160	180, 250
	×180	250
	×250	315, 355
	×315	355, 400, 450, 500
	×355	400, 450, 500, 560
	×400	450, 500, 560, 630
	×450	500, 560, 630
	×500	560, 630
	×560	630
フランジ	—	25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630
スピゴットキャップ	—	63, 75, 90, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630
セグメンテッド ベンド	90° , 45° 22° , 11°	315, 355, 400, 450, 500, 560, 630
セグメンテッド チーズ	—	315, 355, 400, 450, 500, 560, 630

表-3.2 管品目表 SDR13.6（公称外径 75 ～ 800）

品名	枝公称外径等	公称外径
直 管	—	75, 90, 110, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800

3. 規格

表-3.3 管および管継手品目表 SDR17（公称外径 75 ～ 800）

品名	枝公称外径等	公称外径
直 管	—	75, 90, 110, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800
EF ソケット	—	75, 90, 110, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800
スピゴットエルボ	90° , 45°	90, 110, 125, 160, 180, 250, 315
スピゴットベンド	90° , 45° 22° , 11°	75, 90, 125, 160, 180, 250, 315, 355
スピゴットチーズ	×90 ×125 ×160 ×180 ×250 ×315 ×355 ×400 ×450 ×500 ×560 ×630 ×710 ×800	90, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630 125, 180, 250 160, 180, 250 180, 315 250, 315, 355 315, 355 355 400 450 500 560 630 710 800
スピゴット レデューサ	×75 ×90 ×125 ×160 ×180 ×250 ×315 ×355 ×400 ×450 ×500 ×560 ×630 ×710	90, 125 125, 160, 180, 250 160, 180, 250 180, 250 250 315, 355 355, 400, 450, 500 400, 450, 500, 560 450, 500, 560, 630 500, 560, 630 560, 630, 710 630, 710, 800 710, 800 800
フランジ	—	75, 90, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800
スピゴットキャップ	—	75, 90, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800
セグメンテッド ベンド	90° , 45° 22° , 11°	315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800
セグメンテッド チーズ	—	315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800

表-3.4 管品目表 SDR21 ～ 33（公称外径 75 ～ 800）

品名	SDR	公称外径
直 管	SDR21	75, 90, 125, 160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800
直 管	SDR26	160, 180, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800
直 管	SDR33	315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800

3.2 管・管継手の寸法

3.2.1 管の寸法

管の寸法は表-3.5 から表-3.8 のとおりです。

表-3.5 管の寸法 SDR11 ～ SDR33

単位：mm

公称 外径	外径			長さ	
	基準 外径	許容差 ^{a)}	だ円度 ^{b)} (最大値)	長さ ^{c)}	許容差 (%)
25	25.0	+0.3 0	1.2	5000	+2 0
32	32.0	+0.3 0	1.3		
40	40.0	+0.4 0	1.4		
50	50.0	+0.4 0	1.4		
63	63.0	+0.4 0	1.5		
75	75.0	+0.5 0	1.6		
90	90.0	+0.6 0	1.8		
110	110.0	+0.7 0	2.2		
125	125.0	+0.8 0	2.5		
160	160.0	+1.0 0	3.2		
180	180.0	+1.1 0	3.6		
250	250.0	+1.5 0	5.0		
315	315.0	+1.9 0	11.1		
355	355.0	+2.2 0	12.5		
400	400.0	+2.4 0	14.0		
450	450.0	+2.7 0	15.6		
500	500.0	+3.0 0	17.5		
560	560.0	+3.4 0	19.6		
630	630.0	+3.8 0	22.1		
710	710.0	+6.4 0	—		
800	800.0	+7.2 0	—		

注 ^{a)} 外径の許容差とは、平均外径と基準外径の差をいう。

^{b)} だ円度は、任意断面の最大外径と最小外径との差から求める。

^{c)} 長さは、受渡当事者間の協議によって変更することができる。

3. 規格

表-3.6 管の寸法 SDR11,SDR13.6

単位：mm

公称 外径	厚さ t (1号管：SDR11)				厚さ t (2号管：SDR13.6)			
	基準 厚さ	許容差	内径 ^{a)} (参考)	1 m 当りの 質量 (kg) ^{b)} (参考)	基準 厚さ	許容差	内径 ^{a)} (参考)	1 m 当りの 質量 (kg) ^{b)} (参考)
25	2.3	+0.4 0	20.0	0.170	—	—	—	—
32	3.0	+0.4 0	25.6	0.278	—	—	—	—
40	3.7	+0.5 0	32.2	0.429	—	—	—	—
50	4.6	+0.6 0	40.2	0.666	—	—	—	—
63	5.8	+0.7 0	50.7	1.054	—	—	—	—
75	6.8	+0.8 0	60.6	1.472	5.6	+0.7 0	63.1	1.239
90	8.2	+1.0 0	72.6	2.132	6.7	+0.8 0	75.8	1.775
110	10.0	+1.1 0	88.9	3.163	8.1	+1.0 0	92.8	2.630
125	11.4	+1.3 0	100.9	4.103	9.2	+1.1 0	105.5	3.389
160	14.6	+1.6 0	129.2	6.713	11.8	+1.3 0	135.1	5.540
180	16.4	+1.8 0	145.4	8.485	13.3	+1.5 0	151.9	7.032
250	22.7	+2.4 0	202.2	16.29	18.4	+2.0 0	211.2	13.49
315	28.6	+3.0 0	254.8	25.85	23.2	+2.5 0	266.1	21.42
355	32.2	+3.4 0	287.2	32.81	26.1	+2.8 0	300.0	27.16
400	36.3	+3.8 0	323.6	41.66	29.4	+3.1 0	338.1	34.45
450	40.9	+4.2 0	364.0	52.76	33.1	+3.5 0	380.3	43.63
500	45.4	+4.7 0	404.5	65.10	36.8	+3.8 0	422.6	53.84
560	50.8	+5.2 0	453.2	81.55	41.2	+4.3 0	473.3	67.55
630	57.2	+5.9 0	509.7	103.3	46.3	+4.8 0	532.6	85.38
710	—	—	—	—	52.2	+5.4 0	600.2	108.5
800	—	—	—	—	58.8	+6.0 0	676.4	137.6

注 ^{a)} 参考に示した内径は基準外径及び中心厚さから計算した値である。

^{b)} 参考に示した 1 m 当りの質量は、内径及び外径を基準とし、管に用いる材料の密度を 0.960 g/cm³ として計算したものである。

表-3.7 管の寸法 SDR17,SDR21

単位：mm

公称 外径	厚さ t (3号管：SDR17)				厚さ t (4号管：SDR21)			
	基準 厚さ	許容差 ^{a)}	内径 (参考)	1 m 当りの 質量 (kg) ^{b)} (参考)	基準 厚さ	許容差 ^{a)}	内径 (参考)	1 m 当りの 質量 (kg) ^{b)} (参考)
75	4.5	+0.6 0	65.4	1.016	3.6	+0.5 0	67.2	0.826
90	5.4	+0.7 0	78.5	1.460	4.3	+0.6 0	80.7	1.184
110	6.6	+0.8 0	96.0	2.173	5.3	+0.7 0	98.7	1.777
125	7.4	+0.9 0	109.3	2.772	6.0	+0.7 0	112.1	2.271
160	9.5	+1.1 0	139.9	4.543	7.7	+0.9 0	143.5	3.731
180	10.7	+1.2 0	157.4	5.746	8.6	+1.0 0	161.6	4.688
250	14.8	+1.6 0	218.8	11.02	11.9	+1.3 0	224.6	8.983
315	18.7	+2.0 0	275.6	17.54	15.0	+1.6 0	283.0	14.25
355	21.1	+2.3 0	310.5	22.32	16.9	+1.8 0	318.9	18.09
400	23.7	+2.5 0	350.1	28.21	19.1	+2.1 0	359.3	23.07
450	26.7	+2.8 0	393.8	35.74	21.5	+2.3 0	404.2	29.18
500	29.7	+3.1 0	437.5	44.16	23.9	+2.5 0	449.1	36.00
560	33.2	+3.5 0	490.1	55.32	26.7	+2.8 0	503.1	45.05
630	37.4	+3.9 0	551.3	70.06	30.0	+3.1 0	566.1	56.92
710	42.1	+4.4 0	621.4	88.90	33.9	+3.5 0	637.8	72.47
800	47.4	+4.9 0	700.3	112.7	38.1	+4.0 0	718.9	91.85

注 ^{a)} 参考に示した内径は基準外径及び中心厚さから計算した値である。

^{b)} 参考に示した 1 m 当りの質量は、内径及び外径を基準とし、管に用いる材料の密度を 0.960 g/cm³ として計算したものである。

3. 規格

表-3.8 管の寸法 SDR26,SDR33

単位：mm

公称 外径	厚さ t (5号管：SDR26)				厚さ t (6号管：SDR33)			
	基準 厚さ	許容差 ^{a)}	内径 (参考)	1 m 当りの 質量 (kg) ^{b)} (参考)	基準 厚さ	許容差 ^{a)}	内径 (参考)	1 m 当りの 質量 (kg) ^{b)} (参考)
160	6.2	+0.8 0	146.8	3.052	—	—	—	—
180	6.9	+0.8 0	157.4	3.800	—	—	—	—
250	9.6	+1.1 0	229.7	7.338	—	—	—	—
315	12.1	+1.4 0	289.4	11.66	9.7	+1.1 0	294.5	9.416
355	13.6	+1.5 0	326.3	14.74	10.9	+1.2 0	332.0	11.91
400	15.3	+1.7 0	367.7	18.69	12.3	+1.4 0	374.0	15.17
450	17.2	+1.9 0	413.7	23.63	13.8	+1.5 0	420.9	19.10
500	19.1	+2.1 0	459.7	29.15	15.3	+1.7 0	467.7	23.56
560	21.4	+2.3 0	514.9	36.53	17.2	+1.9 0	523.7	29.65
630	24.1	+2.6 0	579.2	46.29	19.3	+2.1 0	589.3	37.40
710	27.2	+2.9 0	652.7	58.84	21.8	+2.3 0	664.0	47.53
800	30.6	+3.2 0	735.6	74.53	24.5	+2.6 0	748.4	60.21

注 ^{a)} 参考に示した内径は基準外径及び中心厚さから計算した値である。

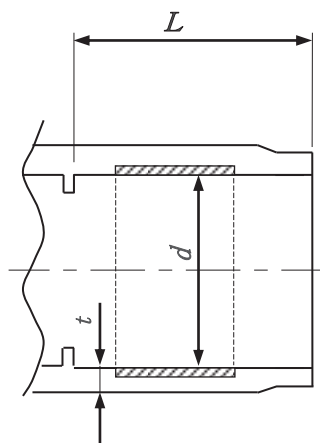
^{b)} 参考に示した 1 m 当りの質量は、内径及び外径を基準とし、管に用いる材料の密度を 0.960 g/cm³ として計算したものである。

3.2.2 管継手の寸法

E F 継手受口部の寸法は表-3.9、およびS P 継手の挿し口部の寸法は表-3.10 のとおりです。

表-3.9 E F 継手受口部の寸法

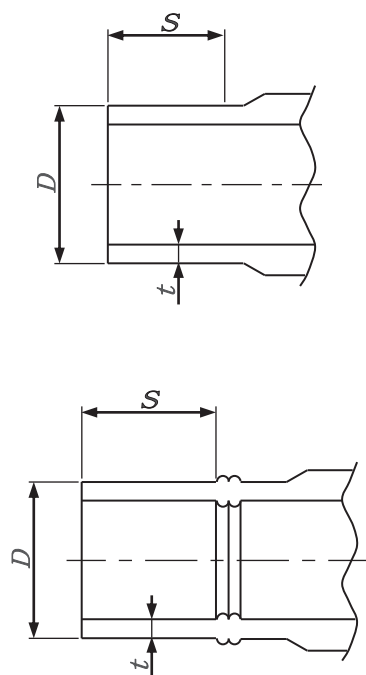
単位：mm



公称外径	d	L (最小)	t (最小)	
			SDR11	SDR17
25	25.0	32	2.3	—
32	32.0	32	3.0	—
40	40.0	37	3.7	—
50	50.0	39	4.6	—
63	63.0	45	5.8	—
75	75.0	49	6.8	4.5
90	90.0	55	8.2	5.4
110	110.0	64	10.0	6.6
125	125.0	68	11.4	7.4
160	160.0	82	14.6	9.5
180	180.	86	16.4	10.7
250	250.0	104	22.7	14.8
315	315.0	120	28.6	18.7
355	355.0	122	32.2	21.1
400	400.0	143	36.3	23.7
450	450.0	156	40.9	26.7
500	500.0	176	45.4	29.7
560	560.0	191	50.8	33.2
630	630.0	211	57.2	37.4
710	710.0	225	—	42.1
800	800.0	235	—	47.4

表-3.10 S P継手挿し口部の寸法

単位 : mm



公称外径	D	だ円度	t (最小)		S (最小)
			SDR11	SDR17	
25	25.0	1.2	2.3	—	52
32	32.0	1.3	3.0	—	56
40	40.0	1.4	3.7	—	58
50	50.0	1.4	4.6	—	60
63	63.0	1.5	5.8	—	63
75	75.0	1.6	6.8	4.5	70
90	90.0	1.8	8.2	5.4	79
110	110.0	2.2	10.0	6.6	82
125	125.0	2.5	11.4	7.4	87
160	160.0	3.2	14.6	9.5	98
180	180.	3.6	16.4	10.7	105
250	250.0	5.0	22.7	14.8	129
315	315.0	11.1	28.6	18.7	150
355	355.0	12.5	32.2	21.1	164
400	400.0	14.0	36.3	23.7	179
450	450.0	15.6	40.9	26.7	195
500	500.0	17.5	45.4	29.7	212
560	560.0	19.6	50.8	33.2	235
630	630.0	22.1	57.2	37.4	255
710	710.0	—	—	42.1	—
800	800.0	—	—	47.4	—

3.3 性能

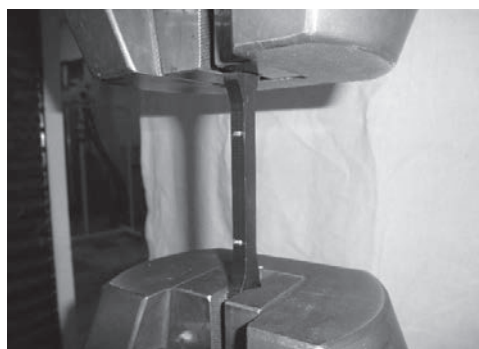
3.3.1 性能規格値

管および管継手の性能規格値は表-3.11 のとおりです。

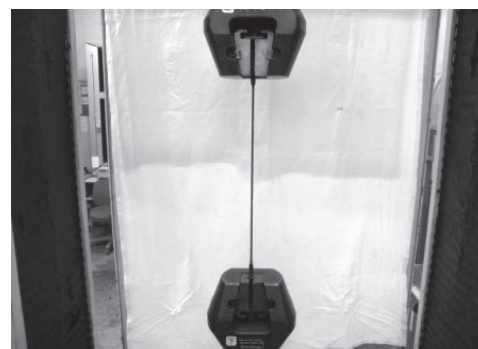
表-3.11 管および管継手の性能規格値 (ISO 4427 準拠)

性能項目		性能		
		値 (PE100)	管	管継手
密度		0.942 g/cm ³ 以上	—	—
メルトマスフローレイト		製造業者の提示値の 25% 以下	同左	同左
熱安定性		20 min 以上	同左	同左
カーボン分散		グレード 3 以下	同左	—
カーボン濃度		質量分率 2.0 %～質量分率 2.5 %	同左	—
顔料分散		グレード 3 以下	同左	—
揮発成分		350 mg/kg 以下	—	—
水分量		300 mg/kg 以下	—	—
環境応力亀裂		240 時間以内で亀裂発生が無いこと	—	—
低速亀裂進展性		漏れ、破損があってはならない	—	—
耐候性	引張破断伸び	350 % 以上	同左	—
	内圧クリープ	漏れ、破損があってはならない	同左	—
加熱伸縮性		—	長さ変化率±3 %	—
引張降伏強さ		—	20.0MPa 以上	—
引張破断伸び		—	350 % 以上	—
内圧クリープ		—	漏れ、破損があってはならない	同左
融着部相溶性		—	漏れ、破損があってはならない	同左

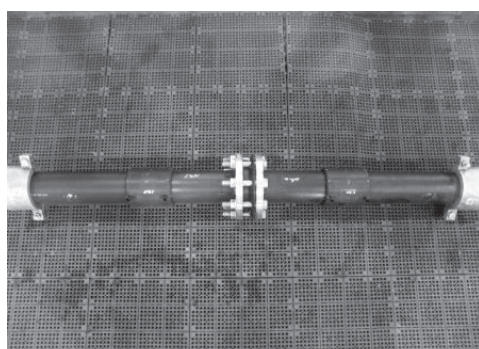
《性能試験写真》



引張試験（試験前）



引張試験（試験中）



内圧クリープ試験（規定の時間で漏れ、破損なし）

4. 機能

4.1 基本物性

管の基本物性を表-4.1 に示します。

表-4.1 基本物性 (PE100)

性質	項目	単位	値		試験方法
物理的性質	密度	g/cm ³	0.942 以上		JIS K 7112
	引張降伏強さ	MPa	20		JIS K 7161
	引張破断伸び	%	500～800		—
	曲げ強さ	MPa	24		JIS K 7171
	引張弾性率	MPa	1300		JIS K 7161
	曲げ弾性率	MPa	1000		JIS K 7171
	ポアソン比	—	0.47		—
	衝撃強さ (アイゾット)	J/cm ²	23 °C	破壊せず > 4.0	JIS K 7110
			-20 °C	破壊せず > 1.8	
	硬度 (デュロメーター)	—	63		JIS K 7215
熱的性質	熱伝導率	W/m・K	0.38		ASTM C 177
	線膨張係数	10 ⁻⁵ /°C	11～13		JIS K 7197
	比熱	J/kg・K	1.9 × 10 ³		JIS K 7123
	融点	°C	128～132		DSC 法
	軟化温度 (ピカット)	°C	120		JIS K 7206
	脆化温度	°C	-70 以下		JIS K 7216
	燃焼性	—	ゆるやかに燃焼する		—
電氣的性質	体積固有抵抗	Ω・cm	10 ¹⁷ 以上		JIS K 6911
	耐電圧	MV/m	22		JIS K 6911
	誘電率	—	2.6		JIS K 6911 (10 ³ Hz)
吸水率		%	0.03 以下		JIS K 7209

4.2 引張特性

引張試験により求まる管の破断伸びは約 500 ～ 800%^{*1}、また管路機能面から見て実質的な最大伸びになると考えられる降伏ひずみは約 8 ～ 11%^{*1}です。さらに降伏点の応力、ひずみともひずみ速度の変化に対し、大きくは変化しません。これは地震時の地盤変位吸収能力算定の面で非常に有利な特性であると言えます。

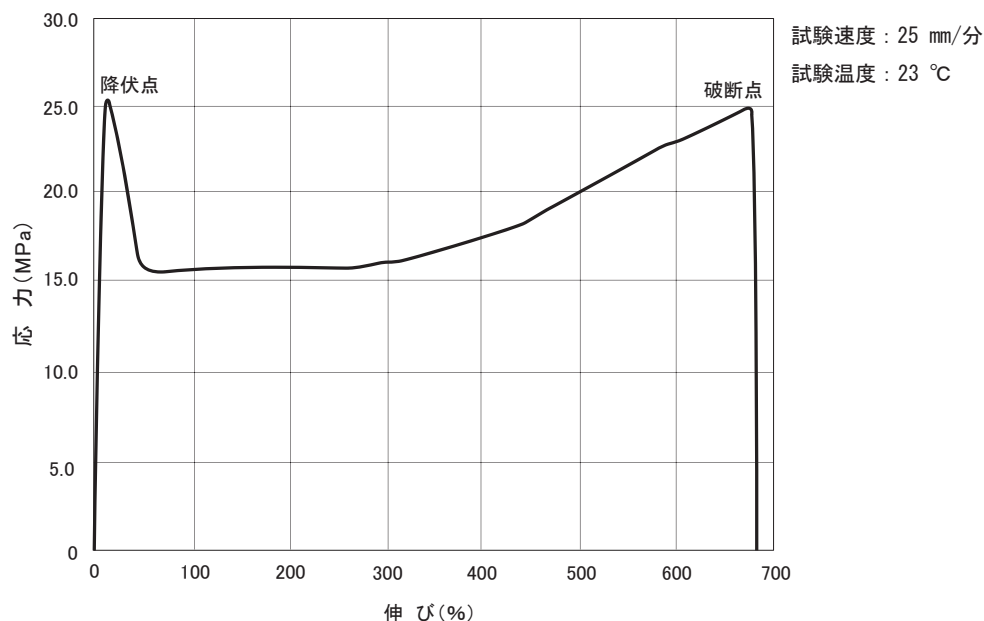


図-4.1 引張試験結果

※ 1：この値は規格値ではありません。

4.3 クリープ特性

管の内圧クリープ曲線を図-4.2 に示します。

PE100 のグレード名の由来どおり、20℃・50 年後のフープストレスの 97.5%信頼下限値 σ_{LPL} が 10.0MPa 以上となります。さらに従来の高密度ポリエチレン管とは異なり、クリープ線の上に屈曲点は現れず、脆性破壊領域が無いという優れた耐クリープ性を有しています。

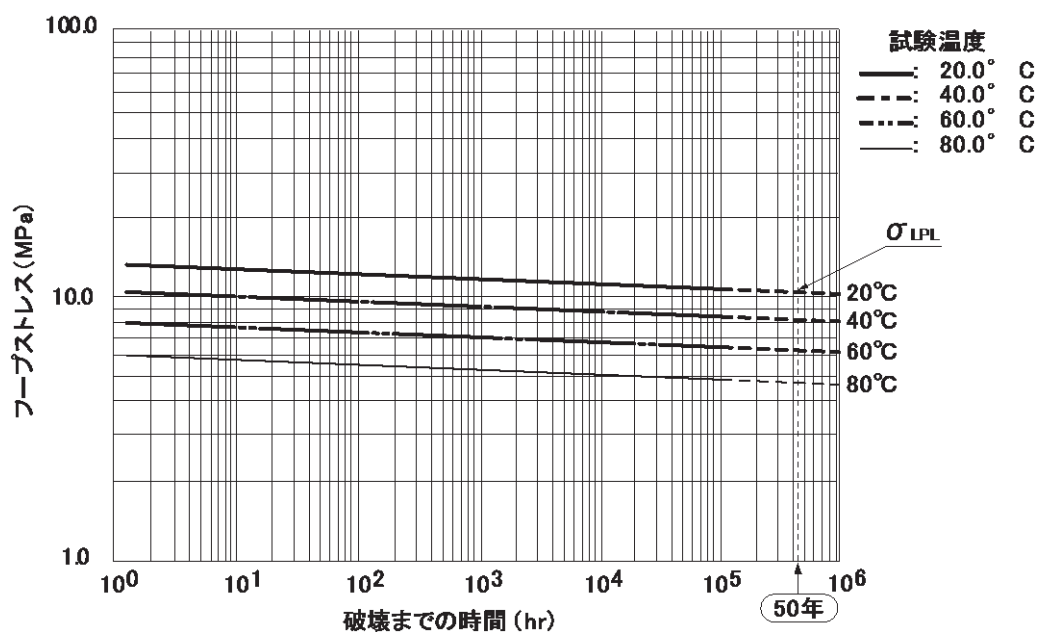


図-4.2 内圧クリープ曲線

4.4 機能試験結果

軟弱地盤や地震による地盤変位など、非定常な外力が加わった場合の管路の挙動を各種機能試験で評価しました。

注：この試験は、地震などの非定常状態での管路の挙動を調べるためのものであり、無理な外力が加わった状態で長期間使用できることを保証するものではありません。施工に際しては、「**施工マニュアル**」に記載の事項をお守りください。

4.4.1 引張試験

(1) 目的

管路に引張が加わった場合のE F 接合部およびB F 接合部の強度を確認します。

(2) 方法

管同士をE F ソケットで接合した供試体および管同士をB F 接合した供試体を、25mm/min の速度で降伏まで引張り、降伏時の状態を確認します。

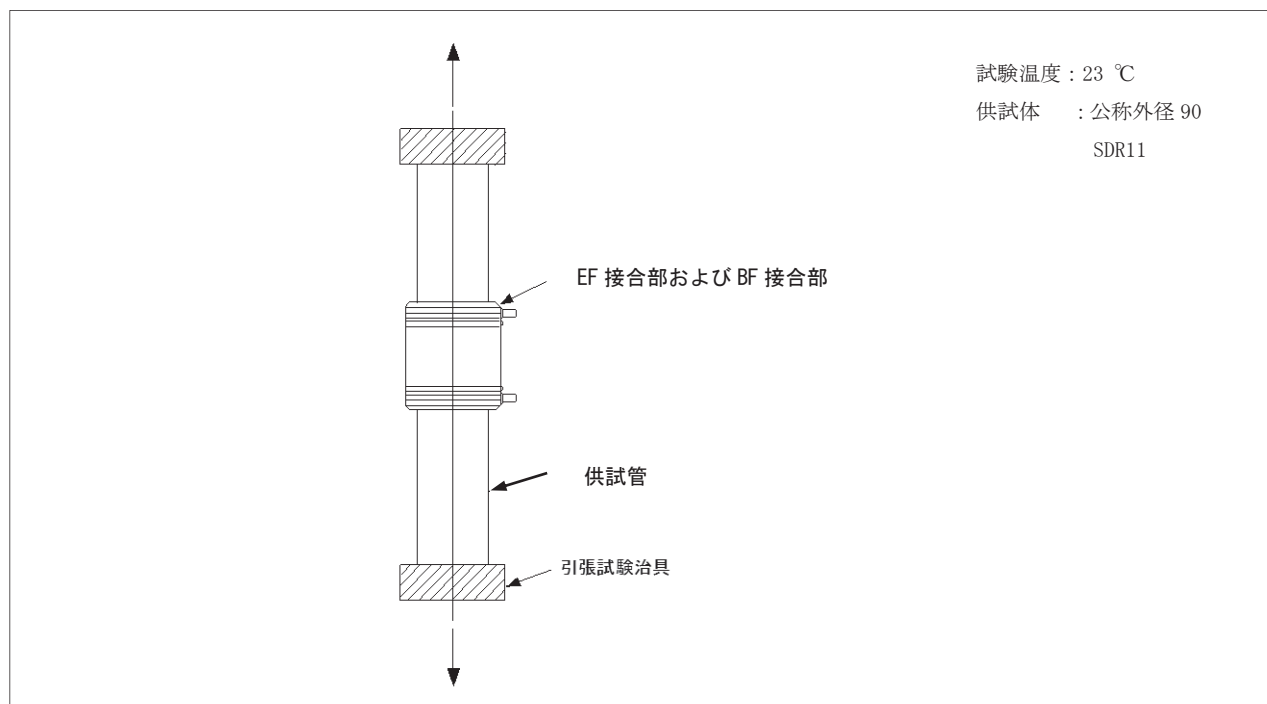


図-4.3 引張試験

(3) 結果

各供試体とも、管体は降伏したがE F 接合部およびB F 接合部に異常はありませんでした。

(4) 考察

本試験により、引張に対するE F 接合部およびB F 接合部の強度が管体と同等以上であることを確認しました。

4.4.2 偏心へん平水圧試験

(1) 目的

管路に偏心へん平が加わった場合の E F 接合部および B F 接合部の耐水圧性を確認します。

(2) 方法

E F 接合部および B F 接合部近傍の管を外径の 30% 偏心へん平させた後、水圧 2.5MPa を加え、そのまま 2 分間保持し、漏れ、その他の欠点の有無を調べます。

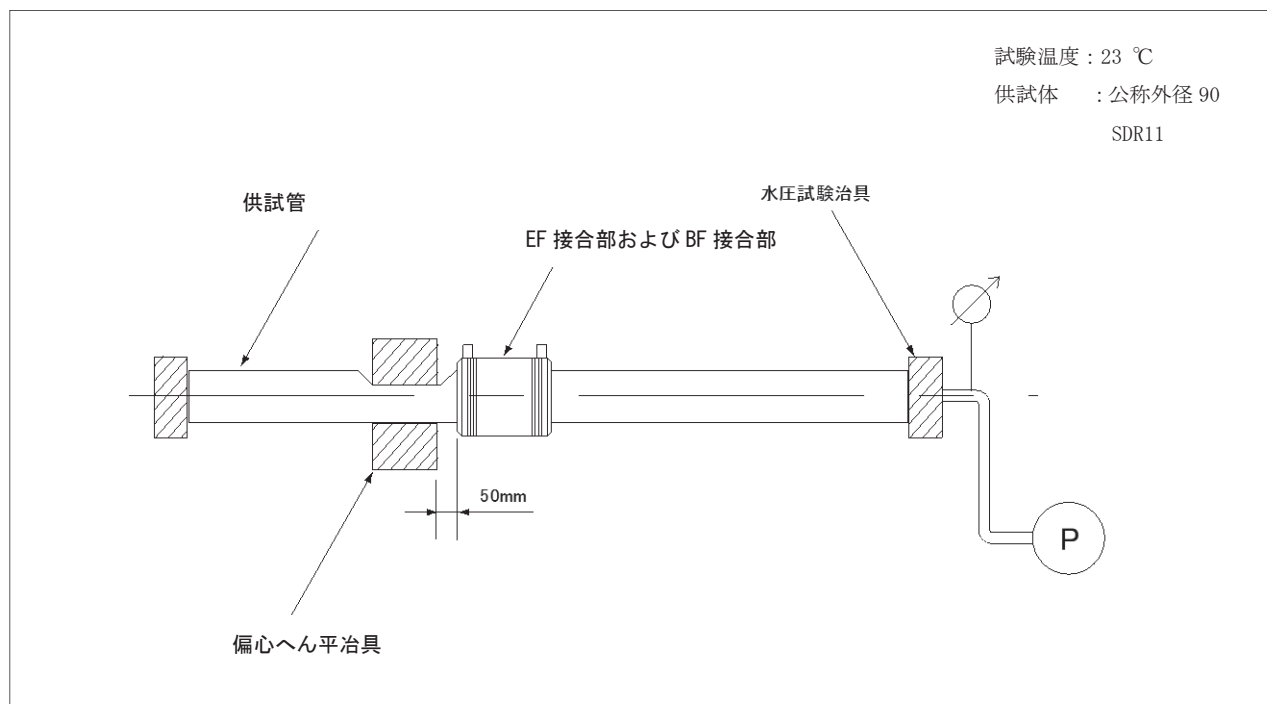


図-4.4 偏心へん平水圧試験

(3) 結果

各供試体とも、漏れ、その他の欠点はありませんでした。

(4) 考察

本試験により、埋設時の不陸（基礎の空洞）や不等沈下により管路に過度のへん平が発生した場合でも、E F 接合部および B F 接合部が耐水圧の性能規格を満足することを確認しました。

4. 機能

4.4.3 曲げ水圧試験

(1) 目的

管路に曲げが加わった場合のE F 接合部およびB F 接合部の耐水圧性を確認します。

(2) 方法

管同士の仰角が 30° 以上になるように供試体を固定した後、水圧 2.5MPa を加え、そのまま 2 分間保持し、漏れ、その他の欠点の有無を調べます。

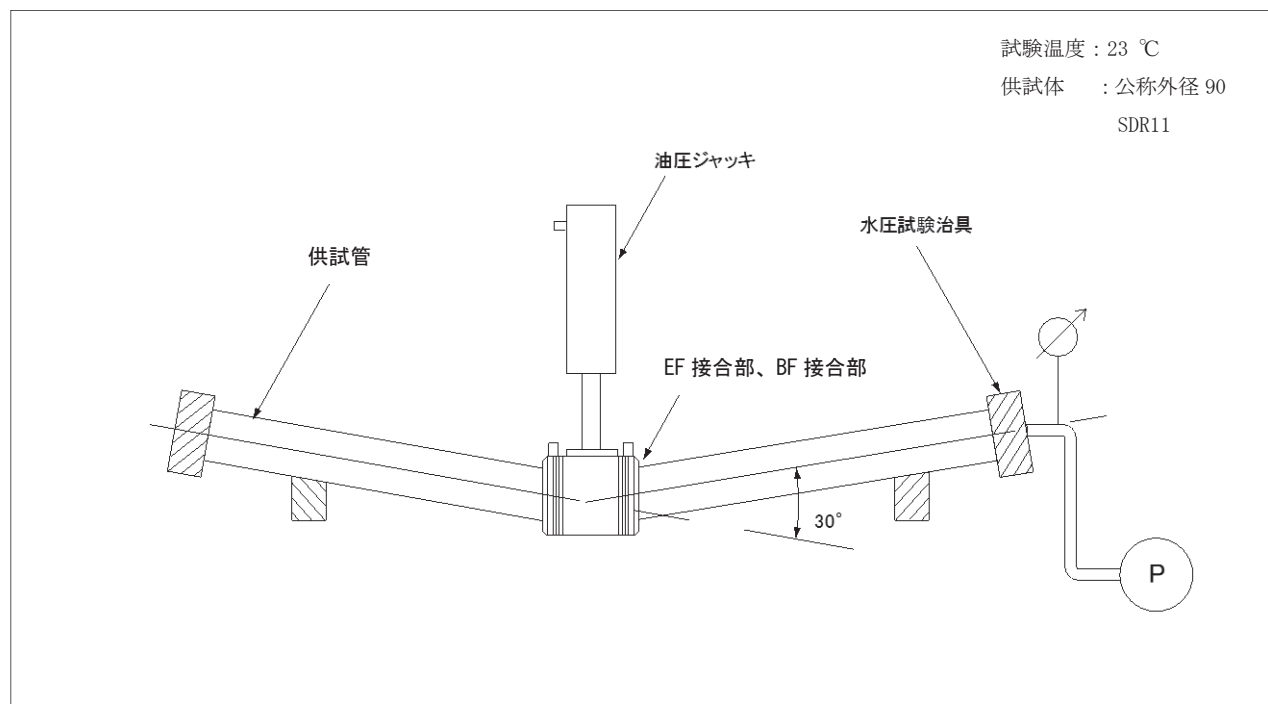


図-4.5 曲げ水圧試験

(3) 結果

各供試体とも、漏れ、その他の欠点はありませんでした。

(4) 考察

本試験により、不等沈下などで管路に過度の曲げが発生した場合でも、E F 接合部およびB F 接合部が耐水圧の性能規格を満足することを確認しました。

4.5 耐震性

地震時に想定される地盤変動を受けた際に、管およびE F 接合部が「日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説、2009 年版」に準拠した耐震安全性を有することを確認しました。

※ 4.5 耐震性 の試験は、全て水道配水用ポリエチレン管（色：青）での確認結果です。

4.5.1 管軸方向引張試験

(1) 目的

地震時における地盤変位によって、管の管軸方向への引張力が作用した際の管体応力と管体歪みの関係を求め、管の降伏歪みが地震時に想定される最大地盤歪み 2% 以上であることを確認します。

(2) 方法

図-4.6 に示すように、供試管の片端を反力壁に固定し、他端に油圧式アクチュエータで一定速度の管軸方向強制変位を作用させます。

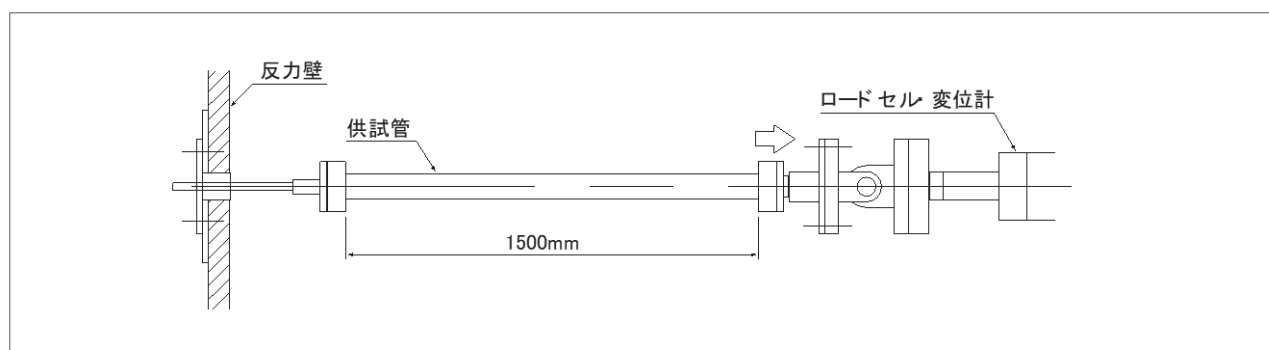


図-4.6 管軸方向引張り試験

(3) 供試管

公称外径 90、SDR11、長さ 1500mm

(4) 測定項目

引張変位：載荷点（アクチュエータからの出力） 引張荷重：載荷点（ロードセル）

(5) 条件

引張速度：2.5cm/s、20cm/s、40cm/s、100cm/s

変位：40cm（引張速度が 100cm/s の場合は 20cm および 40cm）

試験温度：12.5 ～ 15℃ および 23℃

(6) 結果

試験結果を図-4.7 に、試験の状況を写真「管軸方向引張り試験の状況」に示します。管の降伏歪みは、バラツキがあるものの約 8 ～ 11% であり、地震時に想定される最大地盤歪み 2% 以上であることを確認しました。

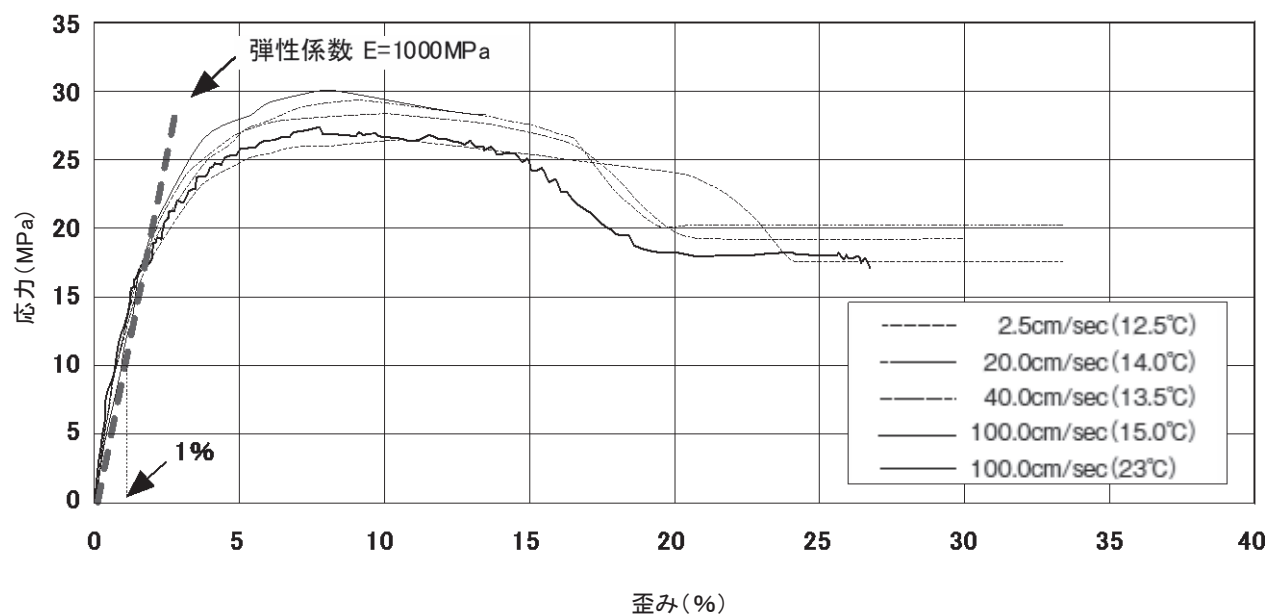
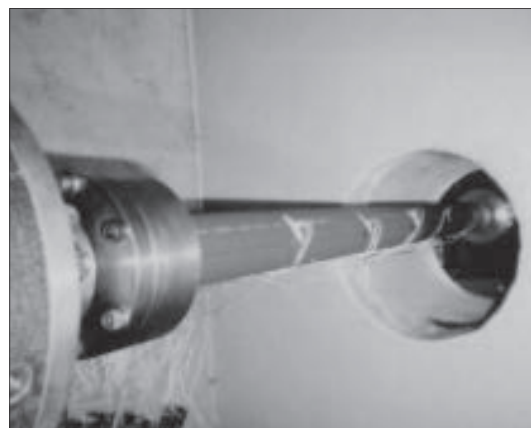


図-4.7 管軸方向引張り試験の結果

歪みの範囲が1%以下であれば弾性範囲であると考えられます。1%以下の範囲での引張り歪み－応力関係から、試験データの下限値を採用し、弾性係数を $E=1000\text{MPa}$ とします。

管軸方向引張り試験の状況



4.5.2 管軸方向圧縮試験

(1) 目的

地震時における地盤変位によって、管の管軸方向への圧縮力が作用した際の管体応力と管体歪みの関係を求め、管の降伏歪みが地震時の地盤歪み以上であることを確認します。

(2) 方法

図-4.8 に示すように、供試管に万能試験機（オートグラフ）で一定速度の管軸方向強制変位を作用させます。

(3) 供試管

公称外径 90、180、SDR11、長さ 500mm

(4) 測定項目

圧縮変位：載荷点（万能試験機の出力）

圧縮荷重：載荷点（ロードセル）

(5) 条件

圧縮速度：10mm/min ～ 250mm/min

変位：10cm

試験温度：23℃

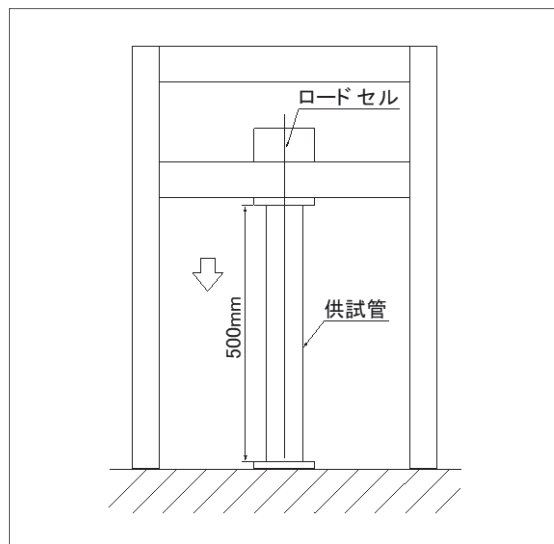


図-4.8 管軸方向圧縮試験

(6) 結果

試験結果を図-4.9 に、試験の状況を写真「管軸方向圧縮試験の状況」に示します。管の降伏歪みは、引張り時と同様に約 8 ～ 11% であり、地震時に想定される最大地盤歪み 2% 以上であることを確認しました。

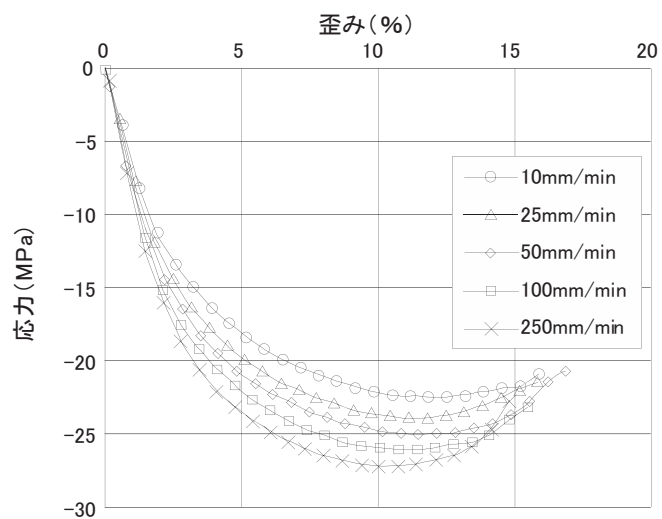


図-4.9 管軸方向圧縮試験の結果（公称外径 180）

管軸方向圧縮試験の状況（公称外径 180）



4. 機能

4.5.3 管軸方向繰返し伸縮試験

(1) 目的

地震時における地盤振動によって、管の管軸方向への繰返し歪みが作用した際の管体挙動を調べ、管の耐震性能を確認します。

(2) 方法

図-4.10 に示すように、供試管の片端を反力壁に固定し、他端に油圧式アクチュエータで一定変位振幅・一定周波数の繰返し強制変位を作用させます。

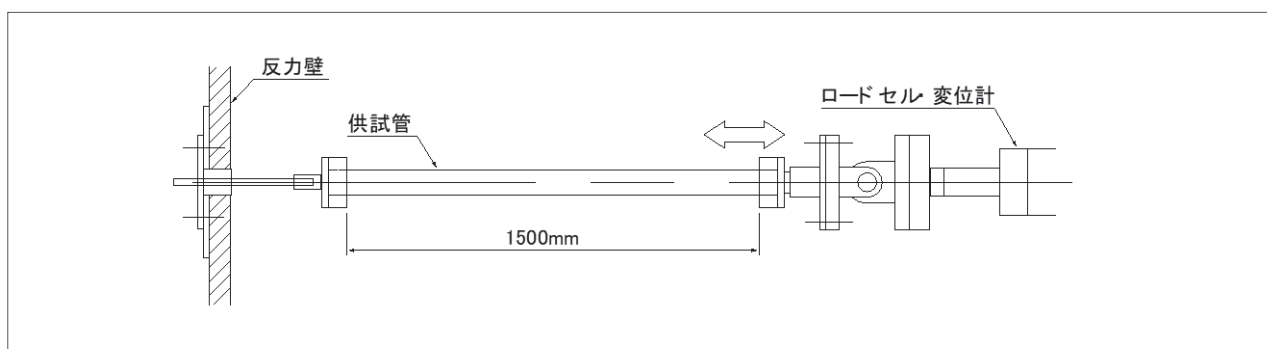


図-4.10 管軸方向繰返し伸縮試験

(3) 供試管

公称外径 90、SDR11、長さ 1500mm

(4) 測定項目

伸縮変位：载荷点（アクチュエータの出力）

伸縮荷重：载荷点（ロードセル）

(5) 条件

加振変位： $\pm 1.5\text{cm}$ 、 $\pm 4.5\text{cm}$

管軸方向歪み： $\pm 1\%$ 、 $\pm 3\%$

加振周波数：1Hz

加振回数：50 回

水圧：0.75MPa

(6) 結果

図-4.11 に $\pm 3\%$ 歪み入力時の入力変位、载荷点荷重および最大歪み（管中央部）を示します。各条件、各供試管ともに、管体のき裂・降伏・過度な変形並びに漏れなどは見られませんでした。

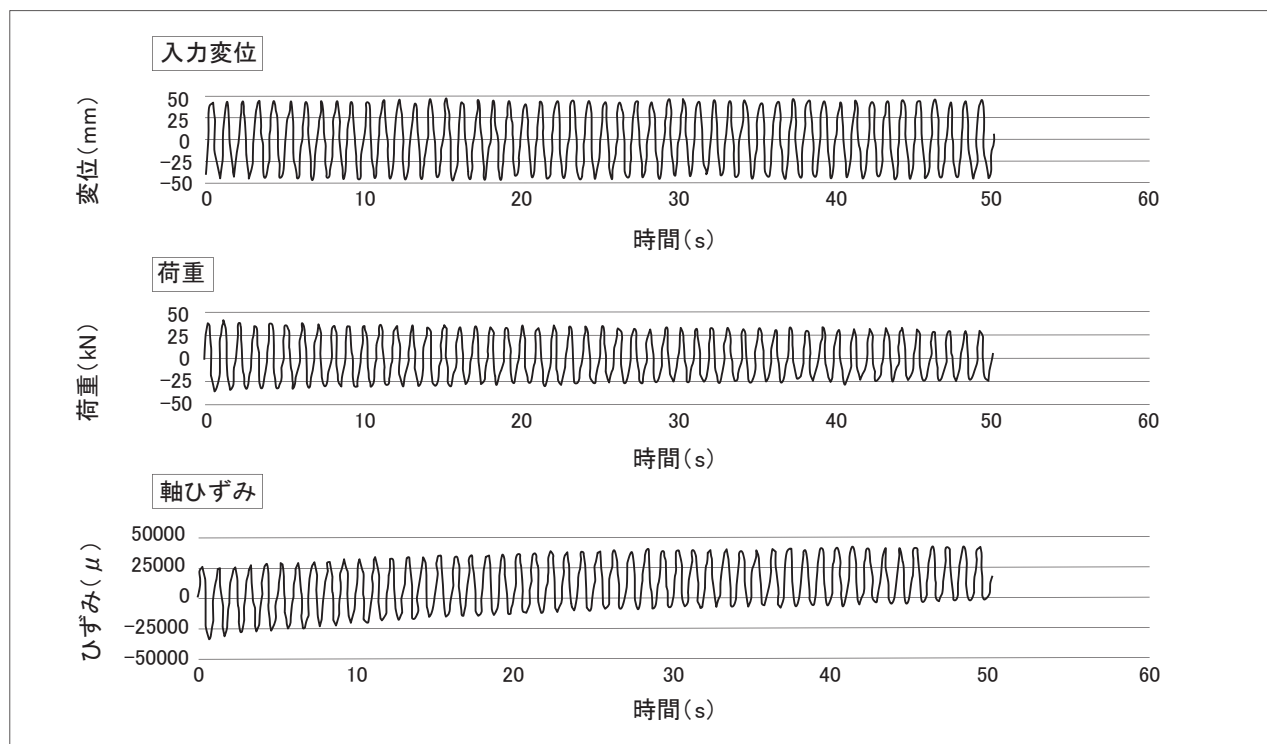


図-4.11 管軸方向繰返し伸縮試験の結果

4.5.4 地割れ試験

(1) 目的

管路に、大地震時に生じる地割れを想定した管軸方向の地盤変位を与え管路の変形挙動を調べます。

(2) 方法

図-4.12 に示すように長さ 50m の土槽内に供試管を EF 接合で配管・埋設し、水圧を負荷した状態で、土槽中央部に油圧ジャッキで模擬的な地割れを発生させ、供試管の挙動を確認します。

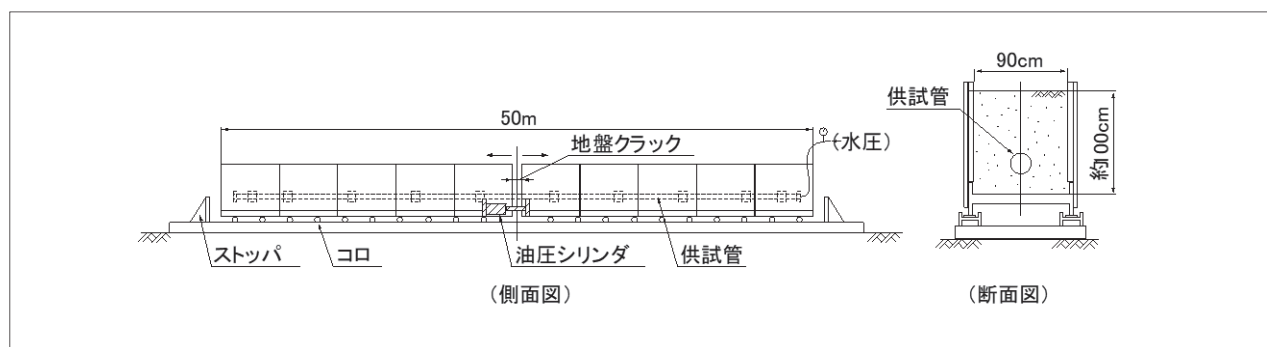


図-4.12 地割れ試験

(3) 供試管

公称外径 180、SDR11、長さ 50m

(4) 測定項目

地割れ変位：土槽中央部 2 点（変位計）管体歪み：歪みゲージ（管軸方向）

(5) 条件

負荷水圧：0.75MPa 地割れ速度：3cm/s 地割れ幅：50cm

(6) 結果

測定された管軸方向への歪み分布を図-4.13 に示します。50cm の地割れを受けた際の最大発生歪みは約 3.2% であり、地盤変状に対する許容歪み（6%）以下でした。また、過度な変形や漏れ等の異常が見られず、大規模な地割れを想定した場合でも、十分な安全性を有していることを確認しました。

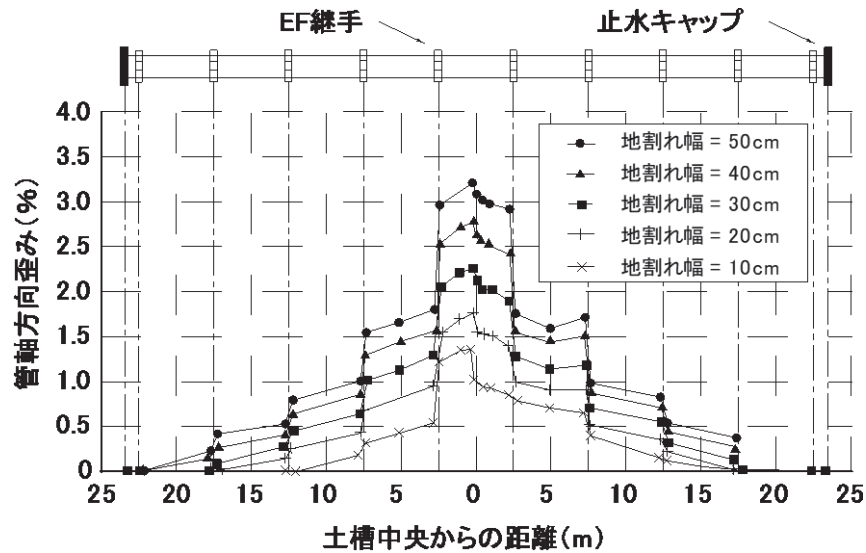


図-4.13 管軸方向歪み分布

4.5.5 段差沈下試験

(1) 目的

管路に、大地震時に生じる段差的地盤沈下を想定した管軸直角方向の地盤変位を与え、管路の変形挙動を調べます。

(2) 方法

図-4.14 に示すように、長さ 8m の土槽内に供試管を EF 接合で配管・埋設し、土槽底部に設置した電動式の沈下テーブルを片側 4m 分だけ降下させることで模擬的に地盤の段差沈下を発生させて、供試管の挙動を確認します。

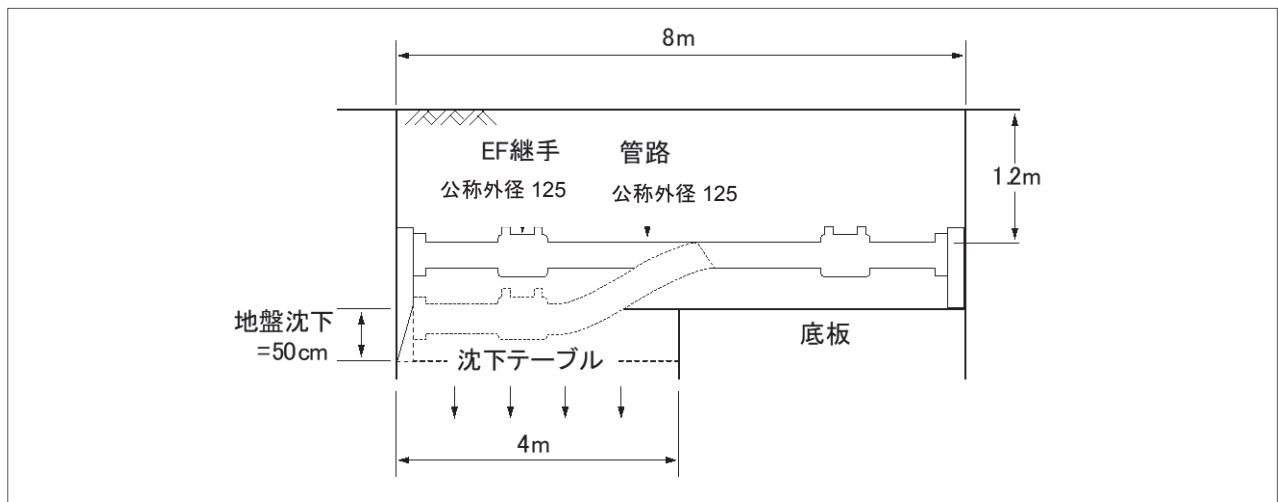


図-4.14 段差沈下試験

(3) 供試管

公称外径 125、SDR11、長さ 8m

(4) 測定項目

地盤沈下量：土槽底部（沈下装置の出力）

管体歪み：歪みゲージ

(5) 条件

負荷水压：2.5MPa（沈下終了後に負荷）

沈下速度：2cm/min

沈下量：50cm

(6) 結果

測定された管軸方向への歪み分布を図-4.15 に示します。最大発生歪みは段差沈下境界部から沈下側へ約 1m の位置に生じていますが、その値は 50cm の段差沈下時でも約 3.0% であり、地盤変状に対する許容歪み（6%）以下でした。また、沈下終了後に 2.5MPa の水压を 2 分間負荷したところ、漏れなどの異常は見られませんでした。

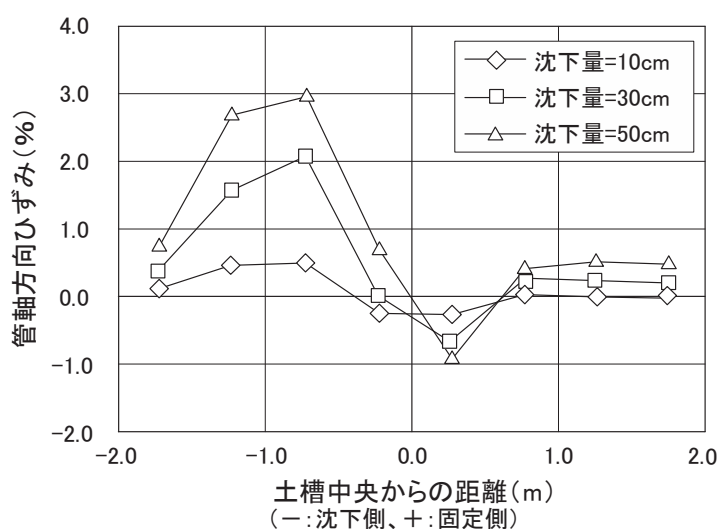
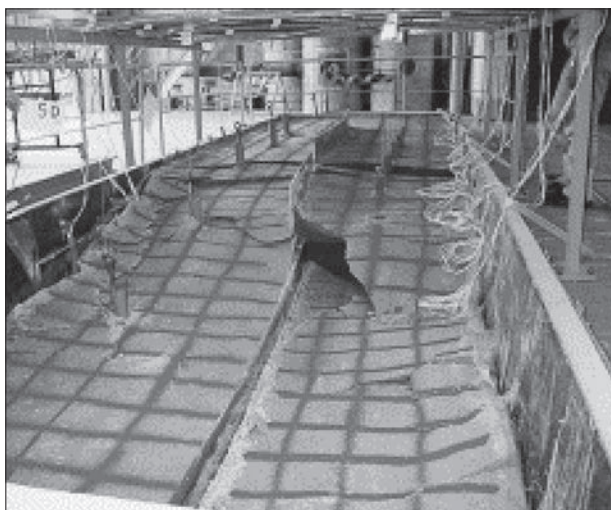


図-4.15 管軸方向歪み分布

50cm 沈下時の地表面



50cm 沈下時の管路変形状況



4. 機能

4.5.6 構造物際貫通部の段差試験

(1) 目的

構造物を貫通する管路に、段差的地盤沈下を想定した管軸直角方向の地盤変位を与え、管路の変形挙動を調べます。

(2) 方法

図-4.16 に示すように、長さ 4m の土槽内にコンクリート構造物を貫通させた供試管を埋設し、土槽底部に設置した電動式の沈下テーブルを降下させることで模擬的に地盤の段差沈下を発生させて、供試管の挙動を確認します。

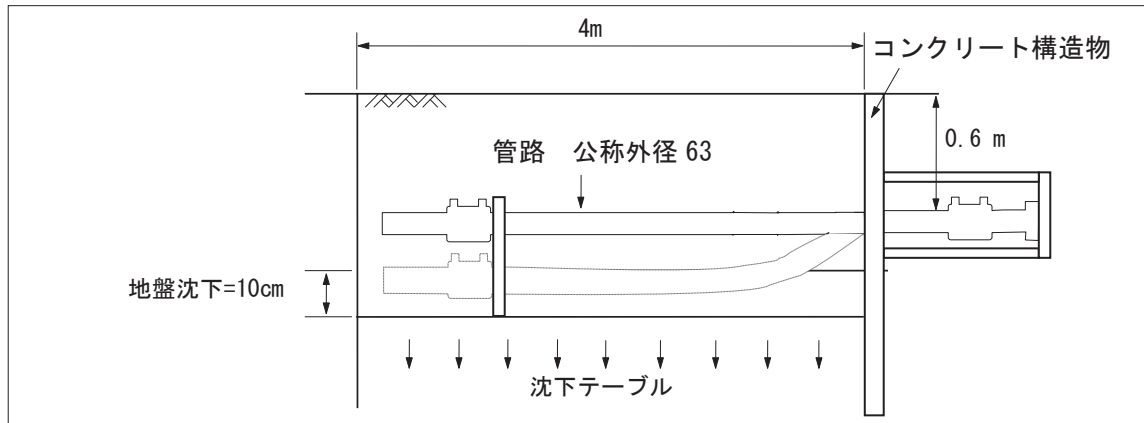


図-4.16 構造物際貫通部の段差沈下試験

(3) 供試管

公称外径 63、SDR11、長さ 4m

(4) 測定項目

地盤沈下量：土槽底部（沈下装置の出力）

管体歪み：歪みゲージ

(5) 条件

沈下速度：2cm/min

沈下量：10cm

(6) 結果

計測された管軸方向の歪み分布を図-4.17 に示します。

土被り 60cm 以下では管への影響が比較的小さく、公称外径 63 ～ 250 の中で最も剛性の低い公称外径 63 でも 10cm の沈下量で歪みは 3.4% であり、地盤変状に対する許容歪み（6%）以下でした。

更に、他に実施した実験結果から以下の傾向が確認できました。

- ・土被りの影響が顕著に見られ、管への影響を低減させる為には土被りを浅くすることが有効であることから、土被りは 60cm 以下とする。
- ・構造物際に EF ソケットやバンド等の継手を設置した方が、歪みが大きくなることから、1m 以上、直線部を設ける必要がある（直線部には EF ソケットも含まない）。
- ・局所的な変形を低減させる為に、貫通部はゴムシートで保護を行う。

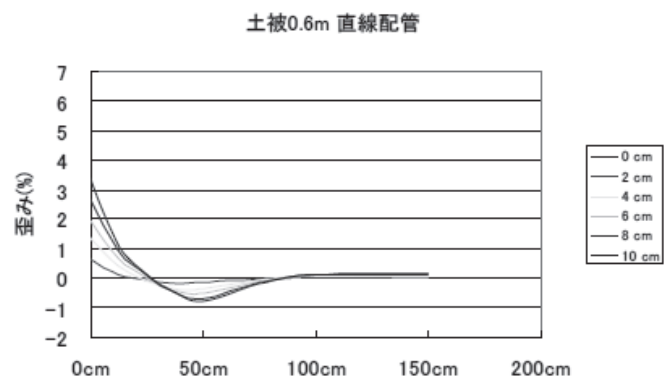


図-4.17 管軸方向歪み分布

4.6 耐薬品性

管の耐薬品性を表-4.2 に示します。

表-4.2 耐薬品性一覧表（ご参考）

薬品名	温度（℃）		薬品名	温度（℃）		薬品名	温度（℃）	
	20	60		20	60		20	60
～酸～			～有機薬品～			～塩類～		
塩酸 36%	○	○	メチルアルコール	○	△	重クロム酸カリ	○	○
硫酸 50～75%	○	○	エチルエーテル	△	—	過塩素酸カリ 1%	○	○
硫酸 98%	○	×	エチルアルコール 40%	○	△	過マンガン酸カリ 20%	○	○
硝酸 50%	△	×	アニリン（液）	○	△	過酸化水素水 30%	○	○
燐酸	○	○	ベンゼン	△	△			
酢酸 95%未満	○	○	四塩化炭素	△	×	～アルカリ～		
蟻酸 50%	○	○	クロロホルム	△	△	苛性ソーダ	○	○
蟻酸 85%	○	○	ホルマリン 30～40%	○	○	苛性カリ	○	○
砒酸	○	○	トルエン	△	×	アンモニア水	○	○
乳酸	○	○	トリクロロエチレン	△	△			
オレイン酸	○	○	二硫化炭素	△	×	～ガス～		
マレイン酸	○	○	アセトアルデヒド 40%	○	△	塩素ガス：乾性	△	×
ピクリン酸	○	—	グリセリン	○	○	アンモニア	○	○
						天然ガス：乾燥	○	○
						～その他～		
						写真現像液	○	○
						海水	○	○

○：管の圧力または他の応力が加わらない用途に使用可能。

△：その薬品は、材料に対して化学的な影響を与える。使用は推奨できない。

×：管は激しく侵食される。無圧・有圧を問わず使用不可。

—：不明

※ ISO/TR10358 に基づいて作成しています。

4.7 耐候性

(1) 目的

管の紫外線による影響を確認するために、耐候性を確認します。

(2) 方法

サンシャインカーボンアーク耐候性試験機にて供試体を照射した後に引張試験を行い、引張降伏強さや引張破断伸びの低下の有無を調べます。

(3) 条件

- ・照射期間 ： 2 年間
- ・引張試験 ： JWWA K 144 に準拠

(4) 結果

照射時間を実暴露期間相当に換算した供試体の引張試験結果を表-4.3 に示します。

10 年間の屋外暴露に相当する紫外線を照射した場合においても、性能の低下は見られませんでした。

表-4.3 屋外暴露後の引張試験結果

暴露期間	0 ヶ月	3.3 年相当	6.7 年相当	10 年相当
引張降伏強さ (MPa)	24.95	24.52	25.37	25.14
引張破断伸び (%)	600	647	673	760

《機能試験写真》



EF 接合部引張試験（試験前）



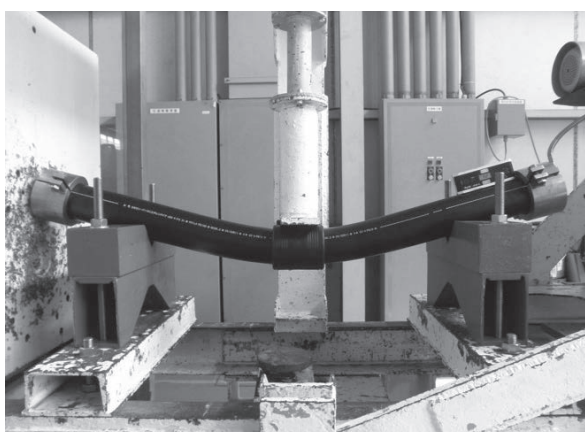
EF 接合部引張試験（試験後）



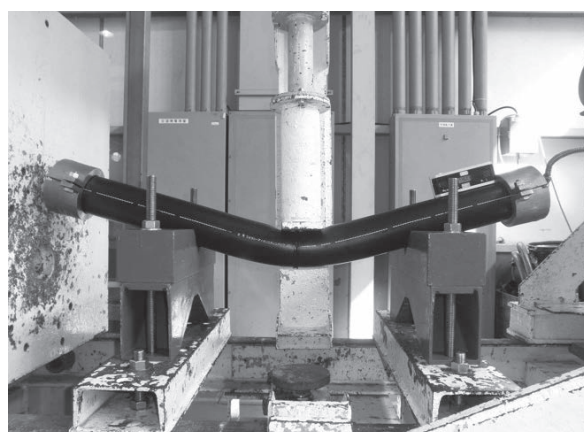
BF 接合部引張試験（試験前）



BF 接合部引張試験（試験後）



EF 接合部曲げ水圧試験



BF 接合部曲げ水圧試験

5. 配管設計

5.1 基本事項

管および管継手の配管設計に当たって、特に留意すべき基本事項は次のとおりです。

- ① 管の温度が 40℃ 以上になるような場所には使用しないでください。
- ② 管に直接ねじを切ったり、塗装をしたりしないでください。また、現場での加熱加工は厳禁とします。
- ③ 多量に灯油、ガソリン等の有機溶剤を扱う場所等での管の布設は、水質に悪影響を及ぼす場合がありますので、土の汚染度の確認、非汚染土による埋め戻し、更に影響を受けにくい経路の検討等を行ってください。
- ④ 一般の塩ビ管等に用いられるメカニカル継手等は使用しないでください。物理的には接合できても、施工後に漏水の恐れがあります。管路の性能を十分に保持するため、専用の継手や継ぎ輪をご使用ください。

5.2 使用範囲

- ① 管は、最高許容使用圧力 1.60MPa (SDR11 の場合)、1.25MPa (SDR13.6 の場合)、1.00MPa (SDR17 の場合)、0.80MPa (SDR21 の場合)、0.60MPa (SDR26 の場合)、0.50MPa (SDR33 の場合) 以下の配管に使用します。
- ② 管及び管継手の使用温度範囲は 0 ～ 40℃ とします。
- ③ 20 ～ 40℃ の温度範囲で使用する場合の最大使用圧力は表-5.1 の通りとします。

表-5.1 温度別の最大使用圧力

使用温度	20 ℃	25 ℃	30 ℃	35 ℃	40 ℃
SDR11 の場合	1. 60	1. 49	1. 39	1. 28	1. 18
SDR13. 6 の場合	1. 25	1. 18	1. 11	1. 02	0. 94
SDR17 の場合	1. 00	0. 93	0. 87	0. 80	0. 74
SDR21 の場合	0. 80	0. 74	0. 70	0. 64	0. 59
SDR26 の場合	0. 60	0. 55	0. 51	0. 47	0. 44
SDR33 の場合	0. 50	0. 47	0. 44	0. 40	0. 37

【解説】

最高許容圧力の温度依存

一般用ポリエチレン管はプラスチックであるため、金属と異なり、常温において明確な温度依存性を示し、高温側で強度が低下します。管厚設計については後述しますが、その設計温度のベースは 20℃ において行っています。

5.3 内圧設計

管の管厚は、設計水圧（内圧）における PE100 の MRS（最終要求強度）に対して安全率 1.25 となるように、次の Naday 式により設定しました。

$$\sigma = \frac{P(D-t)}{2t} = \frac{P(SDR-1)}{2} \quad S = \frac{MRS}{\sigma}$$

ここに

σ	: 引張周応力	MPa
P	: 内圧	MPa
D	: 管の外径基準寸法	m
t	: 管の最小厚さ寸法	m
SDR	: 外径厚さ比 = D/t	
MRS	: 最小要求強度	PE100 = 10MPa
S	: 安全率	

【解説】

内圧を 1.60MPa とした場合、引張周応力は 8.0MPa となります。PE100 の MRS（最小要求強度）は 10.0MPa であるため、安全率は 1.25 となります。

5.4 外圧設計

(a) 許容たわみ率

とう性管の許容たわみ率は、主に水理特性や舗装面への影響から、一般に管外径の 5% 以下とされています。一般用ポリエチレン管もこの値を許容たわみ率とします。

(b) 許容曲げ応力

管の外圧による曲げ応力に対する許容値は、同じ樹脂管である硬質塩化ビニル管と同じように、引張降伏強さに対して安全率 2.5 を見込んだ値とします。従って、許容応力 = 引張降伏強さ / 安全率 = $20/2.5 = 8.0\text{MPa}$ となります。

(c) 数値計算例

外圧に対する検討は、「水道施設設計指針」の計算式に準じます。

①土圧：マーストンの式

$$P_e = \frac{1 - e^{-2K \cdot \tan \phi \cdot H/B}}{2K \cdot \tan \phi} \cdot \rho \cdot B$$

ここに、

P_e	: 埋戻し土による土圧	N/mm ²
K	: ランキンの主動土圧係数 $\{(1 - \sin \phi)/(1 + \sin \phi)\}$	
ρ	: 土の単位体積重量	N/mm ³
ϕ	: 土の内部摩擦角	°
H	: 土被り	mm
B	: 溝巾	mm

5. 配管設計

②輪圧：ブーシネスクの式

$$P_t = \alpha(1+i)P$$

ここに,

P_t : 輪圧 N
 α : ブーシネスク係数
 i : 衝撃係数
 P : 1 後輪片荷重 N

③曲げ応力とたわみ：スパングラウの式（修正式）

$$\sigma_b = 12(r/t)^2 \{ K_b - F_r \cdot E' \cdot r^3 / 12(E \cdot I + 0.061 E' \cdot r^3) \} \cdot P_v$$

$$\delta_v = (2 F_d \cdot F_r \cdot r^4) / (E \cdot I + 0.061 E' \cdot r^3) \cdot P_v$$

ここに,

σ_b : 管底に発生する周方向応力(最大発生応力) MPa
 δ_v : 管に発生するたわみ %
 K_b : 管底のモーメント係数
 F_d : 土の変形量の遅延係数 経験的に 1.5
 F_r : 管下場の支承角によって決まる係数
 E' : 土質とつき固めによって決まる係数 MPa
 r : 管厚中心半径 mm
 E : 管材の曲げ弾性係数 MPa
 I : 管頂 1 cm あたりの断面二次モーメント(= $t^3/12$) mm⁴/mm
 P_v : 管頂における鉛直土圧 N/mm²

表-5.2 支承角係数

支 承 角	0 °	30 °	60 °	90 °	120 °	180 °
支承角係数 F_r	0.110	0.108	0.103	0.096	0.089	0.083

表-5.3 モーメント係数

支 承 角		0 °	30 °	60 °	90 °	120 °	180 °
K	管 底 K_b	0.294	0.235	0.189	0.157	0.138	0.125
	管 底 K_t	0.150	0.148	0.143	0.137	0.131	0.125
	管 底 K_s	0.153	0.152	0.147	0.140	0.133	0.125

①～③の計算式を用いて、管の外圧によるたわみおよび曲げ応力を各種土被りに対して計算しました。計算結果を表-5.5～表-5.10 に示します。なお、計算には以下の各数値を用いました。

- ・埋戻し土の単位体積重量 : $18\text{kN/m}^3 = 0.000\ 018\text{N/mm}^3$
- ・輪荷重の条件 : 25ton トラック 2 台並走
- ・ポリエチレン樹脂の曲げ弾性率 : $1\ 000\text{MPa}$

表-5.4 管頂部の溝幅

公称外径	25～125	160, 180	250	315	355	400	450	500	560	630	710	800
掘削溝幅 (m)	0.5	0.55	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7

表-5.5 管の外圧による曲げ応力とたわみ率の計算結果 (SDR11 の場合)

 E' : 埋戻し土の受動抵抗係数 MPa

 σ_{max} : 最大曲げ応力 MPa

 V : たわみ率(たわみ量/管外径×100) %

埋戻し土	支承角	土被り	0.6 m		0.8 m		1.2 m		1.5 m	
		公称外径	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V
砂 $E' = 10$	120 °	25	3.88	1.52	2.92	1.16	1.96	0.76	1.59	0.64
		32	3.81	1.47	2.87	1.09	1.92	0.75	1.57	0.59
		40	3.86	1.50	2.91	1.13	1.95	0.75	1.59	0.63
		50	3.88	1.52	2.92	1.14	1.96	0.76	1.59	0.62
		63	3.87	1.52	2.92	1.14	1.96	0.76	1.59	0.62
		75	3.93	1.56	2.96	1.17	1.99	0.79	1.62	0.64
		90	3.90	1.54	2.94	1.17	1.98	0.78	1.61	0.63
		110	3.90	1.55	2.95	1.17	1.98	0.78	1.61	0.64
		125	3.89	1.54	2.94	1.16	1.97	0.78	1.61	0.63
		160	3.87	1.53	2.93	1.16	1.98	0.78	1.62	0.64
		180	3.87	1.53	2.93	1.16	1.98	0.78	1.62	0.64
		250	3.83	1.52	2.93	1.16	2.00	0.79	1.64	0.65
		315	3.78	1.50	2.92	1.16	2.02	0.80	1.68	0.67
		355	3.75	1.49	2.91	1.15	2.03	0.81	1.70	0.68
		400	3.70	1.47	2.88	1.15	2.02	0.80	1.69	0.67
		450	3.63	1.44	2.86	1.13	2.02	0.80	1.69	0.67
		500	3.57	1.42	2.83	1.12	2.01	0.80	1.70	0.67
		560	3.50	1.39	2.80	1.11	2.01	0.80	1.71	0.68
		630	3.40	1.35	2.75	1.09	2.00	0.80	1.71	0.68
砂質土壌 $E' = 7$	120 °	25	4.38	1.76	3.30	1.32	2.22	0.88	1.80	0.72
		32	4.29	1.69	3.23	1.28	2.17	0.84	1.76	0.69
		40	4.36	1.75	3.28	1.33	2.20	0.88	1.79	0.73
		50	4.38	1.76	3.30	1.34	2.22	0.90	1.80	0.72
		63	4.37	1.76	3.30	1.33	2.21	0.89	1.80	0.73
		75	4.45	1.83	3.35	1.37	2.25	0.92	1.83	0.75
		90	4.42	1.80	3.33	1.36	2.24	0.91	1.82	0.74
		110	4.42	1.81	3.34	1.36	2.24	0.92	1.83	0.75
		125	4.40	1.79	3.32	1.35	2.23	0.91	1.82	0.74
		160	4.38	1.78	3.32	1.35	2.25	0.91	1.84	0.75
		180	4.38	1.78	3.32	1.36	2.25	0.92	1.84	0.75
		250	4.34	1.78	3.32	1.36	2.26	0.92	1.86	0.76
		315	4.29	1.75	3.31	1.35	2.29	0.94	1.91	0.78
		355	4.25	1.74	3.30	1.35	2.30	0.94	1.92	0.79
		400	4.19	1.72	3.27	1.34	2.29	0.94	1.92	0.79
		450	4.12	1.68	3.24	1.32	2.28	0.93	1.92	0.78
		500	4.05	1.66	3.21	1.31	2.28	0.93	1.92	0.79
		560	3.96	1.62	3.17	1.30	2.28	0.93	1.93	0.79
		630	3.85	1.58	3.12	1.28	2.27	0.93	1.93	0.79

5. 配管設計

埋戻し土	支承角	土被り	0.6 m		0.8 m		1.2 m		1.5 m	
		公称外径	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V
円形 $E' = 4$	120 °	25	5.09	2.12	3.83	1.60	2.57	1.08	2.09	0.88
		32	4.95	2.03	3.72	1.53	2.50	1.03	2.03	0.84
		40	5.05	2.08	3.80	1.58	2.55	1.05	2.07	0.85
		50	5.08	2.12	3.83	1.60	2.57	1.06	2.09	0.86
		63	5.08	2.11	3.82	1.59	2.57	1.06	2.09	0.87
		75	5.19	2.19	3.91	1.65	2.62	1.11	2.14	0.91
		90	5.14	2.17	3.88	1.63	2.61	1.10	2.12	0.89
		110	5.15	2.17	3.89	1.64	2.61	1.10	2.13	0.90
		125	5.12	2.15	3.87	1.62	2.60	1.09	2.12	0.89
		160	5.10	2.14	3.86	1.62	2.61	1.09	2.14	0.89
		180	5.09	2.14	3.86	1.62	2.62	1.10	2.14	0.90
		250	5.06	2.14	3.86	1.63	2.63	1.11	2.17	0.91
		315	4.99	2.11	3.85	1.63	2.67	1.13	2.22	0.94
		355	4.95	2.09	3.84	1.62	2.68	1.13	2.24	0.95
		400	4.88	2.06	3.81	1.61	2.67	1.13	2.24	0.95
		450	4.79	2.02	3.77	1.59	2.66	1.12	2.24	0.94
		500	4.72	1.99	3.74	1.58	2.66	1.12	2.24	0.95
		560	4.62	1.95	3.70	1.56	2.66	1.12	2.25	0.95
		630	4.49	1.89	3.63	1.53	2.64	1.11	2.25	0.95

表-5.6 管の外圧による曲げ応力とたわみ率の計算結果 (SDR13.6 の場合)

 E' : 埋戻し土の受動抵抗係数 MPa

 σ_{max} : 最大曲げ応力 MPa

 V : たわみ率(たわみ量/管外径×100) %

埋戻し土	支承角	土被り	0.6 m		0.8 m		1.2 m		1.5 m	
		公称外径	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V
砂 $E' = 10$	120 °	75	4.60	2.11	3.49	1.60	2.39	1.09	1.99	0.92
		90	4.60	2.12	3.49	1.61	2.40	1.10	2.00	0.92
		110	4.63	2.15	3.51	1.63	2.41	1.12	2.01	0.93
		125	4.62	2.14	3.51	1.62	2.41	1.12	2.01	0.93
		160	4.59	2.13	3.50	1.62	2.41	1.11	2.01	0.93
		180	4.58	2.12	3.49	1.61	2.40	1.11	2.00	0.93
		250	4.53	2.10	3.47	1.61	2.40	1.11	2.00	0.93
		315	4.46	2.06	3.44	1.59	2.39	1.11	2.00	0.93
		355	4.41	2.05	3.42	1.59	2.39	1.11	2.00	0.93
		400	4.36	2.02	3.40	1.58	2.38	1.11	2.00	0.93
		450	4.28	1.99	3.77	1.56	2.38	1.10	2.00	0.93
		500	4.21	1.95	3.33	1.54	2.37	1.10	2.00	0.93
		560	4.12	1.91	3.29	1.53	2.37	1.10	2.01	0.93
		630	4.01	1.86	3.24	1.50	2.36	1.09	2.01	0.93
		710	3.87	1.79	3.18	1.47	2.34	1.09	2.01	0.93
		800	3.72	1.72	3.10	1.44	2.32	1.07	2.00	0.93
砂質土壌 $E' = 7$	120 °	75	5.39	2.61	4.09	1.97	2.80	1.36	2.33	1.13
		90	5.39	2.62	4.09	1.99	2.81	1.37	2.34	1.13
		110	5.43	2.65	4.12	2.02	2.83	1.39	2.36	1.15
		125	5.42	2.66	4.12	2.02	2.83	1.38	2.36	1.15
		160	5.39	2.64	4.11	2.01	2.83	1.38	2.35	1.15
		180	5.37	2.62	4.09	2.00	2.82	1.38	2.35	1.15
		250	5.32	2.60	4.08	2.00	2.82	1.38	2.35	1.15
		315	5.23	2.56	4.04	1.98	2.81	1.37	2.35	1.15
		355	5.18	2.54	4.02	1.97	2.80	1.37	2.35	1.15
		400	5.11	2.51	3.99	1.96	2.80	1.37	2.34	1.15
		450	5.03	2.46	3.95	1.94	2.79	1.37	2.35	1.15
		500	4.94	2.42	3.91	1.92	2.78	1.36	2.35	1.15
		560	4.83	2.37	3.87	1.89	2.78	1.36	2.36	1.15
		630	4.70	2.30	3.81	1.87	2.77	1.36	2.36	1.16
		710	4.54	2.23	3.73	1.83	2.75	1.35	2.36	1.16
		800	4.36	2.14	3.64	1.78	2.72	1.33	2.34	1.15
ローム $E' = 4$	120 °	75	6.66	3.41	5.06	2.59	3.47	1.77	2.89	1.48
		90	6.68	3.43	5.07	2.60	3.48	1.79	2.90	1.49
		110	6.74	3.50	5.12	2.65	3.52	1.83	2.93	1.52
		125	6.74	3.50	5.12	2.66	3.52	1.82	2.93	1.52
		160	6.69	3.47	5.10	2.64	3.51	1.82	2.92	1.51
		180	6.66	3.44	5.08	2.63	3.50	1.81	2.92	1.51
		250	6.60	3.43	5.06	2.63	3.50	1.82	2.92	1.52
		315	6.50	3.37	5.02	2.60	3.49	1.81	2.91	1.51
		355	6.44	3.34	4.99	2.59	3.48	1.81	2.92	1.52
		400	6.35	3.30	4.96	2.58	3.47	1.81	2.91	1.51
		450	6.24	3.24	4.91	2.55	3.47	1.80	2.91	1.51
		500	6.14	3.18	4.86	2.52	3.46	1.79	2.92	1.51
		560	6.00	3.12	4.80	2.49	3.45	1.79	2.93	1.52
		630	5.84	3.04	4.73	2.46	3.44	1.79	2.94	1.53
		710	5.65	2.93	4.63	2.41	3.42	1.77	2.93	1.52
		800	5.42	2.82	4.52	2.35	3.38	1.76	2.91	1.51

5. 配管設計

表-5.7 管の外圧による曲げ応力とたわみ率の計算結果（SDR17 の場合）

 E' : 埋戻し土の受動抵抗係数 MPa

 σ_{max} : 最大曲げ応力 MPa

 V : たわみ率(たわみ量/管外径×100) %

埋戻し土	支承角	土被り	0.6 m		0.8 m		1.2 m		1.5 m	
		公称外径	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V
砂 $E' = 10$	120 °	75	5.21	2.61	3.93	1.97	2.64	1.32	2.15	1.08
		90	5.20	2.61	3.93	1.97	2.64	1.32	2.15	1.08
		110	5.20	2.61	3.92	1.97	2.64	1.33	2.14	1.07
		125	5.23	2.63	3.95	1.98	2.66	1.34	2.16	1.09
		160	5.20	2.62	3.94	1.98	2.66	1.34	2.18	1.09
		180	5.18	2.61	3.93	1.98	2.66	1.34	2.18	1.09
		250	5.13	2.58	3.92	1.97	2.67	1.34	2.20	1.11
		315	5.06	2.55	3.90	1.96	2.70	1.36	2.25	1.13
		355	5.01	2.52	3.88	1.95	2.71	1.36	2.27	1.14
		400	4.95	2.49	3.86	1.94	2.71	1.36	2.27	1.14
		450	4.87	2.45	3.82	1.92	2.70	1.36	2.27	1.14
		500	4.78	2.40	3.78	1.90	2.69	1.35	2.27	1.14
		560	4.68	2.35	3.74	1.88	2.69	1.35	2.28	1.15
		630	4.55	2.29	3.68	1.85	2.68	1.35	2.28	1.15
		710	4.40	2.21	3.61	1.82	2.66	1.34	2.28	1.15
		800	4.22	2.13	3.52	1.77	2.63	1.32	2.27	1.14
砂質土壌 $E' = 7$	120 °	75	6.20	3.41	4.67	2.57	3.14	1.73	2.55	1.40
		90	6.19	3.41	4.67	2.57	3.14	1.72	2.55	1.40
		110	6.18	3.40	4.66	2.57	3.13	1.73	2.55	1.41
		125	6.22	3.44	4.70	2.60	3.16	1.75	2.57	1.42
		160	6.19	3.43	4.69	2.59	3.17	1.76	2.59	1.43
		180	6.16	3.41	4.68	2.58	3.16	1.75	2.59	1.43
		250	6.10	3.38	4.66	2.58	3.18	1.76	2.61	1.45
		315	6.02	3.33	4.64	2.57	3.21	1.78	2.68	1.48
		355	5.95	3.29	4.62	2.55	3.22	1.78	2.70	1.49
		400	5.88	3.26	4.59	2.54	3.22	1.78	2.70	1.49
		450	5.79	3.20	4.55	2.52	3.21	1.78	2.70	1.49
		500	5.68	3.14	4.50	2.49	3.20	1.77	2.70	1.49
		560	5.56	3.08	4.45	2.46	3.20	1.77	2.71	1.50
		630	5.41	2.99	4.38	2.42	3.18	1.76	2.72	1.50
		710	5.23	2.89	4.29	2.37	3.16	1.75	2.72	1.50
		800	5.02	2.78	4.18	2.32	3.13	1.73	2.70	1.49
ローム $E' = 4$	120 °	75	8.05	4.91	6.07	3.71	4.07	2.48	3.31	2.03
		90	8.04	4.91	6.06	3.70	4.07	2.49	3.31	2.02
		110	8.03	4.90	6.06	3.70	4.07	2.48	3.31	2.02
		125	8.09	4.98	6.11	3.76	4.11	2.53	3.34	2.06
		160	8.05	4.94	6.11	3.74	4.12	2.53	3.37	2.07
		180	8.02	4.92	6.08	3.73	4.12	2.53	3.37	2.07
		250	7.94	4.89	6.07	3.74	4.14	2.55	3.40	2.09
		315	7.83	4.81	6.04	3.71	4.18	2.57	3.48	2.14
		355	7.74	4.75	6.01	3.69	4.19	2.57	3.51	2.15
		400	7.66	4.71	5.97	3.68	4.19	2.58	3.51	2.16
		450	7.53	4.63	5.91	3.64	4.18	2.57	3.51	2.16
		500	7.39	4.54	5.81	3.60	4.16	2.56	3.51	2.17
		560	7.24	4.45	5.79	3.56	4.16	2.56	3.53	2.17
		630	7.03	4.32	5.69	3.50	4.14	2.54	3.53	2.17
		710	6.80	4.18	5.58	3.43	4.12	2.53	3.53	2.17
		800	6.53	4.02	5.44	3.35	4.07	2.51	3.51	2.16

表-5.8 管の外圧による曲げ応力とたわみ率の計算結果 (SDR21 の場合)

E' : 埋戻し土の受動抵抗係数 MPa
 σ_{max} : 最大曲げ応力 MPa
 V : たわみ率(たわみ量/管外径×100) %

埋戻し土	支承角	土被り	0.6 m		0.8 m		1.2 m		1.5 m	
		公称外径	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V
砂 $E' = 10$	120 °	75	6.08	3.00	4.61	2.28	3.16	1.56	2.63	1.31
		90	6.09	3.00	4.62	2.28	3.17	1.57	2.64	1.30
		110	6.04	2.99	4.59	2.27	3.15	1.55	2.62	1.30
		125	6.05	2.98	4.60	2.27	3.16	1.56	2.63	1.30
		160	6.01	2.97	4.58	2.26	3.15	1.56	2.62	1.30
		180	6.03	2.97	4.60	2.27	3.17	1.56	2.64	1.30
		250	5.97	2.94	4.58	2.25	3.17	1.56	2.64	1.30
		315	5.87	2.89	4.54	2.23	3.15	1.55	2.64	1.30
		355	5.81	2.86	4.51	2.22	3.15	1.55	2.63	1.30
		400	5.72	2.82	4.46	2.20	3.13	1.54	2.62	1.29
		450	5.63	2.78	4.42	2.18	3.12	1.54	2.62	1.29
		500	5.53	2.73	4.38	2.16	3.11	1.54	2.63	1.30
		560	5.42	2.67	4.33	2.14	3.11	1.53	2.64	1.30
		630	5.27	2.60	4.27	2.10	3.10	1.53	2.65	1.30
		710	5.08	2.51	4.17	2.06	3.08	1.52	2.64	1.30
		800	4.89	2.41	4.08	2.01	3.05	1.50	2.63	1.30
砂質土壌 $E' = 7$	120 °	75	7.11	4.07	5.39	3.09	3.70	2.12	3.08	1.76
		90	7.12	4.08	5.41	3.10	3.71	2.12	3.09	1.77
		110	7.07	4.05	5.37	3.08	3.69	2.12	3.07	1.76
		125	7.08	4.06	5.38	3.08	3.70	2.12	3.08	1.76
		160	7.04	4.03	5.36	3.07	3.69	2.11	3.07	1.76
		180	7.05	4.03	5.37	3.08	3.70	2.12	3.09	1.77
		250	6.98	3.99	5.35	3.06	3.70	2.12	3.09	1.77
		315	6.87	3.93	5.30	3.03	3.69	2.11	3.08	1.77
		355	6.79	3.89	5.27	3.02	3.68	2.10	3.08	1.76
		400	6.69	3.83	5.22	2.99	3.66	2.10	3.06	1.76
		450	6.58	3.77	5.17	2.96	3.65	2.09	3.07	1.76
		500	6.46	3.70	5.12	2.93	3.64	2.09	3.07	1.76
		560	6.33	3.63	5.07	2.90	3.64	2.08	3.09	1.77
		630	6.16	3.53	4.99	2.86	3.63	2.08	3.10	1.77
		710	5.96	3.40	4.88	2.79	3.60	2.06	3.09	1.77
		800	5.72	3.27	4.76	2.73	3.56	2.04	3.07	1.76
ローム $E' = 4$	120 °	75	9.29	6.33	7.05	4.80	4.84	3.29	4.03	2.75
		90	9.31	6.36	7.06	4.82	4.85	3.31	4.04	2.76
		110	9.25	6.30	7.02	4.78	4.82	3.28	4.02	2.74
		125	9.25	6.30	7.03	4.79	4.83	3.30	4.02	2.74
		160	9.20	6.26	7.00	4.77	4.82	3.28	4.02	2.74
		180	9.21	6.28	7.02	4.79	4.84	3.30	4.03	2.75
		250	9.11	6.22	6.99	4.78	4.83	3.30	4.03	2.76
		315	8.97	6.13	6.92	4.73	4.81	3.29	4.02	2.75
		355	8.87	6.06	6.88	4.70	4.80	3.28	4.02	2.75
		400	8.74	5.97	6.82	4.66	4.78	3.26	4.00	2.73
		450	8.60	5.87	6.79	4.61	4.77	3.26	4.01	2.74
		500	8.45	5.76	6.69	4.57	4.76	3.25	4.01	2.74
		560	8.27	5.65	6.62	4.52	4.76	3.25	4.03	2.76
		630	8.05	5.50	6.52	4.45	4.74	3.24	4.04	2.76
		710	7.74	5.30	6.38	4.35	4.70	3.21	4.04	2.75
		800	7.47	5.10	6.22	4.25	4.65	3.18	4.01	2.74

※表中網掛けは許容曲げ応力または許容たわみ率を超えているもの。

表-5.9 管の外圧による曲げ応力とたわみ率の計算結果 (SDR26 の場合)

E' : 埋戻し土の受動抵抗係数 MPa

 σ_{max} : 最大曲げ応力 MPa

V : たわみ率(たわみ量/管外径×100) %

埋戻し土	支承角	土被り	0.6 m		0.8 m		1.2 m		1.5 m	
		公称外径	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V
砂 E' = 10	120 °	160	7.34	3.18	5.56	2.41	3.76	1.63	3.07	1.33
		180	7.41	3.18	5.62	2.41	3.80	1.63	3.11	1.33
		250	7.31	3.14	5.58	2.40	3.81	1.64	3.13	1.34
		315	7.21	3.10	5.56	2.39	3.85	1.66	3.21	1.38
		355	7.16	3.07	5.56	2.38	3.88	1.66	3.24	1.39
		400	7.08	3.03	5.52	2.37	3.87	1.66	3.24	1.39
		450	6.97	2.98	5.48	2.35	3.87	1.66	3.25	1.39
		500	6.85	2.93	5.43	2.32	3.86	1.65	3.26	1.39
		560	6.70	2.87	5.36	2.29	3.85	1.65	3.27	1.40
		630	6.51	2.79	5.27	2.26	3.83	1.64	3.27	1.40
		710	6.28	2.69	5.15	2.21	3.80	1.63	3.26	1.40
		800	6.04	2.59	5.03	2.16	3.76	1.61	3.25	1.39
砂質土壌 E' = 7	120 °	160	8.29	4.42	6.28	3.35	4.25	2.26	3.47	1.85
		180	8.35	4.42	6.33	3.36	4.29	2.27	3.50	1.86
		250	8.23	4.36	6.39	3.34	4.29	2.28	3.52	1.87
		315	8.13	4.31	6.27	3.32	4.34	2.30	3.61	1.92
		355	8.07	4.27	6.26	3.31	4.37	2.31	3.65	1.94
		400	7.97	4.22	6.22	3.29	4.36	2.31	3.65	1.93
		450	7.85	4.15	6.17	3.26	4.35	2.30	3.66	1.94
		500	7.72	4.08	6.11	3.23	4.35	2.30	3.67	1.94
		560	7.54	3.99	6.04	3.19	4.34	2.29	3.68	1.94
		630	7.33	3.88	5.93	3.14	4.32	2.28	3.68	1.95
		710	7.07	3.75	5.81	3.07	4.28	2.27	3.67	1.95
		800	6.80	3.60	5.67	3.00	4.24	2.24	3.65	1.93
ローム E' = 4	120 °	160	10.43	7.23	7.91	5.48	5.34	3.71	4.37	3.03
		180	10.48	7.25	7.95	5.50	5.38	3.72	4.4	3.04
		250	1.34	7.16	7.90	5.46	5.39	3.73	4.43	3.06
		315	10.21	7.06	7.87	5.45	5.45	3.77	4.54	3.14
		355	10.13	7.00	7.86	5.43	5.48	3.79	4.59	3.17
		400	10.00	6.91	7.80	5.40	5.47	3.78	4.58	3.17
		450	9.85	6.81	7.74	5.35	5.46	3.78	4.59	3.18
		500	9.68	6.69	7.67	5.30	5.45	3.77	4.60	3.18
		560	9.47	6.54	7.59	5.23	5.44	3.76	4.62	3.19
		630	9.20	6.36	7.45	5.15	5.42	3.74	4.62	3.19
		710	8.88	6.14	7.29	5.04	5.37	3.72	4.61	3.19
		800	8.53	5.90	7.11	4.92	5.32	3.68	4.59	3.17

※表中網掛けは許容曲げ応力または許容たわみ率を超えているもの。

表-5.10 管の外圧による曲げ応力とたわみ率の計算結果 (SDR33 の場合)

E' : 埋戻し土の受動抵抗係数 MPa
 σ_{max} : 最大曲げ応力 MPa
 V : たわみ率(たわみ量/管外径×100) %

埋戻し土	支承角	土被り	0.6 m		0.8 m		1.2 m		1.5 m	
		公称外径	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V	σ_{max}	V
砂 $E' = 10$	120 °	315	9.62	3.23	7.42	2.49	5.14	1.73	4.28	1.43
		355	9.56	3.20	7.42	2.48	5.18	1.73	4.33	1.45
		400	9.41	3.16	7.35	2.46	5.15	1.73	4.31	1.45
		450	9.30	3.11	7.31	2.44	5.16	1.72	4.34	1.45
		500	9.17	3.05	7.26	2.42	5.17	1.72	4.36	1.45
		560	8.92	2.99	7.14	2.39	5.13	1.72	4.35	1.46
		630	8.71	2.90	7.05	2.35	5.13	1.71	4.37	1.46
		710	8.39	2.81	6.88	2.30	5.08	1.70	4.36	1.46
		800	8.08	2.70	6.73	2.25	5.04	1.68	4.34	1.45
砂質土壌 $E' = 7$	120 °	315	10.41	4.55	8.03	3.51	5.56	2.43	4.63	2.02
		355	10.34	4.51	8.02	3.50	5.60	2.44	4.68	2.04
		400	10.18	4.45	7.94	3.47	5.57	2.43	4.67	2.04
		450	10.06	4.38	7.90	3.44	5.58	2.43	4.69	2.04
		500	9.91	4.30	7.85	3.41	5.58	2.42	4.71	2.04
		560	9.65	4.20	7.72	3.36	5.55	2.42	4.70	2.05
		630	9.41	4.09	7.62	3.31	5.54	2.41	4.73	2.05
		710	9.07	3.95	7.44	3.24	5.49	2.39	4.71	2.05
		800	8.74	3.80	7.28	3.16	5.44	2.37	4.69	2.04
ローム $E' = 4$	120 °	315	12.28	7.69	9.47	5.93	6.56	4.10	5.46	3.42
		355	12.19	7.61	9.46	5.91	6.60	4.12	5.52	3.45
		400	12.01	7.51	9.37	5.86	6.57	4.11	5.50	3.44
		450	11.85	7.40	9.32	5.81	6.58	4.10	5.53	3.45
		500	11.67	7.25	9.25	5.76	6.58	4.10	5.55	3.46
		560	11.37	7.11	9.10	5.68	6.54	4.09	5.55	3.47
		630	11.09	6.91	8.98	5.60	6.53	4.07	5.57	3.47
		710	10.69	6.68	8.78	5.48	6.47	4.04	5.55	3.47
		800	10.29	6.42	8.57	5.35	6.41	4.00	5.53	3.45

※表中網掛けは許容曲げ応力または許容たわみ率を超えているもの。

5.5 水理設計

管の流量計算は、次の Hazen-Williams の式で行います。

Hazen-Williams 式 (m-sec 単位)

$$V = 0.84935C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54}$$

管が満水状態の場合、管内径を d とすると、径深 R は $d/4$ となるため、上式を変形すれば次式のようになります。

$$V = 0.35464C \cdot d^{0.63} \cdot I^{0.54}$$

$$Q = 0.27853C \cdot d^{2.63} \cdot I^{0.54}$$

$$d = 1.6258C^{-0.38} \cdot Q^{0.83} \cdot I^{-0.205}$$

$$I = \frac{h}{L} = 10.666C^{-1.85} \cdot d^{-4.87} \cdot Q^{1.85}$$

Q : 流量 m^3 / sec

V : 流速 m / sec

C : 流速係数

d : 管内径 m

I : 動水勾配 h/m

h : 摩擦損失水頭 m

L : 管路延長 m

R : 径深 m

一般用ポリエチレン管は内面が滑らかで経年変化の少ない管材ですので、铸铁管や銅管、塩ビ管等と同等以上の流量を確保することができます。流速係数 $C=140$ としたときの流量表を表-5.11～20、流量線図を図-5.1～6 に示します。

表-5.11 管の流量表 (C=140) SDR11 の場合

単位: ℓ /sec

公称外径	25	32	40	50	63	75	90	110	125	160
内径 (mm) (参考)	20.0	25.6	32.2	40.2	50.7	60.6	72.6	88.9	100.9	129.2
動水 勾配 (‰)										
0.5	0.022	0.042	0.077	0.137	0.253	0.404	0.650	1.107	1.544	2.958
1.0	0.032	0.061	0.111	0.200	0.367	0.587	0.945	1.609	2.245	4.302
1.5	0.040	0.076	0.139	0.248	0.457	0.731	1.176	2.003	2.795	5.354
2.0	0.046	0.089	0.162	0.290	0.534	0.854	1.373	2.340	3.264	6.254
2.5	0.052	0.100	0.183	0.327	0.603	0.963	1.549	2.639	3.682	7.055
3.0	0.058	0.110	0.202	0.361	0.665	1.063	1.710	2.912	4.063	7.785
3.5	0.063	0.120	0.219	0.393	0.723	1.155	1.858	3.165	4.416	8.461
4.0	0.067	0.129	0.235	0.422	0.777	1.242	1.997	3.402	4.746	9.094
4.5	0.072	0.137	0.251	0.450	0.828	1.323	2.128	3.625	5.058	9.691
5.0	0.076	0.145	0.266	0.476	0.876	1.401	2.253	3.838	5.354	10.25
6.0	0.084	0.160	0.293	0.525	0.967	1.546	2.486	4.235	5.908	11.31
7.0	0.091	0.174	0.318	0.571	1.051	1.680	2.702	4.602	6.421	12.30
8.0	0.098	0.187	0.342	0.613	1.129	1.805	2.904	4.946	6.901	13.22
9.0	0.104	0.200	0.365	0.654	1.204	1.924	3.094	5.271	7.354	14.09
10.0	0.110	0.211	0.386	0.692	1.274	2.037	3.275	5.580	7.785	14.91
15.0	0.137	0.263	0.481	0.861	1.586	2.535	4.077	6.945	9.690	18.56
20.0	0.160	0.307	0.561	1.006	1.852	2.961	4.762	8.113	11.31	21.68
25.0	0.181	0.346	0.633	1.135	2.090	3.340	5.372	9.152	12.76	24.46
30.0	0.200	0.382	0.699	1.252	2.306	3.686	5.928	10.09	14.08	26.99
35.0	0.217	0.415	0.759	1.361	2.506	4.006	6.443	10.97	15.31	29.33
40.0	0.233	0.446	0.816	1.463	2.693	4.305	6.924	11.79	16.45	31.53
45.0	0.249	0.476	0.870	1.559	2.870	4.588	7.379	12.57	17.53	33.60
50.0	0.263	0.504	0.921	1.650	3.038	4.857	7.811	13.30	18.56	35.56
60.0	0.290	0.556	1.016	1.821	3.353	5.359	8.619	14.68	20.48	39.24
70.0	0.316	0.604	1.104	1.979	3.644	5.824	9.367	15.95	22.26	42.65
80.0	0.339	0.649	1.187	2.127	3.916	6.260	10.06	17.15	23.92	45.84
90.0	0.361	0.692	1.265	2.267	4.173	6.671	10.72	18.27	25.49	48.85
100.0	0.383	0.732	1.339	2.399	4.417	7.062	11.35	19.34	26.99	51.71
150.0	0.476	0.912	1.666	2.987	5.499	8.790	14.13	24.08	33.59	64.37
200.0	0.556	1.065	1.946	3.489	6.423	10.26	16.51	28.13	39.24	75.19
250.0	0.627	1.201	2.196	3.936	7.245	11.58	18.62	31.73	44.27	84.82
300.0	0.692	1.325	2.423	4.343	7.995	12.78	20.55	35.01	48.85	93.59
350.0	0.752	1.440	2.633	4.720	8.689	13.89	22.33	38.05	53.09	101.7
400.0	0.809	1.548	2.830	5.073	9.339	14.92	24.00	40.90	57.06	109.3
450.0	0.862	1.650	3.016	5.406	9.952	15.90	25.58	43.58	60.80	116.5
500.0	0.912	1.746	3.192	5.722	10.53	16.84	27.08	46.13	64.36	123.3

表-5.12 管の流量表 (C=140) SDR11 の場合

単位: ℓ /sec

公称外径	180	250	315	355	400	450	500	560	630
内径 (mm) (参考)	145.4	202.2	254.8	287.2	323.6	364.0	404.5	453.2	509.7
動水 勾配 (%)									
0.5	4.036	9.608	17.65	24.18	33.10	45.10	59.52	80.26	109.3
1.0	5.869	13.97	25.66	35.15	48.12	65.57	86.54	116.7	158.9
1.5	7.305	17.39	31.94	43.76	59.90	81.62	107.7	145.3	197.8
2.0	8.533	20.31	37.31	51.11	69.96	95.34	125.8	169.7	231.1
2.5	9.626	22.91	42.09	57.66	78.92	107.5	141.9	191.4	260.7
3.0	10.62	25.28	46.44	63.63	87.09	118.7	156.6	211.2	287.7
3.5	11.54	27.47	50.47	69.15	94.65	129.0	170.2	229.5	312.6
4.0	12.40	29.53	54.25	74.32	101.7	138.6	182.9	246.7	336.0
4.5	13.22	31.47	57.81	79.20	108.4	147.7	195.0	262.9	358.1
5.0	13.99	33.31	61.20	83.84	114.8	156.4	206.4	278.3	379.0
6.0	15.44	36.76	67.53	92.51	126.6	172.5	227.7	307.1	418.3
7.0	16.78	39.95	73.39	100.5	137.6	187.5	247.5	333.7	454.6
8.0	18.03	42.94	78.88	108.0	147.9	201.5	266.0	358.7	488.5
9.0	19.22	45.76	84.06	115.1	157.6	214.8	283.5	382.2	520.6
10.0	20.34	48.44	88.98	121.9	166.8	227.4	300.1	404.6	551.1
15.0	25.33	60.29	110.7	151.7	207.7	283.0	373.5	503.7	686.0
20.0	29.58	70.43	129.3	177.2	242.6	330.6	436.3	588.3	801.3
25.0	33.37	79.45	145.9	199.9	273.7	372.9	492.1	663.6	903.9
30.0	36.82	87.67	161.0	220.6	302.0	411.5	543.1	732.3	997.4
35.0	40.02	95.28	175.0	239.7	328.2	447.2	590.2	795.9	1 084
40.0	43.01	102.4	188.1	257.7	352.7	480.6	634.3	855.4	1 165
45.0	45.84	109.1	200.4	274.6	375.9	512.2	676.0	911.5	1 242
50.0	48.52	115.5	212.2	290.7	397.9	542.2	715.5	964.9	1 314
60.0	53.54	127.4	234.1	320.7	439.1	598.3	789.6	1 065	1 450
70.0	58.19	138.5	254.4	348.6	477.2	650.2	858.1	1 157	1 576
80.0	62.54	148.8	273.5	374.7	512.9	698.8	922.3	1 244	1 694
90.0	66.65	158.6	291.4	399.3	546.5	744.7	982.8	1 325	1 805
100.0	70.55	167.9	308.5	422.6	578.5	788.3	1 040	1 403	1 911
150.0	87.82	209.0	384.0	526.1	720.1	981.3	1 295	1 746	2 379
200.0	102.5	244.2	448.6	614.5	841.2	1 146	1 513	2 040	2 778
250.0	115.7	275.4	506.0	693.2	948.9	1 293	1 706	2 301	3 134
300.0	127.7	303.9	558.4	765.0	1 047	1 427	1 883	2 539	3 458
350.0	138.7	330.3	606.8	831.4	1 138	1 551	2 046	2 760	3 759
400.0	149.1	355.0	652.2	893.5	1 223	1 667	2 199	2 966	4 040
450.0	158.9	378.3	695.0	952.2	1 303	1 776	2 344	3 161	4 305
500.0	168.2	400.5	735.7	1 008	1 380	1 880	2 481	3 346	4 557

表-5.13 管の流量表 (C=140) SDR13.6 の場合

単位: ℓ /sec

公称外径	75	90	110	125	160	180	250	315	355
内径 (mm) (参考)	63.1	75.8	92.8	105.5	135.1	151.9	211.2	266.1	300.0
動水 勾配 (%)									
0.5	0.449	0.728	1.239	1.736	3.327	4.528	10.77	19.78	27.12
1.0	0.653	1.058	1.802	2.524	4.838	6.584	15.67	28.77	39.43
1.5	0.813	1.317	2.243	3.142	6.022	8.196	19.50	35.81	49.08
2.0	0.950	1.538	2.619	3.670	7.034	9.573	22.78	41.82	57.33
2.5	1.071	1.735	2.955	4.140	7.934	10.80	25.69	47.18	64.67
3.0	1.182	1.915	3.261	4.569	8.755	11.92	28.35	52.06	71.36
3.5	1.285	2.081	3.544	4.965	9.515	12.95	30.81	56.58	77.56
4.0	1.381	2.237	3.809	5.337	10.23	13.92	33.12	60.81	83.36
4.5	1.472	2.384	4.059	5.687	10.90	14.83	35.29	64.80	88.83
5.0	1.558	2.523	4.296	6.020	11.54	15.70	37.36	68.60	94.03
6.0	1.719	2.784	4.741	6.643	12.73	17.33	41.22	75.695	103.8
7.0	1.868	3.026	5.152	7.219	13.83	18.83	44.80	82.27	112.8
8.0	2.008	3.252	5.538	7.759	14.87	20.24	48.15	88.42	121.2
9.0	2.140	3.466	5.901	8.269	15.85	21.57	51.31	94.22	129.2
10.0	2.265	3.669	6.247	8.753	16.77	22.83	54.32	99.74	136.7
15.0	2.819	4.567	7.776	10.90	20.88	28.42	67.61	124.15	170.2
20.0	3.293	5.334	9.083	12.73	24.39	33.19	78.98	145.2	198.8
25.0	3.715	6.018	10.25	14.36	27.51	37.44	89.09	163.6	224.2
30.0	4.099	6.640	11.31	15.84	30.36	41.32	98.31	180.5	247.4
35.0	4.455	7.217	12.29	17.22	32.99	44.90	106.8	196.2	268.9
40.0	4.788	7.756	13.21	18.50	35.46	48.26	114.8	210.9	289.0
45.0	5.103	8.265	14.07	19.72	37.79	51.43	122.4	224.7	308.0
50.0	5.402	8.749	14.90	20.87	40.00	54.44	129.5	237.9	326.0
60.0	5.960	9.655	16.44	23.03	44.14	60.08	142.9	262.5	359.8
70.0	6.478	10.49	17.87	25.03	47.97	65.29	155.3	285.2	391.0
80.0	6.962	11.28	19.20	26.90	51.56	70.17	167.0	306.6	420.2
90.0	7.419	12.02	20.46	28.67	54.94	74.78	177.9	326.7	447.8
100.0	7.854	12.72	21.66	30.35	58.16	79.16	188.3	345.8	474.0
150.0	9.776	15.84	26.96	37.78	72.40	98.53	234.4	430.5	590.0
200.0	11.42	18.50	31.49	44.13	84.56	115.1	273.8	502.8	689.3
250.0	12.88	20.86	35.53	49.78	95.39	129.8	308.9	567.2	777.5
300.0	14.21	23.02	39.20	54.93	105.3	143.3	340.9	625.9	858.0
350.0	15.45	25.02	42.60	59.70	114.4	155.7	370.5	680.2	932.5
400.0	16.60	26.89	45.79	64.16	123.0	167.3	398.2	731.1	1 002
450.0	17.69	28.66	48.80	68.37	131.0	178.3	424.3	779.1	1 068
500.0	18.73	30.34	51.65	72.38	138.7	188.8	449.1	824.7	1 130

表-5.14 管の流量表 (C=140) SDR13.6 の場合

単位: ℓ /sec

公称外径	400	450	500	560	630	710	800
内径 (mm) (参考)	338.1	380.3	422.6	473.3	532.6	600.2	676.4
動水 勾配 (%)							
0.5	37.14	50.60	66.78	89.96	122.7	168.0	230.1
1.0	54.00	73.58	97.09	130.8	178.4	244.3	334.5
1.5	67.22	91.58	120.9	162.8	221.1	304.1	416.4
2.0	78.51	107.0	141.2	190.2	259.4	355.2	486.4
2.5	88.57	120.7	159.3	214.5	292.6	400.7	548.7
3.0	97.73	133.2	175.7	236.7	322.9	442.1	605.5
3.5	106.2	144.7	191.0	257.3	350.9	480.5	658.0
4.0	114.2	155.5	205.3	276.5	377.2	516.5	707.2
4.5	121.7	165.8	218.7	294.7	401.9	550.4	753.7
5.0	128.8	175.5	231.6	311.9	425.5	582.6	797.8
6.0	142.1	193.6	255.5	344.2	469.5	642.9	880.3
7.0	154.4	210.4	277.7	374.1	510.3	698.7	956.7
8.0	166.0	226.2	298.4	402.0	548.4	750.9	1 028
9.0	176.9	241.0	318.0	428.4	584.4	800.2	1 096
10.0	187.2	255.1	336.7	453.5	618.6	847.1	1 160
15.0	233.1	317.6	419.1	564.5	770.1	1 054	1 444
20.0	272.2	370.9	489.5	659.4	899.5	1 232	1 687
25.0	307.1	418.4	552.2	743.9	1 015	1 389	1 902
30.0	338.9	461.7	609.3	820.8	1 120	1 533	2 099
35.0	368.3	501.8	662.2	892.1	1 217	1 666	2 282
40.0	395.8	539.3	711.7	958.8	1 308	1 791	2 452
45.0	421.8	574.7	758.4	1 022	1 394	1 908	2 613
50.0	446.5	608.4	802.9	1 082	1 475	2 020	2 766
60.0	492.7	671.3	885.9	1 193	1 628	2 229	3 052
70.0	535.5	729.6	962.8	1 297	1 769	2 423	3 317
80.0	575.5	784.2	1 035	1 394	1 902	2 604	3 565
90.0	613.3	835.6	1 103	1 486	2 026	2 775	3 799
100.0	649.2	884.6	1 167	1 573	2 145	2 937	4 022
150.0	808.1	1 101	1 453	1 957	2 670	3 656	5 006
200.0	943.9	1 286	1 697	2 286	3 119	4 270	5 848
250.0	1 065	1 451	1 915	2 579	3 518	4 817	6 597
300.0	1 175	1 601	2 113	2 846	3 882	5 316	7 279
350.0	1 277	1 740	2 296	3 093	4 219	5 777	7 911
400.0	1 372	1 870	2 468	3 324	4 535	6 209	8 503
450.0	1 463	1 993	2 630	3 543	4 832	6 617	9 061
500.0	1 548	2 109	2 784	3 750	5 115	7 004	9 591

表-5.15 管の流量表 (C=140) SDR17 の場合

単位: ℓ /sec

公称外径	75	90	110	125	160	180	250	315	355
内径 (mm) (参考)	65.4	78.5	96.0	109.3	139.9	157.4	218.8	275.6	310.5
動水 勾配 (%)									
0.5	0.494	0.798	1.355	1.906	3.647	4.972	11.82	21.70	29.69
1.0	0.718	1.160	1.970	2.771	5.303	7.230	17.19	31.55	43.16
1.5	0.893	1.444	2.452	3.449	6.601	8.999	21.40	39.27	53.73
2.0	1.044	1.687	2.864	4.028	7.710	10.51	25.00	45.87	62.76
2.5	1.177	1.903	3.230	4.544	8.697	11.86	28.20	51.74	70.80
3.0	1.299	2.100	3.565	5.014	9.597	13.08	31.12	57.09	78.12
3.5	1.412	2.282	3.874	5.450	10.43	14.22	33.82	62.05	84.90
4.0	1.517	2.453	4.164	5.857	11.21	15.28	36.34	66.69	91.25
4.5	1.617	2.614	4.437	6.242	11.95	16.29	38.73	71.07	97.24
5.0	1.712	2.767	4.697	6.607	12.65	17.24	41.00	75.23	102.9
6.0	1.889	3.053	5.183	7.291	13.95	19.03	45.24	83.01	113.6
7.0	2.053	3.318	5.633	7.924	15.17	20.68	49.17	90.22	123.4
8.0	2.206	3.566	6.054	8.516	16.30	22.22	52.84	96.96	132.7
9.0	2.351	3.800	6.452	9.075	17.37	23.68	56.31	103.3	141.4
10.0	2.489	4.023	6.829	9.607	18.39	25.07	59.61	109.4	149.7
15.0	3.098	5.007	8.501	11.96	22.89	31.20	74.20	136.2	186.3
20.0	3.618	5.849	9.930	13.97	26.73	36.45	86.67	159.0	217.6
25.0	4.082	6.598	11.20	15.76	30.16	41.12	97.77	179.4	245.5
30.0	4.504	7.280	12.36	17.39	33.28	45.37	107.9	198.0	270.9
35.0	4.895	7.912	13.43	18.90	36.17	49.31	117.3	215.1	294.4
40.0	5.261	8.504	14.44	20.31	38.87	52.99	126.0	231.2	316.4
45.0	5.607	9.062	15.39	21.64	41.42	56.48	134.3	246.4	337.2
50.0	5.935	9.593	16.29	22.91	43.85	59.78	142.2	260.8	356.9
60.0	6.549	10.59	17.97	25.28	48.38	65.97	156.9	287.8	393.8
70.0	7.117	11.50	19.53	27.47	52.58	71.69	170.5	312.8	428.0
80.0	7.650	12.36	20.99	29.53	56.52	77.05	183.2	336.2	460.0
90.0	8.152	13.18	22.37	31.47	60.23	82.11	195.3	358.3	490.2
100.0	8.629	13.95	23.68	33.31	63.75	86.92	206.7	379.3	518.9
150.0	10.74	17.36	29.48	41.46	79.36	108.2	257.3	472.1	646.0
200.0	12.54	20.28	34.43	48.43	92.70	126.4	300.5	551.4	754.5
250.0	14.15	22.88	38.84	54.63	104.6	142.6	339.0	622.0	851.2
300.0	15.62	25.24	42.86	60.29	115.4	157.3	374.1	686.4	939.2
350.0	16.97	27.43	46.58	65.52	125.4	171.0	406.6	746.0	1 021
400.0	18.24	29.49	50.06	70.42	134.8	183.8	437.0	801.8	1 097
450.0	19.44	31.42	53.35	75.04	143.6	195.8	465.6	854.4	1 169
500.0	20.58	33.26	56.47	79.44	152.0	207.3	492.9	904.4	1 238

表-5.16 管の流量表 (C=140) SDR17 の場合

単位: ℓ /sec

公称外径	400	450	500	560	630	710	800
内径 (mm) (参考)	350.1	393.8	437.5	490.1	551.3	621.4	700.3
動水 勾配 (‰)							
0.5	40.71	55.46	73.15	98.60	134.4	184.1	252.1
1.0	59.19	80.64	106.4	143.4	195.4	267.6	366.5
1.5	73.67	100.4	132.4	178.5	243.2	333.2	456.2
2.0	86.06	117.3	154.6	208.5	284.1	389.2	532.9
2.5	97.08	132.3	174.4	235.1	320.4	439.0	601.2
3.0	107.1	146.0	192.5	259.5	353.6	484.4	663.4
3.5	116.4	158.6	209.2	282.0	384.3	526.5	720.9
4.0	125.1	170.5	224.8	303.1	413.0	565.8	774.8
4.5	133.3	181.7	239.6	323.0	440.1	603.0	825.7
5.0	141.1	192.3	253.6	341.9	465.9	638.3	874.1
6.0	155.7	212.2	279.9	377.3	514.1	704.3	964.5
7.0	169.3	230.6	304.2	410.0	558.7	765.5	1 048
8.0	181.9	247.9	326.9	440.7	600.5	822.7	1 127
9.0	193.9	264.2	348.4	469.6	639.9	876.7	1 201
10.0	205.2	279.6	368.8	497.1	677.4	928.0	1 271
15.0	255.5	348.1	459.1	618.8	843.2	1 155	1 582
20.0	298.4	406.6	536.2	722.8	984.9	1 349	1 848
25.0	226.6	458.6	604.9	815.3	1 111	1 522	2 084
30.0	371.4	506.1	667.4	899.7	1 226	1 680	2 300
35.0	403.7	550.0	725.4	977.8	1 332	1 825	2 500
40.0	433.8	591.1	779.6	1 051	1 432	1 962	2 687
45.0	462.3	630.0	830.8	1 120	1 526	2 091	2 863
50.0	489.4	666.8	879.5	1 185	1 615	2 213	3 031
60.0	540.0	735.8	970.5	1 308	1 783	2 442	3 344
70.0	586.9	799.7	1 055	1 422	1 937	2 654	3 635
80.0	630.8	859.5	1 134	1 528	2 082	2 853	3 906
90.0	672.2	915.9	1 208	1 628	2 219	3 040	4 163
100.0	711.6	969.6	1 279	1 724	2 349	3 218	4 407
150.0	885.8	1 207	1 592	2 146	2 924	4 006	5 485
200.0	1 035	1 410	1 859	2 506	3 415	4 679	6 407
250.0	1 167	1 590	2 097	2 827	3 852	5 278	7 227
300.0	1 288	1 755	2 314	3 120	4 252	5 824	7 975
350.0	1 400	1 907	2 515	3 390	4 620	6 329	8 668
400.0	1 504	2 050	2 703	3 644	4 965	6 803	9 316
450.0	1 603	2 184	2 881	3 883	5 292	7 249	9 927
500.0	1 697	2 312	3 049	4 110	5 601	7 674	10 509

表-5.17 管の流量表 (C=140) SDR21 の場合

単位: ℓ /sec

公称外径	75	90	110	125	160	180	250	315	355
内径 (mm) (参考)	67.2	80.7	98.7	112.1	143.5	161.6	224.6	283.0	318.9
動水 勾配 (%)									
0.5	0.530	0.858	1.457	2.037	3.899	5.329	12.67	23.26	31.85
1.0	0.771	1.248	2.119	2.961	5.669	7.748	18.42	33.82	46.30
1.5	0.960	1.553	2.637	3.686	7.057	9.645	22.92	42.10	57.64
2.0	1.121	1.814	3.080	4.305	8.243	11.27	26.78	49.18	67.32
2.5	1.264	2.046	3.475	4.857	9.298	12.71	30.21	55.47	75.94
3.0	1.395	2.258	3.834	5.359	10.26	14.02	33.33	61.21	83.80
3.5	1.516	2.454	4.167	5.825	11.15	15.24	36.22	66.53	91.08
4.0	1.630	2.637	4.479	6.260	11.98	16.38	38.93	71.50	97.89
4.5	1.737	2.811	4.773	6.671	12.77	17.46	41.49	76.20	104.3
5.0	1.838	2.975	5.052	7.062	13.52	18.48	43.92	80.66	110.4
6.0	2.029	3.283	5.575	7.792	14.92	20.39	48.46	89.00	121.8
7.0	2.205	3.568	6.059	8.469	16.21	22.16	52.67	96.73	132.4
8.0	2.369	3.835	6.512	9.102	17.43	23.82	56.61	104.0	142.3
9.0	2.525	4.087	6.940	9.700	18.57	25.38	60.33	110.8	151.7
10.0	2.673	4.326	7.346	10.27	19.66	26.87	63.86	117.3	160.6
15.0	3.327	5.385	9.144	12.78	24.47	33.44	79.49	146.0	199.8
20.0	3.886	6.290	10.68	14.93	28.58	39.06	92.85	170.5	233.4
25.0	4.384	7.095	12.05	16.84	32.24	44.06	104.7	192.3	263.3
30.0	4.838	7.829	13.30	18.58	35.58	48.62	115.6	212.2	290.6
35.0	5.257	8.509	14.45	20.20	38.66	52.84	125.6	230.7	315.8
40.0	5.651	9.145	15.53	21.71	41.56	56.80	135.0	247.9	339.4
45.0	6.022	9.746	16.55	23.13	44.28	60.53	143.9	264.2	361.7
50.0	6.374	10.32	17.52	24.49	46.88	64.07	152.3	279.7	382.9
60.0	7.034	11.38	19.33	27.02	51.73	70.70	168.0	308.6	422.5
70.0	7.644	12.37	21.01	29.36	56.22	76.83	182.6	335.4	459.2
80.0	8.216	13.30	22.58	31.56	60.42	82.58	196.3	360.5	493.5
90.0	8.755	14.17	24.06	33.63	64.39	88.00	209.2	384.1	525.9
100.0	9.268	15.00	25.47	35.60	68.16	93.15	221.4	406.6	556.7
150.0	11.54	18.67	31.71	44.32	84.84	116.0	275.6	506.2	692.9
200.0	13.48	21.81	37.03	51.76	99.10	135.4	321.9	591.2	809.4
250.0	15.20	24.60	41.78	58.39	111.8	152.8	363.2	666.9	913.1
300.0	16.77	27.15	46.10	64.43	123.4	168.6	400.7	735.9	1 008
350.0	18.23	29.50	50.10	70.03	134.1	183.2	435.5	799.8	1 095
400.0	19.59	31.71	53.85	75.26	144.1	196.9	468.1	859.6	1 177
450.0	20.88	33.79	57.38	80.20	153.6	209.9	498.8	916.1	1 254
500.0	22.10	35.77	60.74	84.90	162.5	222.1	528.0	969.7	1 328

表-5.18 管の流量表 (C=140) SDR21 の場合

単位: ℓ /sec

公称外径	400	450	500	560	630	710	800
内径 (mm)							
動水 勾配 (‰)	359.3	404.2	449.1	503.1	566.1	637.8	718.9
0.5	43.58	59.40	78.3	105.6	144.1	197.1	270.1
1.0	63.37	86.37	113.9	153.6	209.5	286.6	392.7
1.5	78.88	107.5	141.8	191.2	260.7	356.8	488.8
2.0	92.13	125.6	165.7	223.3	304.6	416.8	570.9
2.5	103.9	141.7	186.9	251.9	343.6	470.1	644.1
3.0	114.7	156.3	206.2	278.0	379.1	518.8	710.7
3.5	124.6	169.9	224.1	302.1	412.0	563.8	772.4
4.0	134.0	182.6	240.9	324.7	442.8	605.9	830.1
4.5	142.8	194.6	256.7	346.0	471.9	645.7	884.7
5.0	151.1	206.0	271.7	366.3	499.5	683.5	936.4
6.0	166.7	227.3	299.8	404.2	551.2	754.3	1 033
7.0	181.2	247.0	325.8	439.2	599.0	819.7	1 123
8.0	194.8	265.5	350.2	472.1	643.8	881.0	1 207
9.0	207.6	282.9	373.2	503.1	686.1	938.9	1 286
10.0	219.7	299.5	395.1	532.5	726.3	993.8	1 362
15.0	273.5	372.8	491.8	662.9	904.1	1 237	1 695
20.0	319.5	435.4	574.4	774.3	1 056	1 445	1 980
25.0	360.4	491.2	648.0	873.5	1 191	1 630	2 233
30.0	397.6	542.0	715.0	963.8	1 314	1 799	2 464
35.0	432.2	589.0	777.1	1 047	1 429	1 955	2 687
40.0	464.5	633.1	835.2	1 126	1 535	2 101	2 878
45.0	495.0	674.7	890.0	1 200	1 636	2 239	3 067
50.0	524.0	714.2	942.1	1 270	1 732	2 370	3 247
60.0	578.2	788.0	1 040	1 401	1 911	2 615	3 583
70.0	628.4	856.4	1 130	1 523	2 077	2 842	3 894
80.0	675.3	920.5	1 214	1 637	2 232	3 055	4 185
90.0	719.8	980.9	1 294	1 744	2 379	3 255	4 460
100.0	761.8	1 038	1 370	1 847	2 518	3 446	4 721
150.0	948.3	1 293	1 705	2 298	3 135	4 290	5 877
200.0	1 108	1 510	1 992	2 685	3 662	5 010	6 864
250.0	1 250	1 703	2 247	3 029	4 130	5 652	7 743
300.0	1 379	1 879	2 479	3 342	4 558	5 237	8 544
350.0	1 498	2 042	2 694	3 632	4 953	6 778	9 286
400.0	1 611	2 195	2 896	3 904	5 324	7 285	9 980
450.0	1 716	2 339	3 086	4 160	5 673	7 763	10 636
500.0	1 817	2 476	3 267	4 403	6 006	8 218	11 259

表-5.19 管の流量表 (C=140) SDR26 の場合

単位: ℓ /sec

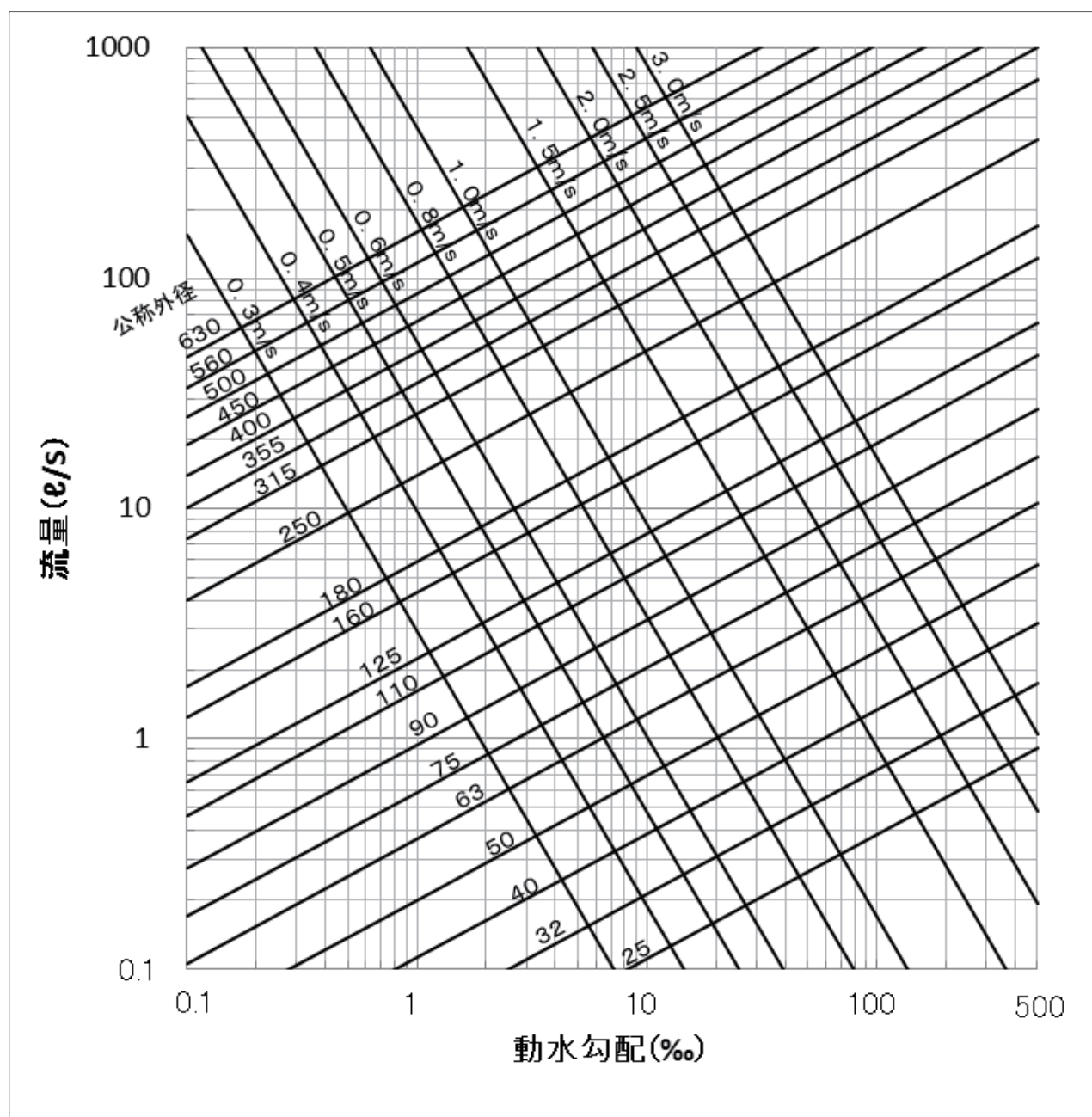
公称外径 内径 (mm)	160	180	250	315	355	400	450	500	560	630	710	800
動水 勾配 (%)	146.8	157.4	229.7	289.4	326.3	367.7	413.7	459.7	514.9	579.2	652.7	735.6
0.5	4.139	4.972	13.44	24.67	33.83	46.31	63.14	83.32	112.3	153.0	209.5	286.9
1.0	6.019	7.230	19.54	35.87	49.18	67.34	91.81	121.1	163.2	222.5	304.6	417.1
1.5	7.492	8.999	24.32	44.65	61.22	83.82	114.3	150.8	203.2	276.9	379.1	519.2
2.0	8.751	10.51	28.41	52.16	71.51	97.90	133.5	176.1	237.3	323.4	442.8	606.5
2.5	9.871	11.86	32.04	58.83	80.67	110.4	150.6	198.7	267.7	364.9	499.6	684.2
3.0	10.89	13.08	35.36	64.92	89.01	121.9	166.2	219.3	295.4	402.6	551.2	754.9
3.5	11.84	14.22	38.43	70.56	96.74	132.4	180.6	238.3	321.1	437.6	599.1	820.5
4.0	12.72	15.28	41.30	75.83	104.0	142.4	194.1	256.1	345.1	470.6	643.9	881.8
4.5	13.56	16.29	44.01	80.81	110.8	151.7	206.8	272.9	367.8	501.2	686.2	939.7
5.0	14.35	17.24	46.56	85.54	117.3	160.6	218.9	288.9	389.3	530.5	726.3	994.7
6.0	15.84	19.02	51.41	94.39	129.4	177.2	241.6	318.8	429.6	585.4	801.5	1 098
7.0	17.21	20.68	55.87	102.6	140.7	192.6	262.6	346.5	466.9	636.2	871.1	1 193
8.0	18.50	22.22	60.05	110.3	151.2	207.0	282.2	372.4	501.8	683.8	936.2	1 282
9.0	19.71	23.68	63.99	117.5	161.1	220.6	300.7	396.8	534.7	728.7	997.7	1 366
10.0	20.87	25.07	67.74	124.4	170.5	233.5	318.3	420.1	566.0	771.3	1 056	1 446
15.0	25.98	31.20	84.32	154.8	212.3	290.6	396.3	522.9	704.6	960.1	1 315	1 800
20.0	30.34	36.45	98.49	180.8	248.0	339.5	462.8	610.8	823.0	1 121	1 536	2 103
25.0	34.23	41.12	111.1	204.0	279.7	382.9	522.1	689.0	928.4	1 265	1 732	2 372
30.0	37.77	45.37	122.6	225.1	308.6	422.6	576.1	760.2	1 024	1 396	1 911	2 618
35.0	41.05	49.31	133.2	244.6	335.4	459.2	626.2	826.2	1 113	1 517	2 077	2 845
40.0	44.12	52.99	143.2	262.9	360.5	493.6	673.0	888.0	1 197	1 631	2 233	3 058
45.0	47.01	56.48	152.6	280.2	384.2	526.0	717.2	946.3	1 275	1 738	2 379	3 258
50.0	49.77	59.78	161.5	296.6	406.7	556.8	759.1	1 002	1 350	1 839	2 518	3 449
60.0	54.92	65.97	178.3	327.3	448.8	614.4	837.7	1 105	1 489	2 030	2 779	3 806
70.0	59.68	71.69	193.7	355.7	487.7	667.7	910.4	1 201	1 619	2 206	3 020	4 136
80.0	64.14	77.05	208.2	382.3	524.2	717.7	978.5	1 291	1 740	2 371	3 246	4 446
90.0	68.36	82.11	221.9	407.4	558.6	764.8	1 043	1 376	1 854	2 527	3 459	4 738
100.0	72.36	86.92	234.9	431.3	591.3	809.6	1 104	1 456	1 963	2 674	3 662	5 015
150.0	90.07	108.2	292.4	536.8	736.0	1 008	1 374	1 813	2 443	3 329	4 558	6 242
200.0	105.2	126.4	341.5	627.0	859.7	1 177	1 605	2 118	2 854	3 889	5 324	7 292
250.0	118.7	142.6	385.2	707.3	969.8	1 328	1 810	2 389	3 219	4 387	6 006	8 225
300.0	131.0	157.3	425.1	780.5	1 070	1 465	1 998	2 636	3 552	4 840	6 627	9 076
350.0	142.3	171.0	462.0	848.3	1 163	1 592	2 171	2 865	3 860	5 261	7 203	9 864
400.0	153.0	183.8	496.6	911.7	1 250	1 711	2 333	3 079	4 149	5 654	7 741	10 602
450.0	163.0	195.8	529.2	971.6	1 332	1 824	2 487	3 281	4 421	6 025	8 250	11 298
500.0	172.6	207.3	560.1	1 029	1 410	1 931	2 632	3 473	4 680	6 378	8 733	11 959

5. 配管設計

表-5.20 管の流量表 (C=140) SDR33 の場合

単位：ℓ /sec

公称外径	315	355	400	450	500	560	630	710	800
内径 (mm)	294.5	332.0	374.0	420.9	467.7	523.7	589.3	664.0	748.4
動水 勾配 (‰)									
0.5	25.83	35.40	48.83	66.07	87.19	117.4	160.1	219.2	300.2
1.0	37.56	51.47	70.41	96.07	126.8	170.7	232.8	318.6	436.5
1.5	46.75	64.07	87.65	119.6	157.8	212.5	289.8	396.6	543.3
2.0	54.61	74.84	102.4	139.7	184.3	248.2	338.5	463.3	634.6
2.5	61.60	84.43	115.5	157.6	207.9	279.9	381.8	522.6	715.9
3.0	67.97	93.16	127.4	173.9	229.4	308.9	421.3	576.7	790.0
3.5	73.87	101.2	138.5	189.0	249.4	335.7	457.9	626.8	858.6
4.0	79.40	108.8	148.9	203.1	268.0	360.8	492.1	673.6	922.8
4.5	84.61	116.0	158.6	216.4	285.6	384.5	524.5	717.9	983.3
5.0	89.56	122.8	167.9	229.1	302.3	407.0	555.2	759.9	1 041
6.0	98.83	135.5	185.3	252.8	333.6	449.1	612.6	838.5	1 149
7.0	107.4	147.2	201.4	274.8	362.5	488.1	665.8	911.3	1 248
8.0	115.4	158.2	216.4	295.3	389.7	524.6	715.6	979.4	1 342
9.0	123.0	168.6	230.6	314.7	415.2	559.1	762.6	1 044	1 430
10.0	130.2	178.5	244.1	333.1	439.6	591.8	807.2	1 105	1 513
15.0	162.1	222.2	303.9	414.6	547.1	736.7	1 005	1 375	1 884
20.0	189.3	259.5	355.0	484.3	639.1	860.5	1 174	1 606	2 201
25.0	213.6	292.7	400.4	546.4	720.9	970.7	1 324	1 812	2 482
30.0	235.7	323.0	441.9	602.9	795.5	1 071	1 461	2 000	2 739
35.0	256.1	351.1	480.2	655.2	864.6	1 164	1 588	2 173	2 977
40.0	275.3	377.3	516.1	704.2	929.2	1 251	1 706	2 336	3 200
45.0	293.4	402.1	550.0	750.5	990.3	1 333	1 819	2 489	3 410
50.0	310.6	425.6	582.2	794.4	1 048	1 411	1 925	2 635	3 609
60.0	342.7	469.7	642.5	876.6	1 157	1 557	2 124	2 907	3 983
70.0	372.4	510.4	698.2	952.7	1 257	1 693	2 309	3 160	4 328
80.0	400.3	548.6	750.4	1 024	1 351	1 819	2 481	3 396	4 652
90.0	426.6	584.6	799.7	1 091	1 440	1 939	2 644	3 619	4 958
100.0	451.5	618.9	846.5	1 155	1 524	2 052	2 799	3 831	5 248
150.0	562.1	770.3	1 054	1 438	1 897	2 554	3 484	4 769	6 532
200.0	565.5	899.8	1 231	1 679	2 216	2 984	4 069	5 570	7 630
250.0	740.6	1 015	1 388	1 894	2 500	3 366	4 591	6 283	8 607
300.0	817.2	1 120	1 532	2 090	2 758	3 714	5 066	6 933	9 498
350.0	888.2	1 217	1 665	2 272	2 998	4 036	5 505	7 535	10 322
400.0	954.6	1 308	1 790	2 442	3 222	4 338	5 917	8 099	11 094
450.0	1 017	1 394	1 907	2 602	3 434	4 623	6 306	8 631	11 822
500.0	1 077	1 476	2 019	2 754	3 635	4 894	6 675	9 136	12 515

図-5.1 管の流量線図 ($C=140$) $SDR11$ 公称外径 25 ~ 630

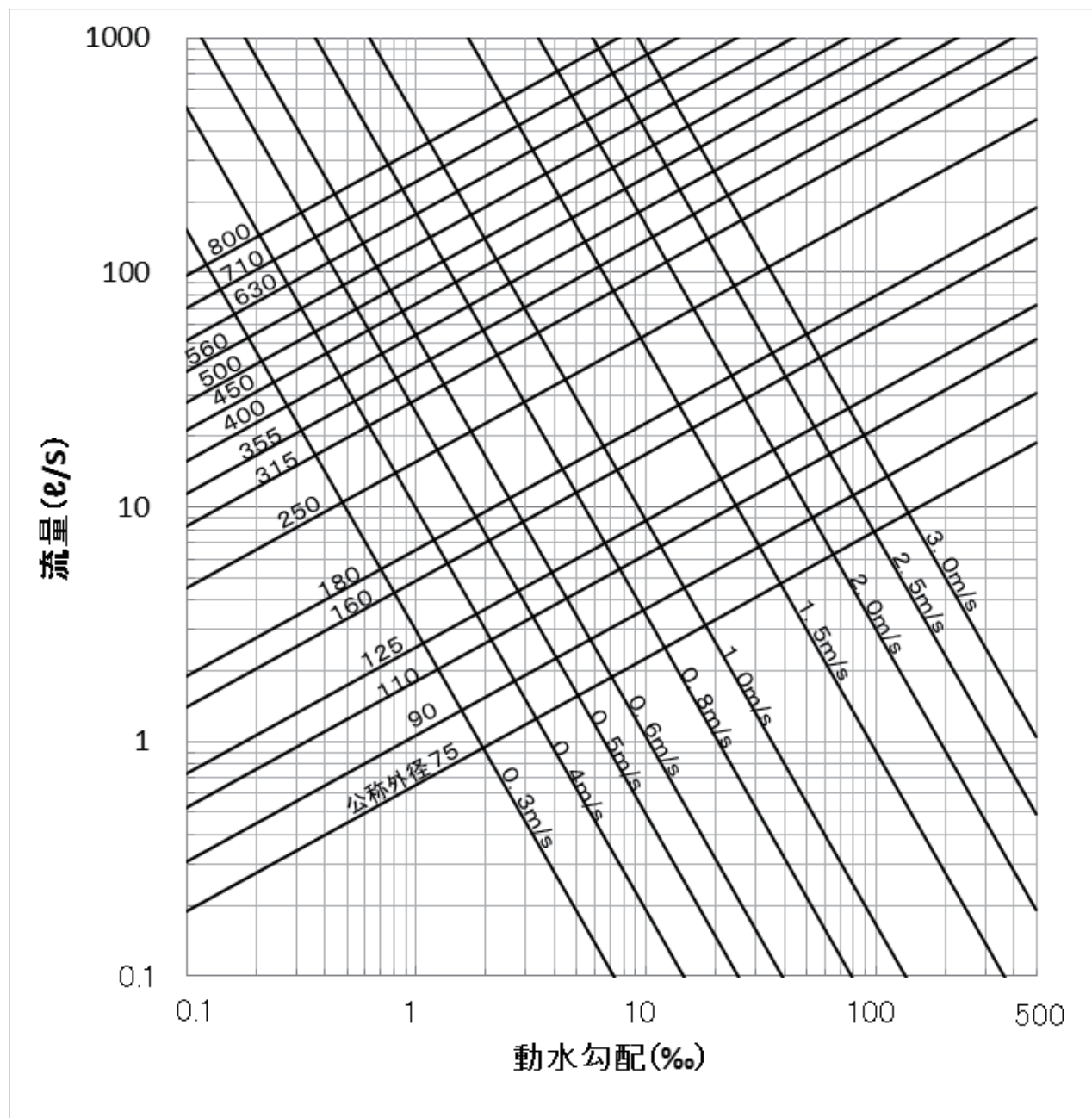


図-5.2 管の流量線図 (C=140) SDR13.6 公称外径 75 ~ 800

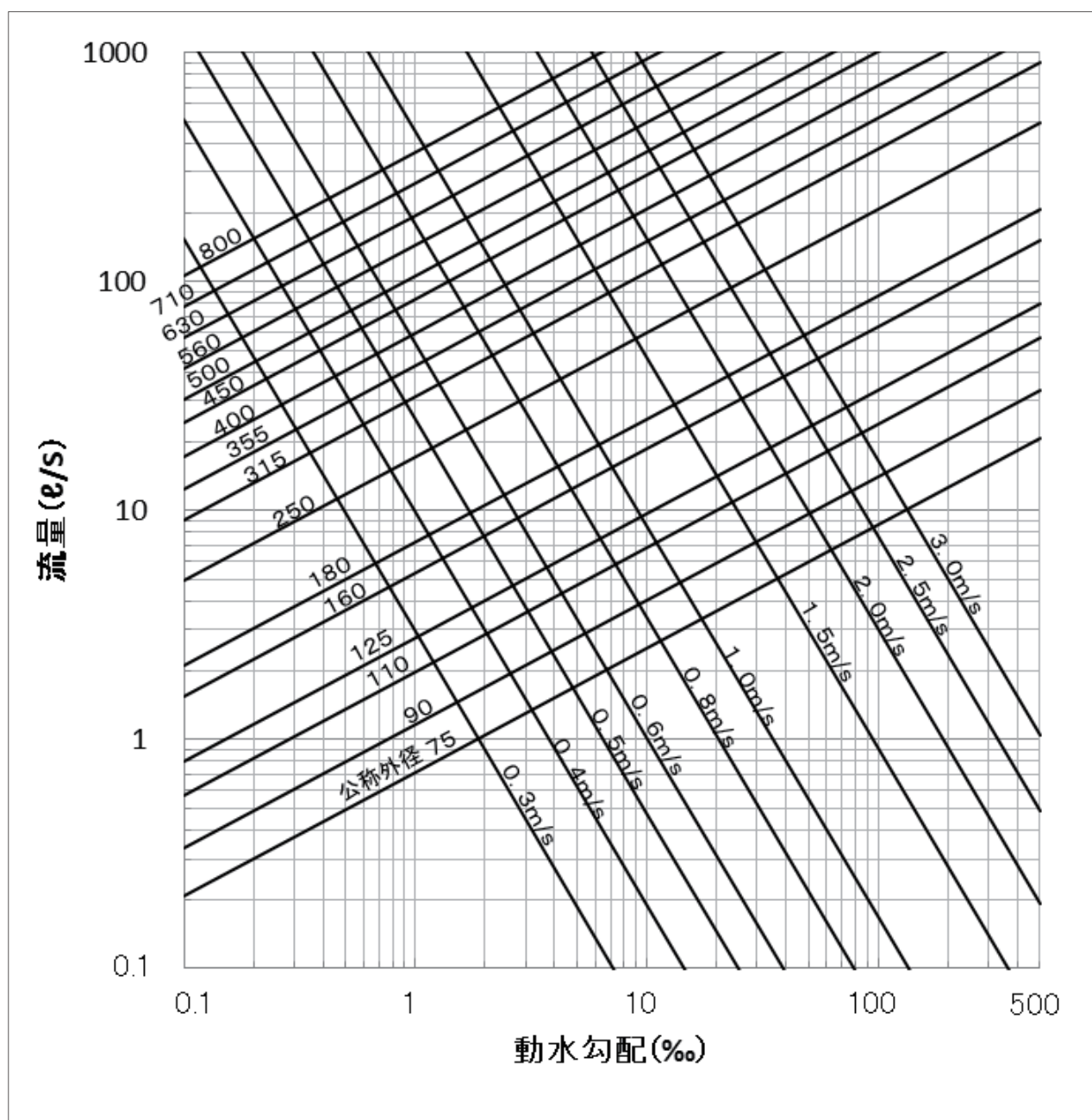


図-5.3 管の流量線図 ($C=140$) SDR17 公称外径 75 ~ 800

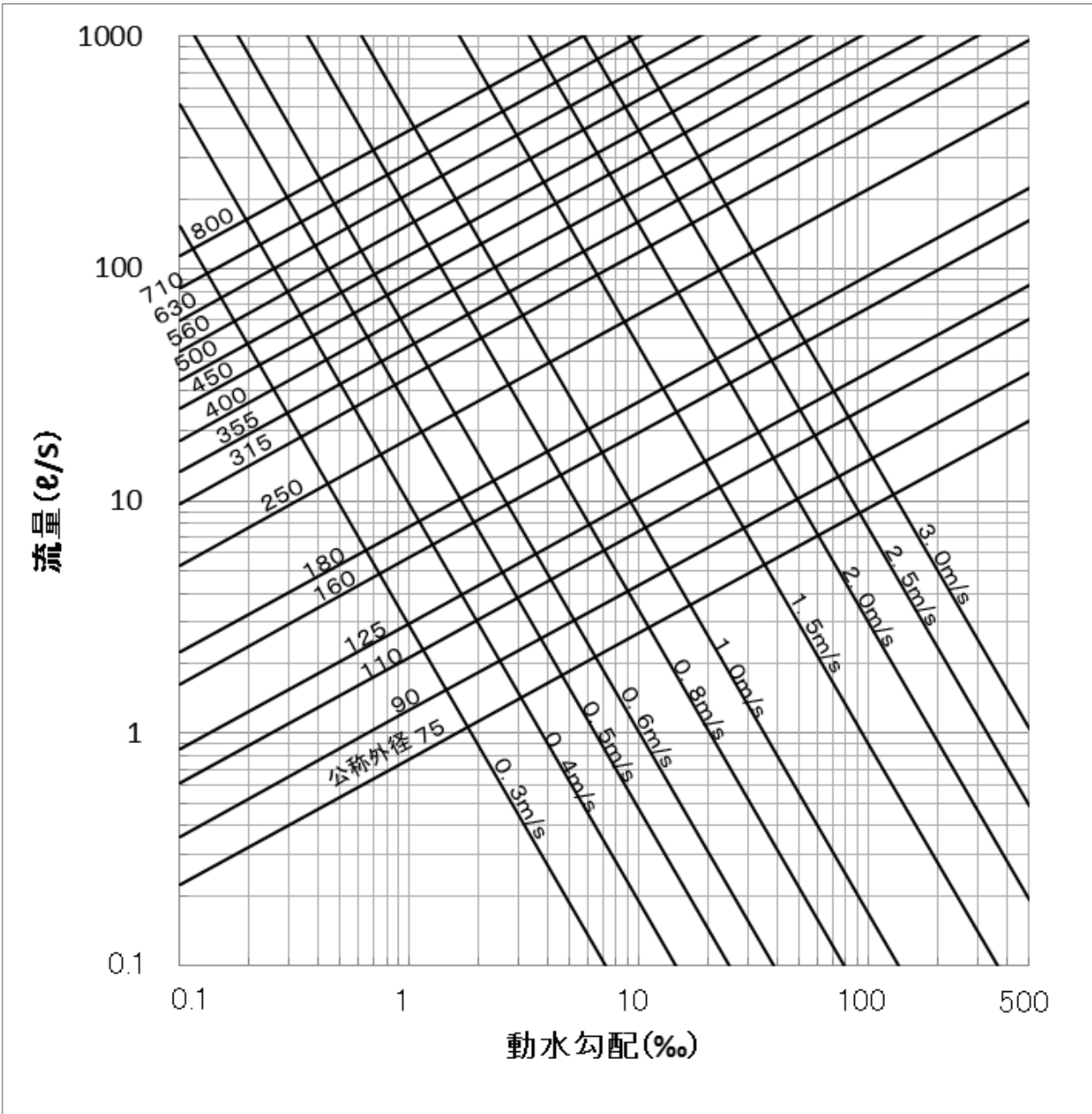


図-5.4 管の流量線図 (C=140) SDR21 公称外径 75 ~ 800

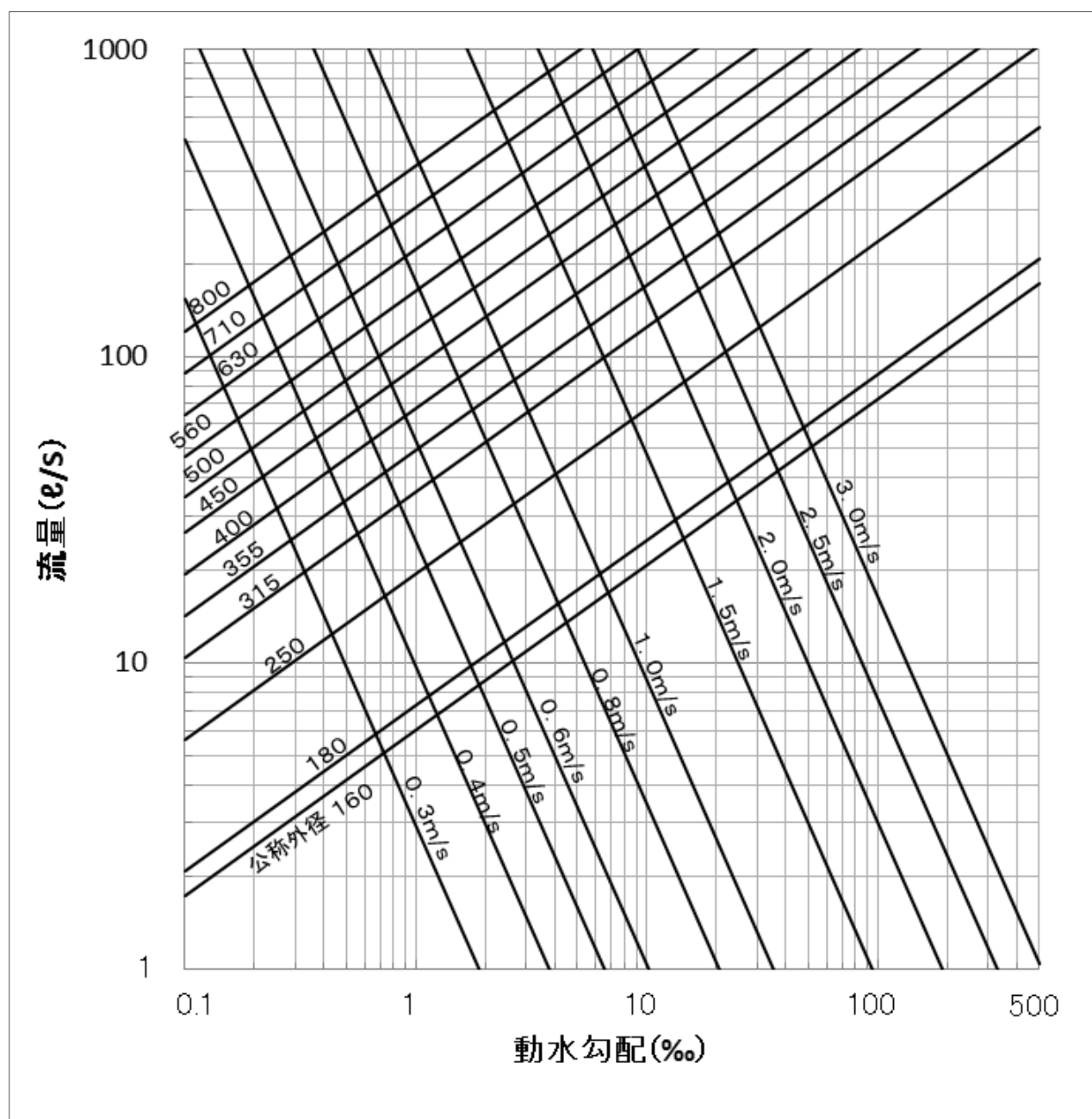
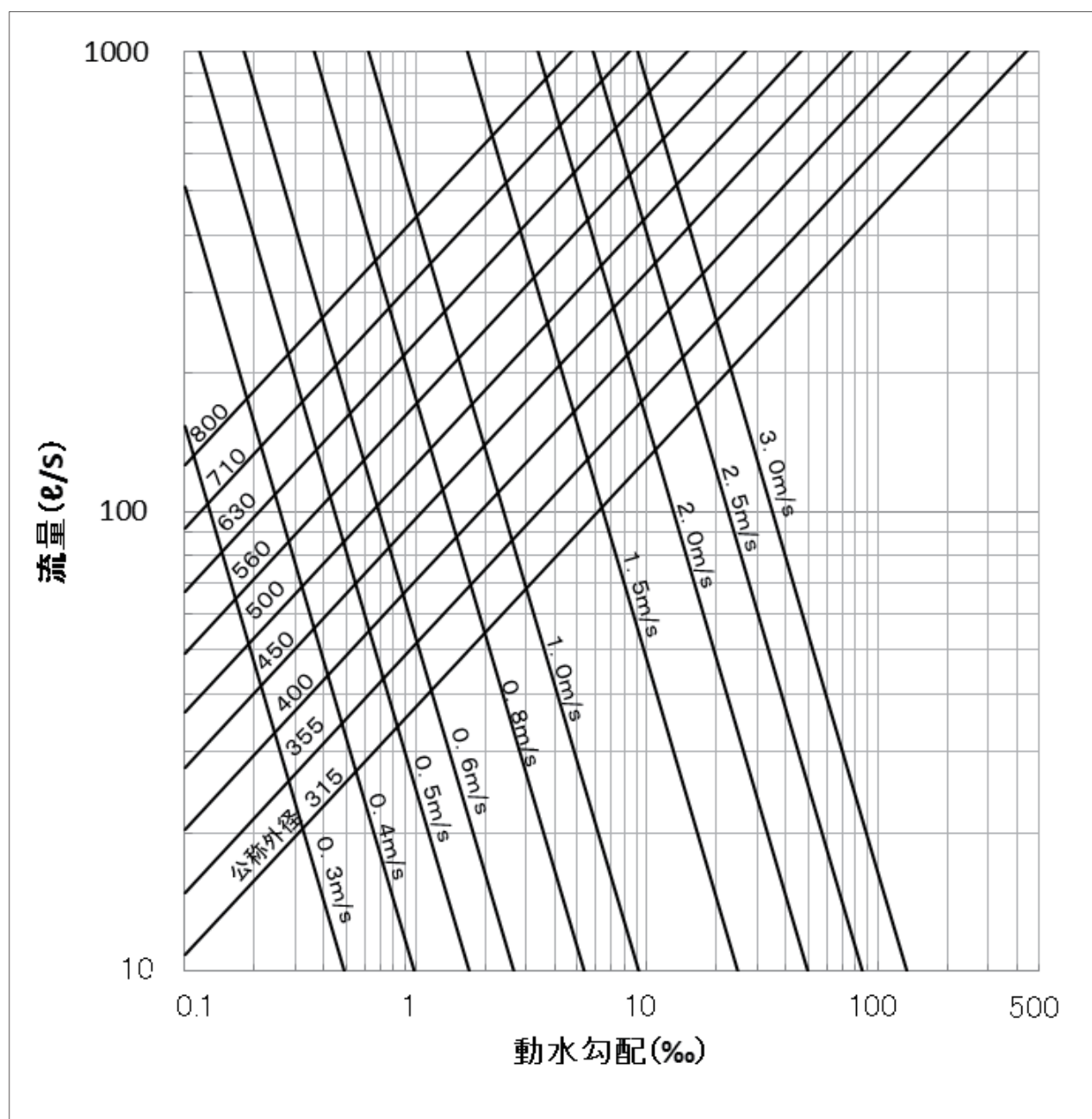


図-5.5 管の流量線図 (C=140) SDR26 公称外径 160 ~ 800

図-5.6 管の流量線図 ($C=140$) SDR33 公称外径 315 ~ 800

5.6 支持間隔（参考）

5.6.1 横引き配管

① 荷重の検討

標準支持間隔の設計は、想定される荷重に対して、管路が安全であるように行う必要がある。

表-5.21 想定される荷重

		荷重値	備考
主荷重 常に作用する荷重	管自重	表-5.22 に示す。	
	EF ソケット 自重	表-5.22 に示す。	支持間隔の中央に位置するとして算出
	水重	表-5.22 に示す。	管内満水状態 重量は 10 kN/m ³
	積雪荷重	積雪荷重の検討が必要と思われる場合は考慮する。	考慮する場合は、一般的に 3.5 kN/m ³ を用いる。
	内圧	使用圧力	最大 1.6MPa
従荷重 常時作用しないが 考慮が必要な荷重	風荷重	1.5 kN/m ² に管の外径を乗じて算出する。	円筒・風上の風荷重
	温度変化	表-5.24 を参照。	環境条件、施工条件等を考慮し、 温度変化を検討する。
	地震荷重	日本水道協会の設計水平震度をを用いる。	詳細は日本水道協会の「水道施設耐震工法指針・解説」を参照。

表-5.22 各種荷重の値

公称 外径	管重量 (N/m)						EF ソケット重量 (N)	
	SDR11	SDR13.6	SDR17	SDR21	SDR26	SDR33	SDR11	SDR17
25	1.66	—	—	—	—	—	0.49	—
32	2.73	—	—	—	—	—	0.70	—
40	4.21	—	—	—	—	—	0.93	—
50	6.54	—	—	—	—	—	1.28	—
63	10.34	—	—	—	—	—	1.90	—
75	14.44	12.15	9.96	8.10	—	—	2.77	2.77
90	20.92	17.41	14.32	11.61	—	—	3.98	3.98
110	31.03	25.79	21.31	17.43	—	—	6.79	6.79
125	40.25	33.23	27.19	22.27	—	—	7.04	7.04
160	65.86	54.33	44.55	36.58	29.93	—	13.36	9.97
180	83.25	68.96	56.35	45.97	37.27	—	17.13	14.06
250	159.82	132.31	108.10	88.09	71.97	—	45.88	45.27
315	253.63	210.11	171.97	139.75	114.35	92.34	79.85	59.82
355	321.95	266.37	218.86	177.43	144.50	116.77	128.45	93.38
400	408.77	337.82	276.62	226.26	183.25	148.77	179.66	176.52
450	517.61	427.91	350.46	286.14	231.70	187.29	242.22	156.91
500	638.70	528.00	433.03	353.03	285.83	231.00	330.48	215.75
560	800.11	662.41	542.46	441.83	358.27	290.72	453.07	333.43
630	1013.8	837.28	687.06	558.15	453.97	366.75	640.37	343.23
710	—	1063.7	871.77	710.67	577.05	466.11	—	545.25
800	—	1349.3	1105.4	900.79	730.85	590.47	—	715.89

公称 外径	水重 (N/m)					
	SDR11	SDR13.6	SDR17	SDR21	SDR26	SDR33
25	3.08	—	—	—	—	—
32	5.04	—	—	—	—	—
40	7.93	—	—	—	—	—
50	12.44	—	—	—	—	—
63	19.79	—	—	—	—	—
75	28.27	30.65	32.92	34.86	—	—
90	40.57	44.23	47.43	50.25	—	—
110	60.83	66.29	70.94	74.99	—	—
125	78.37	85.67	91.96	97.07	—	—
160	128.49	140.49	150.65	158.95	165.88	—
180	162.73	177.61	190.70	201.51	210.58	—
250	314.71	343.35	368.50	389.33	406.13	—
315	499.74	545.05	584.66	618.22	644.68	667.60
355	634.91	692.77	742.11	785.26	819.56	848.44
400	806.05	879.90	943.47	995.92	1040.7	1076.68
450	1019.9	1113.3	1193.7	1260.7	1317.4	1363.65
500	1259.5	1374.7	1473.3	1556.7	1626.7	1683.76
560	1581.0	1724.3	1848.9	1953.7	2040.8	2111.10
630	1999.7	2183.5	2339.5	2473.8	2582.3	2673.11
710	—	2772.9	2972.3	3140.1	3279.2	3394.78
800	—	3521.7	3775.0	3988.1	4165.1	4311.34

②計算式

1) 応力の計算式

想定する荷重項目に応じて、管路を単純支持梁と仮定し応力計算を行う。

1-1) 鉛直方向への曲げ応力

a) 管自重による曲げ応力 (σ_1)

$$\sigma_1 = \frac{M}{I} \cdot \frac{d}{2} = \frac{w \cdot l^2 \cdot d}{16I} \quad (\text{N/m}^2)$$

ここに、
 M : 管の曲げモーメント $w l^2 / 8$ (N・m)
 I : 管の断面二次モーメント (m⁴)
 w : 管自重 (N/m)
 l : 支点間隔 (m)
 d : 管の外径 (m)

b) EF ソケット自重による曲げ応力 (σ_2)

$$\sigma_2 = \frac{M}{I} \cdot \frac{d}{2} = \frac{w \cdot l \cdot d}{8I} \quad (\text{N/m}^2)$$

ここに、
 M : 管の曲げモーメント $w l / 4$ (N・m)
 w : EF ソケット自重 (N)
 I, l, d : 前記の通り

c) 水重による曲げ応力 (σ_3)

$$\sigma_3 = \frac{M}{I} \cdot \frac{d}{2} = \frac{w \cdot l^2 \cdot d}{16I} \quad (\text{N/m}^2)$$

ここに、
 M : 管の曲げモーメント $w l^2 / 8$ (N・m)
 w : 水重 (N/m)
 I, l, d : 前記の通り

d) 積雪荷重による曲げ応力 (σ_4)

$$\sigma_4 = \frac{M}{I} \cdot \frac{d}{2} = \frac{w \cdot l^2 \cdot d}{16I} \quad (\text{N/m}^2)$$

ここに、
 M : 管の曲げモーメント $w l^2 / 8$ (N・m)
 w : 積雪自重 (N/m)
 I, l, d : 前記の通り

1 - 2) 水平方向への曲げ応力

a) 風荷重による曲げ応力 (σ_5)

$$\sigma_5 = \frac{M}{I} \cdot \frac{d}{2} = \frac{w \cdot l^2 \cdot d}{16I} \quad (\text{N/m}^2)$$

ここに、
 M : 管の曲げモーメント $w l^2 / 8$ (N・m)
 w : 風荷重 (N/m)
 I, l, d : 前記の通り

b) 地震荷重による曲げ応力 (σ_6)

管の自重、EF ソケット自重及び水重による影響のみを考慮する。

$$\sigma_6 = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \cdot 0.2 \quad (\text{N/m}^2)$$

1 - 3) 軸方向応力

a) 内圧による軸方向応力 (σ_7)

$$\sigma_7 = \frac{P(d-t)}{2t} \cdot \nu \quad (\text{N/m}^2)$$

ここに、
 P : 内圧 1.60 (MPa) $= 1.60 \times 10^6$ (N/m²)
 ν : ポアソン比 0.47
 t : 管厚 (m)
 d : 前記のとおり

b) 温度変化による軸方向応力 (σ_8)

温度変化による軸荷重は熱伸縮による管のたわみが一切発生しないとする。

$$\sigma_8 = \alpha \cdot \Delta t \cdot E \quad (\text{N/m}^2)$$

ここに、
 α : 管の線膨張係数 13×10^{-5} (1/°C)
 Δt : 温度変化 (°C)
 E : 管の縦弾性係数 1300 (MPa) $= 1300 \times 10^6$ (N/m²)

2) たわみ量の計算

偏心圧縮柱の理論を適用する。ここでは、a) 管自重、水重及び積雪荷重を等分布荷重とする偏心荷重、b) EF ソケット自重を中央集中荷重とする偏心荷重、c) 熱応力を軸荷重として最大たわみ δ を下式によって導く。

$$\delta = (\delta_1 + \delta_2) \cdot 3 (\tan U - U) / U^3 \text{ (m)}$$

ここに、 等分布自重によるたわみ $\delta_1 = 5wl^4/384EI$ (m)

集中荷重によるたわみ $\delta_2 = Wl^3/48EI$ (m)

$$U = kl/2$$

$$k^2 = P/EI$$

w : 管自重、水重及び積雪荷重の合計値 (N)

W : EF ソケット自重 (N)

l : 支持間隔 (m)

I : 管の断面二次モーメント (m⁴)

P : 熱荷重 $\Delta t S a E$ (N)

Δt : 温度変化 (°C)

S : 管の断面積 (m²)

a : 管の線膨張係数 13×10^{-5} (1/°C)

E : 管の縦弾性係数 $1\,300$ (MPa) $= 1\,300 \times 10^6$ (N/m²)

③標準支持間隔の計算

1) 長期的照査基準例

管路としての安全性照査は支点間隔を設定した後、管体に発生する応力とたわみによって照査する。

表-5.23 長期的な安全性照査基準

方向	応力	許容応力
鉛直方向	$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_7 + \sigma_8$	8 N/mm ²
水平方向	$\sigma_5 + \sigma_6 + \sigma_7 + \sigma_8$	同上
方向	たわみ	許容たわみ
鉛直方向	δ	支持間隔/500

備考) 許容たわみについては推奨値とする。

2) 温度の検討〈参考〉

計算に使用する管体の年間温度変化の範囲及び基準温度（配管完了時の管体温度）の代表的な値は表-5.24 の通りとする。

表-5.24 通水後の管体の年間温度変化

	通水後の年間温度変化	基準温度
一般地域	5 °C～25 °C	20 °C
寒冷地域	0 °C～20 °C	10 °C

5. 配管設計

ただし、一般用ポリエチレン管はSUS管や銅管と比較して温度変化による軸方向の発生応力の影響が大きいため、管内空虚時の管体の温度変化がなるべく小さくなるように考慮する必要がある。(管内空虚時の管体の温度変化が30℃以下になるようにすることが望ましい。)

特に夏季は直射日光やふく射熱によって管体の表面温度が著しく上昇する場合があるので次のような対策を検討する必要がある。

- ①管のどちらか一方の端部を自由にした状態で保温工を行う。
- ②管の管体露出をなるべく避ける。(シートで直射日光を遮る等)
- ③管の配管終了後直ちに注水を行う。

3) 標準支持間隔〈計算結果〉

管体の温度変化を20℃、積雪荷重なしで、許容たわみを支持間隔の1/500とした場合の計算結果は表-5.25の通りである。

表-5.25 最大支持間隔 (SDR11 の場合の計算結果)

公称外径	25	32	40	50	63	75	90	110	125	160
支持間隔 (m)	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.1

公称外径	180	250	315	355	400	450	500	560	630
支持間隔 (m)	2.3	2.9	3.5	3.8	4.2	4.5	4.7	5.0	5.3

備考) 空気弁工などには個別の支持が必要です。

2.5 mを超える場合は、施工性、安全性を考慮して2.5 mを推奨する。

【参考】

国土交通省の公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)に掲載されている「横走り管の吊り間隔(ビニル管及びポリエチレン管)」は「呼び径80以下が1.0m以下、呼び径100～300が2.0m以下」である。

【参考文献】

- ①水道施設耐震工法指針・解説 1997年版 (日本水道協会発行)
- ②水管橋設計基準(改正4版) WSP 007-99 平成11年6月24日改正 (日本水道鋼管協会発行)
- ③水管橋設計基準(耐震設計編) WSP 064-97 平成9年9月24日 (日本水道鋼管協会発行)

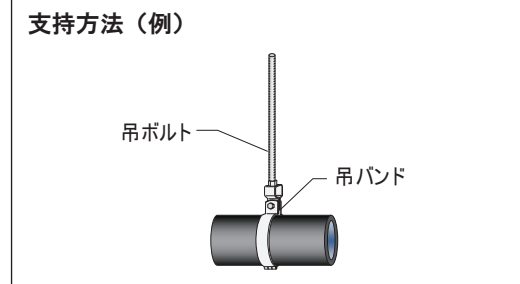
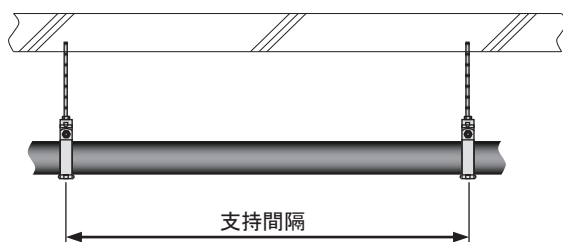


図-5.3 横引き管支持方法

5.7 熱伸縮

管の温度変化による伸縮量は次式で計算されます。

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

ここに、

ΔL : 伸縮量 (mm)

α : 管の線膨張係数 13×10^{-5} (1/°C)

ΔT : 温度変化 (°C)

L : 配管延長 (mm)

表-5.26 温度変化による伸縮量 (SDR 共通)

温度変化 (°C)	1 m 当りの伸縮量 (mm)	熱応力 (N/mm ²)	【参考】配管延長 50 m の場合 (mm)
1	0.13	0.13	6.5
5	0.65	0.65	33
15	2.0	2.0	98
25	3.3	3.3	163
35	4.6	4.6	228
45	5.9	5.9	293

また、管体には熱伸縮に伴いその伸縮を妨げる熱応力が発生することになります。

熱応力は、次式によって計算されます。

$$\sigma = \alpha \cdot \Delta t \cdot E$$

ここに、

σ : 熱応力 (N/mm²)

α : 管の線膨張係数 13×10^{-5} (1/°C)

Δt : 温度変化 (°C)

E : 管の弾性係数 = 1 000 (N/mm²)

表-5.27 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR11 公称外径 25 ～ 160

温度変化 (°C)	25	32	40	50	63	75	90	110	125	160
1	0.02	0.04	0.05	0.09	0.14	0.19	0.27	0.41	0.53	0.87
5	0.11	0.18	0.27	0.43	0.68	0.95	1.37	2.04	2.64	4.33
15	0.32	0.53	0.82	1.28	2.03	2.84	4.11	6.12	7.93	13.00
25	0.53	0.89	1.37	2.13	3.39	4.74	6.85	10.21	13.22	21.66
35	0.75	1.24	1.92	2.99	4.74	6.63	9.58	14.29	18.50	30.33
45	0.96	1.60	2.47	3.84	6.09	8.52	12.32	18.37	23.79	38.99

表-5.28 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR11 公称外径 180 ～ 630

温度変化 (°C)	180	250	315	355	400	450	500	560	630
1	1.10	2.11	3.34	4.24	5.39	6.83	8.42	10.56	13.37
5	5.48	10.53	16.72	21.21	26.95	34.15	42.12	52.80	66.87
15	16.43	31.59	50.15	63.64	80.84	102.5	126.4	158.4	200.6
25	27.38	52.65	83.59	106.1	134.7	170.8	210.6	264.0	334.4
35	38.33	73.72	117.0	148.5	188.6	239.1	294.9	369.6	468.1
45	49.28	94.78	150.5	191.0	242.5	307.4	379.1	475.2	601.8

表-5.29 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR13.6 公称外径 75 ～ 355

温度変化 (°C)	75	90	110	125	160	180	250	315	355
1	0.16	0.23	0.34	0.44	0.71	0.91	1.74	2.76	3.50
5	0.79	1.14	1.68	2.17	3.57	4.53	8.70	13.82	17.52
15	2.38	3.42	5.05	6.52	10.71	13.58	26.09	41.45	52.56
25	3.97	5.70	8.42	10.87	17.85	22.63	43.49	69.09	87.60
35	5.55	7.97	11.79	15.22	24.98	31.68	60.88	96.72	122.6
45	7.14	10.25	15.16	19.57	32.12	40.73	78.28	124.4	157.7

表-5.30 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR13.6 公称外径 400 ～ 800

温度変化 (°C)	400	450	500	560	630	710	800
1	4.45	5.63	6.96	8.73	11.03	14.02	17.79
5	22.24	28.16	34.79	43.63	55.16	70.08	88.95
15	66.71	84.49	104.4	130.9	165.5	210.2	266.9
25	111.2	140.8	174.0	218.1	275.8	350.4	444.8
35	155.7	197.2	243.5	305.4	386.1	490.6	622.7
45	200.1	253.5	313.1	392.6	496.4	630.7	800.6

表-5.31 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR17 公称外径 75 ～ 355

温度変化 (°C)	75	90	110	125	160	180	250	315	355
1	0.13	0.19	0.28	0.36	0.58	0.74	1.42	2.26	2.88
5	0.65	0.93	1.39	1.78	2.92	3.70	7.10	11.31	14.38
15	1.94	2.80	4.18	5.33	8.75	11.09	21.31	33.93	43.14
25	3.24	4.66	6.97	8.88	14.59	18.49	35.52	56.54	71.90
35	4.53	6.53	9.75	12.43	20.43	25.88	49.73	79.16	100.7
45	5.83	8.39	12.54	15.99	26.26	33.28	63.94	101.8	129.4

表-5.32 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR17 公称外径 400 ～ 800

温度変化 (°C)	400	450	500	560	630	710	800
1	3.64	4.61	5.70	7.14	9.05	11.48	14.6
5	18.20	23.07	28.51	35.70	45.24	57.39	72.8
15	54.61	69.20	85.53	107.1	135.7	172.2	218.4
25	91.01	115.3	142.5	178.5	226.2	287.0	364.1
35	127.4	161.5	199.6	249.9	316.7	401.7	509.7
45	163.8	207.6	256.6	321.3	407.1	516.5	655.3

表-5.33 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR21 公称外径 75 ～ 355

温度変化 (°C)	75	90	110	125	160	180	250	315	355
1	0.10	0.15	0.23	0.29	0.48	0.60	1.16	1.84	2.33
5	0.52	0.75	1.13	1.46	2.39	3.01	5.78	9.18	11.66
15	1.57	2.26	3.40	4.37	7.18	9.03	17.35	27.55	34.99
25	2.62	3.76	5.66	7.29	11.97	15.04	28.91	45.92	58.31
35	3.67	5.26	7.93	10.20	16.75	21.06	40.48	64.29	81.63
45	4.72	6.77	10.19	13.12	21.54	27.08	52.05	82.66	105.0

表-5.34 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR21 公称外径 400 ～ 800

温度変化 (°C)	400	450	500	560	630	710	800
1	2.97	3.76	4.64	5.81	7.35	9.36	11.85
5	14.85	18.80	23.22	29.06	36.74	46.78	59.25
15	44.55	56.41	69.67	87.19	110.2	140.3	177.7
25	74.24	94.02	116.1	145.3	183.7	233.9	296.2
35	103.9	131.6	162.6	203.4	257.2	327.5	414.7
45	133.6	169.2	209.0	261.6	330.6	421.0	533.2

表-5.35 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR26 公称外径 160 ～ 355

温度変化 (°C)	160	180	250	315	355	400	450	500
1	0.39	0.49	0.94	1.50	1.90	2.40	3.04	3.75
5	1.95	2.44	4.71	7.48	9.48	12.01	15.19	18.75
15	5.84	7.31	14.13	22.44	28.43	36.04	45.58	56.24
25	9.73	12.19	23.55	37.40	47.38	60.07	75.97	93.73
35	13.62	17.06	32.97	52.36	66.34	84.09	106.3	131.2
45	17.52	21.94	42.39	67.32	85.29	108.1	136.7	168.7

表-5.36 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR26 公称外径 400 ～ 800

温度変化 (°C)	560	630	710	800
1	4.70	5.96	7.58	9.61
5	23.52	29.80	37.91	48.05
15	70.57	89.41	113.7	144.2
25	117.6	149.0	189.5	240.3
35	164.7	208.6	265.3	336.4
45	211.7	268.2	341.2	432.5

表-5.37 温度変化による熱伸縮力 (kN) SDR33 公称外径 315 ～ 800

温度変化 (°C)	315	355	400	450	500	560	630	710	800
1	1.21	1.53	1.95	2.46	3.03	3.81	4.81	6.12	7.76
5	6.04	7.66	9.73	12.29	15.14	19.06	24.06	30.62	38.78
15	18.13	22.97	29.20	36.86	45.41	57.17	72.17	91.86	116.3
25	30.13	38.28	48.66	61.43	75.68	95.28	120.3	153.1	193.9
35	42.31	53.59	68.13	86.00	106.0	133.4	168.4	214.3	271.5
45	54.40	68.90	87.60	110.6	136.2	171.5	216.5	275.6	349.0

備考) 熱伸縮力は次式により算出した。

$$P_{\theta} = \sigma_{\theta} \cdot A \times 10^{-3} \quad P_{\theta} : \text{熱伸縮力 (kN)} \quad A : \text{管壁断面積 (mm}^2\text{)}$$

5. 配管設計

<参考>伸縮処理対策

一定区間毎に特定の曲がり部分または分岐部分で柔軟な動きをさせ、長さの変化を角度の変化に置き換えることです。スイングさせる管の長さ a は、管の外径 d と吸収しようとする長さの変化 ΔL の範囲をもとに算出します。

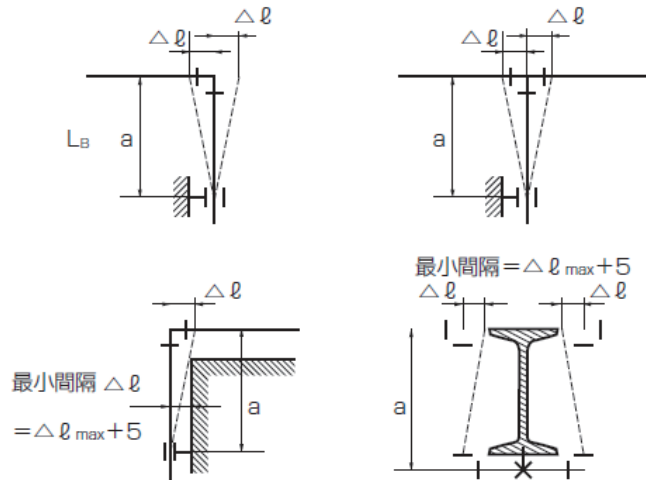
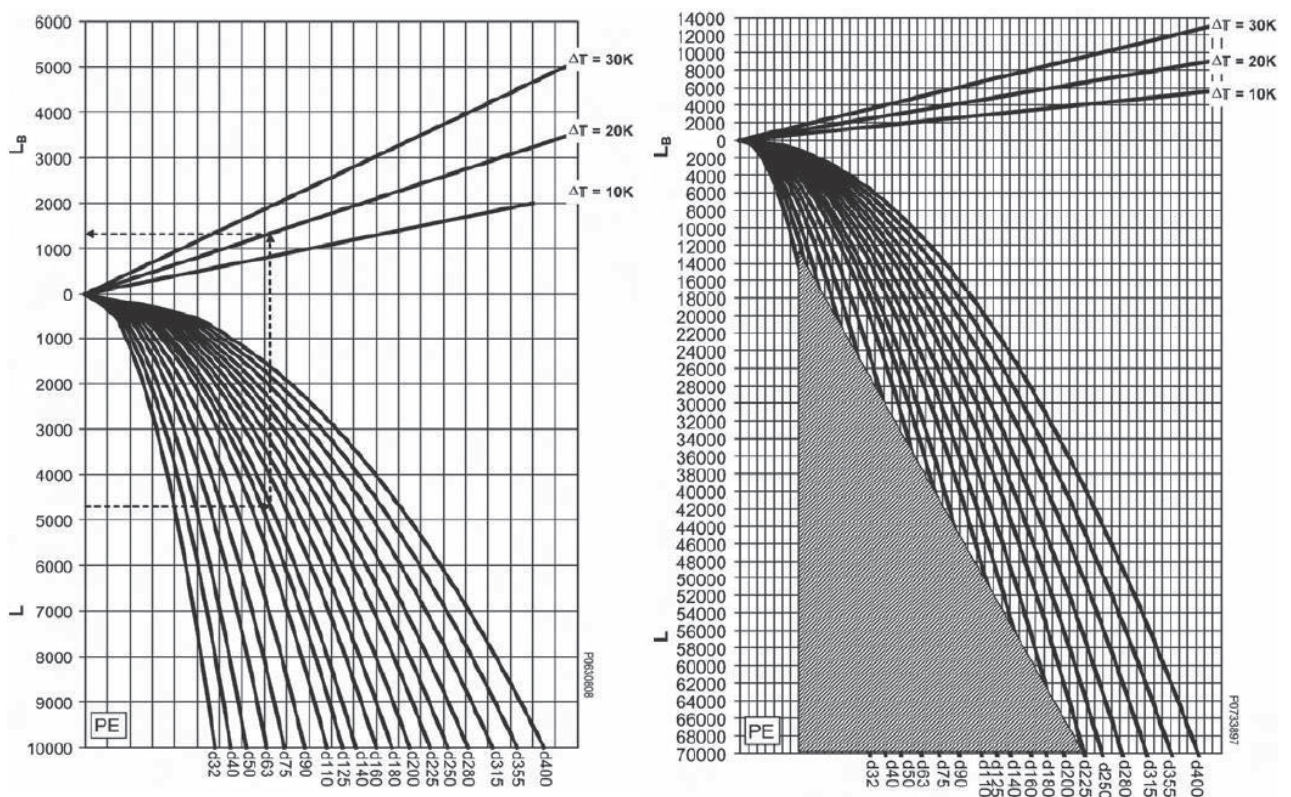


図-5.7 伸縮処理対策

管路は、長さの変化 ΔL によって生じる可とう部分 L_B の動きが、ブラケット、桁あるいは壁面などに妨げられないように配置しなければなりません。必要な可とう部分 L_B の長さは、図-5.8 から得られます。



L : パイプ長さ (mm)
 ΔT : 温度変化
 L_B : 必要な可とう部長さ (mm)

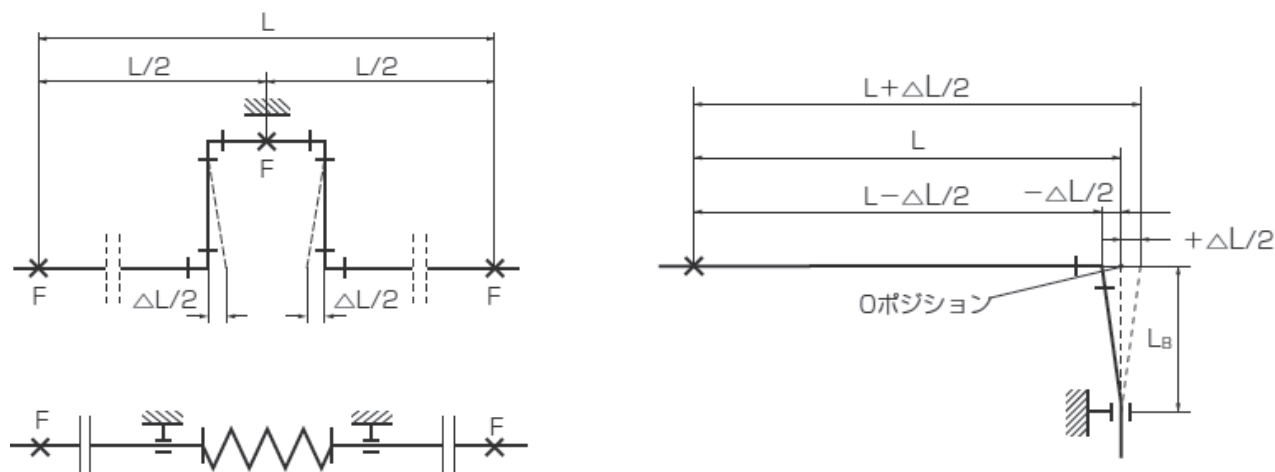
※パイプの座屈を避ける為、斜線部の領域の
 パイプ間隔は避けて下さい。

図-5.8 パイプ長さと可とう部長さ

長い直線管路で、設置時と使用時の温度差が大きい場合は、大きな長さの変化を吸収するために中間に伸縮用の屈曲継手を設ける必要があります。場合によっては吸収装置を必要とすることもあります。

但し、屈曲継手や吸収装置は伸縮し易い構造で、管路の材質と同じ耐薬品性を持つものでなければなりません。

使用時の温度が殆ど一定で、設置時の温度よりも高い場合は、配管時に予め、所定の変位長さ分だけ管路長を短縮し、可とう部をスイングさせておくとう有効です。この時、0ポジションでの管路長を基準にして簡単に考えると温度差による全減少量 ΔL は、次式で表されますが、配管ではこの変位長さ ΔL を0ポジションの両側に $\Delta L/2$ ずつ配分すれば、可とう部長さ L_B を短くすることができます。



$$\Delta L = L \cdot \frac{T_{\max} - T_{\text{inst}}}{2} \cdot \alpha$$

$T_{\max}$: 最大使用温度

T_{inst} : 配管時温度

α : 線膨張係数

図-5.9 伸縮処理の一例

参考資料：株式会社クボタケミックス技術資料

5.8 管布設歩掛り（参考）

5.8.1 開削工歩掛

表-5.38 管据付工（10m あたり）

公称 外径	人力布設 SDR 共通		機械布設 SDR11			機械布設 SDR17		
	配管工 (人)	普通作業員 (人)	配管工 (人)	普通作業員 (人)	クレーン運転 時間 (h)	配管工 (人)	普通作業員 (人)	クレーン運転 時間 (h)
25	0.07	0.12	—	—	—	—	—	—
32	0.07	0.12	—	—	—	—	—	—
40	0.08	0.14	—	—	—	—	—	—
50	0.08	0.14	—	—	—	—	—	—
63	0.10	0.18	—	—	—	—	—	—
75	0.10	0.18	—	—	—	—	—	—
90	0.10	0.18	—	—	—	—	—	—
110	0.12	0.20	—	—	—	—	—	—
125	0.12	0.20	—	—	—	—	—	—
160	0.16	0.24	—	—	—	—	—	—
180	0.18	0.26	—	—	—	—	—	—
250	0.25	0.49	—	—	—	—	—	—
315	—	—	0.09	0.15	1.34	0.07	0.12	1.20
355	—	—	0.10	1.41	1.41	0.08	0.13	1.26
400	—	—	0.11	1.47	1.47	0.09	0.15	1.34
450	—	—	0.12	1.61	1.61	0.10	0.16	1.41
500	—	—	0.18	1.74	1.74	0.11	0.18	1.47
560	—	—	0.20	1.81	1.81	0.12	0.20	1.61
630	—	—	0.24	1.94	1.94	0.18	0.26	1.74
710	—	—				0.20	0.29	1.81
800	—	—				0.24	0.36	1.94

※クレーン機種は、クレーン付きトラック 4 t 積 2.9 t 吊（SDR315～800 共通）

表-5.39 ポリエチレン管布設工（SDR 共通、継手工 EF・BF 共通）

公称 外径	継手工 （1箇所あたり）		機械器具損料 及び消耗品
	配管工 （人）	普通作業員 （人）	
25	0.03	0.03	労務費の 8.5 %
32	0.03	0.03	
40	0.03	0.03	
50	0.03	0.03	
63	0.04	0.04	
75	0.05	0.05	
90	0.05	0.05	
110	0.07	0.07	
125	0.07	0.07	
160	0.08	0.08	
180	0.09	0.09	
250	0.13	0.13	
315	0.17	0.17	
355	0.25	0.25	
400	0.30	0.30	労務費の 7 %
450	0.33	0.33	
500	0.36	0.36	
560	0.78	0.78	
630	0.84	0.84	
710	1.00	1.00	
800	1.20	1.20	

※ 1. 継手工は 2 口の継手工を標準とする。

2. 継手工において、1 口の場合は本表の 70 %とする。

表-5.40 ポリエチレン管切断工（SDR 共通）

公称外径	配管工 (人)	普通作業員 (人)	機械器具損料 及び消耗品
63	0.01	0.01	労務費の 1 %
75	0.01	0.01	労務費の 7 %
90	0.01	0.01	
110	0.02	0.02	
125	0.02	0.02	
160	0.02	0.02	
180	0.02	0.02	
250	0.02	0.02	
315	0.06	0.06	
355	0.06	0.06	

※公称外径 63～250 の歩掛は、全国簡易水道協議会発行の「水道事業実務必携＜平成 27 年度改訂版＞」に掲載されている値としています。