

水道用ポリエチレン二層管
水道給水用ポリエチレン管

技術資料



ま え が き

2020 年 11 月

日本ポリエチレンパイプシステム協会

技術委員会

1953 年(昭和 28 年)に製品化されたポリエチレン管は、既に 67 年近くの歴史を持っており、軽く撓やかで、更に耐震性、耐寒性、耐衝撃性などの優れた特長を生かし、水道用給配水管や一般用農工業向け配管、農業・土木用集排水管等に広くご使用頂いております。

水道用給水管としての規格は、1958 年(昭和 33 年)に社団法人日本水道協会規格 JWSA K 101(水道用ポリエチレン管)として、また、翌 1959 年(昭和 34 年)には日本工業規格 JIS K 6762(水道用ポリエチレン管)として制定され、その後 9 回の改正が行われました。

この間、一部の地域に於いて水道用ポリエチレン管内面に水泡が発生し、稀に薄皮を剥いのような剥離現象が見られる問題が発生しました。これらの現象の原因として、水道水中の塩素へ、ポリエチレン管に配合されているカーボンブラックが触媒として作用し、水泡発生に至る事が確認されました。そこで日本ポリエチレンパイプ工業会は、これら水泡・剥離を起し難い管として、塩素を含む水道水に接触する内面はカーボンブラックを含有しないナチュラル層に、外面は耐候性を考慮して従来通りカーボンブラックを含有する層とした水道用ポリエチレン二層管を開発し、工業会規格 JPS-04 として規定し、その普及に努めて参りました。そして 1993 年(平成 5 年)7 月、JIS K 6762 に二層管が新たに追加制定されました。1997 年(平成 9 年)9 月、水道法の改正に伴う規格改正が行われました。更に国際規格への整合化を図るとともに耐候性と耐塩素水性を兼ね備えた二層管の規格として 1998 年(平成 10 年)12 月改正されました。翌 1999 年(平成 11 年)には建設省道路局国道課及び路政課より、一種管が国道下浅層埋設の対象管として認められました。

2006 年(平成 18 年)3 月に日本ポリエチレン製品工業連合会を退会し翌 4 月に水道用ポリエチレン管・継手連合会発足を受け、会名称を給水用ポリエチレンパイプ協会に改称して傘下に入りました。しかしながら、2010 年(平成 22 年)4 月、水道用ポリエチレン管・継手連合会より、給水用ポリエチレンパイプ協会として分離独立、2015 年(平成 27 年)には、「日本ポリエチレンパイプシステム協会」に協会名称を変更いたしました。そして 2020 年 5 月には、2019 年 5 月に改正された JIS K 6762 の内容を「技術資料」に反映する改訂を行いました。

今回、給水管の耐震化検討が増加していることを受け、水道給水用ポリエチレン管の新管種として 1 種二層管(PE100)を追加する改訂を行いました。これは寸法は JIS K 6762 の 1 種二層管と同じで、樹脂に PE100 を採用した管種で、耐震管路としての地位を確立している水道配水用ポリエチレン管と同様の耐震性が期待できるものであり、当協会の JP K 002 に追加規定しました。なお、この水道給水用ポリエチレン管の新管種と色以外は同仕様の青色単層管も当協会の JP K 001 に追加規定しており、耐震性等の性能は二層管と同様に期待できます。この技術資料のご活用により、水道用ポリエチレン二層管(以下、水道用 PE 二層管)についてご理解を頂き、適切な配管工事の一助になれば幸甚に存じます。

未だ内容について不備な点もあろうかと思いますが、更に内容充実のため皆様のご意見を賜りますようお願い申し上げます。

目 次

I 規 格

ページ

1. 水道用 PE 二層管の規格	1
1.1 管及びコンパウンドの種類について	1
1.2 管及びコンパウンドの性能について	2
1.3 管の外観、形状及び構造について	3
1.4 寸法及びその許容差	4

II 設計・性能

1. 法規との関係	7
2. 水道用 PE 二層管の特性	9
2.1 ポリエチレンの基本的性質	9
2.2 ポリエチレン管の変遷	9
2.3 JIS 規格の変遷とその内容	11
2.4 現在の水道用ポリエチレン二層管	12
2.5 ポリエチレン樹脂の基本物性	13
2.6 ポリエチレン管の機械的強度	13
2.7 ポリエチレン管の化学的安定性	23
3. 埋設強度	26
4. 耐震特性	30
4.1 給水管に関する耐震性の基準	30
4.2 耐震性の評価内容	30
5. 凍結・保温	31
6. 伸縮・熱応力	32
7. 流量計算	34

III 施 工

1. 配水管・給水管の配置	37
2. 運搬・保管	38
3. 接合	39
3.1 冷間接合	39
3.2 E F 接合	43
3.3 配管例	48
3.4 施工上の基本事項	51
4. 埋設工法	52
5. 軌道下横断配管、伏せ越配管、傾斜配管	56
6. 曲げ配管	56
7. 長尺配管	57
8. 既設管からの分岐工法及び既設管の補修工法	58
8.1 既設ポリエチレン管に給水管を取り付ける工法	58

8.2 既設ポリエチレン管の傷等の補修工法	58
8.3 おがみ合わせ接続	59
9. スクイズオフ工法	59
10. 露出配管	59
11. 架空配管	60
12. 配管上のその他の注意事項	60

IV 参 考 資 料

1. 水道用 PE 二層管の耐塩素水性	61
2. スクイズオフ工法	64
2.1 スクイズオフ工法	64
2.2 止水性能評価	65
2.3 スクイズオフ後の強度評価	70
2.4 補修継手の取付確認	73
2.5 スクイズオフ後の圧力損失確認	74
2.6 スクイズオフ部の断面観察	77
2.7 スクイズオフ工法の推奨基準	79
3. 水圧試験	80
3.1 水圧試験	80
3.2 背景	81
3.3 水圧低下検証実験	82
4. 水道用 PE 二層管の非開削工法の紹介	86
5. 用語	87
6. 水道用 PE 二層管の布設歩掛表	90
7. 水道用 PE 二層管金属継手について	91
8. 水道用 PE 二層管 PE 継手	96
9. 水道用 PE 二層管断面諸数表	99
10. SI 単位換算率表	100

I 規格

1. 水道用 PE 二層管の規格

使用圧力 0.75MPa 以下の水道に使用する水道用 PE 二層管は、JIS K 6762（水道用 PE 二層管）による。
以下にその規格を抜粋・編集した内容を示す。

1.1 管及びコンパウンドの種類について

管の種類は表 1 による。

表 1 管の種類

種類	記号	コンパウンド	(参考) 管外径寸法体系
1 種二層管	① W	PE50, PE100	呼び径による寸法体系
2 種二層管	② W	PE80	呼び径による寸法体系
3 種二層管	③ W	PE100	公称外径による寸法体系

コンパウンドは、最小要求強度 MRS によって分類しその種類は、表 2 による。MRS は、ISO 1167-1（JIS K6794-1：2022 発行予定）、ISO 1167-2（JIS K 6794-2：2022 発行予定）、ISO 9080（JIS K6797：2022 発行予定）に従って求めた σ_{LPL} に基づき ISO 12162（JIS K 6798：2022 発行予定）の分類表に従って得られる。

表 2 コンパウンドの種類

単位 :MPa

種類	下方信頼限界値 σ_{LPL}	MRS
PE50	5.0 以上、6.3 未満	5.0
PE80	8.0 以上、10.0 未満	8.0
PE100	10.0 以上、11.2 未満	10.0

なお、この規格に適合した管の製造及び品質評価試験によって発生した清浄で再生可能なコンパウンドだけを、同一種類のコンパウンドを用いた製品の製造に用いてもよい。

1.2 管及びコンパウンドの性能について

管の性能は表 3 に適合しなければならない。

表 3 管の性能

特性		要求性能	関連規格
メルトマスフローレイト(MFR)の変化率 ^{a)}		± 25%	JIS K 7210
熱安定性		20.0min 以上	JIS K 6762 附属書 JA
カーボン分散 ^{b)}		グレード 3 以下	JIS K 6812
カーボン濃度 ^{b)}		質量分率 2.0%～質量分率 2.5%	JIS K 6813
引張降伏強さ	1 種二層管(PE50)	9.8MPa 以上	JIS K 6815-1、JIS K 6815-3
	1 種二層管(PE100)	20.0MPa 以上	
	2 種二層管	19.6MPa 以上	
	3 種二層管	20.0MPa 以上	
引張破断伸び		350%以上	JIS K 6815-1、JIS K 6815-3
加熱伸縮性		長さ変化率± 3%	JIS K 6814
内圧クリープ		漏れ又は破損があつてはならない	ISO 1167-1、ISO 1167-2
耐圧性		漏れ又は破損があつてはならない	JIS S 3200-1
浸出性	濁度	0.5 度以下	JIS K 6762 附属書 JD
	色度	1 度以下	
	全有炭素 (TOC)	1mg/L 以下	
	残留塩素の減量	0.7mg/L 以下	
	臭気	異常がない	
	味	異常がない	
耐塩素水性		水泡が発生してはならない。	JIS K 6762 附属書 JE
融着部相溶性 ^{c)}		漏れ又は破損があつてはならない	JIS K 6762
注^{a)} 管製造業者が管について測定した値の、コンパウンドの測定値に対する変化率で、次の式によって算出する。 $R = \left(\frac{F_1 - F_0}{F_0} \right) \times 100$ ここに R : 製造による変化率 (%) F_0 : コンパウンドの MFR 測定値 (g/10min) F_1 : 管の MFR 測定値 (g/10min) ^{b)} マスターバッチコンパウンドで製造した管の外層に適用する。 ^{c)} 融着部相溶性の試験は、受渡当事者間の協定によって必要な場合に行う。			

管の製造に用いるコンパウンドの性能は表 4 に適合しなければならない。

表 4 コンパウンドの性能

特性	要求性能	関連規格
密度 ^{a)}	PE50 の場合、0.930g/cm ³ 以上 PE80 の場合、0.943g/cm ³ 以上 PE100 の場合、0.960g/cm ³ 以上	JIS K 7112 D 法
メルトマスフローレイト (MFR) ^{a)}	提示値 ^{b)} は 0.2g/10min ～ 1.4g/10min、かつ、 MFR 値の許容差は提示値の± 25 %	JIS K 7210
熱安定性 ^{a)}	20min 以上	JIS K 6762 附属書 JA
カーボン分散 ^{c)}	グレード 3 以下	JIS K 6812
カーボン濃度 ^{c)}	質量分率 2.0 % ～ 質量分率 2.5 %	JIS K 6813
環境応力亀裂 ^{a)}	240 時間以内で亀裂発生があってはならない。	JIS K 7151、JIS K 6762 附属書 JB
揮発成分 ^{d)}	350mg/kg 以下	JIS K 6762 附属書 JC
水分量 ^{e)}	300mg/kg 以下	JIS K 7251
低速亀裂進展性 ^{d)}	漏れ又は破損があってはならない	JIS K 6762
注 ^{a)} マスターバッチコンパウンドを用いて製造する場合、未着色原料で試験する。 注 ^{b)} 提示値とは、コンパウンド製造業者が示す値である。 注 ^{c)} 着色コンパウンドの黒に適用する。 注 ^{d)} PE100 の場合に実施する。 注 ^{e)} 揮発成分の性能を満足しない場合だけに適用する。		

1.3 管の外観、形状及び構造について

- 1) 管の外観は、内外面が滑らかで、使用上有害なきず、割れ、ねじれその他の欠点があってはならない。
- 2) 管の断面形状は、目視で実的に正円と判断できるものとする。
- 3) 管の構造及び色は図 1、図 2 による。

なお、青ラインを付ける場合は、共押出し、インク塗布、テープ貼付などの方法によって管外表面に付ける。ただし、共押出しによって青ラインを付ける場合は、面積は管外表面面積の 10 % 以下、かつ、深さは外層厚さの 1/2 以下とする。

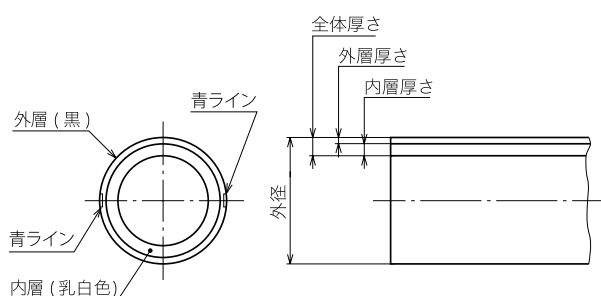


図 1 - 管の構造及び色 (3 種二層管公称外径 25 ~ 50)

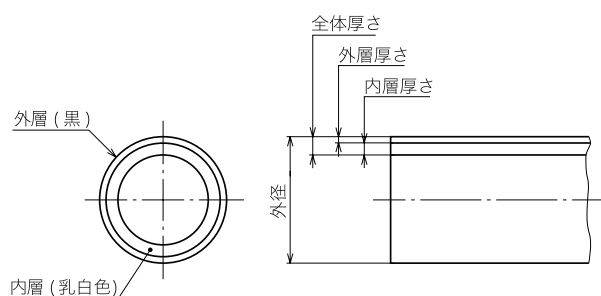


図 2 - 管の構造及び色 (1 種二層管, 2 種二層管, 3 種二層管公称外径 20・63 ~ 355)

1.4 寸法及びその許容差

管の寸法は、管の種類ごとに表 5、表 6 及び表 7 による。

表 5 管の寸法及びその許容差（1 種二層管）

単位 :mm

呼び径	外径 mm			全体厚さ mm			外層厚さ mm		(参考値)				
	基準 外径	許容差 a)	だ円度 (最大 値) b)	基準 厚さ	許容差	最小 寸法 厚さ	基準 外層 厚さ	許容差	長さ ^{c)} (m)	内径 ^{d)}	1m 当たりの 質量 ^{e)} (kg)		内層 厚さ
											PE50	PE100	
13	21.5	± 0.15	1.3	3.5	± 0.30	3.2	1.5	± 0.3	120	14.5	0.184	0.190	1.7
20	27.0		1.7	4.0		3.7				19.0	0.269	0.277	2.2
25	34.0	± 0.20	2.1	5.0	± 0.35	4.65			2.0	± 0.4	90	24.0	0.424
30	42.0		2.6	5.6	± 0.40	5.2	30.8	0.596				0.615	3.2
40	48.0	± 0.25	2.9	6.5	± 0.45	6.05	60	35.0			0.788	0.814	4.05
50	60.0	± 0.30	3.6	8.0	± 0.55	7.45	40	44.0	1.215	1.255	5.45		

注 a) 外径の許容差とは、平均外径と基準外径との差をいう。

b) だ円度は、直管だけに適用し巻物状については参考とする。

c) 長さは、一般的な寸法を示したものである。

d) 参考にした内径は、基準外径及び中心厚さから計算した値である。

e) 参考にした 1m あたりの質量は、基準外径及び内径を基に、管に使用するコンパウンドの密度を 0.930g/cm³ (PE50) , 0.960g/cm³ (PE100) として計算したものである。

表 6 2 種二層管の寸法及びその許容差

単位 :mm

呼び径	外径 mm			全体厚さ mm			外層厚さ mm		(参考値)			
	基準 外径	許容差 a)	だ円度 (最大 値) b)	基準 厚さ	許容差	最小 寸法 厚さ	基準 外層 厚さ	許容差	長さ c) (m)	内径 d)	1m 当 たりの 質量 e) (kg)	内層 厚さ
13	21.5	± 0.15	1.2	2.5	± 0.20	2.3	1.0	± 0.2	120	16.5	0.141	1.3
20	27.0		1.3	3.0	± 0.25	2.75				21.0	0.213	1.75
25	34.0	± 0.20		3.5	± 0.30	3.2			90	27.0	0.316	2.2
30	42.0		1.4	4.0		3.7	1.5	± 0.3		34.0	0.450	2.2
40	48.0	± 0.25		4.5	± 0.35	4.15			60	39.0	0.580	2.65
50	60.0	± 0.30		1.5		5.0			4.65	40	50.0	0.814

注 a) 外径の許容差とは、平均外径と基準外径との差をいう。

b) だ円度は、直管だけに適用し巻物状については参考とする。

c) 長さは、一般的な寸法を示したものである。

d) 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。

e) 参考に示した 1m あたりの質量は、基準外径及び内径を基に、管に使用するコンパウンドの密度を 0.943g/cm^3 として計算したものである。

表 7－管の寸法及びその許容差（3 種二層管）

単位 mm

公称 外径	外径 mm			全体厚さ mm		外層厚さ mm		参 考			
	基準 外径	許容差 a)	だ円度 (最大 値) b)	基準 厚さ	許容差	基準 外層 厚さ	許容差	長さ ^{c)} (m)	内径 ^{d)}	1m 当 たりの質量 ^{e)} (kg)	内層 厚さ
20	20.0	+0.3 0	1.2	2.0	+0.3 0	0.8	+0.4 0	120	15.7	0.116	1.0
25	25.0			2.3	+0.4 0				20.0	0.170	1.3
32	32.0			3.0	0				25.6	0.278	2.0
40	40.0	+0.4 0	1.4	3.7	+0.5 0	1.2	+0.6 0	90	32.1	0.429	2.2
50	50.0			4.6	+0.6 0			60	40.2	0.666	3.1
63	63.0			5.8	+0.7 0			40	50.7	1.054	4.3
75	75.0	+0.5 0	1.6	6.8	+0.8 0	1.4	+0.7 0	5	60.6	1.472	5.05
90	90.0	+0.6 0	1.8	8.2	+1.0 0	1.6	+0.8 0		72.6	2.132	6.2
110	110.0	+0.7 0	2.2	10.0	+1.1 0				88.9	3.163	8.0
125	125.0	+0.8 0	2.5	11.4	+1.3 0				100.9	4.103	9.4
160	160.0	+1.0 0	2.8	14.6	+1.6 0	2.0	+1.0 0		129.2	6.713	12.1
180	180.0	+1.1 0	3.6	16.4	+1.8 0	2.0	+1.0 0		145.4	58.485	13.9
250	250.0	+1.5 0	5.0	22.7	+2.4 0				202.2	16.29	20.2
315	315.0	+1.9 0	11.1	28.6	+3.0 0	3.0	+3.0 0		254.8	25.9	24.1
355	355.0	+2.2 0	12.5	32.2	+3.4 0				287.2	32.8	27.7

注 a) 外径の許容差とは、平均外径と基準外径との差をいう。

b) だ円度は、直管だけに適用し巻物状については参考とする。

c) 長さは、一般的な寸法を示したものである。

d) 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。

e) 参考に示した 1m あたりの質量は、内径及び外径を基準とし、管に使用する材料の密度を 0.960g/cm³ と
して計算したものである。

II 設計・性能

1. 法規との関係

水道用 PE 二層管を使用する場合は、種々の法規、条令等により規格、管種、施工基準、施工場所等の指定があるので、それらの規定に従わなければならない。関連する法規としては水道関連法規、各水道事業所内規、道路関連法規、地方自治体道路関連条例、建築基準法関連法規、消防法、各都市消防条例等がある。表 10 に、水道用 PE 二層管に関連する主な法令（平成 25 年 3 月 31 日現在）を示す。

解説

- 1) 1997 年（平成 9 年）の“水道法に基づく給水装置の構造及び材質の基準”の改正に基づき、水道用器具の統一的な試験方法が JIS S 3200-1 ～ 7 で規定され、試験方法の理解・適用の能力向上、使用者の利便などを図るために制定された。表 8 に水道用 PE 管に係る改正された基準部分を抜粋した。表 9 に水道用器具試験方法一覧表を示す。

表 8 水道法施行令第 4 条の構造・材質の基準の第 4 号（抜粋）

基準	給水管及び給水用具の性能基準		
	項目	適用対象	判定基準
水圧に対して十分な耐力を有すること。 水が漏れるおそれがないこと。	耐圧性能	すべての給水管及び給水用具（最終の止水機構の流出側に設置されるものは除く）（以下、省略）	給水管及び給水用具の流出側を閉止（流出側が大気に開口され、かつ止水機構を有するものについては止水機構を閉止）し、流入側から 1.75MPa の試験圧力を 1 分間かけたとき、水漏れ、変形、破損その他の異常が認められないこと。（以下、省略）
水が汚染されるおそれがないこと。	浸出性能	飲用に供する水と接触する給水管及び給水用具	滞留状態で浸出試験を行い、各々の使用実態に応じて試験結果の補正を行った値が、別添の判定基準に適合すること。 ただし、試験項目は味、臭気、色度、濁度及び接水部分の材料又は材料の原料に含まれ、水質に影響を及ぼすおそれのある物質に限定する。 ＊材質が同等で、構造及び製造方法が類似している製造群については、一括して評価を行うことができる。

表 9 水道用器具試験方法一覧表

日本産業規格番号	名称	適用範囲
S 3200-1	水道用器具－耐圧性能試験方法	給水栓、減圧弁、逃し弁などのバルブ、管及び継手、並びに住宅用配管ユニット、飲料用電気冷水機、貯湯式電気温水器、ガス温水機器、石油温水機器など。
S 3200-2	水道用器具－耐寒試験性能方法	管及び継手以外の水道用器具で、寒冷地仕様のもの。
S 3200-3	水道用器具－水撃限界性能試験方法	水撃発生防止仕様の水道用器具。
S 3200-4	水道用器具－逆流防止性能試験方法	逆流防止装置が内蔵されている水道用器具。
S 3200-5	水道用器具－負圧破壊性能試験方法	負圧破壊装置が内蔵されている水道用器具。
S 3200-6	水道用器具－耐久性能試験方法	水道用器具のうち、減圧弁、逃し弁、逆止弁、空気弁及び電磁弁。
S 3200-7	水道用器具－浸出性能試験方法	給水栓、減圧弁、逃し弁などのバルブ、管及び継手、並びに住宅用配管ユニット、飲料用電気冷水機、貯湯式電気温水器、ガス温水機器、石油温水機器など。

備考 1. 水道用 PE 二層管の規格において、耐圧性の試験方法は、JIS S 3200-1 を引用するが、試験水圧は 2.5MPa、保持時間を 2 分間としている。

2. 水道用 PE 二層管の規格において、浸出性の試験方法は、JIS S 3200-7 を引用した。性能基準については従来どおりとした。また、残留塩素の減量についても同様に、水道用の安全性確保のために従来どおりとした。

- 2) 水道用 PE 二層管は 1998 年（平成 10 年）4 月 1 日の製造分より、JIS 表示品に関して、二重検査をなくすため、日本水道協会の検査は廃止され、JIS マークの表示のみとなった。
- 3) 配水用途として、第 3 者機関の浸出性能試験を受けている。

表 10 水道用 PE 二層管に関連する主な法令

分類	名称	制定・公布日
法律	水道法	S32.6.15
政令	水道法施行令	S32.12.12
省令	給水装置の構造及び材質の基準に関する省令	H9.3.19
告示	給水装置の構造及び材質の基準に係る試験	H9.3.19
省令	水道施設の技術的基準を定める省令	H12.2.23
告示	資機材等の材質に関する試験	H12.2.23
法律	道路法	S27.6.10
政令	道路法施行令	S27.12.4
通達	電線、水管、ガス管又は下水道管を道路の地下に設ける場合における埋設の深さ等について	H11.3.31

2. 水道用 PE 二層管の特性

2.1 ポリエチレンの基本的性質

ポリエチレンの物性を支配する要因として、密度、分子量、分子量分布等があり、これ等の因子が与える影響は以下の通りである。

1) 密度

密度が高くなると引張降伏強さ、剛性、耐薬品性等は向上するが、耐衝撃性、耐環境応力亀裂性は低下する。

2) 分子量

分子量が大きくなる（分子鎖同士の絡み合いが強くなる）と、耐クリープ性、耐環境応力亀裂性、靱性等は向上するが、反面、溶融粘度が増加し流動性（加工性）が悪くなる。

3) 分子量分布

分子量分布は、ポリマーの流動性、機械的性質に大きな影響を与える、即ち分子量分布が狭くなると低分子量成分が減少し耐クリープ性、耐衝撃性、耐環境応力亀裂性等は良くなるが、一方で加工性が悪くなる。

2.2 ポリエチレン管の変遷

1959 年（昭和 34 年）の JIS K 6762 制定により水道用途の管材として使用されたポリエチレンは、一種管（LDPE）及び第 1 世代二種管（HDPE）であった。1970 年代に入り、第 1 世代 HDPE 二種管の亀裂漏水事故、また LDPE の水泡剥離事故等が発生した。これ等事故に対処すべく耐環境応力亀裂性の改良が図られた第 2 世代 HDPE として、更に水泡剥離事故対策とし LDPE を L-LDPE に変更した（同時に管の構造も二層とした）。

以後、新規触媒の開発、その適用、重合技術の向上等により長期強度の大幅な向上が実現されている。これ等の詳細な変遷は、**図 3**を参照頂きたい。

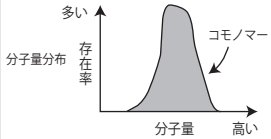
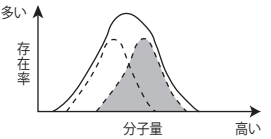
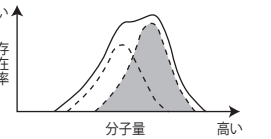
	1955	1960	1970	1980	1990	2000	2010
事 象	◆ JWSA K101 制定 ◆ JIS K6762 制定 (1959年)	◆ JIS K6762 改訂 (1966年) 降伏強度変更、熱間内圧クリープ試験、及び灰分試験規定	★ 第1世代HDPEの亀裂漏水事故発生 ★ JIS K6762 改訂 (1977年) LDPEの水泡剥離事故発生	◆ JIS K6762 改訂 (1982年) 耐塩素水試験追加、LDPEからLLDPEに移行	◆ JIS K6762 改訂 (1993年) LDPE、第2世代HDPE一層追加 ◆ JWSA K144、K145 制定 ◆ JIS K6762 改訂 (1998年) ◆ JIS K6762 改訂 (1997年)	◆ JIS K6762 改訂 (2004年) ◆ JWSA K114 制定 (2000年)	◆ JIS K6762 改訂 (2012年)
パイ プ	第1世代HDPE 給水管				第2世代HDPE 給水管		
					HDPE 給水二層管		
					第3世代HDPE 配水管		
	LDPE 給水管				LLDPE 給水管		
					LLDPE 給水二層管		
					MDPE ガス管		
ポ リ エ チ レ ン	第1世代HDPE		第2世代HDPE		第3世代HDPE		
	触媒 Ziegler系、Cr系		高活性Ziegler系、高活性Cr系		高活性Ziegler系、高活性Cr系、Metallocene等		
	製法 単体重合		多体重合		多体重合		
	分子量 小		中		大		
物 性							
	- 分子量分布が狭く、成形性が悪い - 分子量が小さく、パイプ耐圧性が低い - 単体重合のため短鎖分枝が全分子量領域に存在し（低分子量側に多くのコモノマーが取込まれている）、タイ分子数が少ない→ESCR 悪い		- 分子量分布が広く、成形性が良い - 分子量が大きく、パイプ耐圧性が良好 - 低分子量側に選択的にコモノマーを導入し、タイ分子数向上し、SCR 良好		- 分子量分布が広く、成形性が良い - 高分子量成分が多く、さらにパイプ耐圧性が良好 - 重合処方、触媒の改良によりタイ分子数向上し、ESCR さらに向上		
	PE クラス	PE32(Cr系)、PE50(Ziegler系)	PE80		PE100		
	ESCR	24h(Cr系)、230h(Ziegler系)	>1000h(Ziegler系)		>2000h(Ziegler系)		

図3 ポリエチレン管の変遷

2.3 JIS 規格の変遷とその内容

ポリエチレンは 1933 年（昭和 8 年）にイギリスの ICI 社によって開発され、同国に於いて 1953 年（昭和 28 年）に世界に先駆けて水道用ポリエチレン管の規格を制定し運用を開始した。

日本国内に於いては、1958 年（昭和 33 年）にポリエチレン管の水道用としての運用に際し基準となる規格としてイギリス規格（BS 1972:1953）を参考にした社団法人日本水道協会規格 JWSA K 101（水道用ポリエチレン管）:1958（昭和 33 年）が規定された。一方、1955 年（昭和 30 年）よりポリエチレン管の水道用途への使用適否の判断の為に、①水質への影響、②管の寸法体系と接続法、③機械的強度の各分野について検討が実施され、その結果として日本工業規格 JIS K 6762（水道用ポリエチレン管）:1959（昭和 34 年）が制定され、JWSA K 101（水道用ポリエチレン管）:1958（昭和 33 年）は廃止された。

本 JIS 規格における水道用ポリエチレン管の性能規定は、水道管として安全な使用を長期間に渡り満足する品質を維持するためのものであり、適宜、検討、改訂が実施されてきた。

以下日本工業規格 JIS K 6762（水道用ポリエチレン管）の変遷について表 11 に概述する。

表 11 水道用ポリエチレン管規格の変遷

年 次	内 容
1959 年（S34）7 月	・ 寸法体系、管の品質（溶解試験、引張試験、水圧試験） 国内に於ける検討結果、及び BS 規格を参考に新規に制定された。
1966 年（S41）3 月	・ ポリチレン原料の品質向上により 1 種管の引張強度の変更 95kgf/cm ² → 100kgf/cm ² 。 ・ 管品質の長期間保証の観点より熱間内圧クリープ試験が、 また不適切な再生材使用の排除を目的に灰分試験が追加された。
1977 年（S52）5 月	・ JIS 規格への国際単位系の導入であり規格内容に変更はない。
1982 年（S57）3 月	・ 1 種管の内面水泡剥離に対する応急策として塩素水試験が追加された。
1993 年（H5）5 月	・ 内面水泡剥離に対する恒久策として管内面をナチュラル層、管外面に カーボンブラックを含む黒色層より成る二層管が追加規定された。 ・ 過去に発生した亀裂漏水事故を考慮し環境応力亀裂試験を追加規定した。 ・ カーボン濃度を性能項目として、またその要求値も追加規定した。
1997 年（H9）9 月	・ JIS S 3200:1997 規定の呼称との整合化を図った改訂である。 具体的には、耐水圧→耐圧性、溶出性→浸出性、臭気及び味→臭気、 味、水圧試験方法→耐圧試験方法、溶出試験方法→浸出試験方法等 である。尚、要求性能値には変更はない。
1998 年（H10）12 月	・ JIS 規格の国際規格（ISO 4427:1996）との整合化に基づく改訂 である。改訂点は以下の通り。 1）単層管を規格から除き 1 種二層管、2 種二層管と、二層管のみ を規定し、また規格名称を水道用ポリエチレン二層管とした。 2）追加性能項目（ISO 規格に規定されている性能項目） 引張降伏強さ、引張伸び、熱安定性、加熱伸縮、融着部相溶性、 カーボン濃度、カーボン分散 3）継続性能項目（JIS 規格に規定、ISO 規格には規定なし） 耐圧性、浸出性、耐塩素水性、環境応力き裂性

1998 年（H10）12 月	4）測定方法の全面改定性能項目 熱間内圧クリープ 5）削除性能項目 灰分 （本性能項目は、不適切な再生材使用の排除を目的に規定されたが、本改訂で使用可能な再生材の定義が明確に規定された為、削除された。）
2004 年（H16）3 月	・ JIS 規格の国際規格（ISO 4427:1996）との整合化を更に推進する為の改訂である。主要な改訂点は以下の通り。 1）材料分類を密度から MRS に変更し、3 種二層管が追加された。即ち、1 種二層管は PE50、2 種二層管は PE80、3 種二層管は、PE63、PE80、PE100 である。 2）前回 ISO 整合化改訂では国内事情（使用者、管製造者、樹脂メーカーの混乱）を考慮して、規格内容（性能及び試験方法）の大幅な修正を行ったが、今改訂では可能な限り ISO 規格と整合させた。
2012 年（H24）12 月	・ 更に、水道用ポリエチレン配管システムとして総合的に品質保証を行う、との観点から ISO 4427:1996 が 4 パート（パート 1：一般、パート 2：管、パート 3：管継手、パート 5：システムの目的適合性の評価）で構成された ISO 4427:2007 が発行された。 ・ ISO 規格が要求する水道用ポリエチレン配管システムとして総合的に品質保証を行うとの考えを取り入れ、パート 1：一般、パート 2：管との整合化をより緊密に図った。
2019 年（R1）5 月	・ 規格化の市場要求が高まってきたため、3 種二層管に公称外径 75 ～ 250 を追加した。また、1 種二層管及び 2 種二層管との違いを明確にするために、3 種二層管の管外径寸法体系を ISO へ整合させ“公称外径による寸法体系”に変更した。 ・ この規格の対応国際規格である ISO4427-1：2007（通則）は、2015 年に Amendment1 が、ISO4427-2：2007（管）は、2014 年に Amendment1 がそれぞれ発行されている。2014 年の Amendment1 は表 2 の記載ミスであり、又 2015 年の Amendment1 は MFR 値の変更である（MFR 値の変更理由は、欧州では管の接合方法は融着が主流であり、融着部の健全性確保の為である）。一方、国内ではメカニカル接合が主流である。従って、整合化の必要はないと判断し従来通りの MFR 値を規定した。品質に関する信頼性向上のため、規格になかった揮発成分、水分量、低速亀裂進展性、融着部相溶性を対応国際規格に整合させ、試験を追加した。 ・ 国内での生産がなく、海外からの調達も困難な PE40 及び PE63 を 3 種二層管の規定から削除した。 ・ 管種の識別のため、管外表面に青ラインを付けてもよい旨を追加規定した。青ライン追加に対応し顔料分散、耐候性の規定を追加した。

2.4 現在の水道用ポリエチレン二層管

水道用ポリエチレン管は配管システムとして、一旦地中に埋設されると補修や取り換えが非常に困難であるので、管の寿命は最低でも数十年は必要であると考えられている。従って、この要求（管の長期寿命）に対して ISO 4427:2007 が示した 50 年寿命の考えを踏襲した JIS K 6762:2012 が発行された。

この長期寿命を保証するために IS K 6762:2012 では、長期強度（長期試験により評価される性能）及び短期強度（短期試験により評価される性能）が規定された。現水道用ポリエチレン二層管はこれ等の諸試験による評価の基、安全な使用を長期間に渡り満足する品質を有する水道管として生産されている。

2.5 ポリエチレン樹脂の基本物性

ポリエチレン樹脂の諸物性を表 12 に示す

表 12 ポリエチレン樹脂の物性表

項目	単位	試験方法	PE50 (1 種二層管)	PE80 (2 種二層管)	PE100 (1 種二層管及び 3 種二層管)
密度	g/cm ²	JIS K 6922-2	0.910 ～ 0.942 未満	0.942 以上	0.960 以上
吸水率	%	JIS K 7209	0.03 以下	0.03 以下	0.03 以下
引張降伏強さ	MPa	JIS K 7161	9.8 以上	19.6 以上	20 以上
引張伸び	%	JIS K 7162	350% 以上		
曲げ強さ	MPa	JIS K 7171	9.8 以上	19.6 以上	20 以上
MRS	MPa	ISO 1167-1,2 9080, 12162	5	8	10
熱伝導率	W/m・k	JIS A 1413	0.34	0.46 ～ 0.50	0.46 ～ 0.50
線膨張率	10 ⁻⁵ /℃	JIS K 7197	16 ～ 18	11 ～ 13	11 ～ 13
比熱	J/kg・K	JIS K 7123	2.3	2.3	2.3
ヒート軟化温度	℃	JIS K 7206	90 以上	115 以上	125 以上
脆化温度	℃	JIS K 7216	－ 70℃以下	－ 70℃以下	－ 70℃以下
ESCR	時間	ASTM D 1693	> 1000	> 1000	> 1000

※ 上記の数値は測定値であり性能を保証するものではない。

2.6 ポリエチレン管の機械的強度

1) 耐圧強度

水道用 PE 二層管の耐圧強度は、下記の式より求めることができる。

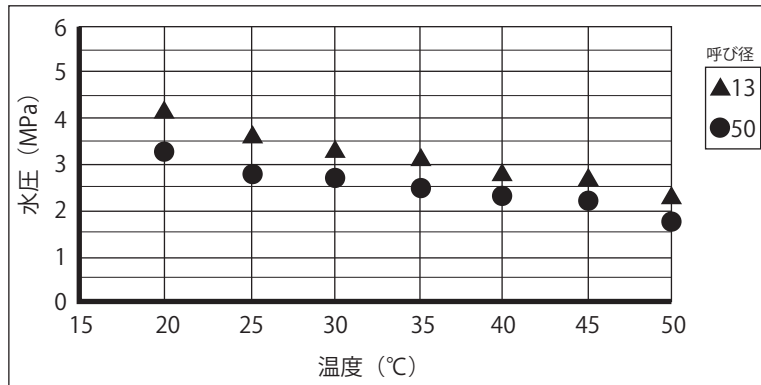
$$P = \frac{2\sigma t_{\min}}{D - t_{\min}}$$

ここに、
 P ：管内水圧（MPa）
 σ ：引張降伏強さ（MPa）
 D ：基準外径（mm）
 $t_{\min}$ ：最小寸法厚さ（mm）

以下に各温度における管の引張降伏強さを上式に適用し、短期的な水道用 PE 二層管の耐圧強度（破壊圧力）と温度の関係を求めた結果を表 13 ～ 16 に示す。

これから、管温度の上昇に伴い耐圧強度が低下することが判る。夏期、遮蔽のない露出配管等で不用意に高い内水圧を管に与えると破損する場合があるので注意が必要である。

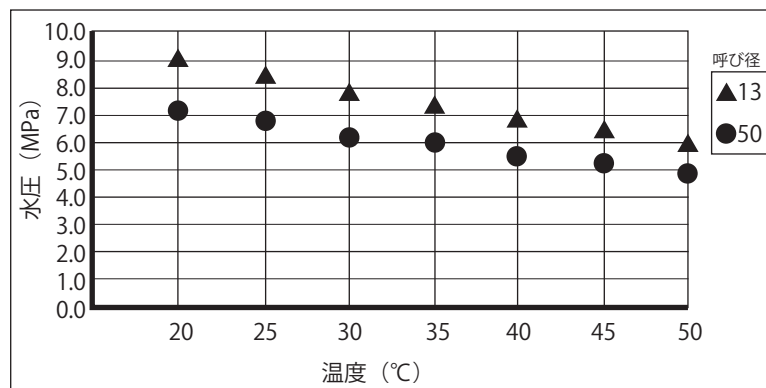
表 13 1 種二層管 (PE50) の口径別耐圧強度 (破壊圧力)



単位 : MPa

呼び径 温度	13	20	25	30	40	50
20℃	4.1	3.7	3.7	3.3	3.4	3.3
25℃	3.6	3.3	3.3	2.9	3.0	2.9
30℃	3.5	3.2	3.1	2.8	2.9	2.8
35℃	3.1	2.8	2.8	2.5	2.6	2.5
40℃	2.9	2.7	2.7	2.4	2.4	2.4
45℃	2.6	2.4	2.4	2.1	2.2	2.1
50℃	2.4	2.1	2.1	1.9	1.9	1.9

表 14 1 種二層管 (PE100) の口径別耐圧強度 (破壊圧力)

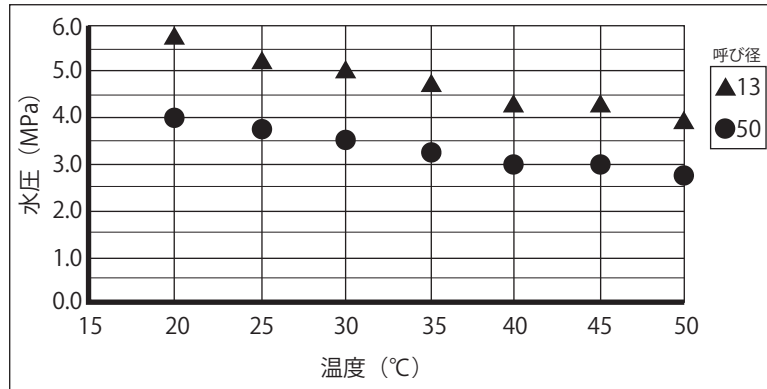


単位 : MPa

呼び径 温度	13	20	25	30	40	50
20℃	9.1	8.2	8.2	7.3	7.5	7.3
25℃	8.4	7.7	7.6	6.8	7.0	6.8
30℃	7.8	7.1	7.1	6.3	6.4	6.3
35℃	7.3	6.7	6.7	5.9	6.1	6.0
40℃	6.8	6.2	6.2	5.5	5.6	5.5
45℃	6.4	5.8	5.8	5.2	5.3	5.2
50℃	5.9	5.3	5.3	4.7	4.8	4.8

※ 上図に用いた値は計算値であり性能を保証するものではない。

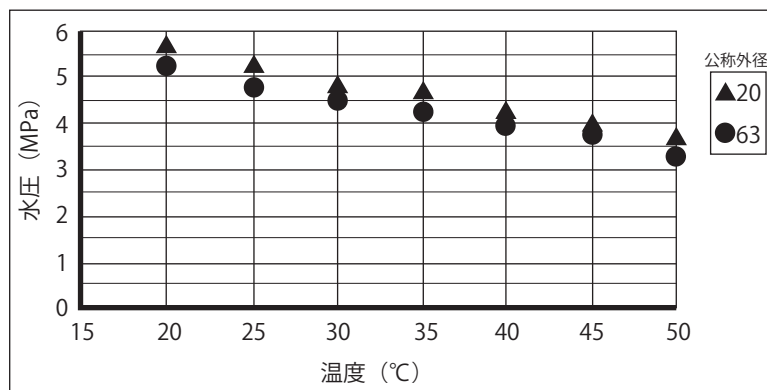
表 15 2 種二層管の口径別耐圧強度(破壊圧力)



単位 : MPa

呼び径 温度	13	20	25	30	40	50
20℃	5.7	5.4	4.9	4.6	4.5	4.0
25℃	5.3	5.1	4.6	4.3	4.2	3.7
30℃	5.0	4.7	4.3	4.0	3.9	3.5
35℃	4.7	4.4	4.1	3.8	3.7	3.3
40℃	4.3	4.1	3.8	3.5	3.4	3.0
45℃	4.3	4.0	3.7	3.4	3.4	3.0
50℃	3.9	3.7	3.4	3.1	3.1	2.7

表 16 3 種二層管の口径別耐圧強度(破壊圧力)



単位 : MPa

公称外径 温度	20	25	32	40	50	63
20℃	5.8	5.2	5.4	5.3	5.2	5.3
25℃	5.4	4.9	5.0	4.9	4.9	4.9
30℃	5.0	4.5	4.6	4.5	4.5	4.5
35℃	4.7	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
40℃	4.3	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
45℃	4.1	3.7	3.8	3.7	3.7	3.7
50℃	3.7	3.4	3.5	3.4	3.4	3.4

※ 上図に用いた値は計算値であり性能を保証するものではない。

2) MRS の求め方

水道用 PE 二層管には、与えられている内圧により管壁に円周応力が発生し、その円周応力によりクリープ現象（一定応力の作用下で、時間経過に伴って変形し続ける現象）が起こる。このため、長期間使用すると短期的な破壊応力よりも低い応力で管が破壊する。即ち、水道用 PE 二層管の長期強度を短期的な強度試験より正確に求めることはできず、従って水道用 PE 二層管の長期強度を得るために、このクリープ特性を考慮した長期内圧クリープ試験が実施される。

図 4 に現在国内で使用されている 1 種二層管の長期内圧クリープ線図の一例を示す。各温度での試験より得られたデータを用い、20℃における 50 年時（これは一般的に管の耐用年数と考えられている）の内圧クリープ強度の、データのバラツキを考慮して、97.5% 下方信頼限界（ σ_{LPL} と呼ばれる）を求める。図より $\sigma_{LPL} = 5.74$ MPa が得られる。（この σ_{LPL} を求める場合、測定法は ISO 1167、データ解析は ISO 9080 が適用される。）

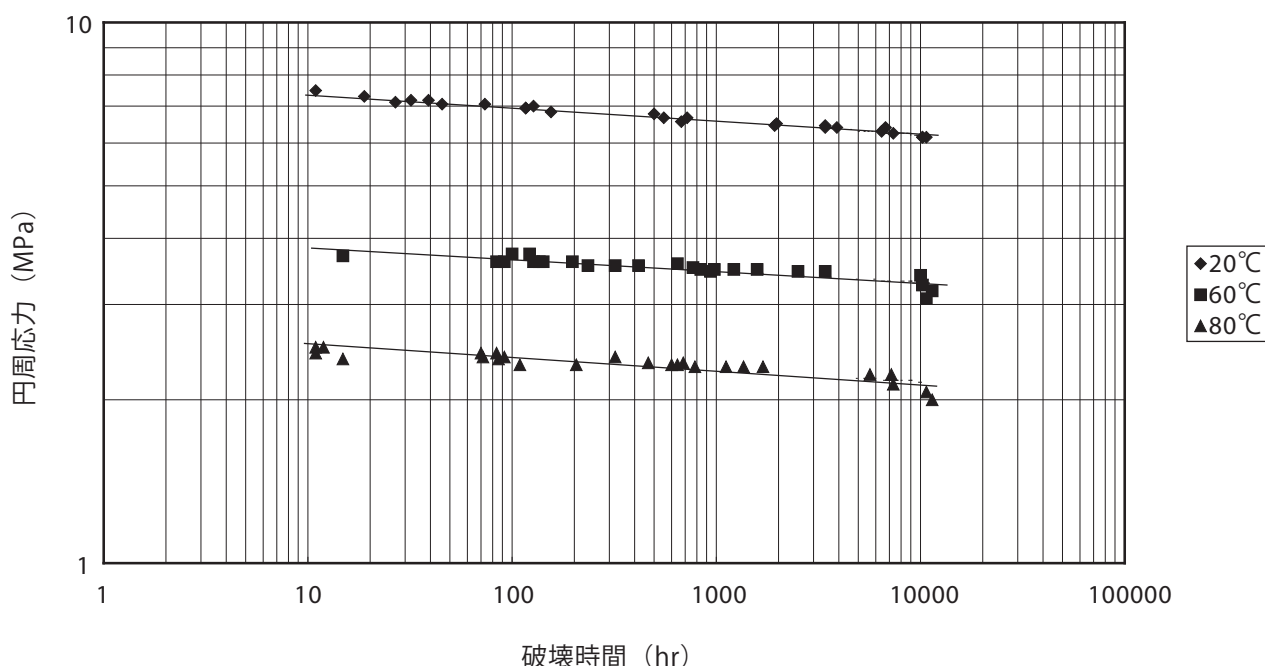


図 4 長期内圧クリープ線図

得られた σ_{LPL} から最小要求強度、MRS（Minimum Required Strength）を表 2 に従って求める。（この分類は ISO 12162 に基づいている）

従って、図 4 の材料は表 2 より MRS = 5.0MPa の PE50 に分類される。

この MRS を用い、以下の式より水道配管系に許容される連続最高圧力（最高許容圧力）P が計算される。

$$P = \frac{2\sigma}{SDR - 1} \quad \sigma = \frac{MRS}{C} \quad SDR = \frac{D}{t_{\min}}$$

σ ：管の円周応力

SDR：外径厚さ比（管の基準外径を最小寸法厚さで除した値）

C：安全率

D：管 σ の基準外径

$t_{\min}$ ：管の最小寸法厚さ

使用圧力 0.75MPa に水撃圧 0.25MPa を考慮し、最高許容圧力を 1.0MPa とした場合、現在の管寸法系を上式に適用して安全率を求めると、表 17 に示す通りであり ISO が規定する安全率 1.25 に比し、十分な安全率を見込んでいることが分かる。

表 17 水道用 PE 二層管の 1 種二層管、2 種二層管及び 3 種二層管の安全率

呼び径	1 種二層管		2 種二層管		公称外径	3 種二層管	
	基準外径 / 最小厚さ SDR	安全率	基準外径 / 最小厚さ SDR	安全率		基準外径 / 最小厚さ SDR	安全率
13	6.72	1.75	9.35	1.92	25	11	2.0
20	7.30	1.59	9.82	1.81	32		
25	7.31	1.58	10.63	1.66	40		
30	8.08	1.41	11.35	1.54	50		
40	7.94	1.44	11.57	1.51	63		
50	8.05	1.42	12.90	1.34			

解説

JIS K 6762 は内圧クリープ試験が規定されている。この試験は、製造された管がこの JIS で分類規定している MRS を満足するコンパウンドで製造されているか、を確認するために実施される。例えば、1 種二層管 (PE50) の場合、円周応力 2.4MPa を与え 165 時間以内で破損しなければ PE50 が使われている、と判断できる。165 時間と 1000 時間の使い分けは JIS に示されている通り、形式検査の場合は 1000 時間、受渡検査は 165 時間である。

3) 最高許容圧力 1.0MPa に対する長期耐久強度の信頼性

水道に使用される設計上の最高許容圧力は、使用圧力 0.75MPa に水撃圧 0.25MPa を見込んだ 1.0MPa である。従って、水道用 PE 二層管は、その使用される最高許容圧力を 1.0MPa と設定し設計している。

材料として 1 種二層管は PE50 (MRS 5.0MPa) 及び PE100 (MRS 10.0MPa)、2 種二層管は PE80 (MRS 8.0MPa)、3 種二層管は PE100 (MRS 10.0MPa) をそれぞれ使用し設計されている。ISO12162 に示す安全率 1.25 から Naday の式を用い設計内圧を求めると、表 18、表 19 及び表 20 に示す通り全ての口径で最高許容圧力 1.0MPa を超え、十分な長期耐久強度を有していることが分かる。

$$(\text{Naday の式}) \quad P = \frac{2\sigma t_{\min}}{D - t_{\min}} \quad \sigma = \frac{MRS}{C}$$

ここに、

P : 設計内圧 (MPa)

σ : 設計円周応力 (MPa)

D : 基準外径 (mm)

$t_{\min}$: 全体の最小厚さ (mm)

MRS : 長期静水圧最小要求強度

C : 安全率

表 18-1 水道用 PE1 種二層管 (PE50) の設計圧力

呼び径	基準外径 (mm)	全体の最小厚さ (mm)	設計円周応力 (MPa)	設計圧力 (MPa)
13	21.5	3.20	4.00	1.40
20	27.0	3.70		1.27
25	34.0	4.65		1.27
30	42.0	5.20		1.13
40	48.0	6.05		1.15
50	60.0	7.45		1.13

表 18-2 水道用 PE1 種二層管 (PE100) の設計圧力

呼び径	基準外径 (mm)	全体の最小厚さ (mm)	設計円周応力 (MPa)	設計圧力 (MPa)
13	21.5	3.20	8.00	2.80
20	27.0	3.70		2.54
25	34.0	4.65		2.53
30	42.0	5.20		2.26
40	48.0	6.05		2.31
50	60.0	7.45		2.27

表 19 水道用 PE2 種二層管の設計圧力

呼び径	基準外径 (mm)	全体の最小厚さ (mm)	設計円周応力 (MPa)	設計圧力 (MPa)
13	21.5	2.30	6.40	1.53
20	27.0	2.75		1.45
25	34.0	3.20		1.33
30	42.0	3.70		1.24
40	48.0	4.15		1.21
50	60.0	4.65		1.08

表 20 水道用 PE3 種二層管の許容圧力

公称外径	基準外径 (mm)	全体の最小厚さ (mm)	設計円周応力 (MPa)	設計圧力 (MPa)
20	20	2.0	8.00	1.78
25	25	2.3		1.62
32	32	3.0		1.66
40	40	3.7		1.63
50	50	4.6		1.62
63	63	5.8		1.62

4) 温度別の使用圧力及び最高許容圧力

20℃における水道用 PE 二層管の最高許容圧力は 1.0MPa であるが、ポリエチレン樹脂は他の樹脂材料と同様に温度増により材料が軟化するので、使用圧力が低下する。ISO 13761 には、温度による使用圧力低減係数が表 21 の通り定められている。温度別の使用圧力と最高許容圧力を表 22 に示す。

表 21 圧力低減係数

	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃	45℃	50℃
PE 50	1.00	0.92	0.85	0.77	0.71		
PE 80 PE 100	1.00	0.92	0.85	0.79	0.73	0.67	0.63

注：PE 50 のデータは、Gastec (現 Kiwa Gastec Certification) の測定値を用いて計算した。

表 22 温度別の使用圧力と最高許容圧力

単位：MPa

	使用温度	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃	45℃	50℃
1 種 (PE50)	最高許容圧力	1.00	0.92	0.85	0.77	0.71		
	使用圧力	0.75	0.69	0.64	0.58	0.53		
1 種 (PE100) 2 種 (PE80) 3 種 (PE100)	最高許容圧力	1.00	0.92	0.85	0.79	0.73	0.67	0.63
	使用圧力	0.75	0.69	0.64	0.59	0.55	0.50	0.47

5) 耐水撃性

水道施設基準には、呼び径 50 以下の管については耐水撃圧の規定はない。従って水道用 PE 二層管は、その適用を受けないが、参考までに水撃圧の計算に頻繁に適用される Allievi の式より管内平均流速を 1m/s とし計算した結果を表 23、図 5 に示す。

これらの結果から、水道用 PE 二層管は他管種に比し柔軟性に富むため圧力上昇が極めて少ないことが分かる。

$$H = V_p \cdot V_w / g = 0.102 V_p \cdot V_w$$

$$V_p = \sqrt{(K \cdot g / \rho) / \{1 + (K/E) \cdot (d/t)\}}$$

$$= 1425 / \sqrt{1 + (2.03/E) \cdot (d/t)}$$

ここに、 H ： 弁の急速閉鎖による最大水撃頭 (m)

V_p ： 圧力波の伝播速度 (m/s)

V_w ： 管内平均流速 (m/s)

K ： 水の体積弾性率 15℃で 2.03 GPa

ρ ： 水の体積重量 15℃で 9797 N/m³

E ： 管材の弾性率 15℃で

水道用 PE 二層管 1 種二層管 (PE50) 0.21 GPa

水道用 PE 二層管 2 種二層管 (PE80) 0.66 GPa

水道用 PE 二層管 3 種二層管 (PE100) 1.35 GPa

水道用硬質ポリ塩化ビニル管 3.33 GPa

水道用亜鉛メッキ鋼管 211 GPa

d ： 管の内径 (mm)

t ： 管の全体厚さ (mm)

g ： 重力の加速度 9.8 m/s²

表 23 各種管材の圧力波の伝播速度と水撃圧

呼び径 (公称外径)	圧力波の伝播速度 V_p (m/s)					
	水道用 PE 二層管				水道用硬質ポリ 塩化ビニル管	水道用亜鉛 メッキ鋼管
	1 種二層管 (PE50)	1 種二層管 (PE100)	2 種二層管 (PE80)	3 種二層管 (PE100)		
13 (20)	228	521	346	—	698	1387
20 (25)	213	491	337	374	633	1375
25 (32)	212	489	322	377	616	1369
30 (40)	198	460	307	374	563	1360
40 (50)	200	465	304	372	535	1350
50 (63)	198	460	284	373	507	1338

注：水道用 PE 二層管 3 種二層管は公称外径で表示

呼び径 (公称外径)	最大水撃頭 H (m)					
	水道用 PE 二層管				水道用硬質ポリ 塩化ビニル管	水道用亜鉛 メッキ鋼管
	1 種二層管 (PE50)	1 種二層管 (PE100)	2 種二層管 (PE80)	3 種二層管 (PE100)		
13 (20)	23	53	35	–	71	141
20 (25)	22	50	34	38	65	140
25 (32)	22	50	33	38	63	140
30 (40)	20	47	31	38	57	139
40 (50)	20	47	31	38	55	138
50 (63)	20	47	29	38	52	136

注：管内平均流速を 1m/s として計算した結果

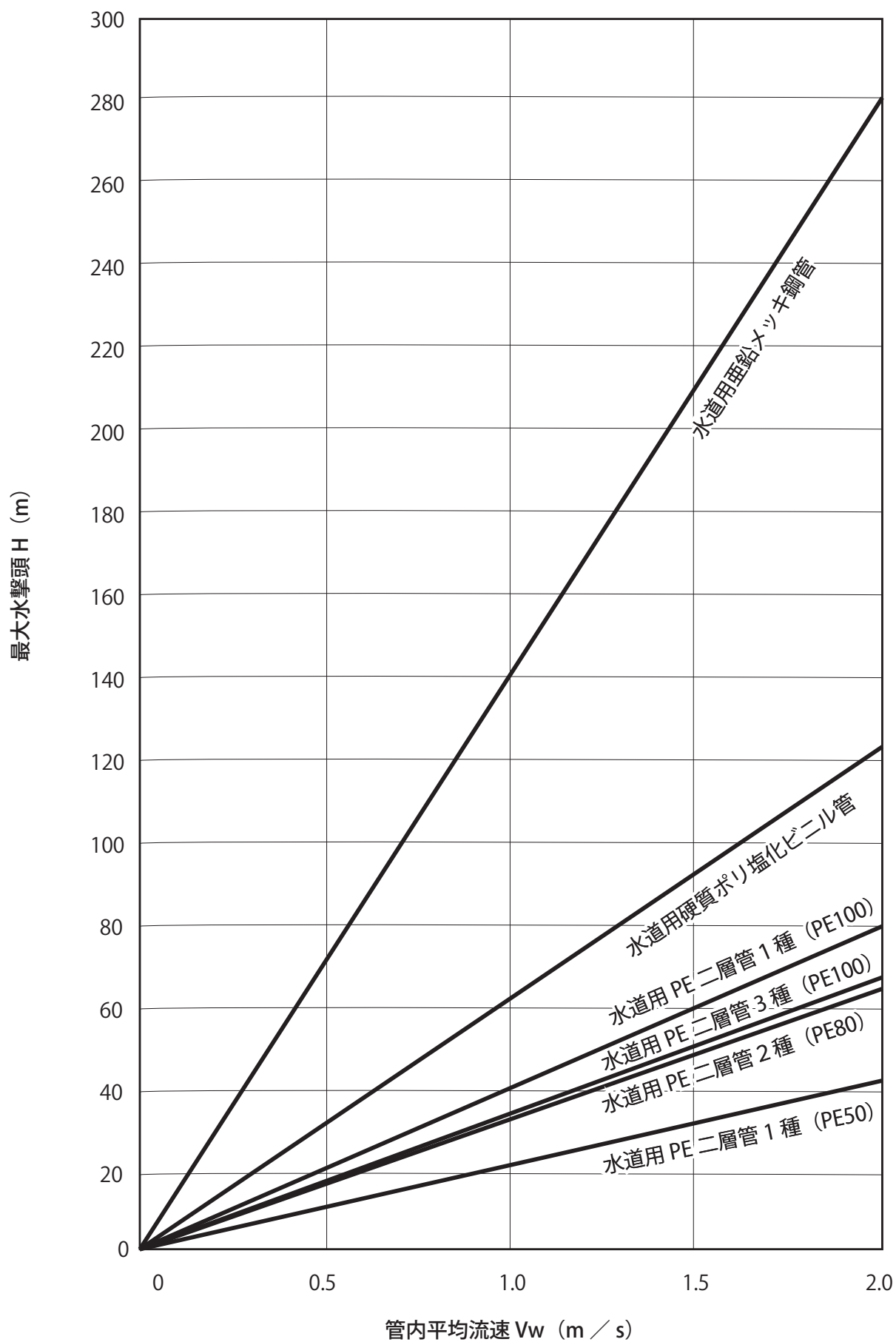


図5 各管種の水撃圧(呼び径25) ※水道用PE二層管3種は公称外径32

6) 耐衝撃性

水道用 PE 二層管は非常に優れた耐衝撃性能を有しているため、衝撃荷重に起因する割れ、き裂、及び変形などが、起こりにくい。更に低温に於いてもこの特性は変わらず、よって寒冷地における配管材としても最適である。

図 6 に示される様な UL 規格に準じた落錘式衝撃試験法に基づいて水道用 PE 二層管、及び水道用硬質ポリ塩化ビニル管双方について実験した結果は、表 24 の通りである。

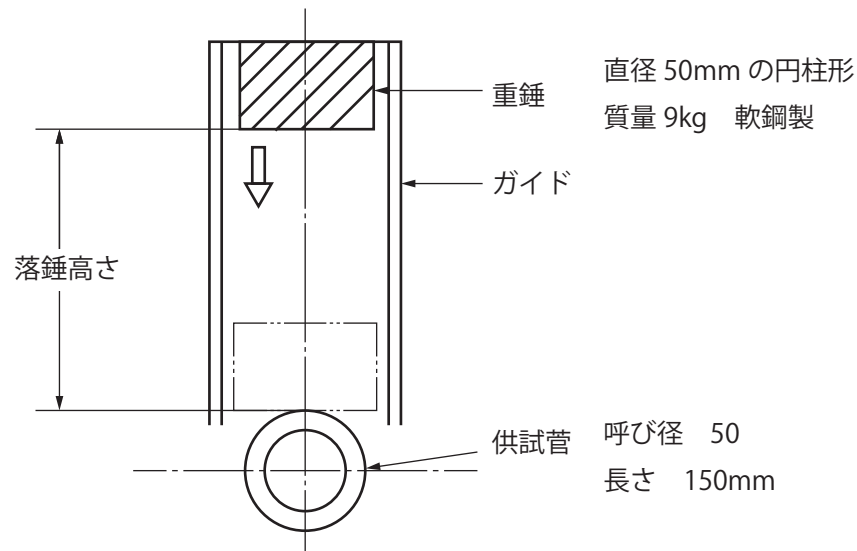


図 6 落錘式衝撃試験法

表 24 落錘式衝撃試験結果

温度	管種	試料数	結果
10℃	水道用 PE 二層管 1 種二層管 (PE50)	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
	水道用 PE 二層管 2 種二層管 (PE80)	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
	水道用硬質ポリ塩化ビニル管	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
0℃	水道用 PE 二層管 1 種二層管 (PE50)	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
	水道用 PE 二層管 2 種二層管 (PE80)	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
	水道用硬質ポリ塩化ビニル管	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
-10℃	水道用 PE 二層管 1 種二層管 (PE50)	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
	水道用 PE 二層管 2 種二層管 (PE80)	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
	水道用硬質ポリ塩化ビニル管	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし

備考 水道用硬質ポリ塩化ビニル管は、JIS K 6742 で規定された水道用耐衝撃性硬質ポリ塩化ビニル管とする。

2.7 ポリエチレン管の化学的安定性

1) 耐薬品性

ポリエチレン樹脂の耐薬品性を表 26 に示す。(本データは ISO/TR 10358：1993 に基づいている。)

注) ここに示される耐薬品性は、圧力或いは応力が負荷されていない場合である。加圧下で使用する場合は、JIS K 7107、又は K 7108 で別途評価しておく事を推奨する。

JIS K 7107：定引張変形下におけるプラスチックの耐薬品試験方法

JIS K 7108：プラスチック―薬品環境応力き裂試験法―定引張応力法 (IDT ISO 6252)

ポリエチレンは、優れた耐薬品性を有するプラスチックの 1 つであり、酸、アルカリ、塩類には極めて良好な耐薬品性を示す。

しかし、有機溶剤（ベンゼン、トルエン、四塩化炭素）や石油類（ガソリン、灯油）には影響を受ける。これらの薬品は、ポリエチレンに接触すると、その分子間に浸透し、膨潤現象を引き起こす。

水道用として使用される場合は、このような薬品と接触する事はないが、埋設された土中に有機溶剤を含む塗料や、ガソリン、灯油等が多量に浸透していると、管と接触する恐れがある。

管に、これらの薬品が浸透すると膨潤を引き起こし、内圧による管破損や、内部の水道水を汚染したりする場合があるので注意が必要である。

また、有機溶剤やガソリン、灯油等の臭いが、管内の水に移行することもある。

よって、配管経路がこれらの薬品に汚染される恐れがないかを確認しておくことが重要である。

2) 耐塩素水性

水道用 PE 二層管は、耐塩素水性に優れているので管内面の水泡・剥離対策管として最適である。

耐塩素水性の評価は、JIS K 6762（水道用 PE 二層管）による。

解説

(1) 水泡・剥離の発生メカニズムは、水道水に添加された塩素が加水分解して生じた次亜塩素酸へ PE 管に配合されているカーボンブラックが触媒として作用して、水泡・剥離現象を発生させる事が解明された。このため、水道水に接する内面はカーボンブラックを含有しないナチュラル層に、外層は従来通りカーボンブラックを配合し耐候性を維持した、二層構造の二層管を開発した。

(2) 水道用 PE 二層管の塩素水連続浸せきテスト結果を表 25 に示すが、単層管に比べ二層管は耐塩素水性が優れているといえる。促進試験による耐塩素水性の長期寿命推定では、23℃、塩素濃度 1mg/L における水泡発生推定時間は単層管で約 6.7 万時間（7.6 年）、二層管で約 270 万時間（300 年）となっている。（当協会発行の「水道用ポリエチレン管 二層管開発経緯（技術資料 No.95-01）」を参照）

(3) 水道法施行規則では、給水栓における残留塩素の濃度を定めている。給水栓水で保持すべき残留塩素量は、平常の場合は、遊離残留塩素で 0.1mg/ L（結合残留塩素では 0.4mg/ L）以上、消化器系伝染病流行時や広範囲の断水後給水を開始するとき等においては、遊離残留塩素で 0.2mg/ L（結合残留塩素では 1.5mg/ L）以上とすること。

【水道法施行規則及び厚生省水道環境部長通知「水道法の施行について（環水第 81 号、昭和 49 年 7 月 26 日）」より】

＜水道用 PE 二層管の塩素水連続浸せきテスト結果＞

カーボンブラックが配合されている単層管には水泡の発生が認められるが、二層管の内面には 3000 時間経過後も全く水泡の発生は認められない。

表 25 水道用 PE 二層管塩素水連続浸せきテスト結果

連続浸せき時間	水泡発生評価					
	500 時間後	1000 時間後	1500 時間後	2000 時間後	2500 時間後	3000 時間後
1 種二層管	0	0	0	0	0	0
2 種二層管	0	0	0	0	0	0

備考 1. 塩素水連続浸せきテスト条件

残留塩素濃度 : 500mg/L

pH : 6 ~ 7

テスト温度 : 60℃

塩素水流量 : 1L/hr 連続供給

2. テスト結果表での数値は、水泡発生度合いを示し、大きくなる程、水泡量が多い事を示す。

水泡の評価方法は 10 点法とし、ASTM D714-56 Fig.4 BlisterSize No.8 と、Fig.4 Continued を基準とし、1cm² 当たりの水泡の数により判定した。3 種二層管も、1 種二層管並びに 2 種二層管と同様に内面はナチュラル層となるため、水泡発生の可能性は無いと推定される。

3) 環境応力き裂性

無負荷状態では殆ど影響を与えない液体及びその蒸気が、負荷状態では材料に割れを発生させたり、材料を破壊させたりする現象を、一般に環境応力割れと呼ぶ。

ポリエチレンは、上述の様に優れた耐薬品性を示すが、各種界面活性剤、油類（動物、植物、鉱物）、アルコール等の有機薬品に、負荷状態で接触すると環境応力割れを起こすことが知られている¹⁾。

埋設された水道用 PE 管は、埋設後の地盤の不等沈下や埋設時の曲げ配管などに起因する変形が長期間にわたり拘束される場合がある²⁾。この様な状態下で、上記の薬品類に接触した場合、環境応力き裂が生じる可能性がある。

従って水道用 PE 二層管を、長期間、安全に使用するという観点からこの耐環境応力き裂性を評価する事は重要である。

JIS K 6762 では、この定ひずみ下の拘束を考慮し、材料について一定ひずみ下での耐環境応力き裂性を評価するベントストリップ法を規定している。

現在、使用されている PE50、PE80、PE100 は、規格値：き裂発生時間 ≥ 240 時間に対して、実測値 > 1000 時間であり、十分な耐環境応力き裂性を有しているといえる。

1) 成澤 郁夫 プラスチックの機械的性質 シグマ出版、1994

2) 西村 寛之、仲倉 正博 成形加工、2 (3) 203 1990

表 26 ポリエチレン樹脂の耐薬品性

薬品名	温度℃		薬品名	温度℃		薬品名	温度℃	
	20	60		20	60		20	60
酸及び酸性薬品			塩 類			有 機 溶 剤		
塩酸 35%	◎	◎	重碳酸ナトリウム	◎	◎	エチル・テル	×	×
硫酸 60%	◎	◎	過マンガン酸ナトリウム	◎	◎	グリセリン	◎	○
〃 98%	○	×	炭酸カルシウム	◎	◎	ホルマリン 40%	◎	◎
硝酸 25%	◎	○	塩化第二鉄	◎	◎	トルエン	×	×
〃 50%	○	×	塩化バリウム	◎	◎	ガ ス		
〃 >50%	×	×	硫 安	◎	◎	亜硫酸ガス	◎	◎
リン酸 50%	◎	◎	過酸化水素水 10%	◎	◎	炭酸ガス	◎	◎
酢酸 60%	◎	○	〃 30%	◎	○	天然ガス	◎	○
氷酢酸	○	○	〃 90%	◎	×	一酸化炭素	◎	◎
クロム酸	◎	○	有 機 溶 剤			塩素ガス	×	×
ギ酸 <80%	◎	◎	エチルアルコール 40%	◎	○	そ の 他		
シュウ酸	◎	◎	〃 95%	○	○	植物油	◎	○
乳酸	◎	◎	メチルアルコール	◎	○	写真現像液	◎	◎
オレイン酸	○	×	アセトン	○	×	海 水	◎	◎
マレイン酸	◎	◎	アニリン	○	×	ガソリン	○	×
ア ル カ リ			ベンゼン	×	×	灯 油	○	×
アンモニア水溶液	◎	◎	四塩化炭素	×	×	尿 素	◎	◎
苛性ソーダ	◎	◎	クロロホルム	×	×	白蟻駆除剤	×	×
水酸化ナトリウム	◎	◎	二硫化炭素	×	×			
水酸化カルシウム	◎	◎	アセトアルデヒド	○	×			

摘要 ◎：使用可、 ○：若干の腐食はあるが、注意すれば使用可、 ×：使用不可

3. 埋設強度

1) 浅層埋設（国道下埋設）

平成 11 年 3 月 31 日付で建設省道路局から『電線、水管、ガス管又は下水道管を地下に設ける場合における埋設深さ等について』通達（建設省道政発第 32 号、建設省国発 5 号）の通り、水道用ポリエチレン二層管（JIS K6762 1 種二層管）を含む給水管は本通達の用途対象となっていない。

これに対し当協会では、本通達の『適用対象とする管路等の種類及び管径』にある水道用のポリエチレン管の性能と水道用ポリエチレン二層管（JIS K6762 1 種二層管）を比較した性能評価を建設省道路局国道課に依頼し、その結果、平成 11 年 12 月 21 日に『通達記載の管種と同等以上の性能がある』と認められる連絡を受理した。この結果より、水道用ポリエチレン二層管（JIS K6762 1 種二層管）の浅層埋設（道路下埋設）は可能と判断している。

ただし、最終判断は当該の道路管理者様に委ねることとなるため、個別に確認が必要である。

※ここでの 1 種二層管は、JIS K 6762 に規定されている PE50 樹脂品のみを指す。

2) 外圧（土圧・輪圧）に対する強度

水道用 PE 二層管を、土中に埋設した場合は、石などによる局所的な集中応力がないようにすれば、40cm 以上の埋設深さで、土圧・輪圧の外圧に対しては問題にする必要はない。40cm 未満の場合には、外圧に対する保護をする必要がある。

（社）日本水道協会発行の「水道施設設計指針・解説」の式で曲げ応力を計算し、さらに安全率を計算する。

(1) 土圧分布

管体の強度計算に用いるスパングラの土圧分布は図 7 による。

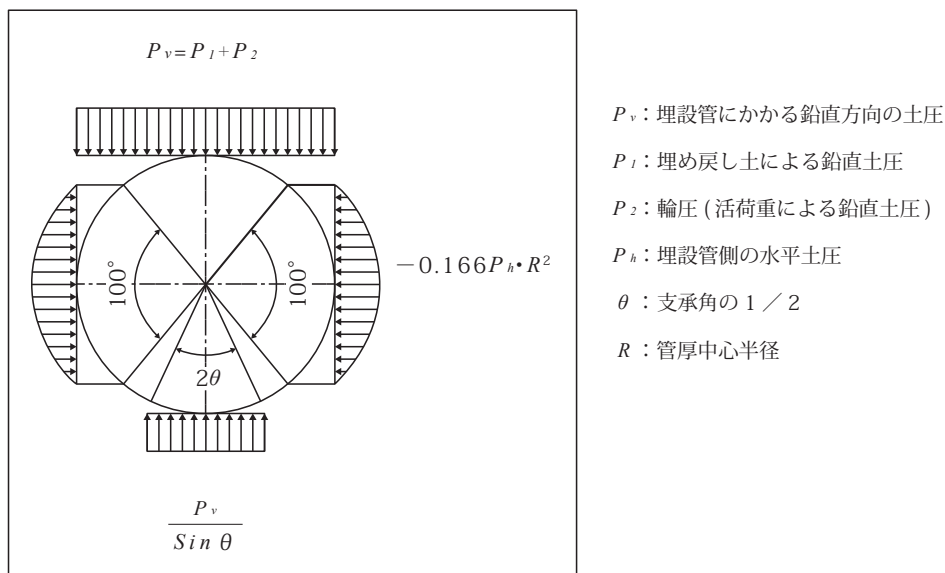


図 7 スパングラの土圧分布図

(2) 曲げ応力

スパングラの土圧分布図より管に発生する曲げモーメント M は、次式で表される。

$$M = 2K \cdot P_v \cdot R^2 - 0.166 P_h \cdot R^2$$

上の式に $\sigma = \frac{M}{Z}$ 、 $Z = \frac{t^2}{6}$ 、 $P_h = \frac{E'}{R} \cdot \frac{\delta}{2}$ 、 $\delta = \frac{2F_d \cdot F_r \cdot R^4}{E \cdot I + 0.061 E' \cdot R^3} \times P_v$

を代入整理すると次式：スパンダラーの修正式となる。

埋設管の発生曲げ応力は、スパンダラーの修正式により求める。

$$\sigma = 12 \left(\frac{R}{t} \right)^2 \left[K - \frac{F_r \cdot E' \cdot R^3}{12(E \cdot I + 0.061 E' \cdot R^3)} \right] \cdot P_v \quad (\text{スパンダラーの修正式})$$

ここに、

M ：管長 1mm 当りのモーメント (N・mm/mm)

K ：モーメント係数： $K = M/(w \cdot R)$

(有効支承角 60° のとき $K=0.189$)

w ：管長 1mm 当りの P_v による線荷重 (N/mm)

P_v ：埋設管にかかる鉛直方向の土圧 (N/mm²) $\langle P_1 + P_2 \rangle$

R ：管厚中心半径 (mm) $R = (D - t) / 2$

D ：管の外径 (mm)

P_h ：埋設管側の水平土圧 (N/mm²)

σ ：埋設管の発生曲げ応力 (MPa)

Z ：管長 1mm 当りの断面係数 (mm³/mm)

t ：管の厚さ (mm)

δ ：埋設管のたわみ (mm)

F_r ：埋設管基礎の支承角によって決まる係数

(有効支承角 60° のとき $F_r=0.103$)

F_d ：土の変形量の遅滞係数 経験的に 1.5

E' ：埋戻し土の受動土圧係数 (N/mm²)

砂埋め戻し、突き固めのとき $E' = 9.8 \text{ N/mm}^2$

E ：水道用 PE 管の曲げ弾性率

(1 種二層管 (PE50)：196MPa、2 種二層管 (PE80)：784MPa、

1 種二層管 (PE100) 及び 3 種二層管 (PE100)：1050MPa)

I ： $t^3/12$ ：管長 1mm 当たりの断面 2 次モーメント (mm⁴/mm)

なお、埋設管にかかる鉛直方向の土圧 (P_v) を求める際に使う、埋戻し土による鉛直土圧 (P_1) 及び輪圧 (P_2) は、マーストンの式、ブーシネスクの式によって求める。

$$P_1 = Cd \cdot \gamma \cdot B \times 10^{-6} \quad (\text{マーストンの式})$$

◎埋設管に作用する埋戻し土による土圧計算には、フリーリング、マーストン、垂直土圧式等があるが、ここでは最もよく用いられているマーストンの式を用いる。

$$\text{ここに、} \quad Cd : Cd = \frac{1 - e^{-2K \cdot \tan \phi \cdot H/B}}{2K \cdot \tan \phi}$$

K ：ランキンの主動土圧係数

$$K = (1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi)$$

γ ：埋戻し土の単位体積質量 (N/m³)

一般に $\gamma = 17.6 \text{ kN/m}^3$

B ：管頂部の溝幅 (m) $B = 0.5\text{m}$

H ：土被り (m)

ϕ ：埋戻し土の内部摩擦角 (deg) 一般に $\phi = 30^\circ$

$$P_2 = \alpha(1+i)Q\beta \quad (\text{ブーシネスクの式})$$

◎埋設管上をトラック等の走行荷重が作用する場合の輪荷重計算は、フレアリッヒ、ブーシネスク、道路構造令則による 45° 分散式などがあるが、ここでは実験値ともかなりよく合うブーシネスクの式を用いる。

ここに、
 α ：トラック荷重による鉛直荷重係数 (mm^{-2})
 i ：衝撃係数 $i = 0.5$
 Q ：トラックの 1 後輪荷重 (N) T-25 のとき $Q = 98\text{kN}$
 β ：断面力の低減係数
 土被り $H \leq 1\text{m}$ かつ内径またはスパン $\geq 4\text{m}$ の場合は 1.0
 それ以外の場合は 0.9 (「道路土工 カルバート工指針：社団法人 日本道路協会」のたわみ性カルバートの設計)
 内径及びスパンが 4m 未満なので $\beta = 0.9$

T-25 トラック 2 台が並列同時通過した場合の α 値を表 27 に示す。

表 27 トラック荷重による鉛直荷重係数

単位 : mm^{-2}

土被り H	H = 0.6m	H = 0.8m
α	10.34×10^{-7}	7.50×10^{-7}

(3) たわみ

たわみは、曲げ応力の計算式に示しているとおり、次式で求められる。

$$\delta = \frac{2F_d \cdot F_r \cdot R^4}{E \cdot I + 0.061E' \cdot R^3} \times P_v$$

また、たわみ率は、次式で求められる。

$$\text{たわみ率} = \delta / \text{管外径}$$

(4) 許容曲げ応力

外圧に対する許容曲げ応力 σ_a は、曲げ強さに対して 2.5 の安全率を見込んだ。

1 種二層管 (PE50)	$9.8\text{MPa} \div 2.5 = 3.92 \text{MPa}$
2 種二層管 (PE80)	$19.6\text{MPa} \div 2.5 = 7.84 \text{MPa}$
1 種二層管 (PE100) 及び 3 種二層管 (PE100)	$20.0\text{MPa} \div 2.5 = 8.00 \text{MPa}$

(5) 計算結果

計算結果の一例を表 28 及び表 29 に示す。なお、支承角は、発生応力が最も大きくなる 60°とした。

表 28 水道用 PE 二層管(1・2 種)の埋設強度計算結果

管 種	呼び径	管厚 (mm)	埋設深度 0.6m		埋設深度 0.8m		許容 曲げ応力 (MPa)
			発生曲げ応力 σ (MPa)	たわみ率 δ (%)	発生曲げ応力 σ (MPa)	たわみ率 δ (%)	
1 種 二層管(PE50)	13	3.2	1.77	1.49	1.34	1.12	3.92
	20	3.7	1.97	1.74	1.49	1.30	
	25	4.65	1.98	1.74	1.49	1.32	
	30	5.2	2.23	2.02	1.68	1.55	
	40	6.05	2.18	1.98	1.65	1.50	
	50	7.45	2.22	2.03	1.68	1.53	
1 種 二層管(PE100)	13	3.2	2.45	0.47	1.85	0.37	8.0
	20	3.7	2.87	0.59	2.17	0.44	
	25	4.65	2.88	0.62	2.18	0.47	
	30	5.2	3.44	0.81	2.60	0.62	
	40	6.05	3.33	0.77	2.52	0.58	
2 種 二層管(PE80)	13	2.3	4.03	1.34	3.05	1.02	7.84
	20	2.75	4.31	1.48	3.26	1.11	
	25	3.2	4.76	1.71	3.60	1.29	
	30	3.7	5.15	1.90	3.90	1.45	
	40	4.15	5.27	1.98	3.98	1.48	
	50	4.65	5.95	2.28	4.50	1.72	

表 29 水道用 PE 二層管 (3 種) の埋設強度計算結果

管 種	公称 外径	管厚 (mm)	埋設深度 0.6m		埋設深度 0.8m		許容 曲げ応力 (MPa)
			発生曲げ応力 σ (MPa)	たわみ率 δ (%)	発生曲げ応力 σ (MPa)	たわみ率 δ (%)	
3 種 二層管(PE100)	25	2.3	5.89	1.76	4.44	1.32	8.0
	32	3.0	5.75	1.69	4.33	1.28	
	40	3.7	5.85	1.75	4.40	1.33	
	50	4.6	5.89	1.76	4.43	1.32	
	63	5.8	5.88	1.76	4.43	1.32	

注：コンパウンドが PE100 の場合

ここで、埋設深さ 0.6m の場合、発生曲げ応力は、許容曲げ応力に対して十分小さい。また、たわみ率の許容値は、一般的に管外径の 5%以下とされているが、1 種二層管 (PE50)、2 種二層管 (PE80) 及び 3 種二層管 (PE100) の値は許容値の半分以下となっている。

以上のことより、水道用 PE 二層管は外荷重に対して十分な安全性を有していることが確認されている。

4. 耐震特性

4.1 給水管に関する耐震性の基準

水道用 PE 二層管は可とう性があり、引張降伏ひずみが大きいため、地震時の地盤変動にもよく追従して、管体が破損する可能性は低いと考えられている。しかし、現時点で（2020 年 1 月末時点）、給水管の耐震性に関する指針はまだ無く、配水管のように耐震管の規定も無いため、当協会では以下の内容で耐震性を評価している。

4.2 耐震性の評価内容

1) 地震時の管継手の挙動

水道用 PE 二層管の地盤変位吸収性能を把握する為に、中低圧ガス導管耐震設計指針に準拠して実験を実施した。理由は、給水管と同構造となるサービス管で耐震設計法が確立されているためである。図 8 のように、配水管からサドル分岐して止水栓に至るクランク配管を想定し、クランク配管から止水栓までの区間を実験で再現した。配管は、土層に埋設して配管端部を引張り、配管上に貼り付けた歪みゲージで発生ひずみを測定した。その結果、地盤変位量として 80mm を与えても、管体の伸びや曲がりで吸収できることが分かった。

最大ひずみ発生位置を図 9 に、発生した最大ひずみ値を表 30 に示す。

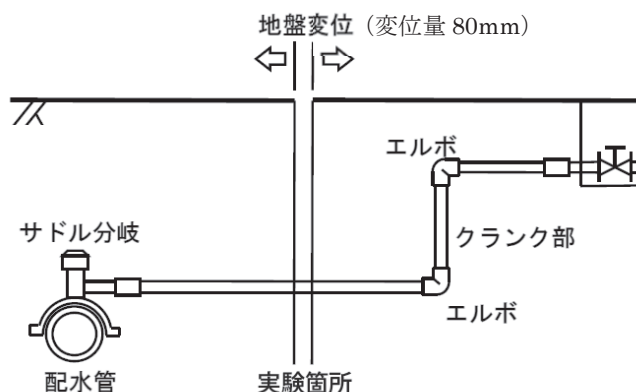


図 8 実験モデル

（参照：中低圧ガス導管耐震設計指針）

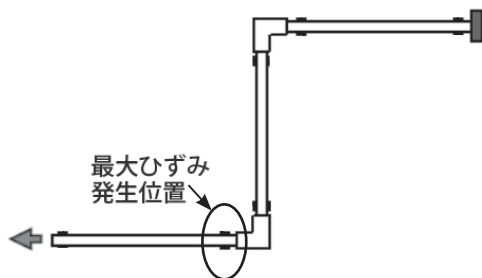


図 9 最大ひずみ発生位置（曲げ・引張共通）

表 30 最大発生ひずみ

		最大ひずみ	
		軸方向	曲げ方向
1種二層管(PE50)	φ 20	約 8%	約 2%
	φ 25	約 7%	約 3%
3種二層管(PE100)*	φ 20	約 5%	約 2%
	φ 25	約 2%	約 3%

※同材質、同寸法の、給水設備用 PE 管(K001,011)で実施。

2) 継手の性能

次に、地震時に継手部に加わる荷重や変位を想定した評価を表 31 のとおり実施した。いずれも試験後に 1.75MPa × 1min の水圧試験を実施し、問題の無いことを確認している。なお、「1 種二層管 (PE100) + EF 継手」についても、「3 種二層管 (PE100) + EF 継手」と同様の高速引張試験及び伸縮試験を実施し、問題の無いことを確認している。

評価は、管の降伏歪み以上まで変位させて実施しており、接合部の強度が管体強度以上であることが確認できた。伸縮試験の振幅が異なるのは、1 種二層管+耐震型冷間継手において、安全率をより多く見込んでいるためである。

表 31 継手部の耐震評価項目と試験条件

耐震評価項目		1 種二層管 (PE50) +耐震型冷間継手※	3 種二層管 (PE100) + EF 継手
	管の降伏歪み	15 ～ 17%	8 ～ 10%
継手	高速引張試験	速度 : 20 (%/sec) 引張量 : 20%以上	速度 : 20 (%/sec) 引張量 : 管体降伏まで ※ 10%以上
	離脱防止性試験	速度 : 25 (mm/min) 引張量 : 管の降伏歪みを超えて、管が収縮しネッキング (くびれ) 発生するまで。	速度 : 25 (mm/min) 引張量 : 管の降伏歪みを超えて、管が収縮しネッキング (くびれ) 発生するまで。
	圧縮試験	速度 : 25 (mm/min) 圧縮量 : 20 (%) 以上	速度 : 25 (mm/min) 圧縮量 : 20 (%)
	伸縮試験	速度 : 1 (Hz) 振幅 : (管露出長さ) ± 5 (%) 回数 : 50 回	速度 : 1 (Hz) 振幅 : (管露出長さ) ± 3 (%) 回数 : 50 回

※ 1 種二層管の継手には、給水システム協会が 2018 年に制定した耐震型冷間継手の規格 (WSA B011) 品を用いた。

5. 凍結・保温

1) 凍結

水道用 PE 二層管は、凍結破壊を起こしにくいので、寒冷地での配管にも適している。

解説

水道用 PE 二層管はぜい化温度が－ 70℃以下と低いので、低温でももろくなることがないうえに、適度の可とう性と復元性を備えている。

その為、水道用 PE 二層管は管内の水が凍結しても、水の体積膨張分を径方向の伸びで吸収し、解氷するとまた元の径に復元するので、ほとんど凍結破壊することがない。

2) 保温

- (1) 凍結の恐れのある地域では、露出管に保温被覆を施す。
- (2) 寒冷地では、水抜き装置を必ず設ける。
- (3) 屋内露出管で、管表面に凝結水が発生する恐れがある場合は、結露防止用被覆を施す。

解説

- ① 水道用 PE 二層管は凍結しても破壊する恐れは少ないが、凍結すれば水が使えなくなるばかりか、その他の部分の破損にもつながる。寒冷地では保温被覆、水抜き装置（水ぬき栓・不凍給水栓など）の設置は不可欠である。
- ② 保温材としては、発泡プラスチックや麻布などを用いる。

6. 伸縮・熱応力

1) 伸縮

水道用 PE 二層管の温度変化による伸縮量は次式で計算する。

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta \theta \cdot L$$

ここに、 ΔL ： 伸縮量 (m)
 L ： 配管長さ (m)
 $\Delta \theta$ ： 温度差 (°C)
 α ： 線膨張率

水道用 PE 1 種二層管 (PE50) $17 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

水道用 PE 2 種二層管 (PE80) $12 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

水道用 PE 1 種二層管 (PE100) 及び 3 種二層管 (PE100) $13 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

2) 熱応力

温度変化による伸縮を押さえると、管に圧縮力または引張力が発生する。この熱応力は、次式で計算する。

$$\sigma_{\theta} = \alpha \cdot \Delta \theta \cdot E$$

ここに、 σ_{θ} ： 熱応力 (MPa)
 E ： 引張弾性率 (MPa)

また、管に働く圧縮力または引張力は、次式で計算する。

$$F = \sigma_{\theta} \cdot A$$

ここに、 F ： 圧縮力又は引張応力 (N)
 A ： 断面積 (mm^2)

解説

水道用 PE 二層管は鋼管の 10 ～ 20 倍の線膨張率であるが、逆に引張弾性率が非常に小さい（鋼管の 1/1000 ～ 1/300）ので熱応力の値は小さい。

20°C を基準にした温度変化による伸縮量及び、その伸縮を完全に阻止したとき発生する熱応力の計算例を表 32 に示す。

表 32 温度変化による伸縮・熱応力

温度 ($\theta^{\circ}\text{C}$)	温度差 ($\Delta\theta^{\circ}\text{C}$)	PE50 (1 種二層管)			PE80 (2 種二層管)			PE100 (1 種二層管及び 3 種二層管)		
		1m 当りの伸縮 ΔL (mm/m)	引張弾性率 $E \times 1$ (MPa)	熱応力 $\sigma_{\theta} \times 2$ (MPa)	1m 当りの伸縮 ΔL (mm/m)	引張弾性率 $E \times 1$ (MPa)	熱応力 $\sigma_{\theta} \times 2$ (MPa)	1m 当りの伸縮 ΔL (mm/m)	引張弾性率 $E \times 1$ (MPa)	熱応力 $\sigma_{\theta} \times 2$ (MPa)
0	-20	-3.4	265	0.90	-2.4	883	2.12	-2.6	1800	4.68
10	-10	-1.7	226	0.38	-1.2	735	0.88	-1.3	1400	1.82
20	0	0	196	0	0	588	0	0	1300	0.00
30	10	1.7	147	-0.25	1.2	500	-0.60	1.3	980	-1.27
40	20	3.4	108	-0.37	2.4	397	-0.95	2.6	880	-2.29

※1 引張弾性率は参考値とする。

※2 熱応力の正値は引張力、負値は圧縮力を表す。

表 32 から分かるように、水道水の温度変化の範囲であれば、熱応力は小さく、埋設した場合は、土との摩擦によって伸縮は阻止されるので、問題はない。しかし、露出配管では、伸縮が大きいのであらかじめ管を蛇行させて配管し、できる限り自由に伸縮させることが望ましい。

7. 流量計算

水道用 PE 二層管（呼び径 50 以下）の流量計算には、呼び径 50 以下の給水管の設計に広く使用され、水道施設基準にて摩擦損失水頭の計算式として推奨される Weston の公式を用いる。

$$h = \left(0.0126 + \frac{0.01739 - 0.1087d}{\sqrt{v}} \right) \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Weston 公式})$$

$$Q = \{(\pi \cdot d^2)/4\} \cdot v$$

ここに、
 h ： 損失水頭 (m)
 d ： 管の内径 (m)
 v ： 流速 (m/s)
 g ： 重力の加速度 (9.8m/s^2)
 L ： 管の長さ (m)
 Q ： 流量 (m^3/s)

給水管としては、配水管の計画最小動水圧のときにおいても、その設計水量を十分に供給しうる大きさの管径とする。

水道用 PE 二層管内面は滑らかで、スケールの発生がないので、経年による流量の低下を考慮する必要がない。

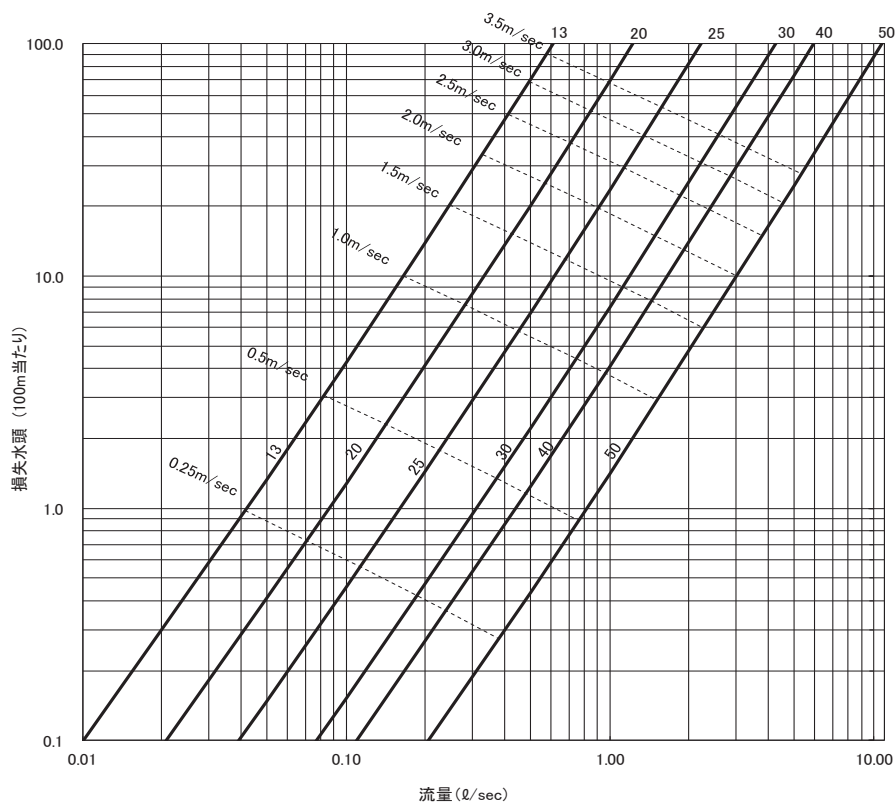


図 10-1 水道用 PE 二層管（1 種二層管（PE50、PE100 共通））

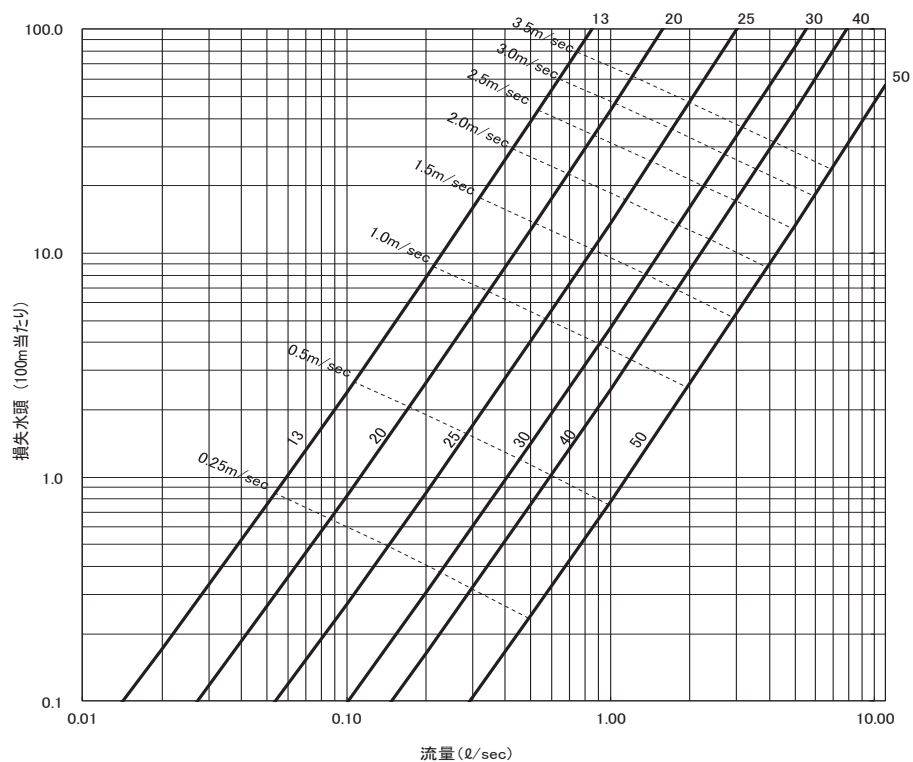


図 10-2 水道用 PE 二層管 (2 種二層管)

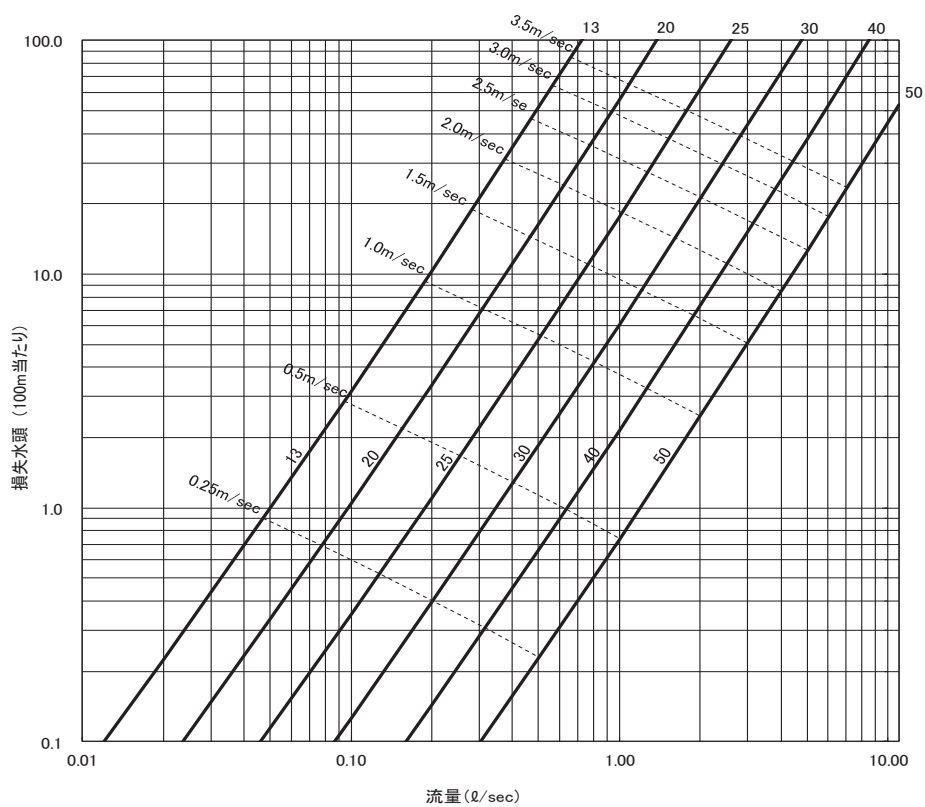


図 10-3 水道用 PE 二層管 (3 種二層管)

給水管としては、給水栓の立ち上がりの高さに、管の摩擦損失水頭と水道メーター・水栓類・管継手類による損失水頭を加えたものが、取り出し配水管の計画最小動水圧の換算高さ以下となるように計算により定める。(図 11 参照)

なお、流量計算は呼び径 75 以上の管については、一般にヘーゼン・ウィリアムの式が用いられている。

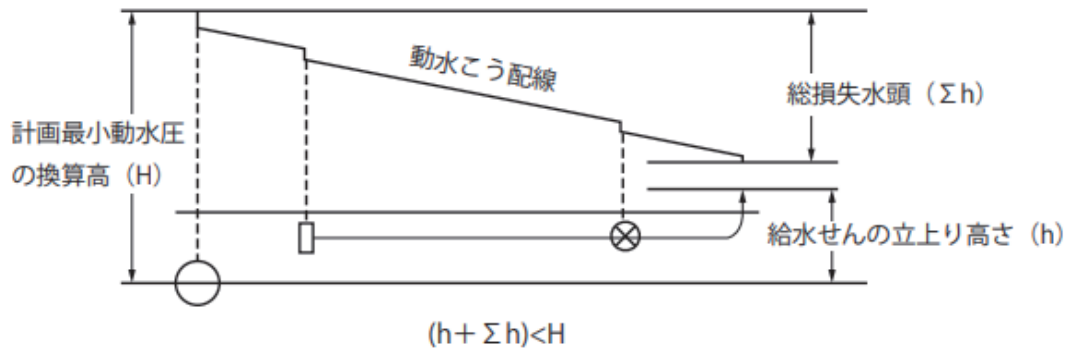


図 11 管径決定基準

III 施 工

1. 配水管・給水管の配置

1) 配水管の配置

- (1) 配水管は、できれば網目に配置し、行き止まりにならないように配慮する。行き止まり配置になる場合は末端に排泥弁を取り付ける。
- (2) 配水本管と配水支管が布設してある様な道路では配水支管の方に給水管を取り付ける。
- (3) 系統が異なった給水区域の境界附近にある配水管はおたがいに連結する。
- (4) 給水管を不断水工法にて取り出しを行うため、必要に応じて配水管と別に配水支管を設ける。
- (5) 分岐点には必ず制水弁を設け断水区域を最小限にする。

2) 給水管の配置

- (1) 給水管の標準配管は図 12 及び図 13 のとおり。
- (2) 給水管は必ず上り勾配とする。

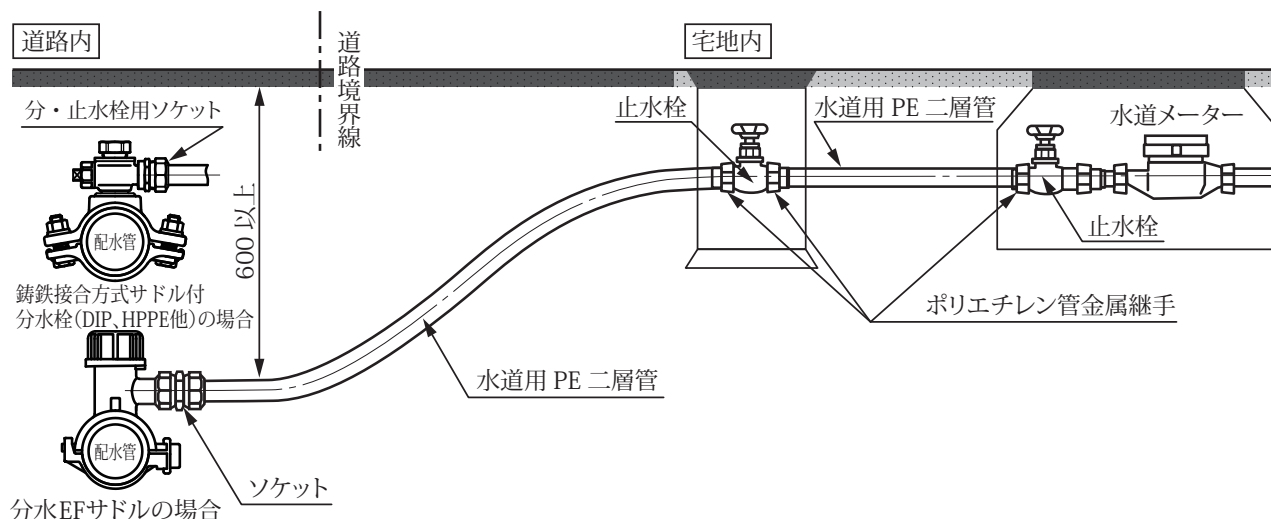


図 12 水道用 PE 二層管の配管例（冷間継手使用時）

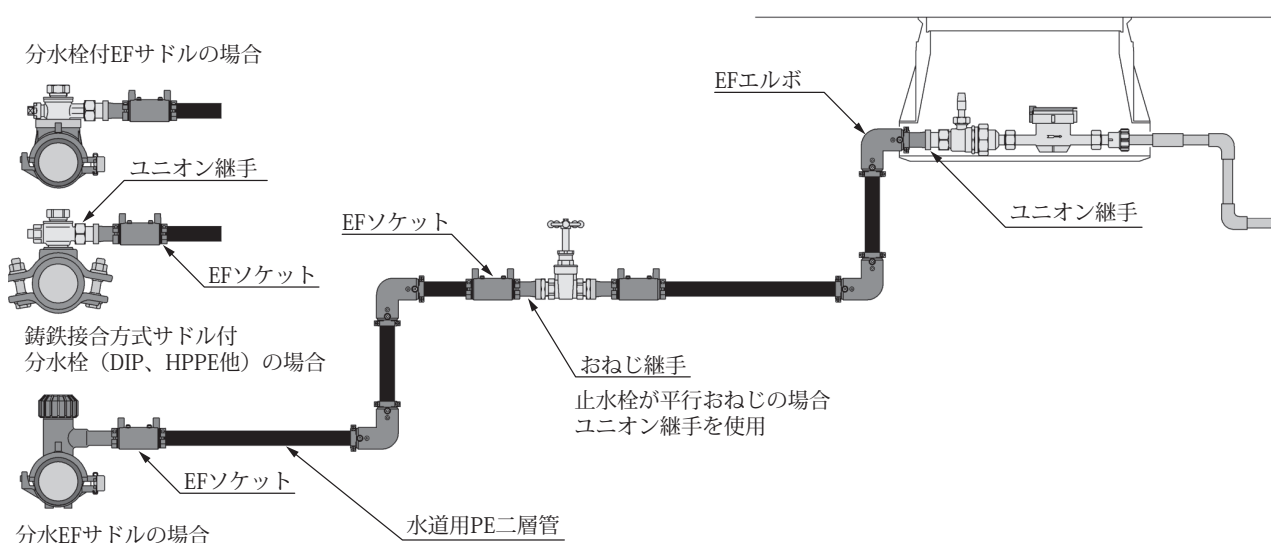


図 13 水道用 PE 二層管の配管例（EF 継手使用時）

解説

- (1) 配水本管と配水支管が平行している所では、給水管を配水支管に取り付けるのが原則である。したがって配水支管は、なるべく給水管の引き込みの多い道路側に布設するよう計画するのが良い。
配水本管に給水管を取り付けると、給・配水管工事や維持修繕などに際し、本管断水の機会が多く、配水管の管理上不便が多い。
- (2) やむをえず行き止まり管となる支管は、水の滞留により、水質の悪化や水圧の不均等を招くため、行き止まり管の末端には排泥弁を設け、適宜排水できるようにしておく。又、配水管の一部に事故が生じ、又は工事のためその部分を前後の制水弁で断水する場合に、網目式にしておくとし給水上の支障が少なくすむ。
- (3) 給水管を上り勾配に配管するのは、空気を排除し通水面積を減じさせないためであり、又、工事等により泥水が発生した場合逆流させるためでもある。

2. 運搬・保管

1) 運搬

- (1) 水道用 PE 二層管はトラックなどの積みおろしに特別の道具や措置は不必要であるが、傷つき易いので、放り投げたり、引きずったりするようなことは、避けなければならない。
- (2) 水道用 PE 二層管のトラック運搬の際には、荷台などのかどに水道用 PE 二層管が直接当たらないように緩衝材で保護する。又、輸送中のすり傷の発生を防ぐため管が動かないように固定させる。

2) 保管

- (1) 保管は平面上に横積みとし、積み高さは 1.5m 以下が望ましい。
 - (2) 管体表示の消失や汚れを防ぐため、屋外放置は避けること。
 - (3) 継手類は梱包のまま、日光の当たらない屋内に整理して保管する。
 - (4) 管端が直射日光に当たると材質が劣化する恐れがあるので必ず管端キャップを施す必要があるが、紛失した場合には使用する前に管端を約 10cm 切断してから使用する。
- なお、協会加盟各メーカーでは出荷時、管両端に管端キャップを施している。

解説

- (1) 管の外層に傷がつき、内層が表に出ると紫外線により劣化が生じるので特に注意することが必要である。
- (2) 縦積みの場合、荷くずれしやすく、下側の管の変形が発生しやすいので好ましくない。
- (3) 積み上げた管の重量がすべて最下部の管に作用するので、下に石や枕木があると局部的に傷、へこみ、へん平などができることがあるので、必ず平坦な場所に保管する。
保管は多段積みすると、下積みの管はへん平になるから積み高さは 1.5m 以下にすることが望ましい。
又、風通しのよい所を選び熱気がこもらないようにする。(シート掛するときも下側をあけて風通しを考える。)
- (4) 保管場所は、管が加熱される場所(例えば、ストーブ、焼却炉等の附近)には保管しないようにする。
- (5) 管、継手の品種、タイプの誤用を避ける為、保管については、十分に区分、整理することが必要である。

3. 接合

3.1 冷間接合

1) 冷間接合とは

管の接続方法はいろいろあるが、基本的には金属継手による方法を推奨している。金属継手は、熱を使わずに接続することから、冷間継手と言われている。

解説

冷間継手による接合の特長は、接合に熱・接着剤・ねじ切りを必要とせず、水道用 PE 二層管の物性をそのままことなく、時期、場所を問わず、あらゆる条件下で、経験の多少に関係なく、簡単で、しかも確実な接合が得られることである。

2) 継手の種類

冷間継手は、日本水道協会規格 JWWA B116 が代表的である。(図 14、表 33)

解説

現在、種々のタイプがあるが、代表的なものとして、JWWA B116 をここでは取上げて、標準工法を示した。このほかにも種々のタイプがあり、同じような構造でも、標準工法に違いがあるので、必ずそれぞれの継手メーカーの示す標準工法に従ってもらいたい。

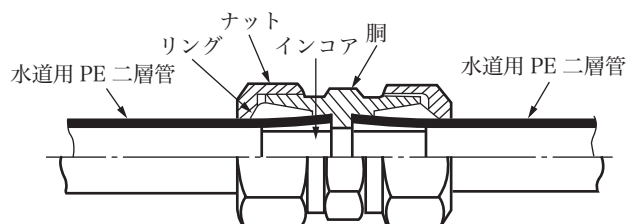


図14 冷間継手(JWWA B 116)

表 33 JWWA B 116 規格品の種類

組合せ	種 類	呼 び 径
管×管	ソケット	13, 20, 25, 30, 40, 50
	径違いソケット	20×13, 25×13, 25×20, 30×13, 30×20, 30×25, 40×20 40×25, 40×30, 50×20, 50×25, 50×30, 50×40
	エルボ	13, 20, 25, 30, 40, 50
	45°エルボ	13, 20, 25, 30, 40, 50
	チーズ	13×13, 20×13, 20×20, 25×13, 25×20, 25×25, 30×13 30×20, 30×25, 30×30, 40×13, 40×20, 40×25, 40×30 40×40, 50×13, 50×20, 50×25, 50×30, 50×40, 50×50
	パイプエンド	13, 20, 25, 30, 40, 50
管×他管種	鋼管用おねじ付ソケット	13, 20, 25, 30, 40, 50
	鋼管用めねじ付ソケット	13, 20, 25, 30, 40, 50
	銅管用ソケット	13, 20, 25
	塩ビ管用ソケット	13, 20, 25, 30, 40, 50
	給水栓用エルボ	13, 20
管×器具	給水栓用ソケット	13, 20
	メーター用ソケット	13, 20, 25, 30, 40, 50
	径違いメーター用ソケット	13×20P, 13×25P, 20×13P, 20×25P, 25×13P 25×20P, 25×30P
	分・止水栓用ソケット	13, 20, 25, 30, 40, 50

JWWA B 116 規格準拠品の種類

種 類	呼 び 径
塩ビ管用伸縮ソケット	13, 20, 25, 30, 40, 50
90°ベンド	13, 20, 25, 30, 40, 50
60°ベンド	13, 20, 25, 30, 40, 50

3) 工具

水道用 PE 二層管の冷間接合作業で使用する主な工具類は、表 34 のとおりとする。

表 34 冷間接合作業に用いる工具

	作業項目	工具
切 断	切断位置のマーク	白色油性ペン
	管の切断	パイプカッタ
	内面のバリ取り	面取器
接 合	管の清掃	ウエス
	インコアの挿入	プラスチックハンマー
	ナットの締め付け	パイプレンチ、トルクレンチ

(注) 器具、他種管との接合においては専用工具を使用する。

4) 接合手順

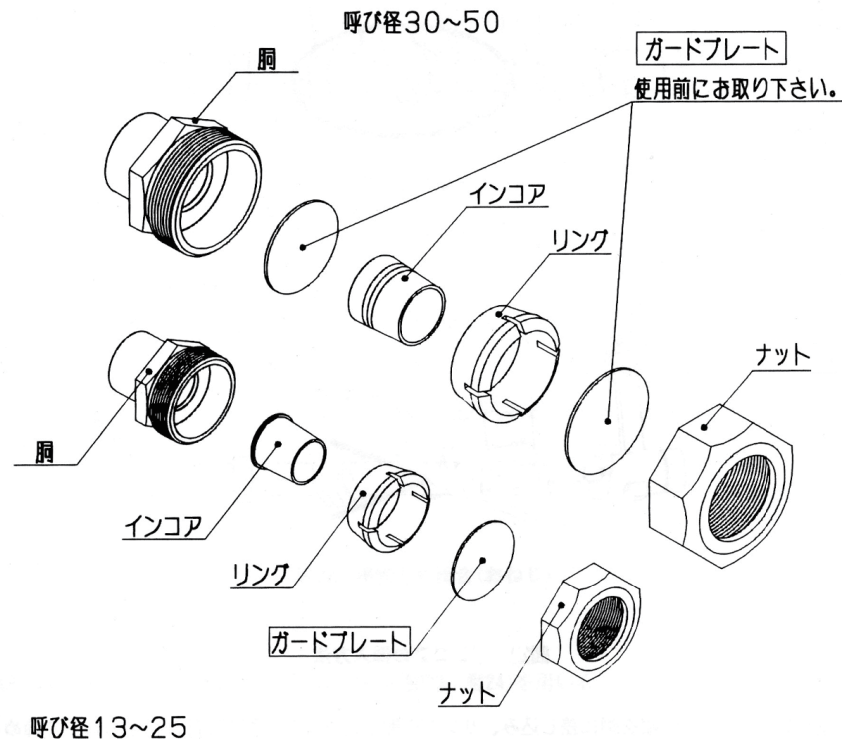


図 15 JWWA B 116 の各部品名称

- ①ナットと胴を分解し、ガードプレートを取り外す。ガードプレートを入れたままで通水しないこと。ガードプレートは呼び径 13 ～ 25 ではナット側のみ、30 ～ 50 は胴の方にも入っている場合がある。
- ②パイプを切断する。切断箇所に白色油性ペンで標線を入れ、パイプカッターで標線に沿って管軸に直角に切断する。

ポイント

- ・ 寸法出しは、各継手の受口の長さなどを考慮して算出し、切断箇所に標線を入れる。呼び径 30 以上の場合は管軸に直角にテープを巻き、白色油性ペンで、テープに沿って標線を入れる。
- ・ 管に傷がある場合は、再切断し接合部に傷がないようにする。
- ・ 管切断時にバリが発生した場合は、バリを取り除く。

- ③ナット、リングの順で管へ通す。リングは割りのほうが先に通したナットのほうを向くようにする。

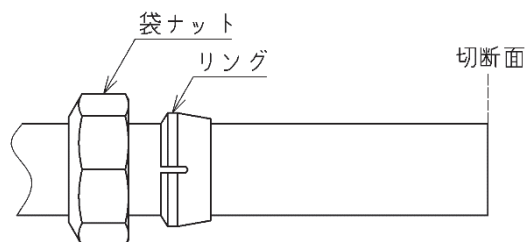


図 16

- ④水道用 PE 二層管にインコアをプラスチックハンマーなどで根元まで十分に打ち込む。インコアを打ち込むときは、切断面（インコアの打ち込み面）とリングの間隔を十分に開けておく。

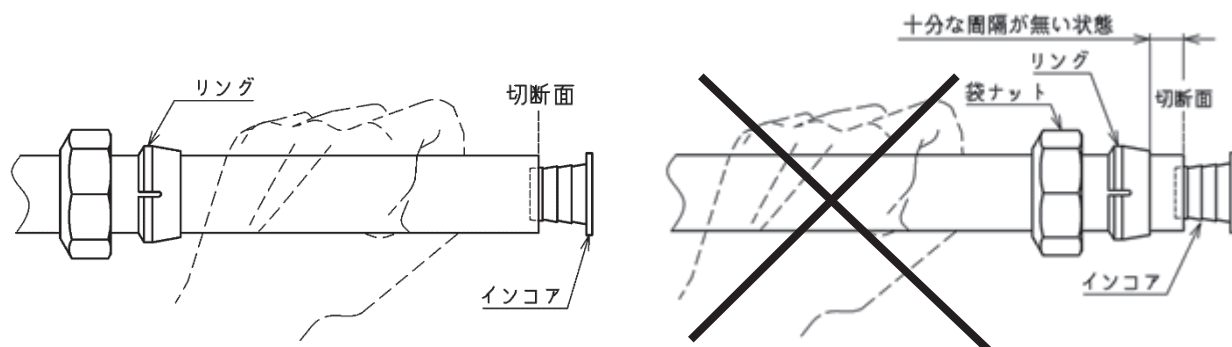


図 17

ポイント

- ・打ち込んだあと、リングが動くことを確認する。

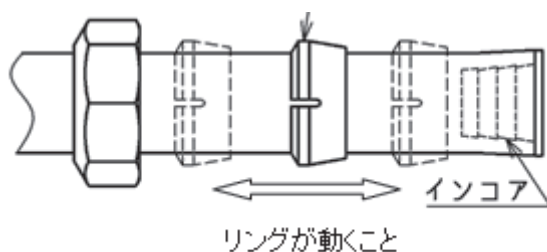


図 18

- ⑤セットされた管端を胴に差し込み、リングを押し込みながら胴のねじ部にナットを十分に手で締めこむ。

- ⑥パイプレンチおよびトルクレンチを用いて標準締め付けトルクまで締め付ける。

表 35 ナットの標準締め付けトルク

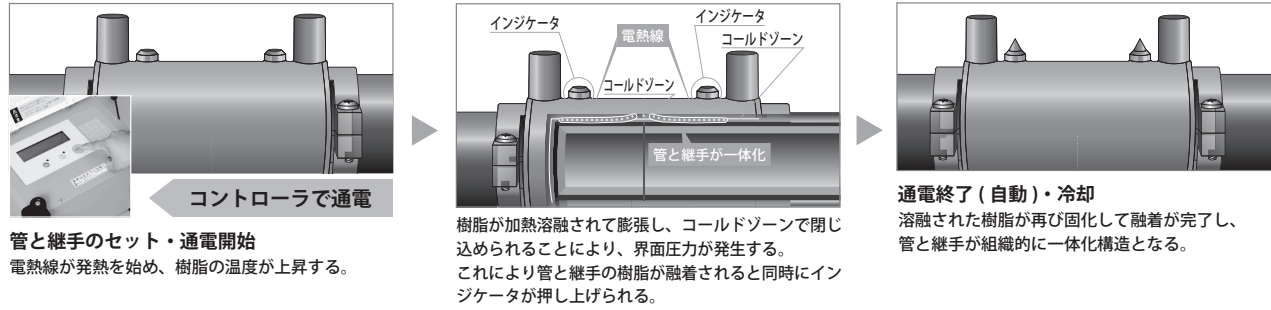
単位：N・m

呼び径	13	20	25	30	40	50
標準締め付けトルク	40	60	80	110	130	150

3.2 EF 接合

1) EF 接合とは

EF（エレクトロフュージョン）接合とは、電熱線を埋め込んだ継手に管を挿入した後、コントローラから通電して電熱線を発熱させ、継手と管の樹脂を加熱溶融して接合する方法である。管と継手が組織的に一体化し、管体部と同等以上の接合部強度を発揮するため、信頼性の高いパイプラインが構築できる。



2) 継手の種類（JP K 012）

EF 継手の種類は、本協会規格 JP K 011 及び 012 が代表的である。

表 36

組合せ	種類	1 種二層管 (PE50) 及び 2 種二層管 (PE80)			1 種二層管 (PE100) 及び 3 種二層管 (PE100)				
		呼び径			呼び径 (公称外径)				
		20	25	50	20(25)	25(32)	30(40)	40(50)	50(63)
管×管	EF ソケット	○	○	○	○	○	○	○	※
	EF エルボ	○	○	○	○	○	○	○	※
	EF45°エルボ	—	—	—	—	○	○	○	※
管×他管種	EF レデューサ	—	—	—	—	○	○	○	○
	おねじ継手	—	—	—	○	○	○	○	※
	めねじ継手	—	—	—	○	○	○	○	※
管×器具	ユニオン継手	—	—	—	○	○	○	○	※

※ 3 種二層管（PE100）の公称外径 63 の継手は、水道配水用ポリエチレン管の継手として品揃え。

3) 工具

EF 接合で使用する主な工具類は、表 37 の通りとする。

表 37

作業項目		工具
切 断	切断位置マーク	白色油性ペン
	管の切断	パイプカッタ
接 合	融着面の切削	スクレーパ
	融着面の清掃	エタノールおよびペーパータオル
	融 着	コントローラ (電気融着機)

4) EF 接合の手順

1種二層管のEF接合
手順の動画はこちら



青色単層管のEF接
合手順の動画はこちら



(1) 管の切断

パイプカッターを用いて管を切断する。

ポイント

- ・管軸に対し管端が直角になるように切断すること。
- ・高速砥石タイプの切断工具は熱で管切断面が変形するおそれがあるため使用しないこと。



(2) 管の清掃

①管に傷がないかを点検する。

②管に付着している土や汚れをペーパータオルまたは清潔なウエスで清掃する。

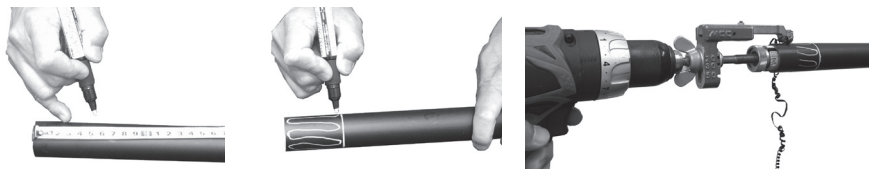
ポイント

- ・有害な傷がある場合は、その箇所を切断して除去すること。
- ・清掃は、管端から 200mm 程度の範囲を管全周に渡って行うこと。

(3) 融着面の切削（スクレープ）

①管端から測って規定の差込長さの位置に標線を記入し、切削部分にマーキングを行う。

②専用の切削工具を用いて管端から標線まで管表面を切削する。



ポイント

- ・切削面をマーキングしてから切削すること。
- ・融着面に有害な傷がある場合は、その箇所を切断すること。
- ・スピゴット継手も同様に扱うこと。
- ・スクレープは、原則 1 回である。同じ場所を何回もスクレープすると、管と継手の隙間が大きくなり融着不良となる場合がある。

(4) 融着面の清掃

管の切削面と継手の内面

全体を、エタノール等を浸

み込ませたペーパータオルで清掃する。



ポイント

- ・継手は融着面に泥などが付着しないように使用直前に梱包袋から取り出すこと。
- ・融着面の油脂等の汚れが完全に拭きとられていることを確認すること。汚れがある場合は融着不良が発生する場合がある。

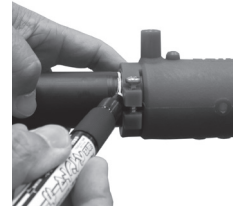
- ・清掃後はその面に手を触れないこと。触れてしまった場合は再度清掃を行うこと。
- ・ペーパータオルにはキムワイプ等の当協会推奨品を使用すること。
- ・軍手等を使用しないこと。
- ・エタノールは 95% 以上の純度のものを推奨する。

(5) マーキング

切削・清掃済みの管に継手を挿入し、継手端部に沿って円周方向に標線を記入する。

ポイント

- ・清掃面に触れないようにすること。
- ・触れてしまった場合は、再度清掃を行うこと。



(6) 管と継手の挿入・固定

- ①継手を管の標線位置まで挿入する。
- ②継手の固定用ねじを締め込み固定する。

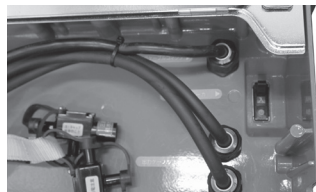
ポイント

- ・継手挿入時に叩き込みをしないこと。
- ・挿入不足のないこと、また管の曲げも絶対避けること。
- ・ねじが片締めにならないように隙間が 0 ～ 1mm になるまで手締めで締め付けること。
- ・電動ドリルは片締めや締めすぎによる危険があるので使用しないこと。片締め、締めすぎは融着不良の原因となる。



(7) 融着準備

- ①コントローラの電源プラグをコンセントに差し込む。
- ②コントローラの電源スイッチを入れ電源ボタンを押す。



- ③継手端子に出力ケーブルを接続する。
- ④同梱のカードから専用のバーコードリーダーで融着データを読み、コントローラに表示される継手の種類等があるかを確認する。



ポイント

- ・ケーブルは、継手の端子にしっかりと差し込むこと。
- ・出力ケーブルにアダプタ（JWEF コントローラの場合は ϕ 4.0mm）を取り付けること。
- ・ソケットの端子には、極性（+、-）はない。
- ・出力ケーブル、ソケット端子に水や泥が付着しないようにすること。
- ・水や泥等が接合部に触れた状態で融着を行うと、融着不良や漏水の原因となる。
- ・インジケータに異物等の噛み込みがないことを確認すること。異物等の噛み込みがあると、インジケータが隆起しない場合がある。

- ・ バーコードは、必ず継手に同梱されているものを使うこと。誤ったバーコードを入力すると融着不良の原因となる。
- ・ 液晶パネルに表示された融着データに問題がないか確認すること。
- ・ エラーランプが点灯した時は、液晶画面に表示されるエラーメッセージを読み取り、原因を修正すること。

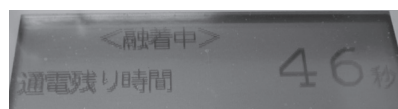
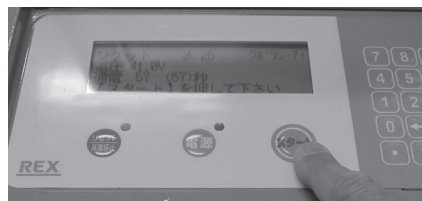
(8) 融着

コントローラのスタートボタンを押し、通電を開始する。

(通電は自動的に終了する。)

ポイント

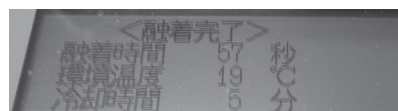
- ・ ブザーが鳴り、液晶パネルに通電時間がカウントダウンで表示される。
- ・ 融着中に通電停止やエラー表示が出た継手は使用できません。新しい継手を使用してやり直すこと。
- ・ 2度融着は融着不良の原因となるため絶対に行わないこと。



(9) 検査

必ず以下の2つを確認する。

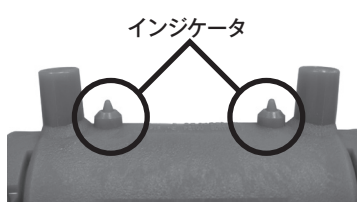
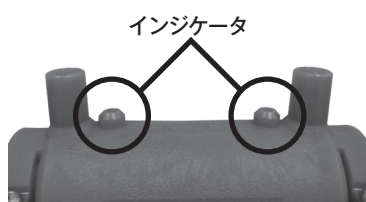
①コントローラの液晶画面に「融着完了」のメッセージが出ていること。



②継手のインジケータが左右とも（ソケットの場合）隆起していること。

融着前

融着後



ポイント

- ・ インジケータがどちらか一方でも隆起していなければ融着不良である。その場合は、接合部分を切り取り、新しいソケットを用いて最初からやり直すこと。
- ・ コントローラが異常終了を示している場合は、融着不良である。その場合も接合部分を切り取り、新しいソケットを用いて最初からやり直すこと。
- ・ 異常の内容については、コントローラに表示されるエラー番号を記録し、コントローラ取扱説明書にて確認すること。

(10) 冷却

融着終了後、規定の時間だけ放置・冷却する。

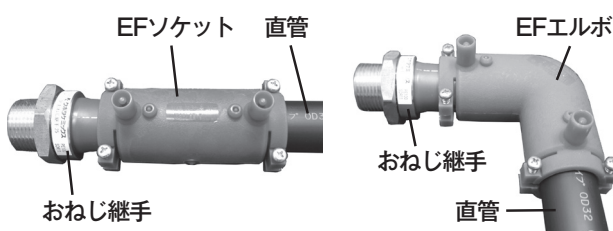
ポイント

- ・ 継手に冷却完了時刻を記す。
- ・ 冷却中は接合部に外力を加えないこと。
- ・ 冷却完了後に、固定ねじの取り外しは不要である。



【参考】ねじ継手の施工例

EF ソケット、EF エルボ等の EF 受口部に直接接続することができる。



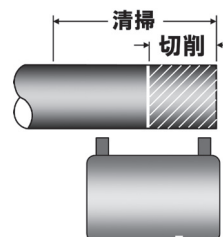
ポイント

- ・ おねじ継手、めねじ継手は、ねじ側を接合した後、EF 継手と管を融着接合すること。
- ・ おねじ継手、めねじ継手をねじ接合する際は、ポリエチレン管部に工具をかけないこと。
- ・ 融着後にねじの増し締めをしないこと。

【参考】EF ソケットの接合（ヤリトリ配管の場合）

(1) 融着面の清掃・切削

管を切削後、表面（管端からソケットの全長以上の範囲）とソケットの内面全体を、エタノール等を浸み込ませたペーパータオルで清掃する。

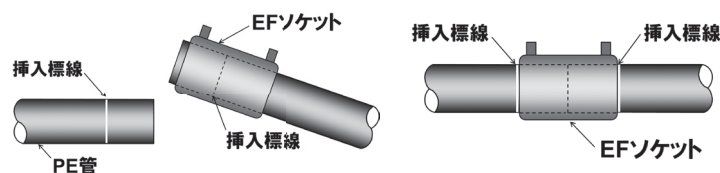


ポイント

- ・ EF ソケットのセンターストップパを取る前に標線を記入すること。

(2) 管と継手の挿入・固定

- ①ソケットを一方の管に挿入し、ソケット全長分まで送り込む。
- ②双方の管を突き合わせ、ソケットを標線位置に合うように移動させ、固定用ねじにより固定する。



ポイント

- ・ EF ソケット内のセンターストップパは予め、短管を用いて打ち抜くようにして除去すること。
- ・ 管の差し込み不足には十分注意すること。



3.3 配管例

1) 他種管との接合

(1) 鋼管との接合

- ① 水道用 PE 二層管と他種管を接合する場合は、他種管に継手を接合した後、水道用 PE 二層管を接合する。
- ② 鋼管との接合には、鋼管用めねじ付ソケット及び鋼管用おねじ付ソケット（図 19、図 20）を用いる。

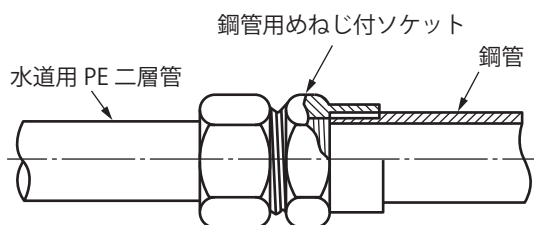


図19 鋼管との接続(めねじ)

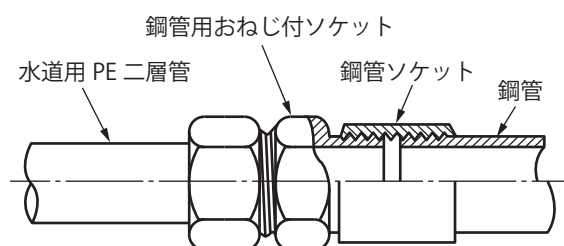


図20 鋼管との接続(おねじ)

(2) 硬質ポリ塩化ビニル管との接合

塩ビ管との接合には、塩ビ管用ソケット（図 21）を用いる。

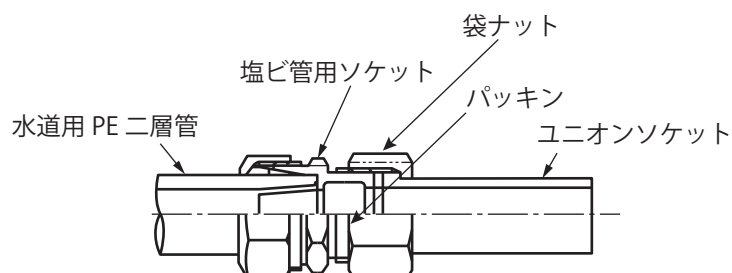


図 21 硬質ポリ塩化ビニル管との接合

(3) 銅管との接合

銅管との接合には銅・鉛管用ソケット（図 22）を用いる。この時、継手のナットおよび部品を外した継手本体だけを銅管に接合し加熱した接合部が常温になってから水道用 PE 二層管を接合する。

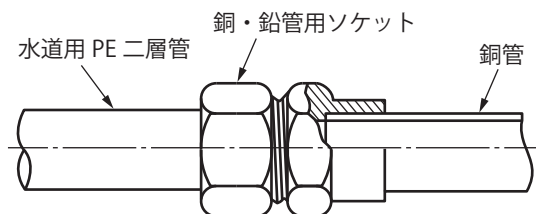


図 22 銅管との接合

解説

- ① 銅管との接合の場合水道用 PE 二層管を先に接合すると銅管のねじ込みにより水道用 PE 二層管がねじれたり袋ナットがゆるんだりすることがあるので、銅管に継手を完全に接合してから水道用 PE 二層管の接合を行わなければならない。
- ② 銅管との接合は加熱するため、継手も高温になる。そのため継手部品（ゴム輪、プラスチック部品等）の損傷及び水道用 PE 二層管の熔融がおこなることがあるので、本体のみ先に接合し、接合部が常温になったことを確認してから水道用 PE 二層管を接合しなければならない。

2) メーター、栓類との接合

- ① メーターとの接合には、メーター用ソケット（図 23）を用いる。

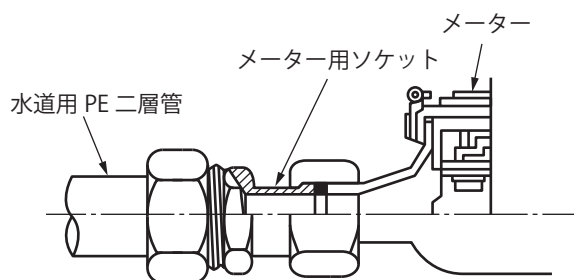


図 23 メーターとの接合

- ② 止水栓、サドル付分水栓との接合には分・止水栓用ソケット（図 24、図 25）を、又必要に応じて 60° ベンド、90° ベンド等を用いる。

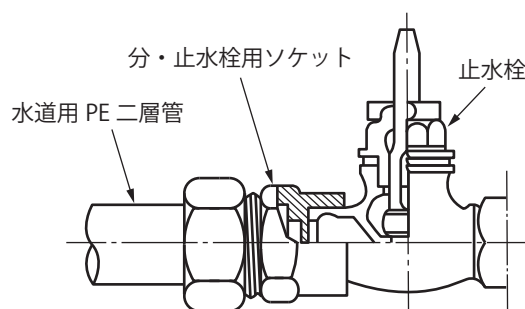


図 24 止水栓との接合

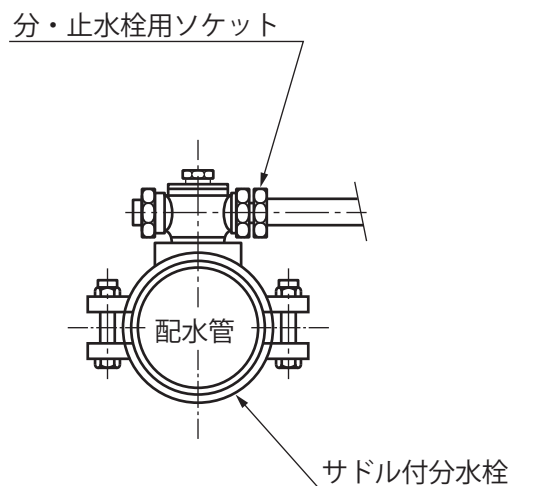


図 25 サドル付分水栓との接合

- ③ 給水栓類との接合には、(座付) 給水栓エルボ (図 26) を用いる。

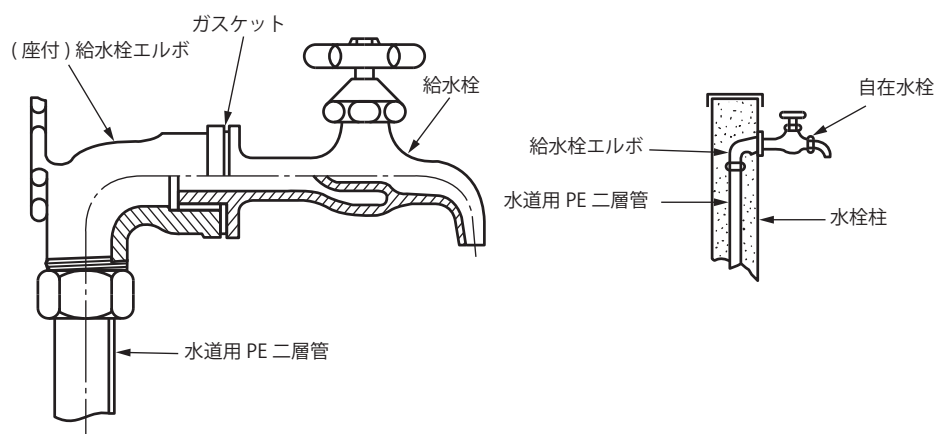


図26 給水栓との接合

解説

- ① 分・止水栓は平行ねじのため許容差の関係で、はめあい部に隙間が生じ、水密を保つことが出来ない。従って分・止水栓の端面と継手端面（ガスケット溝をつけてある）との間にガスケットをはさむのが正しい使い方である。
- ② 給水栓のねじは管用平行ねじであるが、栓の方向を決めるために、シールテープを用いるのが一般的である。
- ③ 水道用 PE 二層管用の給水栓エルボは、水道用 PE 二層管が他の管に比較して柔らかく、エルボが振れやすいので、振れ防止に (座付) 給水栓エルボを使うことが望ましい。

3.4 施工上の基本事項

1) 接合上の注意事項

- ① 接合部の管表面に傷があると漏水する場合があるので、傷があるときは傷のない箇所を選んで再切断する。
- ② 水道用 PE 二層管は管軸に対して直角に切断する。寸法出しは、継手の受口からの長さを考慮して、切断箇所にはあらかじめ白色油性ペンなどで標線を入れる。
- ③ 接合部の管表面に泥などが付着していると継手部品や管に傷をつけ、漏水する場合があるので、付着した泥は必ず水洗又はウエスで取り除く。
- ④ 鋼管、メーター、栓類と接合する時は継手と鋼管・メーター・栓類とを先に接合する。水道用 PE 二層管と継手を先に接合してしまうと、継手と鋼管にねじ込む際に水道用 PE 二層管がねじれたり、袋ナットが緩んだりする恐れがある。
- ⑤ 一度施工した水道用 PE 二層管継手の部品（インコア、リング）は、再使用はできないので、新しい部品と取り替えて使用する。
- ⑥ インコアは 1 種管・2 種管・3 種管用があり、リングは 1・2 種兼用と 3 種用があるため管種に応じたものを使用する。

2) 耐震に関する配管上の注意事項

- ① 止水栓（第一止水栓）から伸縮止水栓（第二止水栓）までは配管距離が短いため、フレキシブル継手を使用することを薦める。
- ② 過去の地震被害の教訓からメーター以降も水道用 PE 二層管を使用することを薦める。この場合屋内に入る部分は管をコンクリート等で固定せずさや管を使用して水道用 PE 二層管の耐震性を十分に生かす施工をする。

3) 凍結に関する配管上の注意事項

水道用 PE 二層管は凍結により管は破裂しないが、通水不能となるので下記事項の凍結防止策を行う。

- ① 埋設部は凍結深度を考慮して配管する。
- ② 屋内部分の配管には水抜栓を取り付ける。
- ③ 凍結が予想される部分には断熱材で保護する。

4. 埋設工法

- (1) 水道用 PE 二層管の周囲の埋戻しには、砂又はよくふるった良質土を用いなければならない。特に 2mm 以上の大きさの石やコンクリート破片などを含まないように注意すること。
- (2) 溝の掘削幅は管の外径 +30 ~ 70cm が適当である。埋設深さは、私有地に管を布設する場合、当該敷地管理者あるいは土地所有者と十分協議の上、使用承認を得るものとする。道路法施行令では、土被りの標準は 120cm と規定されているが、土被りを標準までとれない場合は、道路管理者と協議の上、土被りを減少することができる。従って掘削深さは、土被り + 管外径 +10 ~ 15cm (溝床) を標準とする。尚、寒冷地においては、凍結深度以下に埋設する。
- (3) 溝底は平坦によく突き固める。砂又は良質土を底に 10 ~ 15cm 敷いて平坦にならす。
- (4) 砂又は良質の土 (細土) で 10 ~ 15cm ずつ埋め戻して、管に十分なじませながら突き固める。土被りが 10cm 以上になったら、掘削土で 10 ~ 15cm ずつ、突き固めながら埋戻す。

解説

- (1) 埋設した水道用 PE 二層管の表面に、石やコンクリートの破片、枕木などが当たっていると、局部的に非常に大きな力が作用するので、その部分からき裂が発生する恐れがある。そのため埋設配管にあたっては、き裂事故の原因となる局部荷重が作用しないような工法をとらなければならない。
特に重要なのは管周囲の埋戻しに用いる材料であり、2mm 以上の大きさの石やコンクリートの破片などを含まない砂又はよくふるった良質土を用いなければならない。
- (2) 管路掘削は以下のように行う。
 - ① 掘削断面
 - (イ) 掘削溝幅は溝底で [管径 +30 ~ 70cm] を標準とする。溝の中で接合作業を行うところは、それに必要な広さを確保する。
 - (ロ) 溝深さは、土被り、管径、溝床仕上げ深さを考慮して決定する。
 - ② 山留工 (地くずれ防止)
 - (イ) 溝側壁の石や岩などがくずれ落ちて埋戻し砂の中に混ざらないようにする。
 - (ロ) 掘削溝に地くずれの起こる恐れのある場合には、事前に山留工を施す。(水道用 PE 二層管を掘削に先行して、地上で長尺に接続しておいて、つりおろし布設をすれば、掘削溝の放置期間が短くなり、山留工を特に必要としない場合が多い。)
 - (ハ) 掘削土の置場 掘削した土は、管の接続、つりおろし、布設、埋戻し作業、安全性などを考慮して、掘削溝から適当な距離の場所に置く。
 - ③ 溝床の仕上げは以下のように行う。(図 26 参照)
 - (イ) 溝底および溝側面から石を取り除き平らにする。岩などにより凸凹が避けられない場合は、砂又は良質土を埋めて平坦にするよう注意すること。
 - (ロ) その上に砂又はよくふるった良質土を、深さ 10 ~ 15cm に突き固め溝床を仕上げる。(溝床の仕上げは、管の長さ方向の支持を均一にするために重要である。)
 - (ハ) 枕木は水道用 PE 二層管に局部的に荷重が作用するので用いてはならない。

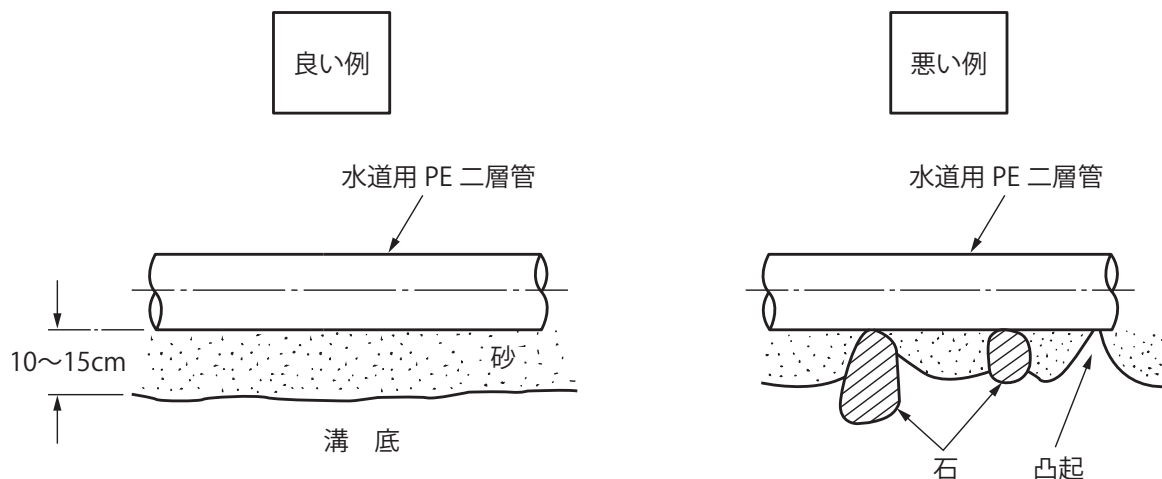


図27 溝床仕上げ例

④ 管の布設は以下を行う。

- (イ) 水道用 PE 二層管を溝内へ降ろす場合、できる限り手降ろしで行う。溝が深い場合は、溝の内と外に人がいて、手渡しによって行う。
- (ロ) コイル巻きの管で長尺配管する場合は、構内どころがすようにして管をほぐして行う。
- (ハ) 管を引きずってはならない。(水道用 PE 二層管は軽量であるので、管を持ち上げて運ぶことが比較的容易にできる。)

⑤ 埋戻しは以下を行う。

- (イ) 埋戻しには砂又は 2mm 以上の大きさの石やコンクリート破片などを含まない良質の土を用いる。埋戻しに土を用いる場合は、
 - (a) 2mm 以上の大きさの石やコンクリートの破片などを含まないように、ふるいにかけること。
 - (b) 一度掘り起された粘土質のものは、突き固めが不十分になるので、道路部分では用いないこと。
- (ロ) 埋戻しは 1 回毎に深さ約 10 ～ 15cm とし、十分に突き固めてから、次の層の埋戻しに移る。
- (ハ) 埋戻しは、最初の突き固めが特に大切である。水締めなどにより管の周囲、特に管底部に空洞ができないようにする。

突き固めの効果

- (a) 管底・管側を突き固めることにより、土圧・輪圧によって管に発生する応力・たわみが軽減される。
- (b) 不陸による応力集中がなくなる。
- (c) 復旧後に地表面が沈底することがなくなる。
- (ニ) 高低修正のために、管底部に石や丸太をかましてはならない。
高低修正には、厚板、角材など広い面で管と接触するものを用い、修正後はすみやかに取り外し、不陸にならないように砂を十分に詰め込む。
- (ホ) 埋戻しは、規定の土被り (10cm 以上) までは埋戻し砂を用いて人力で埋戻す。
その際、スコップ、つき棒、たこ、ランマなどで管表面に傷をつけないよう注意する。
- (ヘ) 道路部分では、土被り 10cm から地表面までの埋戻しは、道路管理者の仕様に従い、所定の詰め込み密度に埋戻す。
- (ト) 道路以外では、土被り 10cm から地表面まで、現場発生土 (※) を用いて埋戻しても良い。
注 (※) 現場発生土：約 10cm 以上の石や岩などの固形物を除くこと。
- (チ) 整地機械により管上転圧する場合は、土被り 60cm 以上とする。

⑥ 埋設配管の標準工法をまとめると、図 28 のようになる。

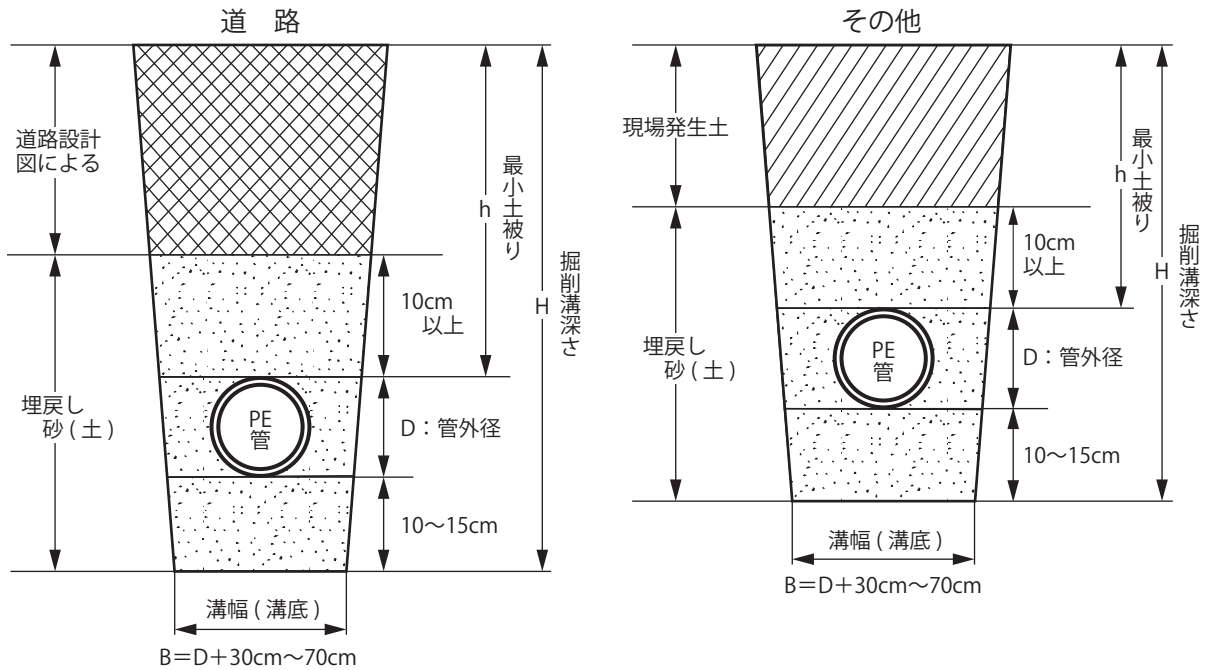


図28 水道用PE二層管の標準埋め戻し断面

注 (1) 埋戻し砂(土)は、2mm 以上の石やコンクリート破片などを含まないこと。

(2) 道路復旧のため、道路設計図および仕様に従った詰め込み密度に埋戻す。

(3) 現場発生土から 10cm 以上の石や岩などの固形物を除くこと。

(4) 最小土被り：h

(a) 水道施設施設設計指針・解説による。

(b) 公道内は道路管理者との協定によること。

(c) 寒冷地は凍結深度以下に埋設する。

(d) 畑地・水田内は（耕作深さ＋30cm 以上）とする。

(e) 土被りが小さくなった場合は、管の補修や舗装工事による損傷防止の目的で、必要に応じて、管の真上の地中にコンクリート等の床版を置か、さや管などの防護策をとること。

⑦ 他埋設物との間隔

(イ) 他の埋設物と並行又は交差して布設する場合は他の埋設物と 30cm 以上の間隔を保たせる。ここで他の埋設物とは、管、構築物、特殊基礎地盤（バラス、グリ石など）などをいう。

(ロ) やむを得ず 30cm 以上の間隔を保たせることができない場合は、さや管を用いた水道用 PE 二層管の保護を推奨する。さや管は水道用 PE 二層管およびその継手が挿入できる口径の鋼管、または水道用硬質ポリ塩化ビニル管を標準とし、他の埋設物よりも両端にそれぞれ 30cm 以上長いものとする。さや管の両端には、同径の水道用 PE 二層管のタテに割ったものをつめ、さや管と直接接触する事をさける。(図 28)

(ハ) 既に布設済みの水道用 PE 二層管があって、その 30cm 以内に近接して、他の管などを埋設する場合は、さや管として二つ割りにした鋼管または水道用硬質ポリ塩化ビニル管を用いて保護する。(図 29、表 38)

(ニ) 他の埋設物と近接する水道用 PE 二層管の周囲は、砂または良質の土で十分に突き固め、管が移動しないようにする。

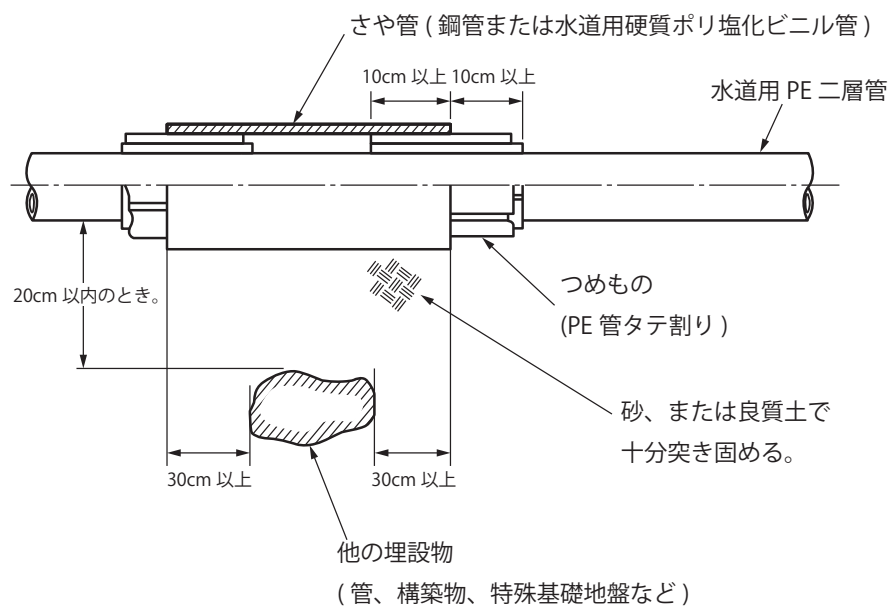


図 29 水道用 PE 二層管保護方法（水道用 PE 二層管を新設する場合）

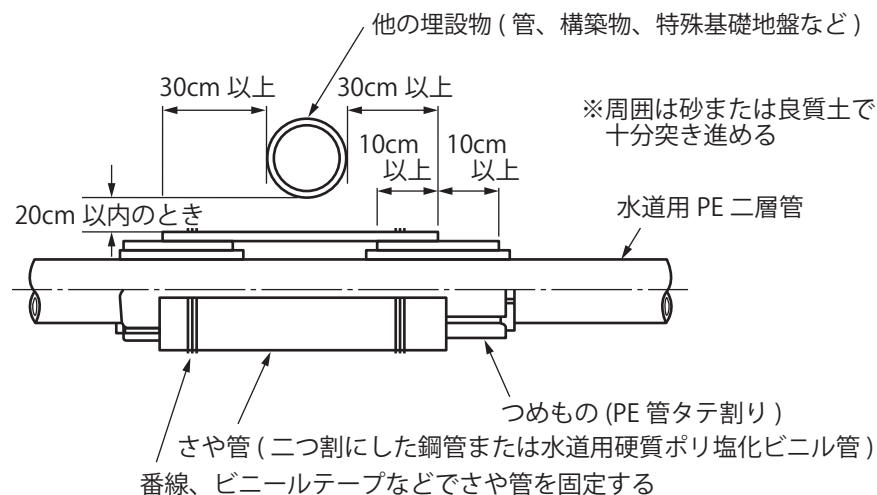


図 30 水道用 PE 二層管保護方法（水道用 PE 二層管を布設済の場合）

表 38 さや管寸法

単位：mm

水道用 PE 二層管 (1、2 種)		水道用 PE 二層管 (3 種)	さや管に使用する鋼管 JIS G 3442 水道用鋼管		さや管に使用する塩ビ管 JIS K 6742 水道用硬質ポリ 塩化ビニル管	
呼び径	外径	公称外径	呼び径	近似内径	呼び径	近似内径
13	21.5	—	32	35.7	30	31.0
20	27.0	25	40	41.6	40	40.0
25	34.0	32	50	52.9	50	51.0
30	42.0	40	65	67.9	75	77.2
40	48.0	50	65	67.9	75	77.2
50	60.0	63	80	80.7	75	77.2

5. 軌道下横断配管、伏せ越配管、傾斜配管

- (1) 水道用 PE 二層管を軌道下横断する場合は、軌道上の輪荷重および振動力が、直接管に加わらないように、鋼管、ヒューム管等のさや管を施して保護する。この場合は、さや管の両端には管の保護工法と同様、水道用 PE 二層管のタテ割りしたものを施し、番線、ビニールテープ等で固定する。
なお、この作業をする場合は、軌道管理者と十分協議の上、実施しなければならない。
- (2) 水道用 PE 二層管を、河川排水路などを伏せ越して配管する場合は、お互いにできる限り離し、かつ、鋼管、ヒューム管等のさや管の中に入れて布設する。伏せ越し前後の水道用 PE 二層管の勾配は、原則として 45 度以下とし、水道用 PE 二層管を生曲げして立ち上げる配管とする。さや管両端の防護は、軌道下横断の工法と同様とする。又、曲がり部は被害の起こりやすい個所ですから、基礎や防護をよく施さなければならない。
なお、施工にあたっては、河川管理者と十分協議の上、実施しなければならない。
- (3) 水道用 PE 二層管は非常に柔軟性に富んでいるので、他の管に比べて地盤の変化になじみやすく安全性は高いが、山間傾斜地に配管する場合には、土砂崩れによって管に傷が付く恐れがあるため、管が露出しないよう透水性の小さい土壌で埋め戻すか、土壌硬化剤などにより土壌を固め、更に土留めを行えばより安全である。

解説

- (1) 水道用 PE 二層管では、電食防止の措置は不要である。軌道下でも 1.2m の土被りがあれば、それ程心配がないが、水道施設基準によって、他の管と同様に直接荷重が加わらないようにさや管に納めることになっている。又、その設計および工法について軌道管理者の承認を要する。
- (2) 水道用 PE 二層管の伏せ越配管は、腐食の心配がなく又、接合部離脱のおそれもない。立ち上がり部は地震の際、被害の起り易い個所であるから基礎及び防護をよく施すと共にできるだけ緩勾配 (45 度以下) とする。

6. 曲げ配管

- (1) 水道用 PE 二層管の曲げ配管は原則として、エルボを用いて行う。
- (2) 水道用 PE 二層管は非常に柔軟性に優れているため、継手を含まない箇所には、表 39 の最小曲げ半径の限度内であれば、生曲げ配管することができる。
- (3) 人力による曲げ配管が困難な場合は、機械等を利用して適切に曲げ配管を行ってください。特に呼び径 30, 40 は人力での曲げが困難であるため、短い距離では直管の利用を推奨する。
- (4) 曲げた部分を埋設する場合は、埋戻し砂 (土) で十分に管周囲を突き固めて管が溝の中央に固定されるようにする。
- (5) 水道用 PE 二層管の曲げ配管を行う場合の最小曲げ半径の施工管理方法としては、右図に示すように長さ 1m の角材やスケール等を水道用 PE 二層管の内側に当て、その隙間寸法 A を測定することで、過度の曲げが生じていないことを確認できる。

なお、より確実に管理するために、複数個所での測定を推奨する。

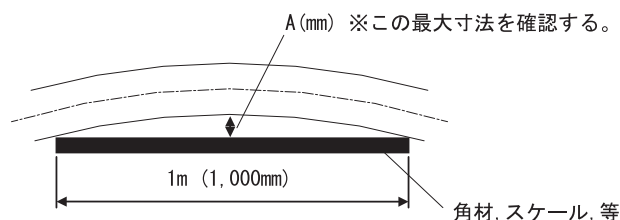


図31 最小曲げ半径の施工管理方法

表 39 許容曲げ半径の確認寸法

管 種		呼び径	13	20	25	30	40	50
1 種二層管 (PE50 及び PE100)	最小曲げ半径 R (cm)		55	70	85	105	120	150
	1m 区間における 最大隙間寸法 A (mm)		320	210	162	126	109	85
2 種二層管 (PE80)	最小曲げ半径 R (cm)		110	135	170	210	240	300
	1m 区間における 最大隙間寸法 A (mm)		120	96	75	60	52	41

管種		公称外径	25	32	40	50	63
3 種二層管 (PE100)	最小曲げ半径 R (cm)		80	100	120	150	200
	1m 区間における 最大隙間寸法 A (mm)		175	133	109	85	63

※ 1 種二層管で外径の約 25 倍、2 種二層管で約 50 倍、3 種二層管で約 30 倍。

解説

- (1) 最小曲げ半径よりも小さな半径での曲げ配管は、管が偏平となって流量が低下するのみならず、管に大きな応力残り、寿命を低下させる恐れがあるため行ってはならない。
- (2) 水道用 PE 二層管のはね返りが強く、くい（ゴム板保護）で仮止めしたときは、突き固めて管を固定した後、必ずくいを抜き取っておくこと。
- (3) 水道用 PE 二層管をバーナ、トーチランプなど直接炎を当てて曲げ加工することは、管の材質を劣化させ、管強度が低下するので行ってはならない。

7. 長尺配管

- (1) 柔軟性に優れた水道用 PE 二層管は、コイル巻きが可能のため長尺（40 ～ 120m）で規格化されている。一般に漏水発生個所の大半が継手接続部からと言われている。従って継手を少なくすることは漏水の低減に有効であり、長尺利用可能な水道用 PE 二層管はその点において最適な管材と言える。
- (2) 水道用 PE 二層管の長尺配管は、管の巻きぐせを上手に取り除きながら配管する。

解説

- (1) 水道用 PE 二層管の長尺配管において、管の巻きぐせ、ねじれを取り除く場合は、図 32、図 33 の工法で配管することが望ましい。

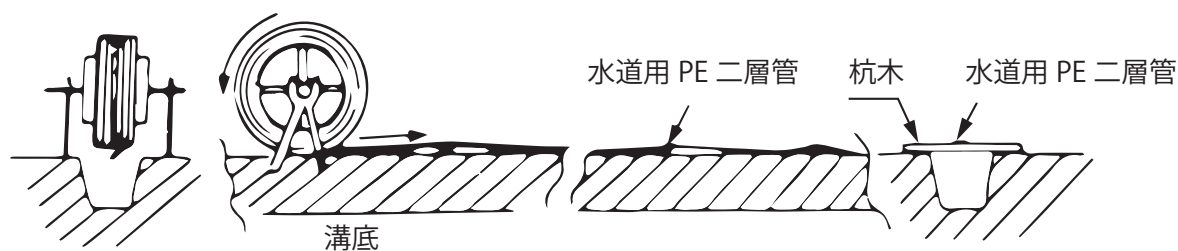


図 32 呼び径 25 以下の長尺配管要領

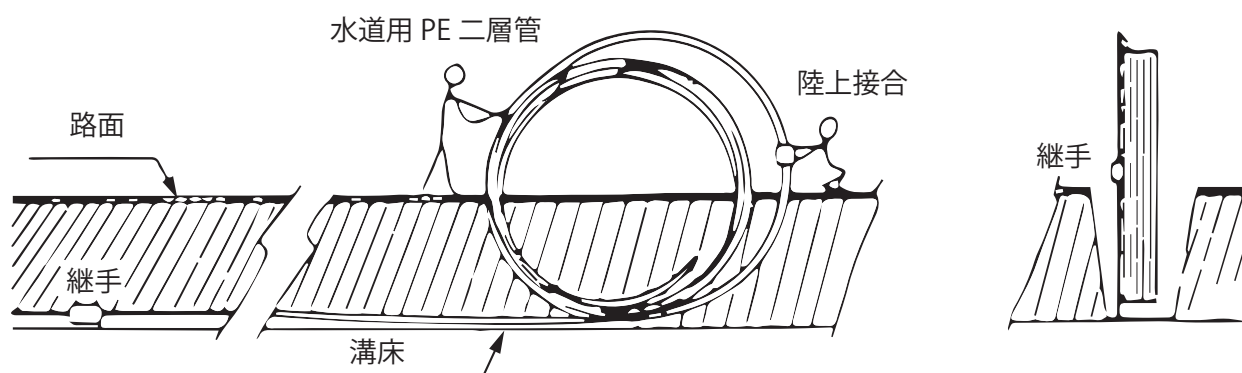


図 33 呼び径 30 以上の長尺配管要領

8. 既設管からの分岐工法及び既設管の補修工法

8.1 既設ポリエチレン管に給水管を取り付ける工法

(1) 不断水で施工する方法

不断水で給水管を取り付ける方法としては、ポリエチレン管用サドル付分水栓を用いる。
(JWWA B 136: ポリエチレン管用サドル付分水栓)

(2) 断水して施工する方法 (その 1)

上流側に仕切弁がある場合は、弁を閉止してポリエチレン管用金属継手の異径チーズを用いて施工する。

(3) 断水して施工する方法 (その 2)

上流側に仕切弁がない場合は、上流側でスクイズオフ工具を用いて止水し、ポリエチレン管用継手の異径チーズを用いて施工する。

8.2 既設ポリエチレン管の傷等の補修工法

他工事の影響で既設ポリエチレン管の外面に傷がついた場合は、傷の大きさや深さに応じて補修を行う。傷の大きさと補修方法については表 40 に示す。

(1) 傷が小さくて浅い場合

この場合は、傷のある部分を補修バンドで保護する。

(2) 傷が比較的深い場合または大きい (広範囲におよぶ) 場合

この場合は、内圧により局部応力が発生し破裂することがある。傷の部分を含めて 20cm 以上を切り

取り、ソケットを2個用いて新管と入れ替える。管を切り取る際、上流側の仕切弁を閉止する。上流側に仕切弁がない場合は、スクイズオフ工法等を用いて断水して工事を行う。

表 40 外面傷と補修方法

傷の程度	傷の程度確認	補修工法
小さい 浅い	円周の 1/4 以下または軸方向直径長さ以下 外層の範囲内（内層が確認できない程度）	補修バンドを使用する。
大きい 深い	円周の 1/4 以上または軸方向直径長さ以上 内層（ナチュラル層）におよぶ	傷部の前後を新管で布設替える。

8.3 おがみ合わせ接続

既設管の切り回し工事の際に、チーズやソケットを接続する場合は、ナットとリングを管に通し、インコアを叩き入れておき、管の両端がおがむように配管し、最後にナットを締め付ける。（図 34）

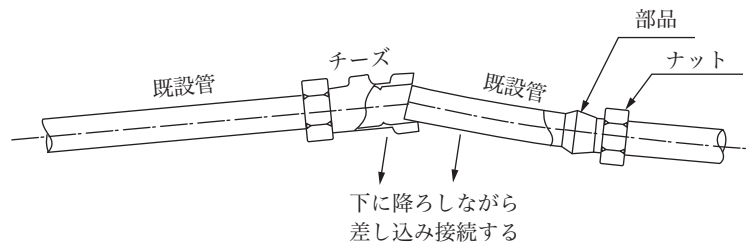


図34 おがみあわせ接続(チーズ)

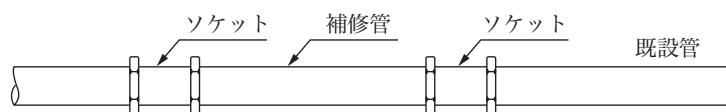


図35 損傷部の接合

解説

- (1) 既設管の取出部は管の表面に傷のあるところは、さけなければならない。
- (2) 給水管では断水してもかえり水があり、接続を水中作業でせざるをえないときは、継手部品を紛失しないように注意する。
- (3) 水中で接続作業をする場合、小石、土砂等が入らないように注意する。

9. スクイズオフ工法

- (1) スクイズオフ工法は、既設管の上流側に止水栓や仕切弁が設置されていない場合の緊急処置工法の一つである。
- (2) スクイズオフ専用のクランプ装置を用いて行い、完全に止水するのではなく、工事可能な程度に減水するのに留めておく。
- (3) 管を締め付けすぎると、締め付けた部分の厚みが減少し、工事中的水圧でちぎれることがある。
- (4) クランプした部分は他の部分に比べて強度が低下しているため、補修継手で保護する。

p 62 2. スクイズオフ工法を参照

10. 露出配管

- (1) 露出配管の場合は、特に管が伸縮するので蛇行配管を行い、たわみ代を多くとること。たわみ代が

少ないと管の収縮により接合部が抜ける場合がある。

- (2) 露出配管では太陽熱により管温度が上昇し、耐水圧が低下するので、常用最高圧力近くで使用する場合は、管に覆いをするなどの対策を行うこと。(耐圧強度は使用温度 20℃で設計している。)
- 低圧使用時においても高低差の大きい場合に低地部は水頭圧により想定以上の高水圧となり、破裂事故につながる場合がある。十分注意を払うこと。
- (3) 露出配管で管内部に水が滞留していると水温が上昇し、開栓時熱湯が流出してやけどのおそれがあるので、注意すること。
- (4) 通水試験を行う場合、管内の空気を完全に抜いておくこと。また、管が露出している場合は、管を完全に冷却した後、水圧試験を実施すること。管が熱いままでは水圧をかけると規定水圧以下でも管が破裂する場合がある。

p 32 6. 伸縮・熱応力を参照

11. 架空配管

架空配管の支持間隔は、十分にたわみ代をとること。なお、支持部は平面で受け、支持用止めねじを強く締めないように注意する。管体保護のために、支持部に緩衝材を取り付けることが望ましい。

12. 配管上のその他の注意事項

- (1) 金属継手、弁、機器類と接続する場合は、その重量による影響を水道用 PE 二層管側に与えないように配慮しなければならない。
- (2) 大量に灯油、ガソリンなどを扱うスタンド、車両工場、化学工場などで高濃度汚染がある場所、又は予測される場所での布設は、非汚染土による埋戻し又は影響を受けにくい経路の検討を行う必要がある。
- (3) 熱源が近くにある場合は、水道用 PE 二層管が熱の影響を受けないように配管すること。温度が上昇すると耐水圧性能が低下し、規定水圧以下でも破裂する場合があるので注意すること。

IV 参考資料

1. 水道用 PE 二層管の耐塩素水性

1) はじめに

1978 年（昭和 53 年）頃より一部の都市に於いて敷設後数年以上経過した埋設配管（水道用ポリエチレン単層管）の内表面に水泡状の膨れが発生し、稀な例として 40 ～ 50 μ m 程度の厚みを有する脆化層が生じる問題が報告される様になった。

本現象に関し日本ポリエチレンパイプ工業会（現日本ポリエチレンパイプシステム協会）が詳細な検討を実施し、その検討結果を『水道用ポリエチレン二層管開発経緯』（1995）として報告している。

本項に於ける報告内容は、その検討内容の主要点をダイジェスト的に紹介し、水道用ポリエチレン二層管の塩素水に対する健全性を示すものである。

2) 水泡剥離現象発生メカニズム

(1) 水道水として飲用に供する為に、通常殺菌剤による殺菌処理が行われ、この処理剤として塩素 (Cl_2) が使用される。一般に、水中で塩素は Cl_2 （溶存塩素ガス）、 Cl^- （塩素イオン）、 HOCl （次亜塩素酸）、 OCl^- （次亜塩素酸イオン）、の 4 種類の形で存在する。

水道水を殺菌する場合の様な低濃度では殆ど完全に加水分解し、pH に応じて (1) 式に示される平衡が保たれる。

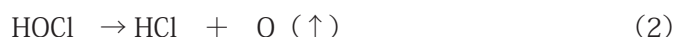
酸性

アルカリ性



(1) 式から明らかな様に、pH が酸性側では Cl_2 の形で、またアルカリ性に傾くほど水道水中には OCl^- の形の遊離塩素の比率が増加する事となる。従って、水道水の酸化力の強さは遊離塩素の濃度だけでなく pH も合わせて考慮する必要がある。国内の水道水の pH は 7 前後であることから図 1 『衛生試験法』（日本薬学会編 金原出版 1990）に示す様に、70 ～ 80% が HOCl の形の（最も強い酸化作用を示す）遊離塩素として存在する。

(2) 水道水中の HOCl （次亜塩素酸）は、不安定であり以下の様に分解し発生期の酸素（高い酸化力を示す）を生成する。



（カーボンブラック）

この反応において、カーボンブラックが分解に関与（即ち、分解を促進させる触媒として機能）している事が明らかにされた。

ここで発生した O は、ポリエチレン原料に添加されている酸化防止剤により消費されるが、添加量は有限である為、ある時間経過後に管内表面から酸化劣化が生じる事となる。

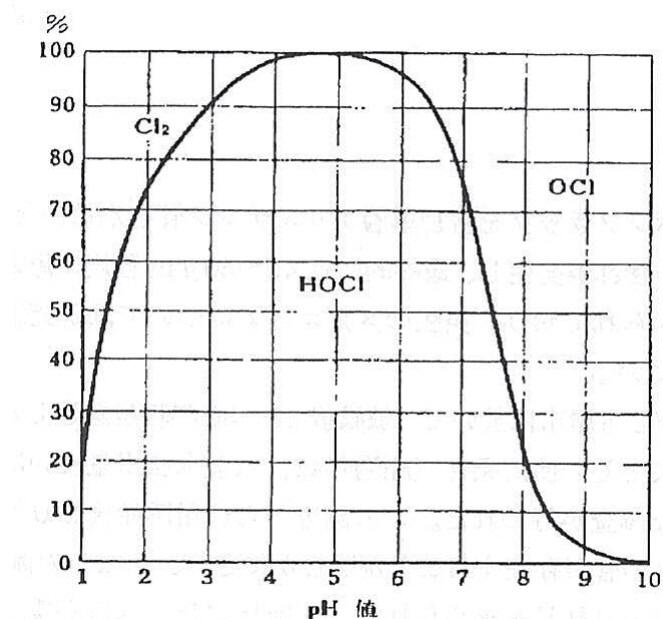


図1 水中遊離塩素の形に対する pH の影響

3) 水泡剥離発生対策

- (1) 水道用ポリエチレン管に配合されているカーボンブラックが、次亜塩素酸の分解を促進する触媒として作用していることから、カーボンブラックが有する耐候性能を維持しつつ、水道水とは接触しない、二層（即ち、カーボンブラックを含まない内面層とカーボンブラックを含む外面層）よりなる管構造とした。

4) 対策の効果確認

- (1) 水泡剥離発生対策を講じた水道用ポリエチレン二層管について、その効果を確認する為に塩素水試験を実施した。試験方法は、JIS K 6762 に従った。
- (2) 水道施工規則では、給水栓で遊離塩素濃度は 1.0mg/l 以上保持することが決められている。また、おいしい水の国規定残留塩素の品質管理値は 1.0mg/l である。対策効果確認に於いては、その判断値として品質管理値を採用した。
- (3) 試験結果を図 2、図 3 に示す。従来の 1 種単層管では、水泡発生まで 7.6 年であったが、1 種二層管では 308.2 年を要する事が明らかとなり、十分な対策となっている。

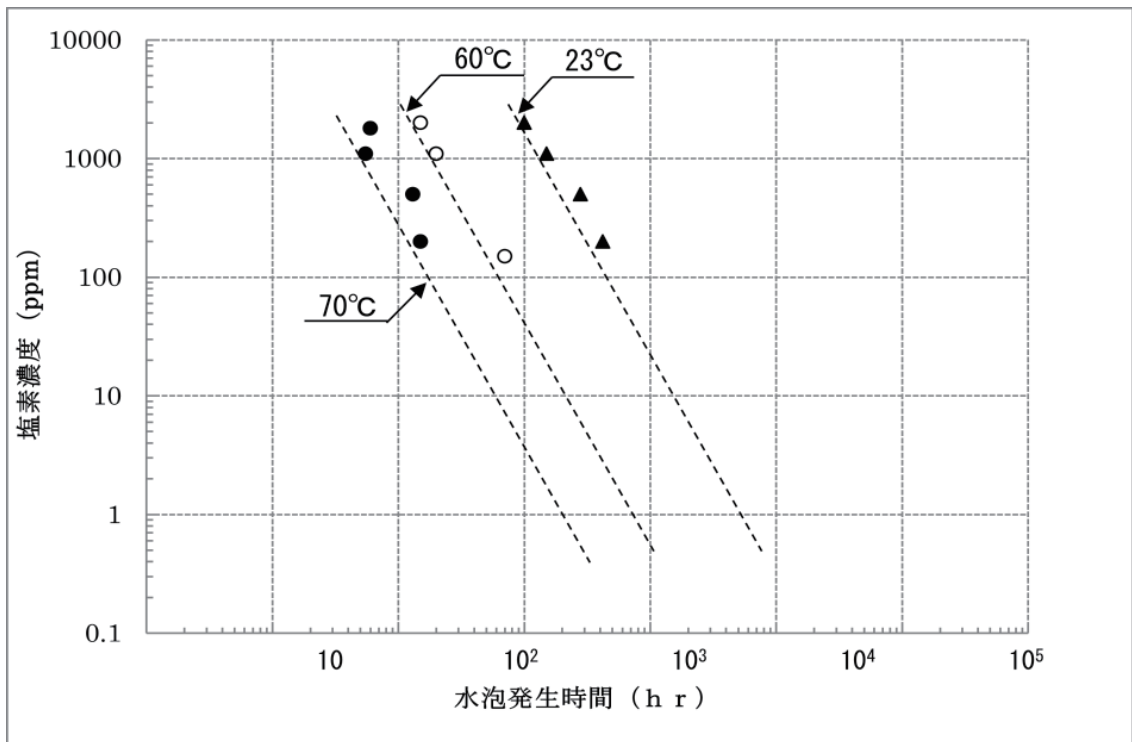


図2 1種単層管

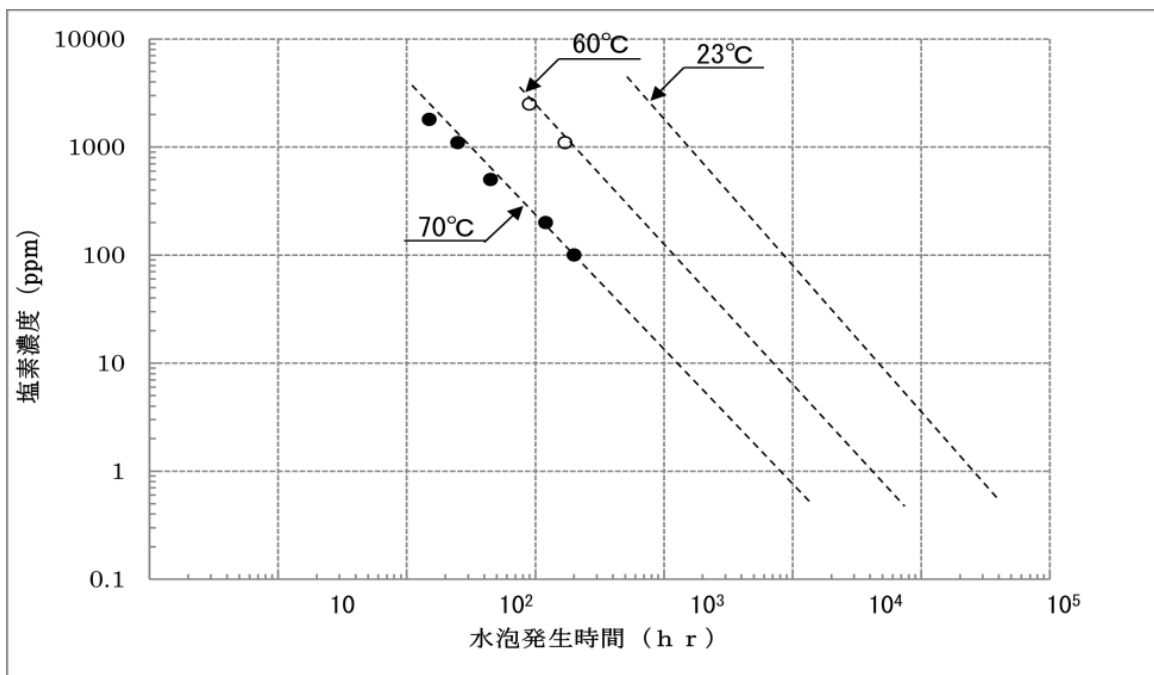


図3 1種二層管 (PE50)

2. スクイズオフ工法

2.1 スクイズオフ工法

- (1) スクイズオフ工法は、既設管の止水栓、仕切弁を閉止することができない場合等の緊急処置であり、クランプ治具(図4)にて断水する。

注意 本工法においては、評価実績のあるクランプ治具(ガス PE 管用 50-II スクイズオフ工具(レッキス製))の使用を推奨する。なお、1 種二層管 (PE100) については、油圧クランプ (配水用スクイズ 100 (西尾レンタル)) の使用がのぞましい。

また、上記各工具に付属のストッパーはガス PE 用及び配水 PE 用のため使用せず、表 1 の締め幅となるよう調整して使用する。

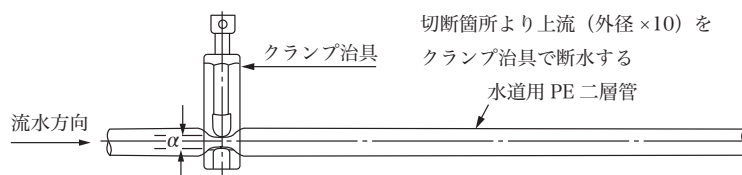


図4 クランプ治具による断水

- (2) この時のクランプ治具の締め幅 (α) は、1 種二層管 (PE50) は、管の厚さ (t とする) $\times 1.4$ 以上とする。JP K 002 の 1 種二層管 (PE100) は、 $t \times 1.3$ 以上とする。3 種二層管 (PE100) は、 $t \times 1.6$ 以上とする。表 1 の締め幅よりも締めると、管が損傷する恐れがある。

表 1 クランプ治具の締め幅

1 種二層管 (PE50、PE100)

単位：mm

品種	呼び径	13	20	25	30	40	50
1 種二層管 (PE50)	締め幅 (α) = $1.4t$	4.9	5.6	7.0	7.8	9.1	11.2
1 種二層管 (PE100)	締め幅 (α) = $1.3t$	4.6	5.2	6.5	7.3	8.5	10.4

3 種二層管 (PE100)

単位：mm

品種	公称外径	20	25	32	40	50	63
3 種二層管 (PE100)	締め幅 (α) = $1.6t$	3.4	4.0	5.1	6.3	7.8	9.8

- (3) 継手チーズを使つての分岐の場合は、クランプ治具によって止水し(図4)、分岐の位置にて、水道用 PE 二層管を切断する。
- (4) 切断箇所より、クランプ治具側に補修継手およびチーズを差し込み、(又は反対側にチーズを差込む)水道用 PE 二層管の切口を合わせてチーズを戻してセットする。(図5)
- (5) チーズに、水道用 PE 二層管を接合した後、クランプ治具を取り外し、通水をしながら管の偏平を修正し、クランプ治具による痕跡部を中心に補修継手をセットして保護する。(図6)

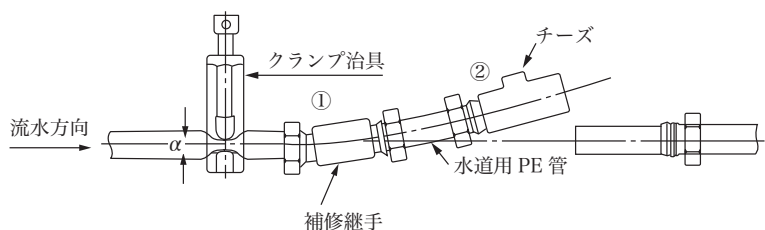


図5 継手挿入手順

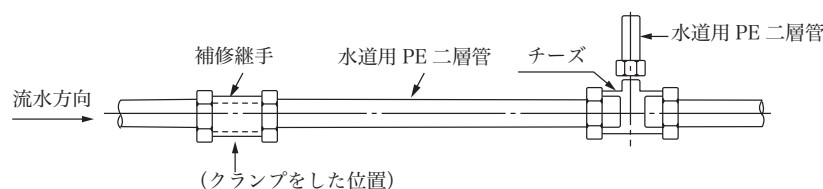


図6 分岐完成

2.2 止水性能評価

1) 目的

水道用 PE 二層管のスクイズオフ条件確立のため、クランプ治具の締め幅（圧縮部間隔）と止水性能の関係を把握する。

2) 実験方法

以下の水圧、クランプ治具の締め幅（圧縮部間隔）水準で通水量を測定する。

① 水圧水準：0.25MPa、0.75MPa の2水準

② クランプ治具の締め幅水準（×管厚 t）：以下の9水準

$2.0 \times t$, $1.9 \times t$, $1.8 \times t$, $1.7 \times t$, $1.6 \times t$, $1.5 \times t$, $1.4 \times t$, $1.3 \times t$, $1.2 \times t$

※漏水がなくなった場合は、それ以下の締め幅水準を省略した。

3) 実験条件と実験手順

(1) 供試管

1種二層管（PE50）呼び径 20、50、1種二層管（PE100）呼び径 20、40 と3種二層管（PE100）公称外径 25、50 を代表サイズとした。

注）1種二層管（PE100）のみ、青色の単層管で行った。

供試管の長さは、長さによる影響を避けるため 5m とした。

供試管の厚さ測定結果は表2 のとおり。

（平均厚さにより、クランプ治具の締め幅を設定する）

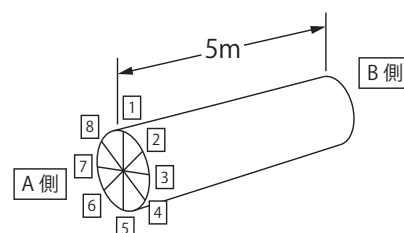


図7 管厚測定箇所

表2 厚さ測定結果

単位：mm

品種	呼び径 公称外径	端面	1	2	3	4	5	6	7	8	平均	AB平均
1種 二層管 (PE50)	20	A	3.95	4.02	4.05	4.02	3.99	3.98	3.98	3.99	4.00	3.99
		B	3.93	4.03	4.00	3.98	3.98	3.94	3.97	3.98	3.98	
	50	A	7.95	7.98	7.90	8.02	8.09	8.20	8.16	8.08	8.05	8.03
		B	8.02	7.94	7.90	7.87	8.03	8.21	8.09	8.05	8.01	
1種 二層管 (PE100)	20	A	4.08	4.08	4.10	4.09	4.09	4.09	4.07	4.07	4.08	4.07
		B	4.07	4.06	4.06	4.07	4.06	4.03	4.07	4.08	4.06	
	40	A	6.55	6.55	6.57	6.54	6.62	6.58	6.60	6.53	6.57	6.60
		B	6.60	6.61	6.62	6.64	6.66	6.62	6.66	6.65	6.63	
3種 二層管 (PE100)	25	A	2.49	2.50	2.52	2.53	2.55	2.44	2.42	2.42	2.48	2.49
		B	2.45	2.43	2.43	2.52	2.56	2.57	2.51	2.50	2.50	
	50	A	4.94	4.96	4.96	4.93	4.92	4.97	4.98	4.96	4.95	4.95
		B	4.95	4.95	4.91	4.90	4.90	4.97	4.98	4.98	4.94	

備考．1種二層管は呼び径、3種二層管は公称外径で表示。

(2) 実験装置

- ① クランプ治具：ガス PE 管用 50-II スクイズオフ工具（レッキス製）※スクイズバー形状：R19
配水用スクイズ 100 油圧クランプ治具（西尾レンタル）※スクイズバー形状：R25

② 水圧ポンプ：電動式 MW2HP35EL5（マルヤマエクセル製）、及び MP-50（アサダ製）

(3) 実験手順

- ① 管の両端に水圧フランジをセットし、片側から水圧をかける（上記水準の低圧側から）
- ② 対側の水圧フランジの空気抜きバルブ閉の状態、で、クランプ治具で管中央部を締め付ける
- ③ 管を締め付けた状態で、空気抜きバルブを開にして、流量を測定する

メスシリンダー等にて、漏水を所定時間（0.5 ～ 30 分間）受けて、容量を測定し 1 分間あたりに換算

- ④ 一旦、締め付けを緩めて、水圧水準を上げて、② ③ を繰り返す

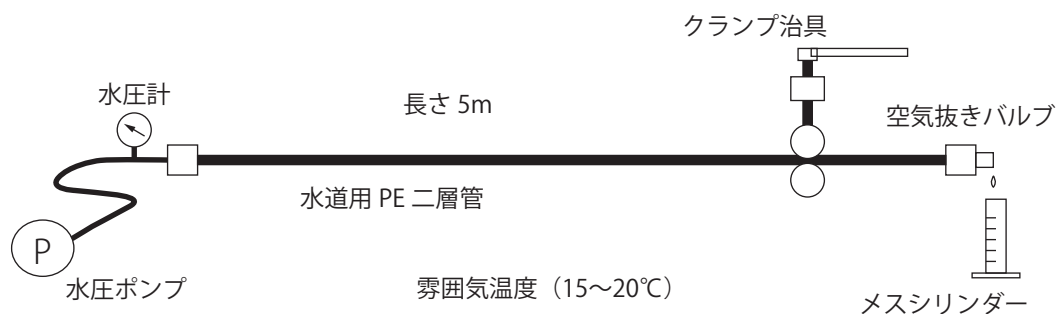


図8 実験配管状況

(4) 締め幅の設定

表3 クランプ治具の締め幅の設定

単位：mm

品種	呼び径	平均厚さ (t)	クランプ治具の締め幅								
	公称外径		2.0 t	1.9 t	1.8 t	1.7 t	1.6 t	1.5 t	1.4 t	1.3 t	1.2 t
1 種二層管 (PE50)	20	3.99	8.0	7.6	7.2	6.8	6.4	6.0	5.6	5.2	—
	50	8.03	16.1	15.3	14.5	13.7	12.8	12.0	11.2	10.4	—
1 種二層管 (PE100)	20	4.07	8.1	7.7	7.3	6.9	6.5	6.1	5.7	5.3	4.9
	40	6.6	13.2	12.5	11.9	11.2	10.6	9.9	9.2	8.6	7.9
3 種二層管 (PE100)	25	2.49	5.0	4.7	4.5	4.2	4.0	3.7	3.5	3.2	—
	50	4.95	9.9	9.4	8.9	8.4	7.9	7.4	6.9	6.4	—

備考．1 種二層管は呼び径、3 種二層管は公称外径で表示。

4) 実験結果

1 分間あたりの通水量（漏水量）測定結果を表 4 に示す。

また、クランプ治具の締め幅と通水量（漏水量）の関係を各呼び径別に図 9 ～ 14 に示す。

表4 各スライズ条件での通水量（漏水量）

単位：ml / 分

品種	呼び径 公称外径	水圧 (MPa)	クランプ治具の締め幅（厚さ t）								
			2 t	1.9 t	1.8 t	1.7 t	1.6 t	1.5 t	1.4 t	1.3 t	1.2 t
1 種 二層管 (PE50)	20	0.25	多量	多量	113	31	9.5	2	0.4	0.08	—
		0.75	多量	多量	186	63	21	4.5	0.8	0.2	—
	50	0.25	多量	多量	478	90	37	24	12	5	—
		0.75	多量	多量	860	156	80	47	27	11	—
1 種 二層管 (PE100)	20	0.25	多量	725	198	140	90	59	56	15	7
		0.75	多量	855	296	221	153	103	101	27	13
	40	0.25	多量	1230	430	289	124	93	11	10	2
		0.75	多量	1930	730	470	212	149	23	17	4
3 種 二層管 (PE100)	25	0.25	多量	3.1	0.4	0.3	0.01	0	—	—	—
		0.75	多量	7.8	0.9	0.8	0.03	0	—	—	—
	50	0.25	多量	182	32	31	0.14	0.15	0.05	0	—
		0.75	多量	244	46	51	0.5	0.21	0.21	0	—

備考．1 種二層管は呼び径、3 種二層管は公称外径で表示。

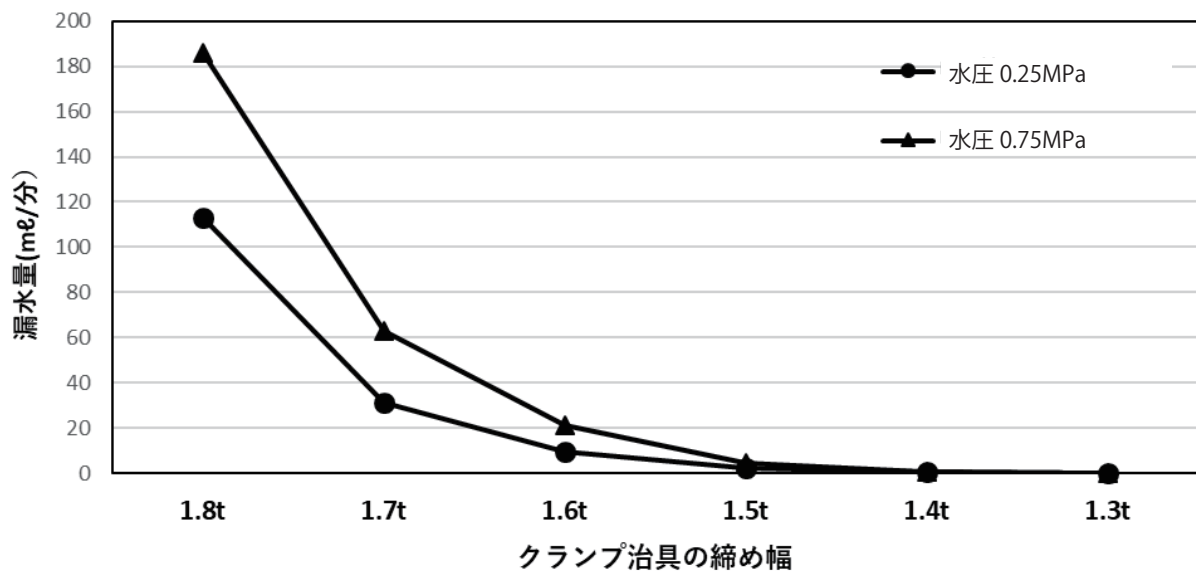


図9 クランプ治具の締め幅と通水量（漏水量）の関係（1 種二層管 PE50 呼び径 20）

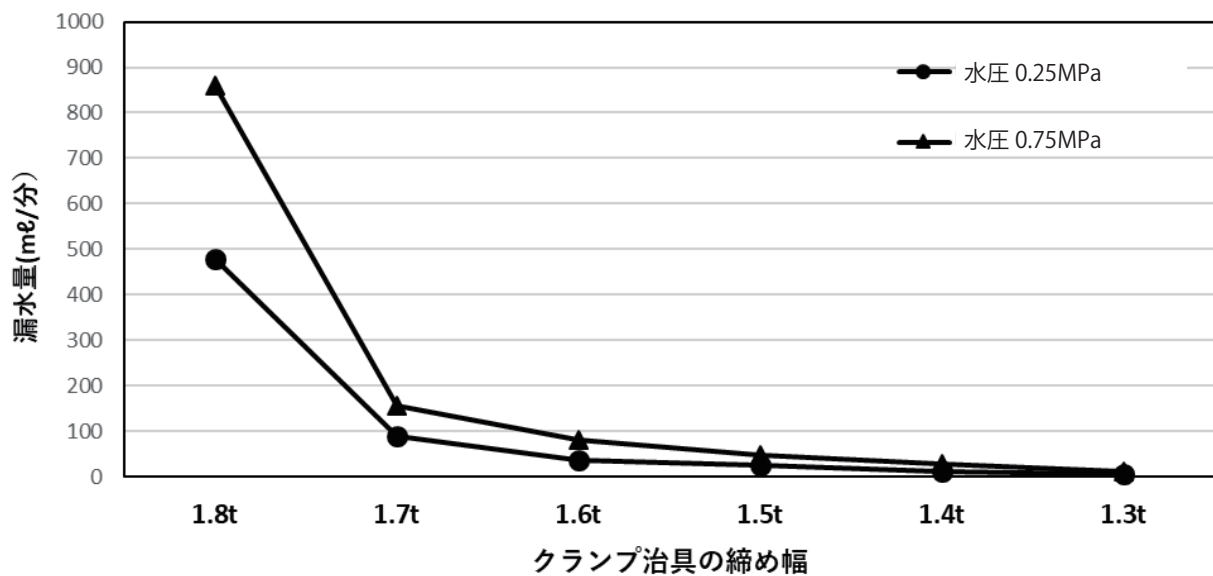


図10 クランプ治具の締め幅と通水量（漏水量）の関係（1 種二層管 PE50 呼び径 50）

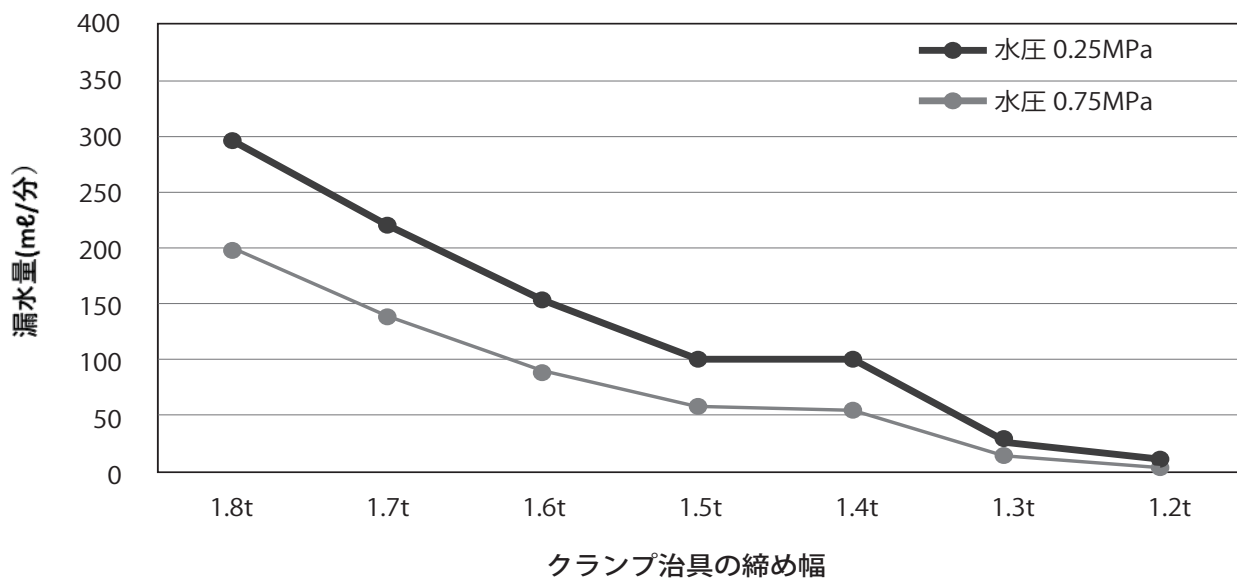


図11 クランプ治具の締め幅と通水量（漏水量）の関係（1 種二層管 PE100 呼び径 20）

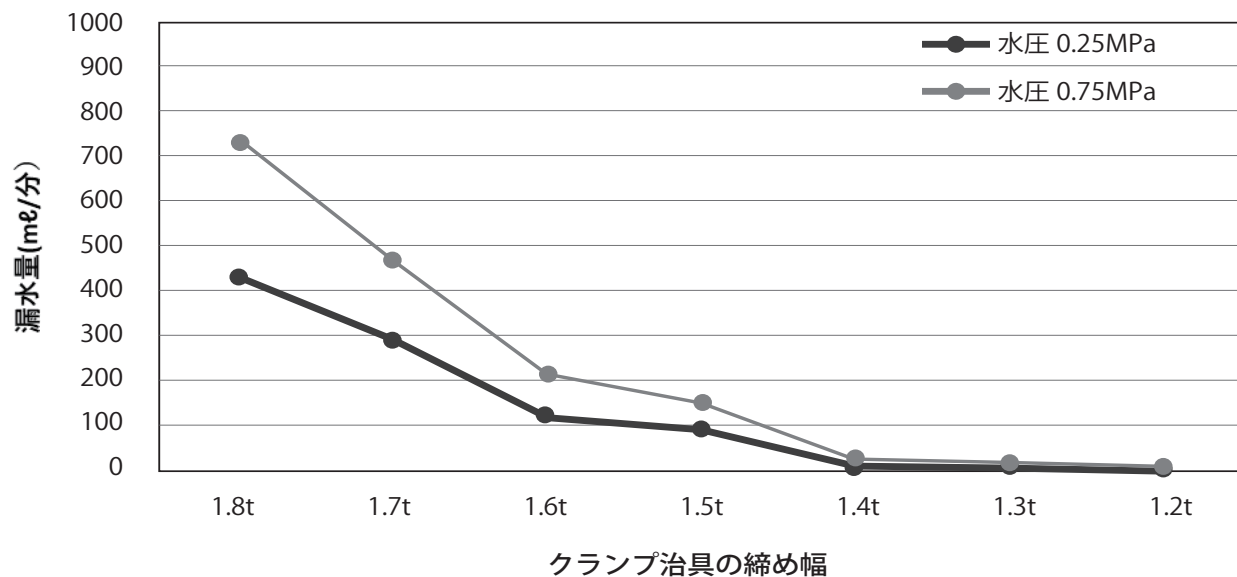


図 12 クランプ治具の締め幅と通水量(漏水量)の関係 (1 種二層管 PE100 呼び径 40)

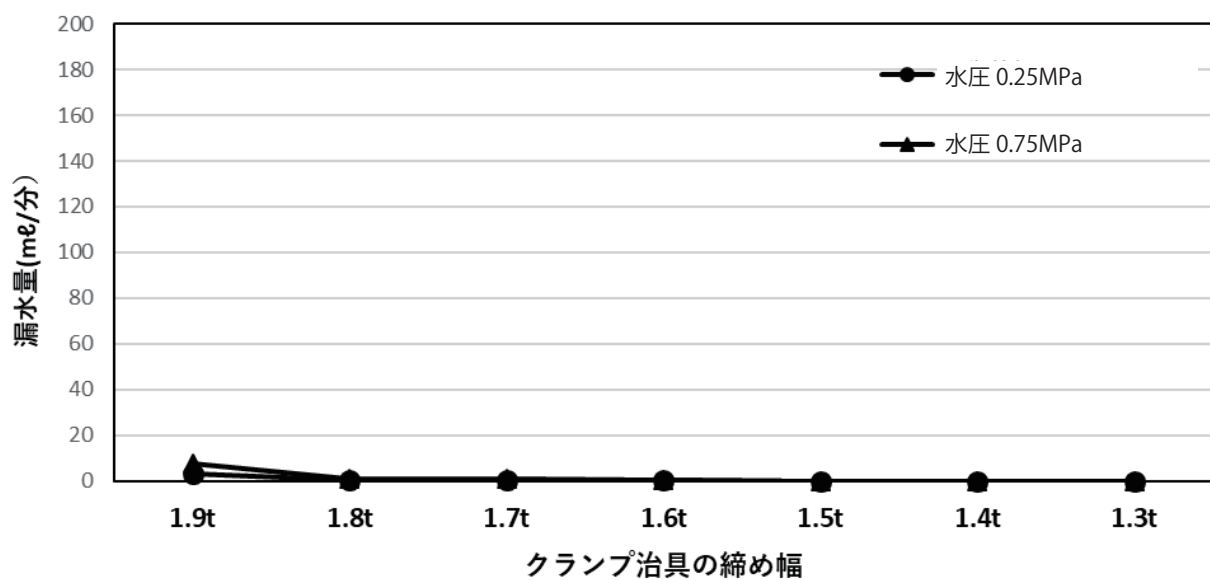


図 13 クランプ治具の締め幅と通水量(漏水量)の関係 (3 種二層管公称外径 25)

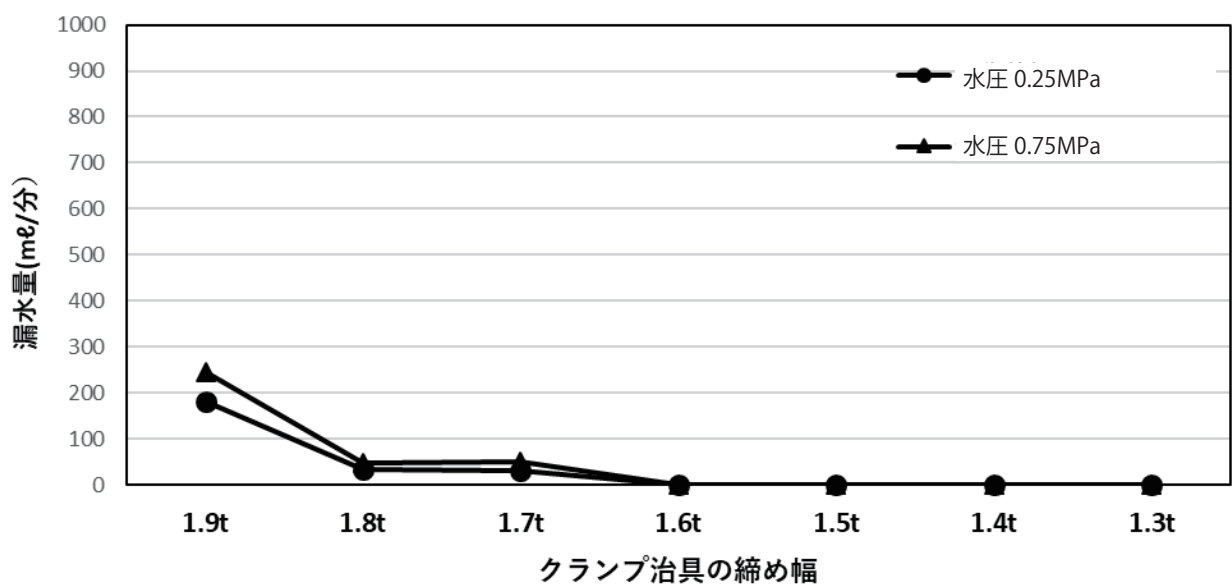


図 14 クランプ治具の締め幅と通水量(漏水量)の関係 (3 種二層管公称外径 50)

5) 実験結果のまとめ

- (1) 通水量（漏水量）はクランプ治具の締め幅に反比例して減少する。
- (2) 1 種二層管（PE50）の呼び径 20 では、クランプ治具の締め幅が厚さの 1.8 倍（潰し率 10%）の場合、1 分間あたりコップ 1 杯分程度まで止水できた。
クランプ治具の締め幅が厚さの 1.6 倍（潰し率 20%）まで圧縮すると、漏水量の多い呼び径 50 × 0.75MPa の条件でも、1 分間あたりコップ半杯分程度まで止水できた。
クランプ治具の締め幅が厚さの 1.4 倍（潰し率 30%）まで圧縮すると、コップ 1 / 6 程度とかなり止水できた。
クランプ治具の締め幅が厚さの 1.3 倍（潰し率 35%）まで圧縮しても、完全には止水できない。但し、漏水量は 10 滴程度とほぼ止水できた。
- (3) 1 種二層管（PE100）の呼び径 20、40 では、クランプ治具の締め幅が厚さの 1.5 倍（潰し率 25%）の場合、1 分間あたりコップ 1 杯分程度まで止水できた。クランプ治具の締め幅が厚さの 1.3 倍（潰し率 35%）まで圧縮しても、完全には止水できなかった。
- (4) 3 種二層管は、1 種二層管（PE50）に比べ急激に漏水量が減少した。漏水量の多い公称外径 50 × 0.75MPa の条件でも、クランプ治具の締め幅が厚さの 1.8 倍（潰し率 10%）で 1 分間あたりコップ 1 / 4 杯程度まで止水できた。
クランプ治具の締め幅が厚さの 1.6 倍（潰し率 20%）まで圧縮すると、5 滴程度とほぼ止水できた。

6) 考察

- (1) 管の厚さのバラツキによる影響

現場では管の厚さを測定出来ないので、規格寸法からクランプ治具の締め幅を決定する必要がある。規格寸法には許容差があるため、その影響を考察する。

表5 管厚のバラツキによる影響

品種	呼び径	厚さの規格値		クランプ治具 の締め幅 (mm)	最小 厚さ品	基準 厚さ品	最大 厚さ品
	公称外径	基準値	許容差				
1 種 二層管 (PE50)	13	3.5	± 0.30	4.9	1.53	1.40	1.29
	20	4.0	± 0.30	5.6	1.51	1.40	1.30
	25	5.0	± 0.35	7.0	1.51	1.40	1.30
	30	5.6	± 0.40	7.8	1.50	1.39	1.31
	40	6.5	± 0.45	9.1	1.50	1.40	1.31
	50	8.0	± 0.55	11.2	1.50	1.40	1.31
1 種 二層管 (PE100)	13	3.5	± 0.30	4.6	1.44	1.31	1.21
	20	4.0	± 0.30	5.2	1.41	1.30	1.21
	25	5.0	± 0.35	6.5	1.40	1.30	1.21
	30	5.6	± 0.40	7.3	1.40	1.30	1.22
	40	6.5	± 0.45	8.5	1.40	1.31	1.22
	50	8.0	± 0.55	10.4	1.40	1.30	1.22
3 種 二層管 (PE100)	20	2.0	+0.30	3.4	1.70	1.58	1.48
	25	2.3	+0.40	4.0	1.74	1.60	1.48
	32	3.0	+0.40	5.1	1.70	1.59	1.50
	40	3.7	+0.50	6.3	1.70	1.59	1.50
	50	4.6	+0.60	7.8	1.70	1.59	1.50
	63	5.8	+0.70	9.8	1.69	1.59	1.51

備考. 1 種二層管は呼び径、3 種二層管は公称外径で表示。

製品規格の全体厚さ基準値に対して、1 種二層管 (PE50) は 1.4 倍となるクランプ治具の締め幅を設定することで、上記、表 5 の範囲内 (1.29 ~ 1.53 × 厚さ) の締め幅となる。

1 種二層管 (PE100) は 1.3 倍となるクランプ治具の締め幅を設定することで、上記、表 5 の範囲内 (1.21 ~ 1.44 × 厚さ) の締め幅となる。

3 種二層管は、1.6 倍となるクランプ治具の締め幅を設定することで、上記、表 5 の範囲内 (1.74 ~ 1.48 × 管厚) の締め幅となる。

この範囲内では、実験結果より、工事に影響の出ない程度の止水性能を確保出来る。また、規格範囲内で最大の厚さの場合、クランプ治具の締め幅がほぼ厚さ × 1.3 (3 種二層管の場合は × 1.5) となるので、この条件の締め幅までスクイズオフした後の供試管を評価することにした。

2.3 スクイズオフ後の強度評価

1) 評価方法

スクイズオフを行った管の長期的な影響を評価するため、樹脂管の長期強度評価に最も有効な内圧クリープ試験を実施した。

この試験で、規格値を満足すれば、実用上、支障が無いと評価できる。また、同一材料の内圧クリープ試験データとの比較により、影響の程度を検証できる。更には、スクイズオフ部分に補修継手 (PE 管用の割型継手、胴長ソケット等) をセットしたものと同時評価することで、その効果も確認できる。

しかし、規格に規定されている円周応力では、規格値の何倍もの時間を掛けないと破壊しないため、1 種二層管については規格の円周応力以上の負荷を掛けて破壊させる試験も加えた。

なお、3 種二層管については、規格の円周応力を加え破壊時間を確認した。

表 6 に内圧クリープ試験 (80℃) への供試管の試験条件を示す。

表 6 スクイズ後の内圧クリープ試験条件

1 種 二層管 (PE50)	クランプ治具の締め幅	厚さ×1.4				厚さ×1.3	
	補修継手の有無	無し		有り		無し	有り
	円周応力 (MPa)	2.2	2.6	2.2	2.6	2.2	2.2
	試験本数 (本)	1	2	1	2	1	1
1 種 二層管 (PE100)	クランプ治具の締め幅	厚さ×1.3				厚さ×1.2	
	補修継手の有無	無し		有り		無し	有り
	円周応力 (MPa)	5.0	5.4	5.0	5.4	5.0	5.0
	試験本数 (本)	1	2	1	2	1	1
3 種 二層管 (PE100)	クランプ治具の締め幅	厚さ×1.6				厚さ×1.5	
	補修継手の有無	無し		有り		無し	有り
	円周応力 (MPa)	5.0	5.4	5.0	5.4	5.0	5.0
	試験本数 (本)	1	2	1	2	1	1

PE50 の JIS K6762 規格値は、円周応力 2.2MPa で 1000hr 以上、円周応力 2.4MPa で 165hr 以上で異常が無いこと
PE100 の JIS K6762 規格値は、円周応力 5.0MPa で 1000hr 以上、円周応力 5.4MPa で 165hr 以上で異常が無いこと

2) 評価結果

評価結果を表 7～表 12 に示す。

いずれも、規格値は満足しており、スクイズオフによる著しい強度低下は無いといえる。

なお、1 種二層管 (PE50) での規格以上の円周応力 (2.6MPa) を加えた試験において、呼び径 50 では短時間で破壊したが、スクイズ部ではない最小厚さ部での破壊であった。

表 7 スクイズ後の内圧クリープ試験結果 (1 種二層管 PE50 呼び径 20)

クランプ治具の締め幅	厚さ×1.4						厚さ×1.3	
補修継手の有無	無し			有り			無し	有り
円周応力 (MPa)	2.2	2.6		2.2	2.6		2.2	2.2
水圧 (MPa)	0.73	0.87		0.73	0.87		0.73	0.73
破壊時間 (hr)	> 1027	307	222	> 1027	588	215	> 2008	> 2008
破壊形態	破壊せず	延性	延性	破壊せず	延性	延性	破壊せず	破壊せず
破壊部位	—	スクイズ部	スクイズ部	—	最小厚さ部	最小厚さ部	—	—

表 8 スクイズ後の内圧クリープ試験結果 (1 種二層管 PE50 呼び径 50)

クランプ治具の締め幅	厚さ×1.4						厚さ×1.3	
補修継手の有無	無し			有り			無し	有り
円周応力 (MPa)	2.2	2.6		2.2	2.6		2.2	2.2
水圧 (MPa)	0.66	0.76		0.66	0.76		0.66	0.66
破壊時間 (hr)	> 1027	42	27	> 1027	97	22	> 2008	> 2008
破壊形態	破壊せず	延性	延性	破壊せず	延性	延性	破壊せず	破壊せず
破壊部位	—	最小厚さ部	最小厚さ部	—	最小厚さ部	最小厚さ部	—	—

表9 スクイズ後の内圧クリープ試験結果（1種二層管 PE100 呼び径 20）

クランプ治具の締め幅	厚さ×1.3						厚さ×1.2	
補修継手の有無	無し			有り			無し	有り
円周応力 (MPa)	5.0	5.4		5.0	5.4		5.0	5.0
水圧 (MPa)	1.59	1.72		1.59	1.72		1.59	1.59
破壊時間 (hr)	>1000	>165	>165	>1000	>165	>165	>1000	>1000
破壊形態	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず
破壊部位	—	—	—	—	—	—	—	—

表10 スクイズ後の内圧クリープ試験結果（1種二層管 PE100 呼び径 40）

クランプ治具の締め幅	厚さ×1.3						厚さ×1.2	
補修継手の有無	無し			有り			無し	有り
円周応力 (MPa)	5.0	5.4		5.0	5.4		5.0	5.0
水圧 (MPa)	1.44	1.56		1.44	1.56		1.44	1.44
破壊時間 (hr)	>1000	>165	>165	>1000	>165	>165	>1000	>1000
破壊形態	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず
破壊部位	—	—	—	—	—	—	—	—

表11 スクイズ後の内圧クリープ試験結果（3種二層管 公称外径 25）

クランプ治具の締め幅	厚さ×1.6						厚さ×1.5	
補修継手の有無	無し			有り			無し	有り
円周応力 (MPa)	5.0	5.4		5.0	5.4		5.0	5.0
水圧 (MPa)	1.01	1.09		1.01	1.09		1.01	1.01
破壊時間 (hr)	>1049	>1008	>1008	>1049	>1007	>1007	>1049	>1049
破壊形態	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず
破壊部位	—	—	—	—	—	—	—	—

表12 スクイズ後の内圧クリープ試験結果（3種二層管 公称外径 50）

クランプ治具の締め幅	厚さ×1.6						厚さ×1.5	
補修継手の有無	無し			有り			無し	有り
円周応力 (MPa)	5.0	5.4		5.0	5.4		5.0	5.0
水圧 (MPa)	1.01	1.09		1.01	1.09		1.01	1.01
破壊時間 (hr)	>1049	>1008	>1008	>1049	>1007	>1007	>1049	>1049
破壊形態	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず	破壊せず
破壊部位	—	—	—	—	—	—	—	—

3) 補修継手の効果

今回の評価では、いずれも補修継手の無いスクイズ部、又は管の最小厚さ部にて破壊が生じた。スクイズ部を補修継手で保護した箇所での破壊は発生せず、補修継手の保護効果が確認できたと考える。

2.4 補修継手の取付確認

1) 目的

スクイズオフした後の水道給水用 PE 管に対して、金属補修継手の取付可否を確認する。

2) 実験方法

(1) 供試管

1 種二層管 (PE50) の呼び径 13 ～ 50 (6 サイズ)、及び 1 種二層管 (PE100) の呼び径 13 ～ 40 (5 サイズ) にて確認した。

注) 1 種二層管 (PE100) は、青色の単層管で行った。

(2) 実験装置

クランプ治具は、呼び径により以下の 2 種類を使い分けた。

- ・呼び径 20 以下：ガス PE 管用 50- II スクイズオフ工具 (レッキス製)
- ・呼び径 25 以上：配水用 100 油圧クランプ治具 (西尾レンタル)

なお、実験は 24 ～ 28℃の室内で行った。

(3) 実験手順

- ①クランプ治具で、表 1 に示すクランプ治具の締め幅まで管を締め付ける。
- ②管を締め付けた状態で、1 時間保持する。
- ③その後、クランプ治具を取り外して、速やかに補修継手の取付可否を確認する。

3) 実験結果

実験した全ての供試管において、スクイズオフした箇所を調整することなく金属補修継手の取付が可能であることを確認した。確認状況の一部を図 15 ～ 16 に示す。

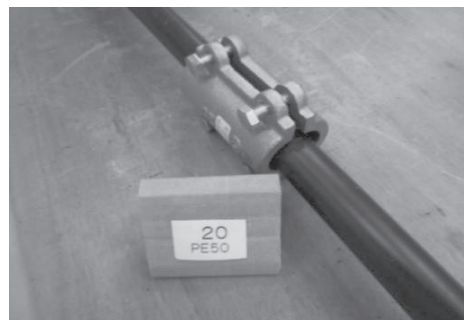


図 15 補修継手の取付確認 (1 種二層管 (PE50) 呼び径 20)



図 16 補修継手の取付確認 (1 種二層管 (PE50) 呼び径 40)

4) 考察

スクイズオフ時の PE 管外径（長径側）が、補修継手の内寸法（付属のボルトを最大限緩めた場合）より大きい場合であっても、クランプ治具を外すと PE 管外径がすぐに元に戻り始めることと、補修継手の中心部寸法が若干大きくなっていることから、取付ができたと考える。

2.5 スクイズオフ後の圧力損失確認

1) 目的

スクイズオフした後の水道給水用 PE 管に対して、圧力損失の変化を確認する。

2) 実験方法

(1) 供試管

1 種二層管（PE50）の呼び径 20 と 40、1 種二層管（PE100）の呼び径 20 と 40 を代表サイズとした。

注）1 種二層管（PE100）は、青色の単層管で行った。

(2) 実験装置

クランプ治具は、呼び径により以下の 2 種類を使い分けた。

- ・呼び径 20：ガス PE 管用 50- II スクイズオフ工具（レッキス製）
- ・呼び径 40：配水用 100 油圧クランプ治具（西尾レンタル）

(3) 実験手順

- ①長さ 1 m の管の中央にスクイズオフした供試品を製作し、各流量における圧力損失を測定する。
- ②スクイズオフしていない長さ 1 m の管の圧力損失を測定する。
- ③スクイズオフした圧力損失から管の圧力損失を引き算し、スクイズオフ部の圧力損失を算定する。

3) 実験結果

4 種類の供試管について、圧力損失の測定結果および参考としてスクイズ部の管内面のへん平状況を表 13 ～ 14 と図 17 ～ 22 に示す。

4) まとめ

一般的な流速 2m/s の圧力損失は、いずれの結果からも圧力損失数値が 0.1kPa 程度と小さいことから、スクイズオフによる圧力損失は無視できる程度と考える。

なお、復元率は PE50 製で約 90%、PE100 製で約 80% であり、PE50 製の方が復元しているが、圧力損失は PE50 製の方が大きくなった。

表 13 圧力損失の測定結果 (1種二層管(PE50))

流速 (m / s)	呼び径 20				呼び径 40			
	流量 (L/min)	差圧 直管① (kPa)	差圧 スクイズ② (kPa)	圧力損失 ② - ① (kPa)	流量 (L/min)	差圧 直管① (kPa)	差圧 スクイズ② (kPa)	圧力損失 ② - ① (kPa)
0.25	4.25	0.18	0.18	0.00	14.4	0.032	0.039	0.007
0.5	8.5	0.42	0.44	0.02	28.9	0.140	0.152	0.012
1	17	1.38	1.42	0.04	57.7	0.527	0.541	0.014
1.5	25.5	2.80	2.92	0.12	86.6	1.131	1.156	0.025
2	34	4.78	4.92	0.14	115.4	1.954	1.985	0.031
2.5	42.5	7.16	7.44	0.28	144.3	2.992	3.067	0.075
3	51	10.18	10.48	0.30	173.1	4.220	4.315	0.095
3.5	59.5	13.48	13.98	0.50	202	5.729	5.774	0.045

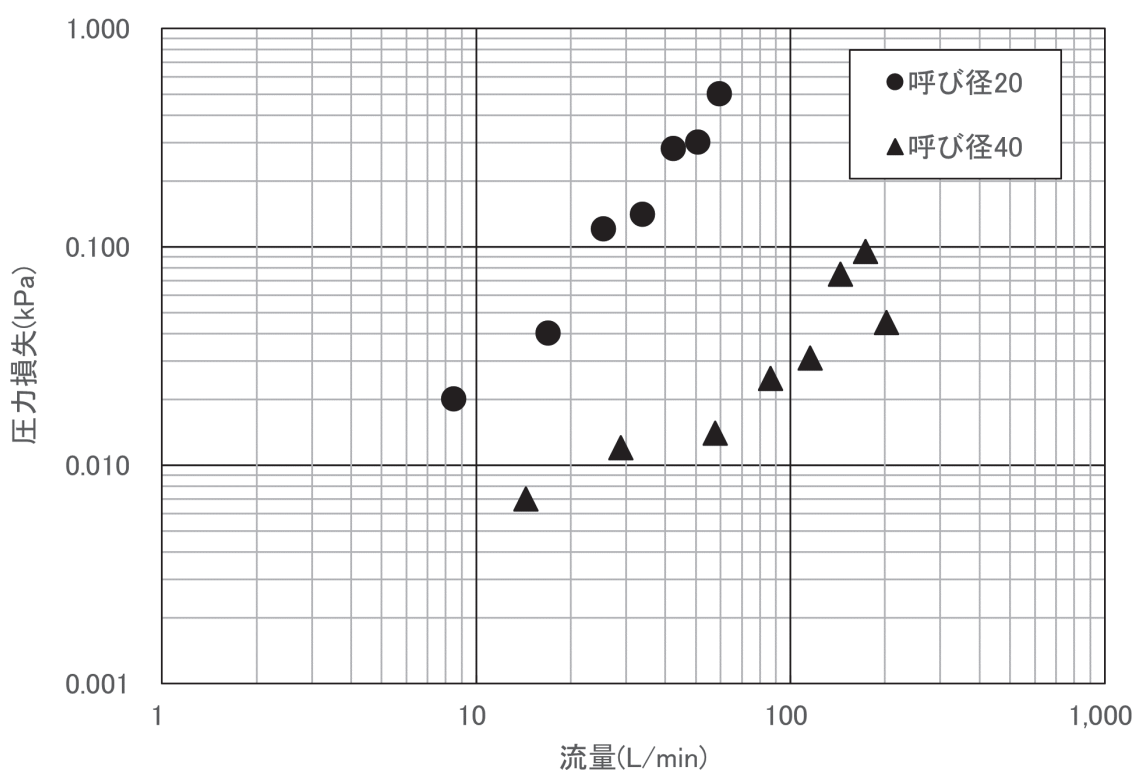


図 17 圧力損失の測定結果 (1種二層管(PE50))

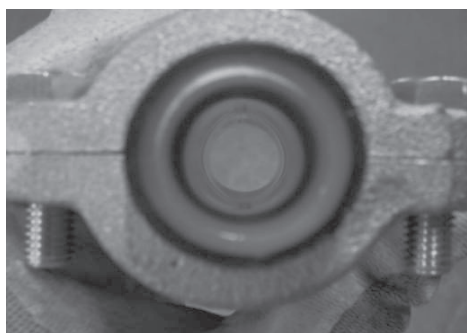


図 18 スクイズ部の管内面写真
(1 種二層管 (PE50) 呼び径 20)

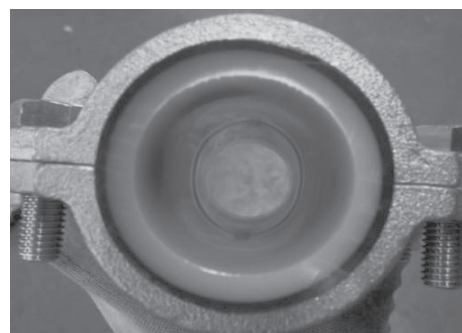


図 19 スクイズ部の管内面写真
(1 種二層管 (PE50) 呼び径 40)

表 14 圧力損失の測定結果 (1種二層管(PE50))

流速 (m / s)	呼び径 20				呼び径 40			
	流量 (L/min)	差圧 直管① (kPa)	差圧 スクイズ② (kPa)	圧力損失 ② - ① (kPa)	流量 (L/min)	差圧 直管① (kPa)	差圧 スクイズ② (kPa)	圧力損失 ② - ① (kPa)
0.25	4.25	0.14	0.16	0.02	14.4	0.037	0.038	0.001
0.5	8.5	0.42	0.42	0.00	28.9	0.154	0.149	-0.005
1	17	1.34	1.42	0.08	57.7	0.542	0.540	-0.002
1.5	25.5	2.74	2.88	0.14	86.6	1.160	1.166	0.006
2	34	4.72	4.90	0.18	115.4	2.003	2.014	0.011
2.5	42.5	7.24	7.46	0.22	144.3	3.070	3.080	0.010
3	51	10.14	10.42	0.28	173.1	4.392	4.394	0.002
3.5	59.5	13.58	14.12	0.54	202	5.861	5.885	0.024

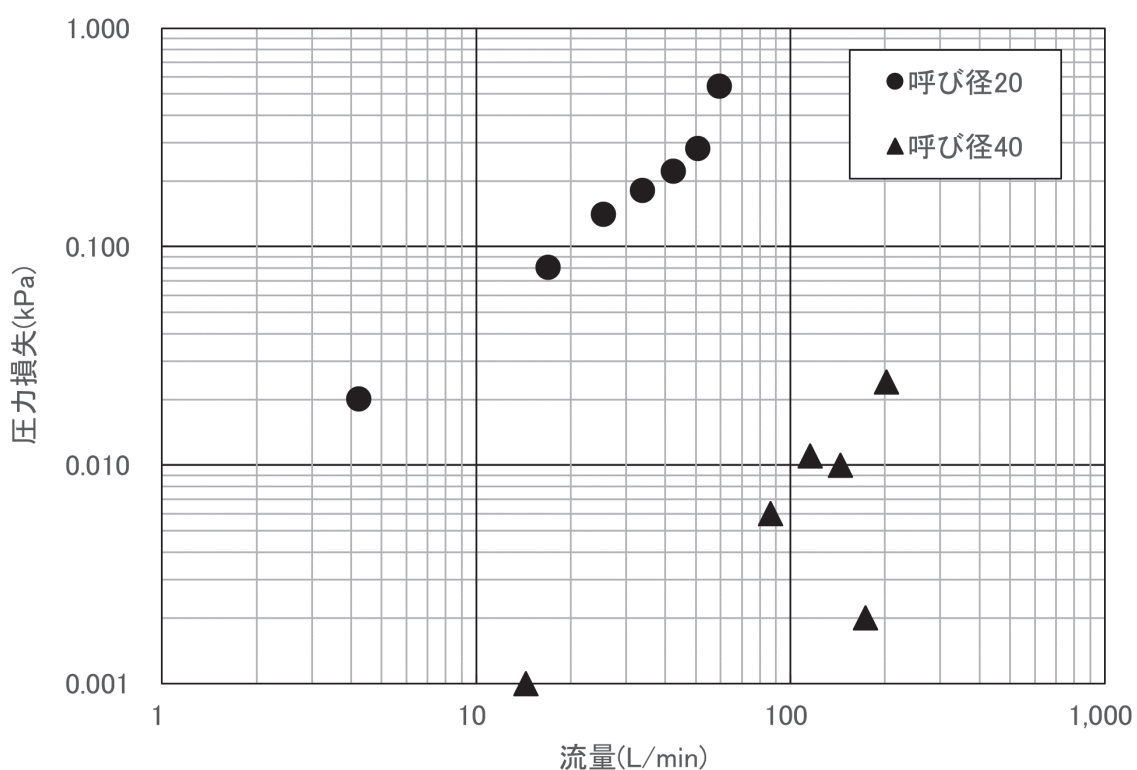


図 20 圧力損失の測定結果 (1 種二層管 (PE100))



図 21 スクイズ部の管内面写真
(青色単層管(PE100) 呼び径20)

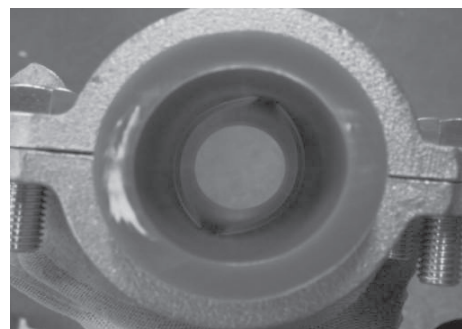


図 22 スクイズ部の管内面写真
(青色単層管(PE100) 呼び径 40)

2.6 スクイズオフ部の断面観察

前項目 2.5 にてスクイズオフした供試管を使用して、最も変形しダメージを受ける側面（内側表面）、及び断面の写真を図 23 ～ 30 に示す。

今回のスクイズ部からは、管内面にき裂は確認されなかった。

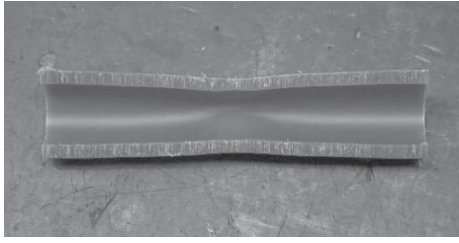


図 23 スクイズ部の内面 全体と拡大（1 種二層管 (PE50) 呼び径 20)

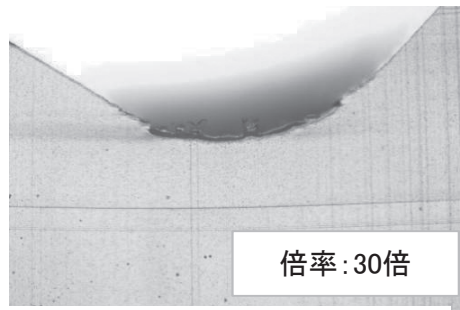


図 24 スクイズ部の断面 全体と拡大（1 種二層管 (PE50) 呼び径 20)

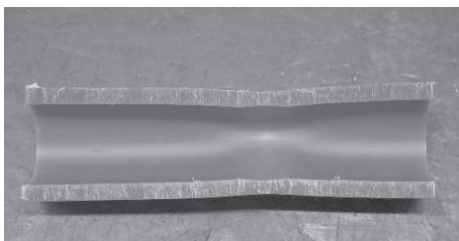


図 25 スクイズ部の内面 全体と拡大（1 種二層管 (PE50) 呼び径 40)

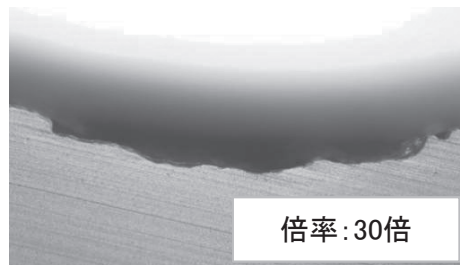


図 26 スクイズ部の断面 全体と拡大（1 種二層管 (PE50) 呼び径 40)

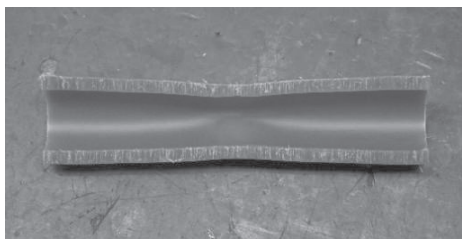


図 27 スクイズ部の内面 全体と拡大 (青色単層管(PE100) 呼び径20)

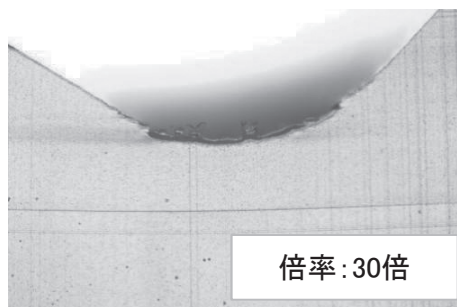


図 28 スクイズ部の断面 全体と拡大 (青色単層管(PE100) 呼び径 20)

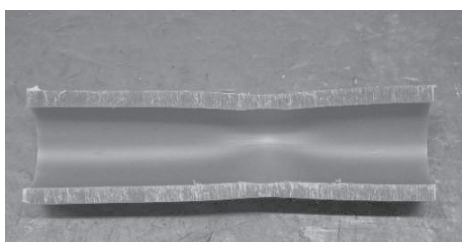


図 29 スクイズ部の内面 全体と拡大 (青色単層管(PE100) 呼び径40)

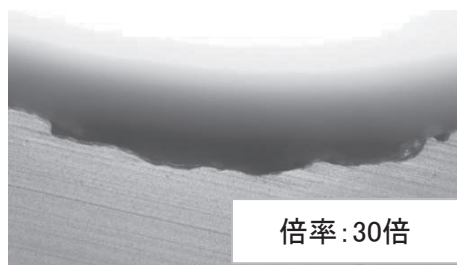


図 30 スクイズ部の断面 全体と拡大 (青色単層管(PE100) 呼び径40)

2.7 スクイズオフ工法の推奨基準

止水性能実験及び内圧クリープ評価の結果より、スクイズオフ工法の推奨基準をまとめると以下の様になる。

- ①スクイズ幅限界：1 種二層管（PE50）は管の厚さ× 1.4（潰し率 30%）、
1 種二層管（PE100）は管厚× 1.3（潰し率 35%）、
3 種二層管は管の厚さ× 1.6（潰し率 20%）

- ②クランプ治具：ガス PE 管用 50- II スクイズオフ工具（レッキス製）※スクイズバー形状：R19
配水用スクイズ 100 油圧クランプ治具（西尾レンタル）※スクイズバー形状：R25

※上記工具に付属のストッパーは使用せず、表 1 の締め幅となるよう調整して使用。

- ③スクイズ部の補修継手による補強

- ④スクイズ幅限界手前での実施検討

要求する止水性能によるが、少量の漏れが許容できるのであれば、スクイズ幅限界の手前（例えば、1 種二層管（PE50）は厚さ× 1.6 レベル、1 種二層管（PE100）は管厚× 1.5 レベル、3 種二層管は厚さ× 1.8 レベル）で、留めることにより、管へのダメージを少しでも軽減させることができると考えられるため、実施前にスクイズ幅の検討をすることを推奨する。

3. 水圧試験

3.1 水圧試験

本試験は漏水の有無を調べるために行います。

当協会では、以下に記載した水圧試験方法及び基準を推奨している。

また、水圧試験による水圧低下の検証実験結果についても記載する。

注意 常用圧力以上の水圧試験時は、特に管体温度（40℃以下）と試験時間（1 分間以下）に注意すること。

注意 特に露出配管の場合、太陽熱により水道用 PE 二層管が加熱されているので、通水試験前に通水を行って水道用 PE 二層管を十分冷却し、40℃以下になっていることを確認してから、通水試験を実施すること。

水道用 PE 二層管の水圧試験推奨基準

1) 水圧試験方法

管路に水圧を負荷し、一定時間予圧（管膨張による圧力低下を補うように加圧する）した後に管路を密閉し、一定時間後の圧力を計測し、管の膨張による影響か漏水かを判定する。

2) 水圧試験判定基準

水圧試験条件、及び判定基準は、表 15 による。

表 15 水圧試験条件及び判定基準

項目		推奨基準値	備考
水圧試験条件	水圧値	0.75MPa	管路端部のバルブシール性能を考慮し、水圧値を 0.75MPa とした。
	予備加圧時間	3 分間以上	
	保持時間	10 分間	管路密封状態で保持する時間
判定基準	圧力	0.6MPa 以上	圧力低下率 20%以内
	目視確認	漏れのないこと	

注）予備加圧は可能な限り、一定に保つこと。

3) 水圧試験標準（手順）

- ① 通水は、給水栓などを開いて、管内の空気や泥水を除去しながら行う。加圧前に、管の温度が試験水圧に耐えられる水準であることを確認する。管が熱くなっている場合は、通水を続けて水道用 PE 二層管を冷却（40℃以下）してから、通水試験を実施する。

注意 露出配管で太陽による管が加熱されている場合、そのまま水圧をかけると、規定水圧以下でも管が破裂する場合がある。

- ② 通水は原則として管路の低い方から注意して行うこと。また、通水の際は、管内残留空気によるエアハンマーを防止のために、仕切弁、止水栓、或いは分水栓を徐々に開放する。

全ての給水栓を開き、大きな流速（1 m / s 以上）で管内空気を排除する。ついで、空気が出なくなった栓から順次閉鎖する。

- ③ 満水になったら試験区間の一方の弁または栓を閉じ、他端の弁又は栓より 0.75MPa を負荷し、少なくとも 3 分間保持する。なお、圧力の確認は取り付けた水圧計によって行う。

注意 常用圧力以上の水圧で試験するときは、給水栓などに試験用ポンプを取り付けて加圧する。この

とき、ポンプの調整弁を開いた状態でポンプを起動させる。調整弁で閉まっていると配管系は、完全密閉になってしまうので、この状態でポンプの電源を入れると瞬時に昇圧され、水道用 PE 二層管の破壊圧力を超え、管が破損することがある。

注意 水道用 PE 二層管は、柔軟性に富んでいる長所をもつ反面、高い水圧がかかると膨張する性質がある。そのため、通水試験において水漏れが無いにもかかわらず圧力が低下することがある。圧力低下の程度は、樹脂の種類、環境温度、管の口径、配管長さ、埋設配管または露出配管により異なる。圧力は初期段階で速やかに低下するが、その後は徐々に安定する。

- ④ 次に、試験区間に 0.75MPa の圧力を与えている弁または栓を閉じる。10 分間経過後、保持圧力を水圧計より読みとり、0.6MPa 以上の場合で、かつ目視確認により漏水がない場合、合格と判定する。

注意 試験水圧は 0.75MPa を超えると、バルブのシール部に影響があるので避けること。

注意 水圧試験は、漏水検知におけるあくまでも一つの目安であるため、同時に継手部分の目視 確認を行い、漏水の有無を総合判断する。

3.2 背景

水道用 PE 二層管は、軽量で、可撓性・耐震性・耐寒性・耐衝撃性に優れているなどの特長を有し、水道用給配水管として広く使用されている。

しかし、その柔軟性ゆえに、水圧試験の際に、管の膨張による圧力低下が認められ、漏水判断に戸惑うケースがあり、当協会への問い合わせも多く寄せられていた。

そこで、平成 13 年に給水人口の多い水道事業体を対象に水圧試験条件の実態を調査した結果、以下のことが判明した。

- (1) 給水装置の試験水圧は、0.75MPa、1MPa、1.75MPa の 3 水準に大別される（図 31）
- (2) 水圧試験時間は 9 割超が 10 分間以下である（図 32）

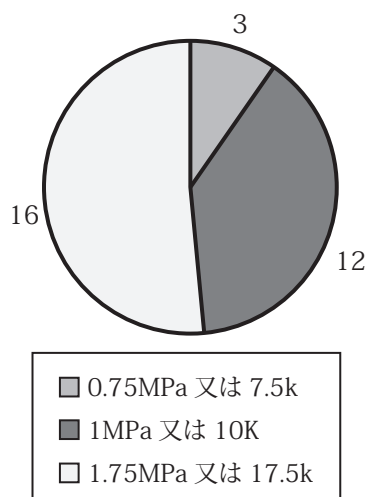


図31 給水装置の試験水圧

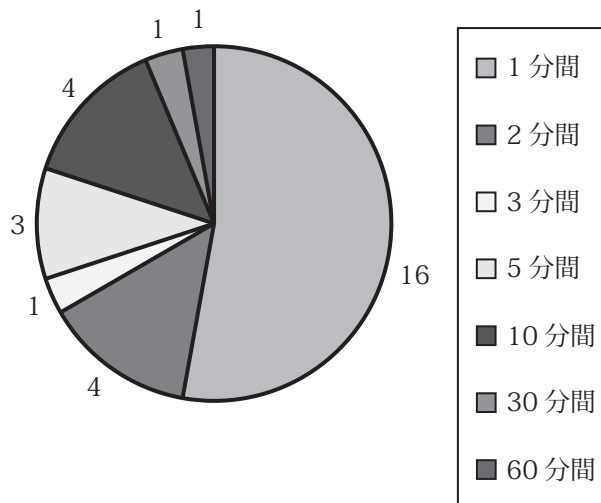


図32 給水装置の水圧試験時間

聞き取り調査先（31 事業体）：

札幌市、帯広市、釧路市、

青森市、八戸圏域水道企業団、弘前市、秋田市、盛岡市、仙台市、山形市、福島市

宇都宮市、前橋市、三鷹市、甲府市、長野市、静岡市

福井市、名古屋市、大阪市、神戸市、和歌山市、岡山市、下関市、鳥取市、徳島市

福岡市、大分市、佐賀市、鹿児島市、那覇市

このように給水装置の水圧試験は様々な条件で実施されているのが現状であり、0.75MPa を超える水圧での試験において、数件ではあるが事故が発生している。

そこで、当協会として、安全で、簡便、且つ確実な水圧試験の判定基準を設定すべく、実験を行い、推奨基準を確立した。

3.3 水圧低下検証実験

1) 実験目的

漏水による水圧低下と管の膨張による水圧低下の関係を検証し、以下の3項目を含む推奨水圧試験方法を決定する。

- (1) 漏れの具体的な判定基準
- (2) 圧力保持時間

2) 実験方法

- (1) 管の種類：1 種二層管（PE50）呼び径 25 及び 50、1 種二層管（PE100）呼び径 25 及び 40、3 種二層管（PE100）公称外径 32 及び 40 の 6 種類
- (2) 管路長：5m
- (3) 予備加圧方法：一定時間（3 分間）試験水圧保持、及び試験水圧 1.5 倍昇圧
- (4) 試験水圧（初期水圧）：0.75MPa
- (5) 漏水想定操作方法：管路端のコック調節にて、予備加圧力を一定に保持し漏水量を設定。
なお、試験開始後は漏水量を調整しない。
- (6) 水圧試験回数：各水準 1 回

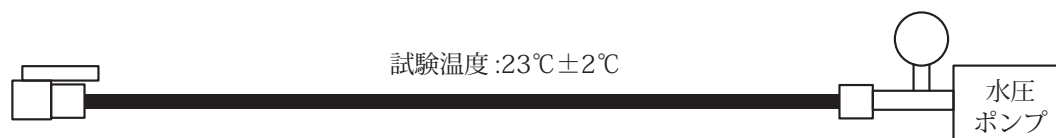


図33 実験配管の概要

3) 実験結果（漏水有無での水圧低下傾向、予備加圧は初期水圧 3 分）

漏水なしと微量漏水での水圧低下傾向を図 34 ～図 39 に示す。

1 種二層管（PE50）呼び径 25 及び 50、1 種二層管（PE100）呼び径 25 及び 40、3 種二層管（PE100）公称外径 32 及び 40 の 6 種類について、漏水なし、漏水量 2 滴 / 分及び 5 滴 / 分の 3 水準で評価した。

極めて微量の漏水条件とすることで、検査精度（漏水検出レベル）を検証できる。

この水準以上では、急速に水圧が低下するため、容易に漏水と判定できる。

漏水無しの測定結果は、どの条件でも、時間軸を対数とした近似直線上にプロットできた。

各条件の 10 分後の水圧低下率は、9 ～ 14% の範囲であった。

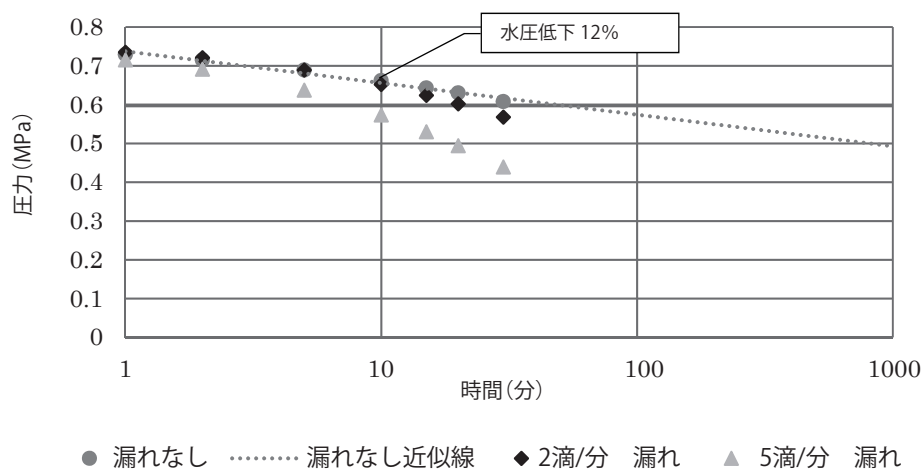


図 34 1 種二層管(PE50) 呼び径 25

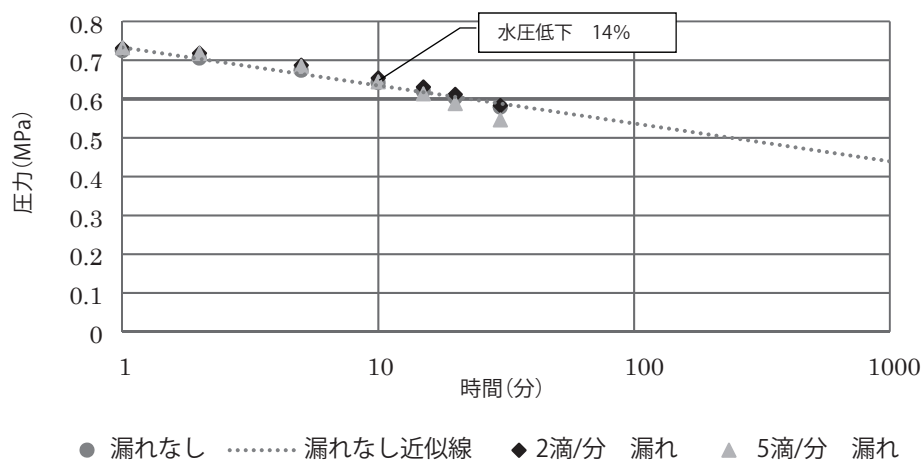


図 35 1 種二層管(PE50) 呼び径 50

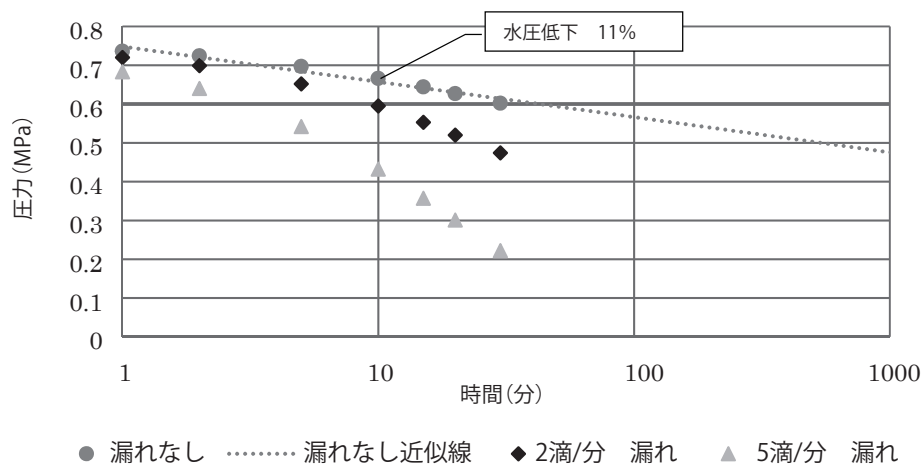


図 36 1 種二層管(PE100) 呼び径 25

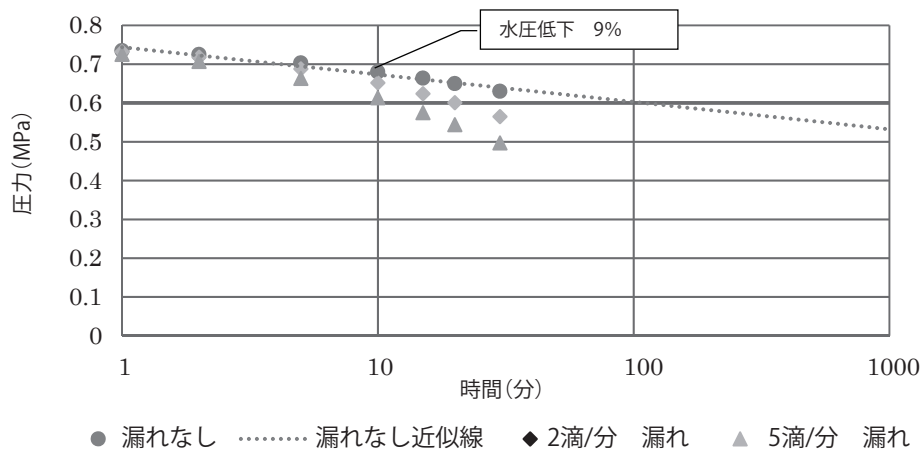


図 37 1 種二層管(PE100) 呼び径 40

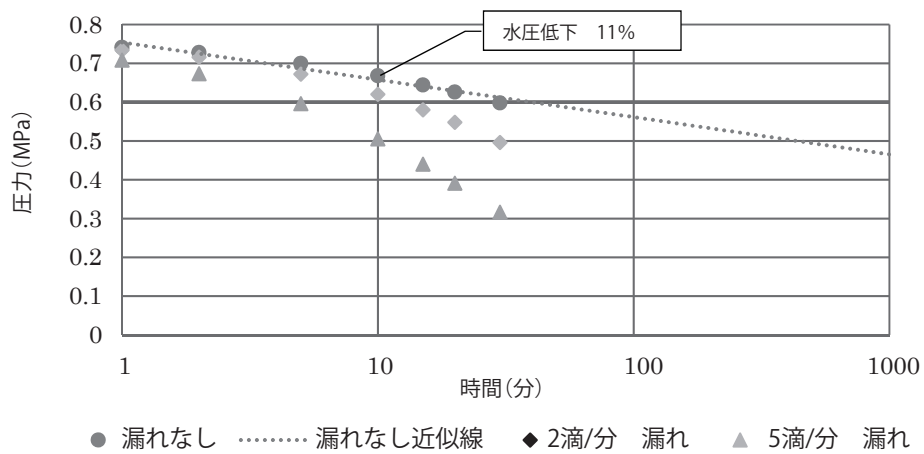


図 38 3 種二層管(PE100) 公称外径 32

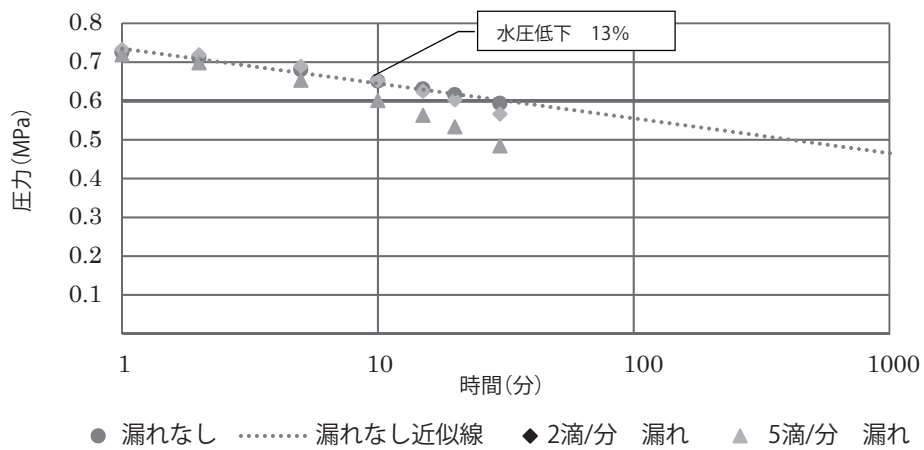


図 39 3 種二層管(PE100) 公称外径 40

4) 結論

- (1) 漏水無しでは、10 分後の水圧低下率が 14% 以下であり、片対数プロットで直線近似が可能であった。
- (2) 管種や管径によっては、微量の漏水があっても、10 分後の水圧低下率は漏水無しとほぼ変わらない事があった。

これらの結果から、水圧低下率の判定基準値として 20% の妥当性と、目視による漏水の確認が必要であることが確認された。

4. 水道用 PE 二層管の非開削工法の紹介

市中に埋設されている水道用鉛管の布設替えが、水道事業体で計画的に行われているが、埋設されている鉛管を掘り起こ（開削）し、新しい水道管に更新する作業には、道路の遮断、道路面の開削土木工事、配管工事等が行われるため、工期及び費用もかさみ、容易に更新布設ができない状況である。

このような従来の道路面を建設機械で掘削して水道管を更新する工法（開削工法）とは異なり、道路面を開削しないで、鉛管を更新する技術が普及してきている。その工法は、非開削工法と呼ばれ、鉛管に代わり更新する水道管として水道用 PE 二層管を布設替えることで、次の利点が考えられる。

- コスト削減：工期を短縮でき、少人数で鉛管の布設替えができる。
- 工期の短縮：道路面を開削しないで鉛管更新ができる。
- 作業人員の削減：少ない掘削作業で、機械による鉛管更新ができる。
- 道路規制の最小限化：道路面を開削しないので、地元住民への通行障害を軽減できる。

水道用 PE 二層管を更新管とする非開削工法は、一般的に次の作業工程により行われる。

- ① 調査・準備工程：鉛管及び他の埋設物の状況を調査し、布設替え準備を行う。
- ② 掘削工程：道路側と宅地側の鉛管の両端箇所に掘削面（約 1㎡）の掘削を行う。
- ③ 通線工程：鉛管の内面に通線し、鉛管を引き抜くためのワイヤ、ケーブル等を挿入する。
- ④ 更新管取付工程：引き抜き用ワイヤー等の後端部に水道用 PE 二層管を接続する。
- ⑤ 引き抜き工程：更新管の反対側からウインチ等の機械を使用し、機械的に鉛管を引き抜く。
- ⑥ 布設替え工程：鉛管が引き抜かれながら、同時に後方の水道用 PE 二層管が引き入れられる。
- ⑦ 更新管接続・復旧工程：更新管を既設配管に接続し、復旧作業を完了させる。

非開削工法では、鉛管を引き抜く方法に特徴があり、次の工法等により行われている。

- A) 円錐コーンの工法：通線工程で、鉛管内にケーブルを通し、ケーブル上に同一間隔に固定した円錐コーンを用いる工法で、油圧ウインチでケーブルが引っ張られると円錐コーンが鉛管内面に対して抵抗力（鉛管内壁面をつかまえる力）を示し、鉛管が容易に引き抜かれる。
- B) 充填材硬化の工法：通線工程で、鉛管内に引き抜き補助ワイヤーを挿入した後に、充填剤を鉛管内に圧入し、硬化させた後、引き抜き装置でワイヤーを引き抜くと鉛管が容易に引き抜かれる。

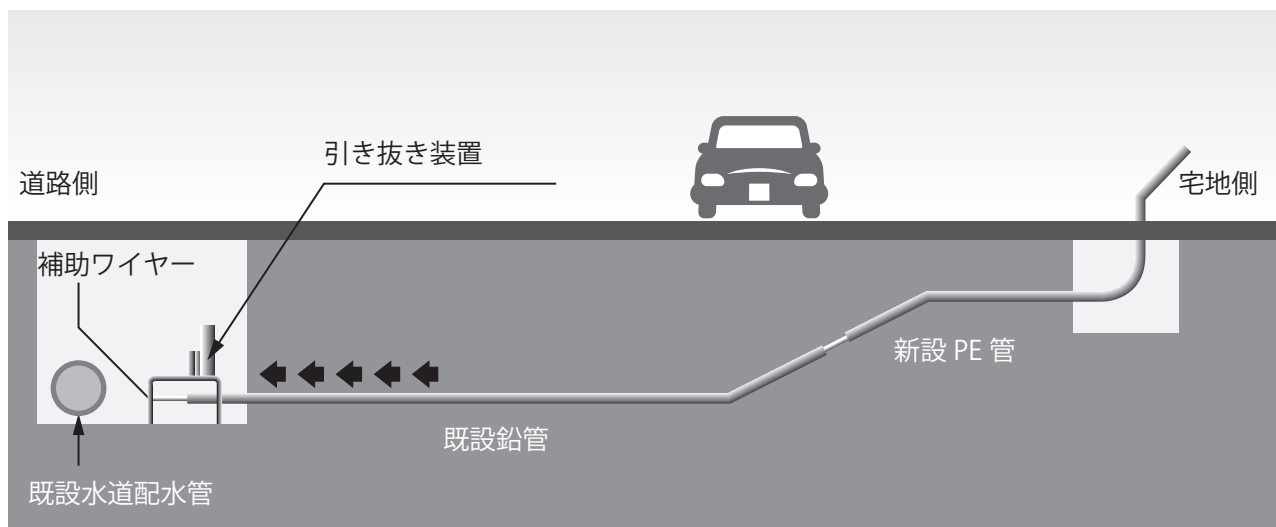
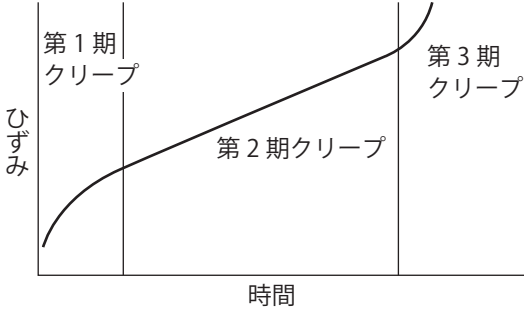


図 40 非開削工法のイメージ

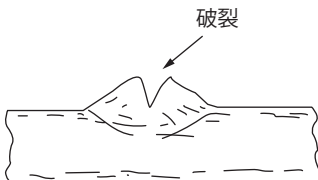
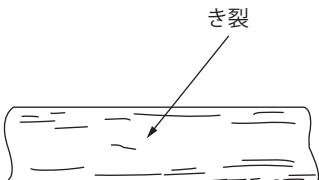
5. 用語

水道用 PE 二層管を理解するために必要な用語を表 16 に示す。(詳しくは JIS K 6900 プラスチック用語を参照)

表 16 用語のその意味

用 語	意 味
1. 受渡検査 batch release test	形式検査に合格した材料及び管と同一設備で製造した材料及び管を受け渡すときに、必要と認められる要求性能を満足していることを確認するための検査。
2. 応 力 stress	物体に変形を与え、又は与えようとする傾向のある物体内に働く力をいい、一般に MPa の単位で示す。
3. 外径厚さ比 (SDR) standard dimension ratio	管の基準外径を最小寸法厚さで除した値。
4. 形式検査 type testing	材料及び管がこの規格で規定している全ての要求性能を満足していることを確認する検査。
5. 下方信頼限界値 σ_{LPL} lower confidence limit of the predicted hydrostatic strength	20℃の水中において 50 年後に予測される長期静水圧強度の 97.5% 下方信頼限界の値。単位は MPa で表す。
6. 環境応力き裂 environmental stress cracking	環境によって促進される応力き裂のことで、ストレスクラッキングともいい、特に溶剤によって起こる場合は溶剤き裂という。
7. 基準外径 basic outside diameter	外径の基準寸法。
8. 基準厚さ basic wall thickness	厚さの基準寸法。
9. クリープ creep	材料に応力が加わった時に生ずるひずみのうち、時間依存性の部分をいう。クリープの初期で、ひずみ速度が変化している遷移領域を第 1 期クリープ、ひずみ速度一定の定常領域を第 2 期クリープという。一定時間（例えば 1000 時間）にクリープ破断を生ずる応力をクリープ破壊強さといい、一定時間に一定のクリープ（例えば 10000 時間に 0.1% のひずみ）を生ずる応力をクリープ限度という。クリープ試験において荷重を除いた後における変形率の減少をクリープ回復といい、これは試験片に加わっていた荷重を取り除き、任意の時間が経過した後のひずみを、荷重を除く直前のひずみから差し引いたものである。 

用 語	意 味
10. 公称外径 nominal outside diameter	外径を基準とした呼称。
11. コンパウンド compound	ベースポリマーと、この規格の要求事項に適合する管の製造及びその使用に必要な酸化防止剤、安定剤などの添加剤との均一な混練物。
12. 最小寸法厚さ minimum wall thickness	厚さの最小値。
13. 最小要求強度(MRS) Minimum required strength	σ_{LPL} に基づき、ISO 12162 に規定する分類表による下方信頼限界に対応した値。 単位は、MPa で表わす。
14. 使用圧力 (MOP) maximum operating pressure	通常の使用状態における水の最高圧力。
15. 浸出性能試験 effect to water quality	1997 年の“水道法に基づく給水装置の構造及び材質の基準”の改正に基づき、JIS S 3200-7 [水道用器具－浸出性能試験方法] が制定された。一般に飲料水と接触する部分の材料別に規定されている分析項目の試験である。
16. 塑性 plasticity	塑性とは弾性の逆の性質で、外力によって生じた変形が、応力を取り除いても原形にもどらない性質をいう。
17. 塑性変形 plastic deformation	固体物質に力を加え変形させた後応力を取り除いても原形にもどらないことをいう。
18. 耐環境応力き裂性 environmental stress cracking resistance	環境によって促進される応力き裂に対する性能をいう (ESCR)。水道用 PE 管は施工後の安全性確保のため、ポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル (界面活性剤の一種) 質量分率 10% 水溶液を用いて 50% のき裂発生時間が 240 時間以上と規定して、環境応力き裂試験を行っている。
19. だ円度 out-of-roundness	管の任意断面における外径の最大値と最小値の差。 全周を測定して求める。
20. 弾性変形 elastic deformation	物体に応力を加えたときに起こる全変形のうち、応力を取り除くと、直ちに復元する変形をいう。
21. 着色コンパウンド colored compound	コンパウンドとカーボンブラック又は顔料との均一な混練物。
22. 軟化点 softening point	プラスチックに一定荷重を加え、規定の昇温速度で加熱するとき変形し始める温度をいう。
23. 二層管 double wall pipes	外側がカーボンブラックを配合したポリエチレン層 (以下、外層という)、内側がカーボンブラックを配合しないポリエチレン層 (以下、内層という) によって構成されている管。ただし、内、外層に用いる原料樹脂の MRS は同一でなければならない。
24. ノッチ効果 notch effect	穴、みぞなどがある材料に応力を加えると、その集中効果によって強さが低下する効果をいい、切り欠き効果ともいう。

用 語	意 味
25. 破壊 breaking	水道用 P E 管は一定温度のもとで、一定内圧を長時間加えると、温度又は圧力によって下図のような二通りの破壊現象を示す。かなり高温か、又は高圧の時は、短時間のうちに管全体が大きくふくらんだ後に局部的に破壊する。これを延性破壊（破裂破壊）という。比較的低温又は低圧の時は、ほとんど膨張することなく、長時間経過した後に、小さくき裂を生じる。これをぜい性破壊（き裂破壊）という。  破裂 延性破壊 (破裂破壊)  き裂 ぜい性破壊 (き裂破壊)
26. 比 重 specific gravity	ある物質の質量と、それと同体積の標準物質の質量との比、固体、液体の場合は標準物質として 4℃の水を用い、気体の場合は標準状態（0℃の 1 気圧）の空気又は酸素、水素を用いる。
27. ひずみ strain	応力により物体内に生ずる変形をいい、特に内部応力に起因するものを内部ひずみという。
28. 復 元 性 recovery	あと加工した部分を再び加熱すると、最初に成形された管や継手の元に戻る鎖状構造の熱可塑性プラスチックの特性をいう。網状構造の熱硬化性プラスチック（フェノール樹脂・ユリヤ樹脂など）には、この特性はない。
29. プラスチック plastics	高分子物質（合成樹脂が大部分である）を主原料として人工的に、有用な形状に形づけられた固体である。ただし、繊維・ゴム・塗料・接着剤などは除外される。
30. 平均外径 mean outside diameter	管の任意断面における直交する 2 方向の外径の平均値。
31. ポリエチレン管 polyethylene pipe	ポリエチレン樹脂を主原料とし、押出成形で作られた管をいう。PE 管は、用途的には水道用、一般用、高圧用などがあり、種類としては 1 種、2 種などがある。
32. ポリエチレン樹脂 polyethylene resin	エチレンを主体とする重合体で、密度によって低密度ポリエチレンと高密度ポリエチレンに大別される。しかし、これらの境界は明確ではなく、中間密度のポリエチレン又は低密度ポリエチレンと高密度ポリエチレンのポリブレンドもある。一般的に P E と略称する。 分子式は $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$
33. マスターバッチコンパウンド masterbatch compound	コンパウンドに、カーボンブラック又は顔料を高濃度に含有させ、その他の添加剤を適量含有した均一な混練物。
34. 密 度 density	物質の単位体積当りの質量。単位は g/cm^3 などの単位を付けて表わす。
35. 呼び径 nominal size	内径を基準とした呼称。

用 語	意 味
36. 劣 化 degradation deterioration	製品が熱や光によって、その化学的構造に有害な変化を起こすこと及び特に物理的性質に永久変化が起って性質が低下することをいう。老化ともいう。

6. 水道用 PE 二層管の布設歩掛表

表 17

呼び径	公称 外径	据付工		継手工				
		共通（10 m 当り）		金属継手（1 口当り）		EF継手（1箇所当り）		
		配管工 （人）	普通作業員 （人）	配管工 （人）	普通作業員 （人）	配管工 （人）	普通作業員 （人）	機械器具損料 及び消耗品
13	—	0.06	0.10	0.01	0.01			労務費の 8.5%
20	25	0.07	0.12	0.02	0.02	0.03	0.03	
25	32	0.07	0.12	0.02	0.02	0.03	0.03	
30	40	0.08	0.14	0.03	0.03	0.03	0.03	
40	50	0.08	0.14	0.03	0.03	0.04	0.04	
50	63	0.10	0.18	0.04	0.04	0.04	0.04	

備考 1. 据付工および継手工（金属継手）は、令和元年改訂版“水道事業実務必携”第2部国庫補助事業歩掛表の82頁第6節“ポリエチレン管布設工”2-6-1 ポリエチレン管布設歩掛表（発行 全国簡易水道協議会）による。

2. 継手工（EF 継手）は、協会歩掛とする。
3. 歩掛は、20m 程度の現場内小運搬も含む。

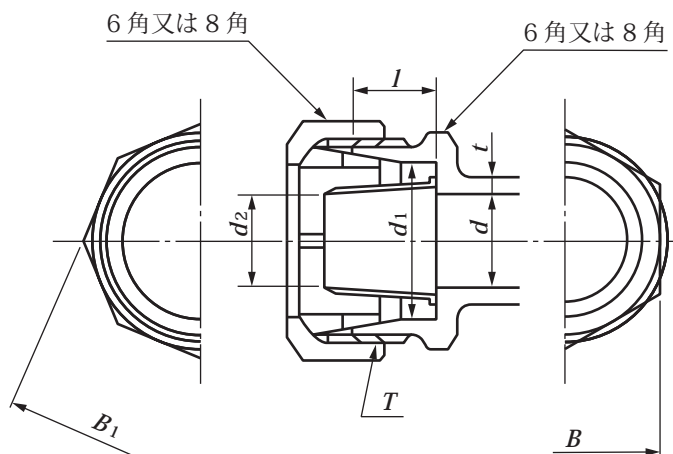
7. 水道用 PE 二層管金属継手について

水道用 PE 二層管金属継手は、日本水道協会規格の JWWA B 116:2012 で規定されているので、その規格から一部抜粋し、以下に示す。なお、詳細は、JWWA B 116:2012 を確認すること。

1) 継手接合部の構造、名称及び材料

(1) 継手接合部の構造：表 18 に示す

表 18 継手接合部の構造



注記 この図は、説明図であって、設計上の構造を規制するものではない。

単位 mm

呼び径	$d^a)$		d_1		$d_2^b)$		l		t		B	B_1	$T^c)$ (参考)
	寸法	許容差	寸法	許容差	寸法	許容差	寸法	許容差	寸法	許容差			
13	13	+ 3 - 2	23.7	± 0.15	11.9	+ 規定せず - 0.5	14.0	± 0.2	2.5	+ 規定せず - 0.5	28	35	M31 $\times$ 2
20	20		29.3		16.4		15.5		3.0		35	42	M38 $\times$ 2
25	25		36.6		21.3		17.5		3.0		42	49	M45 $\times$ 2
30	30		45.0		28.0		20.0		3.5		53	60	M56 $\times$ 2
40	40		51.5		32.0		24.0		4.0		60	68	M63 $\times$ 2
50	50		64.5		41.0		30.0		4.5		74	82	M77 $\times$ 2

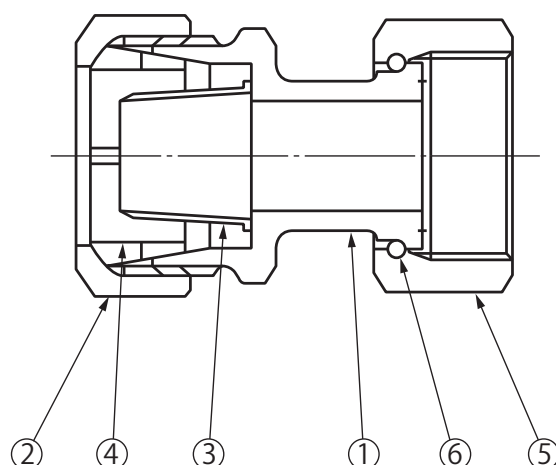
注 ^{a)} d 寸法は、表 19 には適用しない。また、 d 寸法のインコア挿入側内面には、インコア脱落防止のため、突起を設けてもよい。

^{b)} d_2 寸法は、インコア内径の最小箇所の寸法を示す。

^{c)} T のねじは、JIS B 0207:1982 の 5.1 (基準山形) 及び 5.2 (公式) による。

(2) 部品名称及び材料：表 19 に示す

表 19 部品名称及び材料



注記 この図は、部品名称の説明図であって、設計上の構造を規制するものではない。

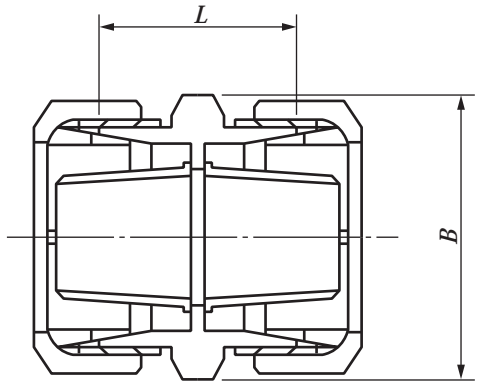
部品番号	部品名称	材料
1	胴	a) JIS H 5120 の CAC406, CAC411, CAC900 系又は CAC910 系
2	ナット	b) JIS H 5121 の CAC406 C, CAC411C, CAC900C 系又は CAC911C c) 附属書 C の鉛レス青銅鋳物
3	インコア	a) JIS G 4305 の SUS304 b) JIS H 5120 の CAC406, CAC411, CAC900 系又は CAC910 系 c) JIS H 5121 の CAC406C, CAC411C, CAC900C 系又は CAC911C d) JIS H 3250 の C3531 ^{a)} 又は C6800 系 ^{a)} e) 附属書 C の鉛レス青銅鋳物
4	リング	POM（ポリオキシメチレン）などの合成樹脂で、耐水・耐食・耐老化性に優れ、水質に悪影響を及ぼさないもの。
5	直結ナット	a) JIS H 5120 の CAC406, CAC411, CAC900 系又は CAC910 系 b) JIS H 5121 の CAC406C, CAC411C, CAC900C 系又は CAC911C c) 附属書 C の鉛レス青銅鋳物
6	止め輪	JIS H 3270 の C5191W
銅合金材料について、表面の鉛を除去するための処理を施してもよいが、処理に使用した用液の成分は残留してはならない。 注記 1 CAC900 系とは、ビスマス青銅鋳物をいい、CAC902, CAC904 又は CAC905 とする。 注記 2 CAC910 系とは、ビスマスセレン青銅鋳物をいい、CAC911 又は CAC912 とする。 注記 3 CAC900C 系とは、ビスマス青銅連鋳物をいい、CAC902C, CAC903C, CAC904C 又は CAC905C とする。 注記 4 C6800 系とは、ビスマス系鉛レス・カドミウムレス快削黄銅をいい、C6803 とする。 注^{a)} 耐脱亜鉛腐食性は、JIS H 3250 の附属書 B によって試験を行ったとき、1 種（最大侵食深さが、70μm 以下）とする。		

2) 代表継手の種類及び寸法

次に示す 3 種類以外の継手は、JWWA B 116:2012 を参照すること。

(1) ソケット：表 20 に示す

表 20 ソケット

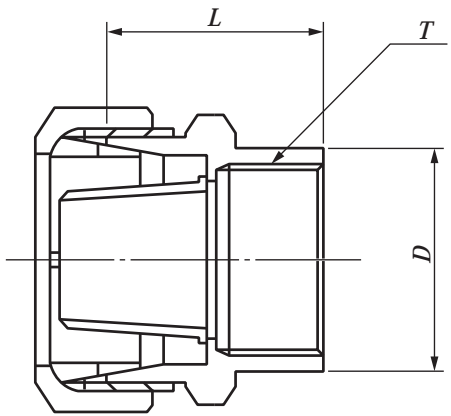


単位：mm

呼び径	<i>L</i>		二面幅 <i>B</i>
	寸法	許容差	
13	31	±3	33
20	33		40
25	38		47
30	44		58
40	52		65
50	64		79

(2) 鋼管用めねじ付ソケット：表 21 に示す

表 21 鋼管用めねじ付ソケット



単位：mm

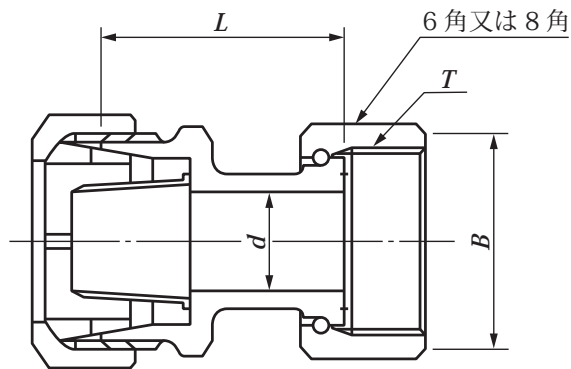
呼び径	<i>L</i>		<i>T</i> ^{a)}	<i>D</i>
	寸法	許容差		
13	29	±3	Rc1/2	26
20	32		Rc3/4	31
25	37		Rc1	38
30	42		Rc1¼	47
40	46		Rc1½	54
50	56		Rc2	66

注^{a)} *T*のねじは、JIS B 0203 のテーパめねじによる。

(3) メーター用ソケット：表 22 に示す

表 22 メーター用ソケット

単位：mm



呼び径	L		$T^a)$	d		二面幅 B
	寸法	許容差		寸法	許容差	
13	38	± 2	G3/4	13	$+3$ -2	31
20	43		G1	18		38
25	48		G1 1/4	25		47
30	50	± 5	G1 1/2	30		54
40	65		G2	38		66
50	77		G2 1/2	48		83

注^{a)} T のねじは、JIS B 0202:1999の平行めねじによる。ただし、許容差は、JIS B 0202:1999の附属書付表2のB級とする。

3) 耐震性能強化型金属継手

近年の大地震被害調査報告に給水装置の被害、給水管・継手の被害が指摘され、また事業体の要望もあり、日本水道協会規格 JWWA B116 の性能に耐震性能を付加した金属継手の開発が進められ、給水システム協会にて金属継手の団体規格（WSA 規格）を制定している。

また、事業体の要望を受け、JWWA 規格の構造以外に「コア一体型」「ワンタッチ型」継手についても同様に規格を制定している。

(1) 付加した耐震性能

①高速引張性能

継手接合部を除いた管露出長さが 450mm 以上となる管の両端に継手を接合し、管露出長さに対し 20% / 秒の速度で引張り、管に 20% 以上のひずみ（引張量）を発生させる。その後、1.75MPa の水圧を 1 分間保持し、漏れがないことを確認する。

②離脱防止性能

長さ 300mm 以上の管の両端に継手を接合し、25mm / 分の速度で管が降伏するまで引張り、管の抜け出しがないことを確認する。その後管が破壊するまで水圧を加え、接合部からの漏れがないことを確認する。

③圧縮性能

継手接合部を除いた管露出長さが 150mm 以上の管の両端に継手を接合し、25mm / 分の速度で圧縮し管露出長さの 20% 以上の圧縮ひずみを発生させる。その後、1.75MPa の水圧を 1 分間保持し、漏れが無いことを確認する。

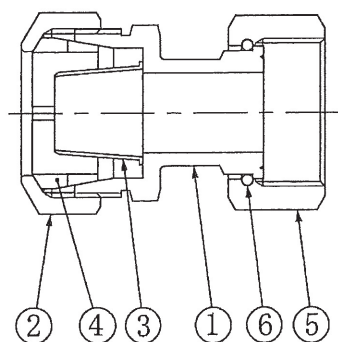
④伸縮性能

継手接合部を除いた管露出長さが 500mm 以上の管の両端に継手を接合し、1 Hz の周波数で管露出長さに対し ± 5% 以上のひずみが発生する振幅を管軸方向に 50 回繰り返す。その後、1.75MPa の水圧を 1 分間保持し、漏れが無いことを確認する。

(2) JWWA 規格型 (WSA B011)

構造の代表例を示す。

表 23

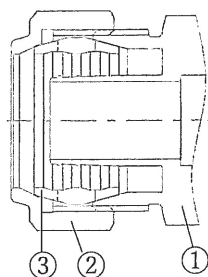


1	胴
2	ナット
3	インコア
4	リング
5	直結ナット
6	止め輪

(3) コア一体型 (WSA B012)

構造の代表例を示す。

表 24

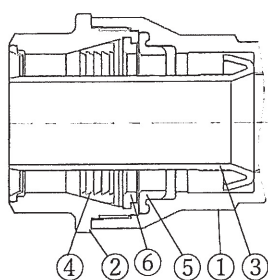


1	胴
2	ナット
3	リング

(4) ワンタッチ型 (WSA B013)

構造の代表例を示す。

表 25



1	胴
2	ナット
3	インコア
4	ロックリング
5	パッキン
6	座金

8. 水道用 PE 二層管 PE 継手

水道用 PE 二層管 PE 継手は、当協会の JP K 011：2020 及び JP K012：2020 で規定されているので、その規格から一部抜粋し、以下に示す。なお、詳細は、JP K 011：2020 及び JP K012：2020 を確認すること。また、種類の 1 種(PE50)用は 1 種二層管(PE50)用継手を示す。同様に、1 種(PE100)用は 1 種二層管(PE100)用継手を、2 種用は 2 種二層管用継手を、3 種用は 3 種二層管用継手をそれぞれ示す。

1) 継手の共通部寸法

(1) EF 継手受口部の寸法：表 26 に示す

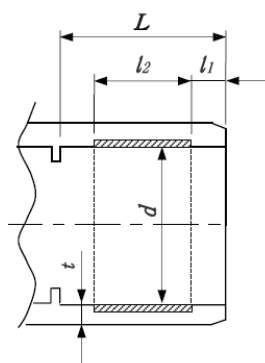


表 26

単位：mm

種類	呼び径	公称 ^{a)} 外径	内径 ^{b)}		だ円度	長さ			厚さ
			<i>d</i>		最大内径	<i>L</i> (最大)	<i>l₁</i> (最小)	<i>l₂</i> ^{d)} (最小)	<i>t</i> ^{e)} (最小)
			基準内径	許容差 ^{e)}	- 最小内径				
1種(PE50)用 2種用	20	—	27.35	± 0.15	0.4	52	5	10	3.0
	25	—	34.40	± 0.20	0.5	56			3.4
	50	—	60.50	± 0.20	0.9	65			7.1
1種(PE100)用	20	—	27.0	+ 規定せず 0	0.4	52	5	10	3.0
	25	—	34.0		0.5	56			3.0
	30	—	42.0		0.6	56			3.0
	40	—	48.0		0.8	58			3.7
3種用	—	25	25.0	+ 規定せず 0	0.4	52	5	10	3.0
	—	32	32.0		0.5	56			3.0
	—	40	40.0		0.6	58			3.7
	—	50	50.0		0.8	60			4.6

注 a) 公称外径は、その継手が適合する JIS K 6762 の 3 種二層管の公称外径を示す。

b) 内径は、電熱線が組み込まれている範囲における相互に等間隔な 2 方向の内径測定値の平均値をいう。

c) 許容差とは、注^{b)}で求めた内径と基準寸法との差とする。

d) 長さ l_2 は、電熱線が組み込まれている範囲の寸法である。

e) 厚さ t は、継手端部から ($l_1 + l_2$) の範囲を除くすべての範囲に適用する。

(2) 継手挿し口部の寸法：表 27 に示す

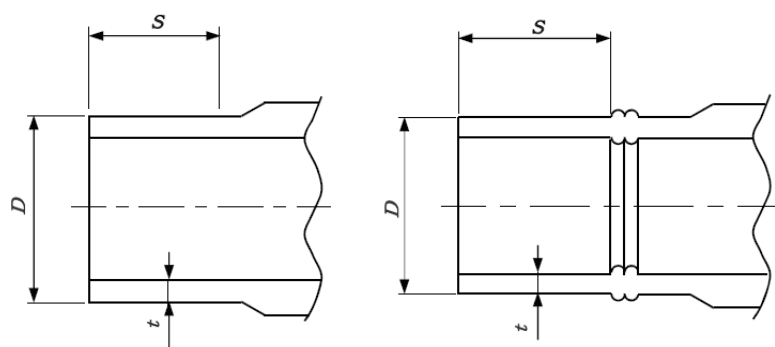


表 27

種類	呼び径	公称 ^{a)} 外径	外径 ^{b)}		だ円度 最大外径 - 最小内径	厚さ <i>t</i> (最小)	長さ <i>S</i> (最小)
			D				
			基準外径	許容差 ^{c)}			
1種(PE100)用	20	—	27.0	± 0.15	0.4	3.0	52
	25	—	34.0		0.5	3.4	56
	30	—	42.0		0.6	3.9	58
	40	—	48.0		0.7	4.4	60
3種用	—	25	25.0	+ 0.3 0	1.2	2.3	52
	—	32	32.0	+ 0.3 0	1.3	3.0	56
	—	40	40.0	+ 0.4 0	1.4	3.7	58
	—	50	50.0	+ 0.4 0	1.4	4.6	60

注記 継手の厚さは、図中の *S* に示す範囲以外では *t* より厚くなくてもよい。

注 a) 公称外径は、その継手が適合する JIS K 6762 の 3 種二層管の公称外径を示す。

b) 外径は、挿し口端から外径基準寸法の 1/2 相当長さ以上離れた範囲に適用し、相互に等間隔な 2 方向の外径測定値の平均値又は、周長実測値からの換算値による。

c) 許容差とは、注 ^{b)} で求めた外径と基準寸法との差とする。

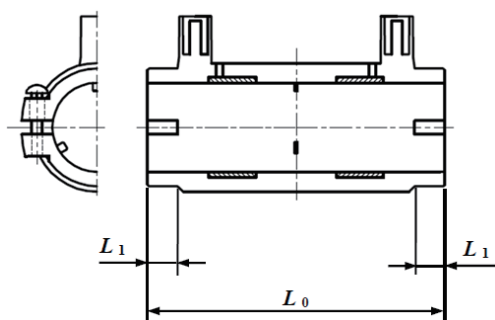
2) 代表継手の種類及び寸法

次に示す 4 種類以外の継手は、JP K 011：2020 及び JP K012：2020 を参照すること。

(1) EF ソケット：表 28 に示す

表 28 EF ソケット

単位：mm



種類	呼び径	公称外径	L_0	L_1 (参考)
1種 (PE50)用 2 種用	20	—	90 ± 20	—
	25	—	95 ± 20	—
	50	—	110 ± 20	—
1種 (PE100) 用	20	—	90 ± 20	11
	25	—	95 ± 20	11
	30	—	95 ± 20	11
	40	—	105 ± 20	12
3種用	—	25	90 ± 20	11
	—	32	95 ± 20	11
	—	40	95 ± 20	11
	—	50	105 ± 20	12

(2) EF エルボ：表 29 に示す

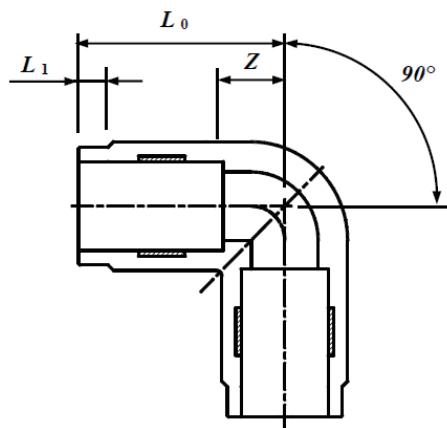


表 29 EF エルボ

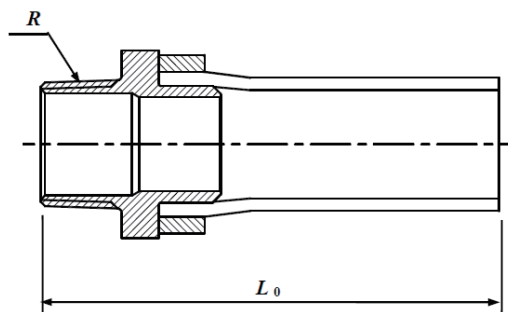
単位：mm

種類	呼び径	公称外径	L_0	L_1 (参考)	Z (参考)
1種 (PE50) 用 2種用	20	—	60 ± 15	—	—
	25	—	70 ± 15	—	—
	50	—	90 ± 20	—	—
1種 (PE100) 用	20	—	60 ± 15	11	19
	25	—	70 ± 15	11	23
	30	—	80 ± 20	11	28
	40	—	90 ± 20	12	34
3種用	—	25	60 ± 15	11	19
	—	32	70 ± 15	11	23
	—	40	80 ± 20	11	28
	—	50	90 ± 20	12	34

(3) おねじ継手：表 30 に示す

表 30 おねじ継手

単位：mm



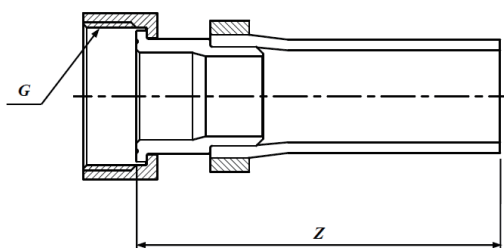
種類	呼び径	公称外径	L_0	R
1種 (PE100) 用	20	—	105 ± 20	R3/4
	25	—	115 ± 20	R1
	30	—	125 ± 20	R1 1/4
	40	—	125 ± 20	R1 1/2
	40×20	—	125 ± 20	R3/4
	40×25	—	125 ± 20	R1
3種用	—	25	105 ± 20	R3/4
	—	32	115 ± 20	R1
	—	40	125 ± 20	R1 1/4
	—	50	125 ± 20	R1 1/2
	—	50×25	125 ± 20	R3/4
	—	50×32	125 ± 20	R1

注記 ねじ部は JIS B 0203 のテーパおねじに準じる

(4) ユニオン継手：表 31 に示す

表 31 ユニオン継手

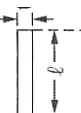
単位：mm



種類	呼び径	公称外径	Z	G
1種 (PE100) 用	20	—	100 ± 20	G1
	25	—	115 ± 20	G1 1/4
	30	—	120 ± 20	G1 1/2
	40	—	120 ± 20	G2
3種用	—	25	100 ± 20	G1
	—	32	115 ± 20	G1 1/4
	—	40	120 ± 20	G1 1/2
	—	50	120 ± 20	G2

注記 ねじ部は JIS B 0203 の平行めねじに準じる

9.水道用 PE 二層管 断面諸数表

管種	呼び 径	公称 外径	外径 D	管の標準寸法							管 孔 断面積	管 壁 断面積	断面二次モーメント		断面係数		
				厚さ t	内径 d	管厚中心 半径 $\frac{D-t}{2}$	r^2	寸 法 比					$\frac{\pi}{64} (D^4-d^4)$ cm^4	$\frac{\pi (D^4-d^4)}{32 \cdot D}$ cm^3	$\frac{t^3}{12}$ cm^3	$\frac{\pi (D^4-d^4)}{32 \cdot D}$ cm^3	$\frac{t^2}{6}$ cm^2
								t/r	$(t/r)^2$	$(t/r)^3$							
1 種 二層管	13	-	21.5	3.5	14.5	9.00	81.00	0.3889	0.1512	0.05881	1.65	1.979	0.832	0.00357	0.774	0.0204	
	20	-	27.0	4.0	19.0	11.50	132.25	0.3478	0.1210	0.04208	2.84	2.890	1.969	0.00533	1.459	0.0267	
	25	-	34.0	5.0	24.0	14.50	210.25	0.3448	0.1189	0.04100	4.52	4.555	4.931	0.01042	2.901	0.0417	
	30	-	42.0	5.6	30.8	18.20	331.24	0.3077	0.0947	0.02913	7.45	6.404	10.857	0.01463	5.170	0.0523	
	40	-	48.0	6.5	35.0	20.75	430.56	0.3133	0.0981	0.03074	9.62	8.474	18.691	0.02289	7.788	0.0704	
	50	-	60.0	8.0	44.0	26.00	676.00	0.3077	0.0947	0.02913	15.21	13.069	45.219	0.04267	15.073	0.1067	
2 種 二層管	13	-	21.5	2.5	16.5	9.50	90.25	0.2632	0.0693	0.01822	2.14	1.492	0.685	0.00130	0.637	0.0104	
	20	-	27.0	3.0	21.0	12.00	144.00	0.2500	0.0625	0.01563	3.46	2.262	1.654	0.00225	1.225	0.0150	
	25	-	34.0	3.5	27.0	15.25	232.56	0.2295	0.0527	0.01209	5.73	3.354	3.951	0.00357	2.324	0.0204	
	30	-	42.0	4.0	34.0	19.00	361.00	0.2105	0.0443	0.00933	9.08	4.775	8.715	0.00533	4.150	0.0267	
	40	-	48.0	4.5	39.0	21.75	473.06	0.2069	0.0428	0.00886	11.95	6.150	14.702	0.00759	6.126	0.0338	
	50	-	60.0	5.0	50.0	27.50	756.25	0.1818	0.0331	0.00601	19.63	8.639	32.938	0.01042	10.979	0.0417	
3 種 二層管	-	20	20.0	2.15	15.7	8.93	79.66	0.2409	0.0580	0.01398	1.94	1.206	0.487	0.00083	0.487	0.0077	
	-	25	25.0	2.50	20.0	11.25	126.56	0.2222	0.0494	0.01097	3.14	1.767	1.132	0.00130	0.906	0.0104	
	-	32	32.0	3.20	25.6	14.40	207.36	0.2222	0.0494	0.01097	5.15	2.895	3.039	0.00273	1.899	0.0171	
	-	40	40.0	3.95	32.1	18.03	324.90	0.2191	0.0480	0.01052	8.09	4.474	7.355	0.00514	3.677	0.0260	
	-	50	50.0	4.90	40.2	22.55	508.50	0.2173	0.0472	0.01026	12.69	6.943	17.860	0.00980	7.144	0.0400	
	-	63	63.0	6.15	50.7	28.43	807.98	0.2164	0.0468	0.01013	20.19	10.984	44.893	0.01938	14.252	0.0630	

※外径は、基準外径とする。

※厚さは、中心厚さとする。

10. S I 単位換算率表

(太線で囲んである単位が S I 単位である。)

	N	dyn	kgf
力	1	1×10^5	1.01972×10^{-1}
	1×10^{-5}	1	1.01972×10^{-6}
	9.80665	9.80665×10^5	1

	Pa・s	cP	P
粘度	1	1×10^3	1×10
	1×10^{-3}	1	1×10^{-2}
	1×10^{-1}	1×10^2	1

注 $1\text{P} = 1\text{dyn}\cdot\text{s}/\text{cm}^2 = 1\text{g}/\text{cm}\cdot\text{s}$

$1\text{Pa}\cdot\text{s} = 1\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, $1\text{cP} = 1\text{mPa}\cdot\text{s}$

	Pa	bar	kgf/cm ²	atm	mmH ₂ O 又は mmAq	mmHg 又は Torr
圧	1	1×10^{-5}	1.01972×10^{-5}	9.86923×10^{-6}	1.01972×10^{-1}	7.50062×10^{-3}
	1×10^5	1	1.01972	9.86923×10^{-1}	1.01972×10^4	7.50062×10^2
	9.80665×10^4	9.80665×10^{-1}	1	9.67841×10^{-1}	1×10^4	7.35559×10^2
	1.01325×10^5	1.01325	1.03323	1	1.03323×10^4	7.60000×10^2
	9.80665	9.80665×10^{-5}	1×10^{-4}	9.67841×10^{-5}	1	7.35559×10^{-2}
	1.33322×10^2	1.33322×10^{-3}	1.35951×10^{-3}	1.31579×10^{-3}	1.35951×10	1
力	1	1×10^{-5}	1.01972×10^{-5}	9.86923×10^{-6}	1.01972×10^{-1}	7.50062×10^{-3}
	1×10^5	1	1.01972	9.86923×10^{-1}	1.01972×10^4	7.50062×10^2
	9.80665×10^4	9.80665×10^{-1}	1	9.67841×10^{-1}	1×10^4	7.35559×10^2
	1.01325×10^5	1.01325	1.03323	1	1.03323×10^4	7.60000×10^2
	9.80665	9.80665×10^{-5}	1×10^{-4}	9.67841×10^{-5}	1	7.35559×10^{-2}
	1.33322×10^2	1.33322×10^{-3}	1.35951×10^{-3}	1.31579×10^{-3}	1.35951×10	1

注 $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$

	Pa	MPa 又は N/mm ²	kgf/mm ²	kgf/cm ²
応力	1	1×10^{-6}	1.01972×10^{-7}	1.01972×10^{-5}
	1×10^6	1	1.01972×10^{-1}	1.01972×10
	9.80665×10^6	9.80665	1	1×10^2
	9.80665×10^4	9.80665×10^{-2}	1×10^{-2}	1

	m ² /s	cSt	St
動粘度	1	1×10^6	1×10^4
	1×10^{-6}	1	1×10^{-2}
	1×10^{-4}	1×10^2	1

注 $1\text{St} = 1\text{cm}^2/\text{s}$

	J	kW・h	kgf・m	kcal
仕事・エネルギー・熱量	1	2.77778×10^{-7}	1.01972×10^{-1}	2.38889×10^{-4}
	3.600×10^6	1	3.67098×10^5	8.6000×10^2
	9.80665	2.72407×10^{-6}	1	2.34270×10^{-3}
	4.18605×10^3	1.16279×10^{-3}	4.26858×10^2	1

注 $1\text{J} = 1\text{W}\cdot\text{s}$, $1\text{W}\cdot\text{h} = 3600\text{W}\cdot\text{s}$

$1\text{kcal} = 4.18605\text{J}$ (計量法による)

	W/ (m ² ・K)	kcal/ (h・m ² ・°C)
熱伝導率	1	8.6000×10^{-1}
	1.16279	1

注 $1\text{kcal} = 4.18605\text{J}$ (計量法による)

	W/ (m ² ・K)	kcal/ (h・m ² ・°C)
熱伝達係数	1	8.6000×10^{-1}
	1.16279	1

注 $1\text{kcal} = 4.18605\text{J}$ (計量法による)

	kW	kgf・m/s	PS	kcal/h
仕事率 (工率・動力) 熱流	1	1.01972×10^2	1.35962	8.6000×10^2
	9.80665×10^{-3}	1	1.33333×10^{-2}	8.43371
	7.355×10^{-1}	7.5000×10	1	6.32529×10^2
	1.16279×10^{-3}	1.18572×10^{-1}	1.58095×10^{-3}	1

注 $1\text{W} = 1\text{J}/\text{s}$, PS: 仏馬力

$1\text{PS} = 0.7355\text{kW}$ (計量法施行法による)

$1\text{kcal} = 4.18605\text{J}$ (計量法による)

	J/ (kg・K)	kcal/ (kg・°C) cal/ (g・°C)
比熱	1	2.38889×10^{-4}
	4.18605×10^3	1

注 $1\text{kcal} = 4.18605\text{J}$ (計量法による)

水道用ポリエチレン二層管 水道給水用ポリエチレン管 技術資料

平成 6 年 1 月 1 日 初版発行
2022 年 2 月 7 日 第12版発行

編集 日本ポリエチレンパイプシステム協会 技術委員会

発行 日本ポリエチレンパイプシステム協会

〒104-8307 東京都中央区京橋 2 丁目 1 番 3 号
京橋トラストタワー (株)クボタケミックス内
TEL 090-3302-3725

非売品 不許転載

日本ポリエチレンパイプシステム協会

〒104-8307 東京都中央区京橋2丁目1番3号
京橋トラストタワー (株)クボタケミックス内
TEL 090-3302-3725

正会員

株式会社イノアック住環境
株式会社クボタケミックス
日本プラスチック工業株式会社
北海太洋プラスチック株式会社
弥栄化学工業株式会社

前澤給装工業株式会社
前田バルブ工業株式会社

賛助会員

西尾レントオール株式会社