

JIS K 6762—2012 規格品

水道用ポリエチレン二層管

技術資料



ま え が き

平成 25 年 7 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 60 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徴を生かし、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、その後今回(2012 年)を含め 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、稀に薄皮を剥いだ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はか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いたしました。

今回、本 JIS 規格の対応 ISO である ISO 4427:2007 が大幅に変更となった為、その ISO 規格の内容と整合化すべく JIS 規格が改正されました。従いまして、本 JIS 規格改正に伴い「技術資料」の改訂を行いました。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御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 ポリエチレン樹脂の基本物性 -----	9
2.2 ポリエチレン管の機械的強度 -----	9
1) 耐圧強度 -----	9
2) MRS の求め方 -----	11
3) 最高許容圧力 1.0MPa に対する長期耐久強度の信頼性 -----	12
4) 温度別の使用圧力及び最高許容圧力 -----	13
5) 耐水撃性 -----	14
6) 耐衝撃性 -----	16
7) へん平強度及び圧縮復元性 -----	17
8) たわみ繰り返し疲労特性 -----	19
2.3 ポリエチレン管の化学的安定性 -----	20
1) 耐薬品性 -----	20
2) 耐塩素水性 -----	20
3) 環境応力き裂性 -----	21
3. 埋設強度 -----	23
4. 耐震特性 -----	27
5. 凍結・保温 -----	28
1) 凍結 -----	28
2) 保温 -----	28
6. 伸縮・熱応力・支持間隔 -----	29
1) 伸縮 -----	29
2) 熱応力 -----	29
3) 支持間隔 -----	29
7. 流量計算 -----	31

Ⅲ 施 工

1. 配水管・給水管の配置	33
2. 運搬・保管	34
3. 接合	35
3.1 工具	35
3.2 切断	35
3.3 冷間接合 (JWWA B 116)	35
3.4 他種管との接合	39
3.5 メータ、栓類との接合	41
3.6 接合上の注意事項	43
3.7 耐震に関する配管上の注意事項	43
3.8 凍結に関する配管上の注意事項	43
4. 埋設工法	44
5. 軌道下横断配管、伏せ越配管、傾斜配管	48
6. 曲げ配管	48
7. 長尺配管	49
8. 既設管からの分岐工法及び既設管の補修工法	50
8.1 既設ポリエチレン管に給水管を取り付ける工法	50
8.2 既設ポリエチレン管の傷等の補修工法	50
8.3 おがみ合わせ接続	50
9. スクイズオフ工法	51
10. 露出配管	51
11. 架空配管	51
12. 通水試験	51
13. 配管上のその他の注意事項	53

IV 参 考 資 料

1. 水道用 PE 二層管の耐塩素水性	54
2. スクイズオフ工法	57
2.1 スクイズオフ工法	57
2.2 止水性能評価	58
2.3 スクイズオフ後の強度評価	62
2.4 スクイズ部側面の断面観察	64
2.5 スクイズオフ工法の推奨基準	64
3. 水道用 PE 二層管の水圧試験推奨基準	65
3.1 目的 (水道用 P E 二層管水圧試験推奨基準決定の経緯)	65
3.2 水圧低下検証実験	65
4. 水道用 PE 二層管の非開削工法の紹介	69
5. 用語	70
6. 水道用 PE 二層管の布設歩掛表	75
7. 水道用 PE 二層管金属継手について	76
8. 水道用 PE 二層管断面諸数表	79
9. SI 単位換算率表	80

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	材料	(参考) 管外径寸法体系
1 種管	① W	PE50	制定時から JIS K 6762 と同一寸法体系
2 種管	② W	PE80	制定時から JIS K 6762 と同一寸法体系
3 種管	③ W	PE40,PE63,PE80,PE100	ISO 4427-2 の寸法体系
注記 1 1 種寸法及び 2 種寸法は、従来の JIS K 6762:1998 以降に規定している寸法のうち、厚さ許容差を変更した寸法をいう。			
注記 2 3 種寸法の公称外径は、ISO 161-1 に、許容範囲は、ISO 11922-1 に、及び厚さは、ISO 4065 に基づき ISO 4427-2 に規定している寸法をいう。			

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, ISO 9080 に従って求めた σ_{lcl} に基づき ISO 12162 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_{lcl}	MRS
PE40	4.0 以上、5.0 未満	4.0
PE50	5.0 以上、6.3 未満	5.0
PE63	6.3 以上、8.0 未満	6.3
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材料だけを、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 ^{a)}		製造による変化率± 25 %	JIS K 7210
熱安定性		20min 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 ^{c)}	1 種管	9.8MPa 以上	JIS K 6815-1、JIS K 6815-3
	2 種管	19.6MPa 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		破損してはならない。	ISO 1167-1、ISO 1167-2
耐圧性		水漏れ、変形及び破損してはならない。	JIS S 3200-1
浸出性	濁度	0.5 度以下	JIS K 6762 附属書 JC
	色度	1 度以下	
	全有機炭素 (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 JD
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、次式によって算出する。 $R = \left(\frac{F_1 - F_0}{F_0} \right) \times 100 \text{ (％)}$ 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) 注^{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。 注^{c)} 3 種二層管には適用しない。			

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)}	0.915g/cm ³ 以上	JIS K 7112 D 法
メルトマスフローレイト ^{a) b) c)}	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 ^{d)}	グレード 3 以下	JIS K 6812
カーボン濃度 ^{d)}	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つてはならない。	JIS K 7151、JIS K 6762 附属書 JB

注 ^{a)} マスターバッチコンパウンドを使用して製造する場合、コンパウンドで試験する。
 注 ^{b)} 管の製造に使用するコンパウンドの MFR は 0.05g/10min ～ 1.4g/10min の範囲内とする。
 注 ^{c)} 提示値とは、樹脂材料製造業者が示す値である。
 注 ^{d)} 着色コンパウンドに適用する。

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、その他の欠点があつてはならない。
管の色は図 1 のとおり外層を黒、内層はポリエチレンの原色である乳白色とする。
- 2) 管の断面形状は、目視で実用的に正円と判断できるものとする。
- 3) 管の構造は図 1 による。

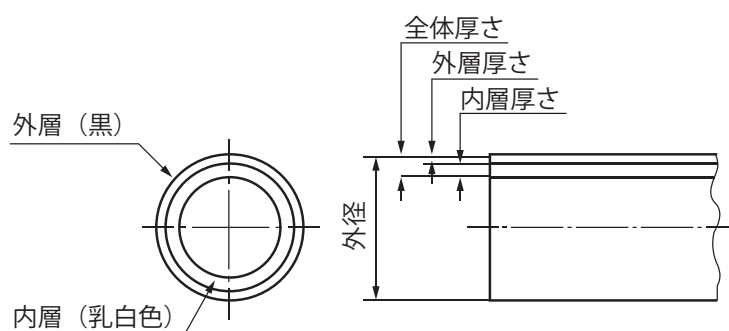


図 1 管の構造及び色

1.4 寸法及びその許容差

管の寸法は、1 種寸法、2 種寸法、3 種寸法とに区分し、その寸法及び許容差は、表 5、表 6 及び表 7 による。

表 5 1 種二層管の寸法及びその許容差

単位 :mm

呼び径	外径			全体厚さ			外層厚さ		(参考)					
	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)	巻径 ^{d)} (cm)		内層 厚さ
												内径	相当 外径	
13	21.5	±0.15	1.3	3.5	±0.30	3.2	1.5	±0.3	120	14.5	0.184	40 以上	約80 以上	1.7
20	27.0		1.7	4.0		3.7				19.0	0.269	50 以上	約90 以上	2.2
25	34.0	±0.20	2.1	5.0	±0.35	4.65			90	24.0	0.423	70 以上	約110 以上	3.15
30	42.0		2.6	5.6	±0.40	5.2	2.0	±0.4		30.8	0.595	80 以上	約120 以上	3.2
40	48.0	±0.25	2.9	6.5	±0.45	6.05			60	35.0	0.788	90 以上	約130 以上	4.05
50	60.0	±0.30	3.6	8.0	±0.55	7.45			40	44.0	1.216	110 以上	約150 以上	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。

注^{b)}だ円度は、任意断面の最大外径と最小外径との差から求める。ただし、直管だけに適用し巻物状については、参考とする。

注^{c)}参考に示した長さは、受渡当事者間の協議によって変更することができる。

注^{d)}参考に示した内径は、基準外径及び基準厚さから計算した値である。

注^{e)}参考に示した1m当たりの質量は、内径及び外径を基準とし、管に使用する材料の密度を0.930g/cm³として計算したものである。

注^{f)}参考に示した巻径は、巻物状にすることによって、管の折れ、座屈及びその他の欠点が生じない寸法とする。

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			全体厚さ			外層厚さ		(参考)					
	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)	巻径 ^{f)} (cm)		内層 厚さ
											内径	相当 外径		
13	21.5	±0.15	1.2	2.5	±0.20	2.3	1.0	±0.2	120	16.5	0.143	40 以上	約80 以上	1.3
20	27.0		1.3	3.0	±0.25	2.75				21.0	0.217	50 以上	約90 以上	1.75
25	34.0	±0.20		3.5	±0.30	3.2			90	27.0	0.322	70 以上	約110 以上	2.2
30	42.0		1.4	4.0		±0.35	3.7	1.5		±0.3	34.0	0.458	80 以上	約120 以上
40	48.0	±0.25		4.5	4.15		60		39.0		0.590	90 以上	約130 以上	2.65
50	60.0	±0.30		1.5	5.0		4.65		40		50.0	0.829	110 以上	約150 以上

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。

注^{b)}だ円度は、任意断面の最大外径と最小外径との差から求める。ただし、直管だけに適用し巻物状については、参考とする。

注^{c)}参考に示した長さは、受渡当事者間の協議によって変更することができる。

注^{d)}参考に示した内径は、基準外径及び基準厚さから計算した値である。

注^{e)}参考に示した1m当たりの質量は、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。

注^{f)}参考に示した巻径は、巻物状にすることによって、管の折れ、座屈及びその他の欠点が生じない寸法とする。

表 7 3 種二層管の寸法及びその許容差

単位 :mm

公称外 径	外径			全体厚さ		外層厚さ		(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)	巻径 ^{f)} (cm)		内層厚さ
											内径	相当 外径	
20	20.0	+0.3 0	1.2	2.0	+0.5 0	0.8	+0.4 0	120	15.5	0.121	40 以上	約 80 以上	1.0
25	25.0			2.3					19.9	0.173	50 以上	約 90 以上	1.3
32	32.0		1.3	3.0				90	25.5	0.280	70 以上	約 110 以上	2.0
40	40.0	+0.4 0	1.4	3.7	+0.6 0	1.2	+0.6 0		32.1	0.429	80 以上	約 120 以上	2.2
50	50.0			4.6					40.2	0.666	90 以上	約 130 以上	3.1
63	63.0		1.5	5.8				40	50.6	1.061	110 以上	約 150 以上	4.3

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。

注 ^{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。

注 ^{c)} 参考に示した長さは、受渡当事者間の協議によって変更することができる。

注 ^{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。

注 ^{e)} 参考に示した 1m 当たりの質量は、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。

注 ^{f)} 参考に示した巻径は、巻物状にすることによって、管の折れ、座屈及びその他の欠点が生じない寸法とする。

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。		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

日本工業規格番号	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 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

H25.3 現在

分類	名称	制定・公布日	最終改正日	備考
法律	水道法	S32.6.15	H23.12.14	第 5 条、第 16 条
政令	水道法施行令	S32.12.12	H16.3.19	第 4 条
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	H23.1.28	
告示	給水装置の構造及び材質の基準に係る試験	H9.3.19	H24.2.28	
省令	水道施設の技術的基準を定める省令	H12.2.23	H23.1.28	
告示	資機材等の材質に関する試験	H12.2.23	H24.2.28	
法律	道路法	S27.6.10	H23.12.14	第 32 条、第 33 条
政令	道路法施行令	S27.12.4	H24.12.12	第 12 条
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	H12.3.24	

2. 水道用 PE 二層管の特性

2.1 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 11 に示す

表 11 ポリエチレン樹脂の物性表

項目	単位	試験方法	PE50	PE80	PE100
密度	g/cm ³	JIS K 6922-2	0.910 ～ 0.942 未満	0.942 以上	0.942 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	24
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。

2.2 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。

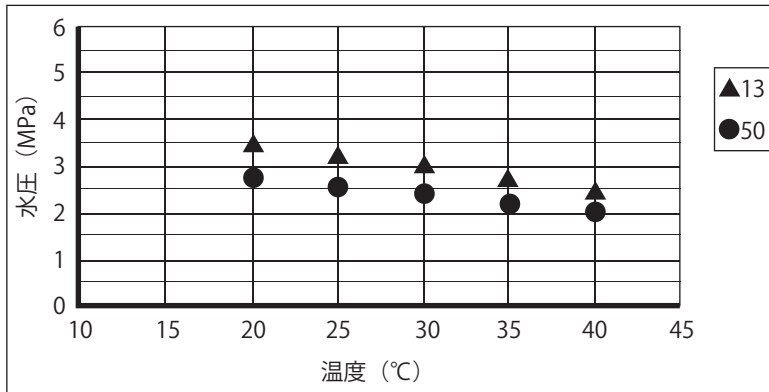
$$P = \frac{2\sigma t_{\min}}{D - t_{\min}}$$

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 12 及び表 13 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。

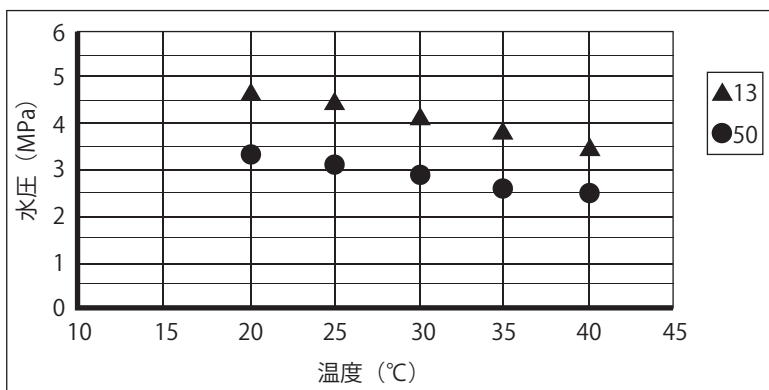
表 12 1 種管の口径別耐圧強度 (破壊圧力)



単位 :MPa

呼び径 温度	13	20	25	30	40	50
20℃	3.4	3.1	3.1	2.8	2.8	2.8
25℃	3.2	2.9	2.9	2.6	2.6	2.6
30℃	3.0	2.7	2.7	2.4	2.4	2.4
35℃	2.7	2.5	2.5	2.2	2.2	2.2
40℃	2.5	2.3	2.3	2.1	2.1	2.1

表 13 2 種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℃	4.7	4.4	4.1	3.8	3.7	3.3
25℃	4.4	4.1	3.8	3.5	3.4	3.1
30℃	4.1	3.8	3.6	3.3	3.2	2.9
35℃	3.8	3.5	3.3	3.0	3.0	2.6
40℃	3.5	3.3	3.0	2.8	2.7	2.4

※ 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 2 に現在国内で使用されている一種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_{lcl} と呼ばれる）を求める。図より $\sigma_{lcl} = 5.74$ MPa が得られる。（この σ_{lcl} 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。

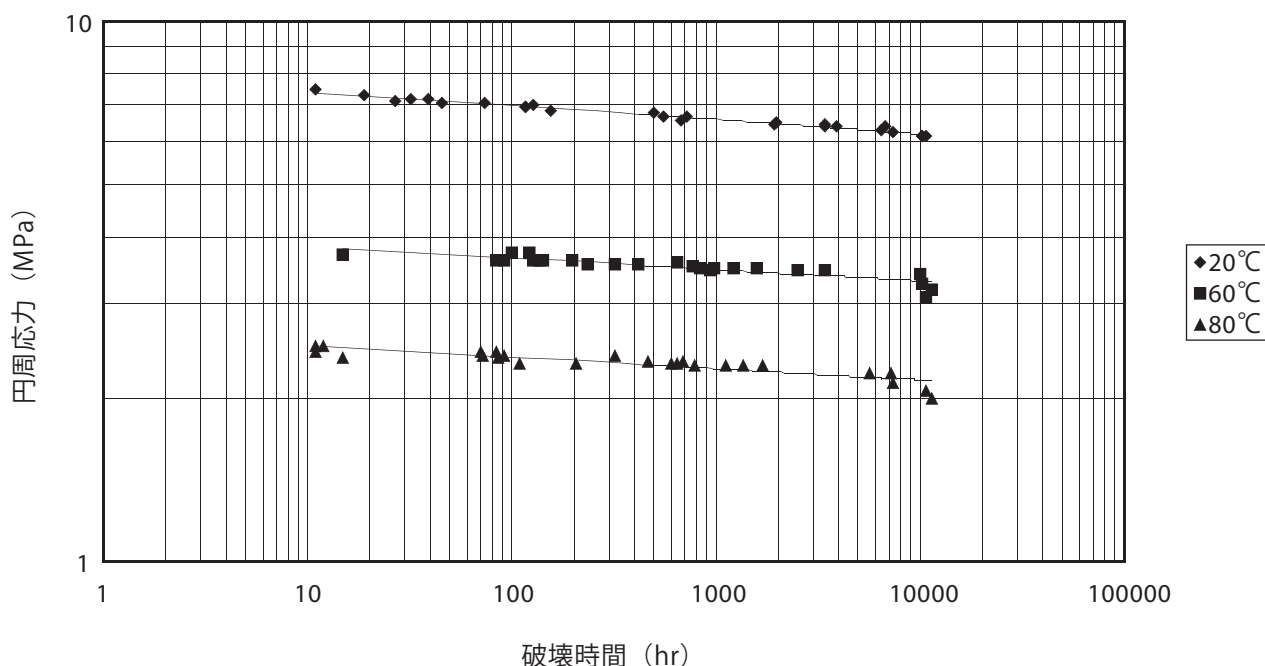


図2 長期内圧クリープ線図

得られた σ_{lcl} 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。

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

ここに、 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 14 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 14 水道用 PE 二層管の 1 種及び 2 種の安全率

呼び径	1 種		2 種	
	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
20	7.30	1.59	9.82	1.81
25	7.31	1.58	10.63	1.66
30	8.08	1.41	11.35	1.54
40	7.94	1.44	11.57	1.51
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 種管は PE50(MRS 5.0MPa) を、2 種管は PE80(MRS 8.0MPa) をそれぞれ使用し設計されているので、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 15 及び表 16 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 15 水道用 PE1 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	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 16 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

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 17 の通り定められている。ISO 13761 に示す評価判定に基づくと、1 種二層管及び 2 種二層管はいずれも圧力低減係数は Line A が適用できるので、温度別の使用圧力と最高許容圧力を表 18 に示す。

表 17 圧力低減係数

	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
Line A	1.00	0.93	0.87	0.80	0.74
Line B	1.00	0.90	0.81	0.72	0.62
Line C	1.00	0.82	0.65	0.47	0.30

表 18 1 種・2 種管の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℃
最高許容圧力	1.00	0.93	0.87	0.80	0.74
使用圧力	0.75	0.68	0.62	0.55	0.49

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 19、図 3 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 0.22 GPa

水道用 PE 二層管 2 種 0.84 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 19 各種管材の水撃圧

呼び径	圧力波の伝播速度 V _p (m/s)				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	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	2 種			1 種	2 種		
13	228	346	698	1387	23	35	71	141
20	213	337	633	1375	22	34	64	140
25	210	322	616	1369	21	33	63	140
30	198	307	563	1360	20	31	57	139
40	200	304	535	1350	20	31	55	138
50	198	300	507	1338	20	29	52	136

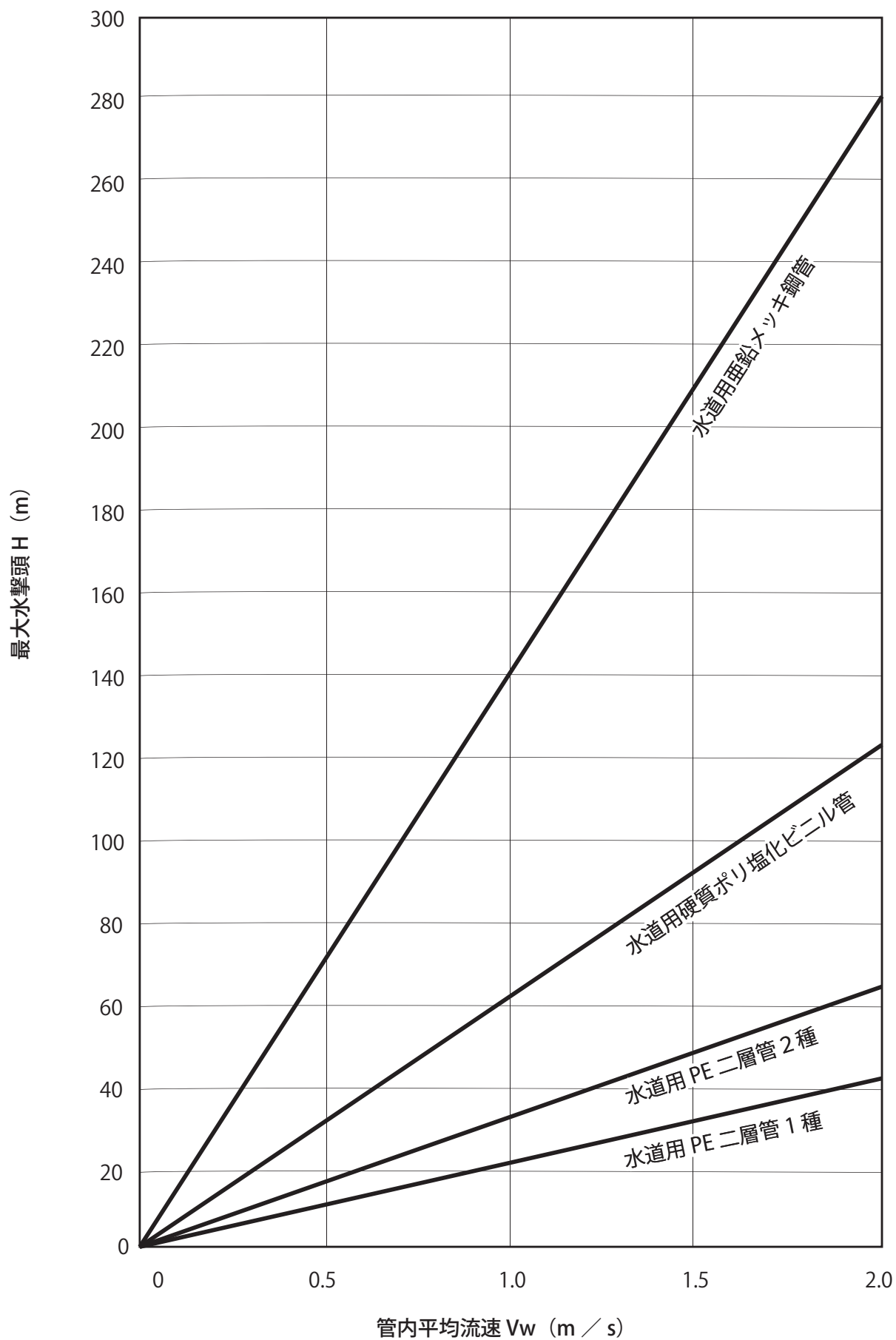


図3 各管種の水撃圧(呼び径25)

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、及び変形などに考慮を払う必要はない。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 4 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 20 の通りである。

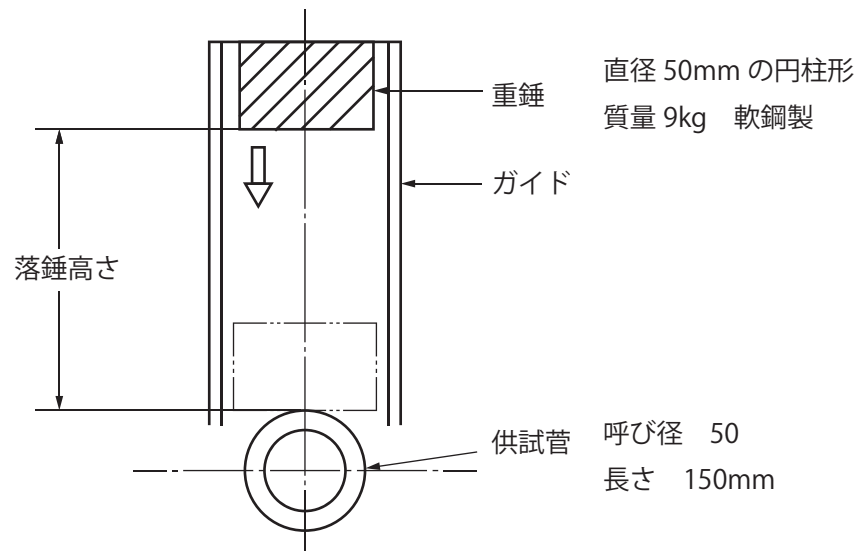


図4 落錘式衝撃試験法

表 20 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	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
	水道用 PE 二層管 2 種	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	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
	水道用 PE 二層管 2 種	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	10 ケ	落錘高さ 2m で異常なし
	水道用 PE 二層管 2 種	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。

7) へん平強度及び圧縮復元性

水道用 PE 二層管は優れた可とう性及び圧縮復元性を有しており、管内面が接触するまでへん平しても管が破損する事はなく、又、圧縮力を解放すれば元の形状に復元する。

従って、水道用 PE 二層管の漏水部の補修、あるいは交換に、この性質を利用して 2 本の金属バーで管をへん平することで流水を遮断し、工事終了後このバーを解放すれば殆ど元の形状に戻ることが可能である。この工法は一般にスクイズオフ工法と呼ばれる。

表 21 に水道用 PE 二層管と水道用硬質ポリ塩化ビニル管のへん平試験結果を、表 22 に圧縮復元結果を示す。図 5、図 6 にそれぞれの試験方法を示す。

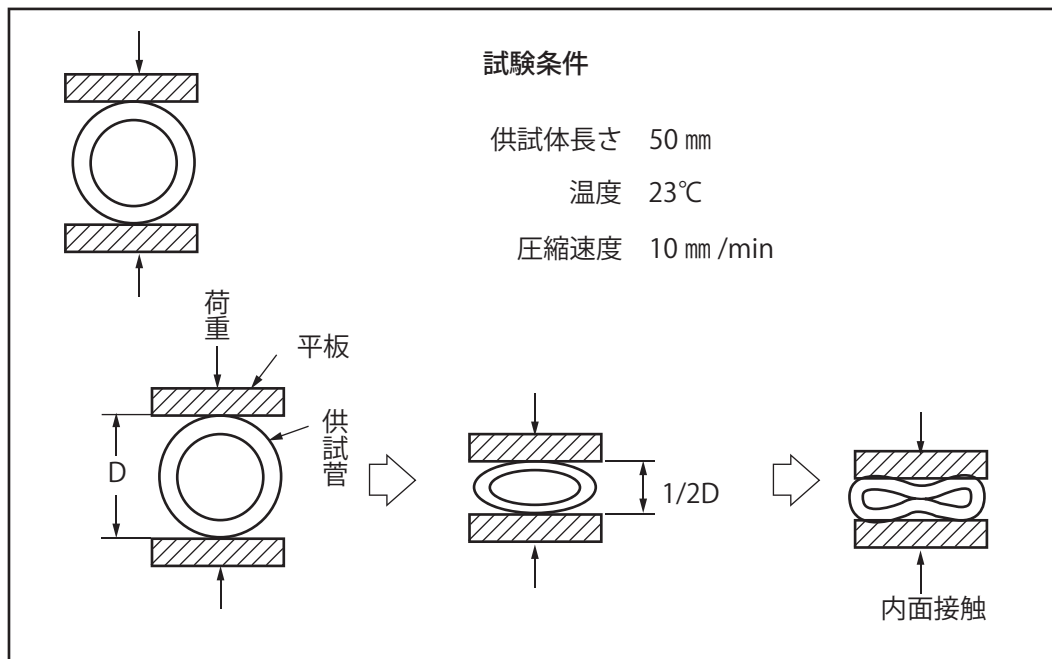


図5 へん平試験法

表 21 へん平試験結果

単位 :kN

呼び径	水道用 PE 二層管				水道用硬質ポリ塩化ビニル管	
	1 種		2 種		1/2 圧縮	内面接触
	1/2 圧縮	内面接触	1/2 圧縮	内面接触		
13	1.62	2.07	1.21	1.90	2.67	3.87
20	1.48	2.05	1.32	2.06	2.50	3.76
25	1.80	2.57	1.23	2.20	2.69	4.14
30	1.69	2.58	1.53	2.39	2.06	3.16
40	1.99	2.95	1.51	2.46	2.06	3.42
50	2.27	3.58	1.32	2.40	2.12	3.84

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。

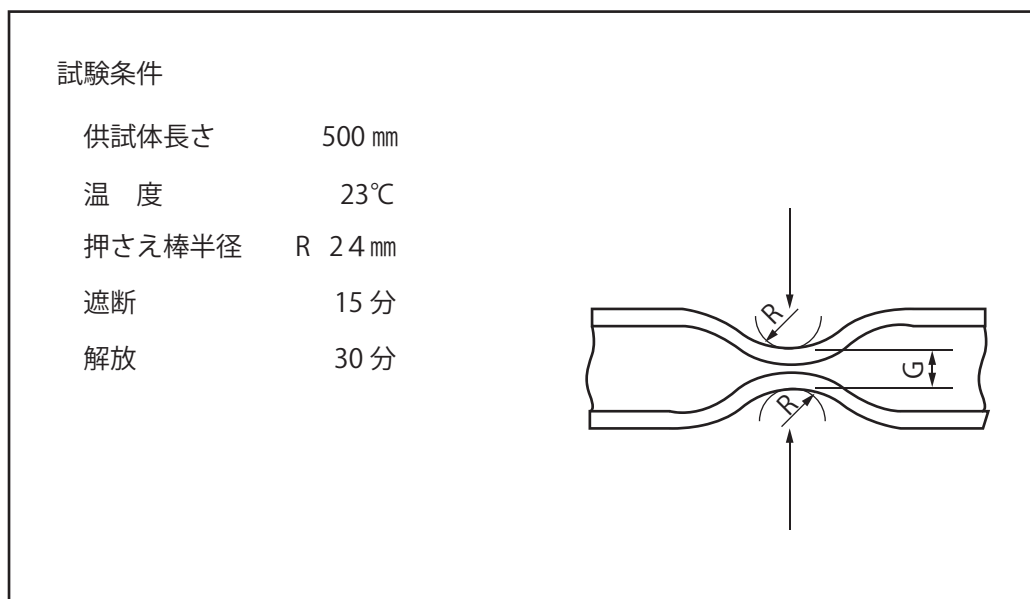


図6 圧縮復元試験法

表 22 圧縮復元試験結果

呼び径	水道用 PE 二層管				水道用硬質ポリ塩化ビニル管	
	1 種		2 種		圧縮部間隔 G (mm)	圧縮復元率 (%)
	圧縮部間隔 G (mm)	圧縮復元率 (%)	圧縮部間隔 G (mm)	圧縮復元率 (%)		
13	4.9	85.0	3.5	77.5	3.5	43.8
20	5.6	85.4	4.2	74.9	4.2	39.5
25	7.0	86.9	4.9	78.4	4.9	42.8
30	7.8	86.2	5.6	79.6	4.9	46.6
40	9.1	83.3	6.3	80.0	5.6	53.2
50	11.2	85.8	7.0	81.1	6.3	58.0

備考 1. 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. 圧縮部間隔 G は、 $2 \times t \times 0.7$ とする。

なお、圧縮復元率は表 22 に示されている条件に基づき下式より求めた。

$$\delta = \frac{D_1}{D_0} \times 100$$

ここに、 δ ： 圧縮復元率 (%)
 D_0 ： 試験前の外径 (mm)
 D_1 ： 試験後の最小外径 (mm)

8) たわみ繰り返し疲労特性

水道用 PE 二層管は、たわみ繰り返し疲労特性にすぐれているので、公道下埋設給水配管としてきわめて適している。

解説

図 7 に示すように公道下で配水管から給水管を分岐した場合、車両等での繰り返し荷重により、継手部に近いところで管の疲労破壊が予測される。図 8 に示すような繰り返し疲労試験結果を表 23 に示す。

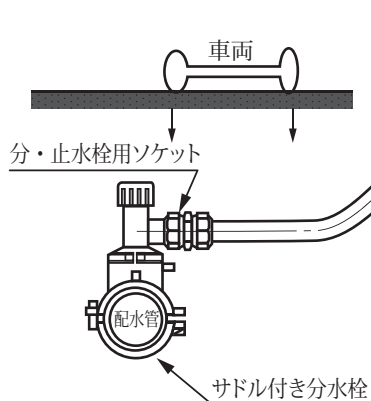


図 7 公道下の埋設配管

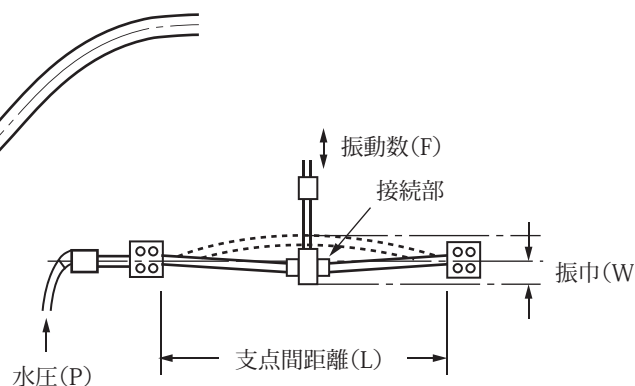


図 8 試験法の概略

表 23 水道用 PE 二層管の継手部のたわみ繰り返し疲労試験結果

呼び径	支点間距離 L (mm)	水道用 PE 二層管 1 種		水道用 PE 二層管 2 種	
		たわみ繰り返し数	結 果	たわみ繰り返し数	結 果
13	200	1.0×10^5	異常なし	1.0×10^5	異常なし
20 25 30	400	1.0×10^5	異常なし	1.0×10^5	異常なし
40 50	800	1.0×10^5	異常なし	1.0×10^5	異常なし
試 験 条 件		F : 74 回 / 分 P : 0.75MPa W : 10mm			

2.3 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 25 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一定引張応力法 (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。

しかしながら、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

二層管は、耐塩素水性に優れているので水道用 PE 二層管内面の水泡・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 二層管の耐塩素水性評価テスト結果を表 24 に示すが、単層管に比べ二層管は耐塩素水性が大幅に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試験テスト結果＞

カーボン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 24 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	0	0	0	0	0	0
2 種	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) 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 $\geq$ 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 25 ポリエチレン樹脂の耐薬品性

薬品名	温度℃		臭い 移行	薬品名	温度℃		臭い 移行	薬品名	温度℃		臭い 移行
	20	60			20	60			20	60	
酸及び酸性薬品				塩 類				有 機 溶 剤			
塩酸 35%	◎	◎		重クロム酸カリウム	◎	◎		エチル-テル	×	×	※
硫酸 60%	◎	◎		過マンガン酸カリウム	◎	◎		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	×	×	※
水酸化カリウム	◎	◎		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 ※：臭いが移行する

3. 埋設強度

1) 浅層埋設 (国道下埋設)

平成 11 年 3 月 31 日付け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の深さ等について」の通達 (建設省道政発第 32 号、建設省道国発第 5 号) が各地方建設局道路部長、北海道開発局建設部長、沖縄総合事務局開発建設部長宛に発出された。

この通達には、水道用 PE 二層管は記載されていないが、対象である水道配水用ポリエチレン管と同等以上の強度を有することで、当協作成の「水道用ポリエチレン管 道路下埋設技術資料」(技術資料 No.99-03) を提出することで証明し承認されているため、水道用 PE1 種二層管に限り浅層埋設の対象となっている。

具体的には、浅層埋設申請許可窓口である国土交通省出先機関の各工事事務所へ「水道用ポリエチレン管 道路下埋設技術資料」(技術資料 No.99-03) を申請書に添付することで許可される。

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、石などによる局部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土圧分布は図 9 による。

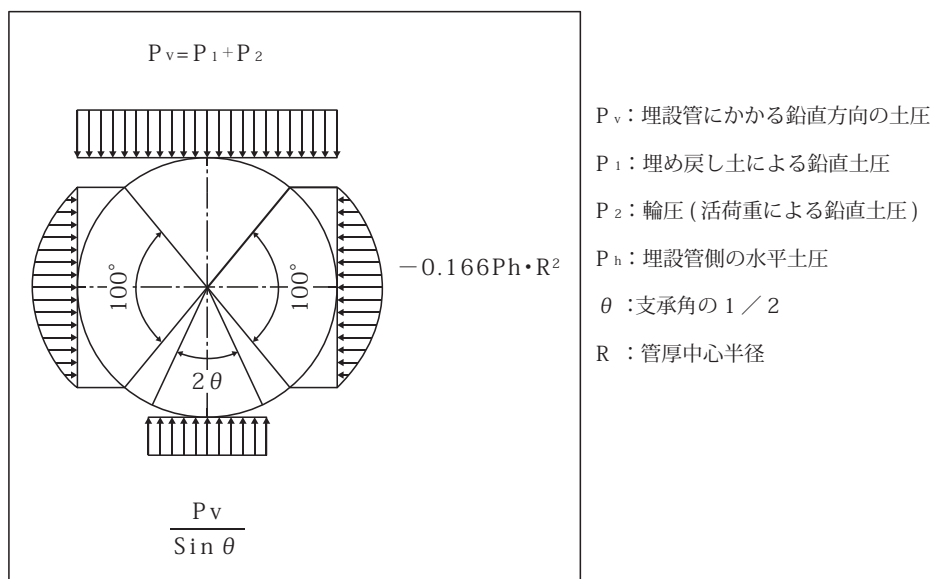


図 9 スパングラーの土圧分布図

(2) 曲げ応力

スパングラー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。

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

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

を代入整理すると次式：スパングラーの修正式となる。

埋設管の発生曲げ応力は、スパングラーの修正式により求める。

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

ここに、

M：管長 1mm 当りのモーメント (N・mm)

K：モーメント係数：K = M / w・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 (MPa)

P_v：埋設管にかかる鉛直方向の土圧 (MPa) < P₁ + P₂ >

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 (MPa)

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 (MPa)

砂埋め戻し、突き固めのとき E' = 9.8 MPa

E：水道用 PE 管の曲げ弾性率

(1 種は 196 MPa、2 種は 784 MPa)

I：t³ / 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 (P₁) 及び輪圧 (P₂) 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。

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

K：ランキンの主動土圧係数

K = (1 - sin φ) / (1 + sin φ)

γ：埋戻し土の単位体積質量 (N/m³)

一般に γ = 17.6 kN/m³

B：管頂部の溝幅 (m) B = 0.5m

H：土被り (m)

φ：埋戻し土の内部摩擦角 (deg) 一般に φ = 30°

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

◎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、フレーリッヒ、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 26 に示す。

表 26 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) 安全率

安全率は、次式により求める。

$$S = \sigma_b / \sigma$$

ここに、
 S : 安全率
 σ_b : 曲げ強さ (MPa)
 水道用 PE 管 1 種は 9.8 MPa
 水道用 PE 管 2 種は 19.6 MPa
 σ : 埋設管の発生曲げ応力 (MPa)

(4) 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。

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

また、たわみ率は、次式で求められる。

$$\text{たわみ率} = \delta / \text{管外径}$$

(5) 許容曲げ応力

外圧に対する許容曲げ応力は、曲げ強さに対して 2.5 の安全率を見込んだ。

1 種二層管 $9.8\text{MPa} \div 2.5 = 3.92\text{ MPa}$
 2 種二層管 $19.6\text{MPa} \div 2.5 = 7.84\text{ MPa}$

(6) 計算結果

計算結果の一例を表 27 に示す。尚、安全率は (許容曲げ応力 / 発生曲げ応力) によって算出した。

表 27 水道用 PE 二層管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)	安全率 S	たわみ率 δ (%)	発生曲げ応力 σ (MPa)	安全率 S	たわみ率 δ (%)	
1 種 二 層 管	13	3.2	1.77	2.21	1.49	1.34	2.93	1.12	3.92
	20	3.7	1.97	1.99	1.74	1.49	2.63	1.30	
	25	4.65	1.98	1.98	1.74	1.49	2.63	1.32	
	30	5.2	2.23	1.76	2.02	1.68	2.33	1.55	
	40	6.05	2.18	1.80	1.98	1.65	2.38	1.50	
	50	7.45	2.22	1.77	2.03	1.68	2.33	1.53	
2 種 二 層 管	13	2.3	4.03	1.95	1.34	3.05	2.57	1.02	7.84
	20	2.75	4.31	1.82	1.48	3.26	2.40	1.11	
	25	3.2	4.76	1.65	1.71	3.60	2.18	1.29	
	30	3.7	5.15	1.52	1.90	3.90	2.01	1.45	
	40	4.15	5.27	1.49	1.98	3.98	1.97	1.48	
	50	4.65	5.95	1.32	2.28	4.50	1.74	1.72	

※支承角は、発生応力が最も大きくなる 60°とした。

ここで、埋設深さ 60cm の場合、安全率は 1 種二層管で 1.76 ～ 2.21、2 種二層管で 1.32 ～ 1.95 となり、水道配水用ポリエチレン管の安全率 1.50 ～ 1.53(当協会発行の「水道用ポリエチレン管 道路下埋設技術資料」(技術資料 No.99-03)を参照)と比較しほぼ同等以上の値となっている。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 種二層管及び 2 種二層管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

水道用 PE 二層管は可とう性があり、伸びも 350%以上あるので、地震時の地盤変動にもよく追従して漏水事故に結びつく可能性は少ないと考えられる。以下に過去の地震時の被害調査結果を示すが、これらの事例からも水道用 PE 二層管は耐震性の極めて優れた給水管といえる。

1) 根室沖地震 (昭和 48 年 6 月、M 7.4) の被害状況

ポリエチレン管の使用延長 80,000 m で漏水件数が、0 件であった。

2) 宮城県沖地震 (昭和 53 年 6 月、M 7.4) の被害状況

ポリエチレン管を使用している主要 9 事業体、ポリエチレン管使用推定総延長約 1,000km について調査した結果、一部旧式ねじ込み式継手による事故が報告された程度で漏水事故比率は 1 km 当たり 0.0058 件と極めて少なかった。

3) 千葉県東方沖地震 (昭和 62 年 12 月、M 6.7) の被害状況

県下事業体全体の給水装置の被害は 5,079 件に達したが、管種別での事故件数はポリエチレン管が 15 件と少なく給水管全体合計比率では 0.03% であった。

(千葉県東方沖地震の被害とその対策、(財)水道管路技術センター 1994 年)

4) 阪神・淡路大震災 (平成 7 年 1 月、M 7.2) の被害状況

当協会の調査によると次のとおりである。

(1) 明石市

- ① 分水栓～止水栓までの水道用 PE 1 種二層管の被害はなし。(0/9 万件)
- ② 分水栓～止水栓までの鉛管の漏水事故 20 ～ 30 件 /1.5 万件。
- ③ サドル分水栓のいずれによる漏水事故はなかった。
- ④ 止水栓からメーターまでは HVP 管を使用、このエルボ部分での漏水事故が多かった。(550 件 /9 万件)

(2) 芦屋市

- ① 分水栓～止水栓までの水道用 PE 1 種二層管の被害はなし。(0/1.3 万件)
- ② 止水栓からメーターまでは HVP 管を使用、このエルボ部分での漏水事故が多かった。(不明 /1.5 万件)

(3) 神戸市

- ① 軟弱地盤の埋立地及び地滑り地域に限定して水道用 PE 1 種二層管を使用していたが、被害はなし。
- ② 給水管はほとんどが VP 管及び HVP 管を使用していた。道路側はエルボ部分、宅内は立ち上がり、壁貫通部分、分水栓・止水栓部分の被害が多かった。

5) 近年の主な地震による被害状況

平成 16 年以降に起きた新潟県中越地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震、東北地方太平洋沖地震の被害状況については、「近年の主な地震による水道給水用 PE 二層管管路被害データ調査 報告書 (ダイジェスト版)」にまとめております (入手方法については、当協会にお問い合わせ下さい)。

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

- (1) 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) 表 28 に各種管の凍結破壊の比較を示す。

強度がありすぎる鋼管は、弱点である継手部が先に破壊する。変形しやすくても復元性に乏しい鉛管では、凍結の繰り返しには耐えられない。

表 28 凍結破壊の比較

管 種	－ 5℃		－ 10℃		－ 20℃	
	凍結繰り返し数	結 果	凍結繰り返し数	結 果	凍結繰り返し数	結 果
水道用 PE 1 種管	10 回	異常なし	10 回	異常なし	10 回	異常なし
水道用 PE 2 種管	10 回	異常なし	10 回	異常なし	10 回	異常なし
鋼 管	—	—	1 回	ソケットが円周方向に切断。	1 回	音をたててソケットが割れる。
鉛 管	3 回	ふくらみがしだいに大きくなり穴があく。	2 回	ふくらみがしだいに大きくなり穴があく。	3 回	局部的に管にふくらみができ、しだいに大きな穴があく。

備考 試料：呼び径 13、試料長さ 60cm。

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・支持間隔

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。

$$\Delta L = a \cdot \Delta \theta \cdot L$$

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

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

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

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。

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

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)

3) 支持間隔

水道用 PE 二層管の支持間隔は表 29 による。管の両端・分岐部は必ず支持する。

しかし、水道用 PE 二層管は温度変化による伸縮が大きく、また管内水重量による曲げの影響も大きいので、ある程度のたわみは避けられない。従って支持用止めネジは強く締めすぎない事、収縮による継手抜け防止のためのたわみ代を予め設けておくなどの注意が必要である。

表 29 水道用 PE 二層管の支持間隔 単位 :cm

呼び径	1 種		2 種	
	水平配管	垂直配管	水平配管	垂直配管
13	25 以下	50 以下	55 以下	100 以下
20	35 //	65 //	70 //	130 //
25	40 //	85 //	85 //	170 //
30	50 //	100 //	100 //	210 //
40	60 //	120 //	120 //	240 //
50	75 //	150 //	150 //	300 //

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 $1/1000 \sim 1/300$) 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 30 に示す。

表 30 温度変化による伸縮・熱応力

温度 ($\theta^{\circ}\text{C}$)	温度差 ($\Delta\theta^{\circ}\text{C}$)	1 種			2 種		
		1m 当りの伸縮 ΔL (mm/m)	引張弾性率 E (MPa)	熱応力 σ_{θ} (※) (MPa)	1m 当りの伸縮 ΔL (mm/m)	引張弾性率 E (MPa)	熱応力 σ_{θ} (※) (MPa)
0	-20	-3.4	265	0.90	-2.4	883	2.12
10	-10	-1.7	226	0.38	-1.2	735	0.88
20	0	0	196	0	0	588	0
30	10	1.7	147	-0.25	1.2	500	-0.60
40	20	3.4	108	-0.37	2.4	397	-0.95

注(※) 熱応力の正値は引張力、負値は圧縮力を表す。

表 30 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、問題にする必要はない。

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、TW 公式に準じた次式 ($C = 215$) を用いる。図 10 に流量図を示す。

$$Q = 215d^{2.72} \cdot I^{0.56} \quad (\text{cm} \cdot \text{s}) \quad (\text{TW 公式に準じた式})$$

ここに、
 Q : 流量 (cm^3/s)
 d : 管の内径 (cm)
 I : 動水勾配

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。

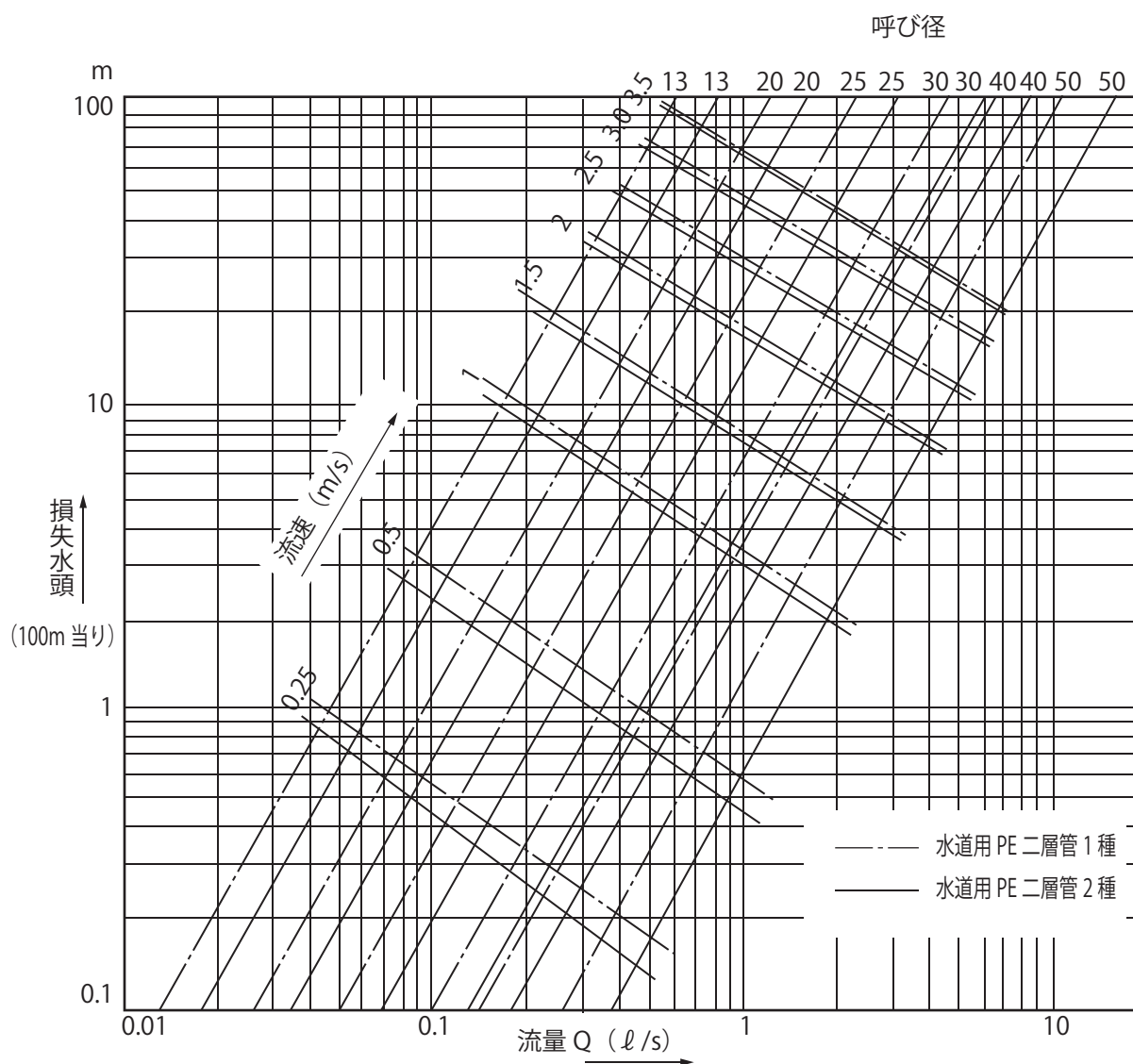


図10 水道用PE二層管の流量図

解説

水道施設基準では呼び径 50 以下である給水管の摩擦損失水頭の計算式として Weston 公式を推奨している。

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

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 (m/s²)
 L： 管の長さ (m)

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)

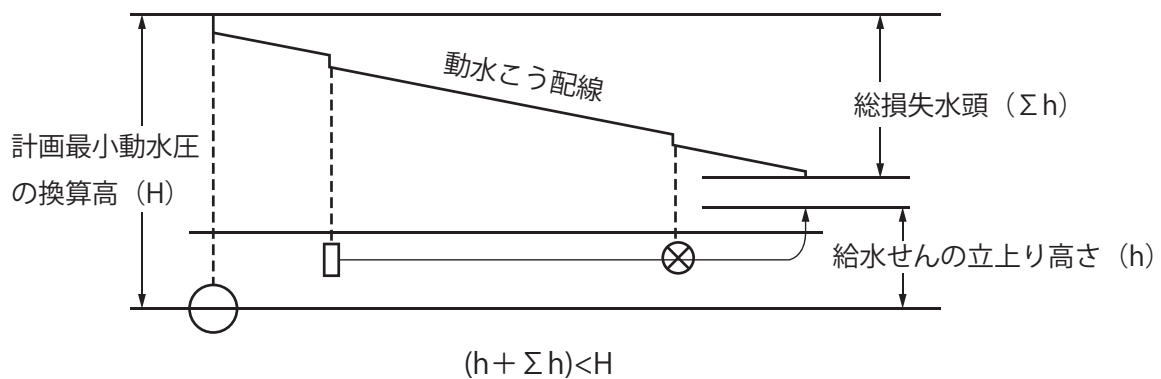


図 1 1 管径決定基準

Ⅲ 施 工

1. 配水管・給水管の配置

1) 配水管の配置は次のようにする。

- (1) 配水管は、出来れば網目に配置し、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) 給水管の配置は次のようにする。

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

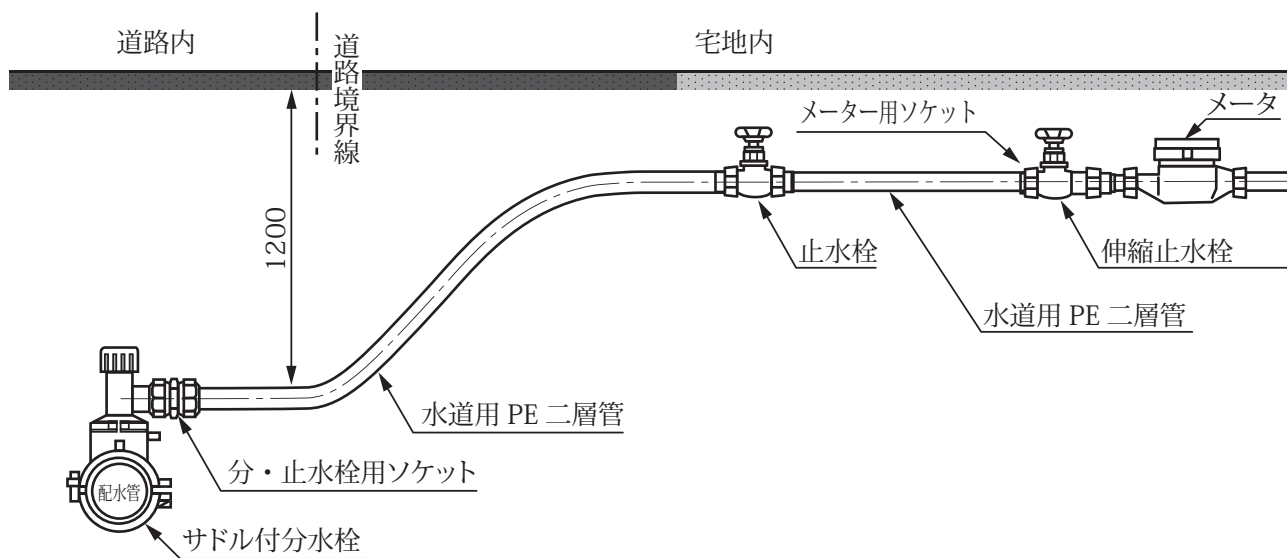


図12 水道用PE二層管(呼び径13～50)の配管例

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、網目式にしておくことで給水上の支障が少なくてすむ。
- 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、工業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 工具

水道用 PE 二層管の接合作業に用いる工具は、表 31 のとおりとする。

表 31 接合作業に用いる工具

工 具	作 業 項 目	
白色マジックインキ パイプカッター 面取器	切	切断位置のマーク
	断	管の切断 内面のバリ取り
ウエス プラスチックハンマー パイプレンチ トルクレンチ	接 合	管の清掃 インコアの挿入 袋ナットの締め付け 〃

(注) 器具、他種管との接合においては専用工具を使用する。

3.2 切断

- 1) 切断個所に白色マジックインキで、標線を入れる。
- 2) パイプカッターで、標線に沿って管軸に直角に切断する。
- 3) ノコ歯でのパイプ切断はさける。

解説

- (1) 寸法出しは、各継手の受入口の長さなどを考慮して算出し、切断個所に標線を入れる。呼び径 30 以上の場合は管軸に直角にテープを巻き、白色マジックインキ又は色鉛筆で、テープに沿って標線を入れる。
- (2) パイプカッターは刃を標線に当て、軽く締めながら回転切断する。
- (3) 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。

3.3 冷間接合 (JWWA B 116)

- 1) 管の接続方法にはいろいろあるが、基本的には金属継手による方法を推奨している。
- 2) 金属継手は、熱を使わないで接続することから、冷間継手ともいわれている。冷間継手は、日本水道協会規格 JWWA B 116 が代表的である。(図 13、表 32)

解説

- (1) 冷間継手による接合の特長は、①接合に熱・接着剤・ネジ切りを必要とせず、②水道用 PE 二層管の物性をそこなうことなく、③時期、場所を問わず、あらゆる条件下で、④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) 現在、種々のタイプがあるが、代表的なものとして、JWWA B 116 をここでは取上げて、標準工法を示した。この他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。

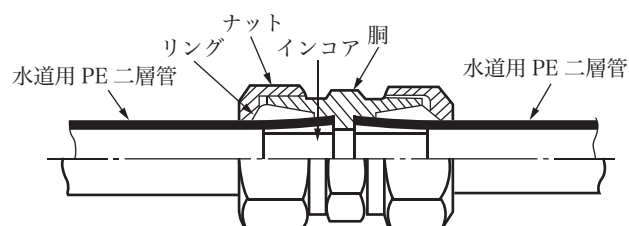


図13 冷間継手(JWWA B 116)

表 32 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
	メータ用ソケット	13, 20, 25, 30, 40, 50
	径違いメータ用ソケット	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°バンド	13, 20, 25, 30, 40, 50
60°バンド	13, 20, 25, 30, 40, 50

3.3.1 接合

1) 基本接合手順

- (1) ナットと胴を分解し、ガードプレートを取りはずす。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。(図 14)

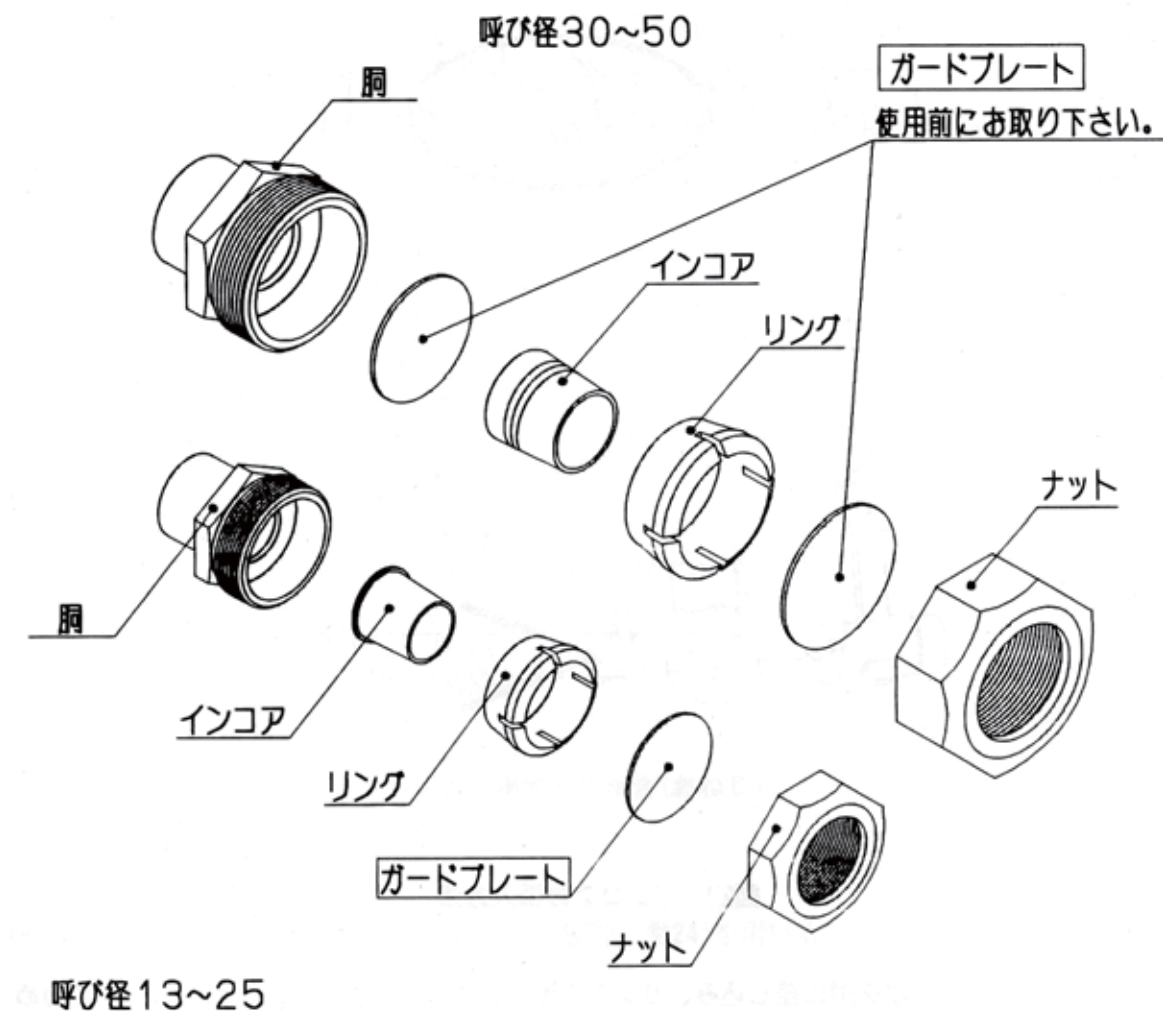


図 14 JWWAB 116 の各部品名称

- (2) 接続するポリエチレン管をパイプカッターで切断する。この際、管軸に対して切口が直角になるように切断する。
- (3) インコアが入りにくい場合は、面取器で内面のバリ取りを行う。
- (4) ナット、リングの順で管へ通す。リングは割りの方が先に通したナットの方を向くようにする。

- (5) 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時は、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 15）

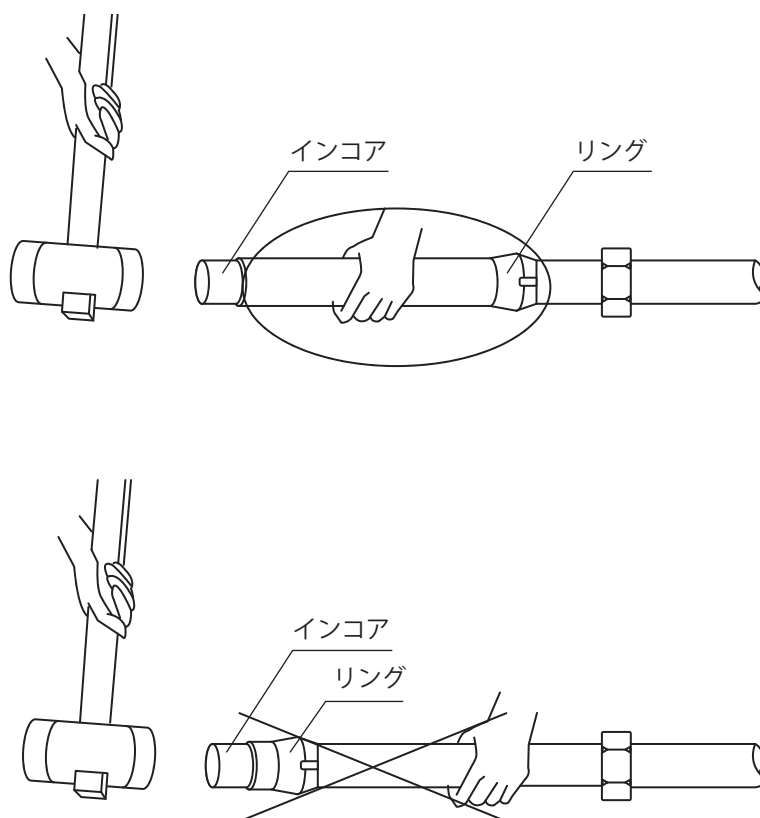


図15 インコアの挿入方法

- (6) 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十分に手で締めこむ。
 (7) パイプレンチを 2 個使って締め付ける。（表 33）

表 33 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	40.0	60.0	80.0	110.0	130.0	150.0

3.4 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、めねじ付ソケット及びおねじ付ソケット (図 16、図 17) を用いる。

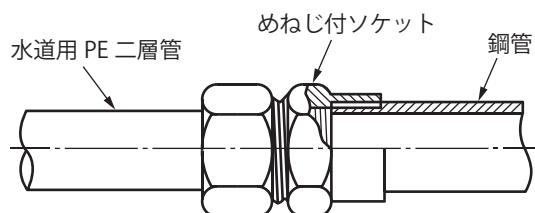


図16 鋼管との接続(めねじ)

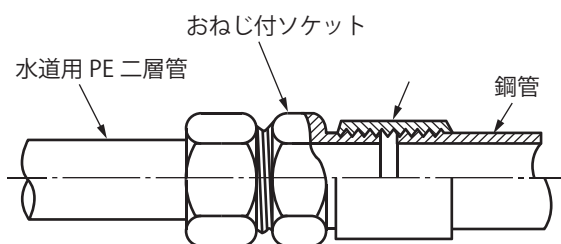


図17 鋼管との接続(おねじ)

2) 塩ビ管との接合

塩ビ管との接合には、塩ビ管用ユニオン (図 18、図 19) を用いる。

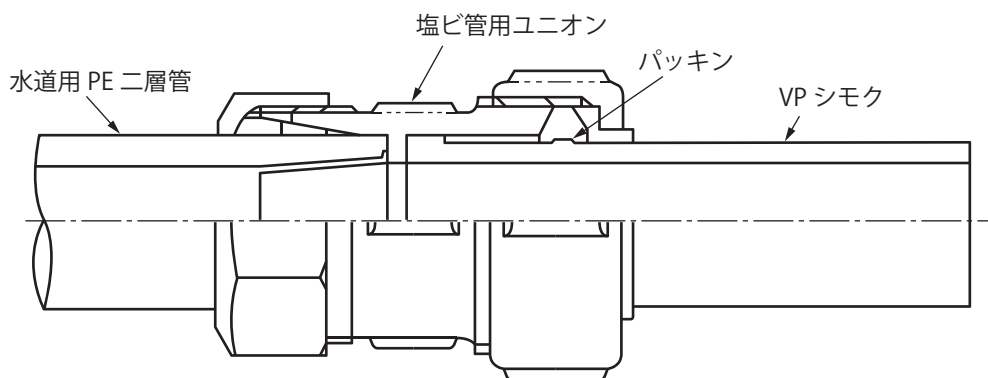


図18 塩ビ管との接合(伸縮系)

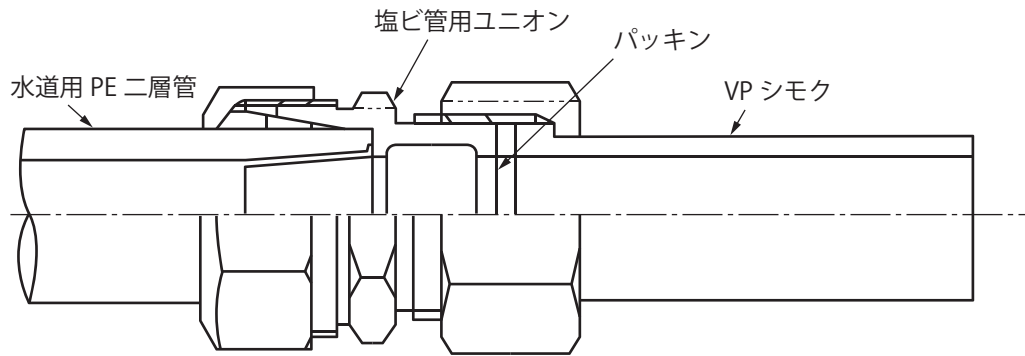


図19 塩ビ管との接合（ユニオン形）

3) 銅管との接合

銅管との接合には銅・鉛管用ソケット（図20）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。

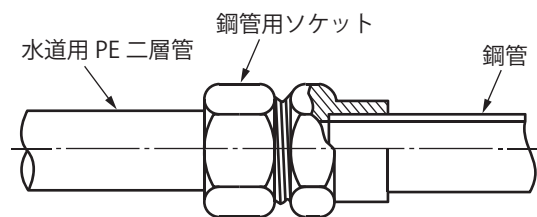


図20 銅管との接合

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二層管の溶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。

3.5 メータ、栓類との接合

1) メータとの接合には、メータ用ソケット (図 21) を用いる。

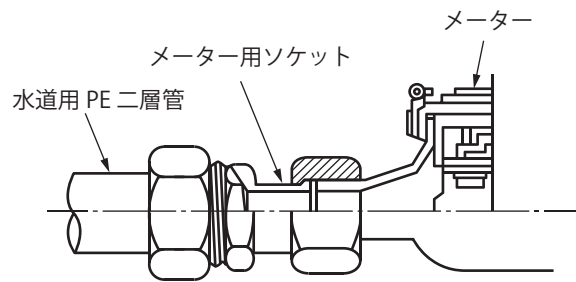


図 21 メータとの接合

2) 止水栓、分水栓との接合には分水・止水栓用ユニオン (図 22、図 23) を、又必要に応じて 60° ベンド、90° ベンド等を用いる。

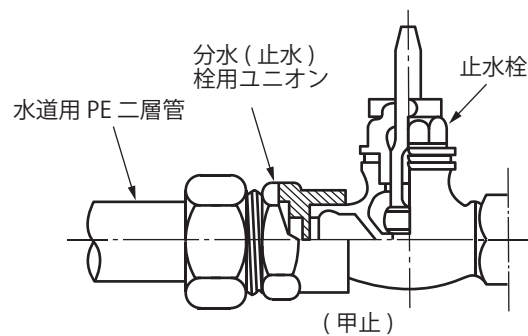


図 22 止水栓との接合

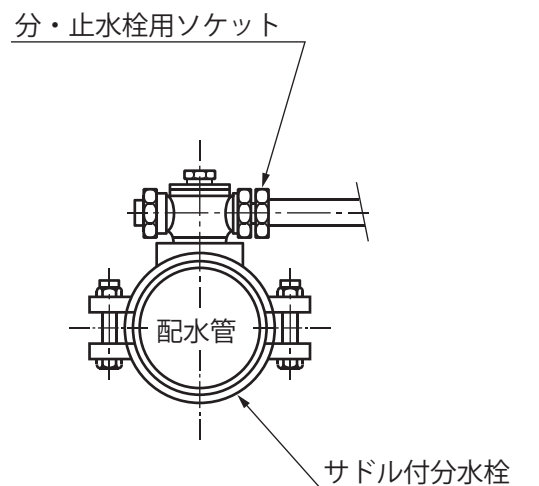


図 23 サドル付分水栓との接合

3) 給水栓類との接合には、給水栓エルボ (座付)(図 24) を用いる。

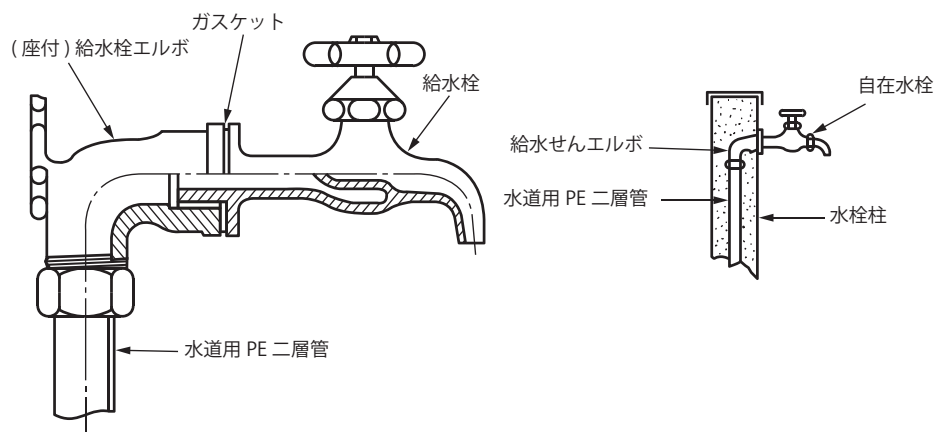


図24 給水栓との接合

解説

- (1) 分水・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。従って分水・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、給水栓の場合は栓の方向を決める関係から、シールテープ又は麻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いため、エルボが振れやすいので、振れ防止に給水栓エルボ(座付)を使うことが望ましい。

3.6 接合上の注意事項

- 1) 接合部には、出来るかぎり管に傷のない箇所を選ぶ。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、継手の受入口からの長さを考慮して、切断箇所にはあらかじめ白色マジックインク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、栓類と接合する時は継手と鋼管・メータ・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 種管用があるので、管種に応じたものを使用する。

3.7 耐震に関する配管上の注意事項

- 1) サドル付分水栓から止水栓（第一止水栓）まではできるだけ蛇行配管を行う。
- 2) 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く、蛇行配管が困難な場合はフレキシブル継手を使用することを薦める。
- 3) 過去の地震被害の教訓からメータ以降もポリエチレン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ポリエチレン管の耐震性を十分に生かす施工をする。

3.8 凍結に関する配管上の注意事項

ポリエチレン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) 水道用 PE 二層管を溝内で、できる限り蛇行させて埋設する。
- 5) 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 25 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。

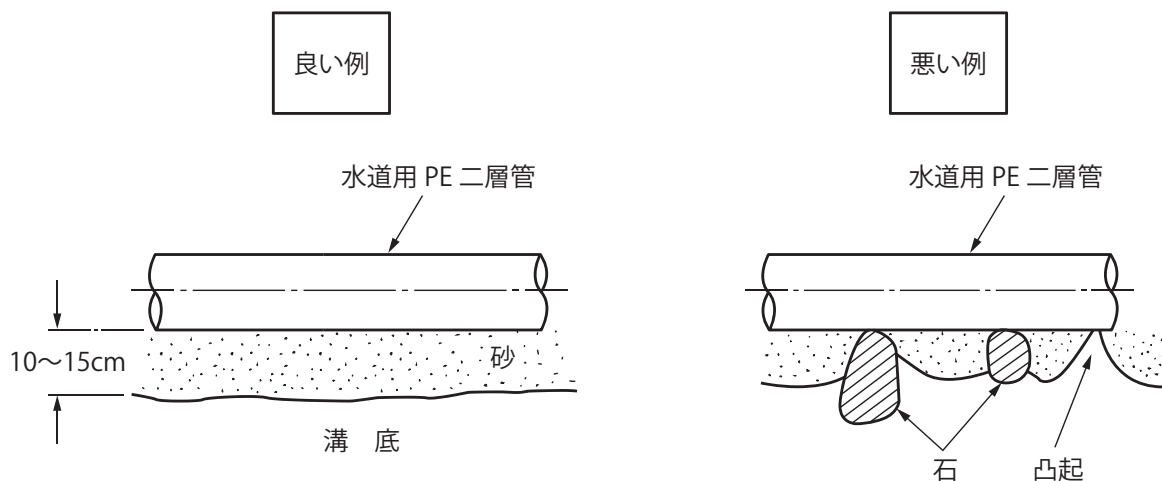


図25 溝床仕上げ例

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、蛇行して行う。
- (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・撓みが軽減される。
- (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、管低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れば、図 26 のようになる。

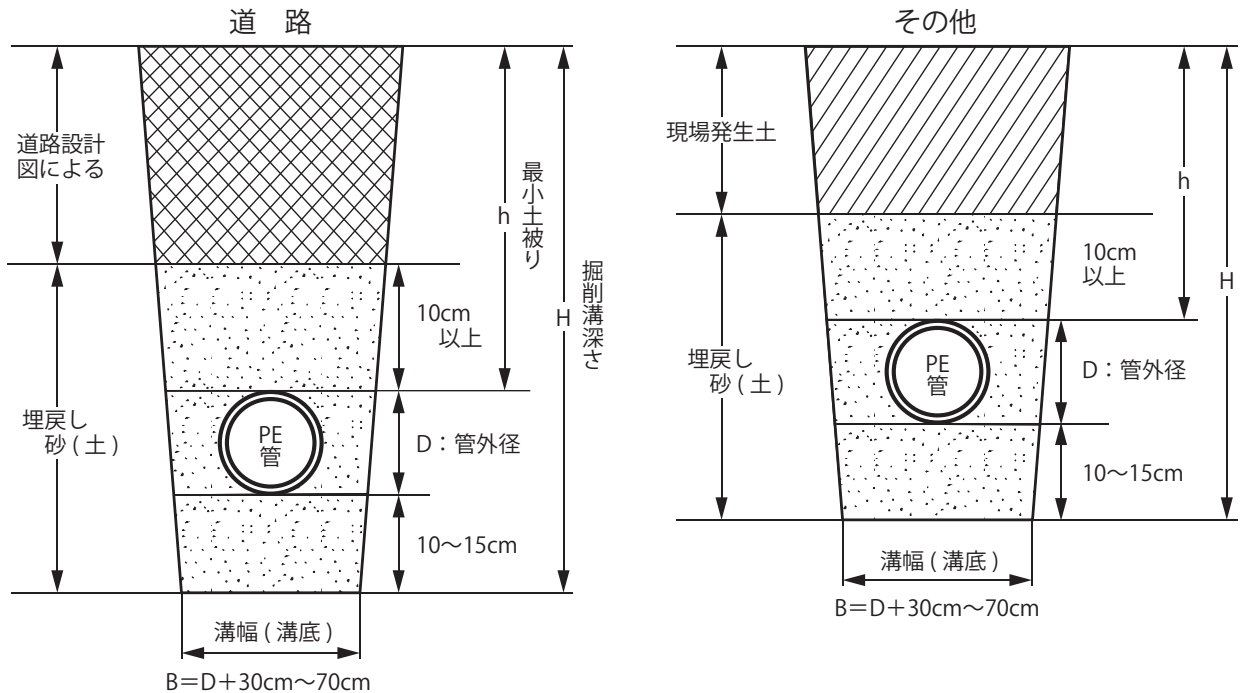


図26 水道用PE二層管の標準埋め戻し断面

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、さや管を用いて水道用PE二層管を保護しなければならない。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27)

(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ポリ塩化ビニル管を用いて保護する。(図28、表34)

(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。

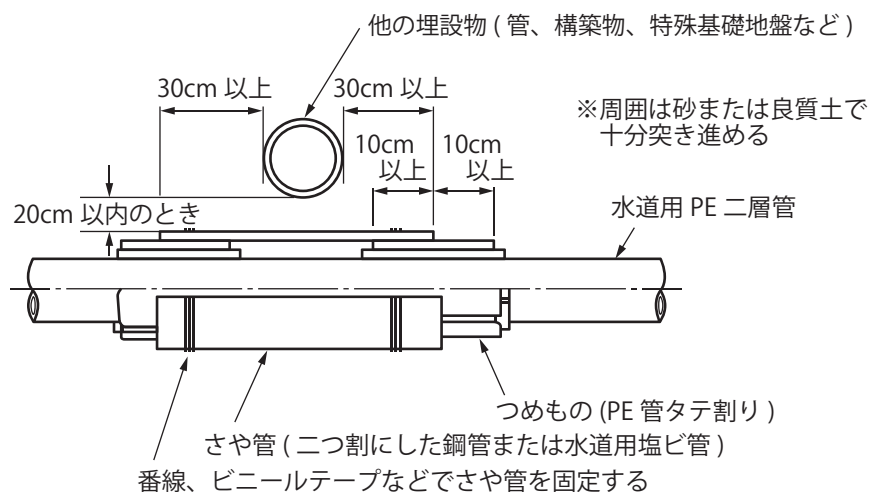
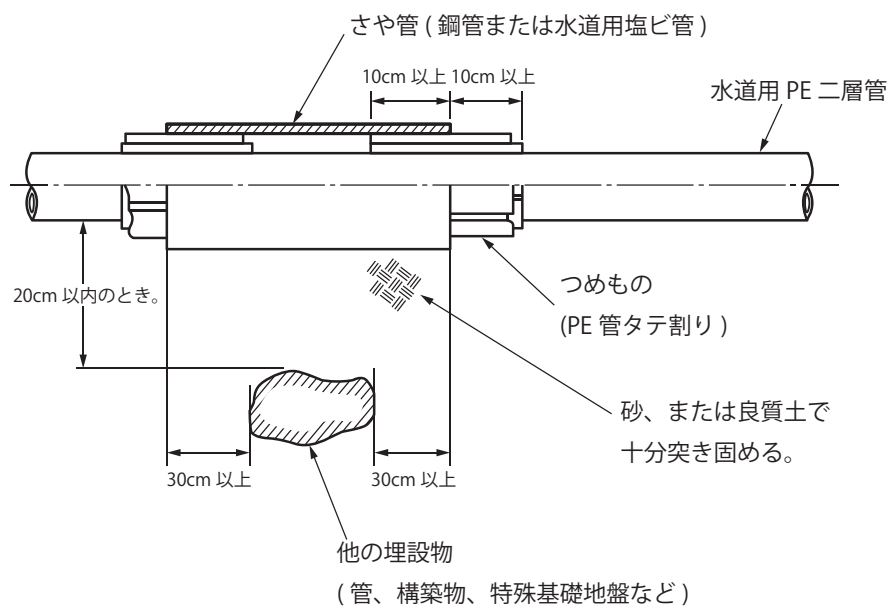


図28 水道用PE二層管保護方法(水道用PE二層管を布設済の場合)

表 34 さや管寸法

単位 :mm

水道用 PE 二層管		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	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	40	41.6	40	40.0
25	34.0	50	52.9	50	51.0
30	42.0	65	67.9	75	77.2
40	48.0	65	67.9	75	77.2
50	60.0	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 二層管の縦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、電食防止の措置はまったく不要である。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。

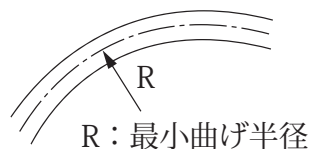
6. 曲げ配管

- 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、表 35 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。

表 35 最小曲げ半径 (R)

単位 : cm

呼び径 管種	13	20	25	30	40	50
1 種	45	55	70	85	100	120
2 種	65	85	105	130	145	180



備考. 1 種で外径の約 20 倍、2 種で外径の約 30 倍。

- 3) 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。

解説

- (1) 限度を無視した無理な曲げ配管は、管が扁平となって流量が低下するのみならず、管に大きな応力が残り、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、コイル巻きが可能なため長尺 (40 ～ 120m) で規格化されている。一般に漏水の発生個所は大半が継手の接続部からと言われている。従って継手の接続箇所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。
- 3) 水道用 PE 二層管は、できるかぎり蛇行させて配管する。

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 29、図 30 の工法で配管することが望ましい。

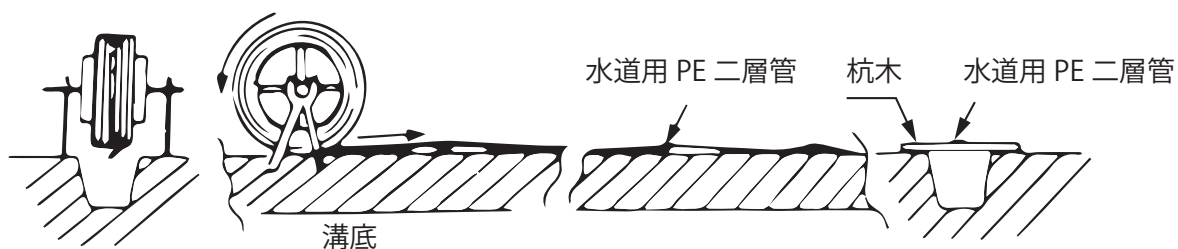


図 29 呼び径 25 以下の長尺配管要領

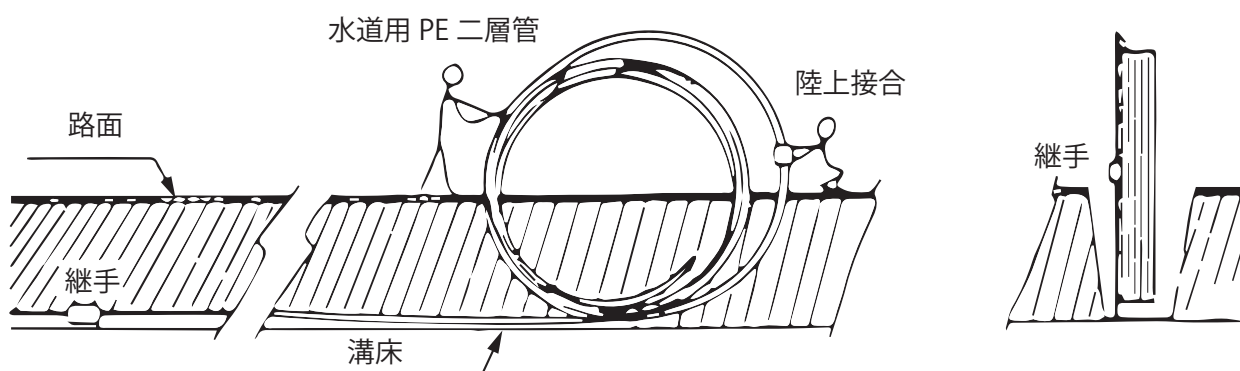


図 30 呼び径 30 以上の長尺配管要領

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 36 に示す。

1) 傷が小さくて浅い場合

この場合は、傷のある部分を金属製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 36 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 31)

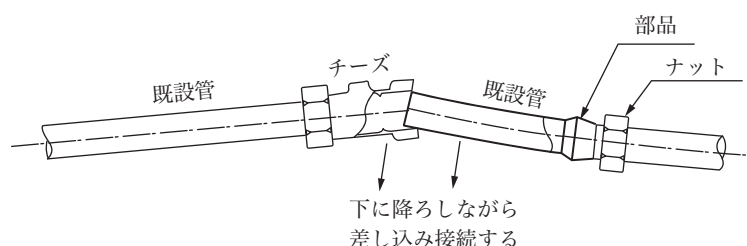


図31 おがみあわせ接続(チーズ)

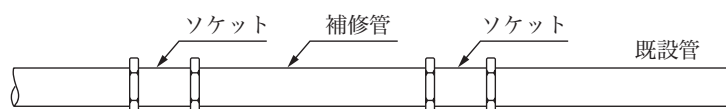


図32 損傷部の接合

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、工事中の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、金属製補修バンドで保護する。

p 57 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 29 6. 伸縮・熱応力・支持間隔を参照

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、支持用止めネジ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。

p 29 6. 伸縮・熱応力・支持間隔を参照

12. 通水試験

- 1) 通水試験は弁、栓類を開放して管内の泥水を除去し、管が満水になったら弁、栓類を閉じて試験区間の圧力低下の有無を水圧計によって調べる。
- 2) 常用圧以上の水圧で試験する場合は水圧試験用ポンプを給水栓等のバルブなどに取り付けて加圧試験する。
- 3) 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、通水試験時、破裂する可能性がある。そのため、通水試験前に通水を行い、水道用 PE 二層管体管を十分冷却してから、所定の圧力をかけて通水試験を実施する。

解説

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 37 のとおり

表 37 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
	予圧時間	3 分以上	
判定基準	保持時間	10 分	管路密封状態で保持する時間
	判定時圧力	0.6MPa 以上	圧力低下率 20% 以内

注) 予圧は可能な限り、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り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（1m/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。調整弁が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 以上の場合は漏れなしと判定する。

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。

13. 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) 経過

給水用ポリエチレン管については、1980 年頃より一部の都市において、布設後数年経過した管に水泡が発生し、さらに稀な例として、水泡状のものが剥離する現象にまで、進展する事が確認された。

この原因究明のため、当時日本ポリエチレンパイプ工業会（現在、日本ポリエチレンパイプシステム協会に名称変更した）では原料メーカーと共同で対策委員会を発足させ、調査・実験をおこなった。

まず材料による対策を 1981 年に実施し、LDPE から LLDPE への変更を行った。並行して検討していた構造上の対策である二層管を開発し、1988 年に工業会規格 JPS-04 を制定した。

二層管については、その後、1993 年の JIS 改定で追加され、1998 年の JIS 改定では、単層管を削除し二層管だけの規格に統一された。

2) 原因追及と材料による違い

ポリエチレン管は水輸送用として広範囲に使用されているにもかかわらず、水泡剥離現象が発生したのは水道用途だけであった。又海外では水道用途に使用されているが発生事例がないことから、水道水に殺菌用として添加されている塩素によるものと推察された。

そこで、確認のために高濃度塩素水および低濃度塩素水を用いた促進試験を実施した結果、市場と同様な水泡剥離現象が発生したことから塩素が主原因である事がわかった。

この現象と材料特性について調べた結果が表 1 である。さらに塩素濃度を下げて確認をした結果が表 2 である。双方とも同様な結果を示す事が確認されたが、材料変更による効果はあるものの不十分であった。

表 1 高濃度塩素水（塩素濃度 2000PPM、温度 40℃、液比 12cc/cm³）試験による水泡評点結果

パイプ種類	時間 材料	24hr	72hr	168hr	備考
	材料				
単層管	LDPE	2	5	7	N=2 の平均値
改良品	LLDPE	0	1	3	N=3 の平均値

※水泡は、評点 0(水泡なし) → 10(完全剥離) の 11 段階評価として水泡発生度合いを示し数値が大きいほど水泡量が多いことを示す。評価方法は ASTM D714 - 56 Fig4.Blister SizeNo8 と、Fig4.Continued を基準とし、1 cm² 当たりの水泡数の数により判定した。

表 2 低濃度塩素水（塩素濃度 50PPM、温度 25℃、流量 1m³/h）試験による水泡評点結果

試験時間	30 日	48 日	65 日	81 日	113 日	145 日	178 日
単層管	3	3	5	7	7	7	8
改良品	1	1	1	1	1	2	2

3) 水泡剥離現象に及ぼすカーボンブラックの影響

水泡剥離発生のメカニズムには、ポリエチレン管の耐候性向上のために配合されているカーボンブラックが何らかの形で関与しているものと考えられるため、図 1 のように、従来の単層管とカーボンブラックを配合していないナチュラルポリエチレン管にて促進試験を行った。これは別途 A 地点で行った 10 年間のフィールド試験（図 2）の結果と一致した。このことから、ポリエチレン管に配合されているカーボンブラックが、水泡発生現象の触媒作用を起こしている事が判明した。

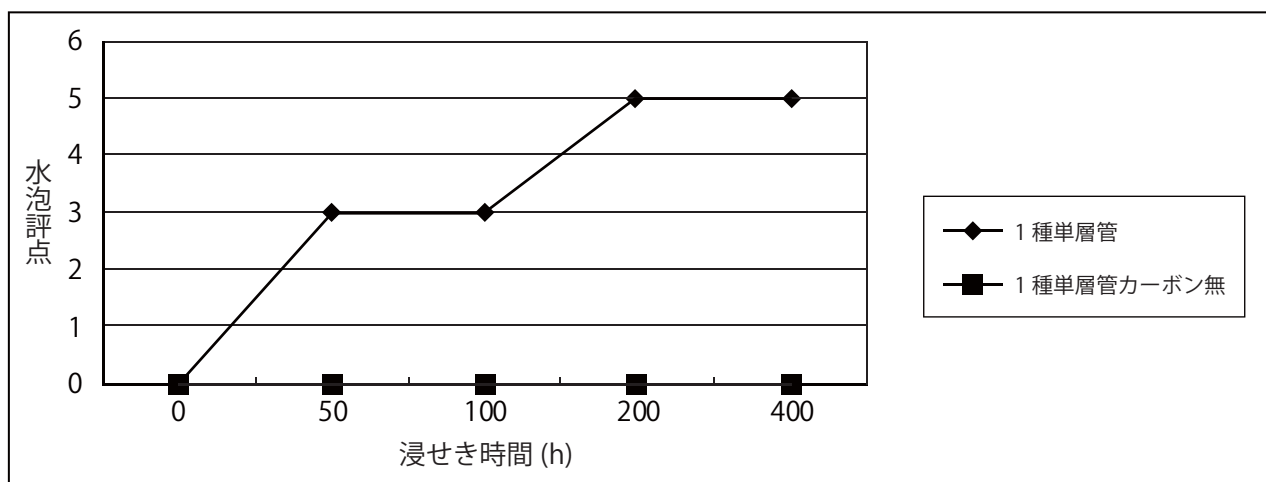


図1 耐塩素水性の促進法による評価比較(塩素濃度2000PPM、温度40℃)

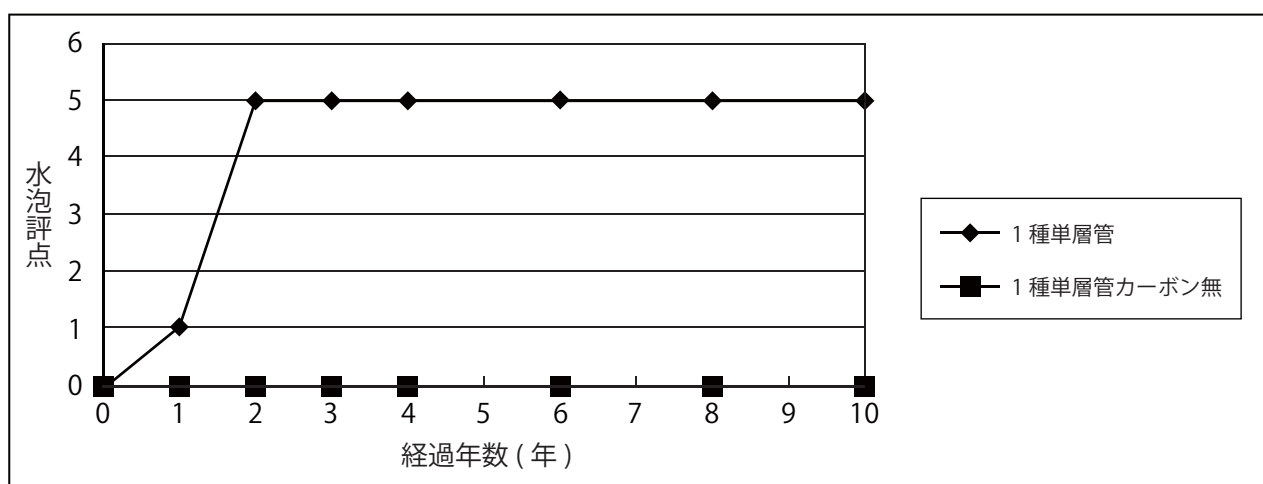


図2 A地点10年フィールド試験(残留塩素濃度 平均0.5PPM)

4) 水道用 PE 二層管の開発

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水道水中の塩素の触媒作用によって水泡を発生させるというメカニズムが解明された事から、ポリエチレン管の基本構造を検討することとした。

すなわち、管を二層構造とし、内面の水に接する部分はカーボンブラックを配合しないナチュラル層で、塩素水に耐えられるものとし、外層はカーボンブラックを配合した層にし、耐候性を有したものとした。

二層管と単層管の塩素水 (500PPM) による水泡剥離結果を表3に示す。この表からも二層管の優れた耐塩素水性が実証できる。この結果より、1998年に二層管の当工業会規格「JPS-04」を制定した。

表3 塩素水 (塩素濃度 500PPM、温度 60℃、流量 1L/h 連続) による水泡剥離結果

試験時間	500hr	1000hr	1500hr	2000hr	2500hr	3000hr
単層管	1	2	2	3	3	未測定
二層管	0	0	0	0	0	0

5) 水道用 PE 二層管の耐塩素水性 10 年フィールド試験

1989年より国内2地点で、工業会加盟10社の二層管について、10年間のフィールド試験を行った。

結果は表4のようにいずれの都市においても水泡発生現象は認められず、上記試験結果に加え、二層管が耐塩素水性に優れていることが実証された。

表 4 B地点・C地点 10 年フィールド試験水泡評点推移 (10 社パイプにて行った。)

場所	年 数 パイプ種類	0	2	4	6	8	10
B 地点	1 種二層管	0	0	0	0	0	0
	2 種二層管	0	0	0	0	0	0
C 地点	1 種二層管	0	0	0	0	0	0
	2 種二層管	0	0	0	0	0	0

B 地点の平均残留塩素濃度：0.45PPM

C 地点の平均残留塩素濃度：0.37PPM

6) N市水道事業体の市中布設二層管 (布設期間約 20 年) の耐塩素性効果の確認

N市水道事業体から市中で布設された二本の二層管 (呼び径 40mm) -

① 布設期間約 21 年の二層管：布設期間 1990 年～ 2012 年 10 月

② 布設期間約 19 年の二層管：布設期間 1993 年～ 2012 年 12 月

を入手し、内面状態を確認したところ、布設約 20 年経過した二層管は、全く水泡の発生が認められなかった。
従って、二層管が耐塩素性に優れていることがさらに実証されたことになる。

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、制水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 3) にて断水する。

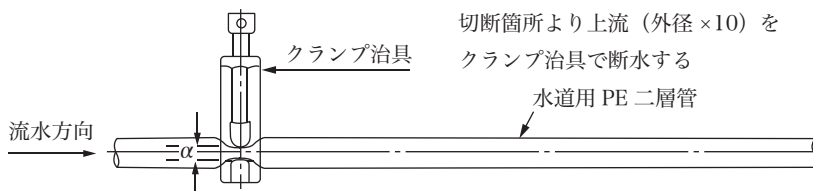


図3 クランプ治具による断水

- (2) この時のクランプ治具の締め幅 (α) は、管厚 $\times 2 \times 0.7$ 以上、管厚 $\times 2$ 以下とする。表 5 の締め幅よりも締めると、管が損傷する恐れがある。

表 5 クランプ治具の締め幅

単位 mm

呼び径	13	20	25	30	40	50
1 種管 α	4.9	5.6	7.0	7.8	9.1	11.2
2 種管 α	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	7.0

- (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 3)、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し込む) 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 4)
- (5) 分岐チーズに、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 5)

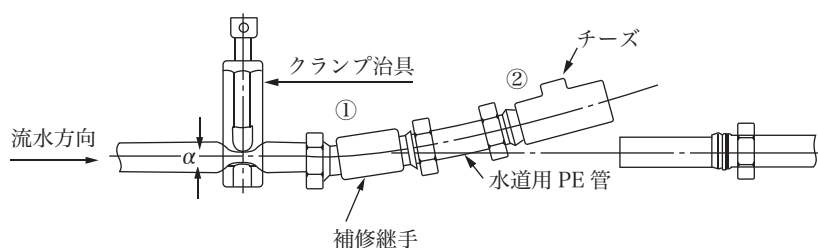


図4 継手挿入手順

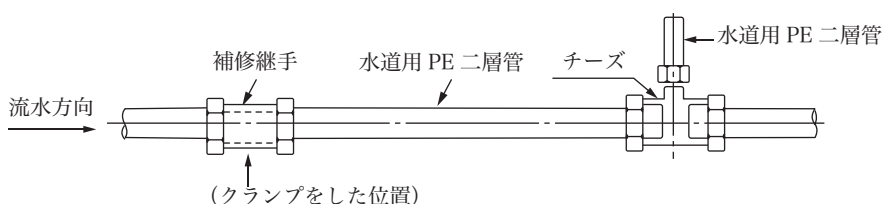


図5 分岐完成

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：0.25, 0.5, 0.75MPa の 3 水準

② クランプ治具の締め幅水準 (×管厚 t)：以下の 8 水準

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

3) 実験条件と実験手順

(1) 供試管

呼び径 20, 25, 50 の 3 サイズの代表サイズとした。

供試管の長さは、長さによる影響を避けるため 5m とした。

供試管の管厚測定結果は表 6 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)

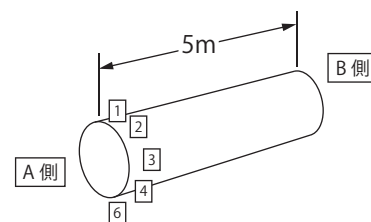


図6 管厚測定箇所

表 6 管厚測定結果

単位：mm

呼び径	端面	1	2	3	4	5	6	7	8	平均	AB 平均
20A	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	
25A	A	4.90	4.88	4.97	4.99	4.96	4.93	4.95	4.94	4.94	4.93
	B	4.89	4.92	4.94	4.99	4.92	4.86	4.86	4.92	4.91	
50A	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	

(2) 実験装置

① クランプ治具：ガス用 25 ～ 50A 用手動クランプ治具 (レッキス製)

② スクイズジョー：R24

③ 水圧ポンプ：電動式 MW2HP35EL5 (マルマエック製)

(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、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

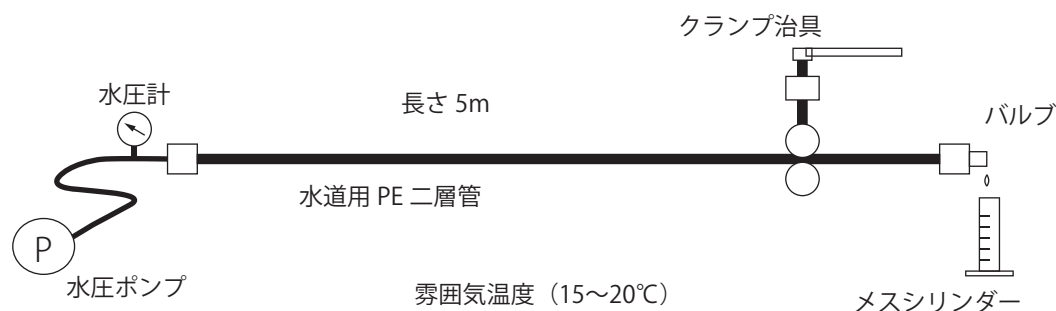


図 7 実験配管状況

(4) 締め幅の設定

表7 クランプ治具の締め幅の設定

単位：mm

	平均厚さ	クランプ治具の締め幅							
	厚さ (t)	2.0 t	1.9 t	1.8 t	1.7 t	1.6 t	1.5 t	1.4 t	1.3 t
20A	3.99	7.97	7.58	7.18	6.78	6.38	5.98	5.58	5.18
25A	4.93	9.85	9.36	8.87	8.37	7.88	7.39	6.90	6.40
50A	8.03	16.06	15.26	14.46	13.65	12.85	12.05	11.24	10.44

4) 実験結果

1 分間当たりの通水量 (漏水量) 測定結果を表 8 に示す。

また、クランプ治具の締め幅と通水量の関係を各呼び径別に図 8 ～ 13 に示す。

なお、図 11 ～ 13 は片対数グラフにプロットした結果であり、直線近似している。

表 8 各スクイズ条件での通水量 (漏水量)

単位：CC/ 分

呼び径	水圧 (MPa)	クランプ治具の締め幅 (×管厚 t)							
		2 t	1.9 t	1.8 t	1.7 t	1.6 t	1.5 t	1.4 t	1.3 t
20A	0.25	多量	多量	113	31	9.5	2	0.4	0.08
	0.50			144	48	16	3.5	0.6	0.14
	0.75			186	63	21	4.5	0.8	0.20
25A	0.25	多量	170	72	38	11	7	3	1
	0.50		264	91	49	16	8	6	2
	0.75		3000	240	53	21	13	9	3
50A	0.25	多量	多量	478	90	37	24	12	5
	0.50			610	124	59	35	20	7
	0.75			860	156	80	47	27	11

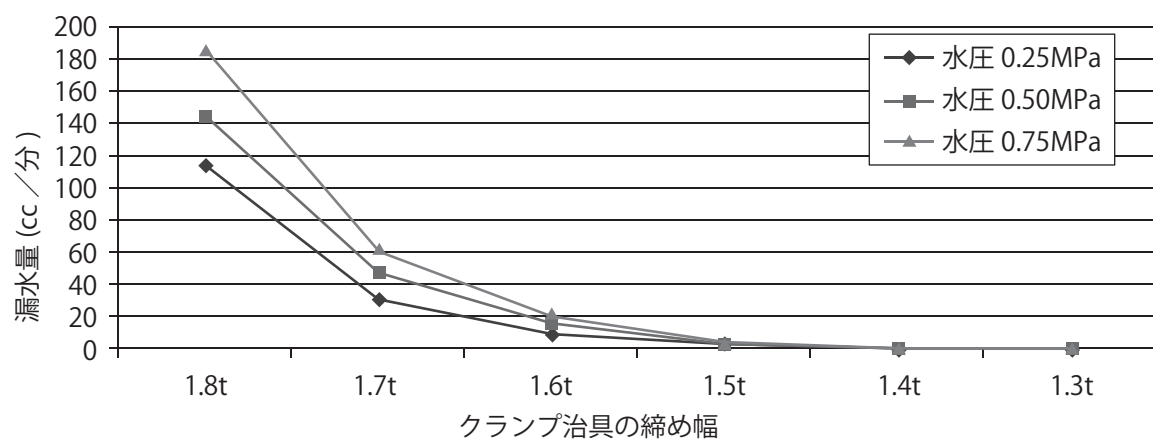


図8 クランプ治具の締め幅と止水性（漏水量）の関係（20A）

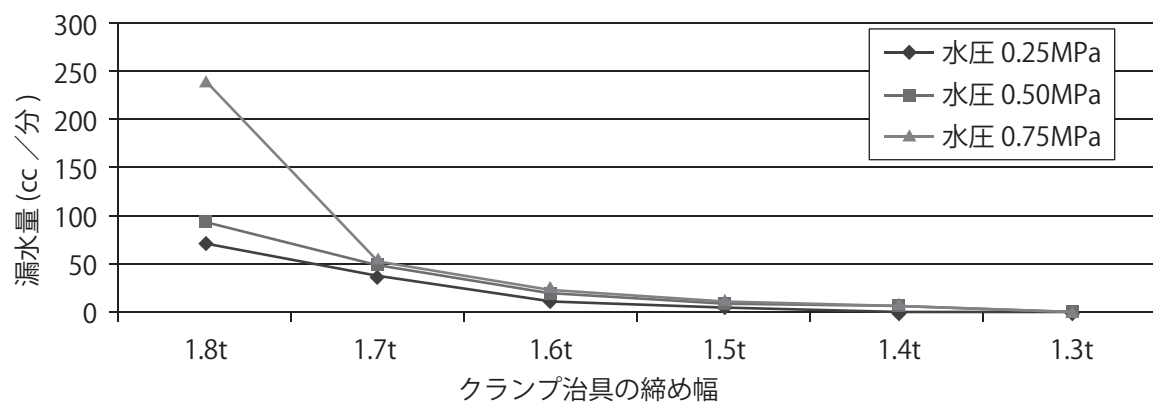


図9 クランプ治具の締め幅と止水性（漏水量）の関係（25A）

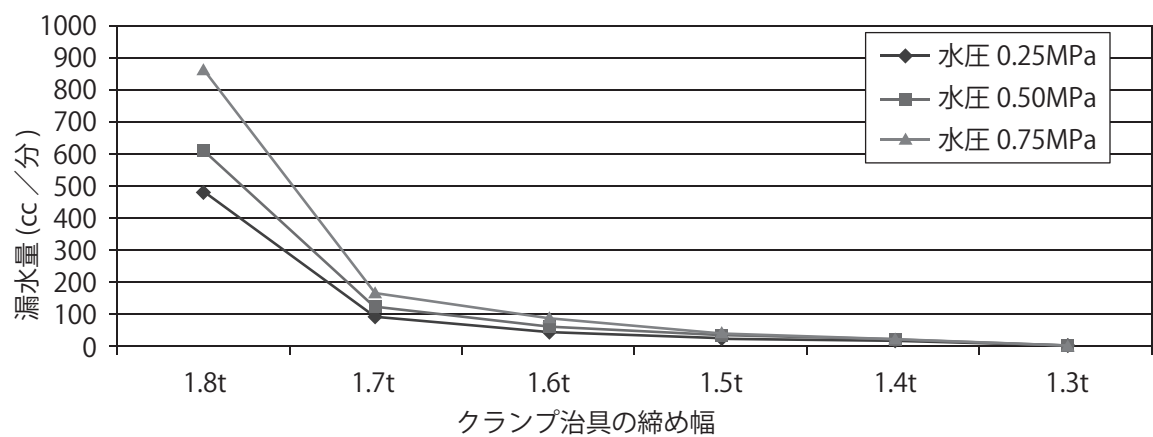
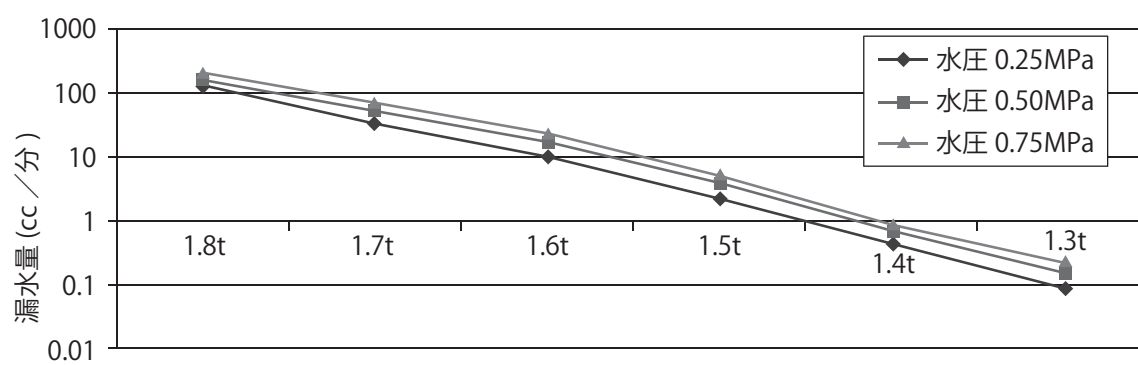
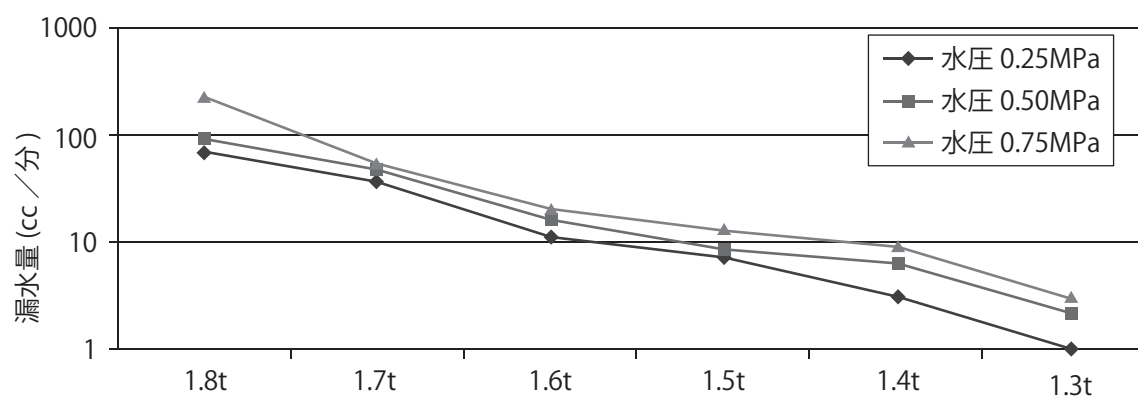


図10 クランプ治具の締め幅と止水性（漏水量）の関係（50A）



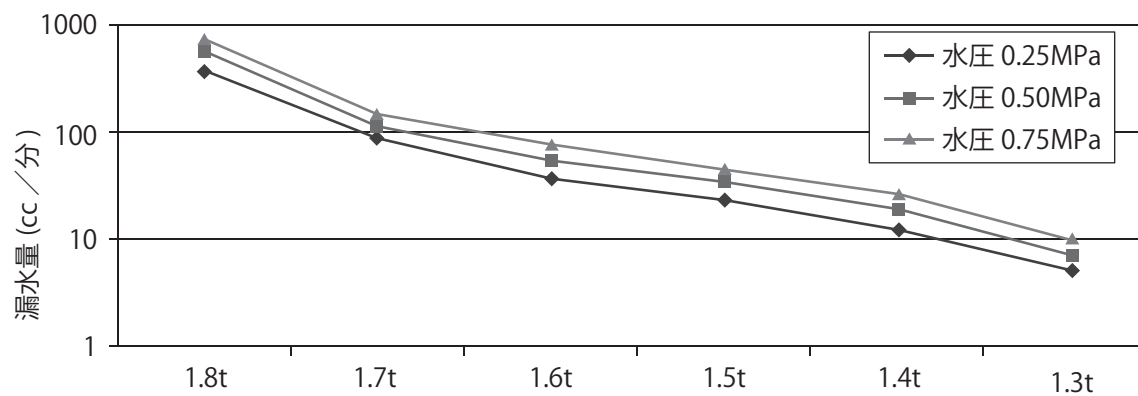
クランプ治具の締め幅

図 11 クランプ治具の締め幅と止水性（漏水量）の関係（20A）



クランプ治具の締め幅

図 12 クランプ治具の締め幅と止水性（漏水量）の関係（25A）



クランプ治具の締め幅

図 13 クランプ治具の締め幅と止水性（漏水量）の関係（50A）

5) 実験結果のまとめ

- (1) 漏水量 (スクイズオフ部分通過水量) はクランプ治具の締め幅に反比例して減少する。
- (2) クランプ治具の締め幅が管厚の 1.8 倍 (潰し率 10%) でも、水量はかなり抑制できる。
- (3) クランプ治具の締め幅が管厚の 1.6 倍 (潰し率 20%) まで圧縮すると、工事に支障のない程度まで止水できる。
(実験結果より、最大値を示した呼び径 50 × 0.75MPa 条件でも、1 分間当たり、コップ半分程度である)
- (4) クランプ治具の締め幅が管厚の 1.4 倍 (潰し率 30%) まで圧縮すると、かなり止水できる。
- (5) クランプ治具の締め幅が管厚の 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、感覚的には「滲みだし」「涙漏れ」以下である。

6) 考察

- (1) 管の厚さのバラツキによる影響

現場でのスクイズオフを考慮すると管の厚さを測定出来ないのも、規格寸法からクランプ治具の締め幅を決定することになる。

そこで、管厚の許容範囲内での影響を考察する。

表 9 管厚のバラツキによる影響

呼び径	厚さ規格値		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
	基準値	許容差				
13	3.5	0.30	4.90	1.53	1.4	1.29
20	4.0	0.30	5.60	1.51	1.4	1.30
25	5.0	0.35	7.00	1.51	1.4	1.31
30	5.6	0.40	7.84	1.51	1.4	1.31
40	6.5	0.45	9.10	1.50	1.4	1.31
50	8.0	0.55	11.20	1.50	1.4	1.31

注)
製品規格の基準値に対して
クランプ治具の締め幅を
決定した場合に、規格上限、
及び下限の製品では、
左表の様に、管厚に対する
締め幅 (× 管厚) が振れる。

製品規格の全体厚さ基準値に対して 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 9 の範囲内 (1.29 ~ 1.53 × 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肉厚品の場合、クランプ治具の締め幅が管厚 × 1.3 となるので、管厚 × 1.3 の締め幅までスクイズオフした後の供試管を熱間内圧クリープで評価した。

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熱間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、同一材料の熱間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、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。

表 10 に熱間内圧クリープ試験 (80℃) への供試管の試験条件を示す。

表 10 スクイズ後の熱間内圧クリープ試験条件

クランプ治具の締め幅	管厚× 1.4				管厚× 1.3		熱間内圧クリープ試験 の規格値は、円周応力 2.2MPa で 1000hr 以上 2.4MPa で 165hr 以上
補修継手のセット	無し		有り		無し	有り	
周方向応力 (MPa)	2.2	2.6	2.2	2.6	2.2	2.2	
試験本数 (n 数)	1	2	1	2	1	1	

2) 評価対象

評価対象は、影響の一番大きい最大口径の 50A 及び小口径を代表して 20A とした。

評価条件が異なる (外乱が入らない) ように各条件で同ロットの管で同時に評価を行った。

3) 評価結果

評価結果を表 11 及び表 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。

表 11 スクイズ後の熱間内圧クリープ試験条件 (20A)

クランプ治具の締め幅		管厚× 1.4						管厚× 1.3	
補修継手のセット		無し			有り			無し	有り
周方向応力	MPa	2.2	2.6		2.2	2.6		2.2	2.2
水圧	MPa	0.73	0.87	0.87	0.73	0.87	0.87	0.74	0.73
破壊時間	hr	1027 <	307	222	1027 <	588	215	2008 <	2008 <
破壊形態		停止	延性	延性	停止	延性	延性	停止	停止
破壊部位			スライズ部	スライズ部		最小厚さ部	最小厚さ部		

表 12 スクイズ後の熱間内圧クリープ試験条件 (50A)

クランプ治具の締め幅		管厚× 1.4						管厚× 1.3	
補修継手のセット		無し			有り			無し	有り
周方向応力	MPa	2.2	2.6		2.2	2.6		2.2	2.2
水圧	MPa	0.66	0.76	0.76	0.64	0.76	0.76	0.66	0.66
破壊時間	hr	1027 <	42	27	1027 <	97	22		
破壊形態		停止	延性	延性	停止	延性	延性		
破壊部位			最小厚さ部	最小厚さ部		最小厚さ部	最小厚さ部		

4) 補修継手の効果

今回の評価では、補修継手の有無による有意差は認められなかったが、2 本の平均値において若干の差が認められた。

2.4 スクイズ部側面の断面観察

スクイズ部で最も変形しダメージを受ける側面をスライスして顕微鏡観察すると、図 14 のように内面側で微細なクラックが発生しており、長期間の使用において何らかの悪影響を与えかねないものと考えられる。よって、スクイズ部には、必ず補修継手を取り付けて補強することが必要である。

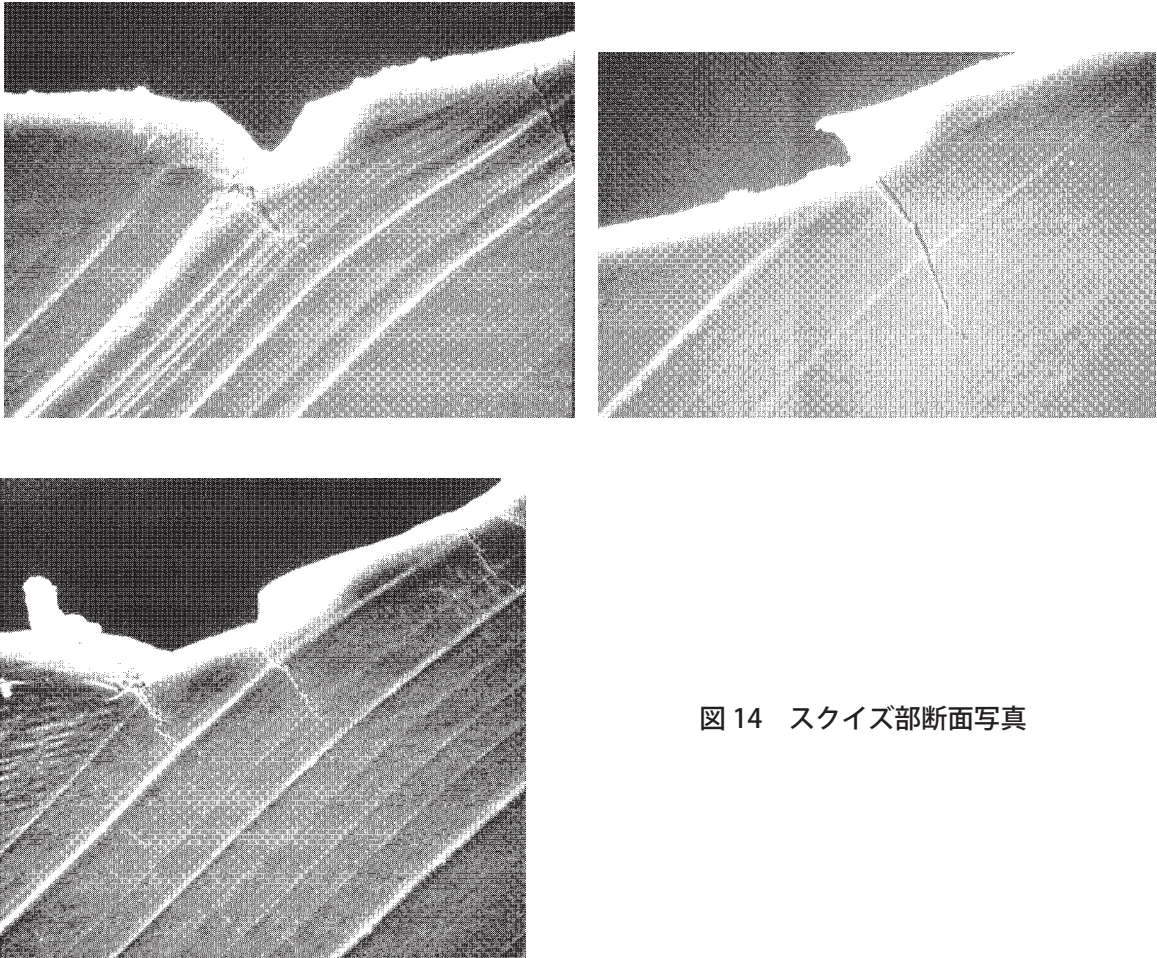


図 14 スクイズ部断面写真

2.5 スクイズオフ工法の推奨基準

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

- ① スクイズ幅限界：管厚× 1.4(潰し率 30%)
- ② クランプ治具：スクイズジョー R=24 のもの (ガス用ポリエチレン管治具)
- ③ スクイズ部は補修継手で必ず補強する

なお、どの程度の止水性能を要求するかにもよるが、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、管厚× 1.6 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出来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. 水道用 PE 二層管の水圧試験推奨基準

3.1 目的 (水道用 PE 二層管水圧試験推奨基準決定の経緯)

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 15)
- (2) 水圧試験時間は 9 割超が 10 分以下である (図 16)

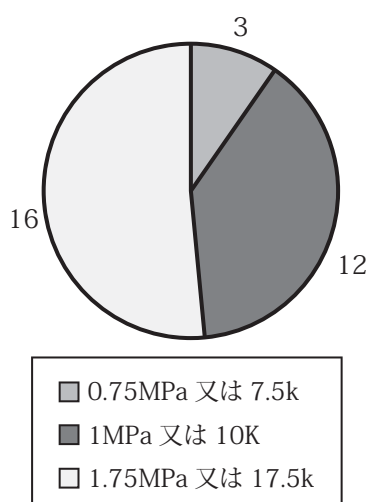


図15 給水装置の試験水圧

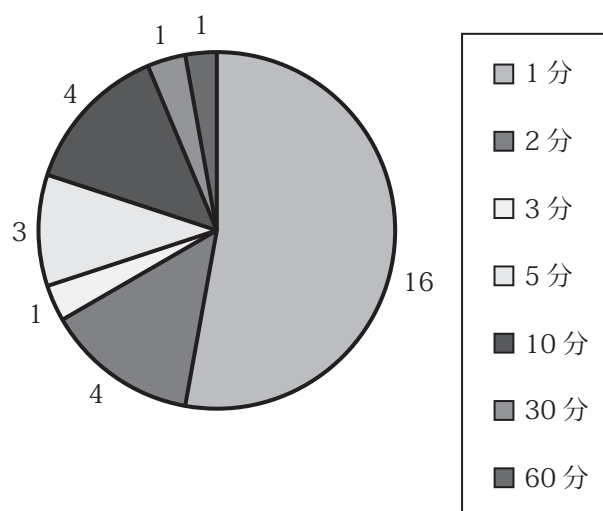


図16 給水装置の水圧試験時間

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った。

そこで、当工業会として、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。

3.2 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) 圧力降下がより少ない予備加圧条件
- (2) 漏れの具体的な判定基準
- (3) 圧力保持時間

2) 実験方法

- (1) 呼び径：25A 及び 50A の 2 サイズ
- (2) 管路長：5m
- (3) 予備加圧方法：一定時間 (3 分) 試験水压保持、及び試験水压 1.5 倍昇圧
- (4) 試験水压 (初期水压)：1.0MPa 及び 1.5MPa
- (5) 漏水想定操作方法：管路端のコック調節
- (6) 水压試験回数：各水準 1 回

表 13 管の寸法

単位：mm

呼び径	外径	厚さ	内径
25A	34.0	5.0	24.0
50A	60.0	8.0	44.0

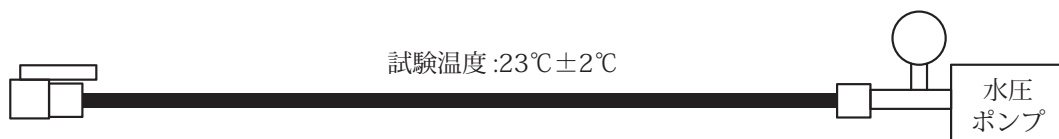


図17 実験配管の概要

3) 実験結果 1(予備加圧の影響)

表 14 に予備加圧条件による水压低下の検討結果を示す。

いずれも 20 分後に 10% 以上の水压低下が認められる。

予備加圧条件 1.0MPa × 3 分はいずれの呼び径でも安定した結果であるのに対して、最初に 1.5MPa としてから 1.0MPa に戻す予備加圧条件では、呼び径によって水压低下にばらつきがでた。

これは、管内容量が大きい 50A では圧力調整に時間がかかる一方、25A は手短に完了したためと考えられる。

一瞬の高水压負荷による予備加圧は、不安定であり好ましくない。

従って、以後の実験では予備加圧条件を、初期水压 3 分間保持とした。

表 14 予備加圧条件による 20 分後の水压低下

単位：mm

予備加圧条件	25A	50A	効果判定
1.0MPa × 3 分間	13%	14%	○
1.5MPa → 1.0MPa	29%	10%	×

4) 実験結果 2(漏水有無での水圧低下傾向、予備加压は初期水圧 3 分)

漏水無しと微量漏水での水圧低下傾向を図 18～図 21 に示す。

呼び径 25A と 50A、初期水圧 1.5MPa と 1MPa の計 4 通りについて、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) を検証出来る。

この水準以上では、急速に水圧が低下するため、容易に漏水と判定出来る。

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、10～12% の範囲であった。

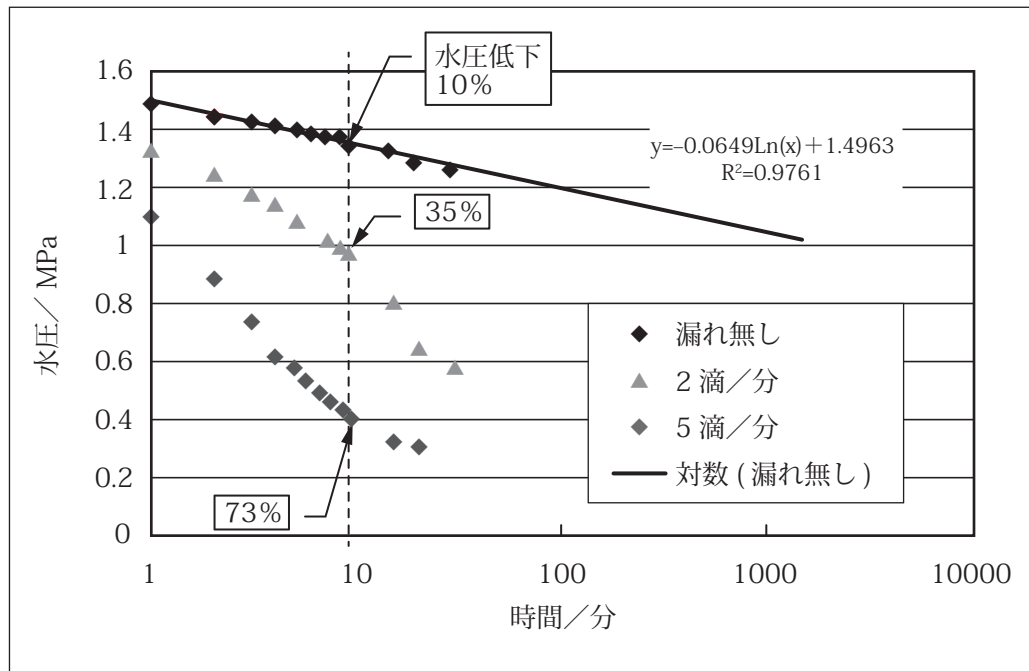


図18 初期水圧1.5MPaでの水圧低下(25A)

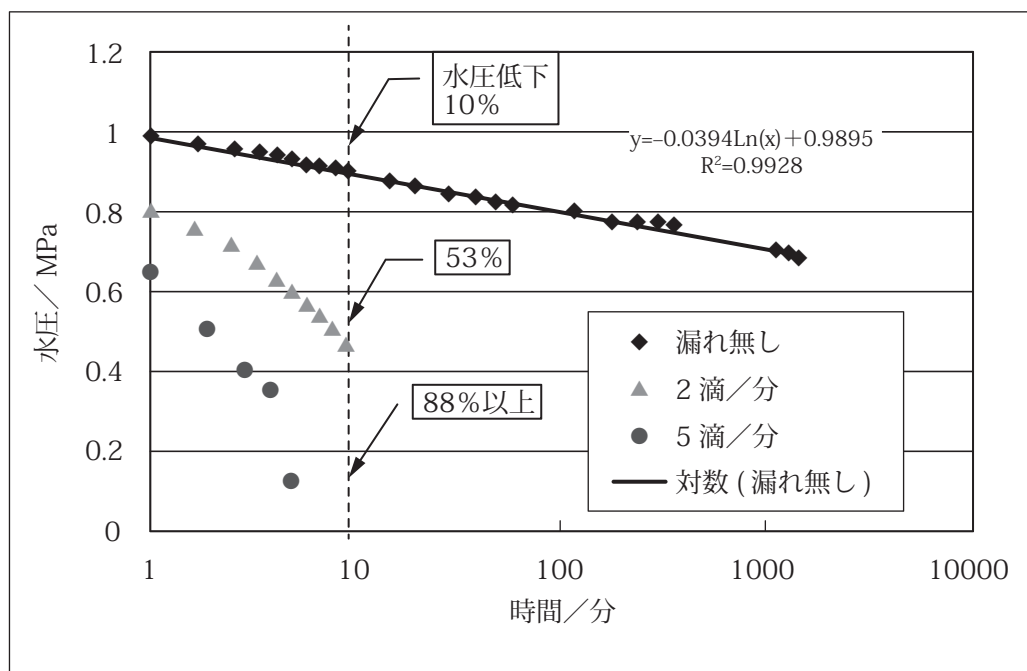


図19 初期水圧1.0MPaでの水圧低下(25A)

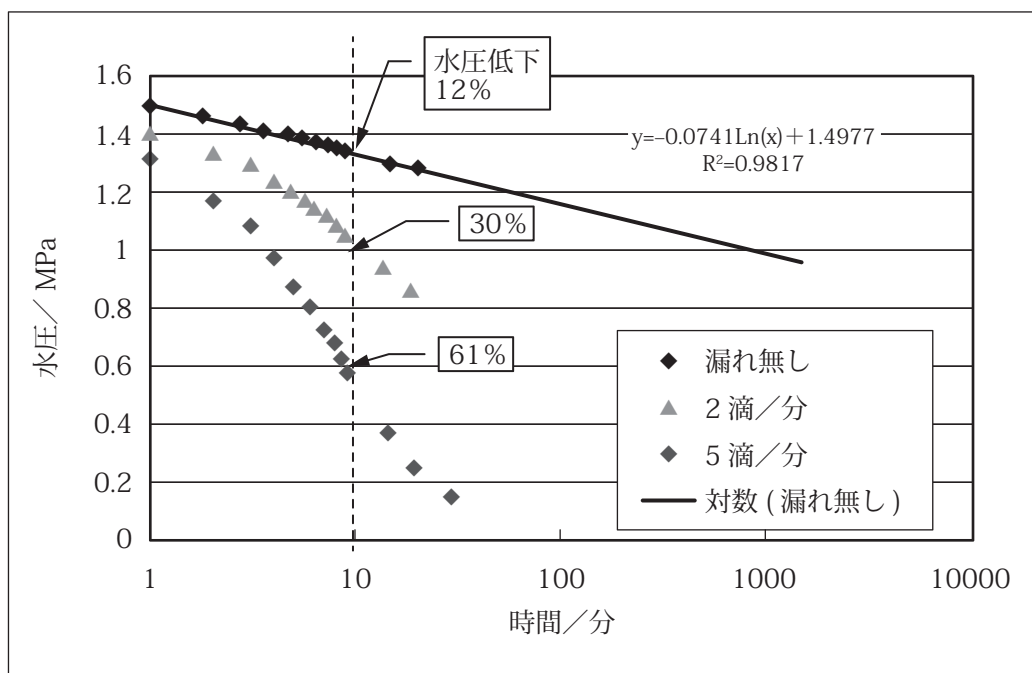


図20 初期水圧1.5MPaでの水圧低下(50A)

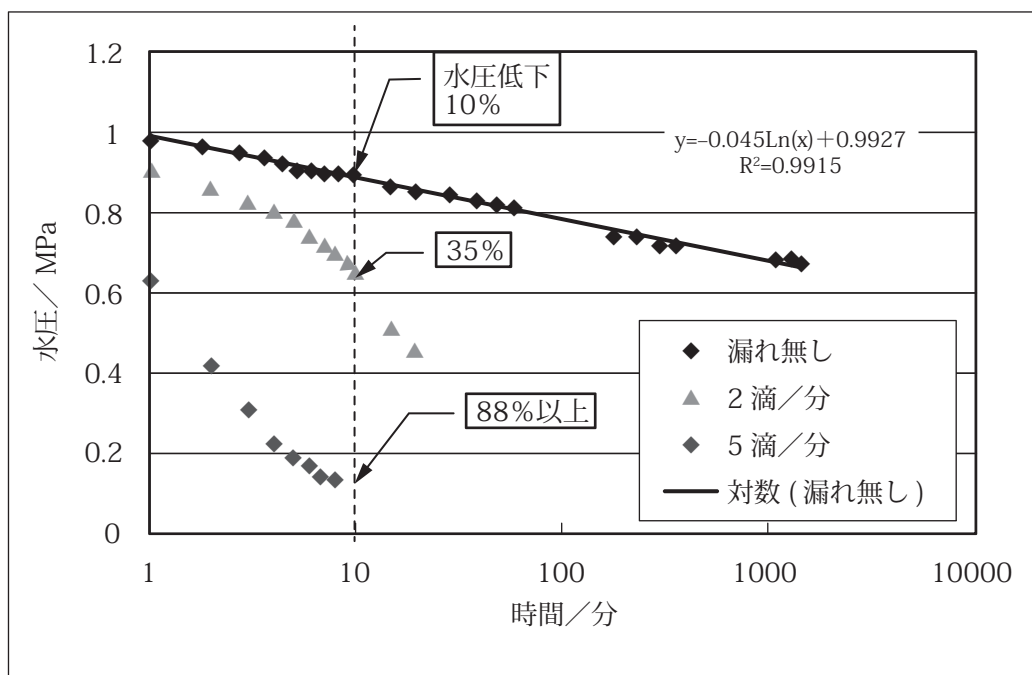


図21 初期水圧1.0MPaでの水圧低下(50A)

5) 結論

- (1) 一時的な高圧負荷よりも、試験水圧で一定時間予備加圧の方が試験結果は安定する。
- (2) 漏水無しでは、10 分後の水圧低下率が 12% 以下であり、片対数プロットで直線近似が可能であった。
- (3) 微量 (2 滴 / 分) でも漏水があれば、10 分後の水圧低下率は 35% 以上で、片対数プロットでの直線近似は不可であった。

これらの結果から、10 分後の水圧低下率により漏水の判定が十分可能であることの確認、及び水圧低下率の判定基準値として 20% の妥当性を見いだした。なお、当協会の水圧試験推奨基準については、「表 37 水圧試験条件及び判定基準 (p52)」に示す。

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、水道事業者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 二層管を布設替えすることで、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掘削面（約 1m）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。

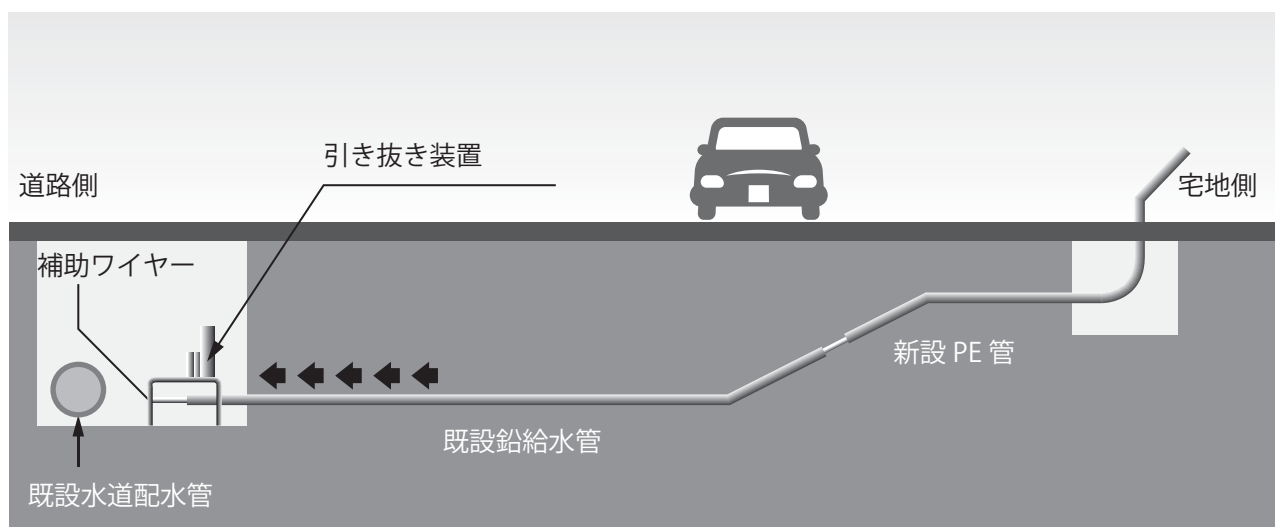


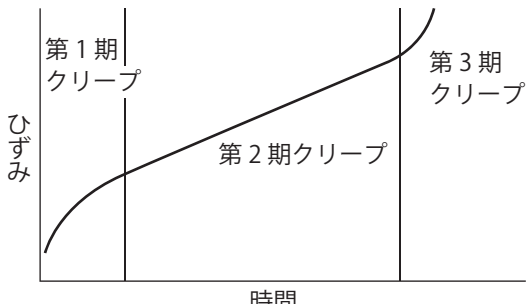
図 非開削工法のイメージ

5. 用語

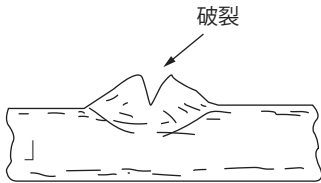
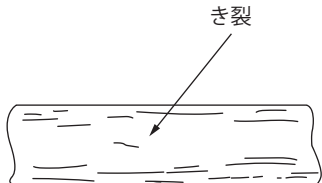
水道用 PE 二層管を理解するために必要な用語を表 15 に示す。(詳しくは JIS K 6900 プラスチック用語を参照)

表 15 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. 応力緩和 relaxation	材料に一定変形を与えた時に、時間の経過と共に応力が減少してゆく現象をいう。
4. 押出成形 extrusion molding	熱可塑性樹脂(たとえばポリエチレン樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂など)の成形加工方法の一種で、材料を押出機中で加熱加圧して流動状態にし、ダイから連続的に押出して成形する。水道用 P E 管はこの方法で作られる。
5. 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。
6. 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。
7. 下方信頼限界値 σ_{lcl} 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。
8. 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。
9. 基準外径 basic outside diameter	外径の基準寸法
10. 基準厚さ basic wall thickness	厚さの基準寸法

用 語	意 味
11. 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。 
12. 公称外径 nominal outside diameter	ISO規格に規定している管の口径を特定する呼称。管の口径を基準にしている。
13. 高分子 high polymer、 macro molecule	分子量の大きい(例えば1万以上)化合物で、物性に対する分子量の影響が比較的小さいものをいう。天然高分子と合成高分子に分けられる。
14. 合成樹脂 synthetic resin	合成によって作られた高分子物質で、プラスチック、塗料、接着剤などの主原料である。熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂に大別される。これに対して植物又は動物から得られた樹脂状物質を天然樹脂という。
15. 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。
16. 最小寸法厚さ minimum wall thickness	厚さの最小値
17. 最小要求強度 (MRS) Minimum required strength	σ_{ld} 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。
18. 射出成形 injection molding	射出成形機によってプラスチックを加熱軟化させて、金型に射出して成形することをいう。

用 語	意 味
19. 重 合 polymerization	高分子化合物を生成する反応の総称で、ビニル重合、開環重合、縮重合及び付加重合などがある。
20. 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。
21. 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。
22. ぜい化温度 brittle(ness) temperature	プラスチックの低温における力学的挙動を予知するための試験で、通常定められた低温衝撃試験によって試験片が破壊する上限温度をいう。
23. 線膨張率 coefficient of linear thermal expansion	固体の長さが温度によって変わる割合を表し、温度が 1 度変化したときの長さの変化率で示す。
24. 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。
25. 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。
26. 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。
27. 耐電圧試験 withstand voltage test	規定の電圧を一定時間印加して絶縁材料が破壊しないでこれに耐えうるかどうかを調べる試験をいう。この場合の試験電圧を耐電圧という。また、破壊しないで一定時間耐える最高電圧を耐電圧ということもある。
28. 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。
29. 弾 性 elasticity	固体物質に力を加え変形させた後応力を取り除くと、直ちに原形にもどる性質をいう。
30. 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。
31. 弾 性 率 modulus of elasticity	一般に弾性限度内において材料が受けた引張り、曲げ、圧縮、せん断、ねじれなどの応力を材料に生じたひずみで除した値をいい、 N/mm^2 の単位で示す。この値の大きい材料ほど、一定荷重に対する変形が小さい。なお、弾性限度を越えた領域で、応力 - ひずみ曲線上の任意の位置における応力とひずみとの比を見掛け弾性率という。
32. 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。

用 語	意 味
33. 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。
34. 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。
35. 熱伝導率 coefficient of thermal conductivity	熱の放射や対流によらないで、しかも物質の移動を伴わない熱の移動を熱伝導といい、熱の伝わる方向に垂直に取った等温平面の単位面積を通して単位時間に垂直に流れる熱量と、この方向の温度こう配との比を熱伝導率という。W/m・K {Kcal/m・hr・℃} の単位で表す。
36. 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。
37. 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）
38. 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。
39. 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。
40. 疲労 fatigue	材料に時間的に変化する応力が作用すると一定応力が作用した時よりも強さが低下する現象をいう。
41. 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。
42. 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。

用 語	意 味
43. 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。
44. 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。
45. 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 $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$
46. 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。
47. 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。
48. ヤング率 Young's modulus、 modulus of elasticity intension	弾性率の一種で、引張弾性率ともいう。一様な太さの棒の一端を固定し、他端を軸方向に引く（又は押す）場合、棒の断面に働く応力を σ 、単位長さあたりの伸び（又は縮み）を ε とすれば、比例限度内で $\sigma = E\varepsilon$ という関係が成り立つ。このように伸び変形で応力 σ とひずみ ε との間に比例関係が成り立つとき、比例定数 $E = \sigma / \varepsilon$ をヤング率といい、物質特有の定数である。
49. 誘電正接 dielectric dissipation factor dielectric loss tangent	誘電体に正弦波電圧を加えた場合、誘電体を流れる電流のうち、印加電圧と同一周波数を有する電流成分との相差角の余角 δ の正接 $\tan\delta$ をいう。
50. 誘 電 率 dielectric constant	単位電界において、単位体積中に蓄積される静電エネルギーの大きさの程度を示すもので、コンデンサーに誘電体を入れたときの静電容量と空気を入れたときの静電容量との比をいい、 ε で表す。
51. 呼び径 nominal outside diameter	管の口径を特定する呼称。JIS 管系の呼称。
52. 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こ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

呼び径	据付工 10 m 当たり		継手工 (1 口 当り)	
	配管工	普通作業員	配管工	普通作業員
13	0.06	0.10	0.01	0.01
20	0.07	0.12	0.02	0.02
25	0.07	0.12	0.02	0.02
30	0.08	0.14	0.03	0.03
40	0.08	0.14	0.03	0.03
50	0.10	0.18	0.04	0.04

備考 歩掛は、20 m 程度の現場内小運搬を含む。

※出典

平成 24 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 64 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より。

(発行 全国簡易水道協議会)

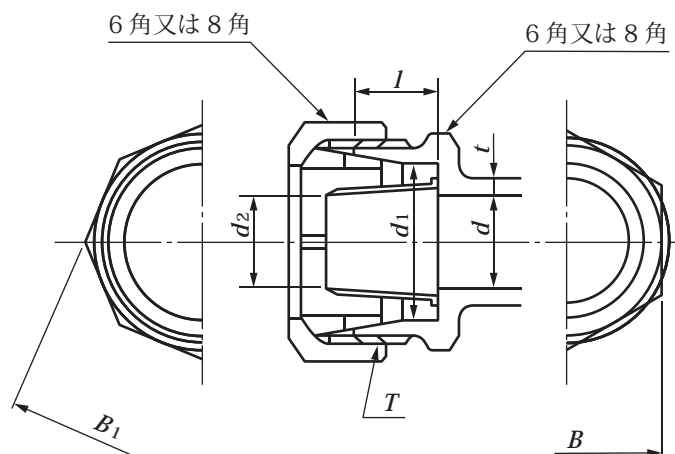
7. 水道用 PE 二層管金属継手について

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。尚、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 5 に示す

表 5－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 × 2
20	20		29.3		16.4		15.5		3.0		35	42	M38 × 2
25	25		36.6		21.3		17.5		3.0		42	49	M45 × 2
30	30		45.0		28.0		20.0		3.5		53	60	M56 × 2
40	40		51.5		32.0		24.0		4.0		60	68	M63 × 2
50	50		64.5		41.0		30.0		4.5		74	82	M77 × 2

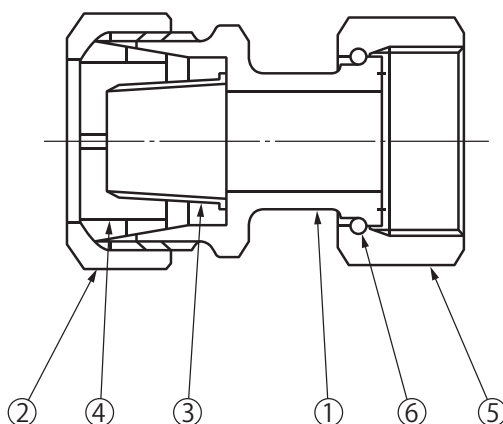
注 ^{a)} d 寸法は、表 7、表 8、表 13、表 14 及び表 19～表 21 には適用しない。また、 d 寸法のインコア挿入側内面には、インコア脱落防止のため、突起を設けてもよい。

^{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 6 に示す

表 6 ー 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 又は CAC904 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 又は CAC904C 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。

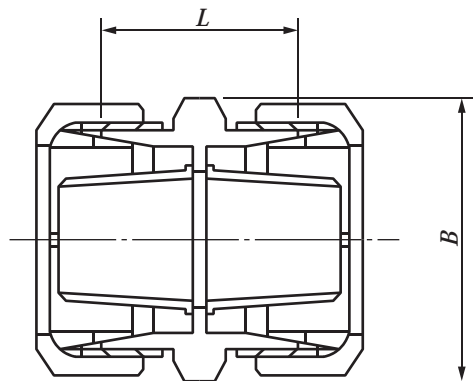
注^{a)} 耐脱亜鉛腐食性は、JIS H 3250 の附属書 B によって試験を行ったとき、1 種 (最大侵食深さが、70μm 以下) とする。

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 7 に示す

表 7－ソケット



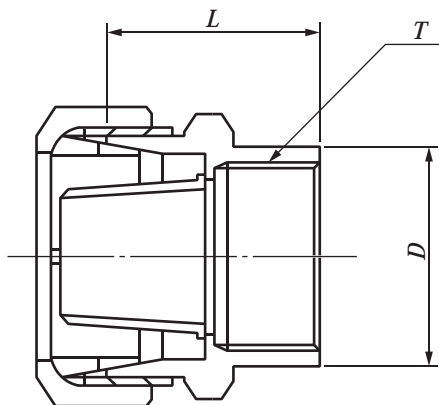
単位 mm

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

注 a B は、表 5 に示す B 寸法を適用しない。

(2) 鋼管用めねじ付ソケット：表 14 に示す

表 14－鋼管用めねじ付ソケット



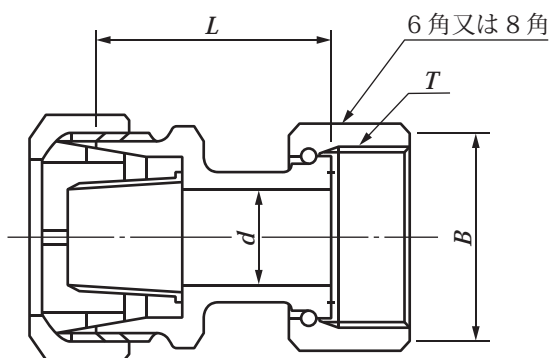
単位 mm

呼び径	L		T^a	D
	寸法	許容差		
13	29	± 3	Rc1/2	26
20	32		Rc3/4	31
25	37		Rc1	38
30	42		Rc1 1/4	47
40	46		Rc1 1/2	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 19 に示す

表 19－メーター用ソケット

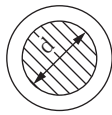
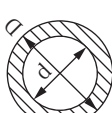
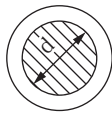
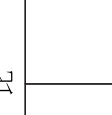
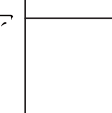
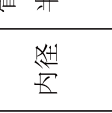
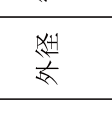
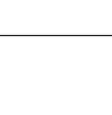


単位 mm

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。

8. 水道用PE二層管 断面諸数表

管 種	呼 び 径	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				
		外径 D	管厚 t	内径 d	管厚中心 半 径 $\frac{D-t}{2} = r$	r^2	寸 法 比				$\frac{\pi}{4} \cdot d^2$	$\frac{\pi}{4} (D^2 \cdot d^2)$	$\frac{\pi}{64} (D^4 \cdot d^4)$	$\frac{t^3}{12}$	$\frac{\pi(D^4 \cdot d^4)}{32 \cdot D}$	$\frac{t^2}{6}$
							t/r	$(t/r)^2$	$(t/r)^3$							
1	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	0.713	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
種	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
	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	0.01205		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
種	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

9. 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・K)	kcal/(h・m・℃)
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 ・℃)
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・℃) cal/(g・℃)
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技術資料

平成 6 年 1 月 1 日 初版発行
平成 10 年 7 月 1 日 第 2 版発行
平成 11 年 7 月 1 日 第 3 版発行
平成 16 年 7 月 1 日 第 4 版発行
平成 25 年 7 月 1 日 第 5 版発行
平成 28 年 3 月 1 日 第 6 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

〒 111-0041 東京都台東区元浅草 2 丁目 6 番 7 号 マタイビル 4 階

TEL 090-3320-3725 FAX 03-5246-7884

非売品 不許転載

日本ポリエチレンパイプシステム協会

〒111-0041 東京都台東区元浅草2丁目6番7号 マタイビル4階
TEL 090-3320-3725 FAX 03-5246-7884

〈会員：アイウエオ順〉

(株)イノアック住環境	〒456-0068 愛知県名古屋市熱田区神野町2丁目70番地	TEL 052-684-0266
クボタシーアイ(株)	〒556-8601 大阪府大阪市浪速区敷津東1-2-47	TEL 06-6648-2375
住友ベークライト(株)	〒061-3242 北海道石狩市新港中央2丁目763-7 (北海大洋プラスチック㈱内)	TEL 0133-64-6611
日本プラスチック工業(株)	〒485-0826 愛知県小牧市東田中100-1	TEL 0568-72-2011
弥栄化学工業(株)	〒123-0865 東京都足立区新田2-6-13	TEL 03-3911-8181