



# POLITEC

水道配水用ポリエチレン管及び管継手

Higher Performance Polyethylene (HPPE) Pipes and Fittings for Water Supply

## 設計マニュアル

配水用ポリエチレンパイプシステム協会

日本水道協会規格品  
水道配水用ポリエチレン管 **JWWA K144(管)**  
**K145(管継手)**

## はじめに

水道配水用ポリエチレン管は、軽量で柔軟性、耐食性、衛生性に優れるというポリエチレンの特長に加え、平常時における長期性能と地震や地盤沈下など非常時における耐久性を兼ね備えた、新しい配水用プラスチック管材です。

この管は、平成9年9月に日本水道協会規格（JWWA K 144 水道配水用ポリエチレン管、JWWA K 145 水道配水用ポリエチレン管継手）が制定されて以降、平成16年6月に厚生労働省より発表された水道ビジョン、平成17年1月制定の日本水道協会規格（JWWA Q100）「水道事業ガイドライン」で耐震管として認められ、日本水道協会「水道施設耐震工法指針・解説2009年版」にも耐震計算方法が掲載されています。

また、平成16年の新潟県中越地震や平成19年の能登半島地震、新潟県中越沖地震、平成20年の岩手宮城内陸地震において被害はなく、平成23年3月の東日本大震災においても、埋設状態が維持されていた管路の被害はなく、優れた耐震性が実証されています。

この「設計マニュアル」は、水道配水用ポリエチレン管による耐震管の設計を担当される皆様のご要望に供することを目的としており、発行以来、皆様より様々なご意見を頂戴して改訂させていただいております。

これからもこの冊子をご愛読いただき、水道配水用ポリエチレン管の特長を生かした配管設計により、未来につながる耐震管路を構築していただきますようお願い申し上げます。

## 目 次

<b>1. 水道配水用ポリエチレン管の特長</b> · · · · ·	1
1.1 材料特性 · · · · ·	1
1.2 HPPE 管の耐用年数について · · · · ·	5
1.3 EF 接合 · · · · ·	10
1.4 耐震性 · · · · ·	11
1.5 施工性 · · · · ·	13
1.6 耐食性 · · · · ·	15
1.7 衛生性 · · · · ·	16
<b>2. 水道配水用ポリエチレン管および管継手の規格</b> · · · · ·	17
2.1 規格一覧 · · · · ·	17
2.2 水道配水用ポリエチレン管および管継手品目表 · · · · ·	18
2.3 PTC 規格の概要 · · · · ·	22
2.3.1 水道配水用ポリエチレン管(PTC K 03) · · · · ·	22
2.3.2 水道配水用ポリエチレン管継手(PTC K 13) · · · · ·	24
<b>3. 水道配水用ポリエチレン管の設計</b> · · · · ·	28
3.1 管路設計の手順 · · · · ·	28
3.2 使用範囲 · · · · ·	32
3.3 流量計算 · · · · ·	34
3.4 管厚設計 · · · · ·	37
3.4.1 内圧に対する安全性検討 · · · · ·	37
3.4.2 外圧に対する安全性検討 · · · · ·	38
3.5 耐震設計 · · · · ·	42
3.5.1 許容歪み · · · · ·	42
3.5.2 応答変位法による地震動に対する耐震計算 · · · · ·	43
3.5.3 地盤変状に対する耐震計算 · · · · ·	49
3.6 液状化浮力の検討 · · · · ·	51
3.7 伸縮および抜け出し防止に対する検討 · · · · ·	53
3.8 管路の浮上防止に関する検討 · · · · ·	54
3.9 設計上の注意事項 · · · · ·	55
3.10 配水管の表示方法例 · · · · ·	59
3.11 標準配管例 · · · · ·	61
3.11.1 EF 継手による標準配管例 · · · · ·	61
3.11.2 メカニカル継手による標準配管例 · · · · ·	67
3.11.3 各種給水管などとの接続例 · · · · ·	72

3.11.4 異種管との接続方法	74
3.11.5 断水連絡方法	76
3.12 モデル管路での設計例	79
<b>4. 各種試験結果</b>	88
4.1 EF 継手の強度	88
4.1.1 引張試験	88
4.1.2 へん平水圧試験	89
4.1.3 曲げ水圧試験	90
4.2 メカニカル継手の強度	91
4.2.1 引張試験	91
4.2.2 へん平水圧試験	91
4.2.3 曲げ水圧試験	92
4.3 サドル付分水栓の強度	93
4.3.1 へん平水圧試験	93
4.3.2 曲げ水圧試験	94
4.3.3 管軸方向ずれ試験	95
4.3.4 管ひずみ止水試験	96
4.4 埋設強度に関する各種実験	97
4.4.1 埋設ボックス実験<その1>	97
4.4.2 埋設ボックス実験<その2>	98
4.4.3 埋設下における路面荷重の影響確認実験	100
4.4.4 浅層埋設繰返し載荷実験	102
4.5 耐震性能評価に関する試験	104
4.5.1 管軸方向引張試験	104
4.5.2 管軸方向圧縮試験	105
4.5.3 地割れ実験	106
4.5.4 段差実験	107
<b>5. 参考資料</b>	108
5.1 工事歩掛り表	108
5.2 EF 継手の口数	110
<b>付録</b>	111
SI 単位換算率表	111

# 1. 水道配水用ポリエチレン管の特長

## 1.1 材料特性

水道配水用ポリエチレン管および管継手の材料は、ISO 9080に規定する外挿方法で、HPPE/PE100と認定されている高密度ポリエチレンです。この材料はその発達の歴史から、第三世代高密度ポリエチレンと呼ばれ、また、長期静水圧強度や耐環境応力き裂性等の基本性能の高さとバランスの良さから、高性能ポリエチレン(Higher Performance Polyethylene [HPPE])と称されています。

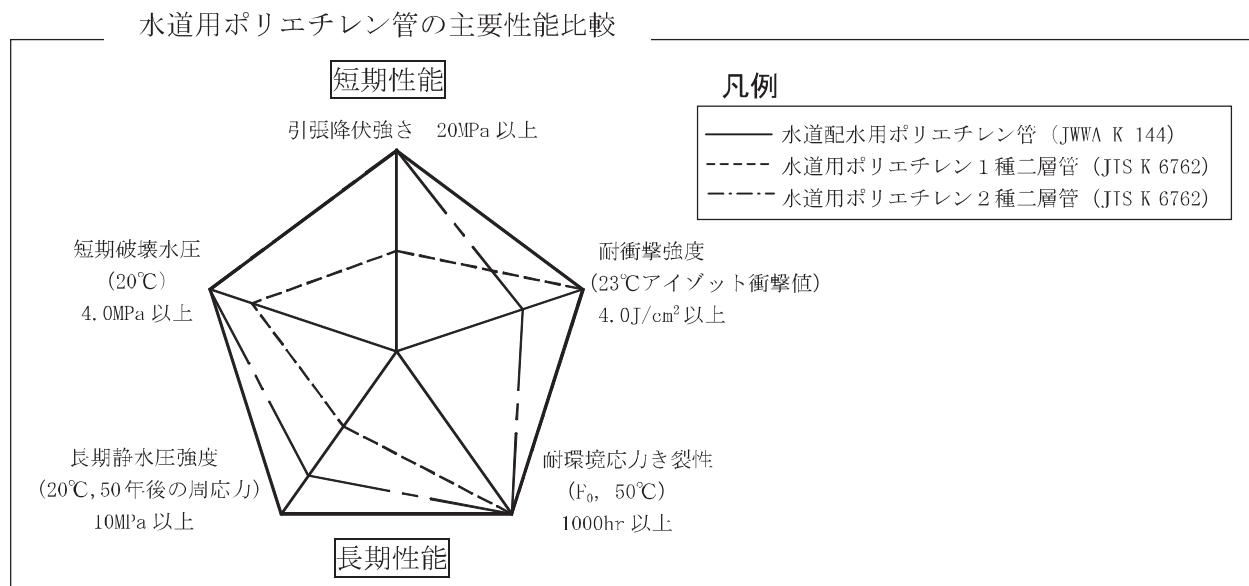


図 1.1.1 水道用ポリエチレン管の主要性能比較

### (1) 我が国におけるポリエチレン管の開発経緯について

我が国において水道用ポリエチレン管は、1953年頃から使用され始めました。当時は、給水管として低密度ポリエチレン(LDPE)を用いていましたが、1955年頃には第一世代高密度ポリエチレン(HDPE)を用いた給水管も使用されるようになりました。ところが1970年頃に第一世代HDPEのき裂事故が発生し、また、1975年頃にはLDPEの水泡はく離事故が多発しました。

HDPEのき裂問題の対策として、1980年頃に耐き裂性を向上させた第二世代HDPEが開発されました。しかし、第一世代HDPE管への水道界の不信感は根強く残っており、第二世代HDPEで製造された管は、水道業界ではほとんど採用されませんでした。

一方、LDPEの水泡はく離問題に関しては、各種調査の結果、ポリエチレン管の耐候性を付与するために添加されていたカーボンブラックが、水道水中の塩素によるポリエチレン樹脂劣化の触媒作用をしていることが判明しました。その後、耐塩素水性を向上させるために、直鎖状低密度ポリエチレン(L-LDPE)を用いて、内層はカーボンブラックを添加しないナチュラル層、外層は耐候性をもったカーボンブラック添加の黒色層とした二層管が開発されました。1998年には、主に給水用途として用いられているポリエチレン管の規格(JIS K 6762)は「水道用ポリエチレン二層管」となり、ほとんどL-LDPEによる二層管になっています。

第三世代HDPEと呼ばれているHPPE/PE100は、1989年にソルベイ社(ベルギー)によって開発されました。他の樹脂メーカーでも同等のポリエチレンが製造できるようになりました。HPPE/PE100が安定供給されるようになり「水道配水用ポリエチレン管」として普及が進んできました。

## (2) 欧州でのポリエチレン管開発の歴史について

欧洲においても1950年代に、第一世代 HDPE や LDPE を用いたポリエチレン管が使用され始めましたが、第二世代 HDPE、中密度ポリエチレン (MDPE : PE80) へと移行されてきました。1989年には、第三世代 HDPE と呼ばれている HPPE/PE100 が開発され、2000年には、HPPE/PE100 が水道配水用ポリエチレン管の主流となってきています。

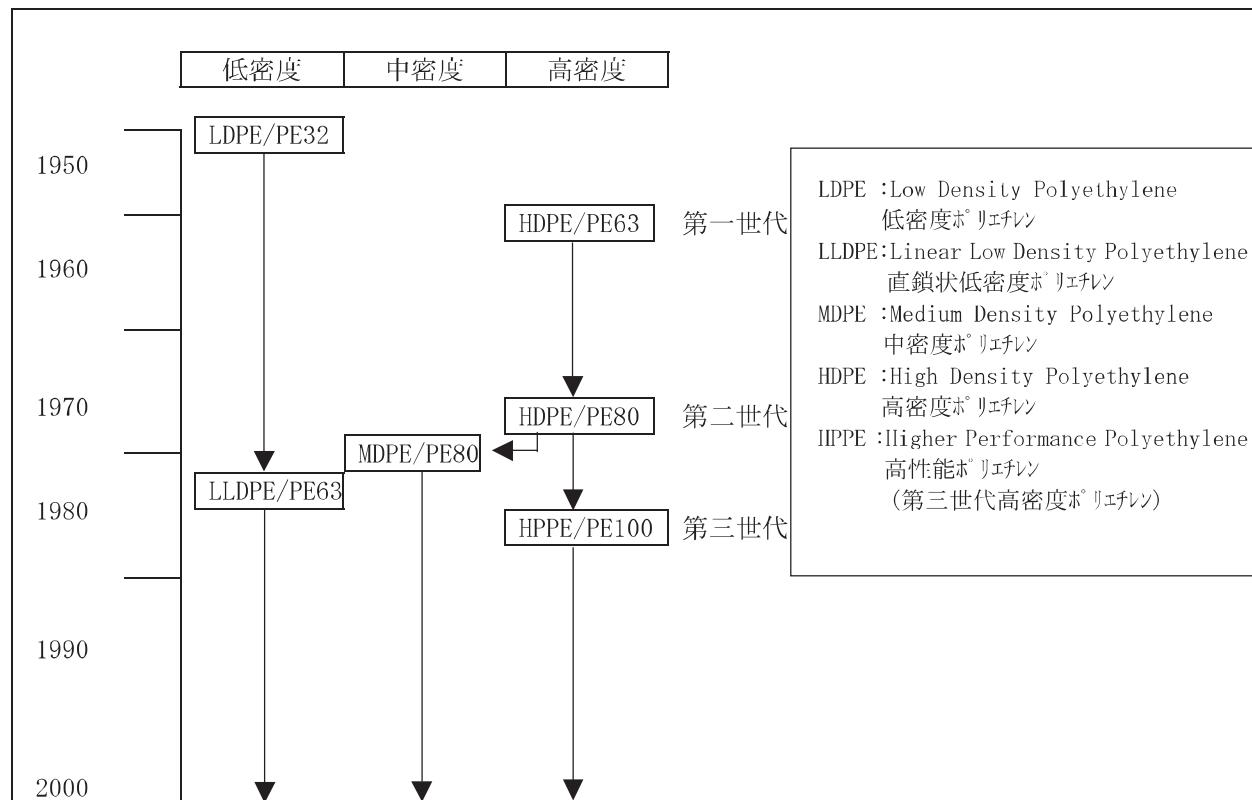


図 1.1.2 ポリエチレン管開発の歴史

## (3) ポリエチレン材料としては世界最高水準の長期静水圧強度 (MRS=10MPa) を実現しています。

ポリエチレンを含めたプラスチック管については、管内水圧のために管壁には常時一定範囲の周応力が発生しています。このような状態下で樹脂管はクリープ現象を起こすため、長期にわたって使用した場合、短期的な破壊圧力よりも小さな応力で管が破壊することがあります。

ポリエチレン樹脂もクリープ特性を持つため、実管路で常に水圧がかかっているような状況下では、長期間使用すると短期的な試験（破壊水圧試験等）で示す値よりも小さな応力で破壊することがあります。したがって、管厚設計の際にはクリープ特性を充分考慮しています。

クリープ特性の評価方法はISO 9080に規定されています。この評価方法では熱間内圧クリープ試験を行って、管が20°Cで50年間の使用に耐え得る周方向応力（長期静水圧強度又は最小要求強度：Minimum Required Strength）を算出します。水道配水用ポリエチレン管にはMRSが10MPa以上で、PE100グレードと呼ばれるポリエチレン樹脂を使用しています。PE100グレードは現在までに開発されたポリエチレン樹脂では最も高強度のグレードです。

（試験方法の概要を [参考：長期内圧クリープ特性の評価方法=ISO 9080=] に示します。）

## [参考：長期内圧クリープ特性の評価方法 ISO 9080 ]

まず、任意の内圧を与えて管壁に一定の周方向応力を発生させた試料を恒温水槽に放置し、管が破壊するまでの時間を測定します。恒温水槽の温度は20°Cを含む3水準以上(例えば、20°C, 60°C, 80°C)とします。

得られた試験結果を「破壊時間—周方向応力」の両対数グラフにプロットすると直線関係が得られ、そこで回帰直線を求め、20°Cの回帰直線を50年後まで延長し、50年後の周方向応力(正確には周方向応力の97.5%信頼下限値)を求めます(図1.1.3)。この周方向応力をMRSと呼びます。水道配水用ポリエチレン管に使用している樹脂はMRSが10MPa以上で、PE100と呼ばれるグレードに属しています。

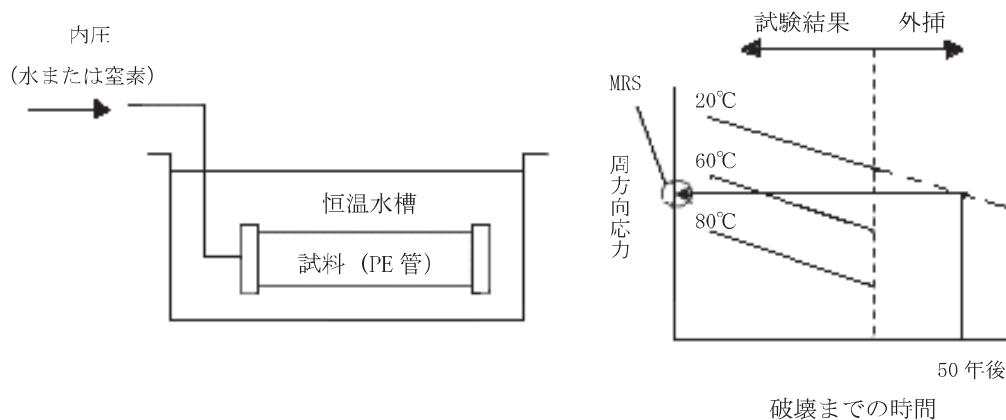


図1.1.3 热間内圧クリープ試験

### (4)高密度ポリエチレンの弱点とされていた耐環境応力き裂性(ESCR)が大幅に向上し直鎖状低密度ポリエチレンと同等となっています。

1970年代に発生したき裂漏水事故は、第一世代高密度ポリエチレン管に生じたもので、材料の環境応力き裂によって引き起こされたものでした。環境応力き裂は、応力が加わったポリエチレン結晶間に界面活性剤が浸透してき裂を生じる現象です。第三世代高密度ポリエチレンHPPE/PE100(水道配水用ポリエチレン管)は、第一世代高密度ポリエチレンに比べてタイ分子の数を大幅に増やすことにより、耐環境応力き裂性を向上させました。

この耐環境応力き裂性を評価する方法が環境応力き裂試験です。これは試験片にノッチ(かみそり刃による切り込み)を入れ、曲げを加えた状態で50°Cの試験液に240時間浸せきし、き裂発生の有無を調べるものです。

この試験の結果、き裂漏水事故が発生した第一世代HDPEでは、試験開始後24時間以内にき裂が発生しましたが、HPPE/PE100では、5000時間経過後も異常は見られませんでした。したがって、HPPE/PE100は、第一世代HDPEに比べてき裂破壊に対する耐久性が飛躍的に向上していると考えられます。

(5) 高密度ポリエチレンの長所である引張強さ、曲げ強さなどの長期強度性能はそのまま継承しています。また伸び、耐衝撃性なども向上し、可撓性に富むというポリエチレンの特長に一層磨きがかかるっています。

#### (a) 分子量と分子量分布の説明

HPPE/PE100は、図1.1.4に示すように分子を全体的に高分子量化するとともに個々の分子の構造を制御してタイ分子（後述）を増大させ、長期静水圧強度と耐環境応力き裂性を向上させています。また、低分子量領域をある程度確保することで、耐衝撃性を向上させ、適度な柔軟性を確保しています。

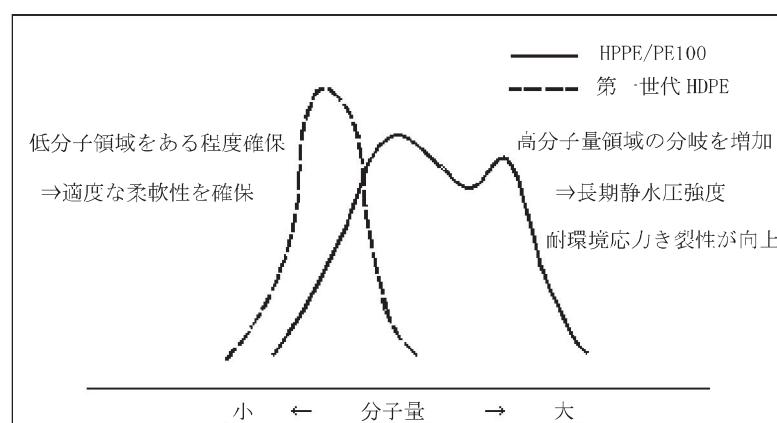


図1.1.4 分子量分布の改良（イメージ）

#### (b) タイ分子の説明

ポリエチレン樹脂は、図1.1.5に示すように結晶部間がタイ分子で結ばれた構造となっています。ポリエチレン樹脂のき裂は、このタイ分子が破壊されて起こります。したがって、タイ分子の数が多いほど、き裂破壊が起こりにくくなります。HPPE/PE100は、第一世代HDPEに比べて分子量と分子構造を改良することでタイ分子の量が大幅に増大しています。

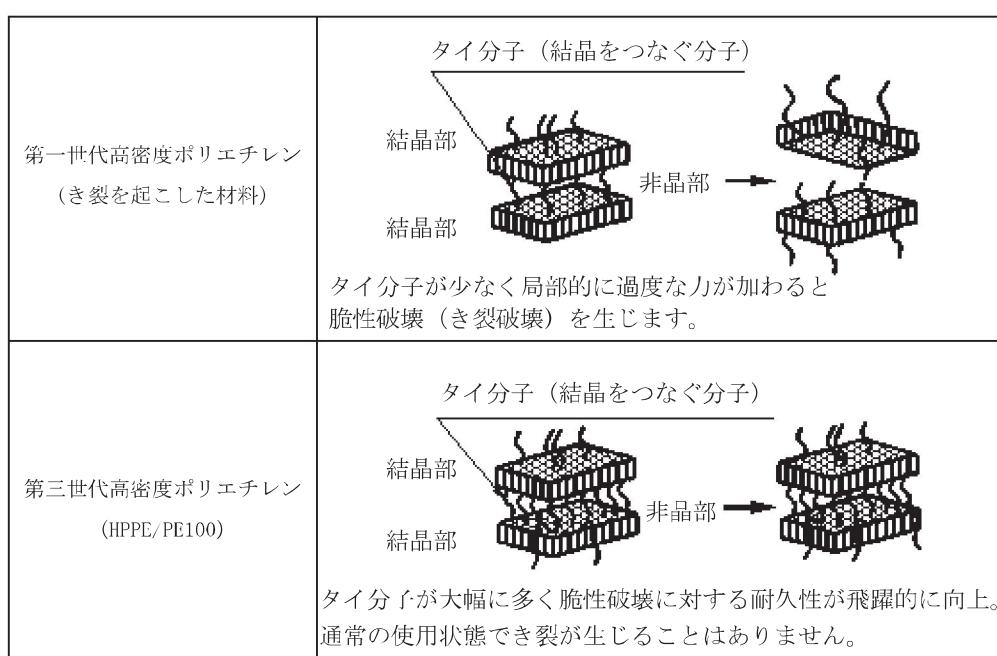


図1.1.5 ポリエチレンの結晶構造の改良（イメージ）

## 1. 2 HPPE管の耐用年数について

### 1.2.1 HPPE管の寿命要因

水道管路の寿命を水道管路が有するべき性能・機能を十分に満足できない限界状態に至る時期と定義し、道路下に埋設されたHPPE管路が寿命に至る要因を以下に抽出しました。

HPPE管のような樹脂管は、金属管のような腐食がない一方、長い時間一定の力を加え続けると次第に変形が進行するクリープという挙動がみられます。そこで、1つ目の寿命要因として、埋設管路に作用する内圧・外圧を挙げました。

2つ目の寿命要因としては、これまでに水道管路に甚大な被害を発生させている地震を挙げ、特にレベル2地震動に対して 100年寿命を検証しました。ここでの検証では、地震に対してHPPE管路が耐えられるか(耐震性)ということだけでなく、地震によるダメージが管の耐久性に与える影響についても評価しました。

3つ目の寿命要因としては、水道水中の残留塩素を挙げました。1970年代後半、一部の都市で黒色の単層低密度ポリエチレン管を布設して数年以上経過すると、配管の内面に水泡が発生し、稀な例として水接面管壁が薄片状に剥離して漏水が発生しました。原因の一つとして、管材料に配合されたカーボンブラックが触媒として作用し、ポリエチレンと残留塩素の反応が促進されたことが明らかになりました。HPPE管・継手は、接水面にカーボンブラックを含有しないものであり、日本水道協会規格 JWWA K144 及びJWWA K145 の性能規定項目「耐塩素水性」に関わる「規定条件での水泡発生がないこと」を満足していますが、今回は耐塩素水性を100年という長期期間に対して検証しました。

## 1.2.2 100年寿命の検証における想定条件

HPPE管路の100年寿命を検証するにあたり、想定条件は以下のようにしました。

表1 .2.1 100年寿命の検証における想定条件

寿命要因	想定条件
内圧・外圧	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計水圧：1.0MPa(静水圧0.75MPa + 水撃圧0.25MPa)</li> <li>使用温度範囲：0℃～40℃</li> <li>埋設深さ：土被り60cm以上</li> <li>輪荷重：25t トラック車両が繰返し通過</li> <li>許容傷深さ：管厚の10%以下</li> <li>許容曲げ半径：管外径の75倍以上</li> </ul>
地震	・地震動レベル2の地震を少なくとも1回経験
残留塩素	・残留塩素濃度1ppm(水圧負荷状態)

## 1.2.3 各寿命に対する100年寿命の検証

### 証（1） 内圧・外圧に対する検証

#### ① 照査手順

HPPE管路に作用する内圧・外圧を図1.2.1に示します。HPPE管路が内圧・外圧により寿命に至る場合、一般に荷重の特性により寿命に至る形態(以下、限界状態とする)が異なります。そこで表1.2.2に示すように、荷重の特性により3つの限界状態に分類しました。

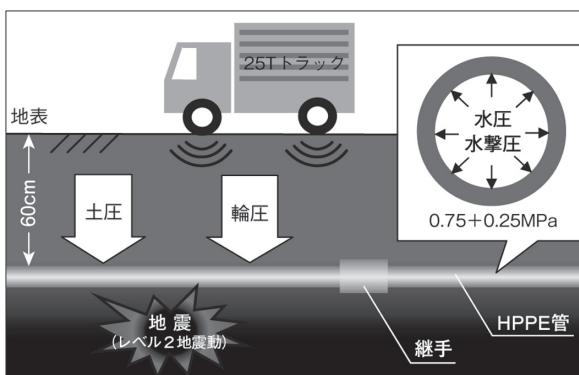


図1 .2.1 HPPE管に作用する内圧・外圧

表1 .2.2 荷重の特性による限界状態の分類

荷重の特性	荷重	限界状態
短絡的な荷重	・ 地震荷重等	終局限界状態 (延性破壊)
長期継続的に生じる一定荷重	・ 水圧(内圧) ・ 土圧(外圧) ・ 輪圧(外圧)	クリープ状態 (クリープ破壊)
長期継続的に生じる繰返荷重	・ 水撃圧(内圧) ・ 輪圧(外圧)	疲労限界状態 (疲労破壊)

HPPE管路が内圧・外圧に対して100年以上の寿命を有することを証明するには、各限界状態において、管路に作用する荷重により発生する有効応力が100年の寿命を担保する許容応力(以下、100年許容応力とする)を上回らないことを示せばよいことになります。なお、100年許容応力は、限界状態毎に設定される値です。

有効応力の算出にあたっては、従来十分考慮されていなかった継手部や異形部の形状による応力集中、傷の影響、使用される素材や成形時のばらつきをすべて考慮しました。内圧及び外圧により管路に作用する管周方向と管軸方向の応力は、従来から提案されている応力計算式で算出できます。有効応力は応力計算式で算出した値に、応力集中を数値化した形状係数とばらつきを数値化した素材係数を乗じて求めました。HPPE管路の100年寿命を照査する手順を図1.2.2に示します。

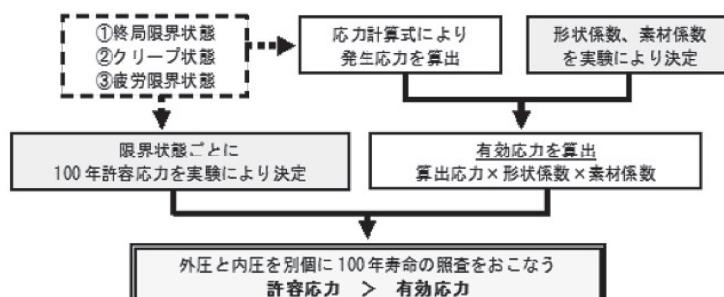


図1 .2.2 HPPE管路の100年寿命照査手順

## ② 各限界状態での100年許容応力の設定および形状係数の設定

クリープ状態の100年許容応力の設定は、管に発生する周方向応力と破壊時間の相関を測定する熱間内圧クリープ試験(図1.2.3参照)を実施し、国際標準規格 ISO9080及びISO12162に基づいて行いました。クリープは温度が高いほど促進され、ISO9080によると80°C、1年間の熱間内圧クリープ試験で破壊の変曲点がなければ20°Cのクリープ線図を100年後まで外挿できます(図1.2.4参照)。なお、試験は世界の有力なPE100認定機関であるスウェーデンのEXOVA社に依頼しました。

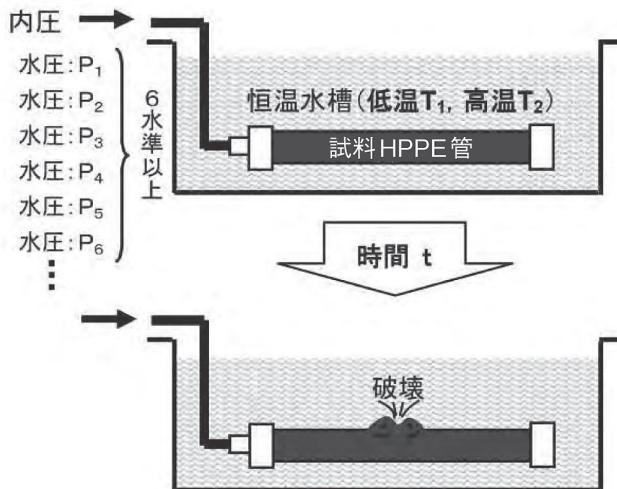


図1.2.3 熱間内圧クリープ試験の概要

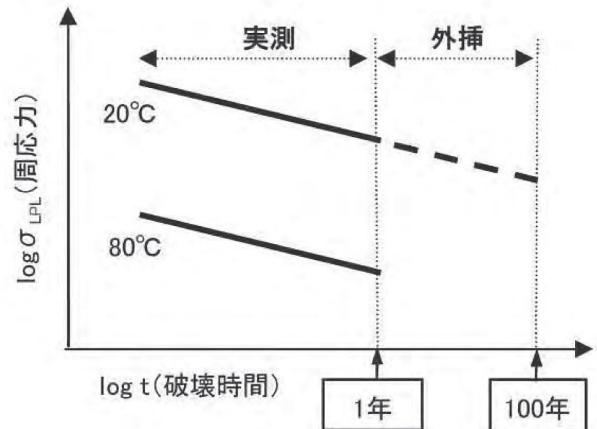


図1.2.4 クリープ線図(ISO 9080に基づく)

次に疲労限界状態については、繰返荷重として水撃圧と輪圧を評価しました。水撃圧に相当する応力を一定応力として負荷した場合と繰返応力として負荷した場合の破壊特性を比較した結果、疲労破壊が促進されないことを確認しました。また輪圧については、100年に相当する載荷回数では破壊に至らないことを繰返し偏平実験で確認しました。これらの結果より、クリープ状態が管路の寿命に最も影響することを明らかにしました。

継手部の応力集中による形状係数は、電気融着継手で接合した管で図1.2.3のような熱間内圧クリープ試験を実施し、その結果から算出しました。

## ③ 照査結果

以上の手順により、代表例として呼び径100の管路に対して100年以上の耐久性を有するかどうかの照査結果を表1.2.3にまとめました。すべての有効応力が100年許容応力以下であることを確認し、HPPE管路は内圧・外圧に対して100年以上の耐久性を有していることを検証しました。

表1.2.3 内圧・外圧に対する100年寿命の照査結果

項目			単位	終局限界状態	クリープ状態	疲労限界状態
100年許容応力			MPa	18	8	8
有効応力 ・形状係数 = 1.20 ・素材係数 = 1.05	管周方向	内圧	MPa	9.417 : 安全	6.278 : 安全	6.278 : 安全
		外圧	MPa	4.438 : 安全	1.525 : 安全	1.525 : 安全
	管軸方向	内圧	MPa	4.708 : 安全	3.139 : 安全	3.139 : 安全
		外圧	MPa	3.073 : 安全	1.444 : 安全	1.444 : 安全

## (2) 地震(レベル2地震動)に対する検証

HPPE管路を布設して100年の間にレベル2地震動が少なくとも1回は経験するものと仮定し、HPPE管路のレベル2地震動に対する耐震性能を計算により、さらにはその地震によるダメージがHPPE管の耐久性に与える影響を実験により評価しました。

まず、表1.2.4に水道施設耐震工法指針・解説に基づいて行ったレベル2地震動に対する耐震計算の結果を示します。設計内圧、自動車荷重等の常時作用する管軸方向ひずみと地震動による管軸方向ひずみの合計は最大1.7%程度であり、許容ひずみ3%（繰返し伸縮試験等の結果、定めたもの）以下であることから安全であると言えます。

表1.2.4 レベル2地震動に対する耐震計算結果

呼び径	50	75	100	150	200
管発生ひずみ(%)	設計内圧 (1.0MPa)	0.22	0.22	0.22	0.22
	自動車荷重 (T-25)	0.26	0.22	0.19	0.16
	温度変化 ( $\Delta t=15^{\circ}\text{C}$ )	0.18	0.18	0.18	0.18
	不同沈下 <sup>*a</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01
	レベル2地震動 ( $\eta=2.0^{*b}$ )	1.01	1.01	1.01	1.01
	合 計	1.68	1.64	1.61	1.58
HPPE管の許容ひずみ (%)		3.0			

\* a 軟弱地盤区間15m盛土高さ1m

\* b 地盤の不均度係数(河川流域等極めて不均一な地盤)

\* c 土被り0.6m

次に、地震によるダメージがHPPE管の耐久性に与える影響を評価するために、図1.2.5に示すように、HPPE管に軸方向の歪みを与えた状態で内圧クリープ試験を実施しました。HPPE管に与えたひずみは4水準で、いずれもレベル2地震動で発生しうるひずみより大きくなります。得られた結果を図1.2.6に示しますが、ひずみを与えたHPPE管の破壊点はいずれもひずみを与えていないHPPE管のクリープ線図の97.5%信頼限界を上回る結果となり、地震によるダメージで管の耐久性が低下することはないことが確認できました。

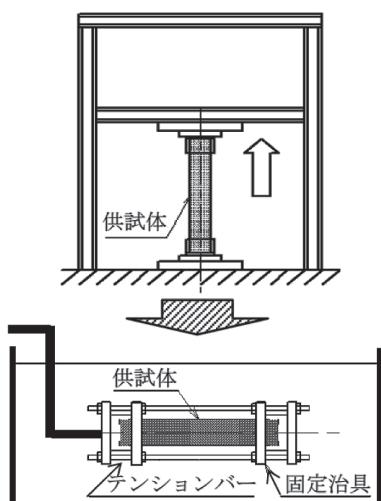


図1.2.5 試験概要図

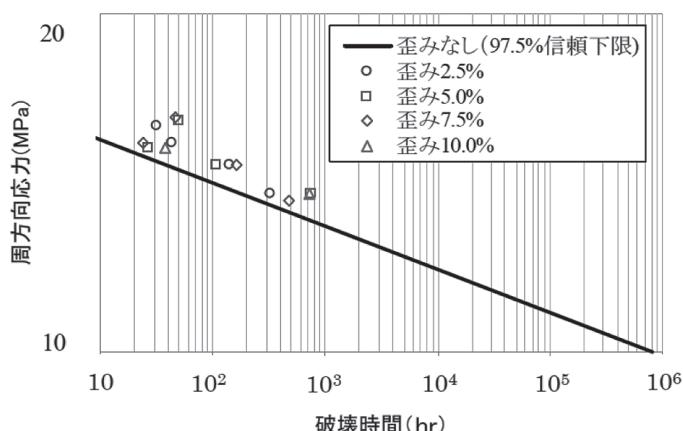


図1.2.6 試験結果

### (3) 残留塩素に対する検証

水道管路の寿命は水道管路が有るべき性能・機能を十分に満足できない限界状態に至る時期と定義しましたが、残留塩素による寿命は判断が難しいので、水泡が発生する時点を寿命としました。なお想定条件として、塩素濃度は水質管理目標の上限値である1 ppm、使用温度は20°Cとしました。

残留塩素に対する100年寿命が100年以上有するかどうかの検証は実験により行い、JWWA K 144に準拠し、温度を上げるとともに塩素濃度を500~3000ppmに濃縮して試験を促進し、塩素水に浸漬した試験片の水泡発生時間を測定しました。実験で得られた結果を温度によって化学反応の速度を予測する式(アレニウスの式)に照合して一般式を求め、さらに重回帰分析により水泡発生寿命式を導きました。その計算の結果、図1.2.7に示すとおり97.5%信頼限界での耐塩素水寿命は529年となりました。

続いて、一般に応力が負荷されると反応は促進されることから、試験片を図1.2.8に示す治具により強制的に偏平させて応力を負荷した状態で、塩素水濃度2000ppm、60°Cの条件で反応を促進させて水泡発生時間を評価しました。このとき、初期偏平時の曲げひずみは材料の降伏ひずみを超え、試験片は弾塑性状態になっていました。この場合も無負荷の場合と同様に実験結果と水泡寿命発生式により、極端に大きな応力が負荷した状態でも耐塩素水寿命は282年と推定でき、100年を十分上回りました。

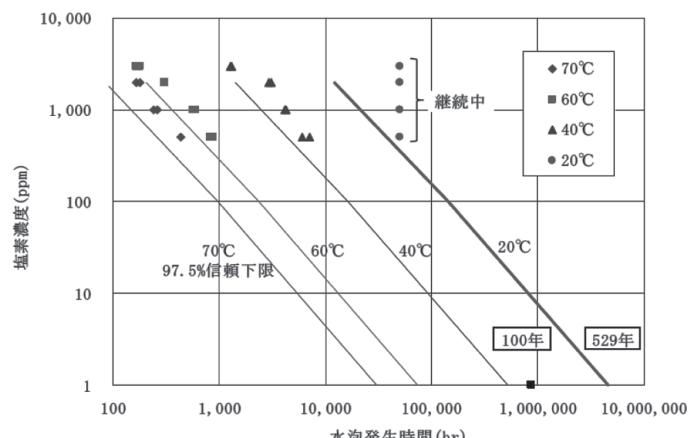


図1.2.7 水泡発生時間(無負荷状態)の結果と予測

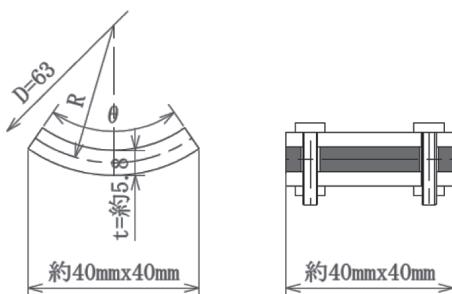


図1.2.8 応力負荷のための治具

さらに100年以上の長期間にわたり塩素水の影響をうけたHPPE管路が、水質に影響を及ぼさないことを確認するため、塩素水濃度2000ppm、60°Cの条件で168時間浸漬したサンプルを用い、JWWA K 144の浸出試験を実施しました。塩素水濃度2000ppm、60°Cでの168時間は、加速比の関係よりppm、20°Cでは247年に相当します。浸出試験の結果、水質基準に影響を与える変化は認められず、水質衛生性についても100年以上の安全性を検証できました。

#### 1.2.4 100年寿命検証に関するまとめ

本研究では、HPPE管路に対して下記3つの寿命要因に対して100年寿命の検証を試みました。  
①管路に作用する内圧・外圧    ②レベル2地震動    ③水道水中の残留塩素  
その結果、

- ① 形状因子や外面傷による応力集中、また素材や成形のばらつきを考慮した上で、3つの限界状態(終局限界状態、クリープ状態、疲労限界状態)について照査した結果、最も影響の大きな荷重は内外圧にかかるクリープ状態ですが、この応力値も100年後の許容応力以下であり安全である。
- ② 内圧、自動車荷重等により常時発生する歪みとレベル2地震動による管軸方向歪みの合計が許容歪み以下であり、安全である。また地震によるダメージにより管の耐久性が低下することはない。
- ③ 塩素濃度1 ppm、温度20°Cの条件下では、応力無負荷状態で500年以上、また水圧等、応力負荷状態で200年以上の耐塩素水性能を有している。

等が、確認できました。

以上のことから、HPPE管路が100年以上の寿命を十分有しているということが言えます。

### 1.3 EF接合

水道配水用ポリエチレン管路はEF(エレクトロフュージョン)接合により、簡単な操作で管と継手が組織的に一体化構造となり、信頼性の高い接合部強度が得られます。

#### (1) EF接合の構成

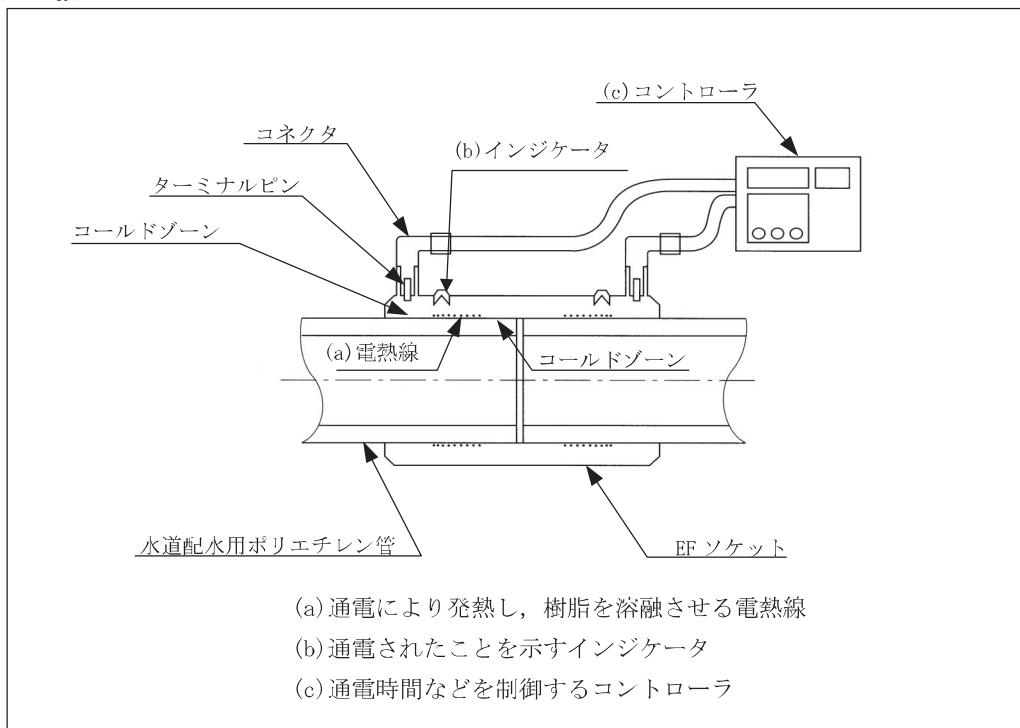


図1.3.1 EF接合の構成

#### (2) EF接合のメカニズム

##### (a) 通電開始

電熱線が発熱を始め、管継手内面と管外面の樹脂温度が上昇します。

##### (b) 通電中

樹脂が加熱溶融されて膨張し、管と継手が融着されます。同時にインジケータが押し上げられます。(インジケータの隆起は継手に通電が行なわれたものを示すものです。)

##### (c) 通電終了・冷却

溶融された樹脂が固化して融着が完了し、管と継手が一体化構造となります。尚、融着完了後、規定の時間、放置・冷却します。

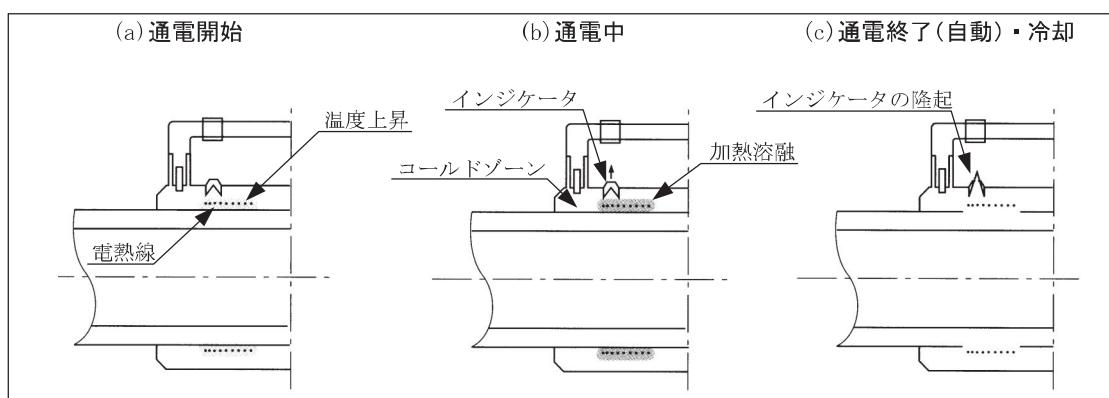


図1.3.2 EF接合のメカニズム

## 1.4 耐震性

EF接合やメカニカル接合によりHPPE管と継手が一体化されるHPPE管路は、伸びが大きい材料特性と相まって地盤変位に対して良く追従します。HPPE管の耐震性照査用の許容歪みは、日本水道協会「水道配水用ポリエチレン管・管継手に関する調査報告書」の中で「耐震性の検討」として行なった各種試験結果より応答変位法による耐震計算に対して3%、地盤変状に対して6%と設定しておりますので、地震時に想定される最大地盤歪み2%（水道施設耐震工法指針・解説の測方流動による地盤歪み）を満足します。

また、当協会ではHPPE管の耐震性能を確認するため各種実験を行っております。（詳細は本マニュアルの各種試験結果をご参照下さい。）

これらの実験の結果から地震時に想定される地盤変位や、埋立地等の軟弱地盤で想定される不同沈下を、HPPE管路は、管体の変位で吸収することを確認致しました。

### 1.4.1 HPPE管の「耐震管」としての位置付け

HPPE管は、日本では平成7年（1995年）から使用が開始され、平成8年（1996年）に水道用ポリエチレンパイプシステム研究会規格、平成9年（1997年）に日本水道協会規格JWWA K 144（水道配水用ポリエチレン管）、JWWA K 145（水道配水用ポリエチレン管継手）が制定されました。

その後、厚生労働省が、平成16年（2004年）に今後の水道に関する重点的な政策課題との課題に対処するための具体的な施策及びその方策、工程等を包括的に明示する「水道ビジョン」を公表され、HPPE管が耐震管として定義されました。

平成16年度発表の水道ビジョン以降、HPPE管が耐震管として示されている報告書や指針などを下記に示します。

表1.4.1 HPPE管が耐震管として示されている報告書等

時 期	指針など	位置付け
H16年度 (2004)	厚生労働省水道ビジョン	耐震管の定義 「耐震継手を有するDCIP、溶接鋼管、ポリエチレン管」
H17年度 (2005)	日本水道協会水道事業ガイドライン	事業体の業務指標として「管路の耐震化率」を定義 HPPE管は耐震管であるが*マーク付き
H18年度 (2006)	厚生労働省 平成18年度管路の耐震化に関する検討会報告書	レベル2地震動（新潟県中越地震）で、 良い地盤：被害がなかった 悪い地盤：耐震性能を検証するにはまだ時間が必要
H21年度 (2009)	日本水道協会 水道施設耐震工法指針・解説 2009年版	HPPE管の耐震計算法が「参考」として掲載された。地震動レベル1、2に対する安全性の照査の為の許容歪み値（3%）も明記されている。
H25年度 (2013)	厚生労働省 平成25年度管路の耐震化に関する検討会 管路の耐震化に関する検討報告書	東日本大震災における調査の結果、HPPE管の被害は無かった。 耐震管と耐震適合管の違いが明記され、HPPE管は「耐震管」に分類された。
H27年度 (2015)	厚生労働省 水道の耐震化計画等策定指針 (平成27年6月)	「水道の耐震化計画策定ツールの解説と計画事例」では ・耐震性区分でHPPE管は「耐震管」とされている。 ・表C3-3 管路被害予測式と各種補正係数では「Cp:管種・継手係数が0.0」とされている。

#### 1.4.2 7大地震における地震被害調査

POLITECでは新潟県中越地震や東日本大震災など過去に発生した7大地震についてHPPE管の調査を行いました。

東日本大震災では宮城、岩手、福島、茨城、千葉の5県69箇所の調査対象事業体でHPPE管は総延長995.7km布設されていましたが、地震動による被害はありませんでした。7大地震の合計では、1082.1kmのHPPE管が布設され、地震動による被害がなかったことを確認しています。

表1.4.2 過去の7大地震におけるHPPE管の管路延長、被害状況(POLITEC調査)

地震名	時期	調査地域	震度	管路延長	被害状況
宮城県北部	2003.7	鹿島台町	6弱	10km	無
十勝沖	2003.9	浦河町	6弱×2回	2.6km	無
新潟県中越	2004.10	小千谷市	6強・弱×4回	11.4km	無*
能登半島	2007.3	門前町	6強	2km	無
新潟県中越沖	2007.7	柏崎市	6強・弱×2回	13km	無
岩手・宮城内陸	2008.6	奥州市	6強	47.4km	無
東日本大震災	2011.3	栗原市他	7	995.7km	無
POLITEC過去の地震全調査合計				1082.1km	

\*フランジ部からの漏水は見られましたが、管・EF接合部に被害はありませんでした。

#### 1.4.3 平成28年熊本地震におけるHPPE管の調査

POLITECでは平成28年4月に発生した「平成28年熊本地震」におけるHPPE管の被害状況を確認する為、周辺水道事業体へのヒアリング及び現地調査を行いました。

厚生労働省発行の「水道の被害状況」にて管路被害が報告された熊本県及び大分県内の水道事業体では、計698kmのHPPE管が布設されていましたが、被害は全ての調査箇所で確認されませんでした。

更に、熊本県で震度6強以上を観測した8市町村のうち、HPPE管が布設されていた7市町村のHPPE管の延長は計147.7kmでした。

また、4月14及び16日に計二回の震度7を観測した益城町と、15及び16日に計二回の震度6強を観測した宇城市には、合計17.2kmのHPPE管が布設されていましたが、複数回に亘るレベル2地震動でも被害がないことが確認できました。

尚、全てのHPPE管路は現在も継続して供用されています。

表1.4.3 最大震度6強以上が観測された事業体のHPPE管布設延長及び被害確認結果

市町村名	震度階			HPPE管布設延長						HPPE管被害確認
	4/14	4/15	4/16	呼び径50	呼び径75	呼び径100	呼び径150	呼び径200	合計	
	21:26	00:03	01:25	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
益城町	7		7	2,535	7,036	1,685	2,134	0	13,390	被害なし
熊本市	6弱	6弱	6強	72,931	7,530	3,860	1,085	0	85,406	被害なし
宇城市	6弱	6強	6強	1,345	1,675	765	0	0	3,785	被害なし
菊池市	5強		6強	2,468	1,890	2,035	315	0	6,708	被害なし
宇土市	5強	5強	6強	2,450	4,990	2,170	965	0	10,575	被害なし
大津町*	5強		6強	8,862	9,534	8,292	783	0	27,471	被害なし
南阿蘇村			6強	70	85	210	35	0	400	被害なし
合計				90,661	32,740	19,017	5,317	0	147,735	

備考 1. 気象庁震度データベース検索より、最大震度6強以上の市町村を掲載

2. 布設延長はPOLITEC調べ

\* 大津菊陽水道企業団の布設延長

## 1.5 施工性

### (1) 軽量

管材は軽量のため取り扱いが容易で、EF接合による陸継ぎ長尺管を活用した施工が行えます。

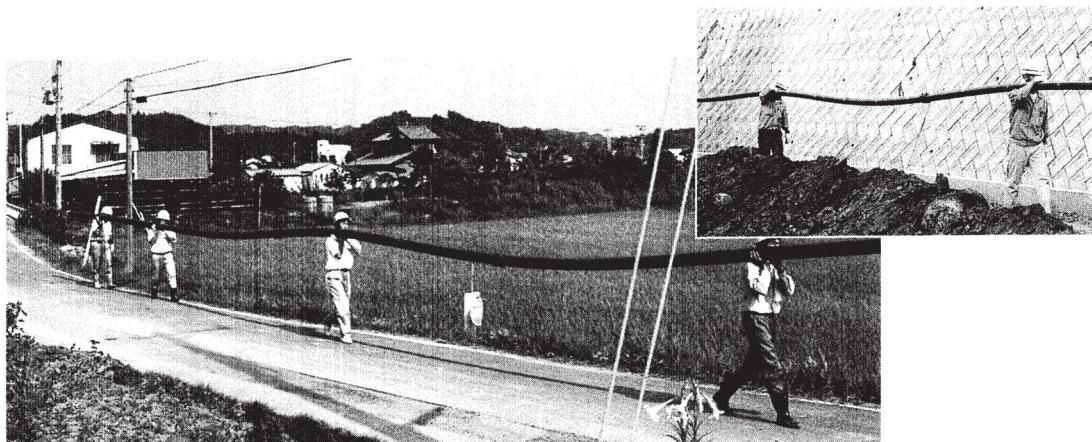


写真1.5.1 長尺管の小運搬

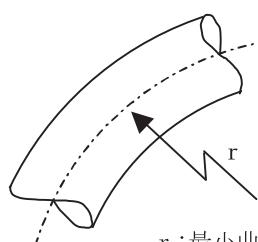
### (2) 柔軟性

柔軟性に富む材料特性を活かして、直管による曲げ配管が行えるため、曲管の使用量が少なくて済みます。



写真1.5.2 直管による曲げ配管

表1.5.1 最小曲げ半径



r : 最小曲げ半径

単位 m

呼び径	50	75	100	150	200	250	300
最小曲げ半径	5.0	7.0	9.5	13.5	19.0	24.0	27.0

### (3) 接合作業性

バーコード方式EFコントローラによるEF接合の採用により、人・環境温度によるばらつきがなく、確実な接合が可能となりました。

### (4) 挖削作業性

通常、直管部では埋設管の幅の他、締め固め機械が入る必要最小限の掘削幅で管を布設することができます。そのため狭いスペースでも配管が可能で、かつ掘削土量が軽減できます。

水道事業実務必携では、水道配水用ポリエチレン管の最小掘削幅は、呼び径によらず0.55mとなります。しかし、掘削溝内の作業性を考慮し、当協会の推奨掘削幅を表1.5.3の値とします。

表1.5.2 標準土被り

単位 m

区分		H
公道	車道	0.6以上
	歩道	0.5以上

**備考1.** 寒冷地においては凍結深度以下に埋設する。

- 平成11年3月31日付建設省道政発第32号(建設省道国発第5号)によると、水道配水用ポリエチレン管の埋設深さは道路の舗装厚さに0.3m加えた値(0.6mに満たない場合には0.6m)以下としない、また歩道下は管頂部と路面との距離が0.5m以下としないこととされています。

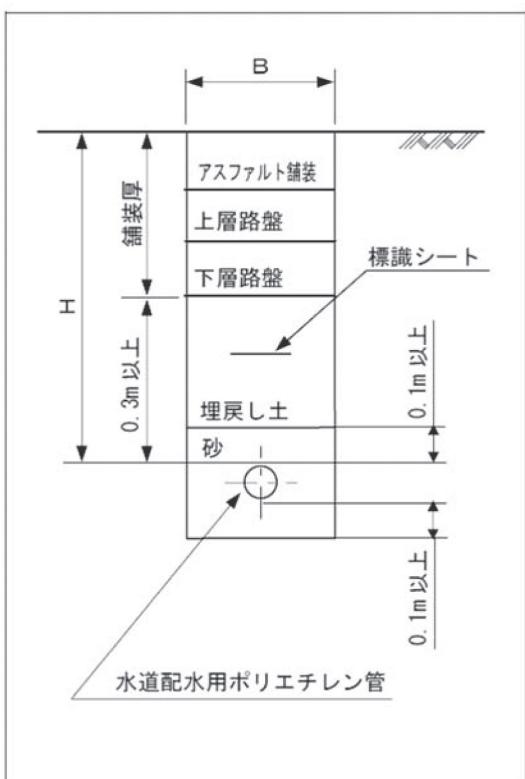
表1.5.3 推奨掘削幅(B)

単位 m

呼び径	50	75	100	150	200	250	300
水道事業実務必携による最小幅	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
推奨掘削幅	0.5	0.5	0.5	0.55	0.6	0.8	0.9

**備考1.** 水道事業実務必携による最小幅より狭い掘削幅で施工する場合は、以下の点を十分考慮してください。

図 1.5.1 推奨掘削断面図



- 地山が崩れて土・砂等がポリエチレン管部に被らないように融着接合近辺はコンパネ、シート等で地山を養生するか、継手掘りを行ってください。

②掘削溝内の足場確保のため、管は出来るだけ掘削溝内の中心部に布設してください。

- 途中に構造物やメカニカル継手がある場合は別途掘削幅が必要になります。
- 掘削深度が1.5mを越える場合は、土留支保工を必要とするため、呼び径を問わず掘削幅は、0.85mとなります。

## 1.6 耐食性

(1) 酸性土壌、腐食性土壌、塩害地域で腐食の心配がありません。

土壌調査の結果によって腐食性土壌等であった場合は、水道配水用ポリエチレン管での布設が最適です。

表1.6.1 水道配水用ポリエチレン管の耐薬品性の一例（温度20°C）

酸		アルカリ		ガス		
塩酸	35%	◎	アンモニア水溶液	◎	亜硫酸ガス	◎
硫酸	60%	◎	苛性ソーダ	◎	炭酸ガス	◎
硝酸	25%	◎	水酸化カルシウム	◎	一酸化炭素	◎
塩類						
重クロム酸カリウム	10%	◎	過マンガン酸カリウム	◎	炭酸カリウム	◎
塩化第二鉄		◎	塩化バリウム	◎	硫安	◎
過酸化水素	30%, 90%	◎				

備考1. この表はISO/TR10358に基づいたものです。

2. ◎印は耐薬品性があることを示しています。

(2) 電食の心配がありません。

水道配水用ポリエチレン管は、軌道下横断配管等での電食防止措置が必要ありません。

(3) 長期間使用しても腐食による管路更新が不要です。

## 1.7 衛生性

厚生労働省令第5号「水道施設の技術的基準を定める省令の一部を改正する省令」および厚生労働省告示第14号「資機材等の材質に関する試験の一部改正」(平成16年1月26日公布)により、水道施設に使用する資機材の浸出性能基準および評価対象物の一部が改正されました。

これに対応して日本水道協会規格 JWWA K 144(水道配水用ポリエチレン管)の浸出性能基準も改訂されました。それに対する当協会会員会社が行った浸出試験結果を下表に示します。

表1.7.1 水道配水用ポリエチレン管の浸出試験結果 (JWWA K 144)

項目	基準	結果
味	異常でないこと。	異常なし
臭気	異常でないこと。	異常なし
色度	0.5度以下	0.1未満
濁度	0.2度以下	0.1未満
有機物(全有機炭素(TOC)の量)	0.5mg/L以下	0.1未満
残留塩素の減量	0.7mg/L以下	0.1未満

このように試験結果は浸出基準を満足しています。

また、上記省令に規定されている別表第二の事項のうち、水道配水用ポリエチレン管からは明らかに浸出しないと判断されるものを除いた下表に示す項目について浸出試験を行いました。試験結果は下表のようにいずれの項目も基準を満足しています。

表1.7.2 水道配水用ポリエチレン管の浸出試験結果

分析項目	基準	結果	検出限界	備考(分析方法等)
カドミウム	0.001mg/L以下	検出せず	0.001mg/L	ICP法
セレン	0.001mg/L以下	検出せず	0.001mg/L	水素化物発生 -原子吸光光度法
鉛	0.001mg/L以下	検出せず	0.001mg/L	ICP法
ヒ素	0.001mg/L以下	検出せず	0.001mg/L	水素化物発生 -原子吸光光度法
六価クロム	0.005mg/L以下	検出せず	0.005mg/L	ICP法
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	1mg/L以下	検出せず	0.2mg/L	イオンクロマトグラフ法
ベンゼン	0.001mg/L以下	検出せず	0.001mg/L	PT-GC-MS法
亜鉛	0.1mg/L以下	検出せず	0.005mg/L	ICP法
鉄	0.03mg/L以下	検出せず	0.03mg/L	ICP法
銅	0.1mg/L以下	検出せず	0.01mg/L	ICP法
ナトリウム	20mg/L以下	検出せず	0.1mg/L	ICP法
マンガン	0.005mg/L以下	検出せず	0.005mg/L	ICP法
陰イオン界面活性剤	0.02mg/L以下	検出せず	0.002mg/L	固層抽出-高速液体 クロマトグラフ法
フェノール類	0.0005mg/L以下	検出せず	0.0005mg/L	固層抽出-誘導体化 -GC-MS法
アルミニウム	0.02mg/L以下	検出せず	0.02mg/L	ICP法
ホルムアルデヒド	0.008mg/L以下	検出せず	0.008mg/L	GC-MS法

備考：平成16年厚生労働省令第5号および厚生労働省告示第14号による。

## 2. 水道配水用ポリエチレン管および管継手の規格

### 2.1 規格一覧

水道配水用ポリエチレン管および管継手の規格として国内に制定されているものは、次の通りです。

#### －日本水道協会規格－

●JWWA K 144	水道配水用ポリエチレン管	呼び径50～150
●JWWA K 145	水道配水用ポリエチレン管継手	呼び径50～150

#### －配水用ポリエチレンパイプシステム協会規格－

●PTC K 03	水道配水用ポリエチレン管	呼び径50～300
●PTC K 13	水道配水用ポリエチレン管継手	呼び径50～300
●PTC K 20	水道配水用ポリエチレン管用溶剤浸透防護スリーブ	
●PTC B 20	水道配水用ポリエチレン管サドル付分水栓	
●PTC B 21	水道配水用ポリエチレン管金属継手(ISO変換継手)	
●PTC B 22	水道配水用ポリエチレン挿し口付ソフトシール仕切弁	
●PTC B 23	水道配水用ポリエチレン挿し口付青銅製仕切弁	
●PTC B 24	水道配水用ポリエチレン受口及び挿し口付青銅継手	
●PTC B 25	水道配水用ポリエチレン管メカニカル形ソフトシール仕切弁	
●PTC B 26	水道配水用ポリエチレン管メカニカル形メタルシート仕切弁	
●PTC G 30	水道配水用ポリエチレン管メカニカル継手	
●PTC G 31	水道配水用ポリエチレン管不断水分岐割T字管	
●PTC G 32	水道配水用ポリエチレン挿し口付ダクタイル鉄異形管	
●PTC G 33	水道配水用ポリエチレン管漏水補修バンド	

※詳細は、配水用ポリエチレンパイプシステム協会発行の各種PTC規格書をご覧下さい。

(当協会のホームページからも閲覧できます。URL <http://www.politec.gr.jp/>)

## 2.2 水道配水用ポリエチレン管および管継手品目表

水道配水用ポリエチレン管および管継手品目表を表 2.2.1, 表 2.2.2 に示します。

表 2.2.1 水道配水用ポリエチレン管および管継手品目表(1)

分類	規格	品名	呼び径	50	75	100	150	200	250	300
管	JWWA K 144 PTC K 03	直管		◎	◎	◎	◎	○	○	○
		EF 受口付直管		○	◎	◎	◎	○		
E F 継 手	JWWA K 145 PTC K 13	EF ソケット		◎	◎	◎	◎	○	○	○
		EF ベンド	90° 45° 221/2° 111/4°	○	◎	◎	◎	○		
		EF S ベンド	300H 450H 600H	○	○	○	○	○		
		EF フランジ		○	○	○	○	○		
		EF キャップ		○	◎	◎	◎	○		
		EF チーズ	×50	○	◎	◎				
			×75		◎	◎	◎	○		
			×100			◎	◎	○		
			×150				◎	○		
			×200					○		
		フランジ付EF チーズ	×75		○	○	○	○		
			×100			○	○	○		
		分水 EF サドル	×25	○	○	○	○	○		
			×50	○	○	○	○	○		
		分水栓付EF サドル	×20	○	○	○	○	○		
			×25	○	○	○	○	○		
			×30	○	○	○	○	○		
			×40	○	○	○	○	○		
			×50	○	○	○	○	○		
E F 片 受 継 手	JWWA K 145 PTC K 13	EF 片受ベンド	90° 45° 221/2° 111/4°	○	◎	◎	◎	○		
		EF 片受Sベンド	300H 450H 600H	○	○	○	○	○		
		EF 片受チーズ	×50	○						
			×75, 100, 150				◎	○		
			×200					○		
		フランジ付 EF 片受チーズ	×75				○	○		
			×100				○	○		
		EF 片受レデューサ	×50		◎	◎				
			×75		◎			○		
			×100				◎	○		
			×150					○		
ス ピ ゴ ット 継 手	JWWA K 145 PTC K 13	ベンド	90° 45° 221/2° 111/4°	◎	◎	◎	◎	○	○	○
		S ベンド	300H 450H 600H	○	○	○	○	○		
		レデューサ	×50		◎	◎				
			×75		◎			○		
			×100				◎	○		
			×150					○		
			×200						○	○
			×250					○	○	
		フランジ		○	○	○	○	○	○	○
				○	○	○	○	○	○	○
		キャップ		◎	◎	◎	◎	○		
		チーズ	×50	◎						
			×75, 100, 150, 200					○		
			×75, 100, 150, 200, 250						○	
			×75, 100, 150, 200, 250, 300							○
		フランジ付チーズ	×75					○	○	
			×100					○	○	

**備考** 表中 ◎は JWWA 規格品を、○は PTC 規格品であることを示す。

**表2.2.2 水道配水用ポリエチレン管および管継手品目表(2)**

分類	規格	品名	種類	サイズ	呼び径					
					25	50	75	100	150	200
メカニカル継手	PTC B 20	サドル付分水栓	止水機構 ボール式	20 (G1)		○	○	○	○	○
				25 (G1 1/4)		○	○	○	○	○
				30 (G1 1/2)		○	○	○	○	○
				40 (G2)		○	○	○	○	○
				50 (G2 1/2)		○	○	○	○	○
	PTC G 30	メカニカル継手	メカニカルソケット (HPPE×HPPE)	-		○	○	○	○	○
				メカニカルソケット (HPPE×DIP)	-	○	○	○	○	○
				メカニカルソケット (HPPE×VP)	-	○	○	○	○	○
				メカニカルフランジ短管	-	○	○	○	○	○
				メカニカルキャップ	-	○	○	○	○	○
PTC G 31	PTC G 31	不断水分岐割T字管	割T字管	×50		○				
				×75			○	○	○	○
				×100				○	○	○
				×150					○	○
				×200						○
				×50			○	○	○	
				×75			○	○	○	○
				×100				○	○	○
				×150					○	○
				×200						○
	PTC G 33	漏水補修バンド	バンド	×50			○	○	○	○
				×75			○	○	○	○
				×100				○	○	○
				×150					○	○
				×200						○

分類	規格	品名	種類	サイズ	呼び径					
					25	50	75	100	150	200
PE 挿し口付 継手	PTC B 22	PE挿し口付ソフト シール仕切弁	挿し口形(両挿し口)	-		○	○	○	○	○
			E F片受形	-		○	○	○	○	○
	PTC B 25	メカニカル形ソフト シール仕切弁	メカニカル形	-		○	○	○	○	○
	PTC B 26	メカニカル形メタルシート仕切弁	メカニカル形	-		○	○	○	○	○
PTC B 23	挿し口付青銅製 仕切弁	メタル式・両側ボリューム挿し口形	-		○					
		メタル式・片側平行おねじ形	-		○					
		メタル式・片側テーパーメねじ形	-		○					
		ソフト式・両側ボリューム挿し口形			○					
PTC G 32	挿し口付ダクトай ル鋳鉄異形管	フランジ付T字管	×75			○	○	○	○	
			×100						○	○
		フランジ付T字管 うずまき形	×75			○	○	○		
		K形ダクトタイル鋳鉄異形管用 異種管継手	同径	-		○	○	○	○	
			径違い	100×		○				
			径違い	150×			○			
			メカニカル形	-		○	○	○		
			メカニカル形径違い	100×		○				
			メカニカル形径違い	150×			○			
		フランジ短管(I形)	-		○	○	○	○	○	
		(II形)	-		○	○	○	○	○	
		1OK形	-		○	○	○	○	○	
		硬質ボリ塩化ビニル管用異形管継手	同径	-	○	○	○	○		
			径違い	75×	○					
			径違い	100×		○				
			径違い	150×			○			
PTC B 24	受口及び挿し口付 青銅継手	挿し口式 おねじ付挿し口	-		○					
		挿し口式 おねじ付挿し口 (回転型)	-		○					
		挿し口式 めねじ付挿し口	-		○					
		挿し口式 メーター用挿し口	-		○					
		挿し口式 分水栓用挿し口 (回転型)	-		○					
		E F受口式 おねじ付受口	-		○					
		E F受口式 めねじ付受口	-		○					
		E F受口式 メーター用受口	-		○					
		E F受口式 分水栓用受口 (回転型)	-		○					
		E F受口式 平行おねじ付受口	-		○					
		E F受口式 分水栓用受口 (回転型)	-		○					
		E F受口式 平行おねじ付受口	-		○					

分類	規格	品名	種類	サイズ	呼び径					
					25	50	75	100	150	200
金属 継手	PTC B 21	金属継手 管×管	ソケット	-		○				
			エルボ	-		○				
			チーズ	-		○				
			パイプエンド	-		○				
			おねじ付ソケット	50 (R2)		○				
				30 (R1 1/4)		○				
			おねじ付ソケット回転型	40 (R1 1/2)		○				
				50 (R2)		○				
			めねじ付ソケット	50 (Rc2)		○				
				13 (G3/4)	○					
			平行おねじ付ソケット	20 (G1)	○					
				25 (G1 1/4)	○					
				30 (G1 1/2)		○				
				40 (G2)		○				
				50 (G2 1/2)		○				
			変換ソケット (HPPE-PP)	13 (PP)	○					
				20 (PP)	○					
				25 (PP)	○					
金属 継手 器具×管	PTC B 21	変換チーズ (HPPE-PP)		30 (PP)		○				
				40 (PP)		○				
				50 (PP)		○				
				40 (PP)		○				
				50 (PP)		○				
金属 継手 器具×管	PTC B 21	器具×管	分止水栓用ソケット	-		○				
			分止水栓用ソケット回転型	-		○				
			メーター用ソケット	-		○				
			バンド	-		○				

## 2.3 PTC 規格の概要

### 2.3.1 水道配水用ポリエチレン管(PTC K 03)

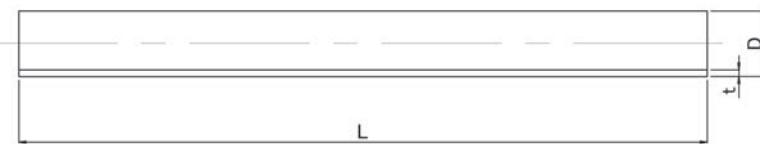
(PTC K 03 は JWWA K 144 に準じています。)

表 2.3.1 性能

性能項目	性能	試験条件
引張降伏強さ	20.0 MPa 以上	
引張破断伸び	350%以上	引張速度：25mm/分
耐圧性	漏れ、変形、破損その他の欠点がないこと。	2.5MPa×2 分間
破壊水圧強さ	4.0 MPa 以上	
熱安定性	酸化誘導時間 20 分以上	200°C, O <sub>2</sub> 露囲気
加熱伸縮	±3%以内	110°C のポリエチレングリコール内 × 30 分間
浸出性	味	異常がないこと。
	臭氣	異常がないこと。
	色度	0.5 度以下
	濁度	0.2 度以下
	有機物(全有機炭素(TOC)の量)	0.5 mg/L 以下
	残留塩素の減量	0.7 mg/L 以下
熱間内圧クリープ性	割れその他の欠点がないこと。	• 20°C, 2.48MPa×100 時間 • 80°C, 1.08MPa×165 時間 • 80°C, 1.00MPa×1000 時間
耐塩素水性	水泡発生がないこと。	60°C, 有効塩素濃度 2000ppm×168 時間
耐環境応力き裂性	き裂発生がないこと。	50°C, ノニル・フェニル・オキシエチレン・エタノール 10%水溶液内×240 時間
耐候性	外観	き裂発生がないこと。
	引張破断伸び	350%以上
	熱安定性	酸化誘導時間 10 分以上
低速き裂進展性	割れその他の欠点がないこと。	80°C, 0.92MPa×500 時間 (ノッチ入り)
融着部相溶性	割れその他の欠点がないこと。	80°C, 1.08MPa×165 時間

**備考** 浸出性の試験温度は、常温とする。

表 2.3.2 直管の寸法とその許容差



直管

単位 mm

呼び径	外径(D)		楕円度	厚さ(t)		長さ(L)		参考	
	基準寸法	平均外径の許容差	最大外径 - 最小外径	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差 (%)	内径	1本当たりの質量(kg)
50	63.0	+0.4 0	1.5	5.8	+0.9 0	5000	+2 0	50.7	5.37
75	90.0	+0.6 0	1.8	8.2	+1.3 0			72.6	10.87
100	125.0	+0.8 0	2.5	11.4	+1.8 0			100.8	20.98
150	180.0	+1.1 0	3.6	16.4	+2.5 0			145.3	43.36
200	250.0	+1.5 0	5.0	22.7	+3.5 0			201.9	83.44
250	315.0	+1.9 0	11.1	28.6	+4.1 0			254.7	131.86
300	355.0	+2.2 0	12.5	32.2	+4.5 0			287.2	167.10

表 2.3.3 E F受口付直管の寸法とその許容差



E F受口付直管

単位 mm

呼び径	外径(D)		楕円度	厚さ(t)		長さ(L)		参考	
	基準寸法	平均外径の許容差	最大外径 - 最小外径	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差 (%)	内径	1本当たりの質量(kg)
50	63.0	+0.4 0	1.5	5.8	+0.9 0	5000	+2 0	50.7	5.8
75	90.0	+0.6 0	1.8	8.2	+1.3 0			72.6	11.5
100	125.0	+0.8 0	2.5	11.4	+1.8 0			100.8	22.0
150	180.0	+1.1 0	3.6	16.4	+2.5 0			145.3	46.0
200	250.0	+1.5 0	5.0	22.7	+3.5 0			201.9	89.2

**備考 1.** 平均外径の許容差とは、任意の断面における相互に等間隔な 2 方向の外径測定値の平均値（平均外径）と基準寸法との差をいう。

**2.** 長さは受渡当事者間の協議によって、変更することができる。

**3.** E F受口付直管の受口部寸法は、表 2.3.6 の継手受口部の寸法に適合するものとする。

**参考 1.** 参考に示した内径および 1 本当たりの質量は、管の寸法を中心寸法とし、管に使用する材料の密度を  $0.960\text{g/cm}^3$  として計算したものである。

## 2.3.2 水道配水用ポリエチレン管継手(PTC K 13)

(PTC K 13 は JWWA K 145 に準じています)

表 2.3.4 継手の種類

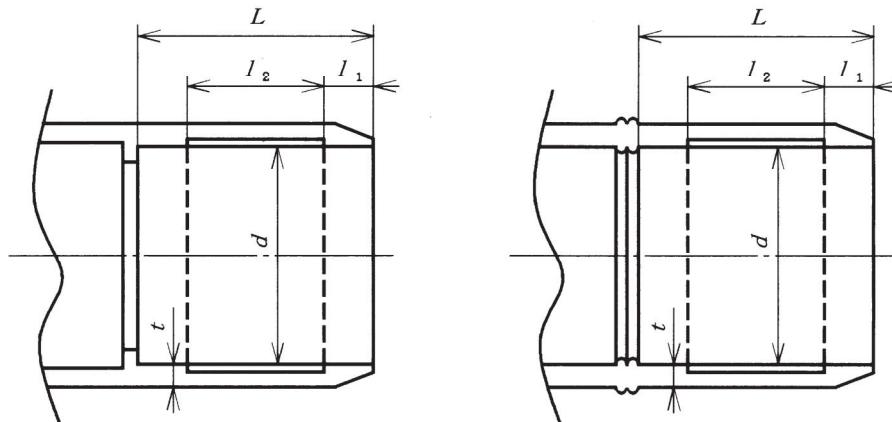
形状による種類	
EF ソケット	EF 片受 S ベンド (600H)
EF90° ベンド	EF 片受チーズ
EF45° ベンド	フランジ付 EF 片受チーズ
EF22 1/2° ベンド	EF 片受レデューサ
EF11 1/4° ベンド	分水 EF サドル
EF S ベンド (300H)	分水栓付 EF サドル
EF S ベンド (450H)	90° ベンド
EF S ベンド (600H)	45° ベンド
EF チーズ	22 1/2° ベンド
フランジ付 EF チーズ	11 1/4° ベンド
EF フランジ (7.5K 対応形)	S ベンド (300H)
EF フランジ (10K 対応形)	S ベンド (450H)
EF キャップ	S ベンド (600H)
EF 片受 90° ベンド	レデューサ
EF 片受 45° ベンド	フランジアダプタ (7.5K 対応形)
EF 片受 22 1/2° ベンド	フランジアダプタ (10K 対応形)
EF 片受 11 1/4° ベンド	チーズ
EF 片受 S ベンド (300H)	フランジ付チーズ
EF 片受 S ベンド (450H)	キャップ

表 2.3.5 性能

性能項目	性能	試験条件	
耐圧性	漏れ、変形、破損その他の欠点がないこと。	2.5MPa×2分間	
破壊水圧強さ	4.0MPa以上		
熱安定性	酸化誘導時間 20分以上	200°C, O <sub>2</sub> 雰囲気	
熱間内圧クリープ性	割れその他の欠点がないこと。	・20°C, 2.48MPa×100時間 ・80°C, 1.08MPa×165時間 ・80°C, 1.00MPa×1000時間	
耐塩素水性	水泡発生がないこと。	60°C, 有効塩素濃度 2000ppm×168時間	
耐環境応力き裂性	き裂発生がないこと。	50°C, ノニル・フェニル・ボリオキシエチレン・エタノール10%水溶液内×240時間	
耐候性	外観 熱安定性	き裂発生がないこと。 酸化誘導時間 10分以上	3.5GJ/m <sup>2</sup> 以上照射後, 各試験
融着部相溶性	割れその他の欠点がないこと。	80°C, 1.08MPa×165時間	
耐はく離性	受口接合部のぜい性はく離長さ比率が 1/3 以下 サドル接合部のぜい性はく離面積比率 25%以下	融着部が剥離するまで, または管が破断するまで。 管内面が互いに接触するまで締め付ける。(A法) 剥離または破壊が起こるまで圧縮する。(B法)	
浸出性	味 臭氣 色度 濁度 有機物(全有機炭素(TOC)の量) 残留塩素の減量	異常がないこと。 異常がないこと。 0.5度以下 0.2度以下 0.5 mg/L 以下 0.7 mg/L 以下	JWWA Z 108 および JWWA Z 110 による。

**備考** 浸出性の試験温度は, 常温とする。

表 2.3.6 継手受口部



単位 mm

呼び径	内径		楕円度	長さ			厚さ	
	基準寸法	平均内径の許容差		$L$ (最大)	$I_1$ (最小)	$I_2$ (最小)		
		最大内径 - 最小内径						
50	63.2	+規定せず 0	1.0	57	5	16	5.8	
75	90.3		1.4	75		22	8.2	
100	125.4		1.9	85		29	11.4	
150	180.7		2.7	105		40	16.4	
200	251.1		3.8	129		54	22.7	
250	315.0		4.8	150		45	28.6	
300	355.0		5.4	164		50	32.2	

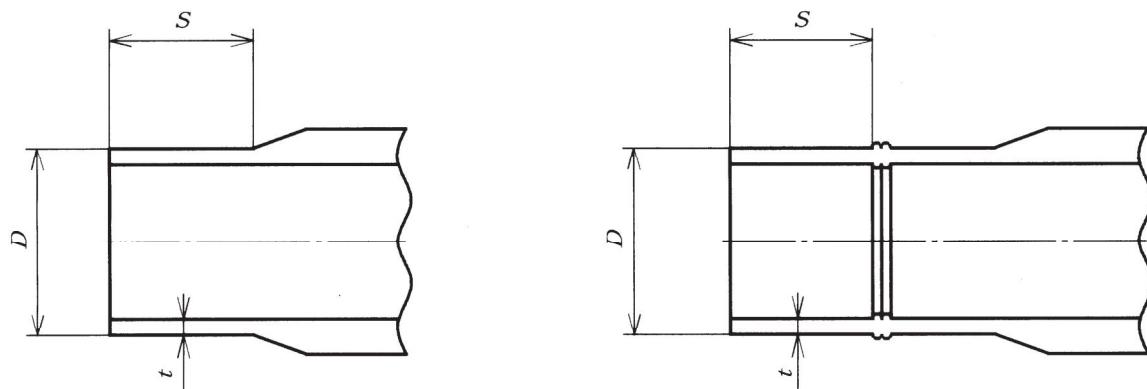
**備考 1.** 平均内径の許容差は、電熱線が組み込まれている範囲における相互に等間隔な 2 方向の内径測定値の平均値（平均内径）と基準寸法との差をいう。

なお、プラス側の許容値は、接合する管の外径が最小の場合、継手の製造業者が表 2.3.4 の規定に適合できる規定値とする。

**2.** 長さ  $I_2$  は、電熱線が組み込まれている範囲の寸法である。

**3.** 厚さ  $t$  は、継手端部から  $(I_1 + I_2)$  の範囲を除くすべての範囲に適用する。

表 2.3.7 継手スピゴットエンド部



単位 mm

呼び径	外径		楕円度	厚さ	長さ(1)
	基準寸法	D	最大外径 -最小外径	t (最小)	S (最小)
		平均外径の許容差			
50	63.0	+0.4 0	1.5	5.8	57
75	90.0	+0.6 0	1.8	8.2	75
100	125.0	+0.8 0	2.5	11.4	85
150	180.0	+1.1 0	3.6	16.4	105
200	250.0	+1.5 0	5.0	22.7	130
250	315.0	+1.9 0	11.1	28.6	150
300	355.0	+2.2 0	12.5	32.2	164

注(1) PTC B 22(表 2.3.58), PTC G 32(表 2.3.88) とは異なります。

**備考 1.** 平均外径の許容差とは、任意の断面における円周測定値を円周率 3.142 で除した値又は相互に等間隔な 2 方向の外径測定値の平均値（平均外径）と基準寸法との差をいう。

**2.** 寸法は、継手端部から S 以内の範囲に適用する。

### 3. 水道配水用ポリエチレン管の設計

水道配水用ポリエチレン管の設計において、特に留意すべき事項についてまとめています。施工マニュアルと合わせてご参照いただき、正しい配管設計を行なって下さい。

#### 3.1 管路設計の手順

管路設計は日本水道協会から発行されている「水道施設設計指針」および各水道事業体から発行されている「工事標準仕様書」を元に行います。設計の手順は次のとおりです。

#### 設計フローチャート(一般路線の例)

##### 1. 配管条件の確認

- ☆水道配水用ポリエチレン管の使用範囲を確認する。  
→3. 2 **使用範囲**を参照
- ☆管径を決定する。  
→3. 3 **流量計算**を参照
  - ・流量計算に基づき最適な管径を算出する。
  - ・分岐部の管径を調査する。
- ☆内圧を確認する。  
→3. 4. 1 **内圧に対する安全性検討**を参照
  - ・静水圧が 0.75MPa 以下となっているかを確認する。
- ☆土被りを決定する。  
→3. 4. 2 **外圧に対する安全性検討**を参照
  - ・日本水道協会「水道施設設計指針(2012)」配水管の項を参照する。
  - ・標準は 1.2mであるが、浅層埋設が可能な施工現場については道路管理者と協議する。
- 3. 9 **設計上の注意事項 (1)水道配水用ポリエチレン管の公道下埋設について**を参照
- ☆路面荷重を確認する。  
→3. 4. 2 **外圧に対する安全性検討**を参照
  - ・トラック・軌道などの荷重を調べる。  
25ton トラック 2 台同時通過の場合、管厚に影響がないかを確認する。
- ☆地盤調査と土質試験を行う。
  - ・各地層の性状調査を行う。
  - ・軟弱地盤の調査を行う。
  - ・汚染土壤かを調査する。
- ☆配管ルートを決定する。
  - ・測量図によって配管ルートと管理設位置を確認する。

## 2. 管種の選定

水道配水用ポリエチレン管は、原料がPE100で管厚がSDR11の1管種であるため、管種の選定は必要ありません。

1. 配管条件の確認に加え、以下について問題がないかを確認する。

→3.5 耐震計算を参照

→3.6 液状化浮力の検討を参照

→3.7 伸縮および抜け出し防止に対する検討を参照

→3.8 管路の浮上防止に関する検討を参照

## 3. 接合形式の選定

☆接合形式は、用途によって選択する。

(1)EF 継手

<特徴>

- ・簡単な操作で管継手と管を一体化できる。
- ・接合部強度は管体と同等以上である。
- ・狭い構内でも接合できる。
- ・雨天時や水場での作業は十分な注意が必要である。

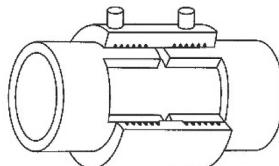


図 3.1.1 EF 接合

(2)メカニカル継手

<特徴>

- ・雨天時や水場での施工が可能である。
- ・管路の補修に適している。
- ・EF 接合と同等の接合強度を有している。

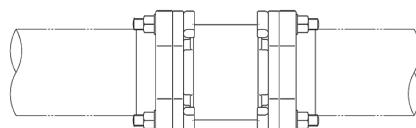


図 3.1.2 メカニカル接合

(3)変換継手

- ・既設管からの変換時に使用する。

(4)その他の接合方法

- ・フランジ接合やバット融着接合がある。

#### 4. 管路構成の決定

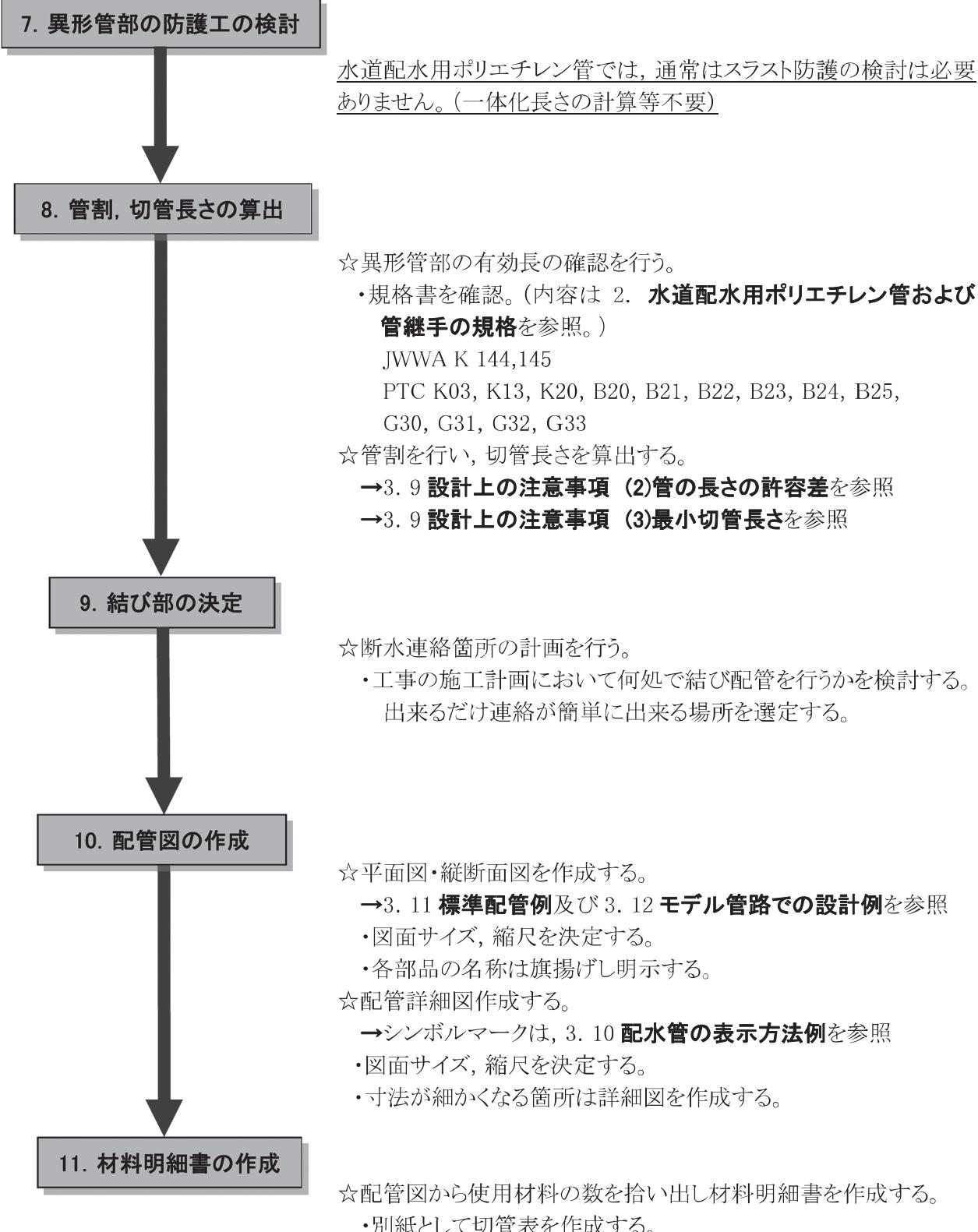
- ☆分岐配管部を決定する。
  - ・設計図書によって分岐配管位置と管径を確認する。
- ☆伏せ越し部の調査を行う。
  - ・測量縦断図や各企業の既設埋設物(配管障害物)を確認し、伏せ越し配管方法を決定する。この場合に離隔は 0.3m 以上とする。
- ☆仕切弁等の配置を決定する。
  - ・仕切弁
    - 設置個所  
管路の分岐点では、本管および分岐管の下流に設ける。
  - ・空気弁
    - 設置個所  
管路に充水する際の管内空気の除去のために設ける。
  - ・消火栓
    - 設置個所  
消火活動に支障のない場所で、建物などの状況に応じてその設置間隔を定める。
  - ・排水設備
    - 設置個所  
管を布設した際の管内の洗管排水のために設ける。

#### 5. 使用ベンドの決定

- ☆測点の確認を行う。
- ☆水平距離を計算する。
- ☆使用ベンドの種類及び角度を決定する。
  - ・水道配水用ポリエチレン管は材料の特性上、柔軟性があるので管の生曲げ半径を考慮して生曲げかベンドかを検討する。  
→1.5 施工性 (2)柔軟性 表 1.5.1 最小曲げ半径を参照

#### 6. 各部配管方法の決定

- ☆直管部の配管方法を決定する。
  - ・長尺管による施工を検討する。
- ☆異形管部の配管方法を決定する。  
→3. 7 伸縮および抜け出し防止に対する検討を参照
- ☆弁室の構造を決定する。
- ☆弁・栓類部の配管方法を決定する。  
→3. 9 設計上の注意事項 (6)仕切弁等へのコンクリート板の使用を参照



## 3.2 使用範囲

- ・水道配水用ポリエチレン管は使用圧力(静水圧)0.75MPa 以下の水道埋設配管に使用します。
- ・管および管継手の使用温度範囲は 0~50°C です。
- ・0~50°C の温度範囲で使用する場合の使用圧力は下表の通りです。
- ・有機溶剤等に汚染されている場所への埋設は、[解説]のように施工します。
- ・その他の使用方法については、各メーカーに問い合わせ下さい。
- ・100 年寿命は、40°Cまでの範囲で検証しています。

表 3.2.1 溫度別の使用圧力

使用温度	0°C~20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C
最高許容圧力 MPa	1.00	0.92	0.85	0.79	0.73	0.67	0.63
使用圧力 MPa	0.75	0.67	0.60	0.54	0.48	0.42	0.38

**備考** 最高許容圧力は、使用圧力(静水圧)に水撃圧 0.25MPa を加えた圧力です。

### [解説]

#### (1) 最高許容圧力の温度依存性

水道配水用ポリエチレン管はプラスチックであるため、金属と異なり、常温において明確な温度依存性を示し、高温側で強度が低下します。例えば、20°Cでの最高許容圧力は 1MPa ですが、使用温度が 30°Cになると、最高許容圧力は、表 3.2.1 の通り約 15% 減少し、0.85MPa となります。

なお、管厚設計については後述しますが、その設計温度のベースは 20°C としています。通常、水道配水用ポリエチレン管は、埋設配管として用いられますので、最高使用温度を実用上 50°C としています。また、最低使用温度は 0°C であり、凍結しない範囲での使用温度に限定しています。

#### (2) 水撃圧

水道配水用ポリエチレン管の水撃圧は、日本水道協会「水道施設設計指針(2012)」に「水撃圧については、目安として 0.45~0.55MPa が見込まれ、硬質塩化ビニル管および水道配水用ポリエチレン管では、管材のヤング率が前記の管材に比べ小さいことから 0.25MPa をみこんである。」と記載されており、使用圧力に水撃圧 0.25MPa を加えます。

#### (3) 土壌汚染地区の対応方法

##### (a) 有機溶剤の浸透挙動について

一般にポリエチレン管は、硬質塩化ビニル管と異なり、有機溶剤がポリエチレン樹脂を膨潤や劣化させたりすることはないが、ポリエチレン樹脂と親和性のある一部の溶剤(ガソリン、灯油、トルエン、トリクロロエチレンなど)は浸透します。そのため、有機溶剤によって汚染された土壌にポリエチレン管を布設する場合、溶剤が管に浸透し、管の物性および管内水道水に影響を及ぼすことが懸念されます。そこで、管の物性への影響を調査するため、水道配水用ポリエチレン管を使って有機溶剤による環境応力き裂試験を行ったところ、1000 時間経過時点で何ら異常は見られませんでした。また、管水道水への影響を調査するため、浸透量の検討を行ったところ、ポリエチレン管周囲のトルエン濃度が 0.6 mg/l 「水質汚濁に係わる環境基準(水質環境基準)で設定されている指針値」以下の場合、浸透量はほとんど無視できる程度でした。ただし、有機溶剤の浸透が懸念される場合、浸透防止対策を講じる必要があります。

### (b)汚染土壤でのポリエチレン管の布設

大量にガソリンなどを扱うガソリンスタンドや車両工場、化学工場などで有機溶剤の浸透が懸念される場合、浸透を防ぐために何らかの対策が必要です。その対策の考え方とし WRc レポート “PIPE MATERIALS SELECTION MANUAL”には、

- ・管を汚染物質に近付けない。
  - ・プラスチック管を保護する。
- ということが示されています。したがって、溶剤浸透防止対策として次のことが考えられます。
- ・影響を受け難い経路を検討する。
  - ・鋼管などによるさや管を利用する。
  - ・溶剤浸透防護スリーブを使用する。
  - ・有機溶剤の影響を受けない他種管を採用する。

### 3.3 流量計算

水道配水用ポリエチレン管の流量計算には、次の Hazen-Williams 式で行います。

水道配水用ポリエチレン管は、呼び径に近い内径を確保しています。

管径の算出方法として、平均流速公式により計算します。また、経済的な面も考慮します。

#### 計算式

Hazen-Williams 式

$$Q = 0.27853 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$V = 0.35464 \cdot C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$D = 1.6258 \cdot C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.205} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$I = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \quad \dots \dots \dots (4)$$

ここに、

Q : 流量(m<sup>3</sup>/s)

V : 流速(m/s)

D : 管内径(m)

C : 流速係数(=140)

I : 動水こう配(=h/L)

h : 摩擦損失水頭(m)

L : 管路延長(m)

以上の式によって次の場合が計算できる。

式(1)C, D, Iを与えてQを求める場合

式(2)C, D, Iを与えてVを求める場合

式(3)C, Q, Iを与えてDを求める場合

式(4)C, D, Qを与えてIを求める場合

また計算方法としては、

・数値計算による方法

・数表、図表による方法

・管水路計算尺による方法

などですが、最近ではコンピューターによる計算が多くなってきています。

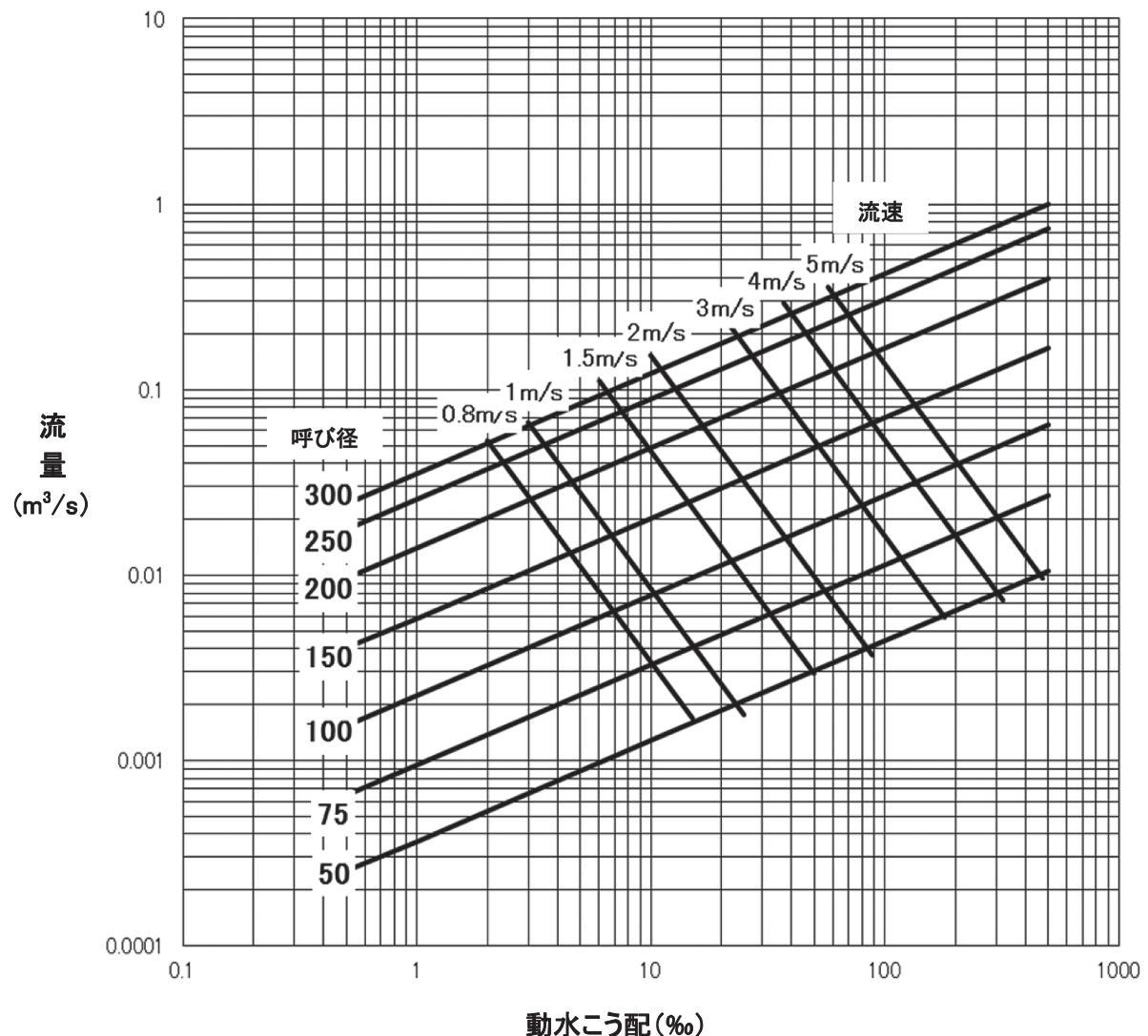


図 3.3.1 流量図

表 3.3.1 水道配水用ポリエチレン管の流量表

単位  $m^3/s \times 10^{-3}$ 

公 式 呼び径 動水こう配(%)	$Q = 0.27853 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \quad (C=140) \quad (m^3/s) \times 10^{-3}$						
	50	75	100	150	200	250	300
内 径	50.7mm	72.6mm	100.8mm	145.3mm	201.9mm	254.7mm	287.2mm
0.5	0.253	0.650	1.540	4.029	9.571	17.632	24.181
1.0	0.367	0.945	2.239	5.858	13.916	25.636	35.158
1.5	0.457	1.176	2.787	7.292	17.322	31.911	43.764
2.0	0.534	1.373	3.256	8.518	20.233	37.275	51.119
2.5	0.603	1.549	3.672	9.608	22.824	42.048	57.665
3.0	0.665	1.710	4.053	10.602	25.186	46.398	63.631
3.5	0.723	1.858	4.405	11.523	27.372	50.426	69.155
4.0	0.777	1.997	4.734	12.384	29.419	54.196	74.325
4.5	0.828	2.128	5.045	13.198	31.360	57.755	79.206
5.0	0.876	2.253	5.340	13.970	33.186	61.136	83.843
6.0	0.967	2.486	5.893	15.416	36.619	67.462	92.518
7.0	1.051	2.702	6.404	16.753	39.798	73.318	100.549
8.0	1.129	2.904	6.883	18.006	42.774	78.800	108.067
9.0	1.204	3.094	7.335	19.189	45.583	83.974	115.164
10	1.274	3.275	7.764	20.312	48.251	88.891	121.906
15	1.586	4.077	9.665	25.284	60.062	110.648	151.745
20	1.852	4.762	11.289	29.533	70.156	129.245	177.248
25	2.090	5.373	12.735	33.315	79.140	145.795	199.946
30	2.306	5.928	14.052	36.762	87.328	160.880	220.633
35	2.506	6.443	15.272	39.954	94.909	174.845	239.785
40	2.693	6.924	16.414	42.941	102.005	187.918	257.714
45	2.870	7.379	17.492	45.761	108.703	200.258	274.638
50	3.038	7.811	18.516	48.440	115.067	211.982	290.716
60	3.353	8.619	20.432	53.452	126.973	233.915	320.794
70	3.644	9.376	22.205	58.091	137.994	254.220	348.641
80	3.916	10.068	23.865	62.435	148.312	273.228	374.709
90	4.173	10.729	25.433	66.535	158.052	291.170	399.315
100	4.417	11.357	26.922	70.430	167.305	308.217	422.693
150	5.499	14.137	33.511	87.669	208.256	383.659	526.156
200	6.423	16.513	39.143	102.403	243.257	448.139	614.584
250	7.245	18.627	44.156	115.517	274.408	505.526	693.286
300	7.995	20.555	48.724	127.469	302.799	557.830	765.016
350	8.689	22.339	52.954	138.534	329.083	606.252	831.423
400	9.339	24.009	56.913	148.892	363.688	651.581	893.588
450	9.952	25.586	60.651	158.669	376.915	694.370	952.269
500	10.535	27.084	64.201	167.959	398.981	735.021	1008.019

### 3.4 管厚設計

水道配水用ポリエチレン管は、日本水道協会規格(JWWA K 144)において、設計内圧 1MPa(使用圧力 0.75MPa に水撃圧 0.25MPa を見込んだ内圧に相当)で 50 年後の安全率が 2 となるように管厚設計されています。

同規格では、水道配水用ポリエチレン管の適用範囲を、使用圧力 0.75MPa 以下と定めおり、水撃圧 0.25MPa 以下とすれば、安全率 2 以上は確保されることになります。

一方、外圧に対しては、土圧や活荷重により発生する撓みや曲げ周応力を計算し、それぞれの許容値以下であることを確認します。

内圧による引張応力と外圧による曲げ周応力を合成するか、合成しないでそれぞれに対し安全性を検討するかについては様々な見解がありますが、(社)日本水道協会「水道配水用ポリエチレン管・継手に関する調査報告書」では、実埋設実験の結果として、水圧のみを負荷したときよりも、土圧と水圧を同時に負荷したときの方が発生ひずみやたわみが大きくならないことが示されています。従って、水道配水用ポリエチレン管の管厚は、通常の埋設条件では内圧に対する安全性のみを検討すれば良い。ただし、過大な路面荷重が見込まれるなど特別な埋設条件の場合は、内圧による安全性検討と外圧による安全性検討を、それぞれ別個に行う(内外圧分離の考え方)方法を適用します。

#### 3.4.1 内圧に対する安全性検討

##### (a)許容応力

水道配水用ポリエチレン管の内圧に対する許容応力は材料である PE100 の MRS<sup>(2)</sup>(長期静水圧強度)10MPa に対して安全率 2 を見込んだ 5MPa 以下としました。

水道配水用ポリエチレン管は設計内圧 1MPa(使用圧力 0.75MPa に水撃圧 0.25MPa を見込んだ値)に対して上記の許容応力を満足するように設計されています。

注<sup>(2)</sup> 長期静水圧強度は、管が 20°C で 50 年以上耐えうる周方向応力のことで、長期静水圧強度の試験方法(ISO 9080)によって求めます。その結果、水道配水用ポリエチレン管の長期静水圧強度は、10MPa 以上となります。

##### (b)内圧に対する計算

内圧により発生する引張周方向応力は Naday 式①で計算します。

$$\sigma = P(D - t)/2t \quad \dots \dots \dots \text{①}$$

ここに、

$\sigma$  : 引張周方向応力 (MPa)

P : 設計内圧 (MPa)

t : 管の最小厚さ (m)

D : 管の基準外径 (m)

### 3.4.2 外圧に対する安全性検討

#### (a)許容たわみ率

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

#### (b)許容曲げ応力

水道配水用ポリエチレン管の外圧による曲げ応力に対する許容値は、同じ樹脂管である硬質塩化ビニル管と同じように、引張降伏強さに対して安全率 2.5 を見込んだ値とします。従って、許容応力 = 引張降伏強さ / 安全率 =  $20 / 2.5 = 8 \text{ MPa}$  となります。

#### (c)数値計算例

外圧に対する検討は、「水道施設設計指針」の計算式に準じます。

##### ①土圧：マーストンの式

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

ここに、

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

##### ②輪圧：ブーシネスクの式

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

ここに、

$P_t$	: 輪圧	N
$\alpha$	: ブーシネスク係数	
$i$	: 衝撃係数 ( $=0.5$ )	
$P$	: 1 後輪片荷重 ( $=100000\text{N}$ )	N
$\beta$	: 断面力の低減係数 ( $=0.9$ )	

##### ③曲げ応力とたわみ：スパングラーの式（修正式）

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

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

ここに、

$\sigma_b$	: 管底に発生する周方向応力（最大発生応力）	MPa
$\delta_v$	: 管に発生するたわみ	%
$K_b$	: 管底のモーメント係数	
$F_d$	: 土の変形量の遅延係数 経験的に 1.5	
$F_r$	: 管下場の支承角によって決まる係数	
$E'$	: 土質とつき固めによって決まる係数	MPa
$r$	: 管厚中心半径	mm
$E$	: 管材の曲げ弾性係数	MPa
$I$	: 管頂 1cmあたりの断面二次モーメント ( $=t^3/12$ )	$\text{mm}^4/\text{mm}$
$P_v$	: 管頂における鉛直土圧	$\text{N/mm}^2$

表 3.4.1 支承角係数

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

表 3.4.2 モーメント係数

支承角	0°	30°	60°	90°	120°	180°
K	管底 $K_b$	0.294	0.235	0.189	0.157	0.138
	管底 $K_t$	0.150	0.148	0.143	0.137	0.131
	管底 $K_s$	0.153	0.152	0.147	0.140	0.133

①～③の計算式を用いて、水道配水用ポリエチレン管の外圧によるたわみおよび曲げ応力を各種土被りに対して計算しました。計算結果を表 3.4.4 及び表 3.4.5 に示します。なお、計算には以下の各数値を用いました。

- ・埋戻し土の単位体積重量 :  $18\text{kN}/\text{m}^3 = 0.000018\text{N}/\text{mm}^3$
- ・管頂部の溝幅 : 表 1.5.3 によります。
- ・輪荷重の条件 : 25ton トラック 2台並走
- ・ポリエチレン樹脂の曲げ弾性率 : 1050MPa
- ・管の寸法 : 表 3.4.3 に示します。

表 3.4.3 ポリエチレン管の基準寸法

単位 mm

呼び径	外径	厚さ
50	63.0	5.8
75	90.0	8.2
100	125.0	11.4
150	180.0	16.4
200	250.0	22.7
250	315.0	28.6
300	355.0	32.2

表 3.4.4 ポリエチレン管の外圧による曲げ応力とたわみ率の計算結果

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

埋戻し土	支承角	土被り	0.6m		0.9m		1.2m		1.5m	
			呼び径	$\sigma_{\max}$	V	$\sigma_{\max}$	V	$\sigma_{\max}$	V	$\sigma_{\max}$
砂 $E' = 10$	60°	50	5.39	1.71	3.64	1.15	2.76	0.87	2.26	0.72
		75	5.46	1.73	3.68	1.17	2.80	0.89	2.29	0.73
		100	5.43	1.73	3.67	1.17	2.79	0.89	2.29	0.73
		150	5.40	1.72	3.68	1.17	2.81	0.89	2.32	0.74
		200	5.36	1.71	3.69	1.17	2.83	0.90	2.35	0.75
		250	5.30	1.69	3.69	1.18	2.87	0.92	2.41	0.77
		300	5.25	1.67	3.69	1.18	2.89	0.92	2.44	0.78
	120°	50	3.57	1.47	2.41	0.99	1.83	0.76	1.50	0.62
		75	3.60	1.50	2.43	1.01	1.85	0.77	1.51	0.63
		100	3.58	1.49	2.42	1.01	1.84	0.77	1.51	0.63
		150	3.56	1.49	2.43	1.01	1.85	0.77	1.53	0.64
		200	3.53	1.48	2.43	1.01	1.87	0.78	1.55	0.65
		250	3.49	1.46	2.43	1.02	1.89	0.79	1.59	0.66
		300	3.46	1.45	2.43	1.02	1.90	0.79	1.61	0.67
砂質土壤 $E' = 7$	60°	50	5.92	1.98	3.99	1.33	3.03	1.01	2.48	0.83
		75	5.99	2.02	4.05	1.36	3.08	1.03	2.52	0.85
		100	5.97	2.00	4.04	1.36	3.07	1.03	2.52	0.85
		150	5.94	2.00	4.04	1.36	3.09	1.04	2.55	0.86
		200	5.90	1.99	4.05	1.37	3.11	1.05	2.58	0.87
		250	5.82	1.96	4.06	1.37	3.16	1.06	2.65	0.89
		300	5.77	1.95	4.06	1.37	3.17	1.07	2.68	0.90
	120°	50	4.02	1.71	2.71	1.15	2.06	0.88	1.69	0.72
		75	4.06	1.74	2.74	1.18	2.08	0.89	1.71	0.73
		100	4.04	1.73	2.74	1.17	2.08	0.89	1.71	0.73
		150	4.02	1.73	2.74	1.17	2.09	0.90	1.73	0.74
		200	3.99	1.72	2.74	1.18	2.11	0.91	1.75	0.75
		250	3.94	1.70	2.75	1.18	2.14	0.92	1.80	0.77
		300	3.91	1.68	2.75	1.18	2.15	0.92	1.81	0.78

表 3.4.5 ポリエチレン管の外圧による曲げ応力とたわみ率の計算結果(続き)

埋戻し土	支承角	土被り	0.6m		0.9m		1.2m		1.5m	
			呼び径	$\sigma_{\max}$	V	$\sigma_{\max}$	V	$\sigma_{\max}$	V	$\sigma_{\max}$
ローム $E' = 4$	$60^\circ$	50	6.64	2.35	4.48	1.58	3.40	1.20	2.79	0.99
		75	6.74	2.40	4.55	1.62	3.46	1.23	2.83	1.01
		100	6.71	2.39	4.54	1.62	3.45	1.23	2.83	1.01
		150	6.68	2.38	4.54	1.62	3.47	1.24	2.86	1.02
		200	6.63	2.37	4.56	1.63	3.50	1.25	2.90	1.04
		250	6.55	2.34	4.57	1.63	3.55	1.27	2.98	1.07
		300	6.50	2.33	4.56	1.63	3.57	1.28	3.01	1.08
	$120^\circ$	50	4.64	2.03	3.13	1.37	2.38	1.04	1.95	0.85
		75	4.71	2.08	3.18	1.40	2.42	1.07	1.98	0.87
		100	4.68	2.07	3.17	1.40	2.41	1.06	1.98	0.87
		150	4.66	2.06	3.17	1.40	2.43	1.07	2.00	0.88
		200	4.63	2.05	3.18	1.41	2.45	1.08	2.03	0.90
		250	4.57	2.03	3.19	1.41	2.48	1.10	2.08	0.92
		300	4.54	2.01	3.19	1.41	2.45	1.10	2.10	0.93

### 3.5 耐震計算

#### 3.5.1 許容ひずみ

水道配水用ポリエチレン管に使用されているポリエチレン材料(PE100)は、鋼管と比べて引張強度は1/10以下ですが、引張伸びは10倍以上と大きく、管は柔軟で耐衝撃性に富むという特徴を持っています。水道配水用ポリエチレン管を引っ張った場合の応力一ひずみ線図を図3.5.1に示します。地震時の地盤変形速度を考慮すると、初期降伏ひずみは8%程度になります。

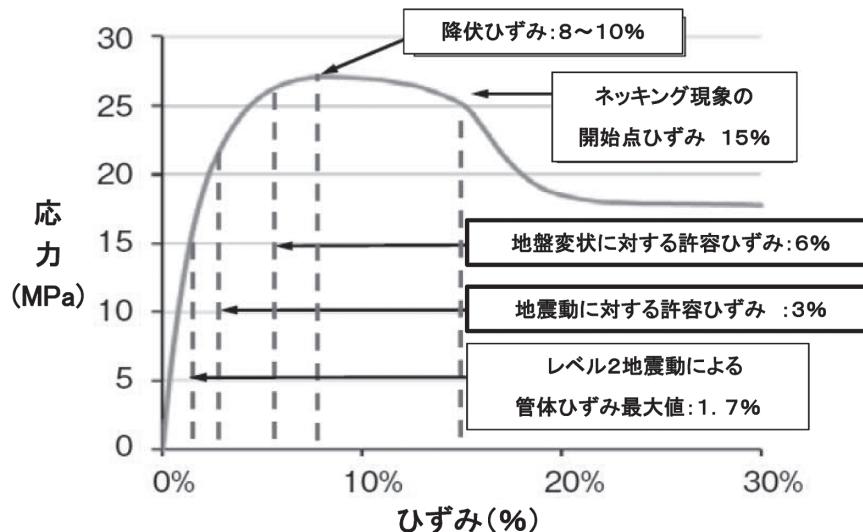


図3.5.1 水道配水用ポリエチレン管の応力一ひずみの関係

水道配水用ポリエチレン管は一体構造管路の一種であり、耐震性能の照査基準には許容ひずみを用います。「日本水道協会:水道配水用ポリエチレン管・継手に関する調査報告書、平成10年9月」の「2.4 ポリエチレン管の耐震性について」に掲載されている実験(表3.5.2 参照)より、水道配水用ポリエチレン管の耐震計算で用いる許容ひずみを、表3.5.1に示すとおり設定しています。

表3.5.1 許容ひずみ

	許容ひずみ
地震動に対する許容ひずみ	3 %
地盤変状に対する許容ひずみ	6 %

表 3.5.2 耐震性能評価に関する実験（抜粋）

実験名	実験内容	実験結果
引張実験	呼び径 $75 \times 1.5\text{m}$ の実管を用いた引張実験を行い、引張速度別の降伏点ひずみなどを求めた。（引張速度： $2.5\text{cm/s} \sim 100\text{cm/s}$ ）	降伏点ひずみは、 $7.8\%(100\text{cm/s}) \sim 11\%(2.5\text{cm/s})$ の範囲にあった。また、ネッシング現象の開始点ひずみは、15%程度であった。
	呼び径 $75 \times 5\text{m}$ の定尺管を用いた引張実験を行い、管体ひずみの分布状況などを求めた。	降伏点ひずみに近い 8%まで、管体ひずみは一部に集中せず、管はほぼ一様に伸びた。
圧縮試験	呼び径 $75, 150 \times 0.5\text{m}$ の実管を用いた圧縮試験を行い、圧縮降伏点ひずみなどを求めた。	圧縮降伏点ひずみは、呼び径 75 で 7%～9%の範囲にあり、呼び径 150 で 10%程度であった。
繰り返し伸縮実験	呼び径 $75 \times 1.5\text{m}$ の実管を用いた繰り返し伸縮実験を行い、許容ひずみなどを検討した。	管軸方向ひずみ $\pm 3\%$ 、周波数 $1\text{Hz} \times 50$ 回の繰り返し伸縮後の管体に、ネッシングや破断などの異常は認められなかった。
初期変形品の内圧クリープ試験	呼び径 $75 \times 0.7\text{m}$ の実管を用い、予め引張ひずみを与えた状態で内圧クリープ試験を実施し、長期性能などを検討した。（引張ひずみ： $2.5\% \sim 10\%$ ）	内圧クリープ試験の結果は、すべてマスター曲線を上回っており、 $2.5\% \sim 10\%$ 程度の引張ひずみが生じた管でも長期性能に問題がないことが確認できた。

### 3.5.2 応答変位法による地震動に対する耐震計算

「日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説、2009 年版」に掲載されている水道配水用ポリエチレン管の耐震計算法（応答変位法による耐震計算）による計算例を示します。

#### (1) 計算条件

- ・管体仕様 呼び径 : 150  
外径 :  $D = 0.18\text{m}$   
管厚 :  $t = 0.0164\text{m}$   
管材質 : 水道配水用ポリエチレン管(PE100)
- ・埋設条件 土被り : 1.2m および 0.6m  
(数値計算例は、土被り 1.2m のものを示します)
- ・設計内圧 : 1.0MPa
- ・自動車荷重 : 100kN/輪 (T-25)
- ・温度変化 :  $15^\circ\text{C}$
- ・地盤モデル : 図 3.5.1 に示します。

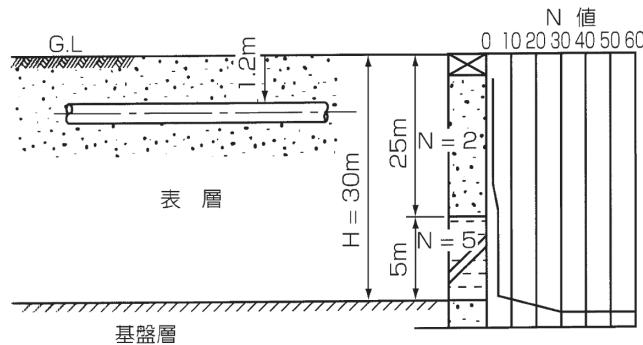


図 3.5.1 地盤モデル

## (2) レベル 1 地震動に対する検討

### (a) 表層地盤の固有周期

$$T_G = 4 \sum \frac{H_i}{V_{s,i}}$$

ここに、

$T_G$  : 表層地盤の固有周期(s)

$H_i$  : 第  $i$  層の厚さ(m)

$V_{s,i}$  : 第  $i$  層のせん断弾性波速度(m/s) (表 3.5.3 のように定めた)

表 3.5.3 地盤のせん断弾性波速度

i	層厚(m)	N 値	せん断弾性波速度の算出	$H_i/V_{s,i}$
①	25	2	$61.8N^{0.211} = 71.5\text{m/s}$	0.350
②	5	5	$122.0N^{0.0777} = 138.3\text{m/s}$	0.036
③	—	50	$205.0N^{0.125} = 334.3\text{m/s}$	—

$$T_G = 4 \sum \frac{H_i}{V_{s,i}} = 4 \times 0.386 = 1.54(\text{s})$$

### (b) 管軸位置の地盤の水平変位振幅

$$U_{h1} = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_G \cdot K'_{h1} \cdot \cos \frac{\pi \cdot h'}{2 \cdot H}$$

ここに、

$U_{h1}$  : 管軸位置の地盤の水平変位振幅(m)

$S_v$  : 基盤地震動の単位震度当りの速度応答スペクトル ( $T_G \geq 0.5\text{s}$ ,  $= 0.80\text{m/s}$ )

$K'_{h1}$  : 基盤面における設計水平震度 (=0.15)

$h'$  : 地表面から管中心までの深さ (=1.29m)

$H$  : 表層地盤の厚さ (=30m)

$$U_{h1} = \frac{2}{\pi^2} \times 0.80 \times 1.54 \times 0.15 \times \cos \frac{\pi \times 1.29}{2 \times 30} = 0.0374(\text{m})$$

### (c) 地震波動の波長

$$L = \frac{2 \cdot L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

$$L_1 = T_G \cdot V_{DS}$$

$$L_2 = T_G \cdot V_{BS}$$

ここに、

$L$  : 45 度斜め入射せん断波の波長 (m)

$L'$  : みかけの波長 (m)

$V_{DS}$  : 表層地盤のせん断弾性波速度 (m/s)

$V_{BS}$  : 基盤面のせん断弾性波速度 (=334.3m/s)

$$V_{DS} = \frac{30}{0.386} = 77.7 \text{ (m/s)}$$

$$L_1 = 1.54 \times 77.7 = 119.7 \text{ (m)}$$

$$L_2 = 1.54 \times 334.3 = 514.8 \text{ (m)}$$

$$L = \frac{2 \times 119.7 \times 514.8}{119.7 + 514.8} = 194.2 \text{ (m)}$$

$$L' = \sqrt{2} \times L = 274.2 \text{ (m)}$$

### (d) 地盤のひずみ、管路のひずみ

$$\varepsilon_{G1} = \eta \cdot \frac{\pi \cdot U_{h1}}{L}$$

$$\varepsilon_{L1} = \alpha_0 \cdot \varepsilon_{G1}$$

$$\alpha_0 = q \cdot \alpha_1$$

$$\varepsilon_{B1} = \alpha_2 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot D}{L} \cdot \varepsilon_{G1}$$

$$\varepsilon_{P1} = \sqrt{3.12 \times \varepsilon_{L1}^2 + \varepsilon_{B1}^2}$$

ここに、

$\varepsilon_{G1}$  : 地盤の軸ひずみ

$\varepsilon_{L1}$  : 埋設管路の軸ひずみ

$\varepsilon_{B1}$  : 埋設管路の曲げひずみ

$\varepsilon_{P1}$  : 軸ひずみと曲げひずみの合成ひずみ

(軸ひずみには重畠係数として 3.12 を乗ずる)

$\alpha_0$  : すべりを考慮した場合の管軸方向の地盤変位伝達係数

$q$  : すべり低減係数 (すべりが生じないため、 $q = 1.0$  とする)

$\alpha_1$  : 管軸方向の地盤変位伝達係数 ( $\alpha_1 = 0.984$ )

$\alpha_2$  : 管軸直交方向の地盤変位伝達係数 (管の可撓性により地盤と同じ挙動としてよく、 $1.0$  とする)

$\eta$  : 地盤の不均一度係数 (均一 : 1.0, 不均一 : 1.4, 極めて不均一 : 2.0)

(数値計算例は、 $\eta$  が 1.0 のものを示します)

$$\varepsilon_{G_1} = 1.0 \times \frac{\pi \times 0.0374}{194.2} = 0.000605 (=0.061\%)$$

$$\varepsilon_{L_1} = 0.984 \times 0.000605 = 0.000595$$

$$\varepsilon_{B_1} = 1.0 \times \frac{2 \times \pi \times 0.18}{194.2} \times 0.000605 = 0.00000352$$

$$\varepsilon_{P_1} = \sqrt{3.12 \times 0.000595^2 + 0.00000352^2} = 0.00105 (=0.105\%)$$

### (3) レベル 2 地震動に対する検討

#### (a) 表層地盤の固有周期

レベル 1 地震動の計算と同じ。  $T_G = 1.54$  (s)

#### (b) 管軸位置の地盤の水平変位振幅

$$U_{h_2} = \frac{2}{\pi^2} \cdot S'_v \cdot T_G \cdot \cos \frac{\pi \cdot h'}{2 \cdot H}$$

ここに、

$S'_v$  : 基盤地震動の速度応答スペクトル ( $T_G \geq 0.7$ s,  $= 1.0$ m/s)

$$U_{h_2} = \frac{2}{\pi^2} \times 1.0 \times 1.54 \times \cos \frac{\pi \times 1.29}{2 \times 30} = 0.3114 (\text{m})$$

#### (c) 地震波動の波長

レベル 1 地震動の計算と同じ。  $L = 194.2$  (m)

#### (d) 地盤のひずみ、管路のひずみ

計算式はレベル 1 地震動と同じ。

$$\varepsilon_{G_2} = 1.0 \times \frac{\pi \times 0.3114}{194.2} = 0.00504 (=0.504\%)$$

$$\varepsilon_{L_2} = 0.984 \times 0.00504 = 0.00496$$

$$\varepsilon_{B_2} = 1.0 \times \frac{2 \times \pi \times 0.18}{194.2} \times 0.00504 = 0.0000293$$

$$\varepsilon_{P_2} = \sqrt{0.00496^2 + 0.0000293^2} = 0.00496 (=0.496\%)$$

#### (4) 常時荷重に対する検討

##### (a) 自動車荷重による軸方向ひずみ

$$\varepsilon_0 = \frac{0.322 \cdot W_m}{Z \cdot E} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{K_v \cdot D}}$$

ここに、

- $\varepsilon_0$  : 自動車荷重による管軸方向ひずみ
- $W_m$  : 自動車荷重 ( $h=1.2m, \gamma=6.797kN/m$ )
- $D$  : 管の外径 ( $=0.18m$ )
- $K_v$  : 鉛直方向地盤反力係数 ( $=10000kN/m^3$ )
- $E$  : 管の弾性係数 ( $=1.05 \times 10^6 kN/m^2$ )
- $Z$  : 管の断面係数 ( $=3.165 \times 10^{-4} m^3$ )
- $I$  : 管の断面 2 次モーメント ( $=2.84837 \times 10^{-5} m^4$ )

$$\varepsilon_0 = \frac{0.322 \times 6.797}{3.165 \times 10^{-4} \times 1.05 \times 10^6} \sqrt{\frac{1.05 \times 10^6 \times 2.84837 \times 10^{-5}}{10000 \times 0.18}} = 0.000849 (=0.085\%)$$

##### (b) 不同沈下による軸方向ひずみ

$$\varepsilon = \frac{M_2}{E \cdot I} \cdot \frac{D}{2}$$

ここに、

- $\varepsilon$  : 不同沈下による管軸方向ひずみ
- $M_2$  : 不同沈下による最大曲げモーメント ( $=0.05714kN \cdot m$ )
- $E, I, D$  : 前記のとおり

$$\varepsilon = \frac{0.05714}{1.05 \times 10^6 \times 2.84837 \times 10^{-5}} \times \frac{0.18}{2} = 0.000172 (=0.017\%)$$

##### (c) 内圧による軸方向ひずみ

$$\varepsilon_i = \frac{P_i \cdot (D - t)}{2 \cdot t \cdot E} \cdot \nu$$

ここに、

- $\varepsilon_i$  : 内圧による管軸方向ひずみ
- $P_i$  : 内圧 ( $=1.0MPa$ )
- $\nu$  : ポアソン比 ( $=0.46$ )
- $t$  : 管厚 ( $=0.0164m$ )
- $E, D$  : 前記のとおり

$$\varepsilon_i = \frac{1.0 \times (0.18 - 0.0164)}{2 \times 0.0164 \times 1050} \times 0.46 = 0.00219 (=0.219\%)$$

#### (d) 温度変化による軸方向ひずみ

$$\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta t$$

ここに、

- $\varepsilon_t$  : 温度変化による管軸方向ひずみ
- $\alpha$  : ポリエチレンの線膨張係数 ( $=1.2 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ )
- $\Delta t$  : 温度変化 ( $=15^{\circ}\text{C}$ )
- $\varepsilon_t = 1.2 \times 10^{-4} \times 15 = 0.00180 (=0.180\%)$

#### (5) 耐震性能の照査

##### (a) レベル1 地震動に対する耐震性能の照査

表3.5.4および表3.5.5に示す通り、この計算例では、地盤が極めて不均一な場合でも、管体ひずみが許容ひずみ以下となります。これは、指針の「3.2.2 埋設管路の耐震性能の照査」によれば、レベル1地震動に対して耐震性能1を満足することになります。

表3.5.4 地震動レベル1(土被り1.2m) 単位: %

名 称	$\eta = 1.0$	$\eta = 2.0$
自動車荷重(T-25)による軸方向ひずみ	0.085	0.085
不同沈下(L=15m)による軸方向ひずみ	0.017	0.017
温度変化による軸方向ひずみ	0.180	0.180
内圧による軸方向ひずみ	0.219	0.219
地震( $K'_{h1}=0.15$ )による軸方向ひずみ	0.105	0.210
管体ひずみ(軸方向ひずみの合計)	0.606	0.711
許容ひずみ	1.0	1.0

$\eta$  : 地盤の不均一度係数(均一: 1.0, 不均一: 1.4, 極めて不均一: 2.0)

表3.5.5 地震動レベル1(土被り0.6m) 単位: %

名 称	$\eta = 1.0$	$\eta = 2.0$
自動車荷重(T-25)による軸方向ひずみ	0.158	0.158
不同沈下(L=15m)による軸方向ひずみ	0.013	0.013
温度変化による軸方向ひずみ	0.180	0.180
内圧による軸方向ひずみ	0.219	0.219
地震( $K'_{h1}=0.15$ )による軸方向ひずみ	0.105	0.210
管体ひずみ(軸方向ひずみの合計)	0.675	0.780
許容ひずみ	1.0	1.0

$\eta$  : 地盤の不均一度係数(均一: 1.0, 不均一: 1.4, 極めて不均一: 2.0)

### (b) レベル 2 地震動に対する耐震性能の照査

**表 3.5.6** および**表 3.5.7** に示す通り、この計算例では、地盤が極めて不均一な場合でも、管体ひずみが許容ひずみ以下となります。これは、指針の「3.2.2 埋設管路の耐震性能の照査」によれば、レベル 2 地震動に対して耐震性能 2 を満足することになります。

**表 3.5.6 地震動レベル 2(土被り 1.2m)** 単位 : %

名 称	$\eta = 1.0$	$\eta = 2.0$
自動車荷重(T-25)による軸方向ひずみ	0.085	0.085
不同沈下(L=15m)による軸方向ひずみ	0.017	0.017
温度変化による軸方向ひずみ	0.180	0.180
内圧による軸方向ひずみ	0.219	0.219
地震による軸方向ひずみ	0.496	0.991
管体ひずみ (軸方向ひずみの合計)	0.997	1.492
許容ひずみ	3.0	3.0

$\eta$  : 地盤の不均一度係数(均一 : 1.0, 不均一 : 1.4, 極めて不均一 : 2.0)

**表 3.5.7 地震動レベル 2(土被り 0.6m)** 単位 : %

名 称	$\eta = 1.0$	$\eta = 2.0$
自動車荷重(T-25)による軸方向ひずみ	0.158	0.158
不同沈下(L=15m)による軸方向ひずみ	0.013	0.013
温度変化による軸方向ひずみ	0.180	0.180
内圧による軸方向ひずみ	0.219	0.219
地震による軸方向ひずみ	0.496	0.993
管体ひずみ (軸方向ひずみの合計)	1.066	1.563
許容ひずみ	3.0	3.0

$\eta$  : 地盤の不均一度係数(均一 : 1.0, 不均一 : 1.4, 極めて不均一 : 2.0)

### 3.5.3 地盤変状に対する耐震計算

「日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説、2009年版」に掲載されている水道配水用ポリエチレン管の耐震計算法（地盤変状に対する耐震計算）を示します。

$$\varepsilon_p = \alpha \cdot \varepsilon_g$$

ここに、

$\varepsilon_p$  : 埋設管路のひずみ

$\varepsilon_g$  : 側方流動等による地盤のひずみ

$\alpha$  : 地盤変位の伝達係数(管が地盤のひずみに追従するとして、1.0とする)

水道配水用ポリエチレン管の地盤変状に対する耐震計算における許容ひずみは 6%です。

これは、指針の「3.1.9 地盤の液状化と側方流動」で定められている「①護岸近傍域、②埋立地および河川流域の内陸部、③埋立地や河川流域、④傾斜した液状化地盤、⑤傾斜した人工改変地盤」における設計用地盤ひずみ(表 3.5.8 参照)に対して十分大きな値であるため、水道配水用ポリエチレン管は、側方流動を受けた場合でも耐震性を有すると判断されます。

**表 3.5.8 側方流動による設計用地盤ひずみ**

①護岸近傍域における地盤の引張ひずみ	1.2～2.0%
②埋立地および河川流域の内陸部における地盤の引張ひずみ	1.0～1.5%
③埋立地や河川流域における地盤の圧縮ひずみ	1.0～1.5%
④傾斜した液状化地盤のひずみ	計算による（概ね2%以下）
⑤傾斜した人工改変地盤における地盤ひずみ	1.0～1.7%

水道配水用ポリエチレン管の耐震計算の詳細につきましては、水道配水用ポリエチレン管の耐震性評価検討委員会監修の「水道配水用ポリエチレン管の耐震設計の手引き 2018年3月発行」を参照下さい。

### 3.6 液状化浮力の検討

液状化した地盤は、その単位体積重量が  $18\sim20\text{kN/m}^3$  の液体状となり、そこに埋設されている管路には浮力が作用します。この場合、管路の自重と管路上方の非液状化層のせん断抵抗が浮き上がりを阻止する抵抗力として管路に作用します。従って、浮力と抵抗力の大小関係で浮上の有無が判定されます。

管路周辺地盤での液状化発生の有無については、(社)日本水道協会「水道施設耐震工法指針・解説(2009)」に示される液状化抵抗係数  $FL$  値により判定します。液状化する場合 ( $FL < 1.0$ ) で、かつ管路上部の非液状化層厚が下式により算出される必要最小値： $H$  を下回る場合には、液状化により管路が浮上を起す可能性があるため、地盤改良などの適切な対策を行う必要があります。

$$F_u = \frac{W_B + Q_L}{V_0 \cdot \gamma_s}$$

ここで、

$F_u$  : 浮き上がり安全率

$W_B$  : 管路単位長さ当たりの重量(内容物の重量を含む) ( $\text{kN/m}$ )

$Q_L$  : 非液状化層( $FL > 1.0$  の層)のせん断抵抗力 ( $\text{kN/m}$ )

$$= 2C \cdot H + K \cdot \gamma \cdot \tan \phi \cdot H^2$$

$K$  : 静止土圧係数 ( $= 0.5$ )

$\gamma$  : 非液状化層の地盤単位体積重量 ( $18\sim20\text{kN/m}^3$ )

$C$  : 非液状化層の粘着力 ( $\text{kPa}$ )

$\phi$  : 非液状化層の内部摩擦角 ( $^\circ$ )

$H$  : 非液状化層の厚さ ( $\text{m}$ )

$V_0$  : 管路の単位長さ当たりの体積 ( $\text{m}^3/\text{m}$ )

$\gamma_s$  : 管路周辺土砂の飽和単位体積重量 ( $\text{kN/m}^3$ )

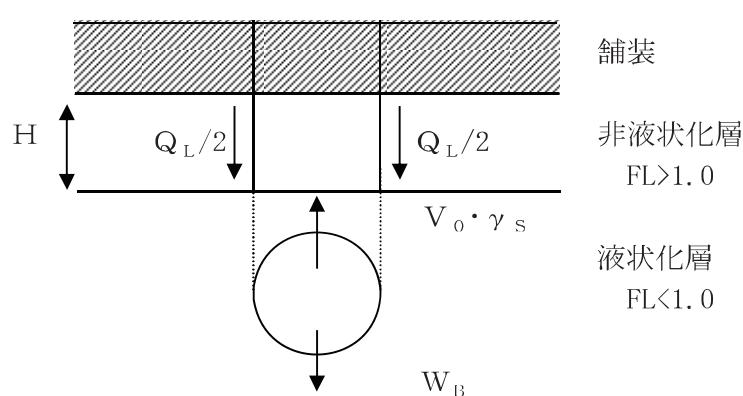


図 3.6.1 浮き上がりに対する検討

上式において  $C=0$  とすると、管路の浮上を阻止するために必要な非液状化層の最小厚： $H$  が下式により算出されます。

$$H > \{(V_0 \cdot \gamma_s - W_B)/K \cdot \gamma \cdot \tan \phi\}^{0.5}$$

$\gamma_s = \gamma = 20\text{kN/m}^3$ ,  $\phi = 30^\circ$  とすると, PE 管の口径別に必要な最小非液状化層厚は表 3.6.1 のようになります。従って、管周辺地盤が液状化すると判定され( $FL < 1.0$ ), かつ管路上方の非液状化層厚が本表を上回る際には、地盤改良など適切な対策を行う必要があります。

表 3.6.1 浮上を防止するために必要な最小非液状化層

呼び径	非液状化層の必要最小厚 H (m)
50	0.08
75	0.11
100	0.15
150	0.22
200	0.30
250	0.38
300	0.42

### 3.7 伸縮および抜け出し防止に対する検討

#### (1) 伸縮に対する検討

水道配水用ポリエチレン管を埋設した場合は、土との摩擦によって伸縮は阻止されるので、問題はありません。しかし、露出配管では伸縮が大きいので水道配水用ポリエチレン管の使用は避けるか直射日光が当たらないような工法で施工する必要があります。また、寒冷地において管は、凍結深度以下に布設します。

水道配水用ポリエチレン管の温度変化による伸縮量は次式で計算します。

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

ここに、

$\Delta L$  : 伸縮量

$L$  : 配管長さ

$\Delta \theta$  : 温度差

$a$  : 線膨張率

水道配水用ポリエチレン管 ( $=1.2 \times 10^{-4}$ )

表 3.7.1 温度変化による伸縮

温度	20°Cからの 温度変化	1m 当りの伸縮
0°C	-20°C	-2.4 mm
10°C	-10°C	-1.2 mm
20°C	0°C	0 mm
30°C	10°C	1.2 mm
40°C	20°C	2.4 mm
50°C	30°C	3.6 mm

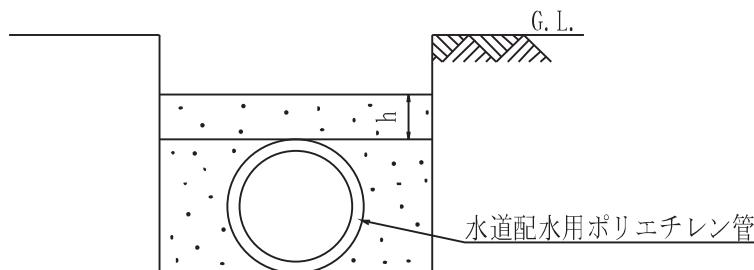
#### (2) 管路の抜け出し防止に関する検討

鉄管や塩ビ管などの受口付きの管では、管内に水圧がかかると不平均力が発生し継手は抜け出そうとします。通常、これらの管は抜け出し検討を行ない、離脱防止継手などによる処置を行ないますが、水道配水用ポリエチレン管は、不平均力による抜け出し検討は必要ありません。

### 3.8 管路の浮上防止に関する検討

急な豪雨や地下水位が高く、埋め戻しを行なわないと管路が浮上する恐れのある場合は、管内空虚時に浮上しない深さとしなければなりません。日本水道協会「水道施設設計指針(2012)」には、浮上防止のための最小土被りと管が浮上する危険水位が参考として示されています。この計算方法を水道配水用ポリエチレン管に適用して、浮上防止のための最小土被りと管が浮上する危険水位について求めると次の通りです。

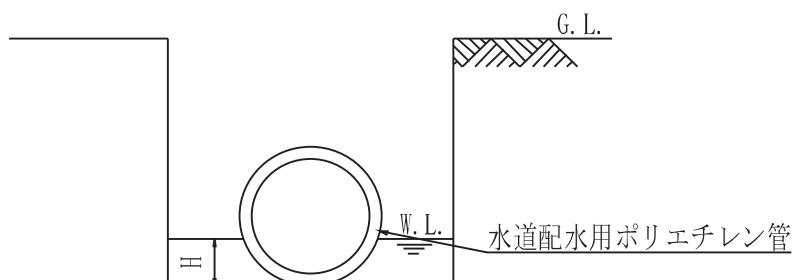
表 3.8.1 浮上防止のための最小土被り



呼び径	水道配水用ポリエチレン管		
	管厚(mm)	最小土被り h(m)	
50	5.8	0.04	
75	8.2	0.06	
100	11.4	0.09	
150	16.4	0.13	
200	22.7	0.18	
250	28.6	0.22	
300	32.2	0.25	

※管上の土も水没するものとし埋戻し土の重量を  $8\text{kN}/\text{m}^3$  としています。

表 3.8.2 管が浮上する危険水位



呼び径	水道配水用ポリエチレン管	
	管厚(mm)	水位 H(m)
50	5.8	0.02
75	8.2	0.03
100	11.4	0.04
150	16.4	0.06
200	22.7	0.09
250	28.6	0.11
300	32.2	0.13

### 3.9 設計上の注意事項

#### (1)水道配水用ポリエチレン管の道路法関係における公道下埋設について

水道配水用ポリエチレン管の国県道下埋設の占用については、平成11年3月31日付け建設省道路局(建設省道政発32号、建設省道国発第5号)により『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について』の通達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ています。

このことにより、水道配水用ポリエチレン管の国県道下埋設が可能となりました。ただし、国道については建設省の各地方建設局毎に“道路占用許可基準”があり、水道配水用ポリエチレン管については水道用硬質塩化ビニル管とともに、今後の国道下埋設許可については確認が必要となります。また、県道についても各県の土木部等に於いて上記同様“道路占用許可基準”が定められていますので事前に調査しておく必要があります。

#### (2)管の長さの許容差

管の許容差に関しては、製造後温度変化によって定尺長さ5mを切らないように設定しています。

具体的な狙い寸法に関しては、パイプメーカーごとに異なりますので、会員各社にお問い合わせ下さい。

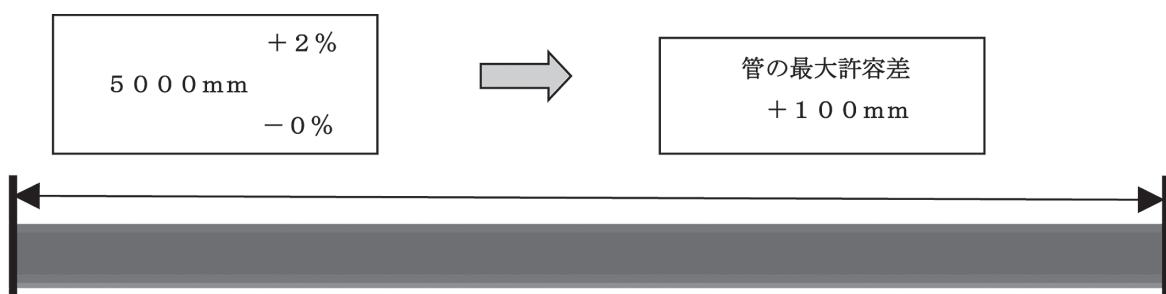


図3.9.1 直管5mの許容差

#### (3)施工時の直管最小切管長さ

水道配水用ポリエチレン管の最小切管長さは、物理的な寸法と配管現場での作業性(余裕代)を考慮して表に示す「最小切管長さ」としております。表3.9.1の寸法は物理的な施工最小切管長さであるため、割型補修継手等を設置する場合は、別途余裕代を見込んで下さい。

表3.9.1 最小切管長さ

呼び径	最小切管長さ <sup>*1</sup>	挿入代 (標線差込長さ) <sup>*2</sup>	余裕代	クランプ幅
50	183以上	48~54	20	35
75	205以上	62~65	20	35
100	260以上	77~80	30	40
150	300以上	95~100	30	40
200	354以上	125~127	30	40

※1 最小切管長さは、(挿入代+余裕代)×2+クランプ幅を確保できる長さとしました。

※2 標線差込長さは、メーカーによって異なります。各社のカタログ等をご覧下さい。(最大長さで計算)

※3 クランプ幅は、POLITEC会員のクランプにおける最大幅としております。

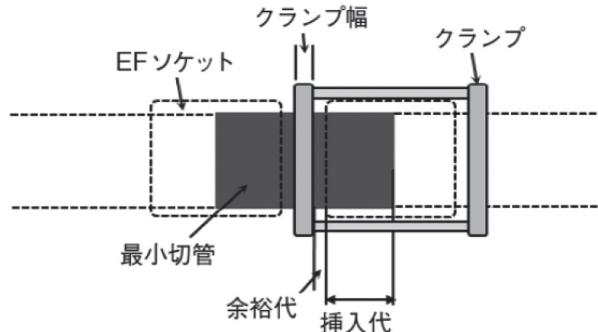


図 3.9.2 最小切管長さ（両側を融着する場合）

#### (4) 土被りが0.6mより浅い埋設する場合の対策

水道配水用ポリエチレン管を、埋設する場合に、土被りが0.6m未満の場合には、コンクリートを巻き立てる等の防護措置が必要です。

#### (5) コンクリート巻きに関する留意点

一般的なコンクリートを用いた場合に発生する水和熱は80°C程度であり、打設時に配水用ポリエチレン管が変形す、座屈することはございません。また、エアーモルタル打設等でポンプを用いて充填を行う際には注入圧を2.0MPa程度までとして、注入圧が高い場合には、管内にあらかじめ水を充填するなど、座屈を防止する対策を行って下さい。

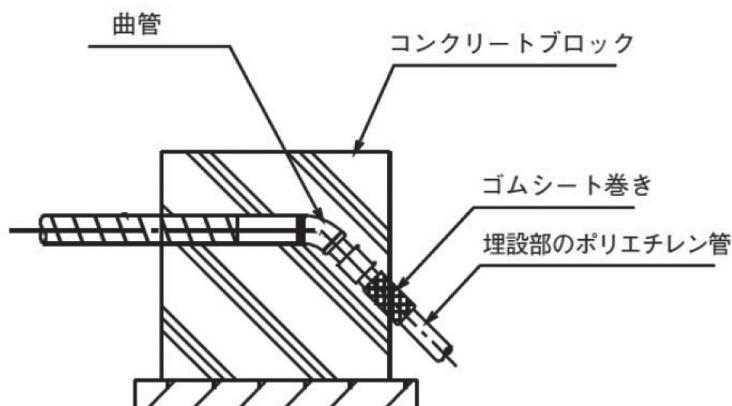


図 3.9.3 コンクリート巻に関する対策

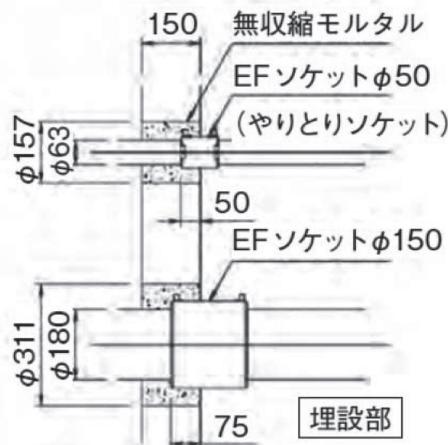


図 3.9.4 区画貫通部に関する対策

橋梁添架から埋設への配管部や、土被りが確保できない箇所等で水道配水用ポリエチレン管をコンクリートで巻き立てる場合は、コンクリートと埋設部の境界に応力集中および外面傷が発生する恐れがあるため、厚さ10mm程度のゴムシートを巻き、保護した状態でコンクリートを打設するなどの対策を講じて下さい。また、コンクリートが水道配水用ポリエチレン管に直接触れることは問題ございません。（図3.9.3参照）

また、区画貫通部等の不等沈下が懸念される箇所は、境界部にひずみが集中するため、EFソケットにより保護するなどの対策を行って下さい（図3.9.4参照）。なお、15cm以上の不等沈下が予想される場合は、可とう管類の使用を推奨します。

## (6)仕切弁等へのコンクリート板の使用

軟弱地盤等に仕切弁等を設置する場合は、沈下防止のために基礎コンクリート又はコンクリート板を設置して下さい。

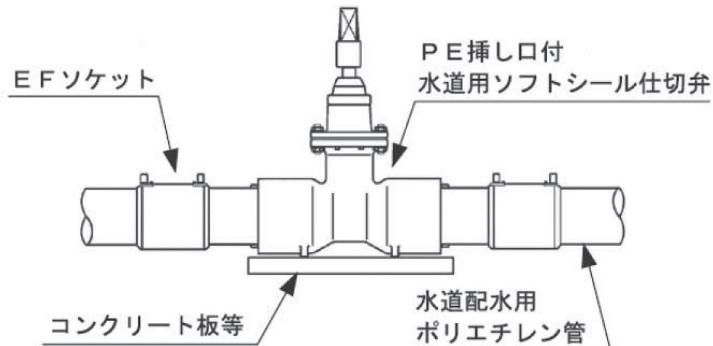


図 3.9.5 コンクリート板の使用例

## (7)DCIP管布設替え時の留意点

### (a)既設 DCIP から水道配水用ポリエチレン管で分岐する場合の推奨配管例

既設の DCIP から分岐し、分岐以降を水道配水用ポリエチレン管で布設する場合、図 3.9.6 に示すように DCIP に不断水分岐割りT字管を接続し、分岐以降に水道配水用ポリエチレン管を接続して下さい。

また、断水工事可能な場合についても同様に、既設DCIPに接続するT字管はDCIP用を用いて、分岐部以降に水道配水用ポリエチレン管を接続して下さい。既設管の途中に水道配水用ポリエチレン管を接続する場合は、図 3.9.7 に示すように直管部に5m以上水道配水用ポリエチレン管の長さを確保して下さい。また、EFチーズなど分岐部が直線部に依存する場合は、両側に直管5m以上を確保して下さい。水道配水用ポリエチレン管の直管長さが短いと地盤変状により金属管が相対変位した場合に水道配水用ポリエチレン管に応力集中し、座屈等を引き起こす危険性があります。

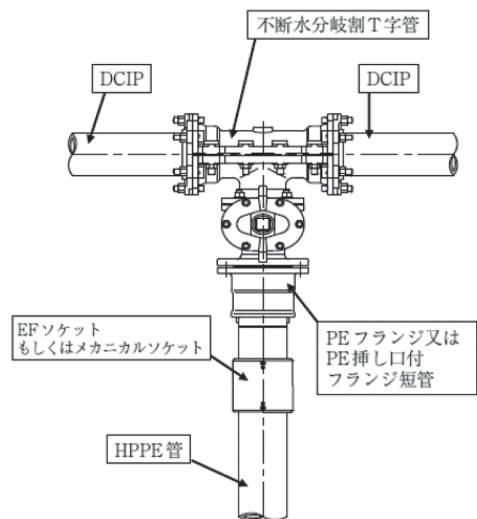


図 3.9.6 推奨配管例（不断水分岐割 T 字管）

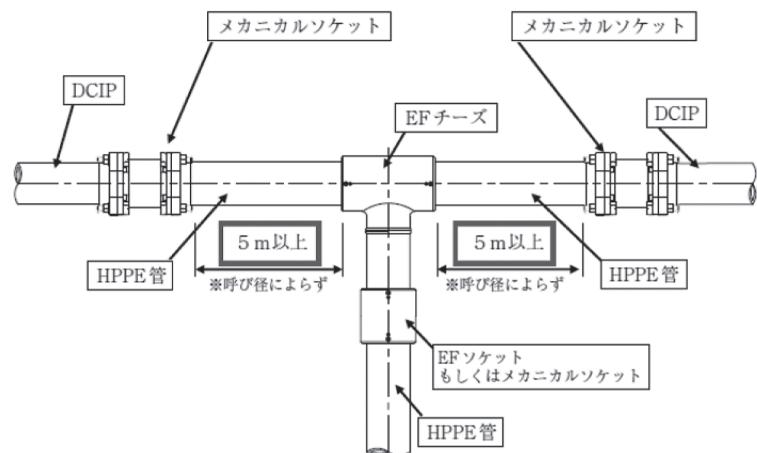


図 3.9.7 推奨配管例（既設管の一部を水道配水用ポリエチレン管に布設替える場合）

### (b)既設 DCIP の一部を水道配水用ポリエチレン管で更新する場合の配管例

既設 DCIP 管路を水道配水用ポリエチレン管に布設替えする場合についても同様に、図 3.9.8 に示すように直線部に 5m 以上の水道配水用ポリエチレン管の長さを確保して下さい。

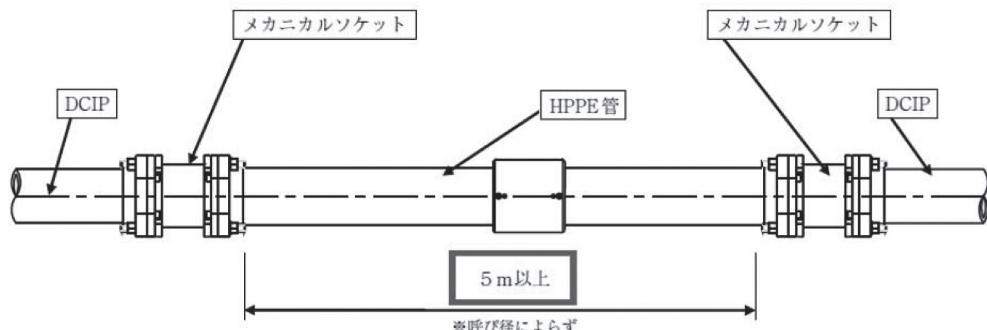


図 3.9.8 推奨配管例（既設 DCIP を更新する場合）

#### (8)災害時の仮設配管(露出配管)として水道配水用ポリエチレン管を使用する場合の留意点

地震や台風などの災害時に水道配水用ポリエチレン管は軽量でスピーディーな施工が可能なことから多くの災害現場で借り配管(露出配管)としての使用実績がございます。借り配管として使用いただく際には以下の点に十分留意してご使用下さい。

##### (a)供用期間は、2年を目安として下さい。

水道配水用ポリエチレン管を長期間屋外露出して使用した場合、紫外線等により引張強度が低下し、破損の原因となります。よって、屋外露出配管として使用する場合は、その供用期間が2年を目安として下さい。少なくとも2年までは屋外暴露に関する促進試験において、引張強度に変化がないことを確認しております。

##### (b)一定間隔で固定して下さい。

水道配水用ポリエチレン管は、線膨張率が大きく温度変化によって伸び縮みします。よって、露出配管時に配管が極度に蛇行するなどのトラブルを防止するため、直管部では少なくとも5m毎、曲管部ではその近傍を写真で示す

##### (c)配管ルートの選定について

許容曲げ半径を確保できる配管ルートを選定下さい。また、落石、崩落等の二次災害が生じる危険がある箇所は避けて配管して下さい。



写真 3.9.1 杭による固定



写真 3.9.2 橋梁部への固定

### 3.10 配水管の表示方法例

#### (1) 管路

管種および管径の表示は原則として表3.9.1及び表3.9.2の文字記号を用います。

表3.9.1 管路の文字記号

名称	水道配水用 ポリエチレン管
文字記号	HPPE $\phi \times \times \times$

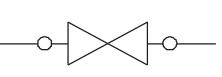
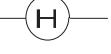
表3.9.2 管路の表示方法

名称	記号
直管	—
EF 受口付直管	○—

#### (2)弁栓類

弁栓類の表示は表3.9.3の図示記号を用います。

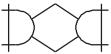
表3.9.3 弁栓類の表示方法

名称	制水弁		消火栓	空気弁 単口
	仕切弁	PE 挿し口付		
図示記号				

#### (3)接合形式

接合部の表示は表3.9.4の図示記号を用います。

表3.9.4 繼手の表示方法

接合形式	記号
EF 接合	
メカニカル接合 (メカニカル継手)	
メカニカル接合 (金属継手)	
フランジ接合	

#### (4) 管継手

管継手の表示は図示記号を用い、次表によります。

表 3.9.5 異形管の表示方法

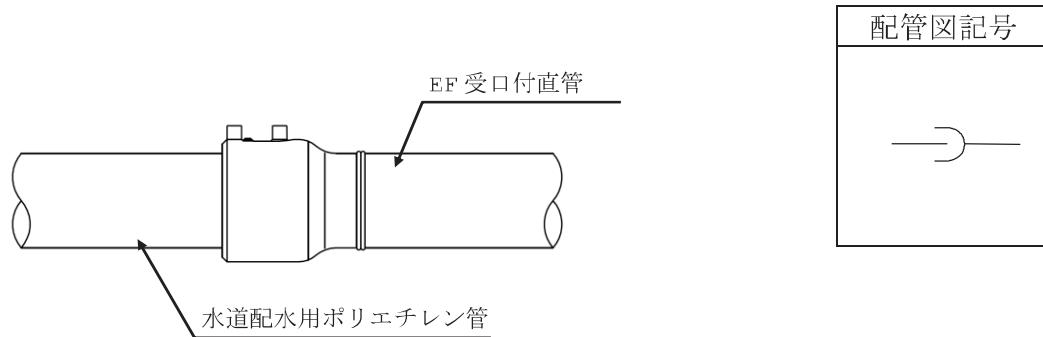
分類	名称	記号	分類	名称	記号
EF 継手	EF ソケット		メカニカル継手	メカニカルフランジ短管	
	EF ベンド			メカニカルフランジレデューサ	
	EF S ベンド			メカニカルキャップ	
	EF チーズ			メカニカル三方チーズ	
	フランジ付 EF チーズ			フランジ付メカニカルチーズ	
	EF フランジ			フランジ付メカニカルチーズ (台付)	
	EF キャップ			フランジ付メカニカルチーズ うずまき形	
	EF 片受ベンド			メカニカルバンド	
	EF 片受 S ベンド			フランジ付メカニカルバンド消火栓	
	EF 片受チーズ			メカニカルレデューサ	
	フランジ付 EF 片受チーズ				
	EF 片受レデューサ				
	分水 EF サドル				
	分水栓付 EF サドル				
スピゴ ット 継手	ベンド		PE 挿し口 付 継手	不斷水分岐割 T 字管	
	S ベンド			ソフトシール仕切弁 挿し口形 (両挿し口)	
	レデューサ			ソフトシール仕切弁 EF 片受形	
	フランジ			フランジ付 T 字管	
	チーズ			フランジ付 T 字管 うずまき形	
	フランジ付チーズ			フランジ短管	
	キャップ			K 形ダクタイル鋳鉄管用異種管継手	
メカニカル 継手	PVC 管用異種管継手 (径違い)			K 形ダクタイル鋳鉄管用異種管継手 (径違い)	
	メカニカルソケット			K 形ダクタイル鋳鉄管用異種管継手 メカニカル形	
				K 形ダクタイル鋳鉄管用異種管継手 メカニカル形 (径違い)	
				PVC 管用異種管継手	

### 3.11 標準配管例

#### 3.11.1 EF 継手による標準配管例

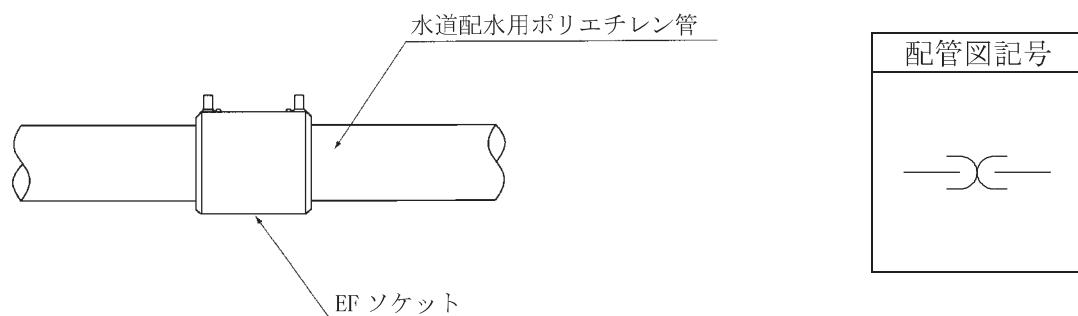
##### (1) 直管と EF 受口付直管との接続

EF 受口付きであり、EF ソケットは使用しません。



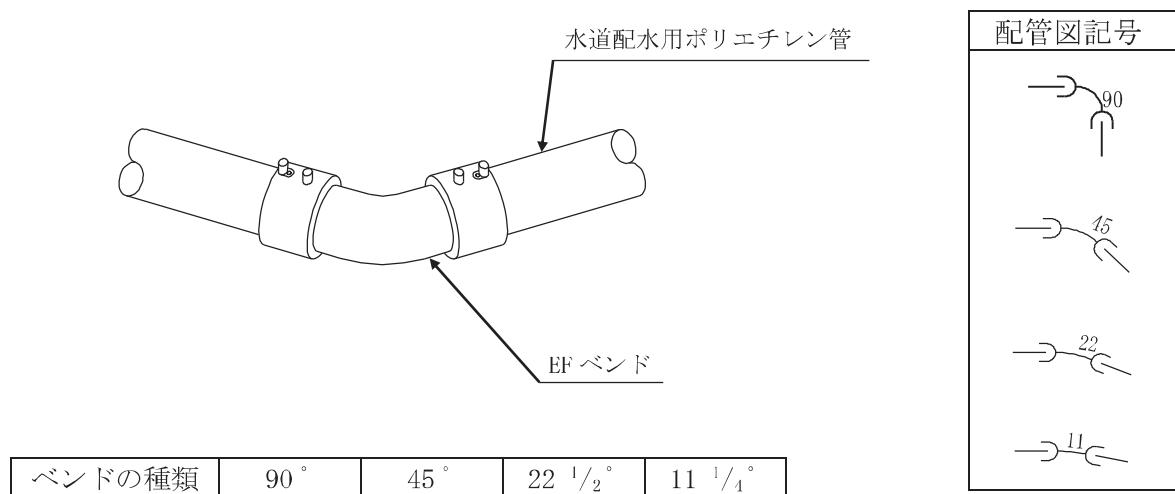
##### (2) 直管と EF ソケットとの接続

直管の接続は EF ソケットを使用します。



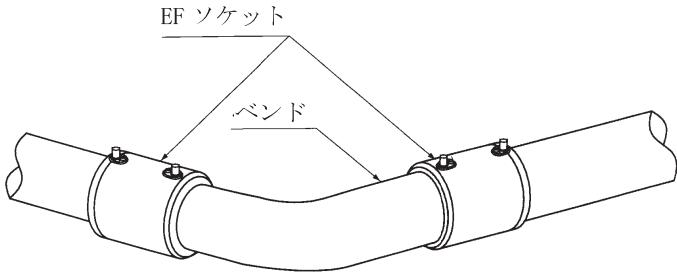
##### (3) EF ベンドとの接続

EF 受口付きであり、EF ソケットは使用しません。

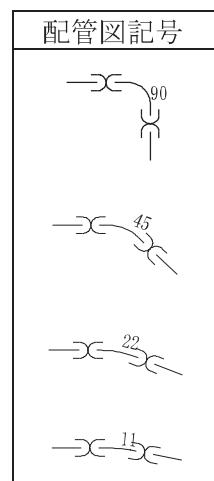


#### (4) ベンドとの接続

ベンドとの接続はEFソケットを2個使用します。

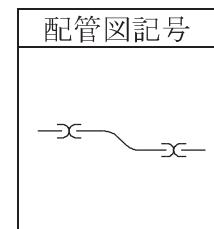
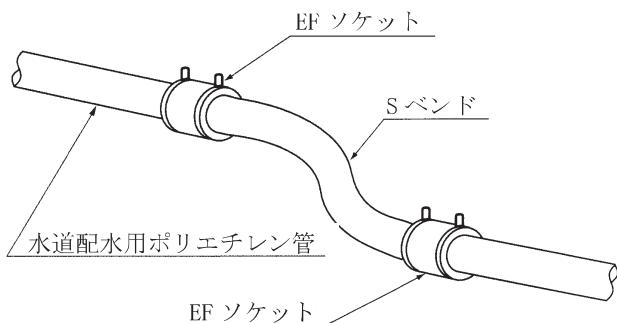


ベンドの種類	90°	45°	22 1/2°	11 1/4°
--------	-----	-----	---------	---------



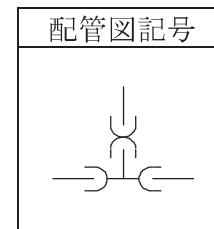
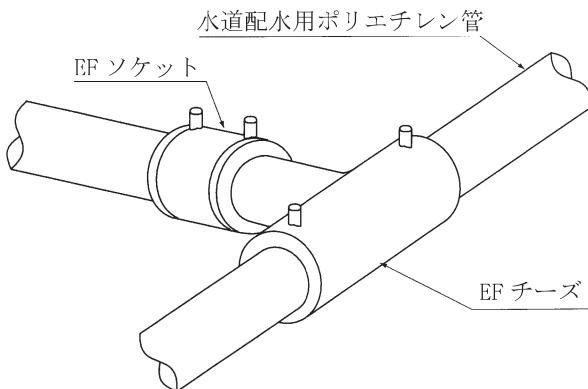
#### (5) S ベンドとの接続

伏せ越し箇所やマンホールなどの迂回に使用します。



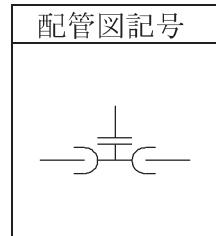
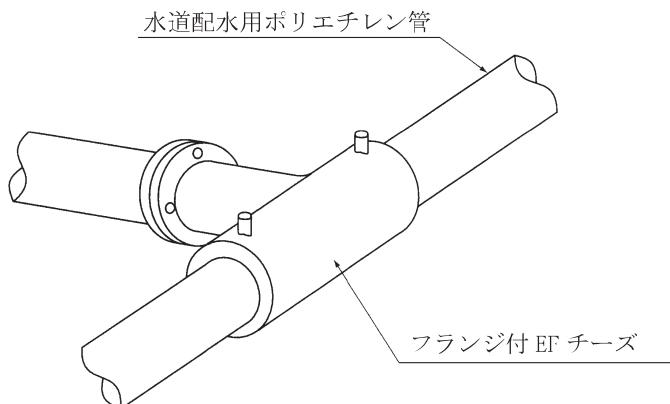
#### (6) EF チーズとの接続

EFチーズは本体側に電熱線があり、EFソケットは分岐側に1個使用します。



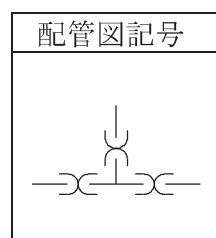
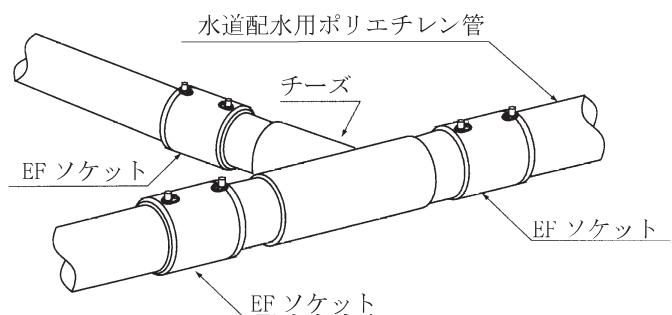
### (7) フランジ付EFチーズとの接続

消火栓や空気弁などを設置する場合は、それらの荷重を受ける補強を施します。



### (8) チーズとの接続

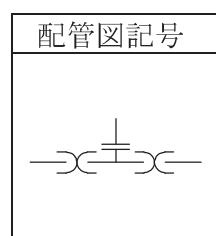
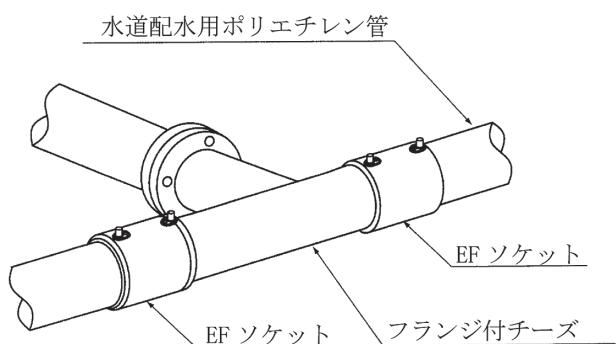
チーズとの接続はEFソケットを3個使用します。



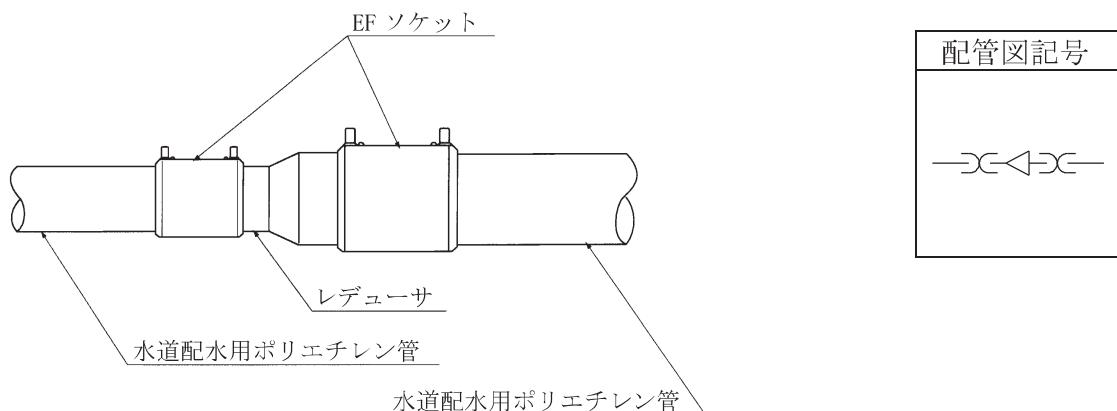
### (9) フランジ付チーズとの接続

フランジ付チーズとの接続は、EFソケットを2個使用します。

消火栓や空気弁などを設置する場合は、それらの荷重を受ける補強を施します。



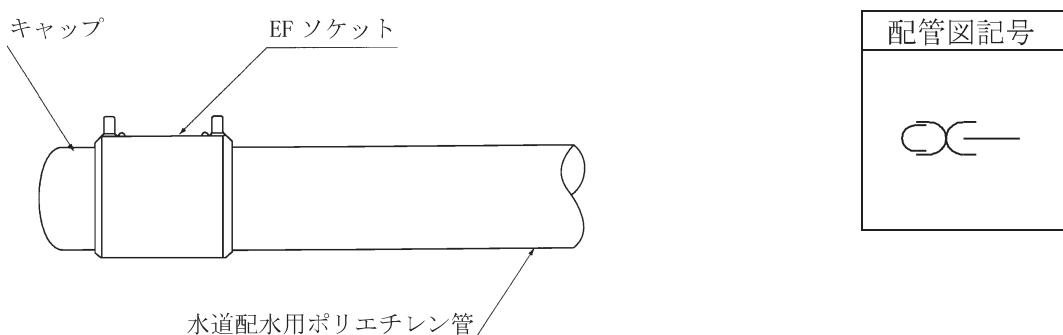
## (10) レデューサとの接続



## (11) キャップとの接続

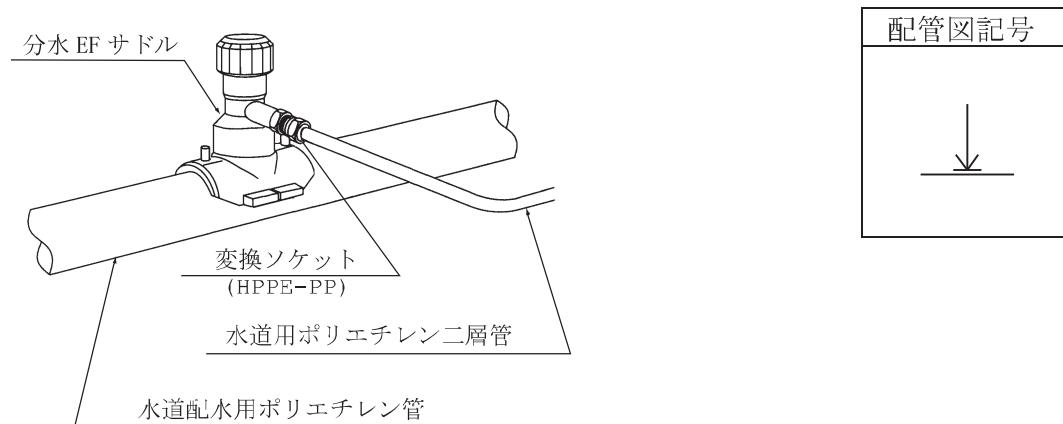
キャップとの接続は、EF ソケットを 1 個使用します。

工事の末端に使用します。ドレーンなどが必要な場合はメカニカルキャップを使用します。



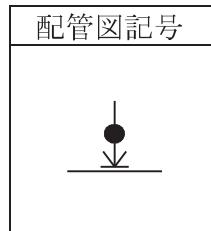
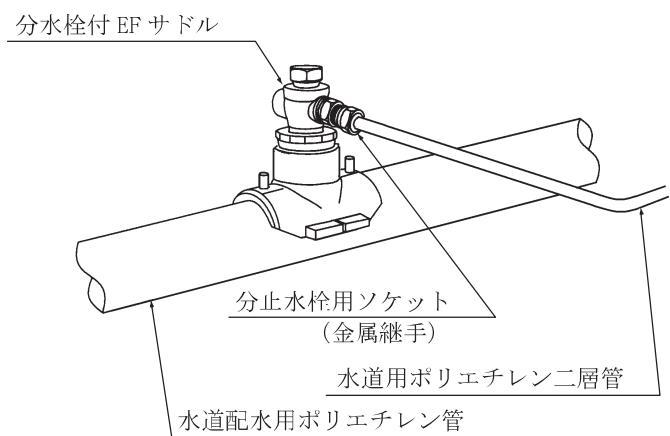
## (12) 分水 EF サドルとの接続

分岐部からの配管は変換ソケット (HPPE-PP) を使用します。



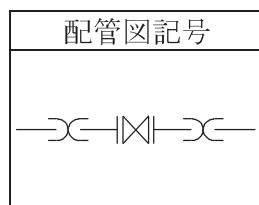
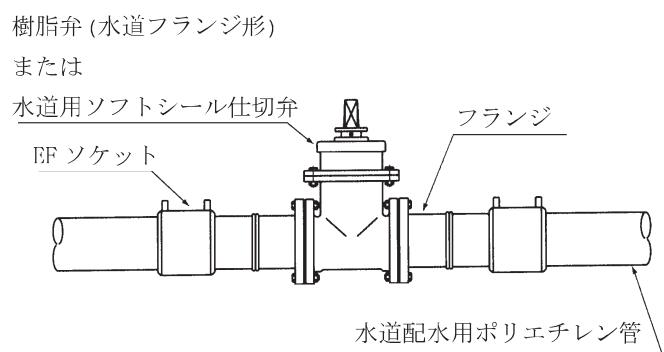
### (13) 分水栓付 EF サドルとの接続

分岐部からの配管は分止水栓用ソケット(変換ソケットは不要)を使用します。



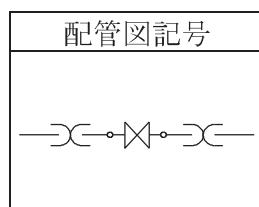
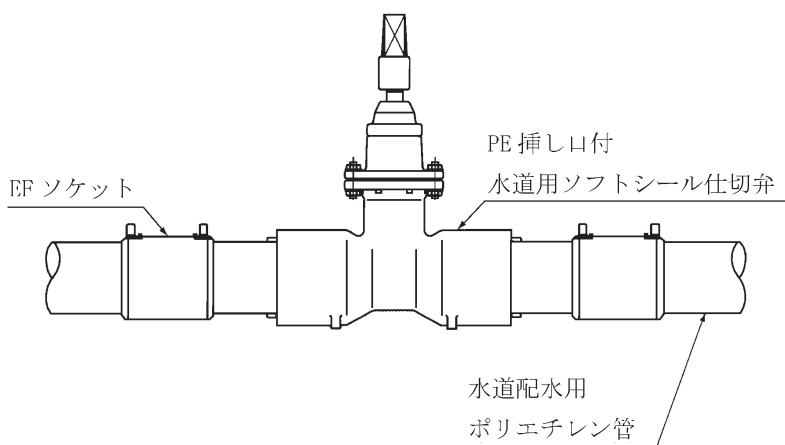
### (14) フランジとの接続

フランジと水道用ソフトシール仕切弁の組み合わせで使用する場合。



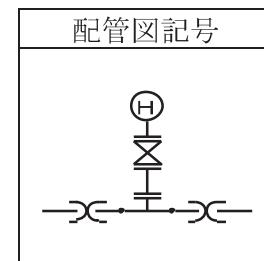
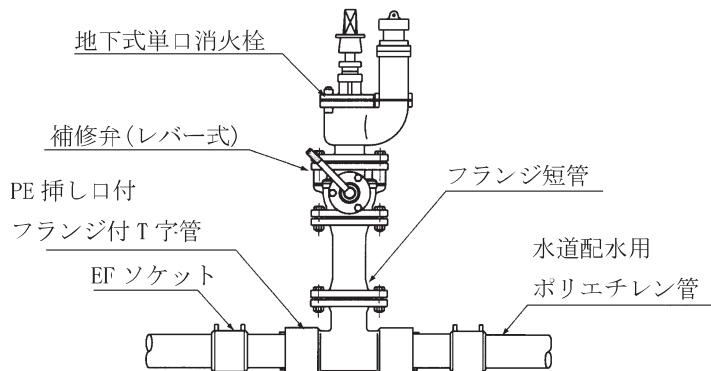
### (15) 仕切弁との接続方法

PE 插し口付ダクタイル鋳鉄製ソフトシール仕切弁を使用する場合。

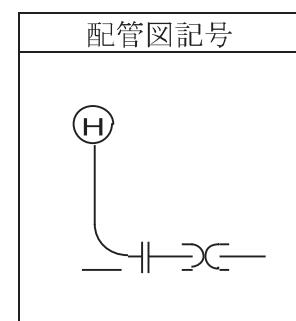
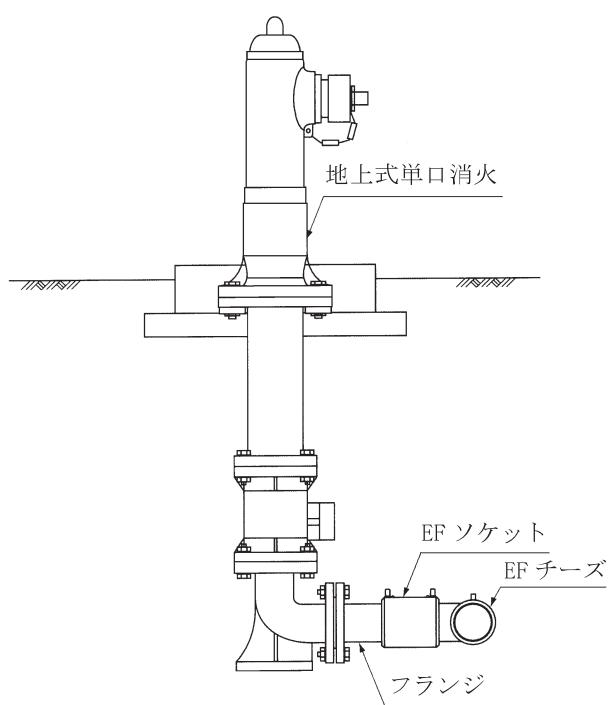


### (16) 地下式単口消火栓との接続方法

PE 插し口付フランジ付 T 字管を使用します。

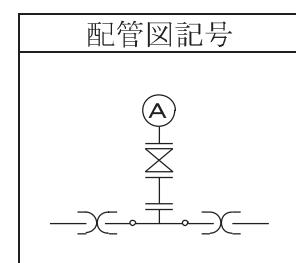
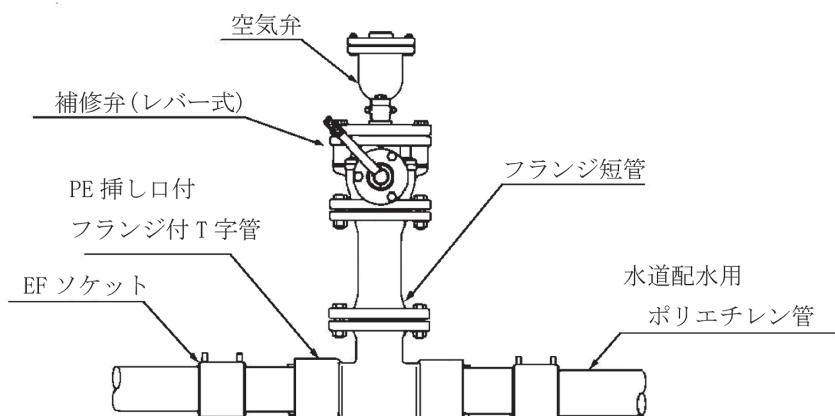


### (17) 地上式消火栓との接続方法



### (18) 空気弁との接続方法

PE 插し口付フランジ付 T 字管を使用します。

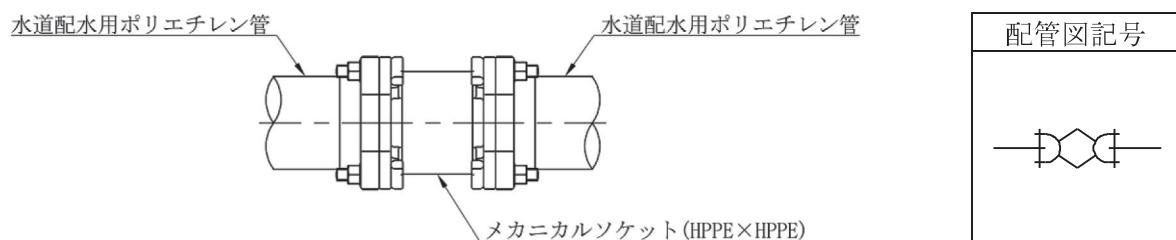


### 3.11.2 メカニカル継手による標準配管例

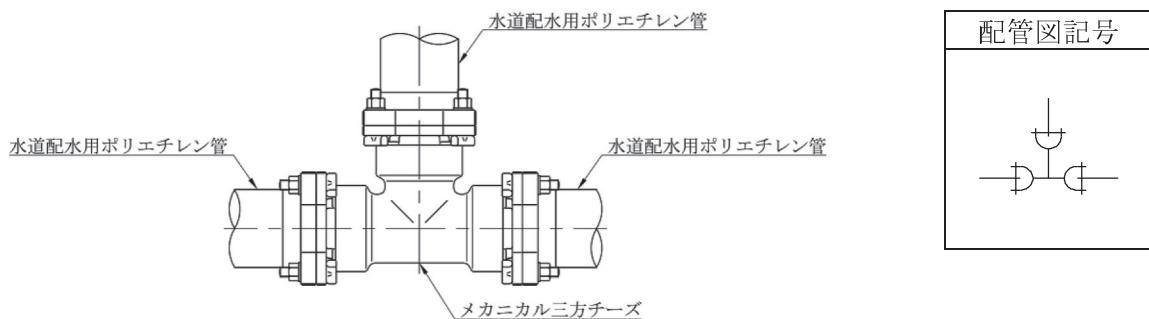
#### 【ご注意】

使用に際しては各メーカーの取り扱い説明書をご確認の上、施工して下さい。

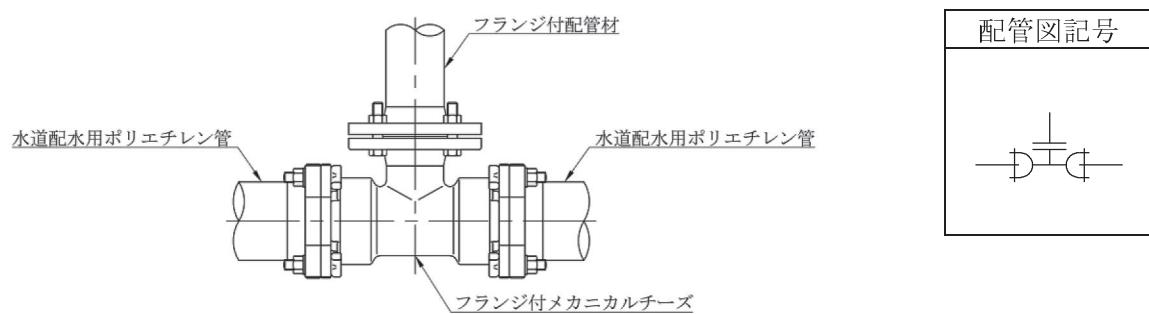
#### (1) 直管とメカニカルソケットとの接続



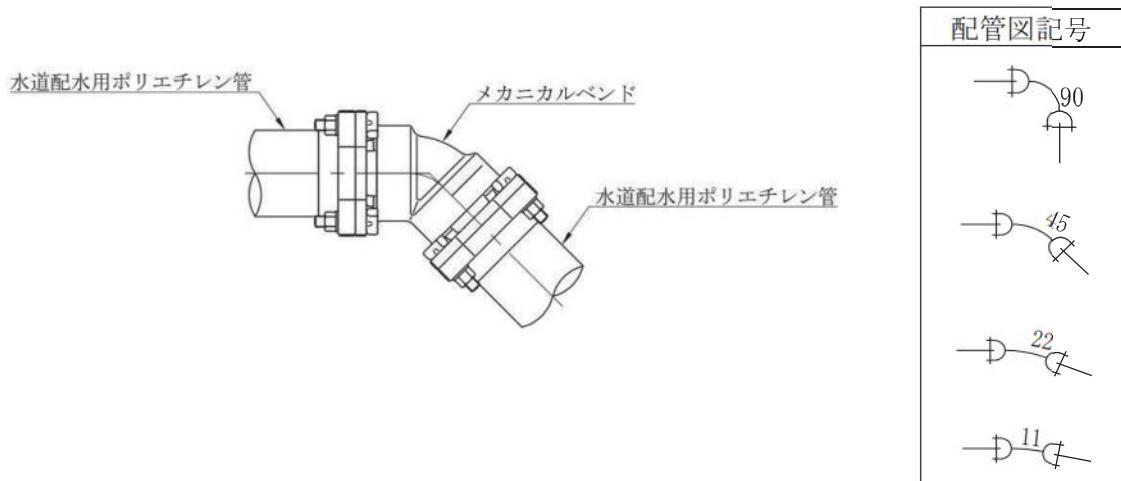
#### (2) メカニカル三方チーズとの接続



#### (3) フランジ付メカニカルチーズとの接続



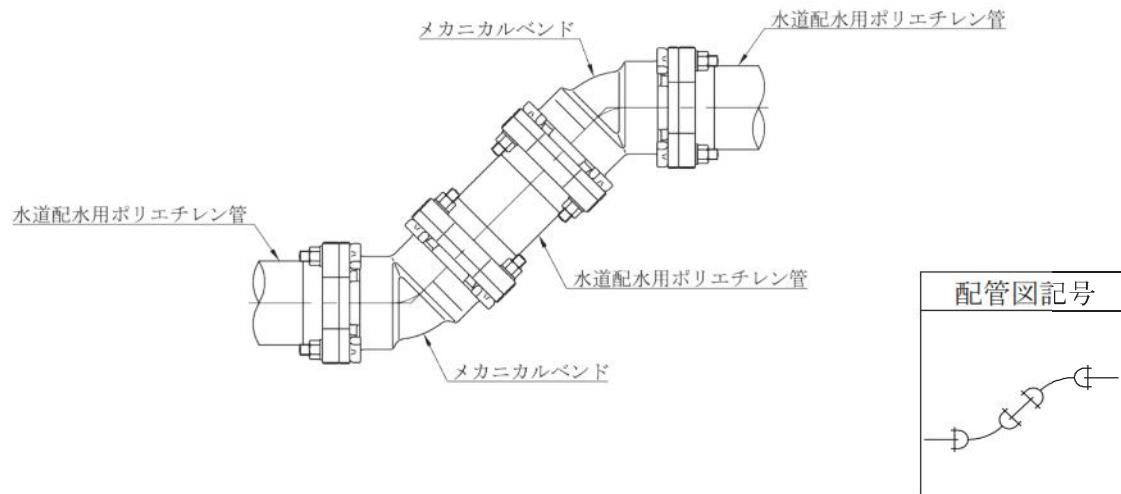
#### (4) メカニカルバンドとの接続



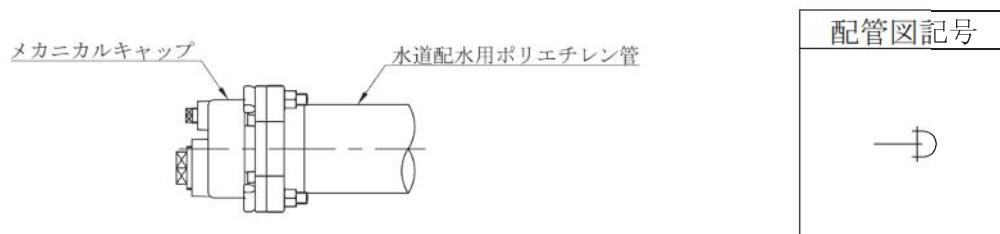
メカニカルバンドの種類	90°	45°	22 1/2°	11 1/4°
-------------	-----	-----	---------	---------

#### (5) メカニカルバンドによるS形配管

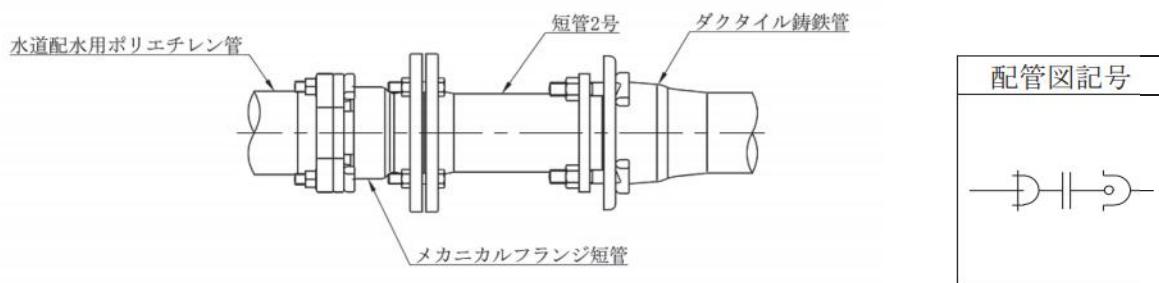
伏せ越し箇所やマンホールなどの迂回に使用します。



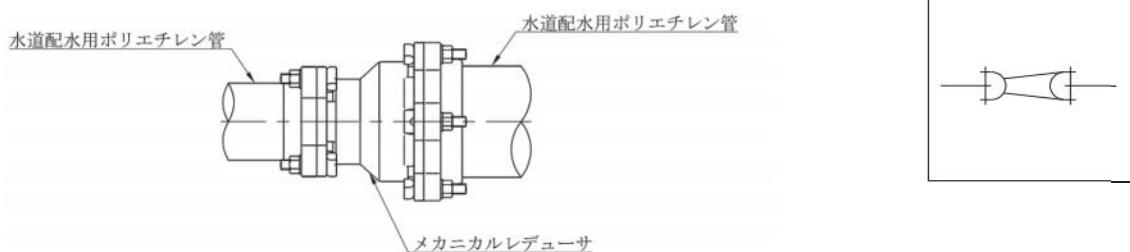
#### (6) メカニカルキャップとの接続



### (7) メカニカルフランジ短管との接続

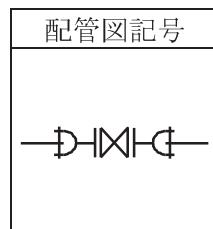
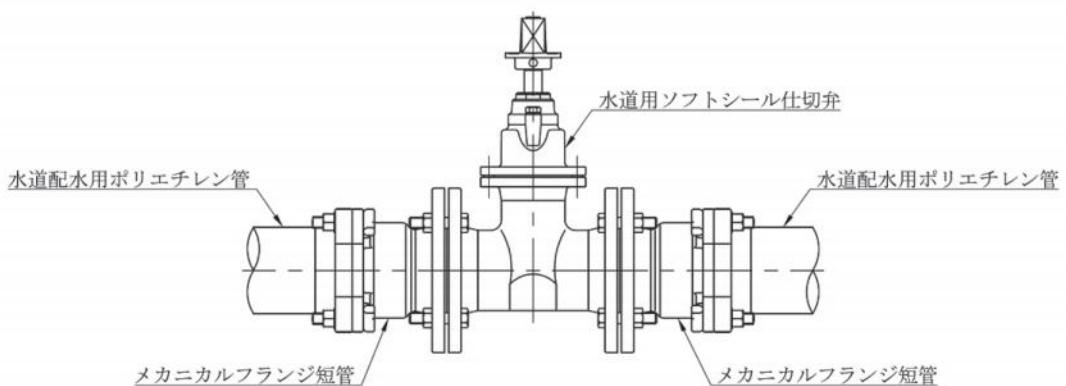


### (8) メカニカルレデューサとの接続



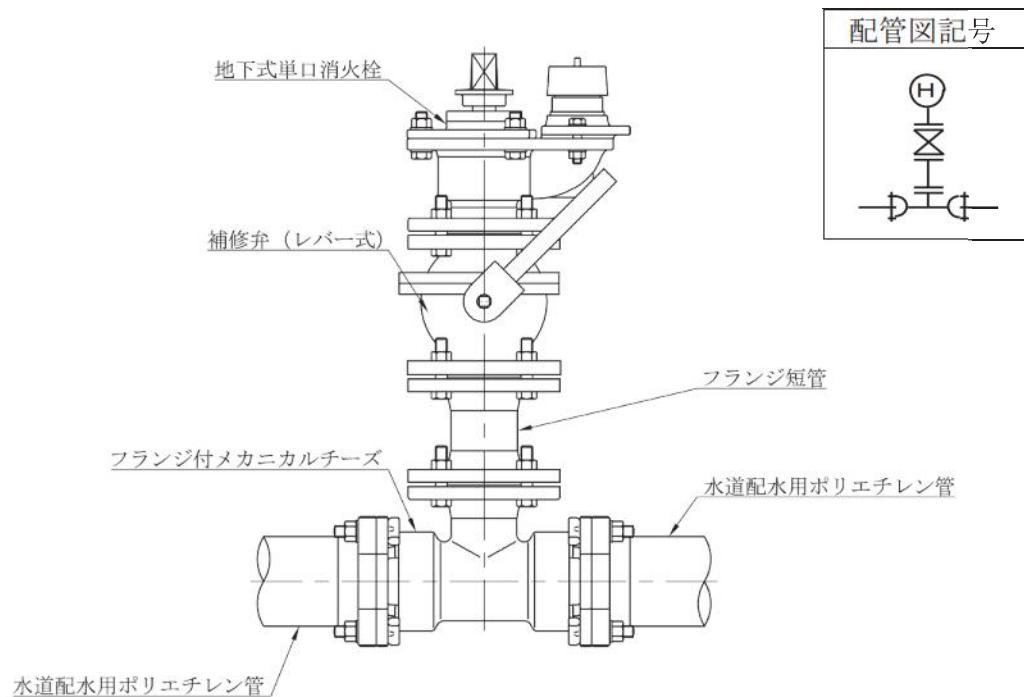
### (9) 仕切弁との接続方法

メカニカルフランジ短管と水道用ソフトシール仕切弁を組み合わせて使用する場合。

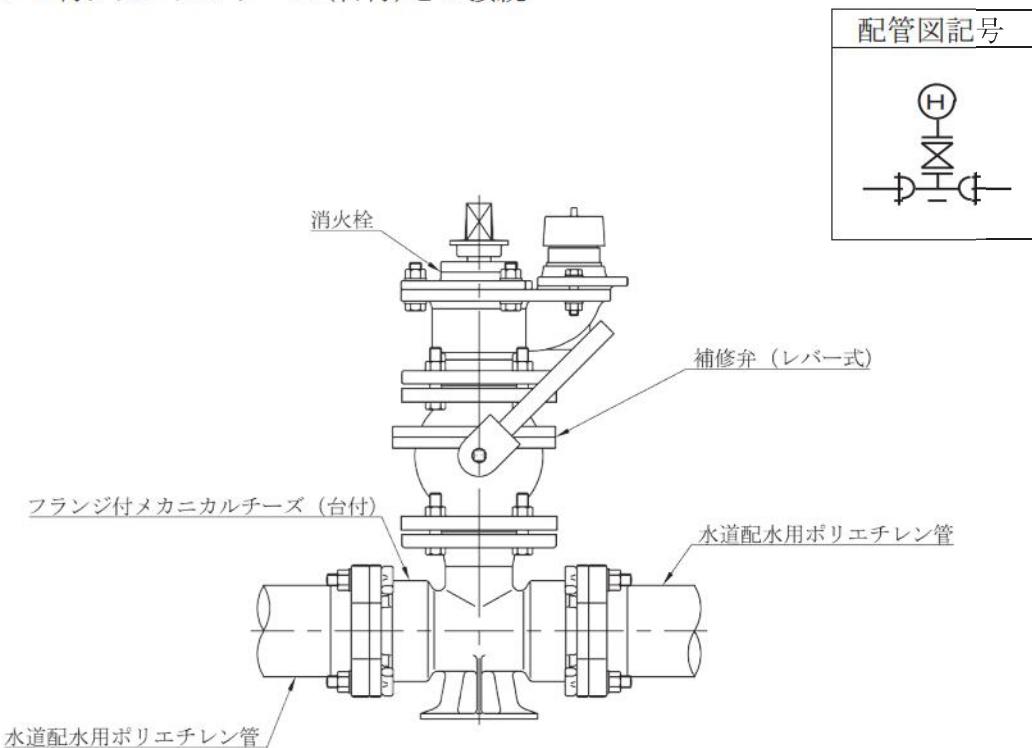


## (10) 地下式単口消火栓との接続

(a) フランジ付メカニカルチーズとの接続

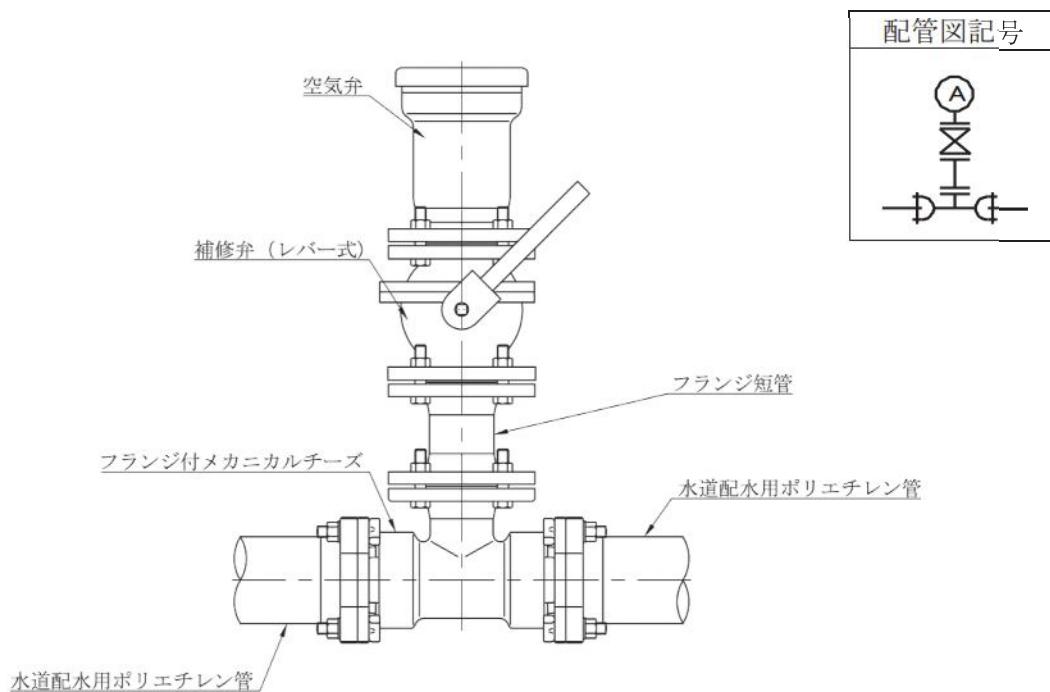


(b) フランジ付メカニカルチーズ(台付)との接続

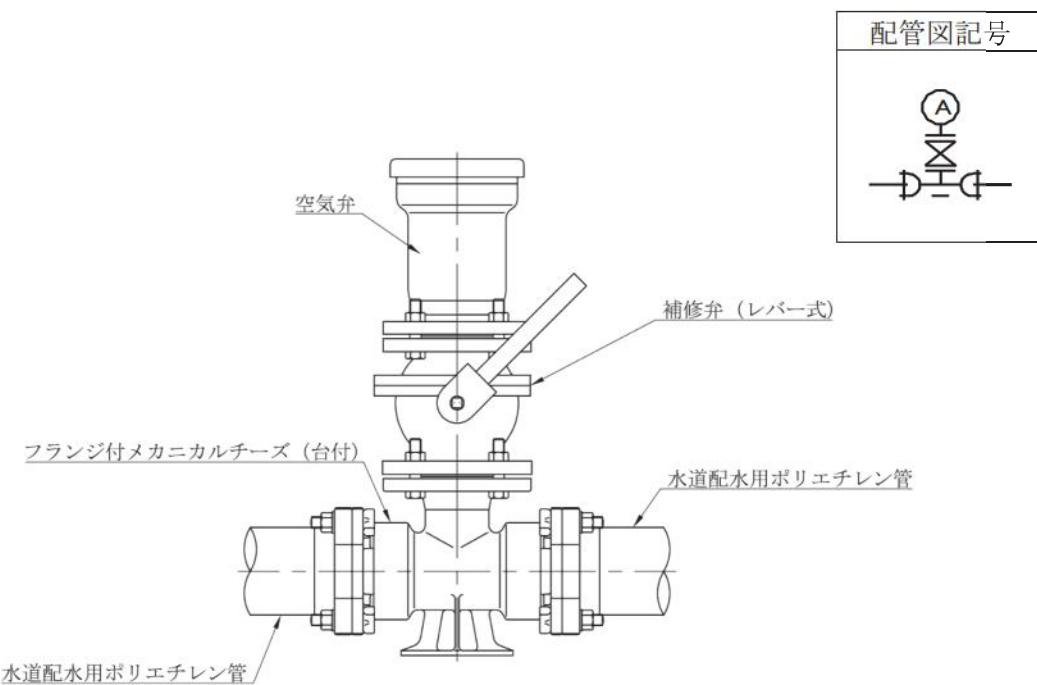


## (11) 空気弁との接続

(a) フランジ付メカニカルチーズとの接続



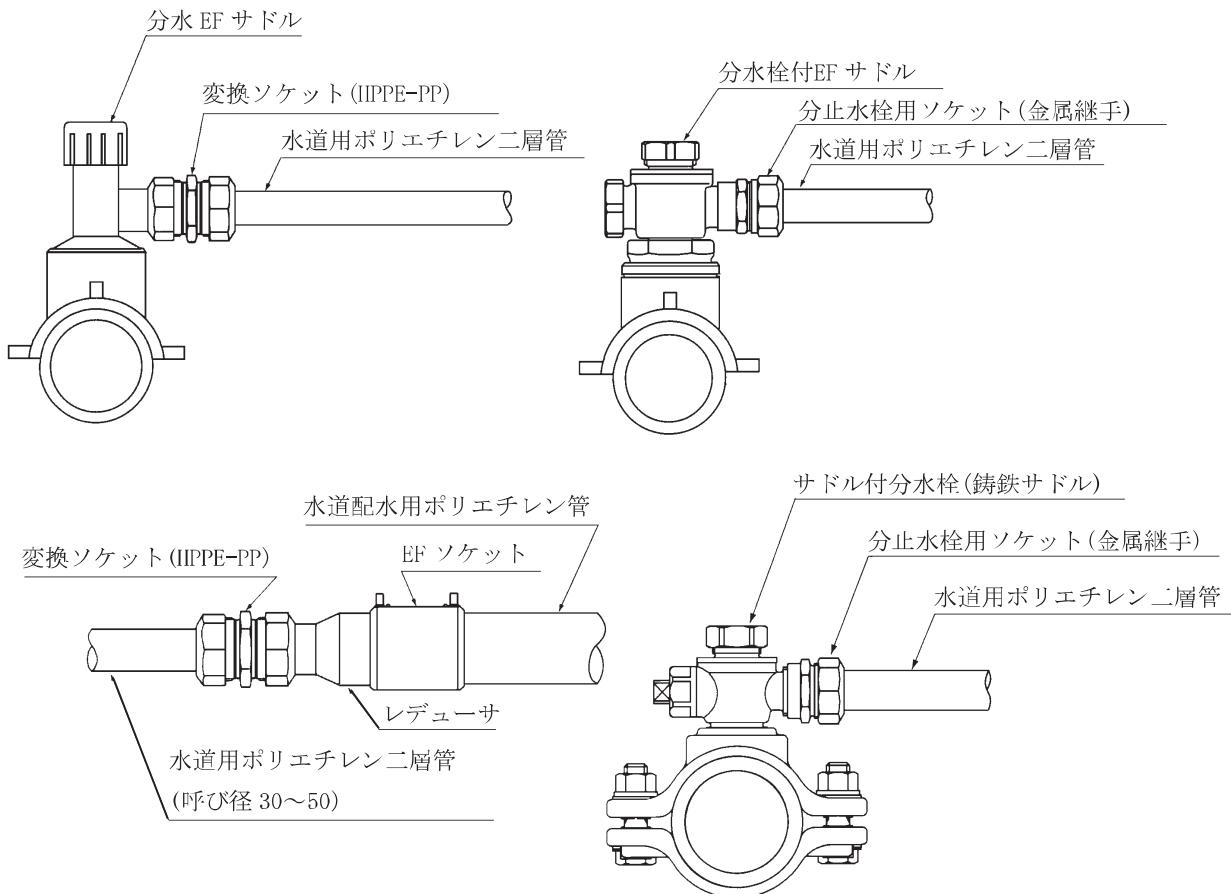
(b) フランジ付メカニカルチーズ(台付)との接続



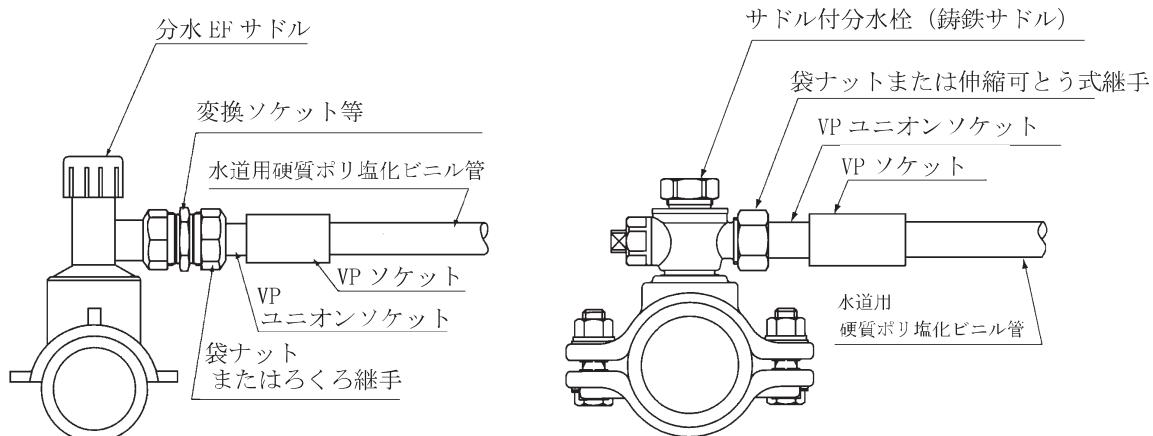
### 3.11.3 各種給水管などとの接続例

分水栓より需要家までの接続方法について、現在色々な管材が使用されています。POLITECとして、システム構築の観点から各材料との接続例を紹介します。

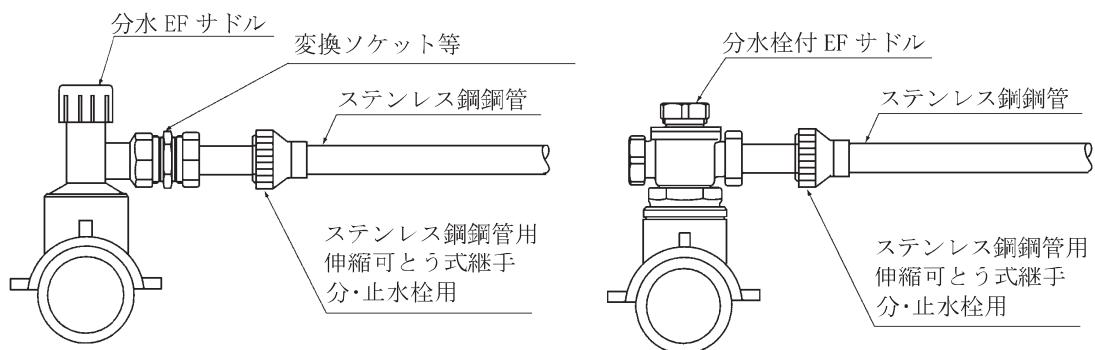
#### (1) 水道用ポリエチレン二層管(JIS K 6762)との接続



#### (2) 水道用硬質ポリ塩化ビニル管(JIS K 6742)との接続



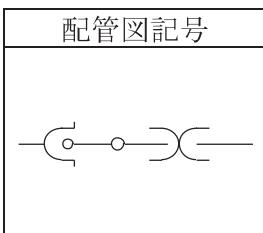
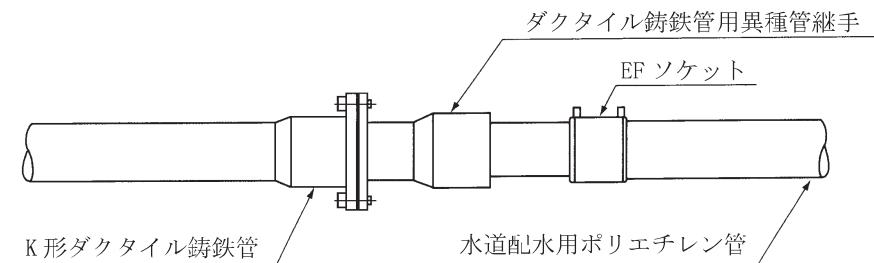
### (3) 水道用ステンレス鋼钢管 (JWWA G 115) との接続



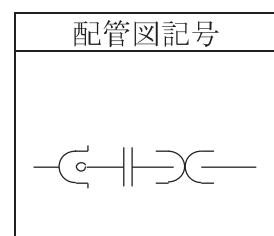
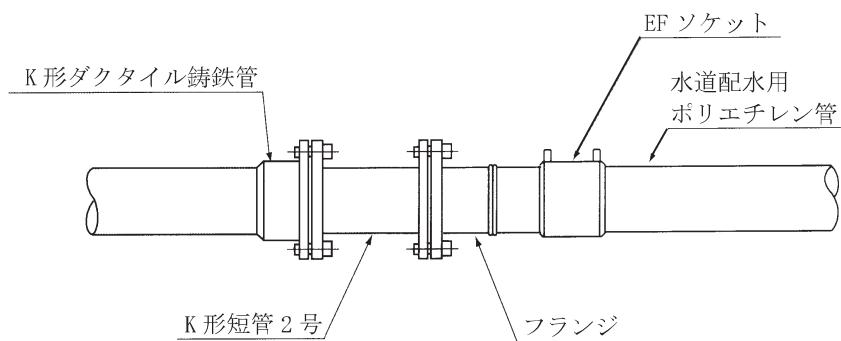
### 3.11.4 異種管との接続方法

#### (1) K形ダクタイル鋳鉄管 (JIS G 5526) との接続

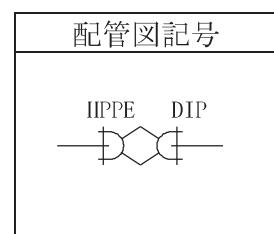
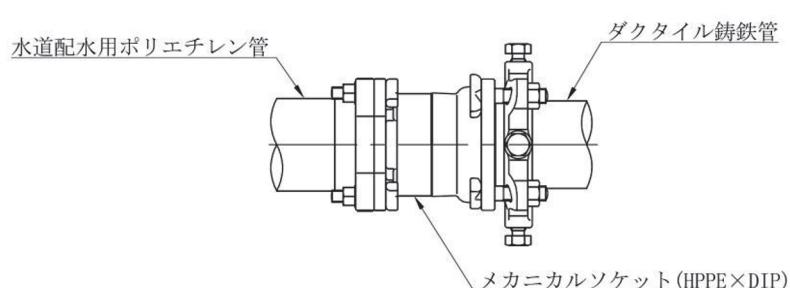
(a) ダクタイル鋳鉄管用異種管継手を使用します。



(b) フランジを使用します。

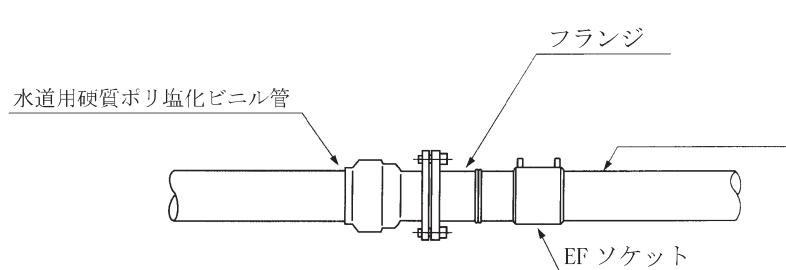


(c) メカニカルソケットを使用します。



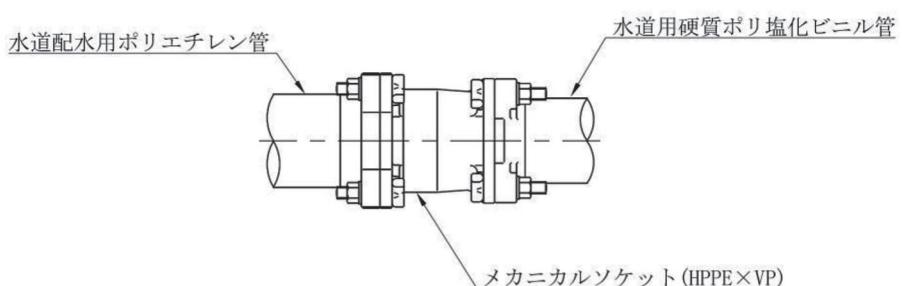
## (2) 水道用硬質ポリ塩化ビニル管 (JIS K 6742)との接続

(a) フランジを使用します。



配管図記号
VP            HPPE —○—    —○—

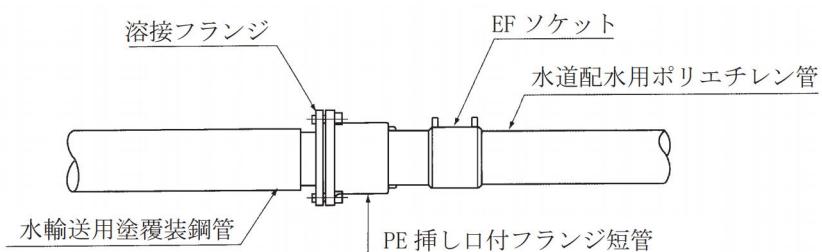
(b) メカニカルソケットを使用します。



配管図記号
HIPPE      VP —○—○—    —○—

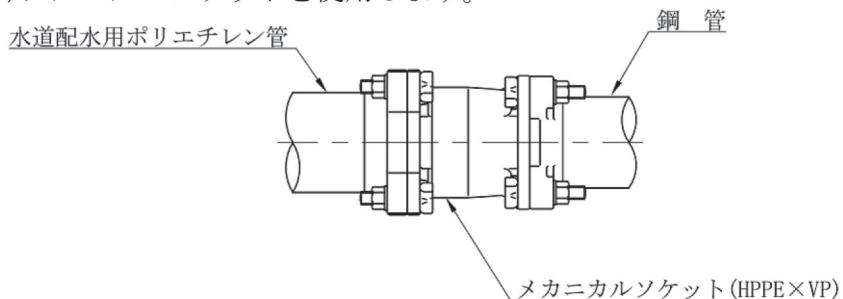
## (3) 水輸送用塗覆装鋼管 (JIS G 3443)との接続

(a) PE 插し口付フランジ短管を使用します。



配管図記号
SP            HPPE —+— ○—    —○—

(b) メカニカルソケットを使用します。



配管図記号
HPPE      VP —○—○—    —○—

## (4) 石綿管との接続

一度、水道用硬質ポリ塩化ビニル管または、ダクタイル鉄管に変更してから接続して下さい。

### 3.11.5 断水連絡方法

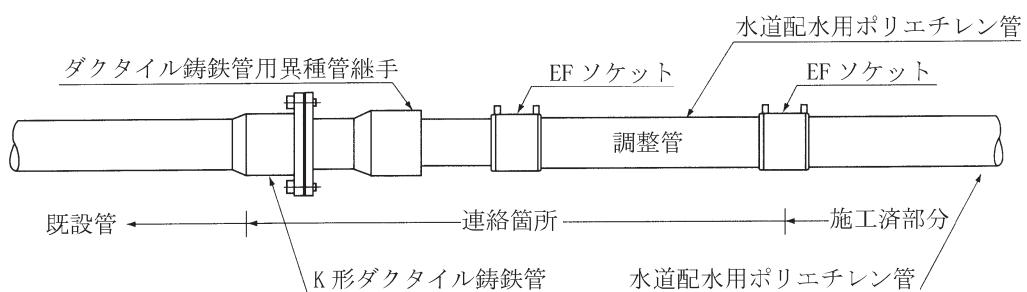
供用中の管と連絡する場合には、一時断水し、最短の時間で施工を完了しなければなりません。そのためには、断水施工計画書を作成することが望ましい。計画の内容として、既設管の位置、種別、口径、他企業の管などが支障にならないかを事前に試験掘などで調査し、必要人員の確保、材料の確保、施工工具の準備、配管ルートの決定を行い、断水時間内に施工が完了するよう計画を密に行わなければなりません。

水道配水用ポリエチレン管も他の管と同様、既設管との結び配管箇所の接続方法をあらかじめ検討しておく必要があります。特に、仕切弁操作による止水可能な場合とそうでない場合での状況に応じた材料の準備を行います。また、古い既設管との接続については仕切弁操作での止水は困難であることが予想されるため、一つの方法として、あらかじめ断水施工にて仕切弁を設置し、その先から施工を行なう方法もあります。これらの対策として、次にあげる(1)～(3)の項目についての検討が必要です。

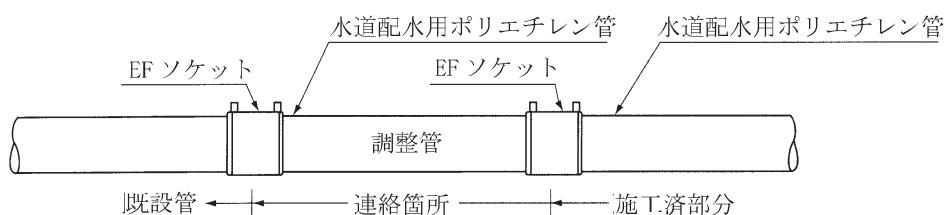
#### (1) 仕切弁操作で止水可能な場合の検討

EF 接合が可能であるため、EF ソケットで接合します。

(a) K形ダクトイル鉄管と連絡する場合の施工例



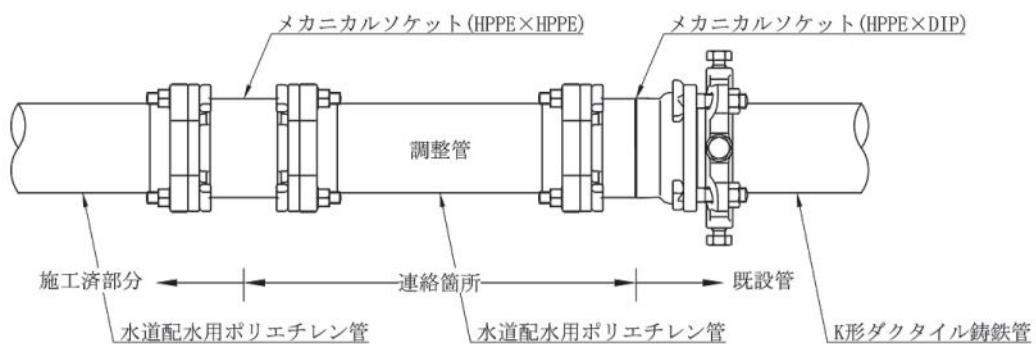
(b) 水道配水用ポリエチレン管と連絡する場合の施工例



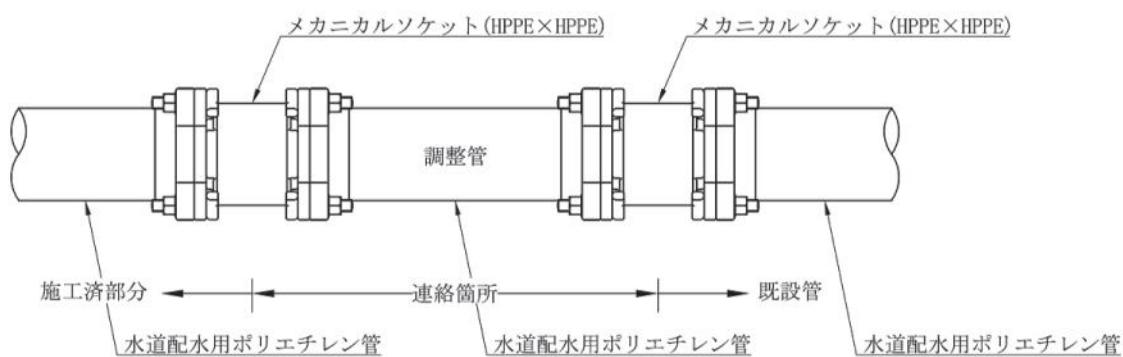
## (2) 仕切弁操作で止水不可能な場合の検討

メカニカル継手を使用した施工例

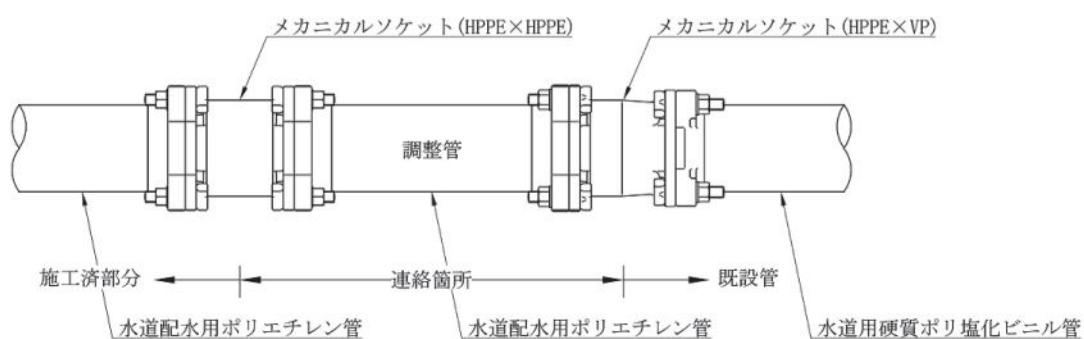
(a) K形ダクトイル鉄管と連絡する場合の施工例



(b) 水道配水用ポリエチレン管と連絡する場合の施工例



(c) 水道用硬質ポリ塩化ビニル管と連絡する場合の施工例

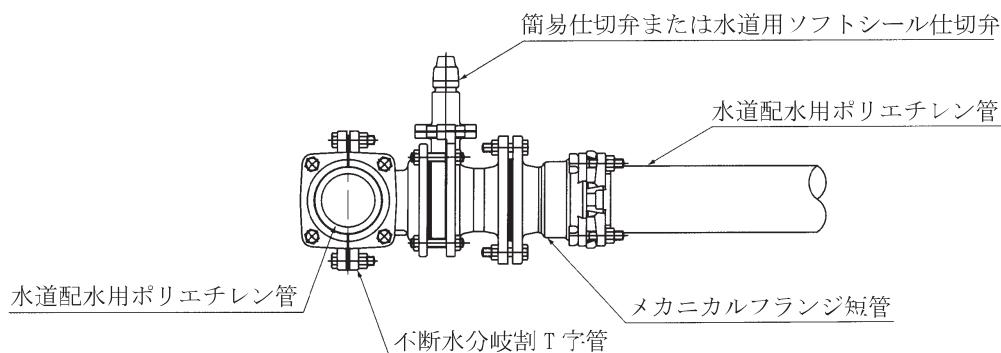


#### (d) 不断水施工の検討

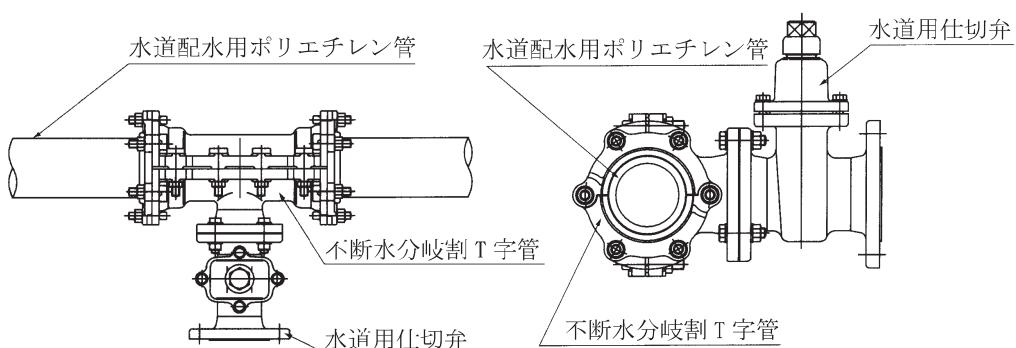
断水施工が難しい場合は不断水施工の検討を行います。

不断水分岐割 T 字管による施工例を次にあげます。

##### <施工例 1>



##### <施工例 2>



#### (3) 降雨や湧水、その他悪条件下での施工

湧水または降雨の条件下での EF 継手による施工は、管に水が触れない所まで吊上げると共に、水中ポンプにより排水を十分行うなどの対策が必要になります。少量の雨のときは、シートまたは大きめの傘、テントなどを用意して雨を避け、EF 継手部分に直接、水が触れないように施工することが必要です。

一方、メカニカル継手による施工は、このような対策を設ける必要はありません。

### 3.12 モデル管路での設計例

水道配水用ポリエチレン管の設計図作成のモデルとして以下の条件で、参考例として掲載します。

設計上の参考としてください。

#### (1) 設計条件

埋設場所	: 郊外
管径	: $\phi 75\text{mm} \cdot \phi 100\text{mm}$
設計内圧	: 0.75MPa(静水圧:0.50MPa, 水撃圧:0.25MPa)
土被り	: 浅層埋設 車道部 0.6m 以上 歩道部 0.5m 以上
不断水連絡	: 1箇所
消火栓設置	: 1基
仕切弁設置	: 4基
空気弁設置	: 6基
分水栓取出	: 20箇所

#### (2) 管路検討

##### (a) 埋設深さの検討 (図 3.12.2 平面図・縦断図 2 参照)

管の埋設深さは、平成 11 年 3 月 31 日付建設省道政発第 32 号（建設省道国発第 5 号）を基準とする。

- 12m 道路車道部：舗装厚が 0.60m であることから、土被りを 0.9m 以上とする。
- 12m 道路歩道部：舗装厚が 0.18m であることから、土被りを 0.5m 以上とする。
- 6m 道路車道部：舗装厚が 0.30m であることから、土被りを 0.6m 以上とする。

##### (b) 空気弁設置位置の検討

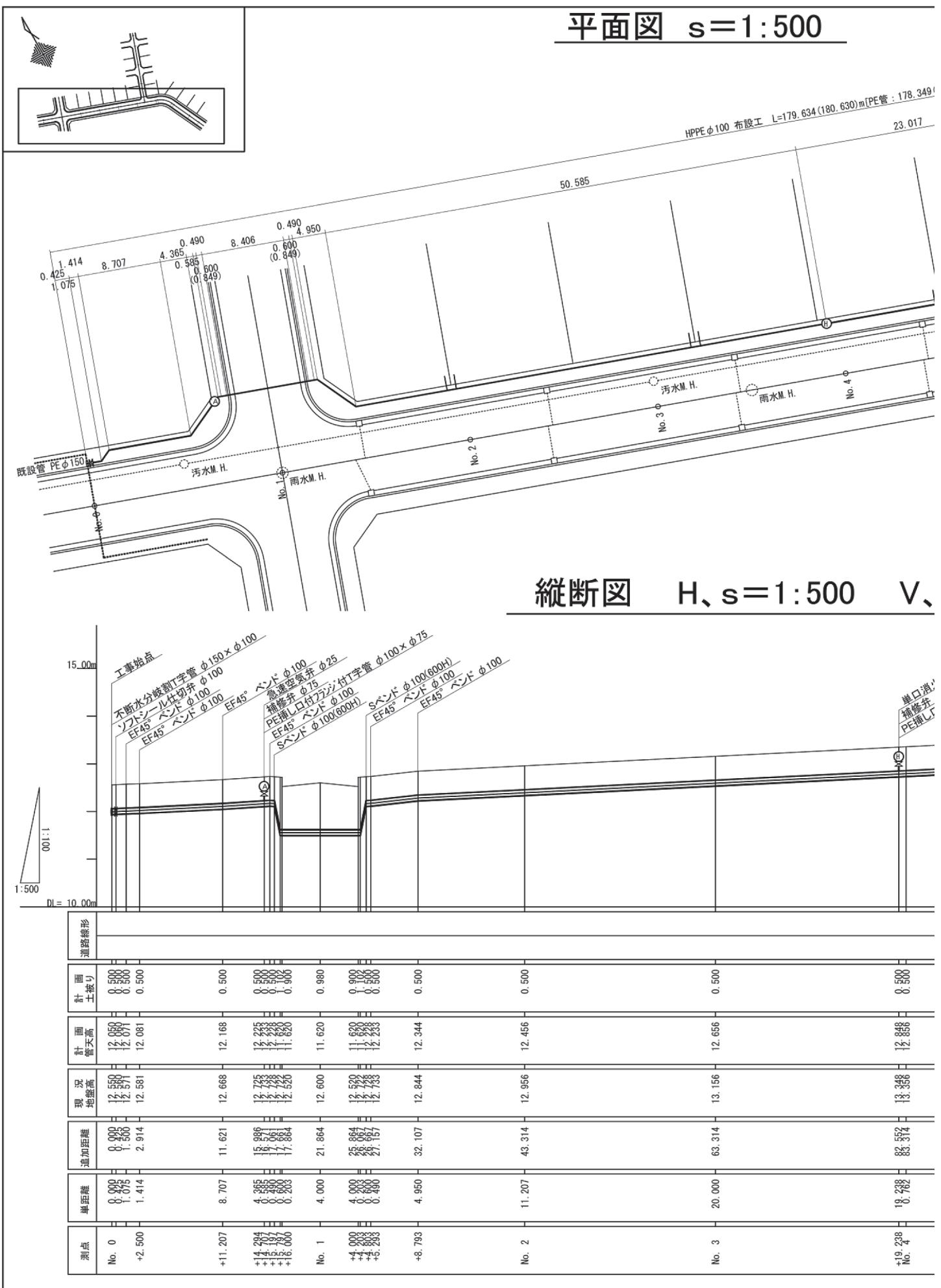
- 管路頂点部付近に空気弁を設置する。

#### (3) 図面説明 (図 3.12.1～図 3.12.4 参照)

上記設計条件・管路検討より、作成した設計図例について説明します。

- (1) 管路 : 埋設されている HPPE  $\phi 150$  管路（既設管）により、不断水分岐連絡工により HPPE  $\phi 100$ （新設管）と連絡し、12m 道路の歩道部に埋設する。途中の T 字路により分岐している道路には、HPPE  $\phi 100$  管路に T 字管を使用し HPPE  $\phi 75$  管路を分岐、車道部に埋設する。B.C. から E.C. 間の R 部は曲線半径が大きいので、直管の曲げ配管にて施工を行う。
- (2) 仕切弁 : 設置位置を管路分岐箇所の先と、今後、管路延長工事を考慮して、配管終点の手前に設置する。
- (3) 空気弁 : 設置位置は、管路の頂点部付近とし、管路内にエア溜りの出来る箇所付近とする。道路横断箇所は、道路の舗装厚が厚くなるため埋設深さが深くなるので、道路横断箇所の前後で管路が頂点になるところに設置する。雨水管の伏越箇所の下流側に設置する。
- (4) 消火栓 : 設置位置を管路の中央部付近としましたが、実際の設計では、消防法に基づいた位置に設置すること。
- (5) 分水栓 : 新設管路に面している宅地への取り出しを記載。

図 3.12.1 平面図・縦断図 1



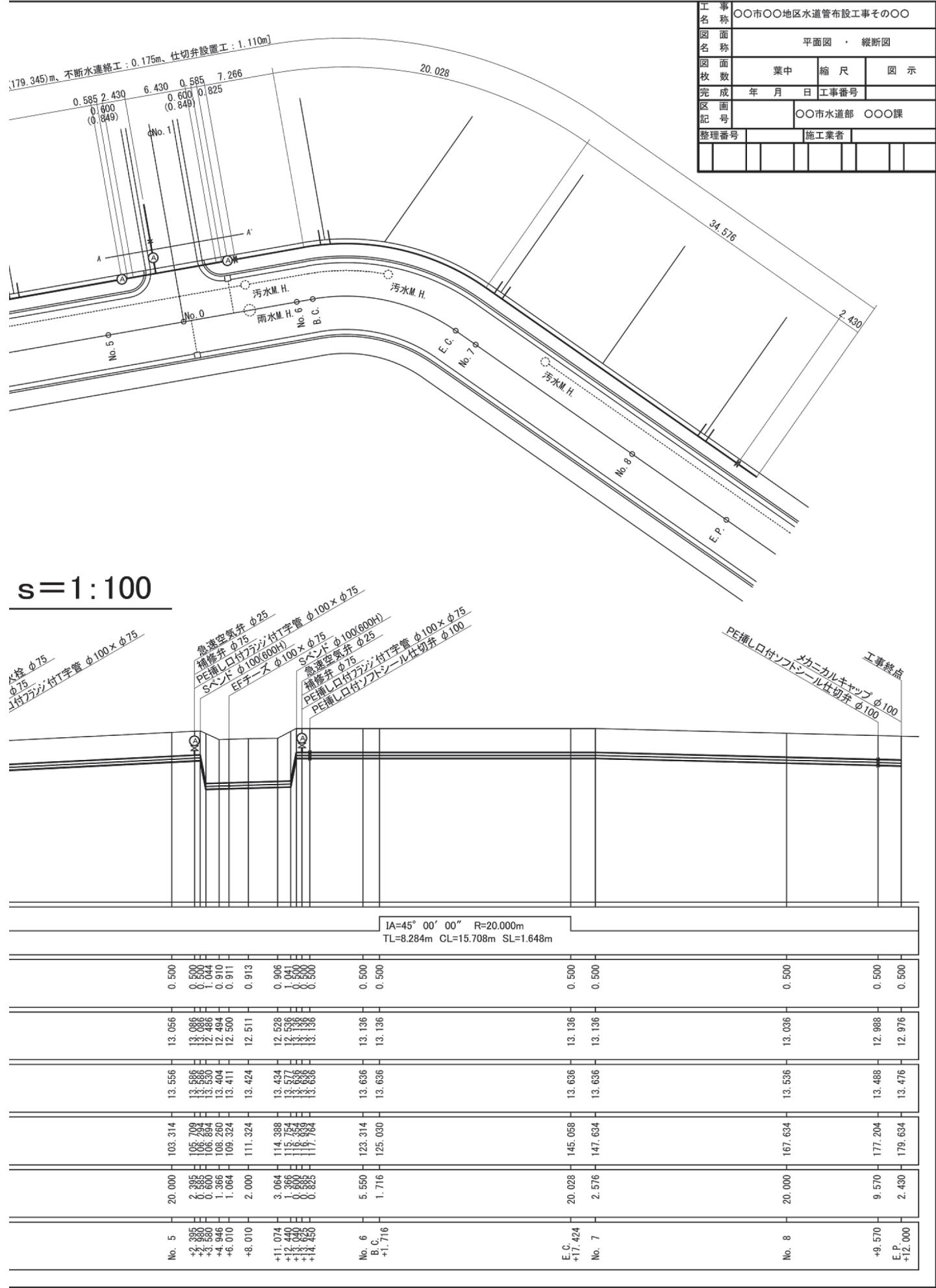
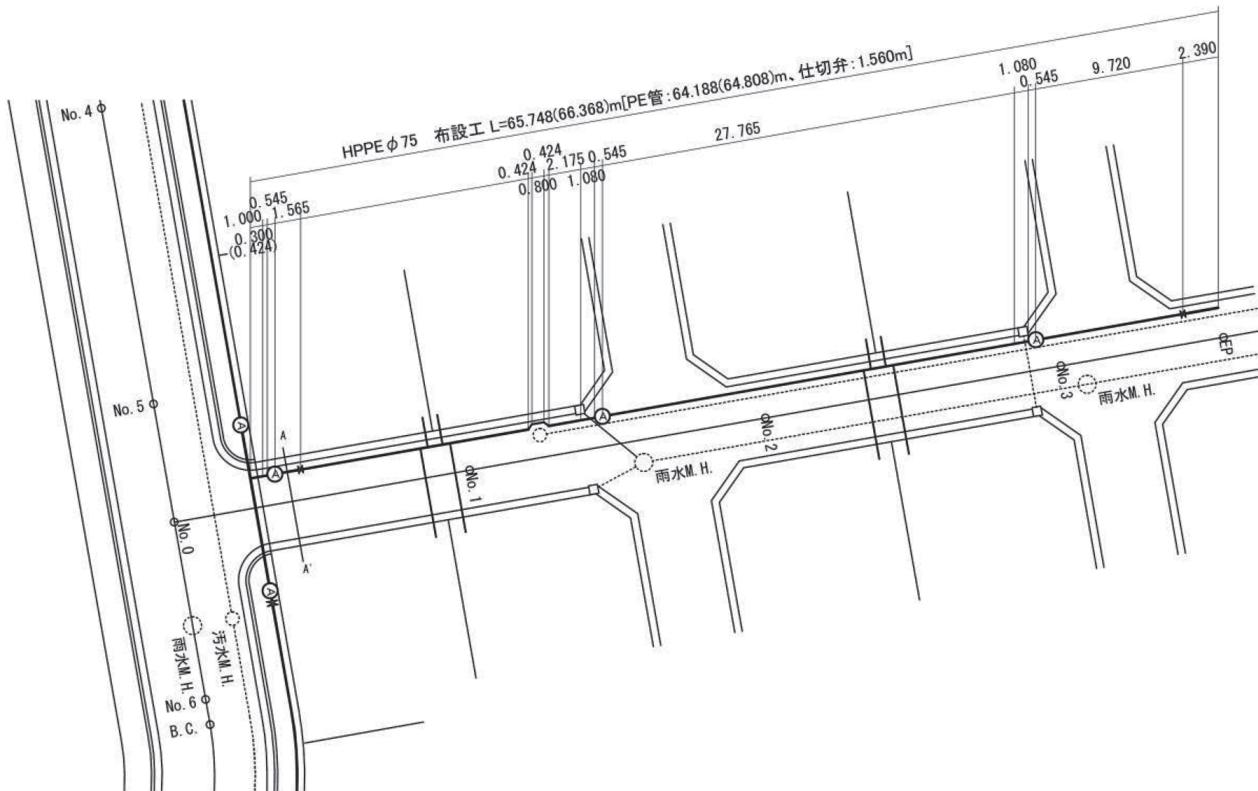
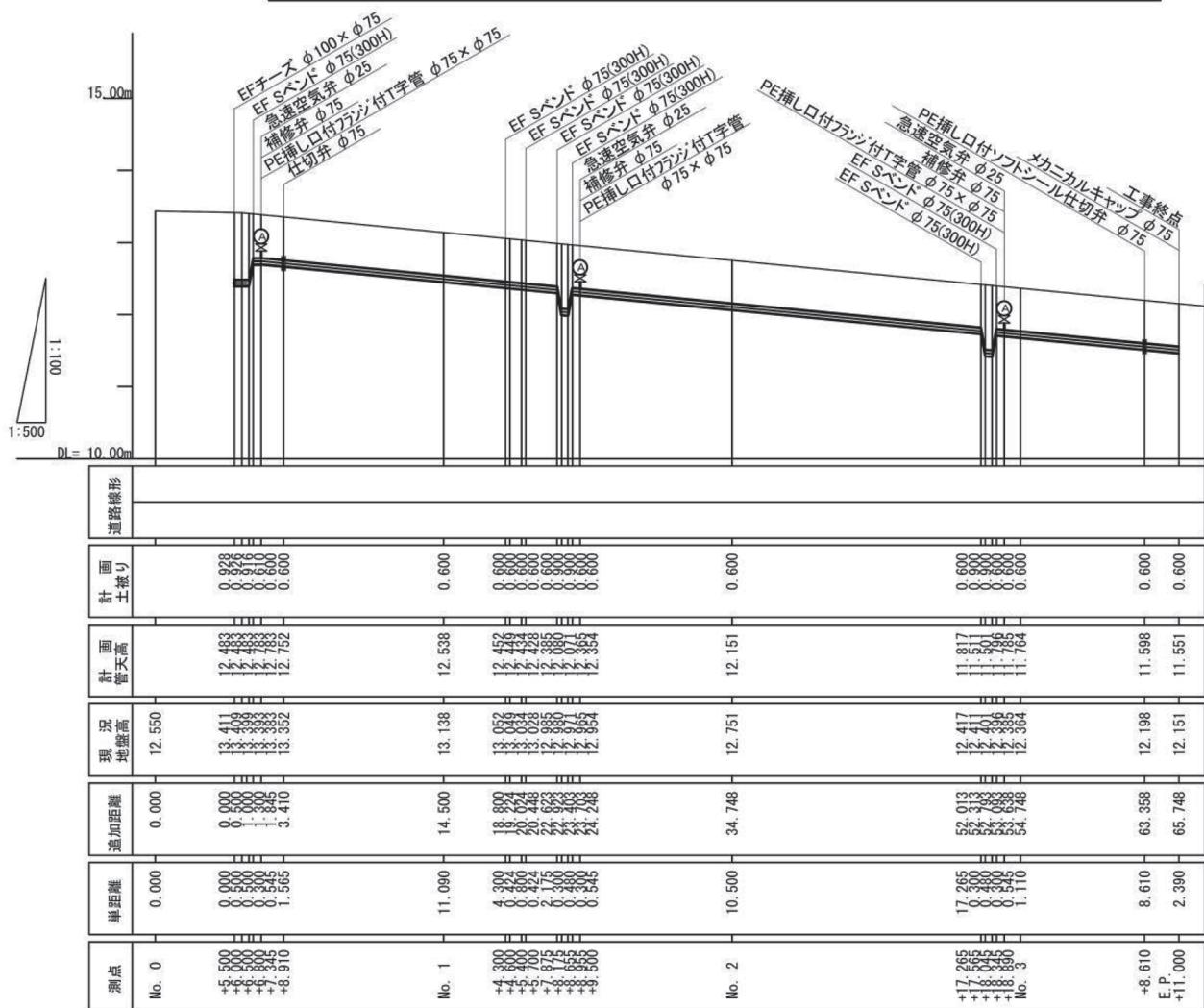
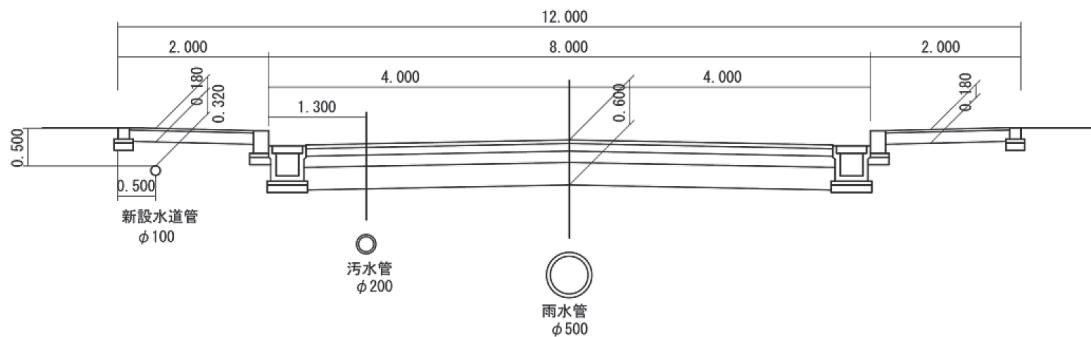


図 3.12.2 平面図・縦断図 2

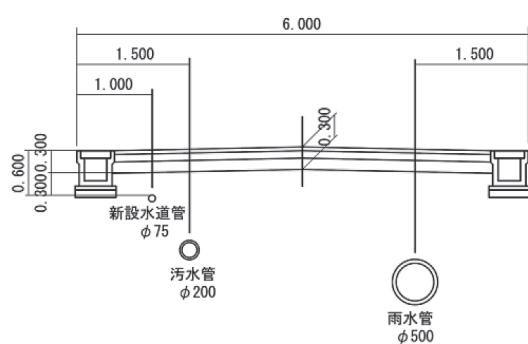
平面図  $s=1:500$ 縦断図  $H, s=1:500$   $V, s=1:100$ 

工事名	〇〇市〇〇地区水道管布設工事その〇〇		
図面名	平面図・縦断図・標準断面図		
図枚数	葉中	縮尺	図示
完成記号	年月日	工事番号	
区画記号	〇〇市水道部 〇〇〇課		
整理番号	施工業者		

### 12m道路標準断面図 $s=1:100$

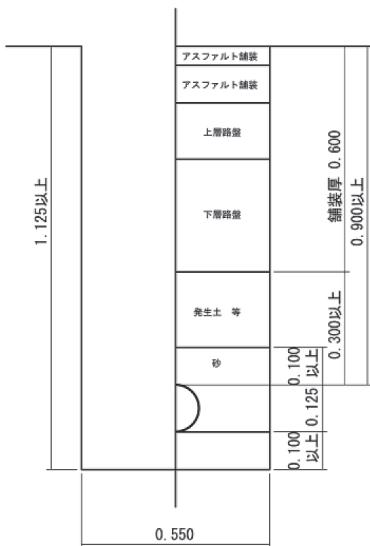


### 6m道路標準断面図 $s=1:100$

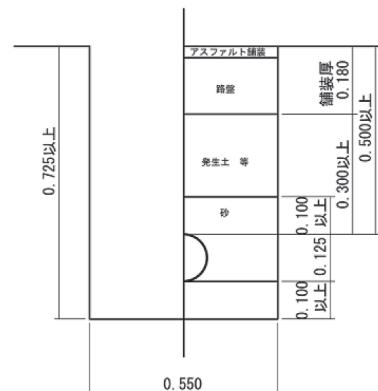


### 土工定規 $s=1:20$

#### 12m道路車道部



#### 12m道路歩道部



#### 6m道路車道部

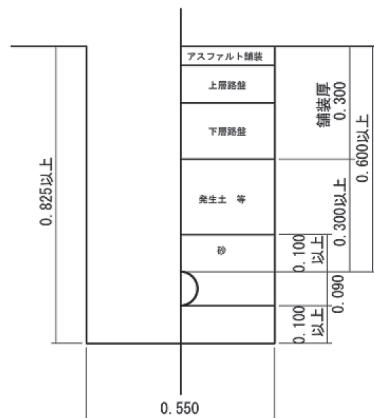


図 3.12.3 配管図 1

不断水分岐割T字管  $\phi 150 \times \phi 100$ ソフトシール仕切弁  $\phi 100$ EFフランジ  $\phi 100$ 乙切管  $\phi 100 \times 0.705m$ EF45° ベンド  $\phi 100$ 乙切管  $\phi 100 \times 1.034m$ EF45° ベンド  $\phi 100$ 乙切管  $\phi 100 \times 3.327m$ EF45° ベンド  $\phi 100$ 甲切管  $\phi 100 \times 3.780m$ 急速空気弁  $\phi 25$ 補修弁  $\phi 75$ PE挿し口付フランジ付T字管  $\phi 100 \times \phi 75$ EF45° ベンド  $\phi 100$ EF片受Sベンド  $\phi 100(600H)$ 

## 配管図

乙切管  $\phi 100 \times 3.026m$ EF片受Sベンド  $\phi 100(600H)$ EF45° ベンド  $\phi 100$ 切管  $\phi 100 \times 4.570m$ EF45° ベンド  $\phi 100$ 

直

直

直

既設管

PE  $\phi 150$ 

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

不断水分岐割T字管  $\phi 150 \times \phi 100$ ソフトシール仕切弁  $\phi 100$ EFフランジ  $\phi 100$ 乙切管  $\phi 100 \times 0.705m$ EF45° ベンド  $\phi 100$ 乙切管  $\phi 100 \times 1.034m$ EF45° ベンド  $\phi 100$ 乙切管  $\phi 100 \times 3.327m$ EF45° ベンド  $\phi 100$ 甲切管  $\phi 100 \times 3.780m$ 急速空気弁  $\phi 25$ 補修弁  $\phi 75$ PE挿し口付フランジ付T字管  $\phi 100 \times \phi 75$ EF45° ベンド  $\phi 100$ EF片受Sベンド  $\phi 100(600H)$ 

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

直

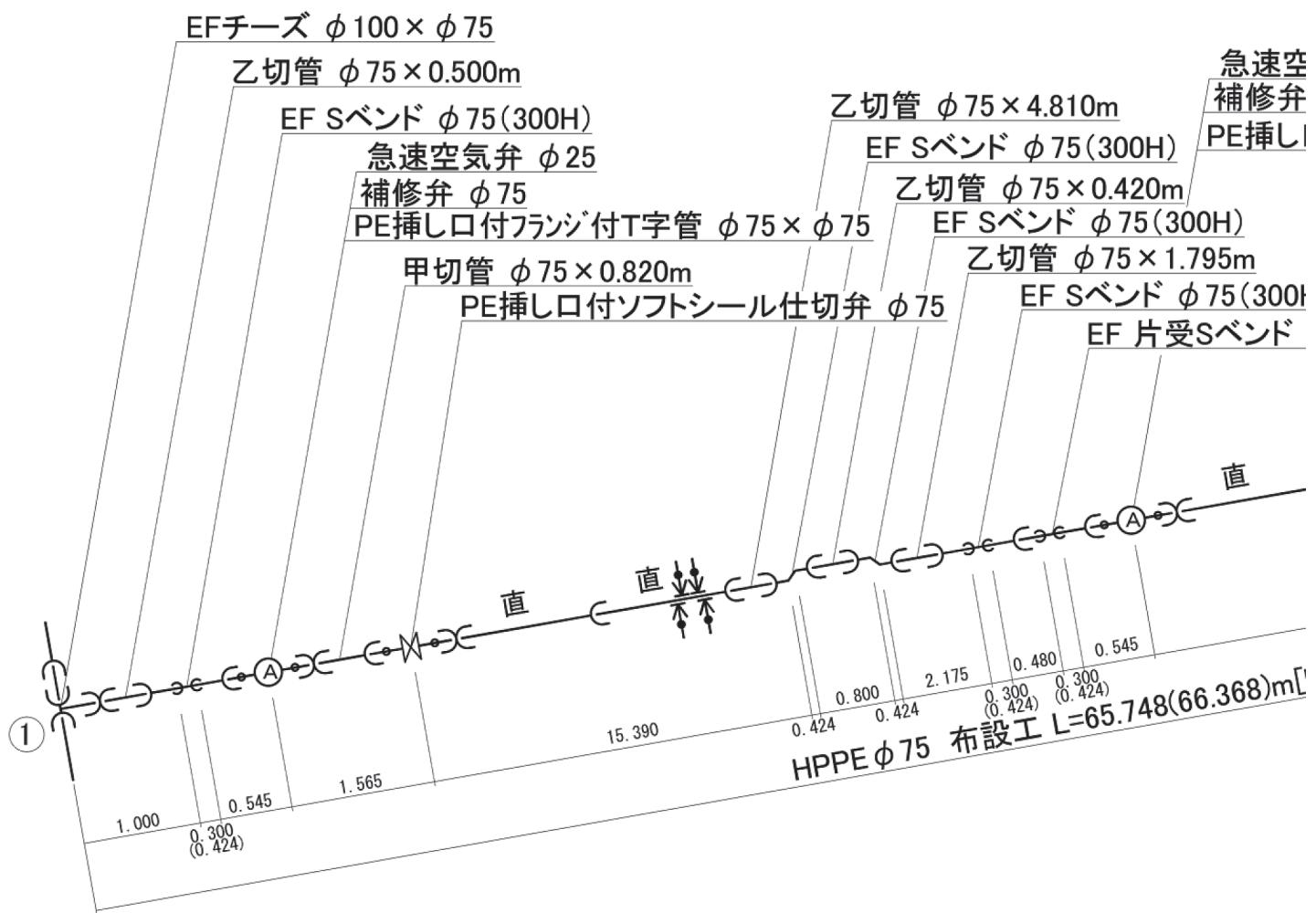
直

直

直



図 3.12.4 配管図 2

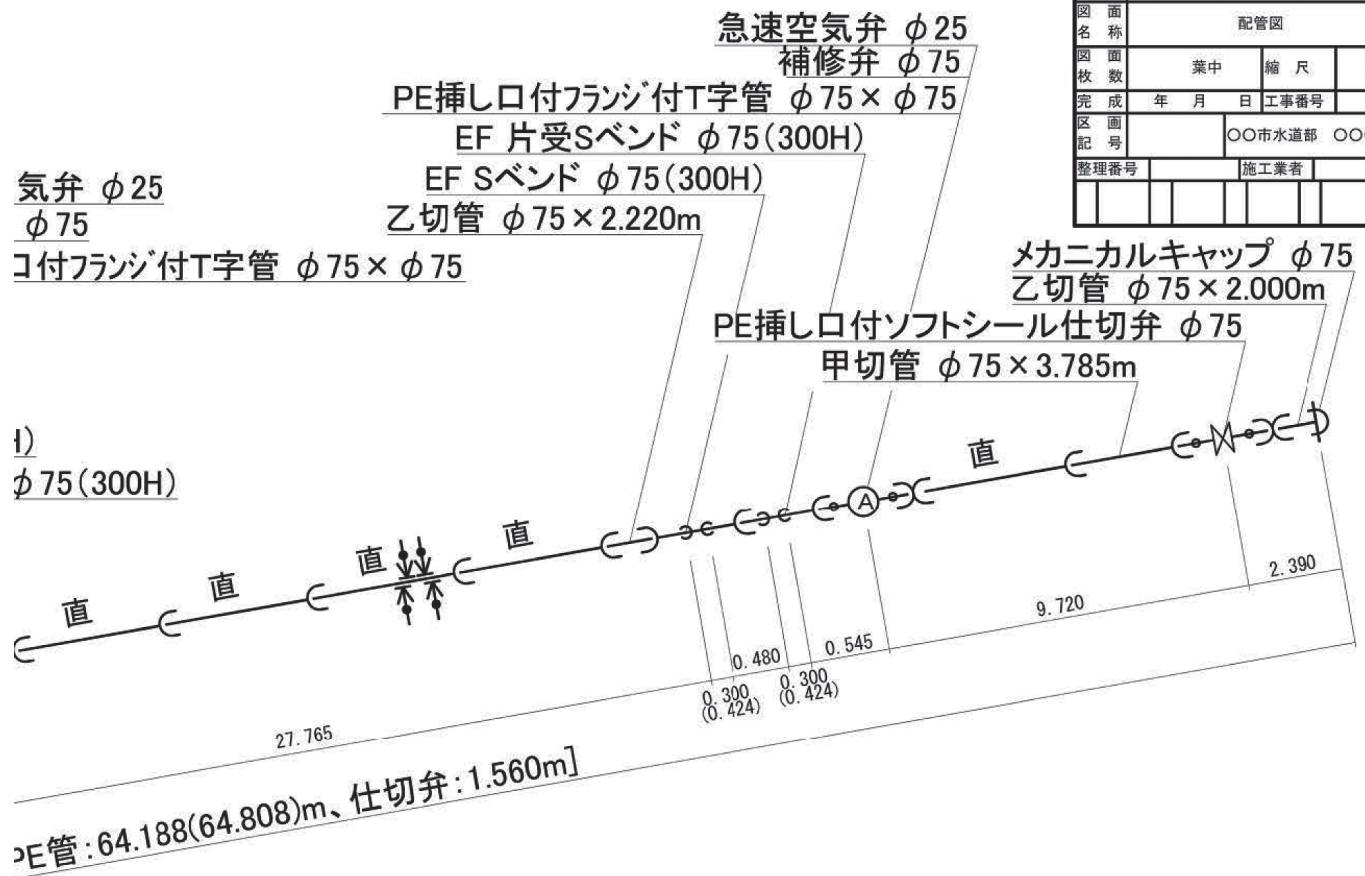
配管図切管表  $\phi 100$ 

組合せ		
1	3780	1034
2	2227	2100
3	3580	1100
4	705	3026
5	3327	
6	4570	
7	2000	

切管表  $\phi 75$ 

組合せ		
1	820	1795 2220
2	3785	500 420
3	4810	
4	2000	

工事 名稱	○○市○○地区水道管布設工事その○○		
図面 名稱	配管図		
図面 枚数	葉中	縮 尺	図 示
完 成	年 月 日	工事番号	
区画 記号	○○市水道部 ○○○課		
整理番号		施工業者	



配管材料表

品名	形状寸法	単位	数量	備考
EF受口付直管	φ100×5000	本	31	切管含む
EF受口付直管	φ75×5000	本	10	切管含む
直管	φ100×5000	本	4	切管含む
直管	φ75×5000	本	2	切管含む
EFソケット	φ100	個	4	
EFソケット	φ75	個	6	
EFベンド	φ100×45°	本	6	
EFチーズ	φ100×φ75	個	1	
EF Sベンド	φ100×H600	本	2	
EF Sベンド	φ75×H300	本	5	
EF片受Sベンド	φ100×H600	本	2	
EF片受Sベンド	φ75×H300	本	2	
EFフランジ	φ100	個	1	
PE挿し口付フランジ付T字管	φ100×φ75	個	4	
PE挿し口付フランジ付T字管	φ75×φ75	個	3	
PE挿し口付ソフトシール弁	φ100	基	2	
PE挿し口付ソフトシール弁	φ75	基	2	
ソフトシール仕切弁 (FCD製)	φ100	基	1	
メカニカルキャップ	φ100	個	1	
メカニカルキャップ	φ75	個	1	
不断水分岐割T字管	φ150×φ100	個	1	
急速空気弁	φ25	基	6	
単口消火栓	φ75	基	1	
補修弁	φ75×100	基	7	
フランジ接合部品 (GF形)	φ100	組	2	
フランジ接合部品 (GF形)	φ75	組	14	
分水栓付EFサドル	φ100×φ20	組	12	
分水栓付EFサドル	φ75×φ20	組	8	
二層ポリエチレン管	φ20			別途給水工事

## 4. 各種試験結果

### 4.1 EF 継手の強度

#### 4.1.1 引張試験

##### (1) 目的

管路に引張が加わった場合の EF 接合部における強度の確認。

##### (2) 試験方法

EF ソケットを接合した供試管を毎分 25mm の速度で降伏点まで引張り、降伏時の状態を確認した。

###### (a) 供試管

呼び径 75, 100, 150 水道配水用ポリエチレン管(中央で EF ソケットで接合したもの)

###### (b) 試験温度

23°C

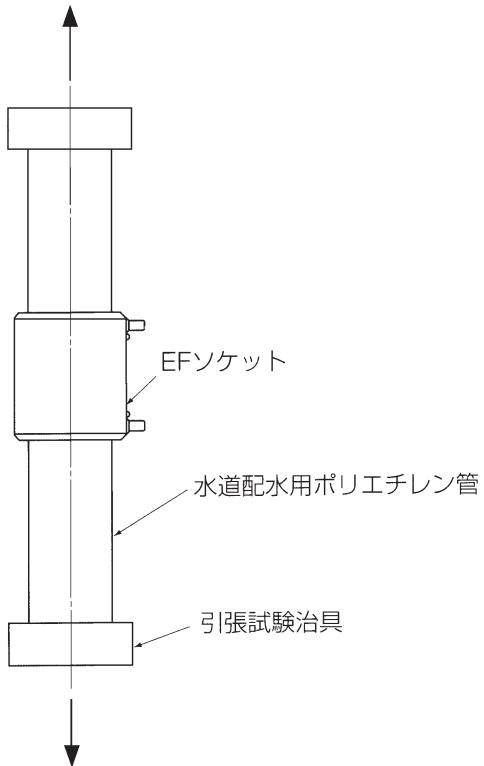


図4.1.1 引張試験

##### (3) 試験結果

各試験体とも、管は降伏したが、EF 接合部に異常はなかった。

本試験により、引張に対する EF 接合部の強度が管体と同等以上であることが確認できた。

#### 4.1.2 へん平水圧試験

##### (1) 目的

管路にへん平が発生した場合の EF 接合部における耐水圧性の確認。

##### (2) 試験方法

EF 接合部の近傍の管を外径の 50%へん平した後、水圧 2.5MPa を加え、そのまま 2 分間保持し、漏れ、その他の異常の有無を確認した。

(a) 供試管

呼び径 75, 100, 150 水道配水用ポリエチレン管(中央で EF ソケットで接合したもの)

(b) 試験温度

23°C

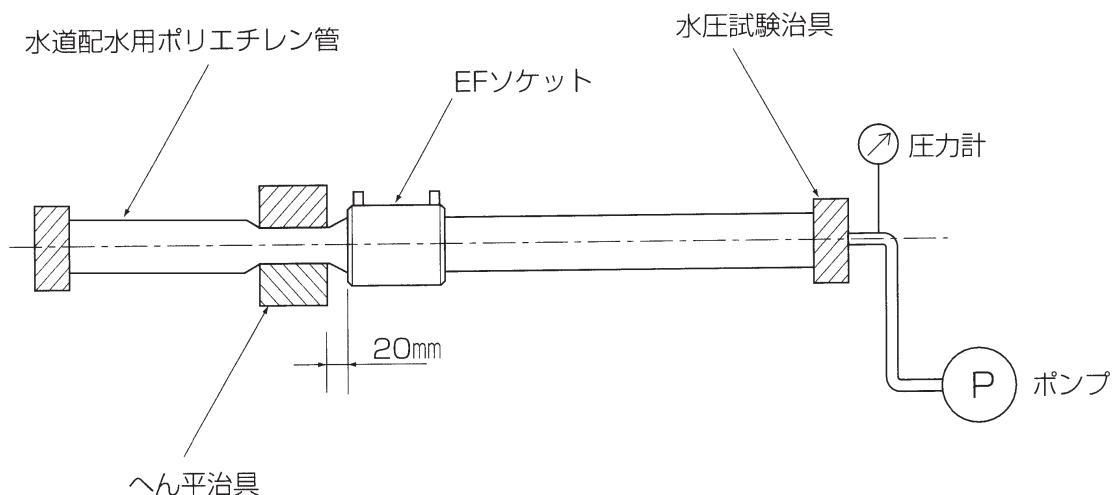


図 4.1.2 へん平水圧試験

##### (3) 試験結果

各供試管とも、漏れ、その他の異常はなかった。

本試験により、管路に過度のへん平が発生した場合でも、EF 接合部が耐水圧の性能規格を満足することが確認できた。

#### 4.1.3 曲げ水圧試験

##### (1) 目的

管路に曲げが加わった場合の EF 接合部における耐水圧性の確認。

##### (2) 試験方法

管同士の迎角が  $45^\circ$  になるように供試管を固定した後、水圧  $2.5\text{ MPa}$  を加え、そのまま 2 分間保持し、漏れ、その他の異常の有無を確認した。

###### (a) 供試管

呼び径 75, 100, 150 水道配水用ポリエチレン管(中央で EF ソケットで接合したもの)

###### (b) 試験温度

$23^\circ\text{C}$

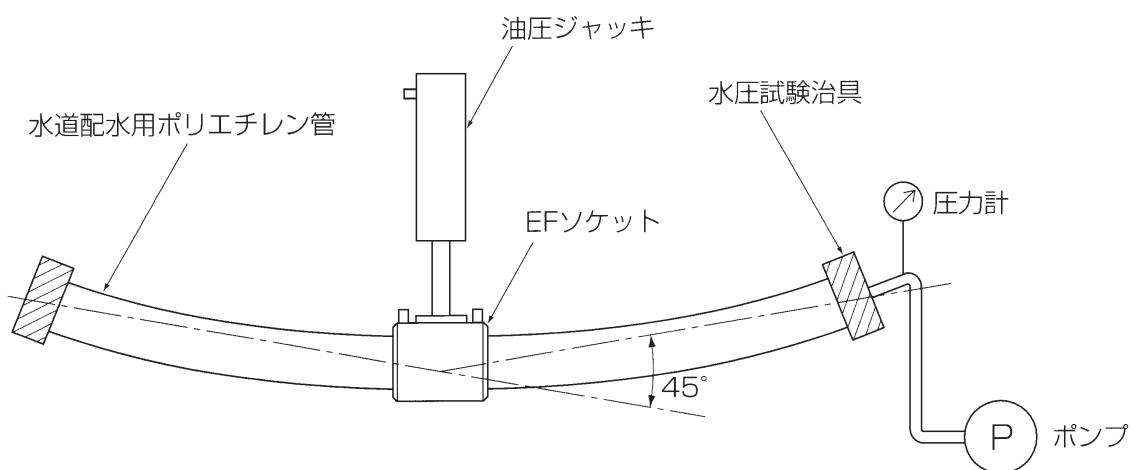


図 4.1.3 曲げ水圧試験

##### (3) 試験結果

各供試管とも、漏れ、その他の異常はなかった。

本試験により、不等沈下などで管路に過度の曲げが発生した場合でも、EF 接合部が耐水圧の性能規格を満足することが確認できた。

## 4.2 メカニカル継手の強度

メカニカル継手は、性能を確認するため以下に示す各種試験を実施した結果、EF 継手と同様、メカニカル継手の接合部は管体以上であり、耐水圧性も万全であることが確認された。

### 4.2.1 引張試験

#### (1) 目的

管路に引張が加わった場合のメカニカル接合部における引抜強度の確認。

#### (2) 試験方法

メカニカルソケットを接合した供試管を毎分 25mm の速度で降伏まで引張り、降伏時の状態を確認した。

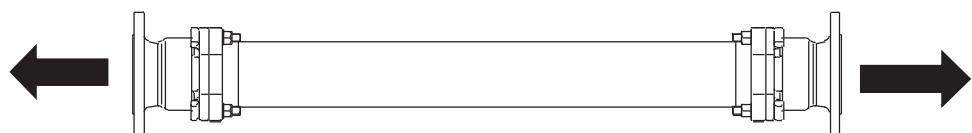


図 4.2.1 引張試験

#### (3) 試験結果

各試験体とも、メカニカル接合部からの抜け出しがなかった。

#### (4) 考察

本試験により、メカニカル接合部は E F 接合部同様の強度が管体と同等以上であることが確認できた。

### 4.2.2 へん平水圧試験

#### (1) 目的

管路にへん平が発生した場合のメカニカル接合部における耐水圧性の確認。

#### (2) 試験方法

メカニカル継手の端部から 30mm 位置を管外径の 30% へん平した後、水圧 2.5MPa を加え、そのまま 2 分間保持し、漏れ、その他の異常の有無を確認した。

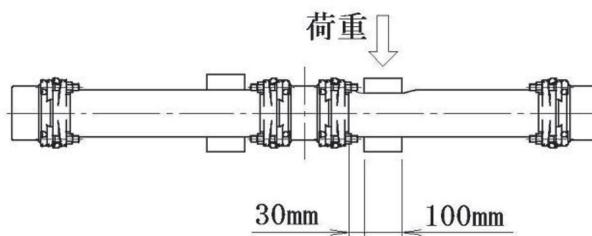


図 4.2.2 へん平水圧試験

#### (3) 試験結果

各供試管とも、漏れ、その他の異常はなかった。

#### (4) 考察

本試験により、管路に過度のへん平が発生した場合でも、メカニカル接合部が耐水圧の性能規格を満足することが確認できた。

### 4.2.3 曲げ水圧試験

#### (1) 目的

管路に曲げが加わった場合のメカニカル接合部における耐水圧性の確認。

#### (2) 試験方法

片方のメカニカル継手を固定し、反対側の管部を引き上げ、曲げ角度が  $15^\circ$  になるように供試管を固定した後、水圧  $2.5\text{MPa}$  を加え、そのまま 2 分間保持し、漏れ、その他の異常の有無を確認した。

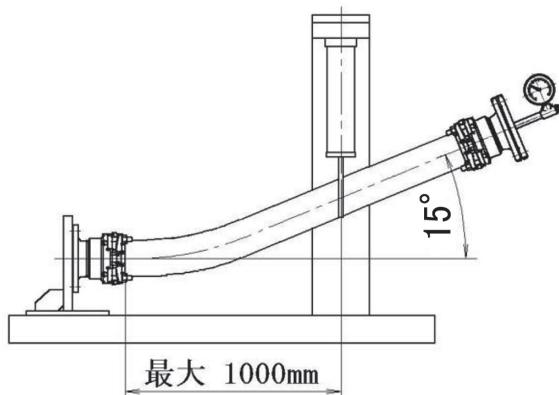


図 4.2.3 曲げ水圧試験

#### (3) 試験結果

各供試管とも、漏れ、その他の異常はなかった。

#### (4) 考察

本試験により、不等沈下などで管路に過度の曲げが発生した場合でも、メカニカル接合部が耐水圧の性能規格を満足することが確認できた。

## 4.3 サドル付分水栓の強度

サドル付分水栓（鋳鉄製）は、性能を確認するため以下に示す各種試験を実施した結果、鋳鉄サドルの接合部は耐水圧性も万全であることが確認された。

### 4.3.1 へん平水圧試験

#### (1) 目的

管路にへん平が発生した場合のサドル接合部における耐水圧性の確認。

#### (2) 試験方法

サドル接合部の近傍の管を外径の30%へん平した後、水圧0.02MPaおよび0.75MPaを加え、そのまま2分間保持し、漏れ、その他の異常の有無を確認した。

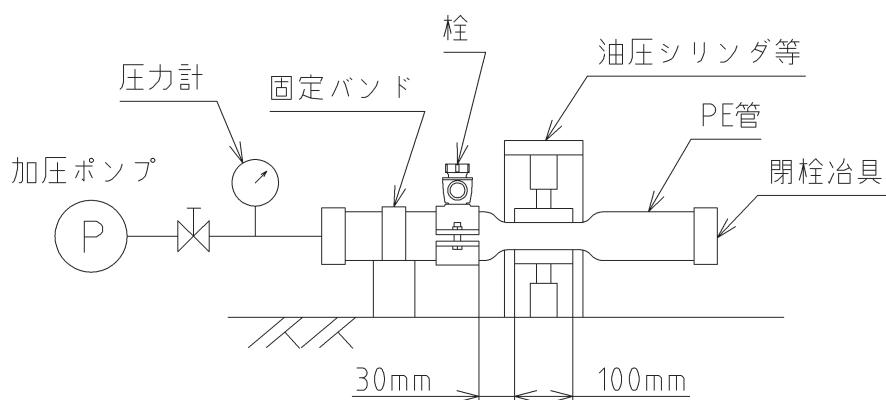


図4.3.1 へん平水圧試験

#### (3) 試験結果

各供試管とも、漏れ、その他の異常はなかった。

#### (4) 考察

本試験により、管路に過度のへん平が発生した場合でも、サドル接合部が耐水圧の性能規格を満足することが確認できた。

#### 4.3.2 曲げ水圧試験

##### (1) 目的

管路に曲げが加わった場合のサドル接合部における耐水圧性の確認。

##### (2) 試験方法

管同士の迎角が $5^\circ$  になるように供試管を固定した後、水圧 $0.02\text{ MPa}$  および $0.75\text{ MPa}$  を加え、そのまま 2 分間保持し、漏れ、その他の異常の有無を確認した。

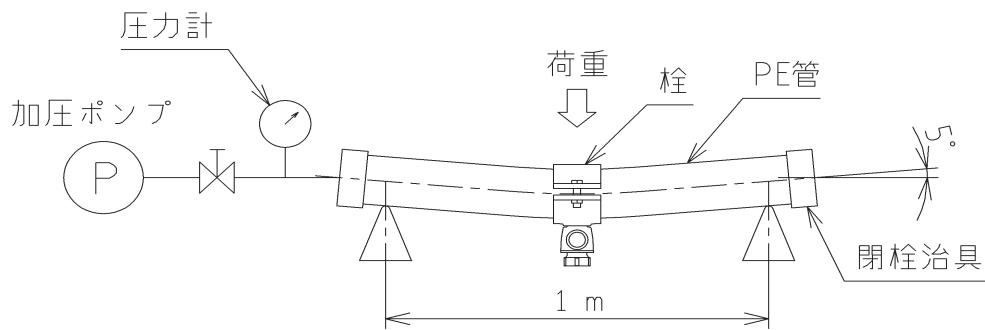


図 4.3.2 曲げ水圧試験

##### (3) 試験結果

各供試管とも、漏れ、その他の異常はなかった。

##### (4) 考察

本試験により、不等沈下などで管路に曲げが発生した場合でも、メカニカル接合部が耐水圧の性能規格を満足することが確認できた。

### 4.3.3 管軸方向ずれ試験

#### (1) 目的

管路に地震動によるずれが加わった場合のサドル接合部における耐震性の確認。

#### (2) 試験方法

0.02 MPa および 0.75 MPa の水圧を加えながら、直管の上方から 5 mm/min の速度で荷重し、漏れが始まったとき、又は水圧低下がゲージ上で認められたときのどちらか早い時期で荷重を停止し、最大値（すべり抵抗力）を測定した。

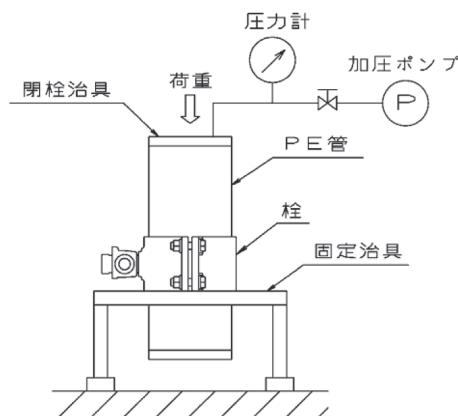


図 4.3.3 管軸方向ずれ試験装置

#### (3) 試験結果

各供試体のすべり抵抗力は、レベル 2 地震動によりサドル付分水栓に作用する地盤反力  $\Delta P$  と比較して大きい値であった。

表 4.3.1 管軸方向ずれ試験結果（分岐 25 mm）

呼び径(mm)	50×25		75×25		100×25		150×25		200×25	
サドル付分水栓に作用する力 $\Delta P$ : kN	0.9		1.2		1.7		3.1		4.6	
水圧条件 : MPa	0.02	0.75	0.02	0.75	0.02	0.75	0.02	0.75	0.02	0.75
すべり抵抗力 : kN	5.5	8.1	9.0	9.2	9.5	9.3	10.8	15.4	27.6	48.0

分水栓に作用する力の根拠：モデル地盤 II におけるレベル 2 地震動時の最大相対変位量を算出し、これをサドルの投影面積、地盤反力係数から鉄製サドル付分水栓に作用する力  $\angle P$  (=ずれ試験における最大荷重) を算出した。

表 4.3.2 管軸方向ずれ試験結果（分岐 50 mm）

呼び径(mm)	75×50		100×50		150×50		200×50	
水圧条件 : MPa	0.02	0.75	0.02	0.75	0.02	0.75	0.02	0.75
すべり抵抗力 : kN	12.4	15.5	11.5	13.2	12.9	15.5	27.6	49.9

#### (4) 考察

本試験により、管路にレベル 2 地震動によるずれが加わった場合でも、サドル接合部は十分な耐震性能を有するものと考えられる。

#### 4.3.4 管ひずみ止水試験

##### (1)目的

管路に地盤変状によるひずみが発生した場合のサドル接合部における耐水圧性の確認。

##### (2)試験方法

水圧 0.75MPa を保持した状態で 5mm/min の速度で 6%のひずみが発生するまで引張荷重を加えた状態で 1 分間保持し、漏れ、その他の異常の有無を確認した。

なお、本試験は水道配水用ポリエチレン管の口径が小さい方が引張時の変形による鋳鉄製サドル付分水栓の水密性能への影響が大きく、また分岐径が大きい方が穿孔による影響も受けやすいため、口径 50mm×25mm ( $\times 20\text{mm}$  と形状は同一) および口径 75mm×50mm で試験を行った。

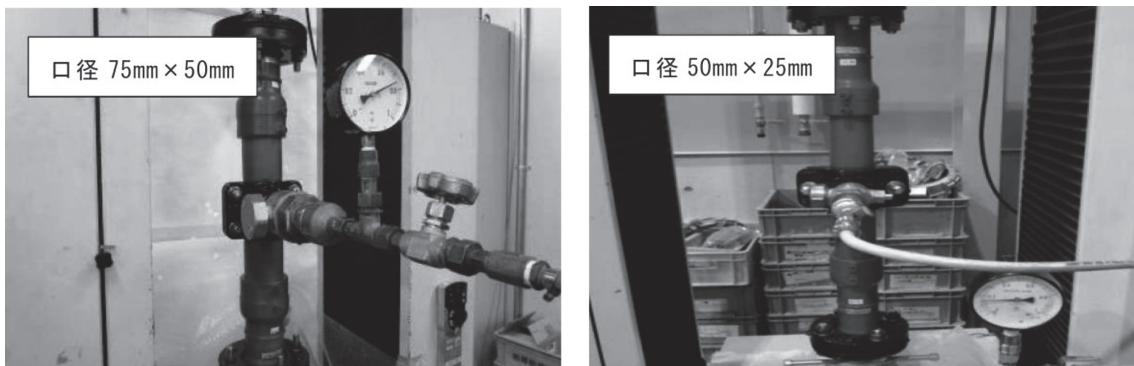


図 4.3.3 管ひずみ止水試験状況

##### (3)試験結果

各供試体とも、6%ひずみ発生時に漏れ、その他異常はなかった。

表4.3.3 管ひずみ止水試験結果

	口径	50 mm×25 mm		75 mm×50 mm	
	水圧値	6%	漏水発生%	6%	漏水発生%
試験結果	0.15MPa	漏水無し	13.4%	漏水無し	7.6%
	0.75MPa	漏水無し	12.6%	漏水無し	8.5%

##### (4)考察

本試験により、管路に地盤変状に対する許容ひずみ 6%が発生した場合でも、サドル接合部が耐水圧の性能規格を満足することが確認できた。

## 4.4 埋設強度に関する各種実験

### 4.4.1 埋設ボックス実験<その1>

#### (1) 目的

水道配水用ポリエチレン管の管厚設計は、通常の埋設状態では内圧のみを検討すれば良いことを確認するため、埋設ボックス実験を行った。

#### (2) 実験方法

鋼製ボックス内に供試管を1.2mの深さに埋設することによって静土圧を負荷し、さらに所定の水圧を負荷して管の挙動を調査した。また、埋設状態との比較として、埋設しない管にも同時に水圧を負荷して調査した。

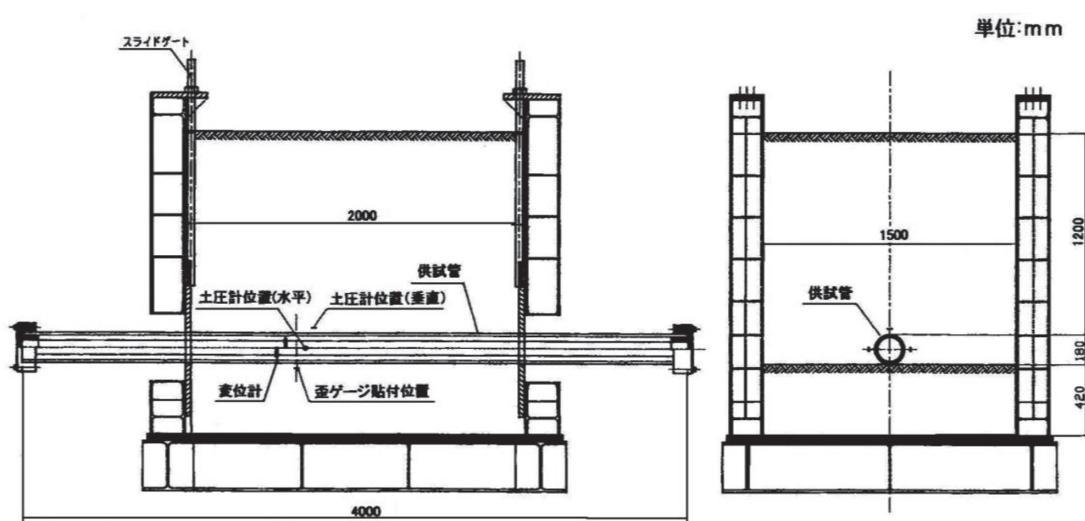


図4.4.1 埋設ボックス試験・概要

#### (a) 供試管

呼び径150水道配水用ポリエチレン管、2本

(埋設した管(以下、土中管)×1本、埋設しない管(以下、空中管)×1本)

#### (b) 実験条件

- ・土被り : 1.2m
- ・水圧 : 0MPa~1MPa(0.2MPaごとに負荷)

#### (c) 測定項目

周方向歪み、たわみ量

### (3) 実験結果

埋設ボックスの実験結果から、次のことがわかった。

#### [周方向歪み]

- ・土被り 1.2m の土圧による周方向歪み、すなわち無圧時の土中管の周方向歪みは、水圧により発生する周方向歪みと比較して小さい値であった。
- ・水圧負荷時の土中管と空中管の挙動を比較すると、全ての箇所において土中管の方が発生歪みや歪み勾配が小さかった。(図 4.4.3 参照)

#### [たわみ量]

- ・土被り 1.2m の土圧のみによる管のたわみ量は、0.2mm(0.1%)程度と小さい値であった。
- ・水圧 1MPa を負荷すると管は約 1mm 拡径した。

### (4) まとめ

土圧による発生歪みは、水圧による発生歪みよりも小さい。

水圧のみを負荷したときの方が、土圧と水圧を同時に負荷したときに比べ、発生歪みや歪み勾配或いはたわみ量が大きかった。従って、通常の埋設状態では内圧のみを検討すれば良いことが判った。

## 4.4.2 埋設ボックス実験<その2>

### (1) 目的

4.4.1 項で検討した内容が長期的にも成立するか確認した。

### (2) 実験方法

埋設ピット内の所定の深さに管を埋設することで土圧を負荷し、更に所定の水圧を負荷した状態で約半年に渡り、クリープ挙動を調査した。また、埋設状態との比較として、埋設しない管にも同時に水圧を負荷して調査した。

#### (a) 供試管

呼び径 100 水道配水用ポリエチレン管 × 1.5m, 2 本

(埋設した管 (以下、土中管) × 1 本, 埋設しない管 (以下、空中管) × 1 本)

#### (b) 実験条件

- ・土被り : 1.2m
- ・水圧 : 0.75MPa
- ・雰囲気温度 : 約 23°C

#### (c) 測定項目

周方向歪み

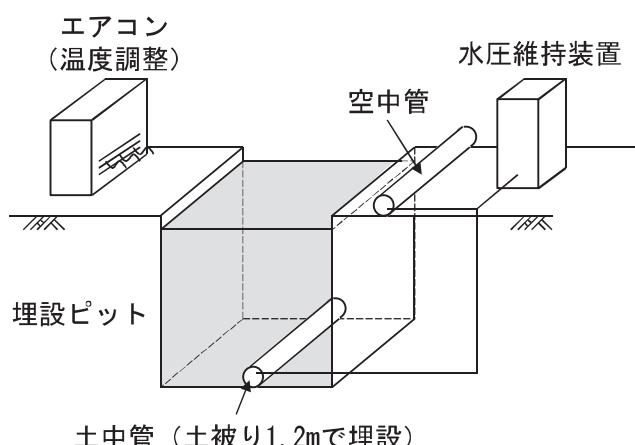


図 4.4.2 試験状況

### (3) 実験結果

埋設下での長期クリープ試験結果から以下のことがわかった。

- ・約半年経過した時点での周方向歪みは土中管で約  $6300\mu$ 、空中管で約  $5000\mu$  であった。従って、水圧負荷時と同様に長期的にも、土中管の方が歪みの増加速度が小さいことが確認された。(図 4.4.3 参照)
- ・実験により得られた測定データは両対数グラフ上で、ほぼ直線になった。このグラフにより 50 年後に管に発生する周方向歪みは土中で約  $7000\mu$  (0.7%)、空中で約  $12000\mu$  (1.2%) と考えられる。水道配水用ポリエチレン管の引張降伏歪みは約 8~11% であり、この値と比較して、十分小さい値になっている。(図 4.4.4 参照)

### (4) まとめ

以上の実験により以下のことが判った。

- ・50 年後でも水道配水用ポリエチレン管が十分安全であることが、確認された。
- ・クリープ現象においても発生歪みの増加量は土中管の方が空中管よりも小さくなっている。従って、長期的にも、通常の埋設状態では内圧のみを検討すれば良いことが判った。

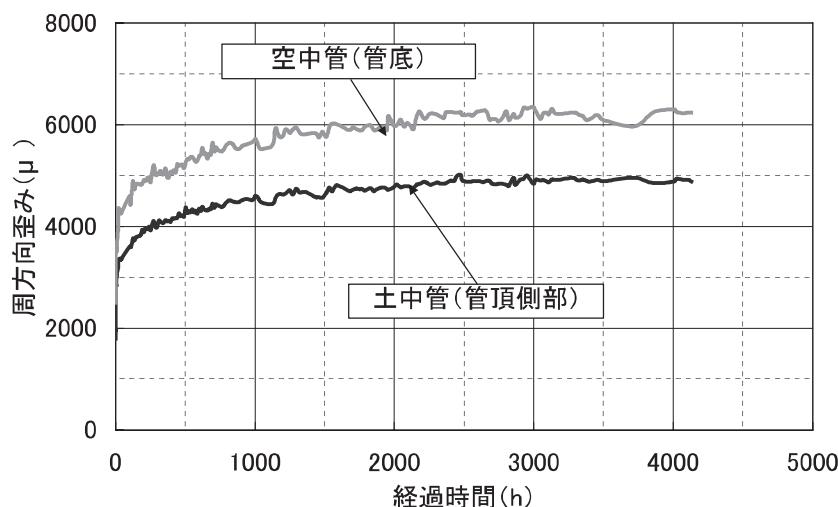


図 4.4.3 経過時間と周方向歪みの関係

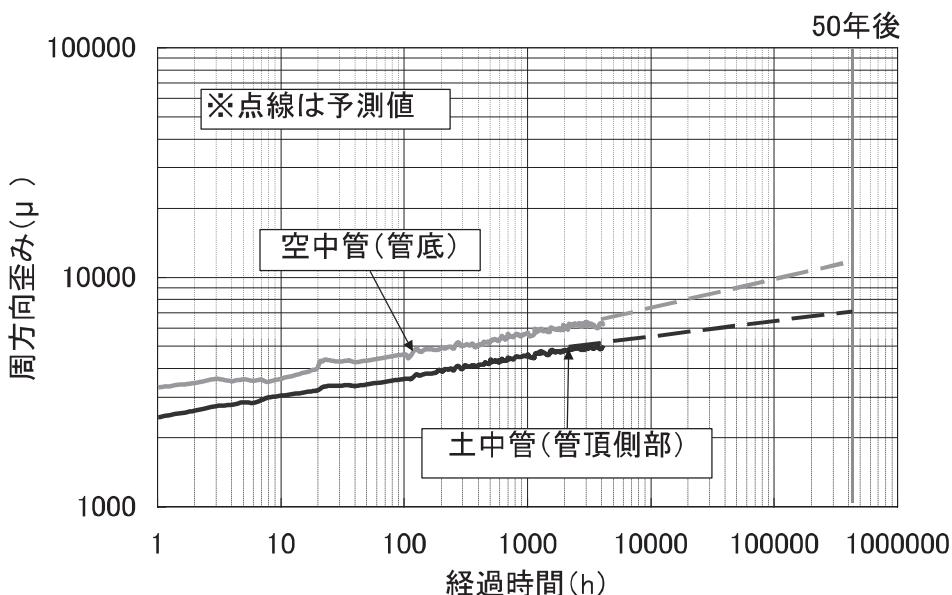


図 4.4.4 経過時間と周方向歪みの関係（両対数グラフ）

#### 4.4.3 埋設下における路面荷重の影響確認実験

##### (1) 目的

路面荷重による管の影響を調査するための実験を行った。

##### (2) 実験方法

供試管を所定の深さに埋設し、路面上にトラックを通過又は停止させて、管の挙動を調査した。

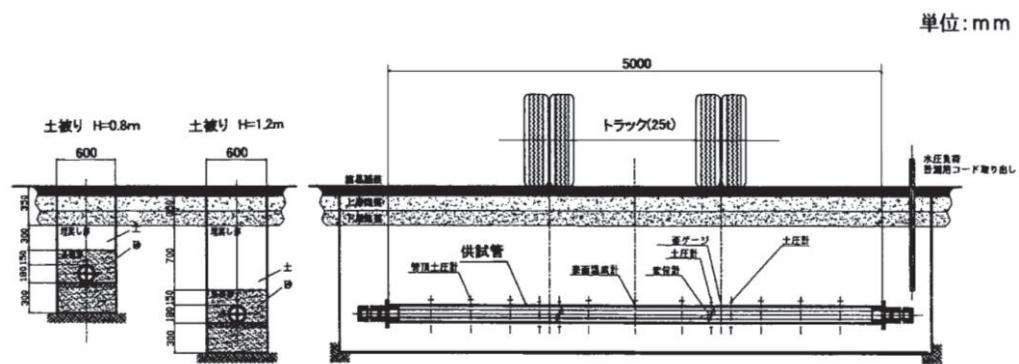


図 4.4.5 路面荷重の影響確認試験・概要

##### (a) 供試管

呼び径 150 水道配水用ポリエチレン管、2本

##### (b) 実験条件

土被り : 0.8m および 1.2m

水圧 : 0MPa および 1MPa

路面 : 簡易舗装

車両 : 総重量 25ton のトラック 1台

走行条件 : 低速走行(約 10km/h) および 停止状態(後輪)

##### (c) 測定項目

周方向歪み、たわみ量 (管変形量)

##### (3) 実験結果

路面荷重の影響による確認実験から、次のようなことがわかった。

##### [周方向歪み]

- 路面荷重による発生歪みは、車両通過時の方が車両停止時より、また、土被り 0.8m の方が土被り 1.2m よりも大きかった。
- 車両通過時には、瞬間的に歪みが増加したが、通過後は歪みが残留しなかった。
- 本試験における最大発生歪みは、引張側で約  $380 \mu$ 、圧縮側で約  $-510 \mu$  であった。これらは、水圧 1MPa による発生歪みや降伏点歪みと比較して小さい値である。

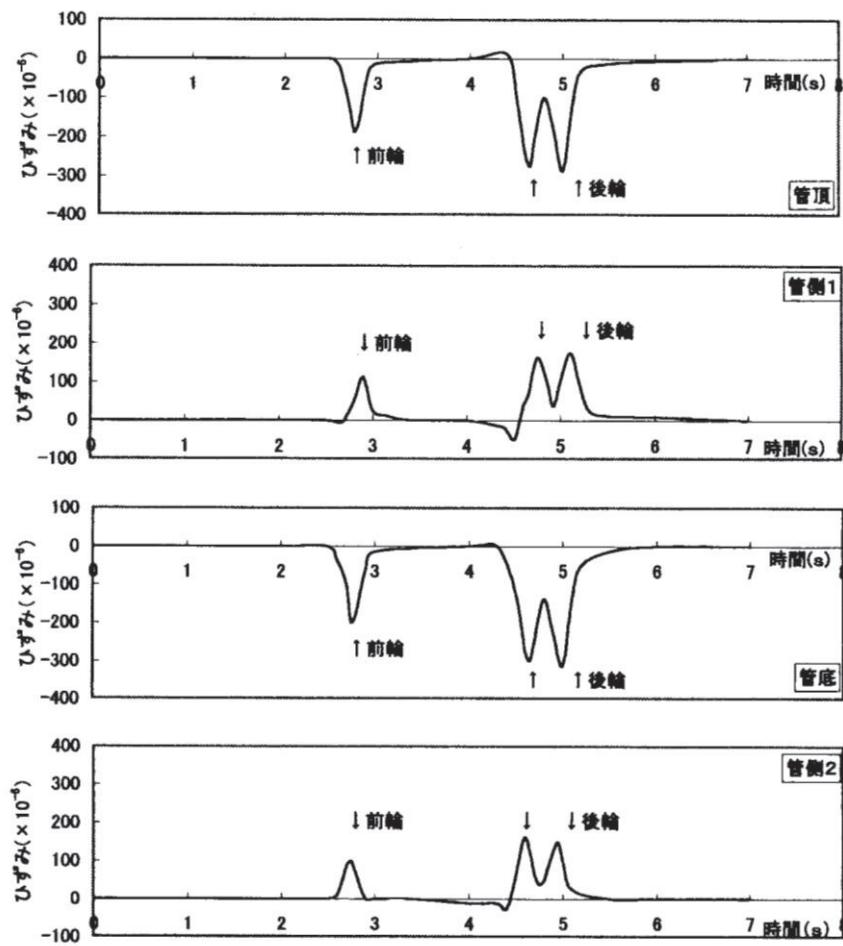


図 4.4.6 車両通過時の発生歪み(土被り 0.8m, 水圧 0MPa)

表 4.4.1 路面荷重による最大発生歪み (車両通過時)

土被り m	水圧 MPa	最大発生歪み $\mu$	
		外面	内面
0.8	0	-435	-555
	1	-326	-512
1.2	0	-226	-341
	1	-204	-375

**備考** 最大発生歪みは、全て後輪通過時に計測された。

#### [たわみ量]

- 管のたわみ量は、水圧 0MPa 時の方が、1MPa 時より大きい。これは、土被りにかかわらず同じ傾向である。
- たわみ量は、土被り 0.8m、水圧 0MPa で 0.10mm と最大となった。これを、たわみ率に換算すると 0.06% であり、許容たわみ率 5% に対して十分小さい値である。

#### (4)まとめ

- ・25ton トラックの走行又は停止による路面荷重が負荷されても、埋設状態の水道配水用ポリエチレン管は安全である。
- ・トラックの走行による影響は内圧による影響に比べて小さく、通常の埋設状態では内圧のみを検討すれば良いことが判った。

#### 4.4.4 浅層埋設繰返し載荷実験

##### (1)目的

浅層埋設時における繰返し荷重による残留歪みを確認するための実験を行った。

##### (2)実験方法

供試管を土被り 0.6m に埋設し、路盤面に 25t トラックの 1 後輪荷重相当の繰返し荷重を油圧式アクチュエータで与え、管の発生歪みを調査した。

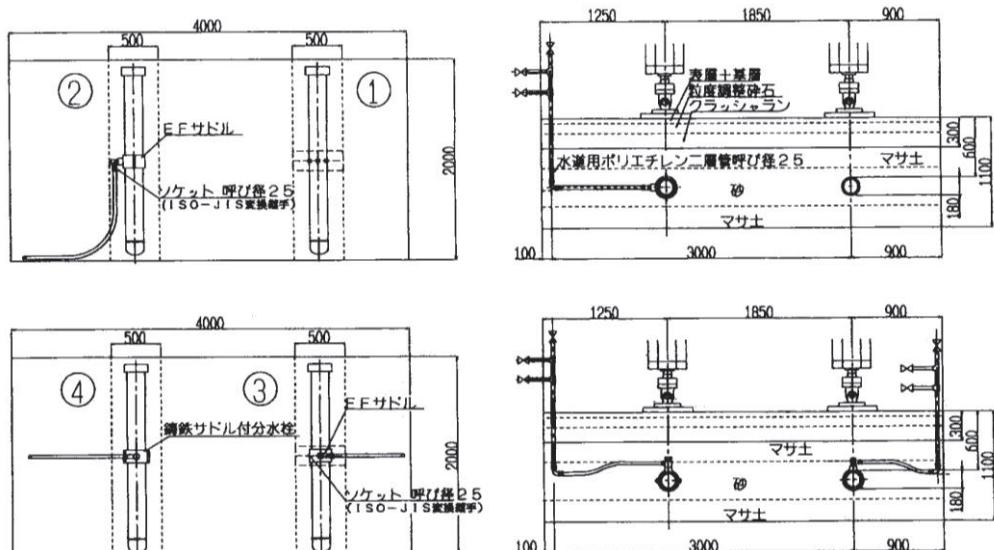


図 4.4.7 浅層埋設繰返し載荷試験・概要

##### (a) 供試管

呼び径 150, 200 水道配水用ポリエチレン管

(水道用ポリエチレン二層管 1 種  $\phi 25$ , 分水 EF サドル, サドル付分水栓)

##### (b) 実験条件

土被り : 0.6m  
水圧 : 0.75MPa  
路面 : L 交通舗装  
載荷荷重 : 0~10t の繰返し荷重 150 万回  
載荷板 :  $0.5 \times 0.2$  m

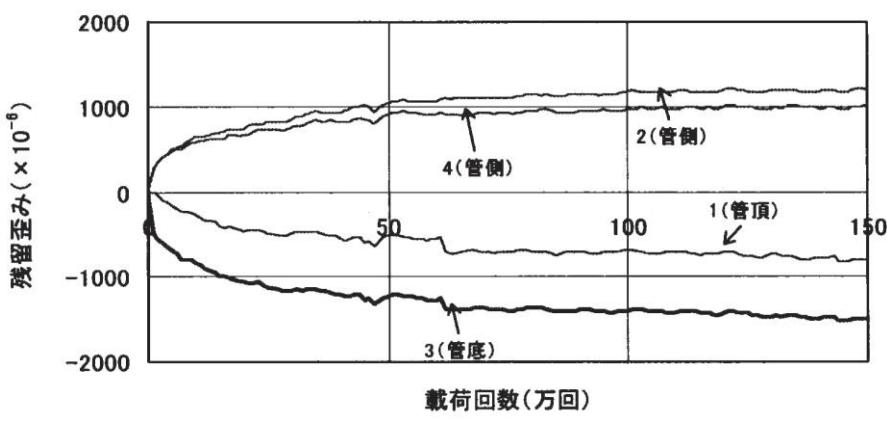
##### (c) 測定項目

周方向, 軸方向歪み

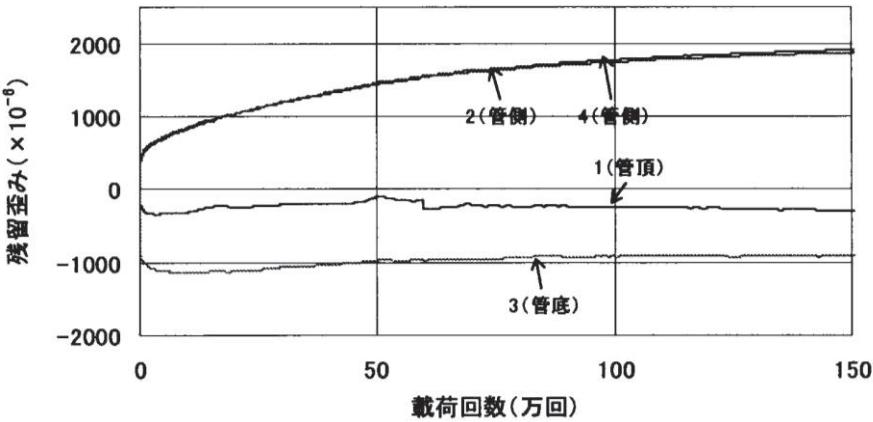
### (3) 実験結果

繰返し載荷試験結果から以下のことがわかった。

- ・150万回載荷後でも残留歪みは $\phi 150$ では、0.15%， $\phi 200$ では0.19%であった。
- ・繰返し回数と発生歪みの関係を双曲線近似し、50年分の載荷回数(D交通、25t トラック換算で $3.08 \times 10^7$ 回)での残留歪みの推定値は $\phi 150$ で約0.16%， $\phi 200$ で約0.21%であった。



①  $\phi 150$  の結果



②  $\phi 200$  の結果

図 4.4.8 繰返し載荷による残留歪みの変化

表 4.4.2 50 年後残留歪みの推定値

呼び径	推定歪み ( $\mu$ )
150	-1563
200	2103

### (4)まとめ

50年後の残留歪みの推定値に4.4.1埋設ボックス実験での静土圧による発生歪みを加算しても、許容歪み0.8%と比較して小さい値であった。

## 4.5 耐震性能評価に関する試験

水道配水用ポリエチレン管の耐震設計照査用の許容歪みは、以下の各試験により決定した。なお、阪神淡路大震災時の発生歪みに対して十分な強度を持っていることが証明された。

### 4.5.1 管軸方向引張試験

#### (1) 目的

水道配水用ポリエチレン管について、管軸方向への引張力が作用した際の管体応力と管体歪みの関係を求めるための試験を実施した。

#### (2) 供試管

呼び径 : 75  
長さ : 1.5m

#### (3) 試験方法

長さ 1.5m および 5m の管の片端を反力壁に固定し、他端に一定変位・一定速度の強制変位を作成させた。試験条件は以下の通り。

- ①引張速度 (cm/s) : 2.5, 20, 40, 100
- ②変位 (cm) : 40 (引張速度が 100cm/s の場合、20cm および 40cm)
- ③実験温度 (°C) : 12.5~15, および 23

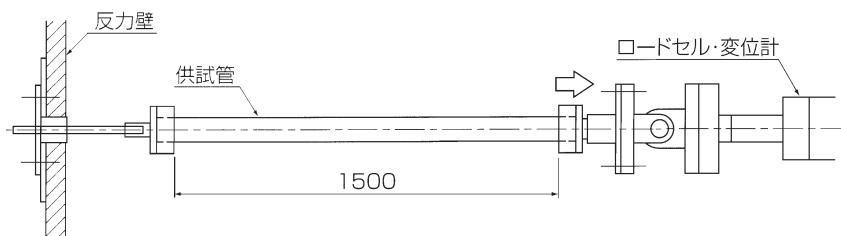


図 4.5.1 試験装置の概要

#### (4) 試験結果

試験結果を図 4.5.2 に示す。この結果、降伏点は試験によりばらつきはあるが、約 8~11% であることが判った。

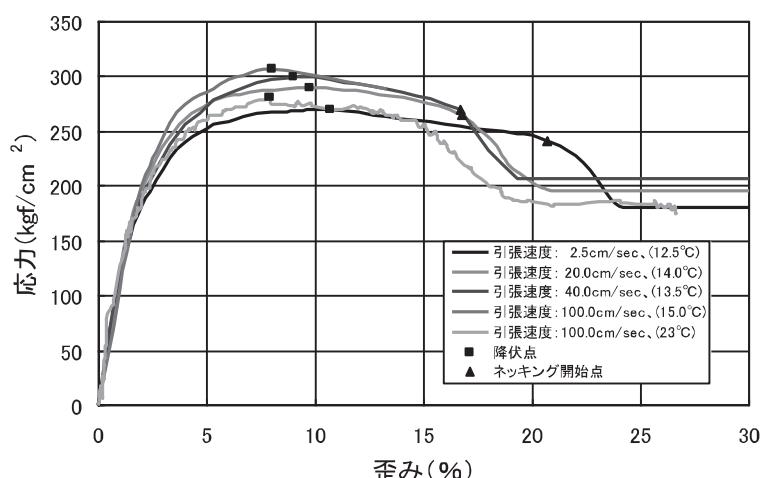


図 4.5.2 試験結果

## 4.5.2 管軸方向圧縮試験

### (1)目的

水道配水用ポリエチレン管について、管軸方向への圧縮力が作用した際の管体応力と管体歪みの関係を求めるための試験を実施した。

### (2)供試管

呼び径 : 75, 150

長さ : 50cm

### (3)試験方法

供試管に管軸方向圧縮力を作用させ、その際の圧縮変形および荷重一変位の関係を測定した。

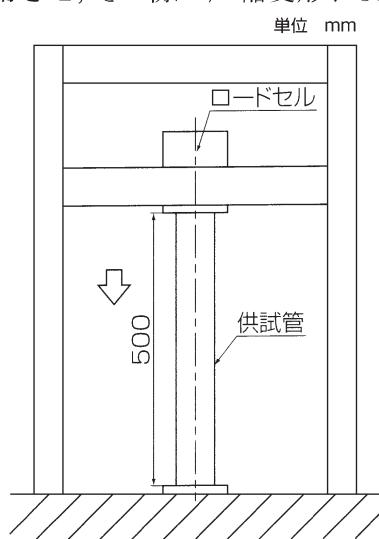


図 4.5.3 試験装置

### (4)試験結果

- 呼び径 75 では、写真 4.5.1 に示すように折れ曲がる座屈形態（ビーム座屈）(?)を示した。このときの降伏歪みは約 7% であった。  
**注(?)** 土中では土の拘束が働くために、このような座屈形態は示さないと考えられる。
- 呼び径 150 では、写真 4.5.2 に示すように載荷端近傍で提灯のような座屈形態（シェル座屈）を示した。このときの降伏歪みは約 10% であった。

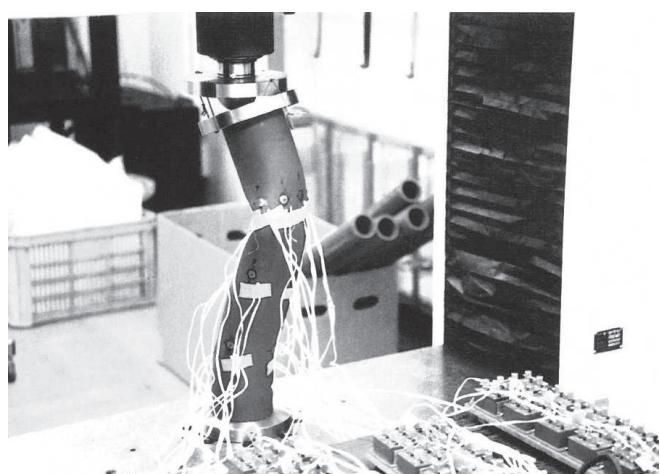


写真 4.5.1 座屈形態(呼び径 75, 長さ 500mm)

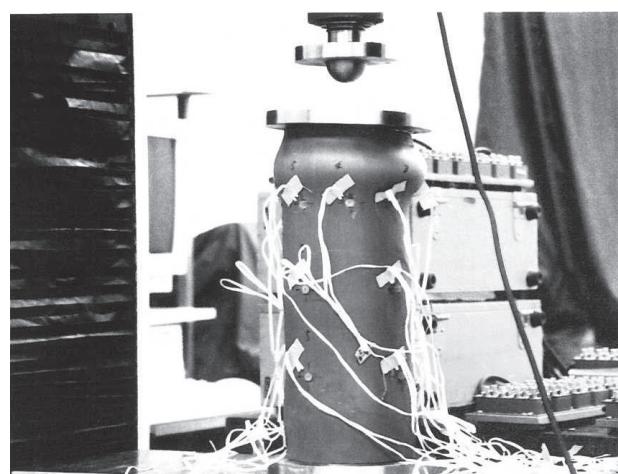


写真 4.5.2 座屈形態(呼び径 150, 長さ 500mm)

#### 4.5.3 地割れ実験

##### (1) 目的

水道配水用ポリエチレン管路に、大地震時を想定した管軸方向の地盤変位を与え管路挙動の観察を行うための実験を実施した。

##### (2) 実験方法

長さ 50m の土槽内に、供試管(呼び径 150 水道配水用ポリエチレン管×50m)を EF 接合で埋設配管し、水圧 0.75MPa を負荷した状態で、土槽中央部に模擬的な地割れ（地割れ速度 3cm/s、地割れ幅 50cm）を発生させ、供試管の挙動を確認した。

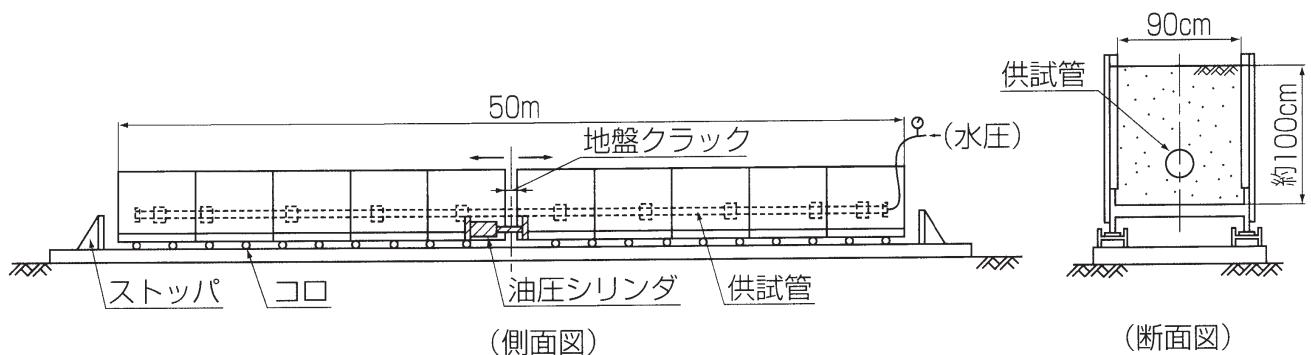


図 4.5.4 地割れ実験装置の概要

##### (3) 実験結果

50cm の地割れが生じても、漏水は発生せず、管にネッキングなどの異常は見られなかった。

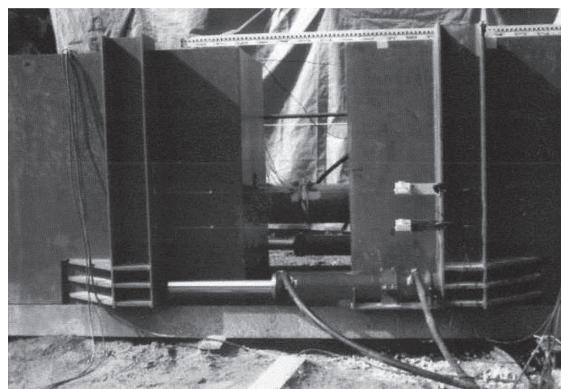


写真 4.5.3 地割れ発生後の管の状況

#### 4.5.4 段差実験

##### (1) 目的

水道配水用ポリエチレン管路に、大地震時を想定した管軸直角方向の地盤変位を与え、管路挙動の観察を行うための実験を実施した。

##### (2) 実験方法

長さ 8m の土槽内に供試管（呼び径 100EF ソケットで接合した水道配水用ポリエチレン管 × 8m）を埋設し、土槽底部の半分（4m）に模擬的な地盤沈下（沈下量：50cm、沈下速度：2cm/min）を発生させて管路の挙動を確認した。

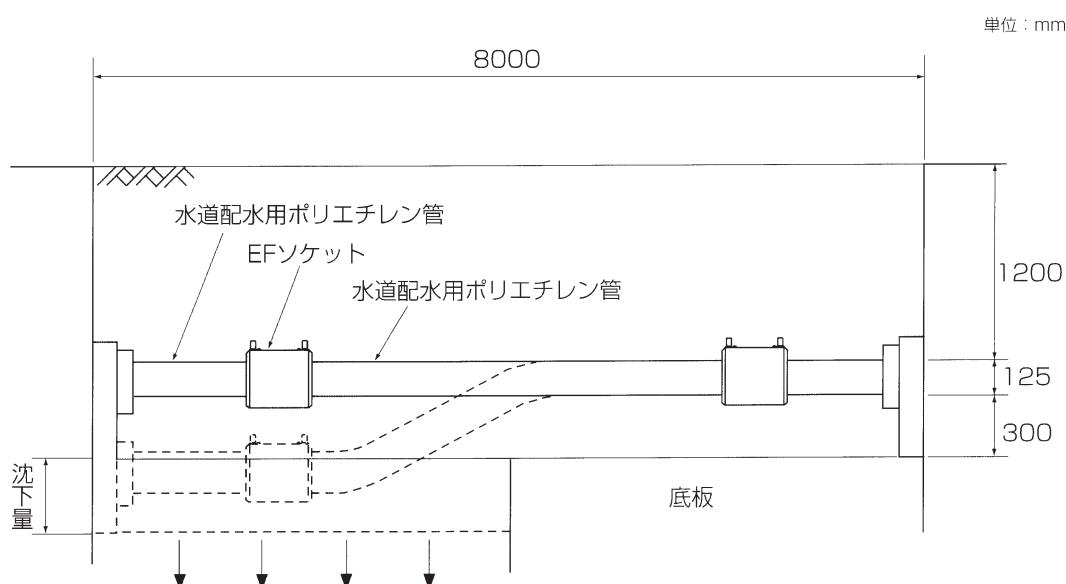


図 4.5.5 段差実験装置の概要

##### (3) 実験結果

沈下終了後の供試管に水圧 2.5MPa を 2 分間負荷したが、漏水は発生しなかった。また、埋設土を取り除き供試管を観察したところ、沈下に対して供試管は穏やかに屈曲し、断面変形などの異常はみられなかった。

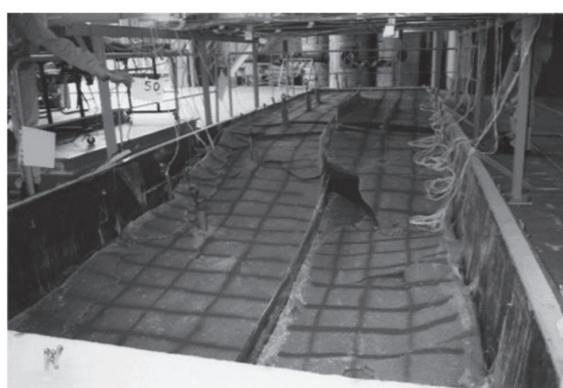


写真 4.5.4 50cm 沈下時の地盤の状況



写真 4.5.5 掘り起こし後の管の状況

## 5. 参考資料

### 5.1 工事歩掛り表

水道配水用ポリエチレン管の歩掛は、全国簡易水道協議会発行の「水道事業実務必携」に掲載されています。

<引用内容>

第一編 請負工事標準歩掛

第2章 開削工歩掛

第6節 ポリエチレン管布設工

2-6-2 ポリエチレン管（融着接合）布設工

ポリエチレン管（融着接合（EF接合））布設工					
呼び径 (mm)	据付工 10m 当り		継手工（1箇所当たり）		
	配管工（人）	普通作業員（人）	配管工（人）	普通作業員（人）	諸雑費（機械器具損料及び消耗品）
50	0.10	0.18	0.04	0.04	労務費の 8.5%
75	0.10	0.18	0.05	0.05	
100	0.12	0.20	0.07	0.07	
150	0.18	0.26	0.09	0.09	
200	0.25	0.49	0.13	0.13	

- 備考 1. 継手工は2口継手を標準とする。  
 2. 継手工において、1口の場合は本表の70%とする。  
 3. 歩掛は20m程度の現場内小運搬を含む。

2-6-3 ポリエチレン管（メカニカル継手）布設工

呼び径 (mm)	継手工（1口当たり）		
	配管工（人）	普通作業員（人）	雑材料
50	0.04	0.04	労務費の 1%
75	0.04	0.04	
100	0.04	0.04	
150	0.05	0.05	
200	0.06	0.06	

- 備考 1. 本表は、水道配水用ポリエチレン管に使用するメカニカル継手工に適用する。  
 2. 据付工は、2-6-2 ポリエチレン管（融着接合（EF接合））布設工を適用する。

## 第8節 管切断工

### 2-8-7 ポリエチレン管切断歩掛表

(1 口当り)

ポリエチレン管切断歩掛表			
呼び径 (mm)	配管工(人)	普通作業員(人)	雑材料
50	0.01	0.01	労務費の 1 %
75	0.01	0.01	
100	0.02	0.02	
150	0.02	0.02	労務費の 7 %
200	0.02	0.02	

備考 雜材料には、工具損料、損耗費等を含む。

## 第二編 参考資料

### 第1章 参考歩掛

#### 第4節 飲料水供給施設工

##### 1-4-2 サドル分水栓建込み歩掛表

(1 箇所当り)

配水管		20			25			30			40			50		
管轄	口径	配管工 (人)	普通 作業員 (人)	雑材料												
ポリ エチ レン 管	50	0.05	0.05	労務費 の1%	0.06	0.06	労務費 の1%	-	-	労務費 の1%	-	-	労務費 の1%	-	-	労務費 の1%
	75				0.07	0.07		0.08	0.08		0.09	0.09		0.10	0.10	
	100	0.06	0.06		0.08	0.08		0.09	0.09		0.10	0.10		0.11	0.11	
	150	0.07	0.07		-	-		-	-		-	-		-	-	
	200	-	-		-	-		-	-		-	-		-	-	

備考 1. 本表は給水管接合工を含む。

2. ポリエチレン管とは、水道配水用ポリエチレン管である。
3. ポリエチレン管の諸雑費には、工具損料及び損耗費等を含む。
4. POLITEC では、口径 200 の歩掛りを口径 150 と同一とすることを推奨します。
5. 分水 EF サドル、分水栓付 EF サドル、サドル付分水栓（鋳鉄製）に適用します。

## 5.2 EF 継手の口数

継手名称		呼び径	口数	備考			
両受継手	EF ソケット	50, 75, 100, 150, 200, 250, 300	2 口	標準(1箇所)			
	EF チーズ	50, 75, 100					
	フランジ付 EF チーズ	75, 100					
	EF ベンド	50, 75, 100, 150, 200	1 口 × 2				
	EF S ベンド						
	EF チーズ	150, 200					
	フランジ付 EF チーズ						
片受継手	片受直管	50, 75, 100, 150, 200	1 口	標準(1箇所) の 70%			
	EF 片受ベンド						
	EF 片受 S ベンド						
	EF キャップ						
	EF フランジ	50, 150, 200					
	EF 片受チーズ						
	EF 片受レデューサ						
	フランジ付 EF 片受チーズ	150, 200					

- 備考 1. EF 接合の継手工歩掛は、2口継手を標準とする。  
 2. 1口継手の継手工歩掛は、2口継手の70%とする。

## 付 錄

### SI 単位換算率表

力	N	kgf
	1	$1.01972 \times 10^{-1}$
	9.80665	1

圧力	Pa	MPa	bar	kgf/cm <sup>2</sup>
	1	$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$1.01972 \times 10^{-5}$
	$1 \times 10^{-6}$	1	$1 \times 10$	$1.01972 \times 10$
	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^{-1}$	1	1.01972
	$9.80665 \times 10^4$	$9.80665 \times 10^{-2}$	$9.80665 \times 10^{-1}$	1

応力	Pa	MPa または N/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
	1	$1 \times 10^{-6}$	$1.01972 \times 10^{-7}$	$1.01972 \times 10^{-5}$
	$1 \times 10^6$	1	$1.01972 \times 10^{-1}$	$1.01972 \times 10$
	$9.80665 \times 10^6$	9.80665	1	$1 \times 10^2$
	$9.80665 \times 10^4$	$9.80665 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$	1

### 各種計算に用いた物性値

対 象	値	備 考
PE 管の弾性係数	1050 MPa	
ボアソン比	0.46	
線膨張係数	$1.2 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$	
自動車荷重	100 kN/輪 (T-25)	
土の単位体積重量	18 kN/m <sup>3</sup> 17 kN/m <sup>3</sup>	埋設強度計算時 耐震計算時 ※

※ 一般的には 18 が多いが、耐震工法指針の事例で 17 になっているため、  
耐震計算時は 17 とした。

# 配水用ポリエチレンパイプシステム協会

## 構成会員

### (正会員)

- ◆株式会社クボタケミックス
- ◆前澤給装工業株式会社
- ◆株式会社光明製作所
- ◆栗本商事株式会社
- ◆前澤工業株式会社
- ◆積水化学工業株式会社
- ◆株式会社タブチ
- ◆株式会社日邦バルブ
- ◆株式会社清水合金製作所
- ◆コスモ工機株式会社

### (賛助会員)

- ◆株式会社松阪鉄工所
- ◆大肯精密株式会社
- ◆サンエス護謨工業株式会社
- ◆新和産業株式会社
- ◆株式会社大勇フリーズ
- ◆レッキス工業株式会社
- ◆西尾レントオール株式会社
- ◆ヨツギ株式会社
- ◆日本ノーディッギングテクノロジー株式会社

## 水道配水用ポリエチレン管及び管継手 設計マニュアル

初版発行 平成 11 年 10 月 改訂 8 版 平成 29 年 10 月  
改訂 1 版 平成 16 年 5 月 改訂 9 版 令和 元 年 8 月  
改訂 2 版 平成 18 年 4 月  
改訂 3 版 平成 19 年 9 月  
改訂 4 版 平成 21 年 5 月  
改訂 5 版 平成 22 年 7 月  
改訂 6 版 平成 26 年 6 月  
改訂 7 版 平成 28 年 5 月  
編集発行 配水用ポリエチレンパイプシステム協会

発行所 配水用ポリエチレンパイプシステム協会  
〒 101-0036 東京都千代田区神田北乗物町 7 番地  
KS ビル 2 階  
電話 03-5298-8855 FAX 03-5298-8856  
Home page <http://www.politec.gr.jp/>