



ホームページ
公開中

<https://www.pekyo.jp/>

下水道用ポリエチレン管・継手協会

下水道用ポリエチレン管

(PA-11-2021)

[JSWAS K-14]

技術資料

下水道用ポリエチレン管・継手協会

はじめに

下水道用ポリエチレン管は、さまざまな下水道用途の課題を解決するため開発された管材です。下水道用途に洗練された下水道用ポリエチレン管は従来とはさまざまな点で異なった性能を持ち合わせています。

高い耐震性、耐腐食性、耐久性、気密性を有しているため、近年では処理場内配管、処理場間を連絡する圧力・圧送管用やマンホールポンプの圧送管、未普及地解消に効果的な真空下水道用途に使用されるなど、下水道分野において採用される用途・分野がさらに拡大してきています。

これら実績を踏まえ、優れた性能を有効にご活用いただくため本技術資料を編纂いたしました。下水道の未来に貢献できる管材として、採用をご検討頂けますよう、本技術資料をご活用いただきたくお願い申し上げます。

CONTENTS

1	下水道用ポリエチレン管	1
1.1	ポリエチレン管の材質	1
1.2	EF 接合とは	2
2	管の設計と適用	3
2.1	設計の手順	3
2.2	適用範囲	4
2.3	設計に用いる寸法諸元	4
2.4	水理設計	5
2.4.1	圧力管路システムに用いる水理計算	5
2.4.2	真空式下水道収集システムにおける水理設計	7
2.5	管厚設計	8
2.5.1	許容応力（円周応力）	8
2.5.2	管厚計算例	8
2.5.3	内圧に対する許容応力	9
2.6	外圧に対する安全性の検討	10
2.6.1	荷重による土圧分布	10
2.6.2	埋戻し土による鉛直土圧	10
2.6.3	活荷重による鉛直土圧	11
2.6.4	曲げ応力の計算	12
2.6.5	たわみ率の計算	12
2.6.6	外圧に対する許容応力	14
2.6.7	許容たわみ率	14
2.7	安全性の確認	15
2.8	最大発生応力とたわみ率の算定例	15
2.8.1	計算例	16
2.9	設計計算法	19
2.9.1	耐震設計計算の手順	19
2.9.2	耐震計算結果と安全性の照査	20
3	管の施工標準	23
3.1	管の運搬と保管	23
3.1.1	管の運搬	23
3.2	管の施工	24
3.2.1	工具類	24
3.2.2	基本作業のフローシート	25
3.2.3	管の切断	25
3.2.4	管融着面の切削（スクレープ）	25

3.2.5	融着面の清掃	26
3.2.6	芯出しおよび仮固定	26
3.2.7	融着.....	27
3.2.8	冷却.....	28
3.2.9	検査.....	28
3.3	バット融着接合方法	31
3.4	異形管、その他部材との接合	32
3.4.1	カラーの施工	32
3.4.2	曲管の施工	35
3.4.3	S字曲管の施工	37
3.4.4	フランジ短管の施工	39
3.4.5	マンホールポンプユニットとの接続	41
3.4.6	マンホールとの接続	41
3.4.7	キャップの接続	42
3.5	工事.....	44
3.5.1	管路の掘削	44
3.5.2	基礎工.....	44
3.5.3	埋戻し.....	45
4	管の施工に関する検討.....	46
4.1	短期曲げ半径の検討	46
4.2	長期曲げ半径の検討	48
5	耐薬品性.....	49
参考 1.	下水道用ポリエチレン管布設歩掛りについて	50
参考 2.	汚水収集システムの比較.....	52
参考 3.	圧送式下水道輸送システムの概要	53
参考 4.	真空式下水道収集システムの概要	54
参考 5.	圧力式下水道収集システムの概要	55
参考 6.	ポリエチレン管の埋設挙動	56
参考 7.	道路（公道）下埋設について	59
参考 8.	耐震性の検討	61
参考 9.	耐震計算結果	64
参考 10.	非開削工法の適用例について	75

1 下水道用ポリエチレン管

1.1 ポリエチレン管の材質

ポリエチレンは熱可塑性樹脂、すなわち「熱を加えると軟化するプラスチック」である。

ポリエチレンは、以下のような樹脂としての一般的特長を有するため、それを材質としたポリエチレン管は、地中に埋設される管の使用環境条件に対して優れた特長をもっているといえる。

表 1-1 特長

	樹脂	管
特長 1	柔軟性がある。	地盤変位に追従しやすい。
特長 2	耐薬品性に優れている。	内容物（例えば下水）に侵されない。
特長 3	耐衝撃性に優れている。	割れにくい。
特長 4	熱融着が可能である。	融着接合した接合部の水密性が高い。

ポリエチレンは、その製法によって高压法ポリエチレンと中低压法ポリエチレンに分類される。中低压法ポリエチレンは、さらに密度によって高密度、中密度および直鎖状低密度ポリエチレンに区分される。これらのうち下水道用ポリエチレン管の材質として用いられているのは高密度ポリエチレンである。

ポリエチレンは密度が高くなると引張降伏強さや耐薬品性が向上し、耐衝撃性や長期特性は低下する一般的な傾向がある（ただし、高压法・低密度ポリエチレンはこの傾向とは異なる）。しかしながら、下水道用ポリエチレン管の材質は、汎用品と異なり、分子量分布の制御を可能にする製造技術や高性能化への分子設計の考え方の進歩によって得られた高性能な材料である。

表 1-2 材質によるポリエチレン管の比較

項目 材質の種類			高压法		中低压法		
			低密度	直鎖状 低密度	中密度	高密度	
						汎用（従来品）	下水道用
物性	短期	引張降伏強さ	×	×	○	◎	◎
		剛性	×	×	○	◎	◎
		耐衝撃性	◎	◎	○	△	○
	長期	クリープ特性	×	○	○	×	◎
		耐環境応力き裂性	×	◎	○	×	◎
耐薬品性			△	△	○	○	○
施工性			△	△	○	◎	◎
下水道管としての総合評価			×	×	○	×	◎

◎秀 ○優 △良 ×劣

1.2 EF 接合とは

ポリエチレンは熱によって柔軟になるが、一般的な溶剤に対し安定しており溶解することがないため、ポリエチレン管を接合する方法としては次の 2 つの方法が主流であった。

●メカニカル継手

金属継手で O リングや押し輪を用いて接続する方法。

●熱融着継手（バット融着）

熱板によってポリエチレンを溶融させ、管と管または管と継手を相互に融着して接続する方法。

しかし、下水道用管材の接合方法としてメカニカル継手は小口径のみにしか適用できず、また、金属製のため耐食性に問題がある。一方、熱融着継手は高価な融着機を使用する必要があり、熟練した作業者が必要であるとともに、内面にビートが発生するため除去する必要がある。

これらの問題点を解決したのが電熱体を継手の中に埋込んだ「エレクトロフュージョン継手（EF 継手）」である。

その特長は

1. 接合作業が簡単である。
2. 高価な工具が不要である。
3. 作業者による接合品質にバラツキがなく信頼性が高い。

等、下水道用管材の接合方式として最適な方式である。

【EF 接合】

- 1) EF 継手（受口部）に管を差し込み、所定の工具で管を固定する。
- 2) コネクターを継手側と接続し、コントローラーのスタートスイッチを押す。
- 3) 所定の時間になると自動的に通電がストップする。
- 4) 所定の冷却時間放置して、融着作業が完了する。

〈融着前〉

〈融着後〉

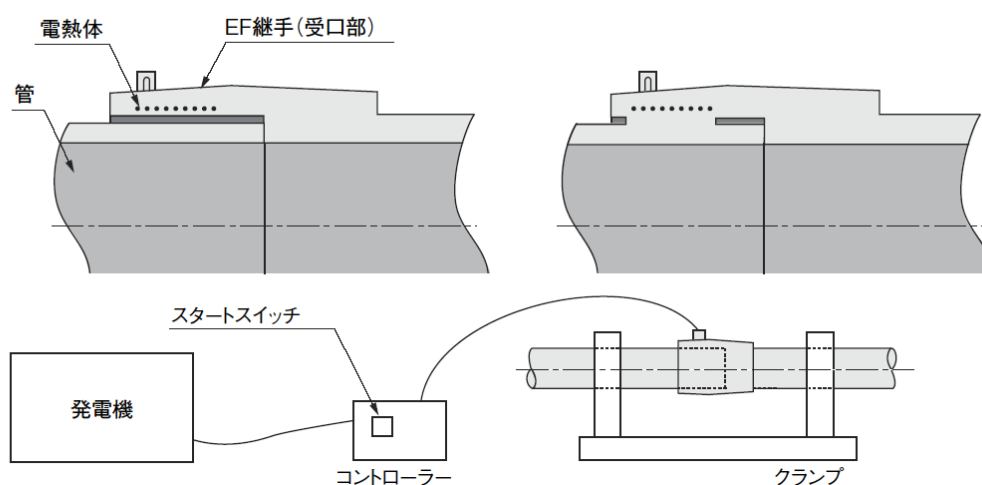


図 1-1 EF 接合の一例

2 管の設計と適用

管の設計と適用

地中に埋設するポリエチレン管の設計計算は、埋戻し土および活荷重により埋設管に作用する荷重と、内圧（負圧）作用により管体に発生する最大発生応力およびたわみ率を計算し、そのいずれもが許容値を満足することを確認する。但し、自然流下式下水道で使用する場合には、内圧を考慮する必要はない。

圧力管路システム（※）に使用するポリエチレン管の設計は、まず最初に使用条件を考慮に入れて、流量計算、損失水頭などの水理設計により管径を決定する。次に内圧に対する安全性の確認として、最高許容水压と外圧に対する安全性の確認として、その管が埋戻し土および活荷重の作用により発生する最大発生応力およびたわみ率が許容値を上回らないことを確認する。

（※） 圧力管路システムとは、下水を処理場へ輸送する①圧送式下水道輸送システムと下水を収集する②真空式下水道収集システム、③圧力式下水道収集システムの総称である。

また、それらの概要については P.52 ～ 55 参考 2 ～5 参照のこと。

2.1 設計の手順

ポリエチレン管の設計は、図 2-1 の手順で行う。

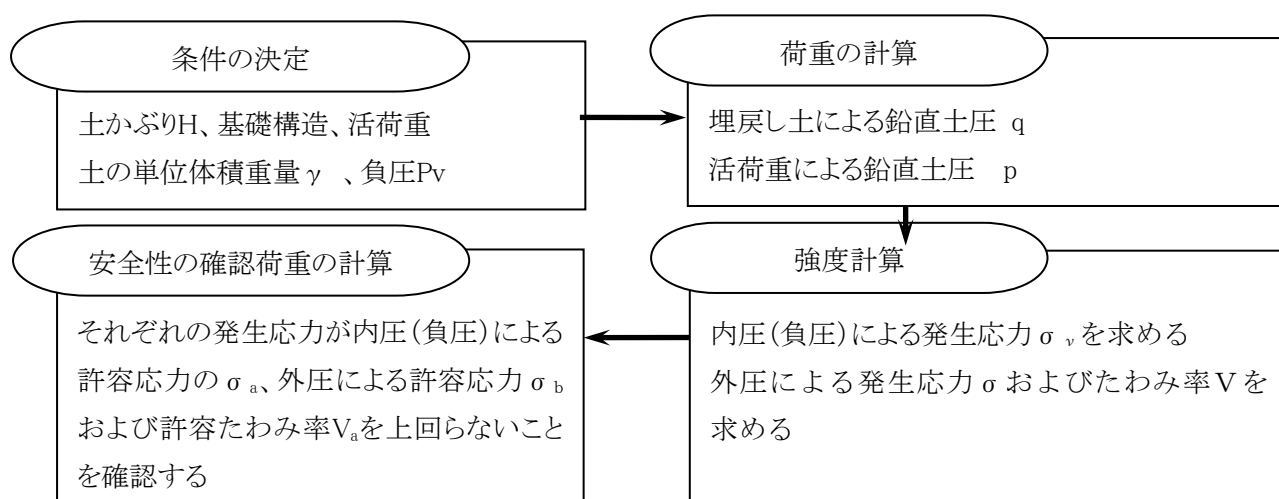


図 2-1 設計の手順

一般的に硬質塩化ビニル管の水圧によるたわみ率の計算について「水道施設設計指針・解説」や AWWAC900 では、外圧による曲げ周応力のみで評価する考えを採用している。さらに、ポリエチレン管についても同様の考えを採用し、外圧による曲げ周応力により評価している。

2.2 適用範囲

- (1) ポリエチレン管および継手が適用する温度範囲は 45℃未満とする。
- (2) ポリエチレン管の使用温度と最大設計圧力は表 2-1 のとおりとする。
- 負圧は- 0.078MPa の圧力管路に適用する。

表 2-1 使用温度と最大設計水圧

使用温度	0～20℃	25℃	30℃	35℃	40℃	< 45℃
最大設計水圧 (MPa)	1.00	0.92	0.87	0.80	0.74	0.67

備考：内圧のみ作用する場合、最大設計水圧 1.25MPa とする。

2.3 設計に用いる寸法諸元

ポリエチレン管の設計に用いる寸法諸元は表 2-2 のとおりとする。

表 2-2 設計に用いる寸法諸元

呼び径	管 の 寸 法					管厚中心半径	管長1mm当りの 断面2次モーメント	管長1mm当りの 断面係数
	外 径		厚 さ		近似内径 (参 考) (mm)	$r' = \frac{D' - t'}{2}$ (mm)	$I = \frac{t'^3}{12}$ (mm ⁴ /mm)	$Z = \frac{t'^2}{6}$ (mm ³ /mm)
	D (mm)	許容差 (mm)	t (mm)	許容差 (mm)				
50-J	60	±0.2	4.4	+0.6 0	50.6	27.7	9	3.7
50	63	+0.4 0	4.7	+0.6 0	53.2	29.1	10	4.2
75	90	+0.6 0	6.7	+0.9 0	76.0	41.6	30	8.5
100	125	+0.8 0	9.2	+1.1 0	105.9	57.8	77	15.8
150	180	+1.2 0	13.3	+1.5 0	152.5	83.3	231	32.9
200	250	+1.5 0	18.4	+2.1 0	211.9	115.7	613	63.1
250	315	+1.8 0	23.2	+2.5 0	267.0	145.7	1218	99.6
300	355	+2.2 0	26.1	+2.9 0	301.0	164.3	1743	126.5
350	400	+2.4 0	29.4	+3.1 0	339.3	185.1	2471	159.7
400	450	+2.7 0	33.1	+3.5 0	381.7	208.3	3527	202.4
450	500	+3.0 0	36.8	+3.8 0	424.1	231.4	4830	249.6
500	560	+3.4 0	41.2	+4.3 0	475.0	259.2	6789	313.2
550	630	+3.8 0	46.3	+4.8 0	583.2	291.6	9625	395.3
600	710	+6.4 0	52.2	+5.4 0	603.4	329.2	13789	502.3

備考 1：管厚中心半径の計算に用いる管の厚さは、 $t' = t + (\text{許容差} / 2)$ とする。

2：管厚中心半径の計算に用いる管の外径は、 $D' = D + (\text{許容差} / 2)$ とする。50-J の場合は、 $D' = 60$ (mm) とする。

2.4 水理設計

2.4.1 圧力管路システムに用いる水理計算

管の流量計算にはヘーゼン・ウィリアムズ公式を使用する。

$$Q = 0.27853 C \cdot d^{2.63} \cdot I^{0.54} \dots \dots \dots \text{式 (2.1)}$$

ここに、 Q : 流量 (m³/sec)

C : 流速係数 (呼び径 150 以下は $C = 140$ 、呼び径 200 以上は $C = 150$)

d : 管内径 (m)

I : 動水こう配 ($I = h / \ell$)

h : 損失水頭 (m)

ℓ : 管長 (m)

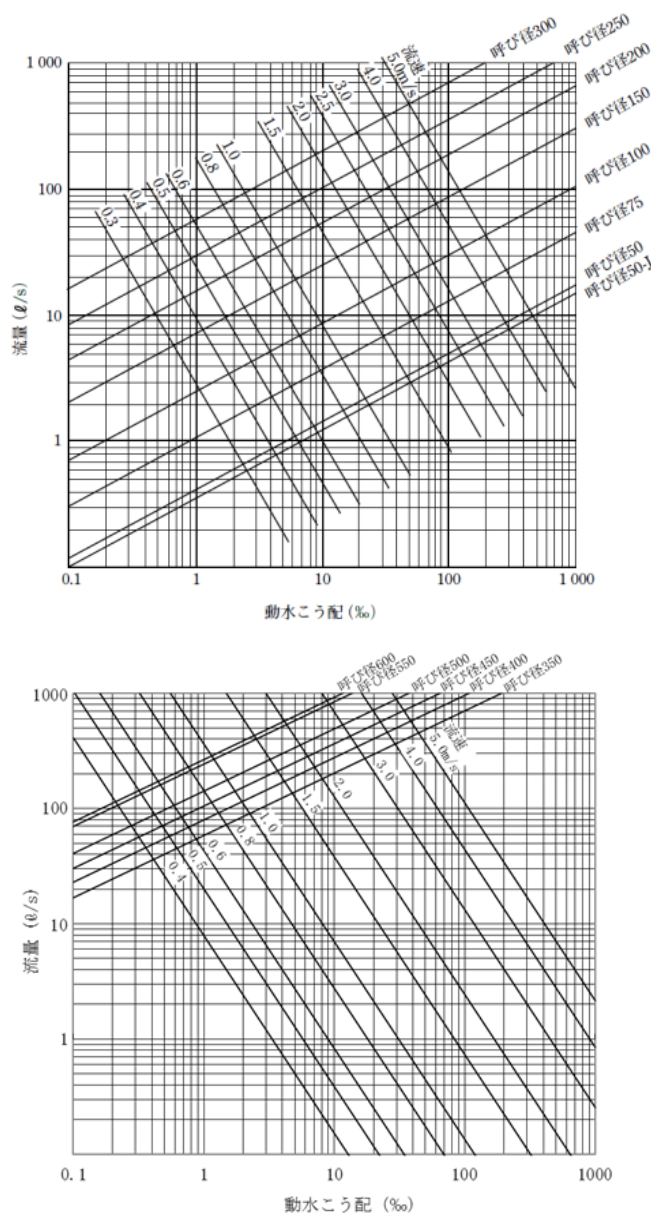


図 2-2 流量特性

【解説】

水理計算に使用されるヘーゼン・ウィリアムズ公式の流速係数は、管種の粗度により決まる。各管種の流速係数は以下の通りであり、ポリエチレン管は粗度が小さいことから流速係数が大きく、水理特性に優れた管といえる。

表 2-3 各管種毎の流速係数

管種		流速係数 (C) 標準
ポリエチレン管	φ 200 以上	150
	φ 150 以下	140
塩 ビ 管	φ 200 以上	150
	φ 150 以下	140
鋼 管 (タールエポキシ塗装)	φ 800 以上	130
	φ 700 ～ φ 600	120
	φ 500 ～ φ 350	110
	φ 300 以下	100
鋳鉄管 (コールタール塗装)		100
鋳鉄管 (モルタルライニング)		130
鉄筋コンクリート管		130

出典：農林水産省構造改善局監修

『土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」基準書・技術書』

平成 21 年 3 月版

2.4.2 真空式下水道収集システムにおける水理設計

管の水理設計は推奨最大流量より管口径を選定し、摩擦損失計算により安全性の確認を行い、管口径を決定する。

なお、ここでは「真空式下水道システム技術マニュアル」（公益財団法人 日本下水道新技術機構発行）に示された設計方法に準じて行うものとする。

設計の手順

真空式下水道収集システムに用いられる管の水理設計は図 2-3 の設計手順で行う。

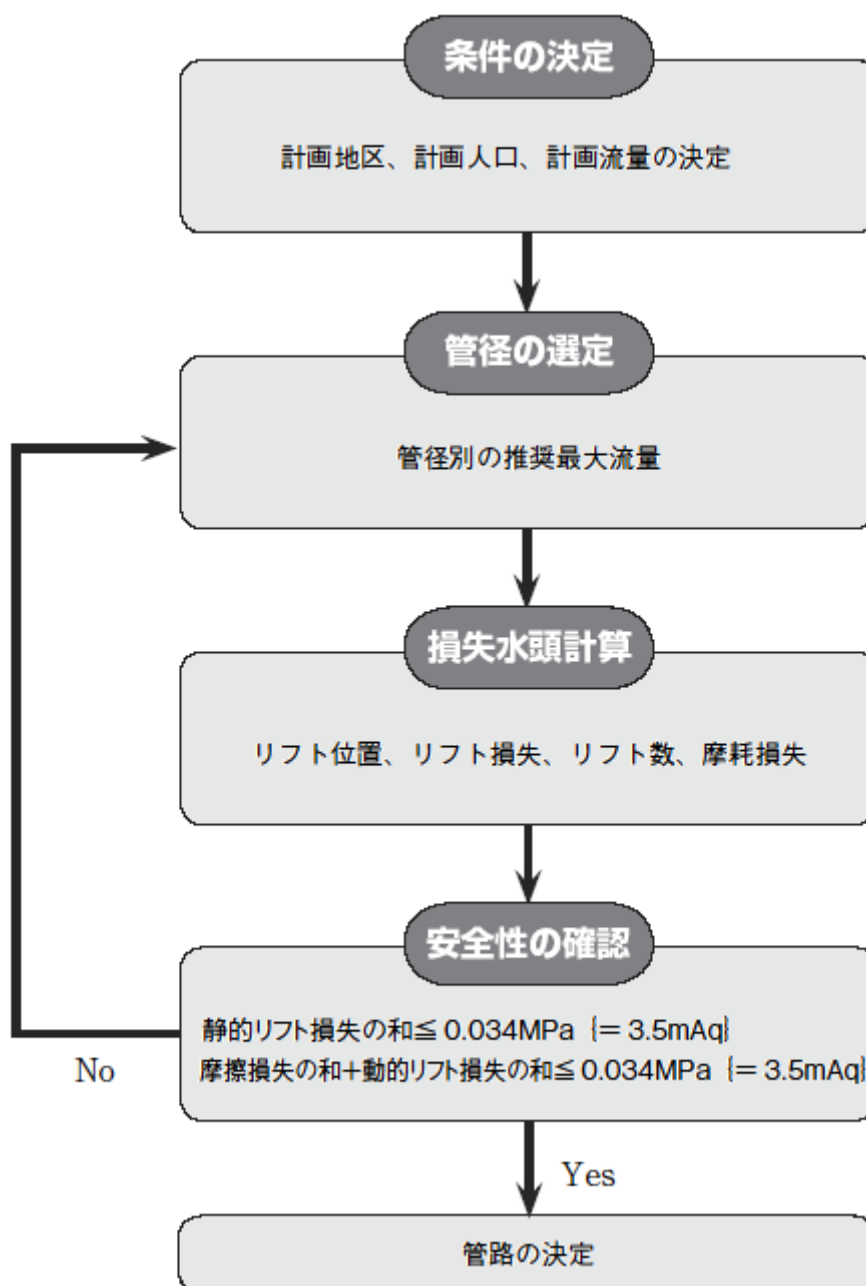


図 2-3 設計の手順

2.5 管厚設計

ポリエチレン管は正圧、負圧で使用されている。管厚は圧力に対して 50 年後の安全性を満足するように設計されている。

2.5.1 許容応力（円周応力）

圧力に対する許容応力（円周応力）は PE100 に準じた材料の MRS（長期静水圧強度^(※)）10.0MPa に対して、安全率を見込んだ数値とする。

（※） MRS（長期静水圧強度：Minimum Required Strength）

長期静水圧強度は、管が 20℃で 50 年以上耐えうる応力のことで、長期静水圧強度の試験方法によって求める。

2.5.2 管厚計算例

①管内に水圧が発生する場合

水圧が管内に作用する場合の円周応力は Naday 式（2・2）で計算する。

$$\sigma = \frac{P(D-t)}{2t} \dots \dots \dots \text{式 (2・2)} \quad \sigma : \text{水圧による円周応力 (MRS 10.0MPa)}$$

P : 水圧

$$SDR = \frac{2 \cdot MRS}{P \cdot S} + 1 \dots \dots \dots \text{式 (2・2)} , \quad D : \text{管の外径}$$

t : 管の厚さ（最小値）

$$P = \frac{2 \cdot MRS}{S \cdot (SDR - 1)} \dots \dots \dots \text{式 (2・2)} , \quad MRS : \text{長期静水圧強度 (= 10.0MPa)}$$

S : 安全率の最小値 1.25

SDR (Standard Dimension Ratio) : D / t (=外径と管の厚さの比)

ここで、管の寸法（ $SDR = D / t = 13.6$ ）と式（2・2）" より算出する。

管の最高許容水圧は圧力低減係数で補正する。

表 2-4 内圧（1.0MPa）による発生応力

呼び径	50-J	50	75	100	150	200	250	300
発生応力 (N/mm ²)	5.88	5.82	5.81	5.93	5.93	5.95	5.96	5.96
呼び径	350	400	450	500	550	600		
発生応力 (N/mm ²)	5.98	5.98	5.98	5.98	5.99	6.00		

②管内に負圧が発生する場合

負圧が管内に作用する場合の円周応力は管を薄肉管と考えられるため、式（2・3）により求めることができる。

$$\sigma_v = \frac{P_v R}{t'} \dots \dots \dots \text{式 (2・3)}$$

σ_v : 負圧による円周応力

P_v : 負圧 (− 0.078MPa)

R : 管厚中心の半径

t' : 管厚中心の半径による管の厚さは、

$$t \text{ (最小)} + \frac{\text{許容差}}{2}$$

表 2-5 負圧 (−0.078MPa) による発生応力

呼び径	50-J	50	75	100	150	200	250	300
発生応力 (N/mm ²)	0.46	0.46	0.45	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47
呼び径	350	400	450	500	550	600		
発生応力 (N/mm ²)	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47		

2.5.3 内圧に対する許容応力

内圧に対する許容応力 (σ_s) は、8.0MPa とする。ISO 規格に準じた 50 年クリープ強さ (10.0MPa) を ISO 9080 に合わせ安全率 1.25 で除した値を用いた。

2.6 外圧に対する安全性の検討

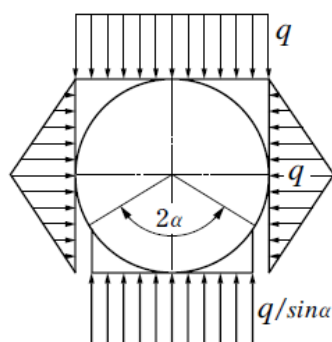
埋戻し土による荷重および活荷重による荷重を計算によって求める。

2.6.1 荷重による土圧分布

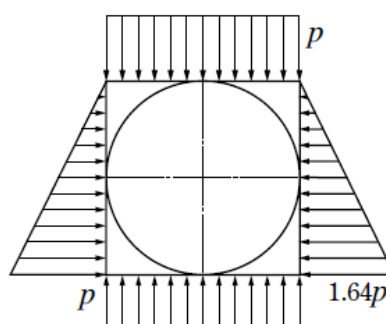
ポリエチレン管の円周方向設計計算（曲げモーメントおよびたわみ計算）に用いる鉛直土圧と水平土圧の分布は、図 2-4 となる。

埋戻し土による土圧分布は、管上土圧と底面反力が等分布に作用し、また、管のたわみによって生じる反力が二等辺三角形の水平土圧として作用する。一方、活荷重による土圧分布は、管上土圧と底面反力が等しく作用し、管のたわみによって生じる反力が直角三角形の水平土圧として作用する。

(a) 埋戻し土による土圧分布



(b) 活荷重による土圧分布



注 q : 単位面積当りの埋戻し土による鉛直土圧
 p : 単位面積当りの活荷重による鉛直土圧
 2α : 有効支承角

図 2-4 土圧分布状態

2.6.2 埋戻し土による鉛直土圧

ポリエチレン管は、鉛直土圧により管側部の埋戻し土と管が一樣に変形するため、管に加わる荷重は管幅のみの土圧とし、埋戻し土による鉛直土圧は式 (1-2) により求める。その結果の一部を表 2-6 に示す。

$$q = \gamma \cdot H \dots\dots\dots (1-2)$$

ここに、

q : 埋戻し土による鉛直土圧 (kN/m²)

γ : 埋戻し土の単位体積重量 (通常、18kN/m³)

H : 土かぶり (m)

表 2-6 埋戻し土による鉛直土圧

土かぶり (m)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
鉛直土圧 (kN/m ²)	10.8	14.4	18.0	21.6	27.0	36.0	45.0	54.0	63.0	72.0	81.0	90.0

2.6.3 活荷重による鉛直土圧

活荷重は、図 2-5 のように分散するものとし、活荷重による鉛直土圧は式 (2-3) より求める。

ここでは、荷重として「道路橋示方書・同解説」(日本道路協会発行)に定められた T-25 の後輪荷重を用いる。その結果の一部を表 2-8 に示す。

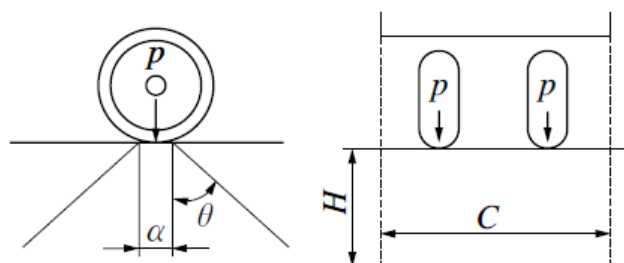


図 2-5 活荷重の影響

$$p = \frac{2P(1+i)\cdot\beta}{C(\alpha+2H\tan\theta)} \dots\dots\dots (2-3)$$

ここに

- p : 活荷重による鉛直土圧 (kN/m²)
- P : T-25 の 1 後輪荷重 (100kN)
- C : 車体占有幅 (2.75m)
- α : タイヤの接地長さ (0.2m)
- H : 土かぶり (m)
- θ : 荷重の分散角 (45 度)
- i : 衝撃係数 (H によって表 2-7 の値をとる。)
- β : 断面力の低減係数 (0.9)

表 2-7 衝撃係数

H (m)	$H \leq 1.5$	$1.5 < H < 6.5$	$6.5 \leq H$
i	0.5	$0.65 - 0.1H$	0

表 2-8 T-25 の後輪荷重による鉛直土圧

土かぶり (m)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
鉛直土圧 (kN/m ²)	70.1	54.5	44.6	37.8	30.7	22.6	17.6	14.3	11.8	10	8.5	7.4

2.6.4 曲げ応力の計算

図 1-3 の土圧分布で、埋戻し土と活荷重により発生する曲げモーメントおよび曲げ応力は、式 (2-4) および (2-5) で求める。

$$M = (k_1 \cdot q + k_2 \cdot p)r'^2 \dots\dots\dots (2-4)$$

$$\sigma = \frac{M}{Z} \dots\dots\dots (2-5)$$

ここに、

M : 単位長さ当りの埋戻し土と活荷重による曲げモーメントの和 (kN・mm/mm)

k_1 : 埋戻し土による曲げモーメント係数 (表 2-9、P. 13 による。)

k_2 : 活荷重による曲げモーメント係数 (表 2-9、P. 13 による。)

q : 埋戻し土による鉛直土圧 (kN/m²)

p : 活荷重による鉛直土圧 (kN/m²)

r' : 管厚中心半径 (mm) (表 2-10、P. 14 による。)

σ : 埋戻し土と活荷重による曲げ応力 (N/mm²)

Z : 単位長さ当りの断面係数 (mm³/mm) (表 2-10、P. 14 による。)

2.6.5 たわみ率の計算

図 1-3 の土圧分布で、埋戻し土と活荷重により発生する鉛直方向のたわみ量およびたわみ率は、式 (2-6) および (2-7) で求める。

$$\delta = (K_1 \cdot q + K_2 \cdot p) \frac{r'^4}{E \cdot I} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$V = \frac{\delta}{2r'} \times 100 \dots\dots\dots (2-7)$$

ここに、

δ : 埋戻し土と活荷重による管の鉛直方向のたわみ量の和 (mm)

K_1 : 埋戻し土による鉛直方向のたわみ係数 (表 2-9、P. 13 による。)

K_2 : 活荷重による管の鉛直方向のたわみ係数 (表 2-9、P. 13 による。)

q : 埋戻し土による鉛直土圧 (kN/m²)

p : 活荷重による鉛直土圧 (kN/m²)

r' : 管厚中心半径 (mm) (表 2-10、P. 14 による。)

E : ポリエチレンの曲げ弾性係数 (765N/mm²)

I : 単位長さ当りの断面 2 次モーメント (mm⁴/mm)

V : たわみ率 (%)

表 2-9 基礎条件と係数の関係

基礎条件	施工支承角	有効支承角	管の位置	曲げモーメント係数		たわみ係数		基礎施工状態
				$k1$	$k2$	$K1$	$K2$	
A	90°	60°	管頂	0.132	0.079	0.102	0.030	
			管底	0.223	0.011			
B	180°	90°	管頂	0.120	0.079	0.085	0.030	
			管底	0.160	0.011			
C	360°	120°	管頂	0.107	0.079	0.070	0.030	
			管底	0.121	0.011			

表 2-10 設計に用いる寸法諸元

呼び径	管 の 寸 法					管厚中心半径	管長1mm当りの 断面2次モーメント	管長1mm当りの 断面係数
	外 径		厚 さ		近似内径 (参考) (mm)	$r' = \frac{D' - t'}{2}$ (mm)	$I = \frac{t'^3}{12}$ (mm ⁴ /mm)	$Z = \frac{t'^2}{6}$ (mm ³ /mm)
	D (mm)	許容差 (mm)	t (mm)	許容差 (mm)				
50-J	60	±0.2	4.4	+0.6 0	50.6	27.7	9	3.7
50	63	+0.4 0	4.7	+0.6 0	53.2	29.1	10	4.2
75	90	+0.6 0	6.7	+0.9 0	76.0	41.6	30	8.5
100	125	+0.8 0	9.2	+1.1 0	105.9	57.8	77	15.8
150	180	+1.2 0	13.3	+1.5 0	152.5	83.3	231	32.9
200	250	+1.5 0	18.4	+2.1 0	211.9	115.7	613	63.1
250	315	+1.8 0	23.2	+2.5 0	267.0	145.7	1218	99.6
300	355	+2.2 0	26.1	+2.9 0	301.0	164.3	1743	126.5
350	400	+2.4 0	29.4	+3.1 0	339.3	185.1	2471	159.7
400	450	+2.7 0	33.1	+3.5 0	381.7	208.3	3527	202.4
450	500	+3.0 0	36.8	+3.8 0	424.1	231.4	4830	249.6
500	560	+3.4 0	41.2	+4.3 0	475.0	259.2	6789	313.2
550	630	+3.8 0	46.3	+4.8 0	583.2	291.6	9625	395.3
600	710	+6.4 0	52.2	+5.4 0	603.4	329.2	13789	502.3

注 管厚中心半径の計算に用いる管の厚さは、 $t' = t + (\text{許容差}/2)$ とする。

注 管厚中心半径の計算に用いる管の外径は、 $D' = D + (\text{許容差}/2)$ とする。50-J の場合は、 $D' = 60$ (mm) とする。

2.6.6 外圧に対する許容応力

許容応力 (σ_b) は、内圧に対する許容応力と同様に 8.0MPa とする。

2.6.7 許容たわみ率

許容たわみ率 (V_0) は 4% とする。下水道用ポリエチレン管の許容たわみ率については実際の埋設状況を考慮して定めた。

2.7 安全性の確認

内圧と外圧が同時に管に作用する場合には、内圧による発生応力と外圧による発生応力を求め、それぞれの発生応力が内圧による許容応力 σ_a 、外圧による許容応力 σ_b および許容たわみ率 V_a を上回らないことを確認する。

2.8 最大発生応力とたわみ率の算定例

有効支承角 (2α) 120° の場合の算定例を表 2-11 に示す。

表 2-11 管の最大発生応力とたわみ率（有効支承角 $2\alpha = 120^\circ$ ）

呼び径	50-J		50		75		100		150		200		250		300	
土かぶり (m)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)
0.6	1.36	0.45	1.36	0.44	1.36	0.44	1.42	0.47	1.41	0.47	1.42	0.47	1.43	0.47	1.40	0.47
0.8	1.20	0.41	1.19	0.41	1.19	0.41	1.24	0.43	1.23	0.43	1.24	0.44	1.24	0.44	1.23	0.43
1.0	1.11	0.41	1.10	0.40	1.11	0.40	1.16	0.42	1.15	0.42	1.15	0.43	1.16	0.43	1.14	0.43
1.2	1.08	0.41	1.07	0.41	1.08	0.41	1.12	0.43	1.11	0.43	1.12	0.44	1.13	0.44	1.11	0.43
1.5	1.08	0.44	1.08	0.43	1.08	0.43	1.13	0.46	1.12	0.46	1.12	0.46	1.13	0.47	1.11	0.46
2.0	1.15	0.50	1.14	0.49	1.15	0.49	1.20	0.52	1.19	0.52	1.19	0.53	1.20	0.53	1.18	0.52
2.5	1.27	0.58	1.26	0.57	1.27	0.57	1.32	0.60	1.31	0.60	1.31	0.61	1.32	0.61	1.31	0.60
3.0	1.40	0.66	1.40	0.65	1.41	0.65	1.46	0.69	1.45	0.69	1.46	0.69	1.47	0.70	1.45	0.69
3.5	1.58	0.75	1.57	0.74	1.58	0.73	1.64	0.78	1.63	0.78	1.64	0.79	1.65	0.79	1.63	0.78
4.0	1.80	0.84	1.79	0.83	1.80	0.82	1.87	0.87	1.86	0.87	1.87	0.88	1.88	0.89	1.85	0.88
4.5	2.02	0.93	2.01	0.92	2.01	0.91	2.09	0.97	2.08	0.97	2.10	0.98	2.11	0.98	2.08	0.97
5.0	2.24	1.02	2.23	1.01	2.23	1.01	2.32	1.06	2.31	1.06	2.32	1.08	2.34	1.08	2.31	1.07

呼び径	350		400		450		500		550		600	
土かぶり (m)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)	$\sigma_{\max}$ (N/mm ²)	V(%)
0.6	1.43	0.48	1.43	0.47	1.43	0.47	1.43	0.47	1.43	0.48	1.43	0.48
0.8	1.25	0.44	1.25	0.44	1.25	0.44	1.25	0.44	1.25	0.44	1.25	0.44
1.0	1.16	0.43	1.16	0.43	1.16	0.43	1.16	0.43	1.17	0.43	1.16	0.43
1.2	1.13	0.44	1.13	0.44	1.13	0.44	1.13	0.44	1.13	0.44	1.13	0.44
1.5	1.13	0.47	1.13	0.47	1.13	0.47	1.13	0.47	1.14	0.47	1.13	0.47
2.0	1.20	0.53	1.20	0.53	1.20	0.53	1.20	0.53	1.20	0.53	1.20	0.53
2.5	1.32	0.61	1.32	0.61	1.32	0.61	1.32	0.61	1.33	0.61	1.33	0.61
3.0	1.47	0.70	1.47	0.70	1.47	0.70	1.47	0.70	1.48	0.70	1.47	0.70
3.5	1.65	0.79	1.65	0.79	1.65	0.79	1.65	0.79	1.66	0.79	1.66	0.79
4.0	1.88	0.89	1.88	0.88	1.88	0.89	1.88	0.89	1.89	0.89	1.88	0.89
4.5	2.11	0.99	2.11	0.98	2.11	0.98	2.11	0.98	2.11	0.99	2.11	0.99
5.0	2.34	1.08	2.34	1.08	2.34	1.08	2.34	1.08	2.34	1.09	2.34	1.09

2.8.1 計算例

下水道用ポリエチレン管φ500を土被り1.2mに埋設した場合の強度計算結果を以下に示す。

(1) 設計条件

強度計算例として以下の諸元を設定する。

- ① 管体仕様 管径（外径） : $D=0.560$ (m)
管厚 : $t' = 0.04335$ (m)
- ② 埋設条件 : 土かぶり $H=1.2$ (m)
- ③ 設計水圧 : $P_v=1.0$ (MPa)
- ④ 荷重 : T-25

(2) 内圧による発生応力

内圧が管内に作用する場合の円周応力 σ_v は、

$$\sigma_v = \frac{P_v \cdot r'}{t'}$$

ここに、 P_v : 設計水圧 (1.0MPa)

r' : 管厚中心半径 (259.2mm)

t' : 管の厚さ (43.35mm)

$$= \frac{1.0 \times 259.2}{43.35}$$

$$= 5.98(\text{N/mm}^2) < \text{許容応力 } \sigma_a = 8.0(\text{N/mm}^2)$$

許容応力より小さいため問題なし。

(3) 外圧による発生応力

1) 埋め戻し土による鉛直土圧 q

$$q = \gamma \cdot H$$

ここに、 γ : 埋め戻し土の単位堆積重量 (18kN/m³)

H : 土被り (1.2m)

$$= 18 \times 1.2$$

$$= 21.6(\text{kN/m}^2)$$

2) 活荷重による鉛直土圧 p

$$p = \frac{2P(1+i) \cdot \beta}{C(\alpha + 2H \tan \theta)}$$

ここに、 P : T-25 の 1 後輪荷重 (100kN)

C : 車体占有幅 (2.75m)

α : タイヤの接地長さ (0.2m)

H : 土かぶり (m)

θ : 荷重の分散角 (45°)

i : 衝撃係数 (0.5)

β : 断面力の低減係数 (0.9)

$$\begin{aligned} &= \frac{2 \times 100(1 + 0.5) \times 0.9}{2.75(0.2 + 2 \times 1.2 \tan 45^\circ)} \\ &= 37.8 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

3) 管に発生する曲げ応力

埋戻し土と活荷重により発生する曲げモーメント M および曲げ応力 σ は、

$$M = (k_1 \cdot q + k_2 \cdot p)r'^2$$

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

ここに、 k_1 : 埋戻し土による曲げモーメント係数 (0.107)

k_2 : 活荷重による曲げモーメント係数 (0.079)

q : 埋戻し土による鉛直土圧 (21.6kN/m²)

p : 活荷重による鉛直土圧 (37.8kN/m²)

r' : 管厚中心半径 (259.2mm)

Z : 管長1mm当りの断面係数 (313.2mm³/mm)

$$\begin{aligned} M &= (0.107 \times 21.6 \times 10^{-3} + 0.079 \times 37.8 \times 10^{-3}) \times (259.2)^2 \\ &= 355.9 \text{ (N mm/mm)} \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{355.9}{313.2}$$

$$= 1.13(\text{N/mm}^2) < \text{許容応力 } \sigma_b = 8.0(\text{N/mm}^2)$$

許容応力より小さいため問題なし。

4) たわみ率の計算

埋戻し土と活荷重により発生する鉛直方向のたわみ量 δ およびたわみ率 V は、

$$\delta = (K_1 \cdot q + K_2 \cdot p) \frac{r'^4}{E \cdot I}$$

$$V = \frac{\delta}{2r'} \times 100$$

ここに、 K_1 : 埋戻し土による鉛直方向のたわみ係数 (0.070)

K_2 : 活荷重による管の鉛直方向のたわみ係数 (0.030)

q : 埋戻し土による鉛直土圧 (21.6kN/m²)

p : 活荷重による鉛直土圧 (37.8kN/m²)

r' : 管厚中心半径 (259.2mm)

E : ポリエチレンの曲げ弾性係数 (765N/mm²)

I : 管長 1mm 当りの断面 2 次モーメント (6789mm⁴/mm)

$$\delta = (0.070 \times 21.6 \times 10^3 + 0.030 \times 37.8 \times 10^3) \times 259.2^4 / (765 \times 6789)$$

$$= 2.30$$

$$V = \frac{2.30 \times 100}{2 \times 259.2}$$

$$= 0.44(\%) < \text{許容応力 } V_a = 4.0(\%)$$

許容たわみ率より小さいため問題なし。

2.9 設計計算法

2.9.1 耐震設計計算の手順

① 下水道用ポリエチレン管の耐震計算は、(公社)日本下水道協会発行の「下水道施設の耐震対策指針と解説(2014年版)」(以下、「下水耐震指針」という。)に準拠して行う。

ただし、管体ひずみの計算については、(公社)日本水道協会発行の「水道施設耐震工法指針・解説(2009年版)」(以下、「水道耐震指針」という。)に準じる。

備考：「下水耐震指針」では、管本体の鉛直断面について地震によるせん断ひずみを想定したフレーム解析を行っているが、下水道用ポリエチレン管は、呼び径 300 以下の小口径であること、また埋設深度も浅いことから鉛直断面でのせん断ひずみは、非常に小さくなるため検討を行う必要はない。

また、下水道用ポリエチレン管は、管体の接続方式が E F 融着接合により、溶接鋼管と同様、管路としての変形能力の大部分を管体材料にもたせる一体構造管路と考えることができるため、管体ひずみ及びマンホール接続部の屈曲角については、管軸方向の歪みで安全性の照査を行う「水道耐震指針」に準拠する。

ただし、マンホール部の抜出しについては、マンホールと管路の接続を両端固定はりと仮定し、考慮しないこととする。

②地震動をレベル 1 (※ 1) とレベル 2 (※ 2) に分け、各地震動レベルに対して耐震設計を行う。

(※ 1) 地震動レベル 1：供用期間中に 1 ～2 回発生する確率を有する地震動。

(※ 2) 地震動レベル 2：陸地近傍に発生する大規模なプレート境界地震や、直下型地震による断層近傍の地震動で、供用期間中に発生確率は低いが大きな強度を持つ地震動。

③安全性の照査は下表に従い行う。

表 2-12 安全性の照査管の最大発生応力とたわみ率 (有効支承角 $2\alpha = 120^\circ$)

地震動	荷重状態	照査の基準
レベル 1	地震動＋常時荷重 (内圧・活荷重・温度変化・不同沈下)	管体ひずみ ≤ 許容ひずみ 3.0%
レベル 2	地震動＋常時荷重 (内圧・活荷重・温度変化・不同沈下)	

備考：管体の許容ひずみは、「JSWAS K-14：[参考資料 8] 耐震性の検討 2. 管体高速引張試験 (発行：公益社団法人 日本下水道協会)」、「水道配水用ポリエチレン管・継手に関する調査報告書：<資料 2.4.5> 管軸方向繰り返し伸縮実験 (発行：公益社団法人 日本水道協会)」により、3%とする。

2.9.2 耐震計算結果と安全性の照査

(1) 計算条件

- 1) 管 体 : 下水道用ポリエチレン管
- 2) 埋設条件 : 土かぶり $h = 1.2$ (m)
- 3) 管体全長 : 50 (m)
- 4) 内 圧 : $P_i = 1.0$ (MPa)
- 5) 活荷重 : T-25 $P_m = 100$ (kN)
- 6) 温度変化 : $\Delta t = 15$ (°C)

7) 地盤モデル : 「下水道施設耐震指針計算例-管路施設編」((公社)日本下水道協会)の標準土質モデルⅡとする。

※計算手順については P.64 参考 9.耐震計算例に示す。

(2) 地震動レベル 1 に対する安全性の照査

表 2-13 耐震計算結果(地震動レベル 1)

単位 : %

レベル 1		50-J	50	75	100	150	200	250	300
常時	内圧 ($P_i=1.0$ MPa)	0.354	0.349	0.348	0.355	0.355	0.356	0.357	0.357
	活荷重(T-25)	0.180	0.175	0.146	0.125	0.104	0.089	0.079	0.074
	温度変化($\Delta t = 15^\circ\text{C}$)	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
	不同沈下	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013
地震動		0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092
ひずみの合計		0.822	0.812	0.781	0.767	0.745	0.730	0.721	0.716

レベル 1		350	400	450	500	550	600
常時	内圧 ($P_i=1.0$ MPa)	0.315	0.358	0.358	0.358	0.359	0.359
	活荷重(T-25)	0.067	0.066	0.063	0.059	0.056	0.053
	温度変化($\Delta t = 15^\circ\text{C}$)	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
	不同沈下	0.012	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012
地震動		0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092
ひずみの合計		0.666	0.709	0.705	0.701	0.699	0.696

表 2-13 より、軸方向ひずみの合計が許容ひずみ 3.0%より小さい値であり、地震動レベル 1 において、下水道用ポリエチレン管は安全といえる。

(3) 地震動レベル 2 に対する安全性の照査

表 2-14 耐震計算結果（地震動レベル 2）

単位：％

レベル 2		50-J	50	75	100	150	200	250	300
常時	内圧 (Pi=1.0MPa)	0.354	0.349	0.348	0.355	0.355	0.356	0.357	0.357
	活荷重(T-25)	0.180	0.175	0.146	0.125	0.104	0.089	0.079	0.074
	温度変化($\Delta t = 15^{\circ}\text{C}$)	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
	不同沈下	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013
地震動		0.306	0.306	0.306	0.306	0.306	0.305	0.305	0.305
ひずみの合計		1.036	1.026	0.995	0.981	0.959	0.943	0.934	0.929

レベル 2		350	400	450	500	550	600
常時	内圧 (Pi=1.0MPa)	0.315	0.358	0.358	0.358	0.359	0.359
	活荷重(T-25)	0.067	0.066	0.063	0.059	0.056	0.053
	温度変化($\Delta t = 15^{\circ}\text{C}$)	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
	不同沈下	0.012	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012
地震動		0.305	0.305	0.305	0.305	0.092	0.305
ひずみの合計		0.879	0.922	0.918	0.914	0.699	0.909

表 2-14 より、軸方向ひずみの合計が許容ひずみ 3.0%より小さい値であり、地震動レベル 2 において、下水道用ポリエチレン管は安全といえる。

(4) 地盤変状に対する安全性の照査

地盤変状区間 100m で側方流動が発生した場合の下水道用ポリエチレン管の安全性の照査を行う。

表 2-15 耐震計算結果（地盤変状（側方流動））

単位：％

呼び径	50-J	50	75	100	150	200	250	300
護岸近傍	2.781	2.614	1.828	1.341	0.930	0.672	0.535	0.474
傾斜地盤	1.391	1.307	0.914	0.670	0.465	0.336	0.267	0.237
許容ひずみ	3.0							

呼び径	350	400	450	500	550	600
護岸近傍	0.422	0.375	0.338	0.302	0.268	0.238
傾斜地盤	0.211	0.188	0.169	0.151	0.134	0.119
許容ひずみ	3.0					

表 2-15 より、軸方向ひずみの合計が許容ひずみ 3.0%より小さい値であり、地盤変状が発生した場合でも、下水道用ポリエチレン管は安全といえる。

(5) マンホール接続部の安全性の照査

管路を両端固定梁と仮定し、50m のマンホールスパン中央で沈下 $h=0.5\text{m}$ が生じた場合にマンホール接続部に発生する管体ひずみを求める。

表 2-16 耐震計算結果（マンホール接続部）

単位：％

呼び径	50-J	50	75	100	150	200	250	300
マンホール接続部	0.029	0.030	0.043	0.060	0.086	0.120	0.151	0.170
許容ひずみ	3.0							

呼び径	350	400	450	500	550	600
マンホール接続部	0.192	0.216	0.240	0.269	0.302	0.341
許容ひずみ	3.0					

表 2-16 より、軸方向ひずみの合計が許容ひずみ 3.0％より小さい値であり、マンホール接続部についても下水道用ポリエチレン管は安全といえる。

3 管の施工標準

3.1 管の運搬と保管

3.1.1 管の運搬

管の運搬については以下の点に留意すること。

- ① 積み降ろしの時は放り投げたり、衝撃を与えるような取り扱いをしてはならない。
- ② 管を滑らしたり、引きずって運搬してはならない。
- ③ 荷台への積み込みは、受口と差し口を交互に積む千鳥積みとし、ロープなどで固定する。荷台等の角に当たるおそれがある場合は、緩衝材で保護すること。

管の保管

管の保管については以下の点に留意すること。

- ① 保管場所は屋内を原則とするが、やむをえず屋外に保管する場合はテントなどで直射日光を避け、風通しをよくし、熱がこもらない状態にすること。
- ② 平坦な場所に、約 10 cm 角のまくら木を 1 m 以内の間隔で置き、その上に、不陸が生じないように管を置く。なお、図 3-1 のように受口部には管が載らないようにする。
- ③ 保管が長期にわたる場合は、管の温度が 45℃ 以上になるような場所では保管しない。直射日光の当たらない、できるだけ温度の低い場所を選び、屋外の場合は受口部に雨がかからないようにすること。
- ④ 管の変形を防止するため、積み上げ段数は表 3-1 の段数を守ること。

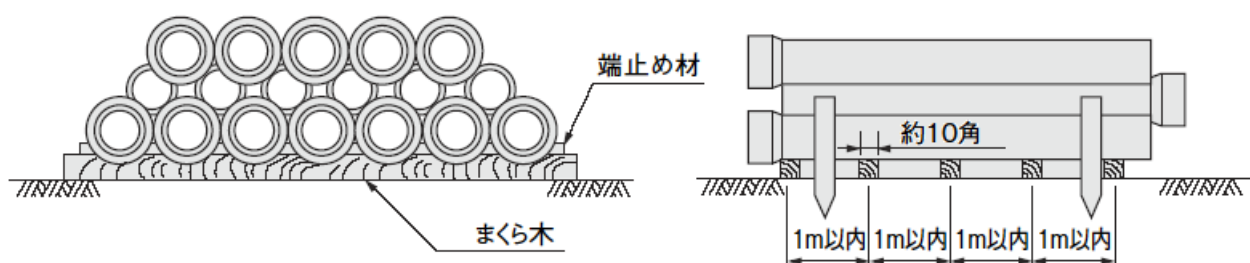


図 3-1 管の保管

表 3-1 積み上げ段数（参考）

呼び径	段 数
50・75・100	7 以下
150	5 以下
200・250・300	3 以下
350・400	2 以下
450・500・550・600	1 以下

3.2 管の施工

管の施工はE F 接合によるが

- ① 片受け管を接続する方式
- ② プレーンエンド管をカラーで接合する方式

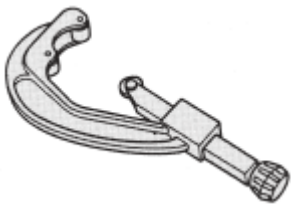
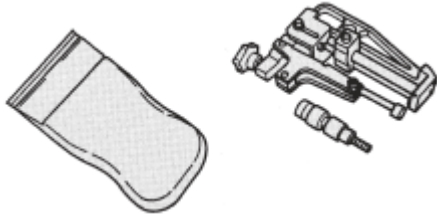
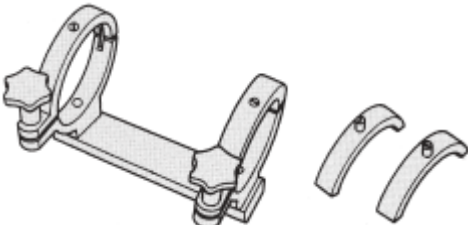
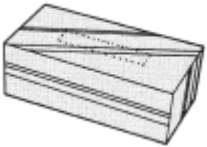
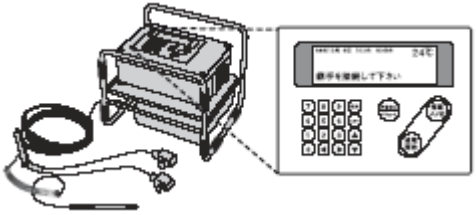
の2種類がある。ここでは片受け管を接続していく方式による基本的なE F 接合作業を述べる。他の方式については各接合方式の説明書を参照のこと。

3.2.1 工具類

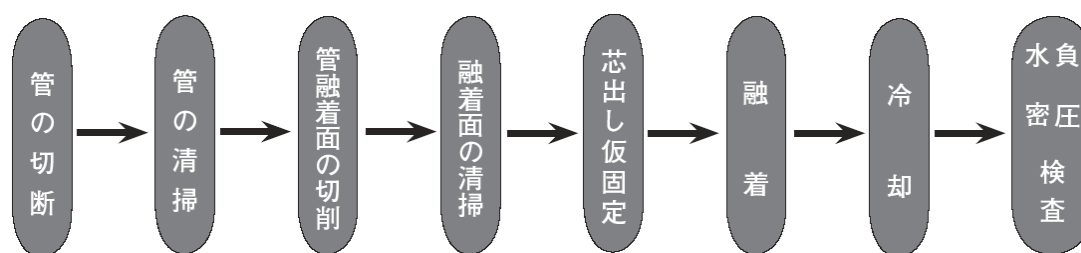
管の配管作業に必要な工具類は表 3-2 の通りである。

表 3-2 工具類 (参考)

作業名	工具類	
管の切断	パイプカッターまたは専用切断器、面取り器 (ハンドグラインダー、やすり)、スケール帯テープまたは細紐、油性ペン、電源リード線、電動ドリル等	
管の清掃	ペーパータオル	
管融着面の切削	電動ドリル、スクレーパー等	
融着面の清掃	アセトン、または純度 95%以上のエタノール、容器、ペーパータオル	
芯出し仮固定	クランプ、レベル計、スタッフ、下げ振り、水準器、スケール、くい、横木、たこ糸等	
融着および冷却	コントローラー、スケール、油性ペン、電源リード線 (20A 以上)、発電機 (2KVA 用以上) ストップウォッチ	
水密・負圧 検査	水密検査	加圧ポンプ、水密治具
	負圧検査	真空ポンプ、真空テスト治具
	共 通	電源リード線、ラチェットレンチ

パイプカッター		スクレーパー	
電源リード線		クランプ	
ペーパータオル ※一般のティッシュペーパーは不可		コントローラー	

3.2.2 基本作業のフローシート



3.2.3 管の切断

(1) 切断長さの決定

管を切断する場合は、必要な長さの寸法を正確に測定する（図 3-2 参照）。また、管に有害な傷がある場合はその部分は切断・除去し使用しない。管に土などの汚れが付着している場合はペーパータオルまたは清潔なウエスで清掃する。

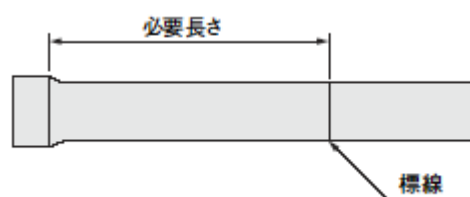


図 3-2 管切断長さの決定

(2) 切断標線の記入

正確な切断を行うため、テープなども用い、管軸に直角に油性ペン等で切断標線を記入する。

(3) 切 断

標線に沿って切断する。専用の切断機が望ましいが、ない場合は丸鋸等で切断面に段差が生じないように注意して切断する。切断面に段差が生じた場合は、グラインダー等でバリや段差を平らに仕上げればよい。斜め切れは口径にかかわらず 5 mm以内とする。

3.2.4 管融着面の切削（スクレープ）

以下の手順で確実に管融着面の切削を行う。（図 3-3）

- ① 管外表面をペーパータオルで清掃し、土・汚れ等を落とす。
- ② 管端からスクレープに必要な長さを測り、その位置に管軸に直角に油性ペン等で標線を記入する。また、完全に切削ができたかを判別するため、スクレープする管外表面にマーキングを施しておく。
- ③ スクレーパーで標線の手前まで管外表面を切削する。

なお、削り残しがあってはならず、また、削り過ぎにも十分に注意する。

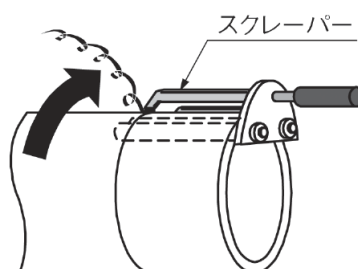


図 3-3 管融着面の切削作業（スクレープ）

3.2.5 融着面の清掃

(1) 融着面の確認

融着面が確実に切削できているか再度確認する。また、融着面に有害な傷がないことを確認する。傷がある場合はその部分を切断・除去し、再度融着面を切削する。

(2) 管受口内面および管差し口融着面の清掃

管受口内面および管差し口融着面をアセトン等を浸み込ませたペーパータオルで清掃し、油脂等の汚れを完全に除去する。清掃後は融着面に手を触れてはならない。触れた場合は再度アセトン等で清掃すること。管受口は清潔に保つため、融着直前に梱包を取り外す。

3.2.6 芯出しおよび仮固定

(1) 標線の確認および再記入

融着面から切削や清掃で標線が消えている場合は、再度記入する。

(2) 管の挿入

管受口に管差し口を標線まで確実に挿入する。標線まで挿入されていない場合は必ず標線まで挿入する。また、真っ直ぐ挿入し、斜め挿入にならないよう十分に注意する。

(3) クランプの装着

接続部が斜めにならないようにクランプを装着する。(図 3-4)

(4) 芯出し・据付

下げ振り、水準器等で正確に芯出しを行う(図 3-5)。管に反りがある場合は反りは水平にとり、くい・横木等で矯正する。ただし、管受口のターミナルピンの位置が下にならないように据え付ける。

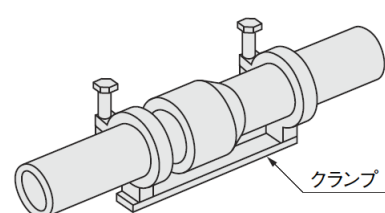


図 3-4 クランプの装着

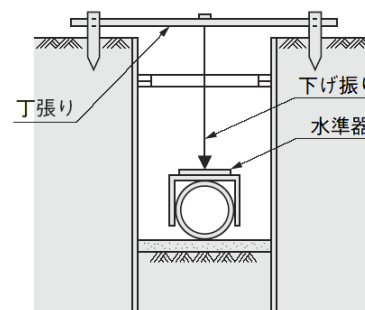


図 3-5 芯出しの方法 (例)

(5) 仮固定

埋戻し時の管の移動を防止するため接合部に近い位置で図 3-6 のように管を仮固定する。仮固定後、図 3-7 の方法で管底高さの確認を行う。

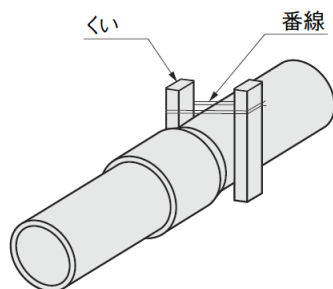


図 3-6 くいによる管の仮固定

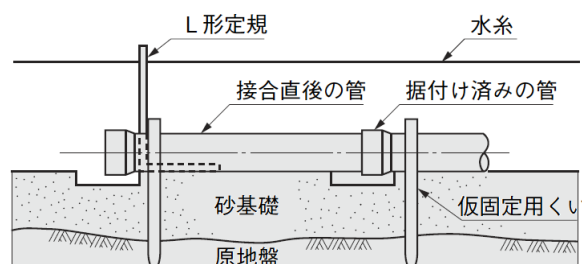


図 3-7 管底の確認方法

3.2.7 融着

融着は以下の作業手順で行う。

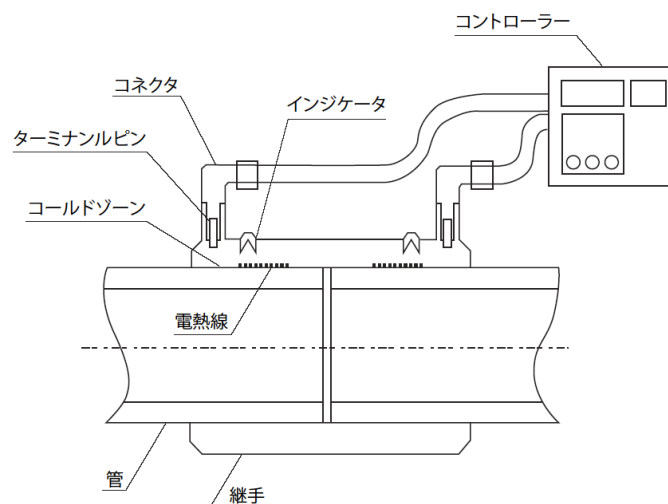
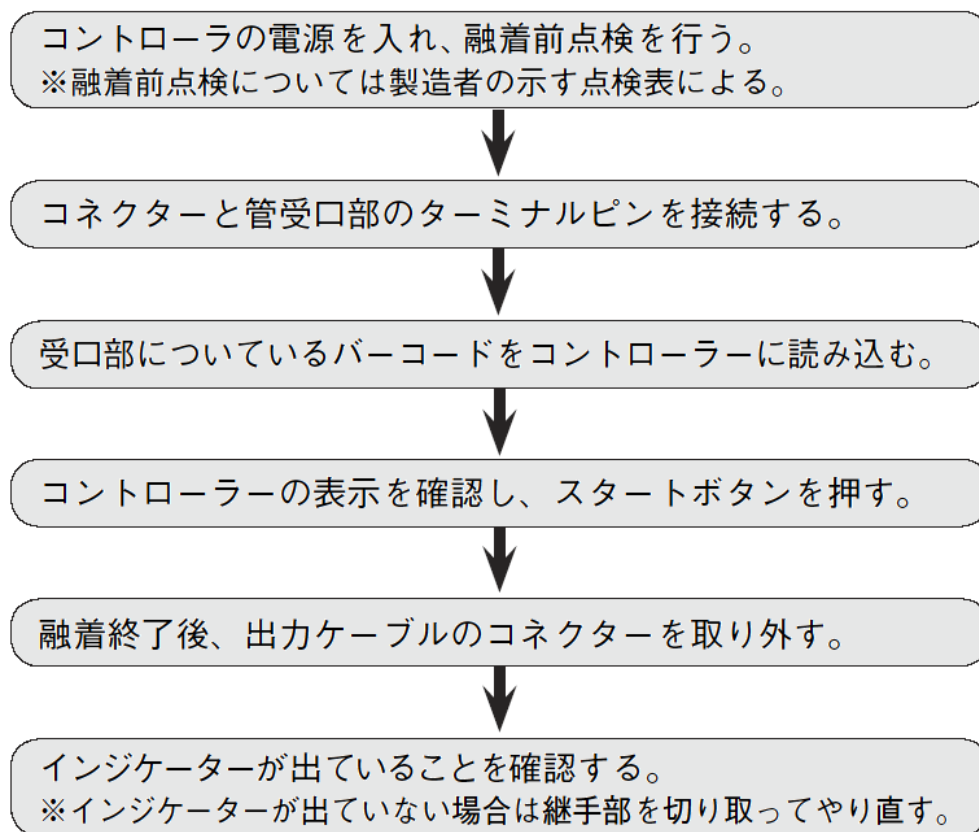


図 3-8 コントローラーとの接続

なお、融着では以下の点に留意すること。

- ① 融着作業は水場で行ってはならない。地下水の多い場所では排水を確実に行う。
- ② 雨天時は原則として融着作業は行ってはならない。ただし、簡易テントなどで確実に雨を避けられるような措置を講じることができる場合は実施してもよい。

3.2.8 冷却

融着終了後は、クランプを装着したまま、製造者より示された標準冷却時間以上、放置冷却する。融着の終了した時刻に、所定の冷却時間を加えた時間を受口表面に油性ペン等で記入しておくこと、確実に冷却ができる。また、冷却中は以下の点に留意すること。

- ① 冷却中は絶対にクランプを外してはならない。
- ② 冷却中は管を動かすなどして、無理な力を加えてはならない。
- ③ 冷却は自然放置で行い、水などをかけて冷却してはならない。

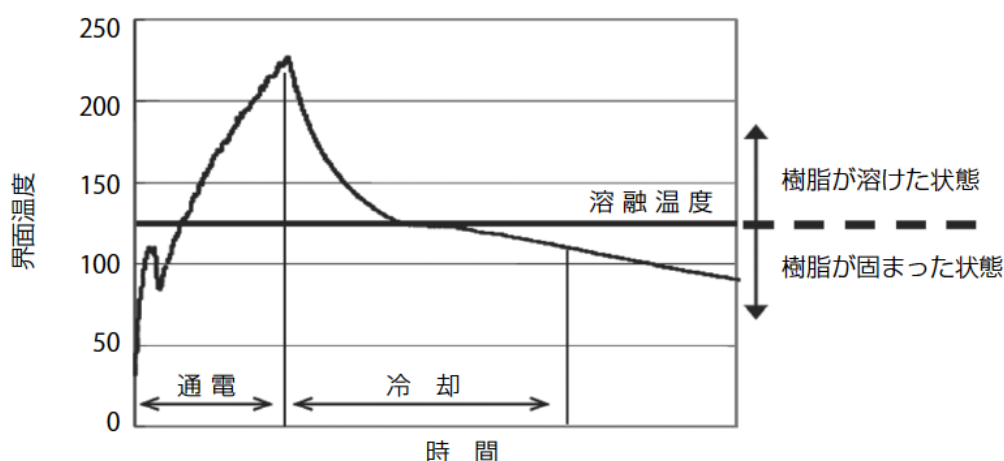
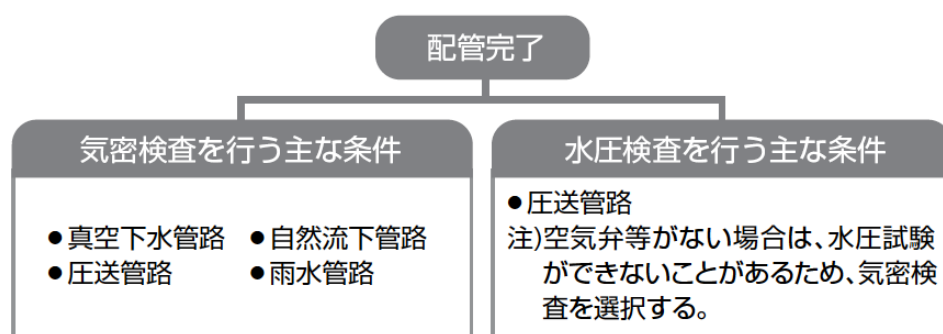


図 3-9 EF 接合部（管外面・継手内面）の温度グラフ

3.2.9 検査

管を埋め戻す前に、発注者が指定する気密（真空）検査又は水压検査を行う。指示がない場合は気密（真空）検査とする。試験で問題がなければ埋戻しを開始する。管側部の埋戻しにより管を完全に固定した後、仮固定を撤去する。また、管の反りを矯正するためくい（杭）や横木を使用した場合も同様に必ずこれらを撤去する。



検査前の注意事項

- 水压検査にあたっては、水压負荷による管路の移動を防ぐこと。
- 充水にあたっては、空気圧上昇による事故を防ぐため排気に注意を行いながら、管路の低い側から行うこと。
- 水密検査は最後の EF 接合終了から 1 時間以上経過後に実施すること。

(1) 気密（真空）試験

気密（真空）試験は以下の手順で行う。



気密（真空）試験の注意事項
管を埋め戻す前に原則として行う。

① 準備

- 試験する管路の一方を、真空試験用キャップやキャップを取り付ける。
- 試験する管路のキャップを取り付けた反対側に真空ポンプの吸気管を試験管路の一端に接続する。

ポイント

- 気密漏れ等が起こらないように、キャップはしっかりと固定する。
- キャップの取り付け時に、シール部に泥やほこりが付着していないか確認すること。付着している場合は清掃を行う。

② 管路の排気

真空ポンプを運転して、管路の空気を排除し真空圧（-0.069MPa）になったら、吸気管のバルブを閉鎖し、管路の真空圧を保持する。

ポイント

- 試験真空圧は、-0.069MPa とする。
- バルブ等から漏れ等が無いことを確認する。

③ 検査

- 真空圧が安定したことを確認して、1 時間真空圧の変化を確認する。
- 真空圧の低下が 3 %以内であることを確認する。3 %以内であれば合格である。
- 真空圧の低下が 3 %以内でない場合は不合格とし、再度行う。
- 2 度の確認で漏れが発生し不合格の場合は、管路から漏れている可能性があるため、テストプラグ等を用いて漏れ箇所を特定し、補修を行うこと。

ポイント

- 真空圧の変化は所定の変化が確認できるような精度を有するゲージ類・機器類を用いること。
- 急激な真空圧の変化がある場合は、気密用キャップや真空ポンプの接続箇所を確認すること。
- やむを得ず埋設後に試験を実施する場合は、管の安定を待ってから行うこと。
- 漏れが確認された箇所は、接合部を切断し、補修を行うこと。

④ 後始末

キャップを取り外す場合は、圧力が完全に“0”となっていることを確認してから行うこと。

ポイント

- 真空圧が残ったまま気密試験用キャップ等を外そうとすると挟まれ事故等の恐れがあるので注意すること。

(2) 水圧試験

水圧試験は以下の手順で行う。



水圧試験時の注意事項

- 漏れがなくてもプラスチック材料特有の初期膨張により水圧値の初期低下がおこるため、安定するまで加圧すること。
- 空気加圧での試験は爆裂事故の危険性があるので絶対に行わないこと。
- 管を埋め戻す前に原則として行う。

① 準備

- 試験する管路の一方を、水圧試験用キャップやキャップを取り付ける。
- 試験する管路のキャップを取り付けた反対側に水圧試験ポンプを取り付ける。

ポイント

- 水圧試験時の水密漏れ等が起こらないように、キャップはしっかりと固定する。
- キャップの取り付け時に、シール部に泥やほこりが付着していないか確認すること。付着している場合は清掃を行う。

② 管路の水圧負荷

- 水圧ポンプを運転して、管路に水圧を加え、1.0MPa になったら一旦、停止。
- 水圧が低下するため、再度水圧を負荷して 1.0MPa になることを確認する。

ポイント

- ポリエチレン管路は水圧を加えると、膨張するため、圧力が下がる。
- 水圧が安定するまで、水圧を負荷すること。

③ 検査

- 水圧が安定したことを確認して、1 時間水圧の変化を確認する。
- 水圧が 0.8MPa 以上あれば合格である。
- 水圧が 0.8MPa 未満である場合は不合格とし、再度行う。
- 2 度の確認で漏れが発生し不合格の場合は、管路から漏れている可能性があるため、テストプラグ等を用いて漏れ箇所を特定し、補修を行うこと。

ポイント

- 水圧の変化は所定の変化が確認できるような精度を有するゲージ類・機器類を用いること。
- 急激な水圧変化がある場合は、水圧ポンプやキャップの接続箇所を確認すること。
- やむを得ず埋設後に試験を実施する場合は、管の安定をまってから行うこと。
- 漏れが確認された箇所は、接合部を切断し、補修を行うこと。

④ 後始末

キャップを取り外す場合は、圧力が完全に“0”となっていることを確認してから行うこと。

ポイント

- 水圧が残ったまま水圧試験用キャップ等を外そうとすると挟まれ事故等の恐れがあるので注意すること。

3.3 バット融着接合方法

下水道用ポリエチレン管継手の接合は、電気融着接合（EF 接合）を原則とする。バット融着接合を行う場合は、以下の手順を踏むこととする。バット融着部の性能評価として、ISO 規格では非破壊検査や融着条件の適正範囲などガイドライン作成が進められており、実際に使用する場合には、検査方法等留意する必要がある。

バット融着作業は、水場で行ってはならない。地下水の流出の多いところでは、排水を十分に行うこととする。したがって、雨天時は原則としてバット融着作業は行わないほうが良い。また、バット融着作業時は風や雨の影響を避けるため、仮設テントなどの中で行うほうがよい。

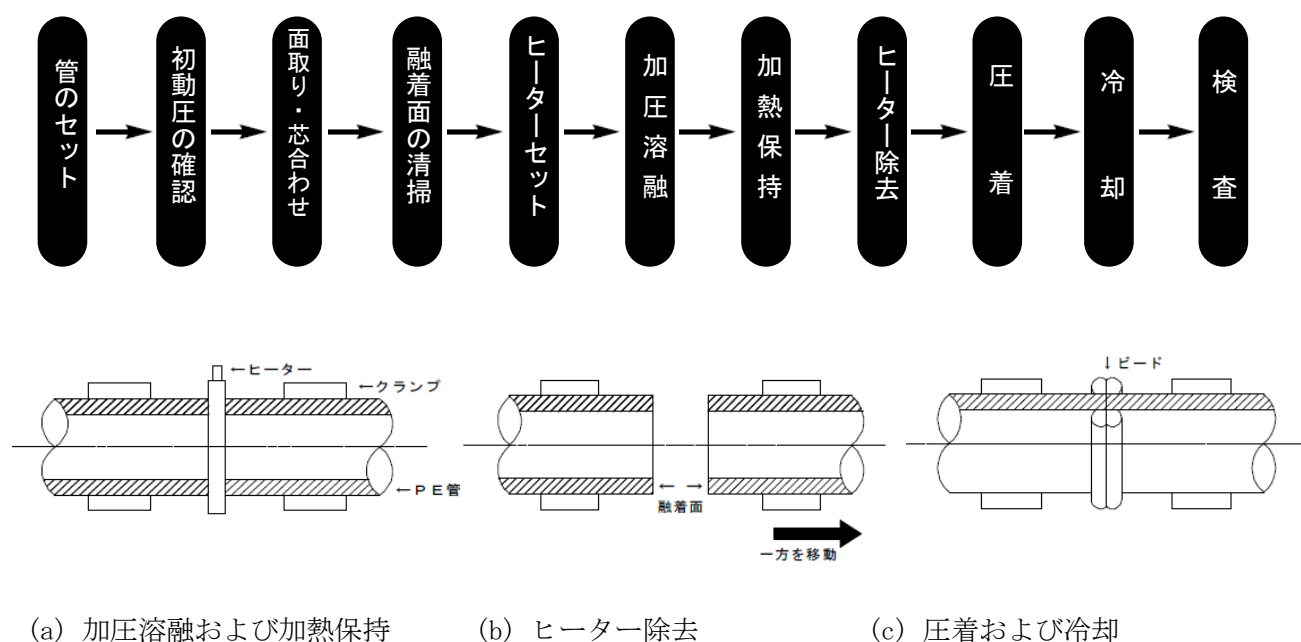


図 3-10 バット融着概略図

(1) 管のセット

接合する管をバット融着機にセットし、クランプと管が滑らないようにしっかりと締め付ける。また管支持台などを使用して管軸を合わせる。

(2) 初動圧の確認

初動圧を測定する。

(3) 面取りおよび芯合わせ

面取りカッターをセットし、カッターを回転させて、管端面を切削する。

その後、管端面を突き合わせ、段差を確認する。突き合わせ部の段差は管厚の 10%以内とする。

(4) 融着面の清掃

切削面を、アセトン等を浸み込ませたペーパータオルで清掃する。

(5) ヒーターセット

バット融着機にヒーターをセットする。またヒーターは規定温度になっていることを確認しておく。

(6) 加圧溶融

バット融着機のクランプを稼働し管端面にヒーターを接触させ、溶融ビードが全周において規定量発生するまで加圧する。

(7) 加熱保持

加圧溶融終了後、圧力を抜き規定時間、加熱を保持する。

(8) ヒーター除去

加熱保持終了後、クランプを後退させて、素早くヒーターを取り外す。

(9) 圧着

クランプを稼働して管端面同士を規定時間、圧着する。

(10) 冷却

圧着終了後、規定時間放置冷却する。冷却中は管を動かしたり、無理な力をかけたり、振動を与えないように注意する。

(11) 検査

冷却完了後、標準的なビード形状が全周にわたって均一に発生しているか、異物を挟み込んでいないか、ビードの寸法が基準値以内であるかどうか確認する。ビード形状の不均一、異物の挟み込み等の欠陥がある場合、また、ビード寸法が基準値から外れている場合は融着部を切断除去し、融着作業を初めから行う。

なお、バット融着を行う場合には、事前に指定の手順で実施したバット融着部を用いて、引張強度、クリープ強度等を確認しておくことが望ましい。

3.4 異形管、その他部材との接合

3.4.1 カラーの施工

カラーは管または異形管の差し口部どうしの接続に使用する。内面中央部のストッパーを除去すれば、やりとり施工にも使用できる。接合方法は片受け直管とほぼ同様であるが、接合長さが異なる場合があるので、十分に注意のこと。

(1) 切 断

接合する差し口部が直角に切断されているか確認する。切断の基準は 3.2.3 参照のこと。段差・斜め切れがあれば修正する。

(2) カラーのストッパー除去

ストッパーがある場合は、図 3-11 のように管を差し込み、除去する。

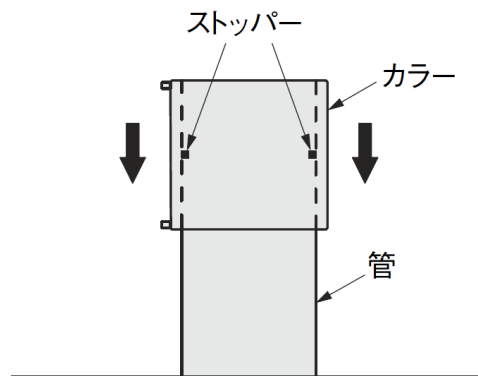


図 3-11 カラーのストッパーの除去

(3) 標線記入

スクレープに必要な長さを差し口部の端から測り、管軸に直角に油性ペン等で標線を記入する。(図 3-12 参照)

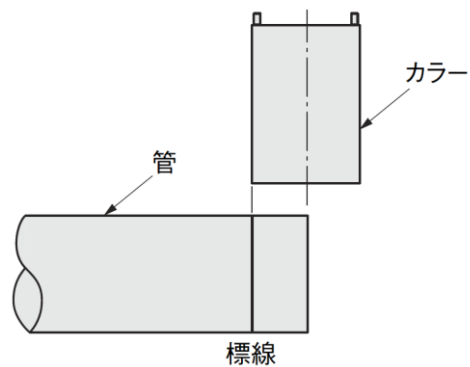


図 3-12 標線の記入

(4) 融着面の切削

P.25 3.2.4 管融着面の切削の項目に従い融着面の切削を行う。

(5) 融着面の清掃

清掃は P.26 3.2.5 管融着面の清掃と同様に行うが、やりとり施工に使用する場合は、図 3-13 のように管端からカラーが移動する位置までアセトン等で清掃を行う必要がある。

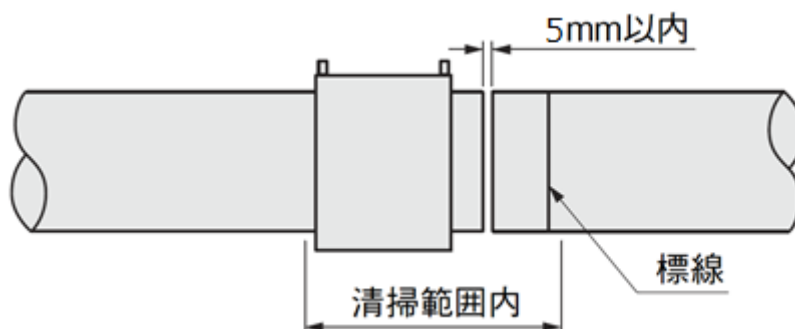


図 3-13 やりとり施工の場合の清掃範囲

(6) カラーへの管の挿入

以下の手順でカラーへ管を挿入し装着する。

- ① カラーを管に装着し、管と管を突き合わせる。このとき、それぞれの管の標線がカラーの受口端面とほぼ一致するようにする。(図 3-14)
- ② 管どうしが突き合わさった状態で、標線がカラーの受口部端面より 5 mm以上外側に出るようであれば、標線位置・斜め切れなどを再度チェックし修正する。標線が 5 mm以上外に出ている状態で融着を行ってはならない。
- ③ 管の中心軸が一致していることを確認し、管と管の隙間が 10 mm未満であることを確認する。10 mm以上になる場合、水密性を確保できないおそれがあるので、管を切断して、新しい管を使用し、10 mm未満にする。

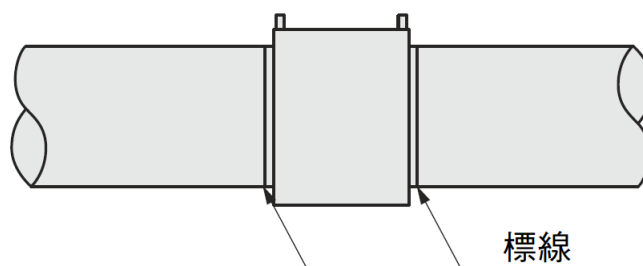


図 3-14 標線位置の確認

(7) クランプの装着

クランプを装着する。カラーが移動しないように、標線で確認しながら行う。

(8) 融 着

融着は P.27 3.2.7 融着の項目に従う。冷却の注意事項は P.28 3.2.8 冷却の項目による。

3.4.2 曲管の施工

曲管は曲げ配管に使用する。接合作業は直管の場合と同様なので、施工上の留意点を記す。

(1) 仮固定・位置決め

曲管の接合位置および方向等を水平器・レベルなどで決め、仮固定する。

(2) 管の切断

曲管の仮の決めた位置に従い、管の切断を行う。切断の基準はP.203.2.3 管の切断の項目を参照のこと。

(3) 融着面の切削

管の場合と同様。P.25 3.2.4 管融着面の切削の項目を参照のこと。

(4) 融着面の清掃および標線記入

管の場合と同様。P.26 3.2.5 融着面の清掃の項目を参照のこと。

(5) 角度合わせ

曲管に管を標線まで挿入し、接合する角度を確認後、そのままの状態です差し口と受口部に合マークを油性ペン等で記入する。(図 3-15)

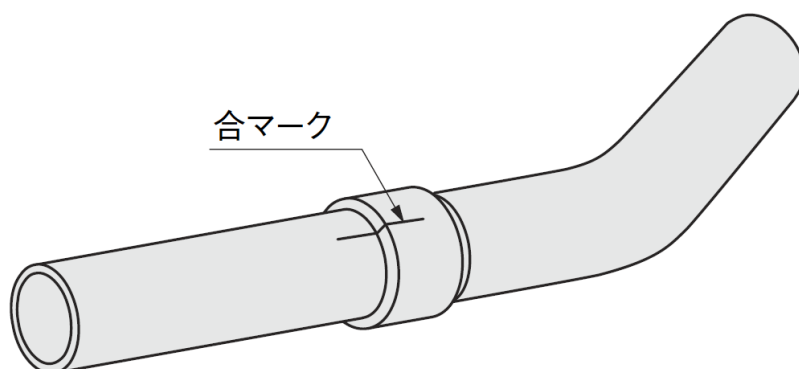


図 3-15 合マークの記入

(6) クランプの装着

合マークや標線の位置に十分に注意し、クランプを装着する。また、施工前の抜け出しにも注意する。

(7) 融着

直管と同様に融着を行う。

（参考）直管の生曲げによる曲がり部の施工

直管を生曲げして曲がり部を施工できるが、以下の事項を遵守しなければならない。接合作業については P.24 ～30 3.2 管の施工の項目を参照のこと。

① 接合は真っ直ぐな状態で行い、必ずクランプを装着して行う。曲げた状態での融着は絶対に行ってはならない。（図 3-16）

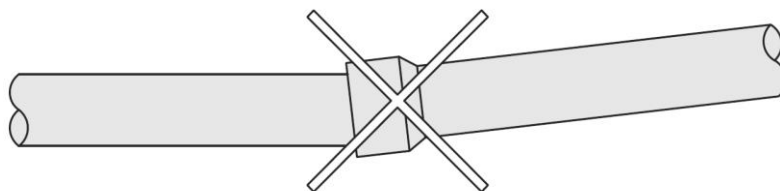


図 3-16 曲げ融着接合の禁止

② 生曲げを実施する場合は、製造者より示された冷却時間（通常冷却より少し長い）確実に冷却する。また、力を加えるようなことをしてはならない。

③ 冷却後、クランプを取り外し、図 3-17 のような方法で人力により曲げる。曲率半径は表 3-3 の範囲で行うこと。

④ 曲げに使用した角材等は埋戻し時には取り除くこと。

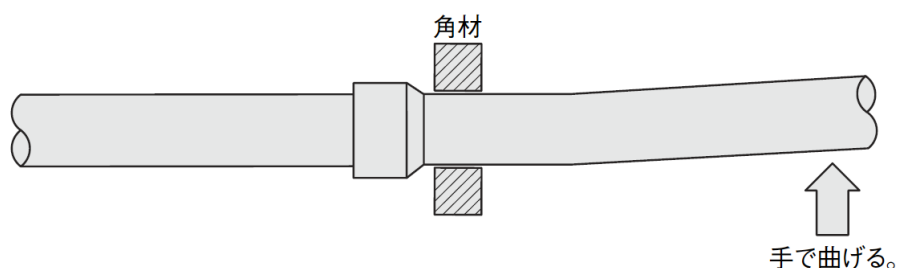


図 3-17 直管の生曲げ標準方法

表 3-3 管の許容曲率半径

呼び径	曲率半径	呼び径	曲率半径
50-J、50	5m 以上	350	30m 以上
75	7m 以上	400	34m 以上
100	9m 以上	450	38m 以上
150	14m 以上	500	42m 以上
200	18m 以上	550	48m 以上
250	24m 以上	600	54m 以上
300	27m 以上		

備考：管の許容曲率半径は管外径の約 75 倍で設定している。

3.4.3 S字曲管の施工

S字曲管は構造物の回避や真空式下水道収集システムのリフト配管に使用する。接合作業は直管の場合と同様なので、施工上の留意点を記す。

(1) 据え付け

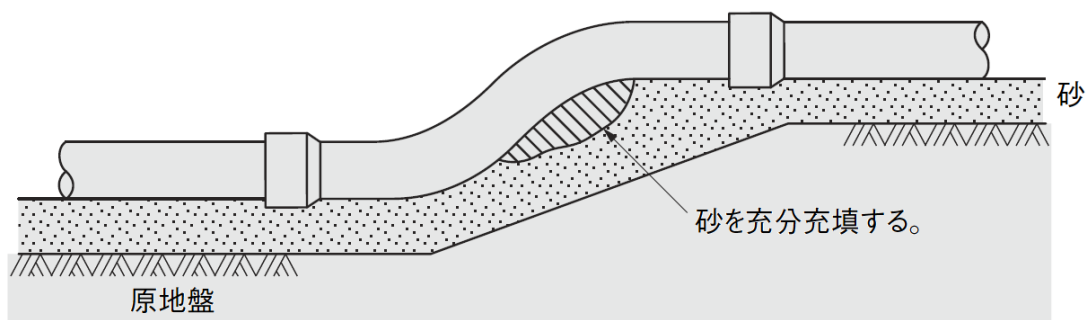
- ① S字曲管の据え付け面には、管床部には砂（粒径20mm以上のれきを含まないもの）を使用し、厚さは10～20cm程度。
- ② 受口部と差し口部での段差は振動コンパクタ等で十分に転圧し、設計管底高さや勾配を出しておく。
- ③ 接合する場所をあらかじめ継手掘りしておく。

(2) 融着

P.24～30 3.2の管の施工の項目に従い、接合を行う。

(3) 埋戻し

S字曲管の曲がり部の下部は埋戻し土が充填不足になりやすいため、突き棒などを用いて砂を十分に充填する。（図 3-18）



注：突き棒等を用い砂を充分充填する。

図 3-18 S字曲管の施工時の注意事項

Y形分岐管の施工

Y 形分岐管は合流部、点検孔部に使用する。

(1) 仮固定、位置決め、角度合わせ

流れの方向と合流との取り合いを考慮して、Y 形分岐管の設置位置と傾き角度を仮位置決めする。なお、流れ方向に対し合流角度が 45° になるように設置する。合流管との取り合いはあらかじめ曲管等を仮接合して無理な力が加わらないように、設置位置と傾き角度を決める。仮決め位置で管と受口部に合マークを記入する。(図 3-19)

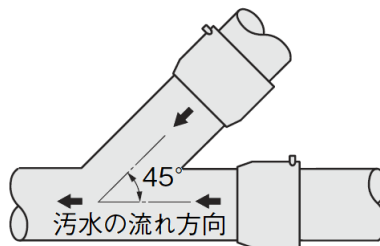
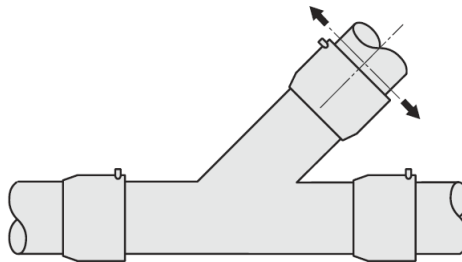


図 3-19 Y 形分岐管の設置位置に関する注意事項

(2) 融着

P.24 ～30 3.2 管の施工の項目に従い、接合を行う。(図 3-20)



注：角度を無理に合わせようとしない。

図 3-20 Y 形分岐管の施工に関する注意事項

(3) 埋戻し

無理な力が Y 形分岐管に加わらないようにするため、分岐部の下部に砂を十分に充填する。(図 3-21)

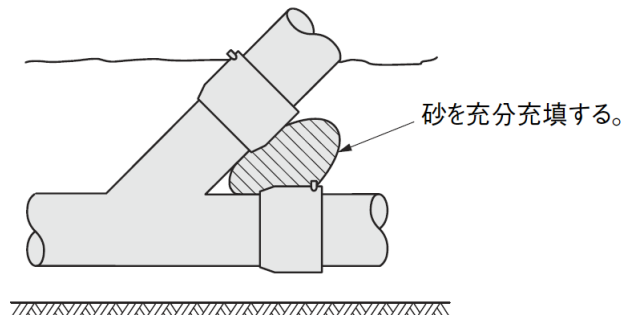


図 3-21 埋戻し時の注意事項

3.4.4 フランジ短管の施工

フランジ短管は弁や機器との接続に使用する。通常 JIS 10K フランジに準拠したものを使用する。フランジ短管の EF 接合は P.32 3.4.1 カラーの施工を参照のこと。

(1) 接合部材の準備

パッキン、ボルト・ナット（防錆処理品）等を準備する。

(2) ボルトの締め付けと融着

あらかじめ、弁などとフランジ短管をボルトで接合する。フランジ短管と接続するフランジとの間にパッキンを入れてはさみこみ、ボルトを締める。ボルトの標準締め付けトルクは表 3-4 に示すものとし、締め過ぎに十分に注意する。また、フランジ接合を行わずにフランジ短管を管と融着する場合は重さに注意し、曲がって接合されないよう、クランプでしっかりと固定する。

（参考）仕切弁および空気弁との接続例を図 3-22、図 3-23（P.40）に示す。

表 3-4 ボルトの標準締め付けトルクおよび適用ボルト

呼び径	締め付けトルク (N・m)	適用ボルト
50-J	30	M16
50	30	M16
75	44	M16
100	44	M16
150	54	M20
200	54	M20
250	64	M22
300	64	M22
350	120	M22
400	120	M22
450	260	M24
500	260	M24
550	260	M24
600	260	M24

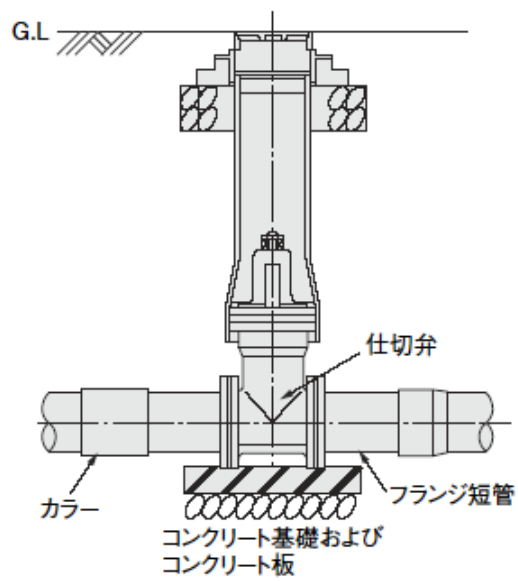


図 3-22 仕切弁との接続例

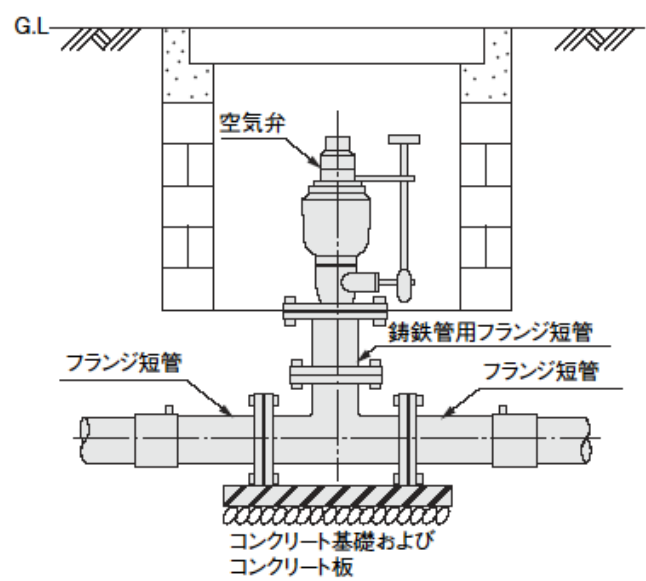


図 3-23 空気弁との接続例

3.4.5 マンホールポンプユニットとの接続

マンホールポンプユニットとの接続については、ユニットより出ているフランジ部にフランジ短管を用いて接合する。(P.39 3.4.4 フランジ短管の施工参照) 下水道用ポリエチレン管自体が可とう性を有するため、可とう管を用いることなくマンホールポンプユニットと接続することができる。

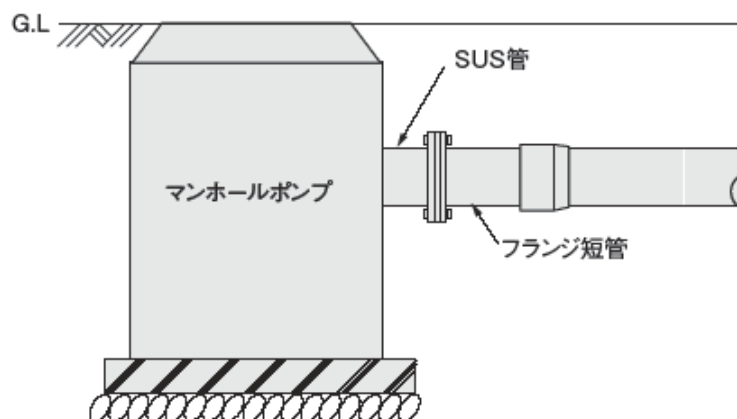


図 3-24 マンホールポンプユニットとの接続例

3.4.6 マンホールとの接続

ポリエチレン管とのマンホール際については、様々な接続方法が考えられるが、下水道用ポリエチレン管自体が可とう性を有するため、可とう管を用いることなくマンホールと接続することができる。

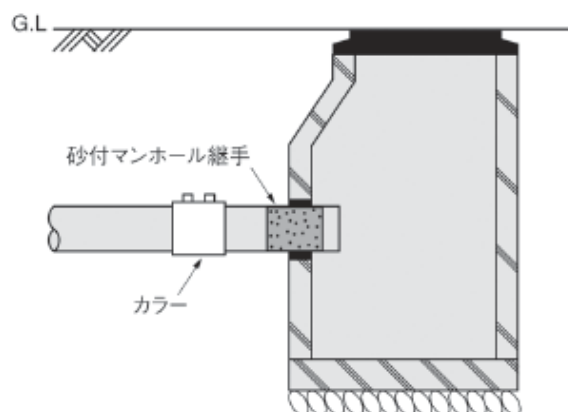


図 3-25 砂つき PE 短管

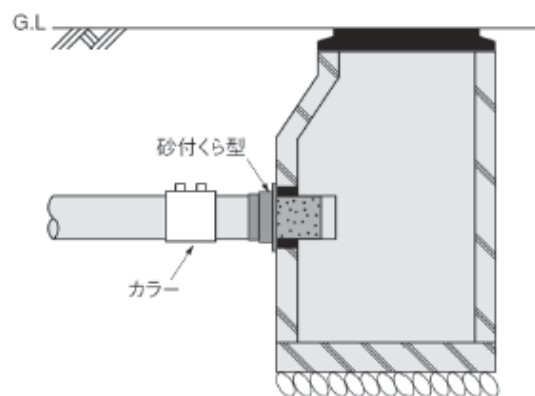


図 3-26 くら型マンホール継手

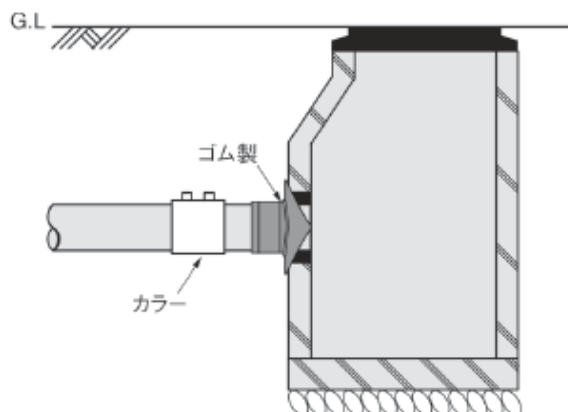


図 3-27 ゴム製マンホール継手

3.4.7 キャップの接続

キャップは、一般に管路の末端で使用する異形管である。長期的に使用される場合と管路施工時に仮止めの止水用として使用する場合とがある。

(1) 長期的に使用する場合

基本的な接合作業は直管の場合とほぼ同様である。施工例を図 3-28 に示す。

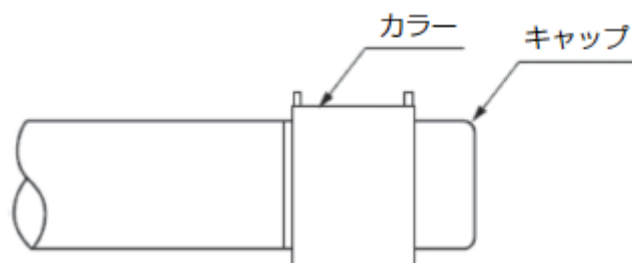


図 3-28 長期的に使用する場合の施工例

(2) 仮止めの止水用として使用する場合

地下水等が管内に浸入すると施工の妨げとなる。工事を行う際に取り外し可能な継手とキャップを使用して仮止め止水を行っていく必要がある。施工例を図 3-29 に示す。

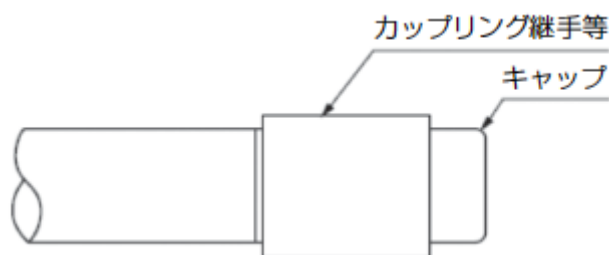


図 3-29 仮止めの止水用として使用する場合の施工例

補修

管に損傷が生じた場合には、以下の方法で補修を行う。

(1) 破損部の地盤の掘削

管破損部周囲の地盤を作業できるように掘削する。湧水や下水の流出がある場合、配水ポンプ又はポンプ車で排水する。

(2) 破損部の管の切断

破損部の管を切断する。残した管に損傷がないか確認し、管端が直角になるように切断する。斜め切れは、5 mm以内に修正する。(P.43、図 3-30 参照)

(3) 補修管の準備

残った両側の管の外側を清掃する。清掃範囲は EF カラーの全長以上とし、管外面だけでなく内面の下水等が外に流れ出さないように内面も清掃する。両側の管端間の長さを測定し、これより 5 ～10m 短い補修用管を準備します。このとき、EF カラーは中央部のストッパーを取り除いておく。

(4) 接合作業

先の管と補修用管の融着部の外面をスクレーパーで切削する。融着部全周面を確実に切削した後、アセトン等をしみ込ませたペーパータオルで、融着部および残った両側の管のカラーの差込範囲を清掃する。その後、挿入標線を補修用管の両側に油性インキで記入する。

2 個のカラーの受口内面をアセトン等で同様に清掃する。(図 3-31)

カラーを残った管の両側に入れ、管端が出るまで挿入する。(図 3-32)

補修用の管を残った管の間に挿入し、EF カラーを挿入標線まで移動する。(図 3-33)

所定のクランプで管を固定し融着を行う。

所定の冷却時間以上に十分冷却してから通水を行う。

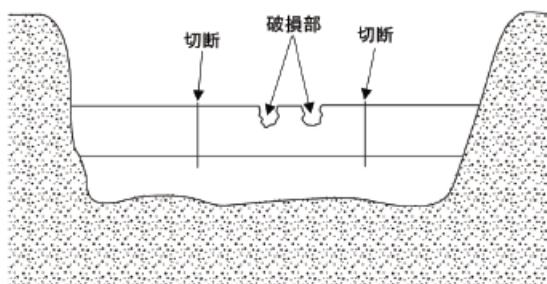


図 3-30 破損部

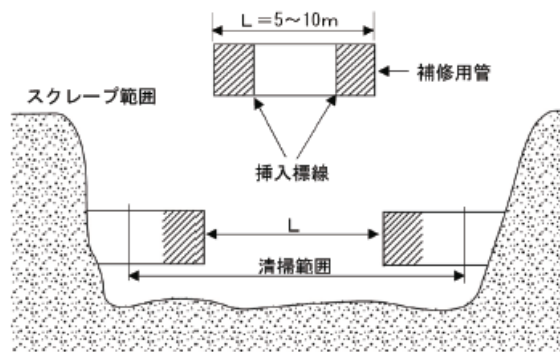


図 3-31 補修用管の切断

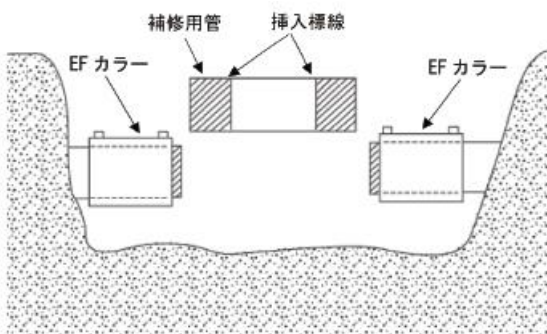


図 3-32 EF カラーの装着

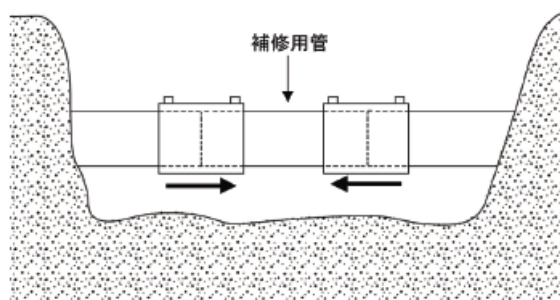


図 3-33 EF カラーの引き出し

(5) 検査

融着作業が正常に終了したことを確認する。

3.5.1 管路の掘削

- ### 3.5.2 基礎工

(图 3-34)

図 3-34 基礎工、埋戻し工の区分

継手掘り

管床部

約50cm

5~10cm

管据え付け面

10~20cm

管床付け面

原地盤

2) 湧水地帯や軟弱地盤の場合

44

れば効果がある。

(3) 管の抱き基礎

1) 砂の投入

- ① 管接合後、砂（粒径 20 mm以上のれきを含まないもの）を投入し抱き基礎をつくる。
- ② 砂の投入は、管が移動しないように管の左右交互に行う。芯出し等に使用した、くい等は取り除くこと。

2) 基礎砂の締め固め

ポリエチレン管のような可とう性管は地盤の反力の大小により埋設強度が異なるため、管周辺部の締め固めは特に入念に行う。

① 管底側部

空洞にならないように木だこ、突き棒で十分に充填し、よく締め固める。

② 管側部の砂基礎の巻出し

一層の仕上がり厚さが 30 cm を超えないようにし、一層ごとに基礎砂を均等に敷き均し、木だこまたは足踏み等により管側部を左右均等に入念に踏み固めること。

③ 振動コンパクターを使用する場合

振動により十分に締め固められないおそれがあるので、管上部は木だこまたは足踏みにより締め固めること。

3) 矢板施工

矢板引抜きによる基礎工および埋戻しの砂の移動防止と締め固めの効果を維持するために、合成樹脂シートを用いる方法がある。

3.5.3 埋戻し

基礎工から上の埋戻しは ① 管上 30 cmまでの埋戻し、② 管上 30 cmから地表面までの埋戻し、の二つに大別される。(P.44、図 3-34)

(1) 管上 30 cmまでの埋戻し

木だこ、振動コンパクター等で十分に締め固める。埋戻し土は粒径 20 mm以上のれきを含まないものとし、石、瓦礫等、管に悪影響を及ぼすようなものを一緒に埋めてはならない。

(2) 管上 30 cmから地表面までの埋戻し

- ① 良質土で厚さを 30 cmの層に分け、道路復旧工事仕様書に基づき、各埋戻し層ごとに振動コンパクター等で十分に締め固める。
- ② ローラーで埋戻し土を転圧する場合は管上 50 cm以上まで埋戻してから行う。
- ③ 雨や湧水による管の浮上や落下物等による管の損傷を防止するため、管布設後はすみやかに地表面まで埋戻すように留意する。

(3) 構造物周辺の埋戻し

構造物設置のために掘削された部分は、地盤沈下のおそれがあるため良質な埋戻し材料を用いて十分に締め固めること。

4 管の施工に関する検討

許容曲げ半径の検討

下水道用ポリエチレン管は横断方向には高い剛性を有し、かつ軸方向には可とう性を有する管である。この特長を生かし施工時の曲げ配管を管の生曲げで対応できる。さらに、曲げ配管を非開削工法で施工することも可能となる。ここでは、管を布設する際の許容曲げ半径について検討する。

4.1 短期曲げ半径の検討

(1) 目 的

管路工事施工時に短期的に発生する曲げ半径の許容値について検討する。

(2) 考え方

短時間で管に破損等の異常が生じない許容曲げ量は、管の曲げに対するひずみが降伏点でのひずみ量以下であれば問題ないと考えられる。

ポリエチレン管の降伏ひずみは引張速度により変化するため、引張速度による降伏点ひずみの最小値を測定し、許容曲げ半径を決定する。

(3) 試験条件

- 1) 引張速度 5 mm / 分、2 mm / 分、1 mm / 分、
0.5 mm / 分
- 2) 標線管距離 20 mm
- 3) 供試体 呼び径 75
- 4) ダンベル形状 図 4-1 に示す試験片

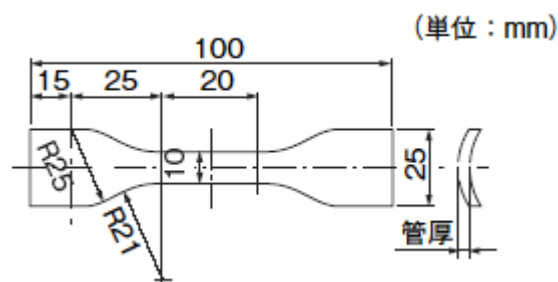


図 4-1 ダンベル状試験片

(4) 試験結果

図 4-2 に引張速度と降伏時ひずみを示す。降伏時のひずみが最小となるのは引張速度がゼロとなる時であり、データから外挿し降伏時ひずみは 40% であることが分かる。

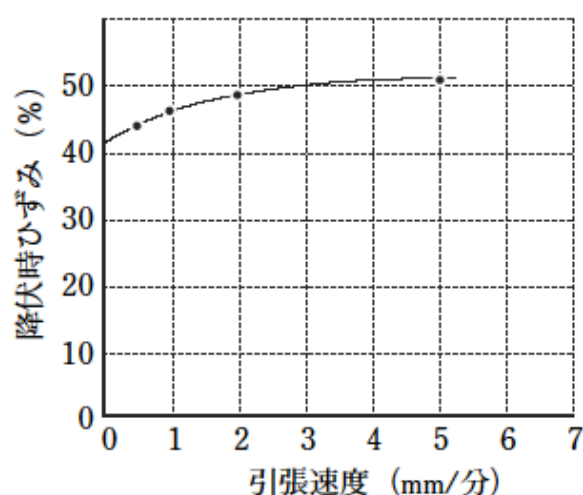


図 4-2 引張速度と降伏時ひずみの関係

この結果に基づき、短期の許容ひずみは他の外乱に対する安全率を 3 とし、継手部の断面変化による応力集中が 5 であることを加味し、

$$\begin{aligned}\text{短期許容ひずみ} &= 40\% \times 1/3 \times 1/5 \\ &= 2.67\% \text{となる。}\end{aligned}$$

このひずみに相当する管の曲げ半径は（図 4-3）

$$\begin{aligned}\text{短期の管の曲げ半径} &= \text{管外径} / (2 \times \text{管外径に生じるひずみ}) \\ &= D / (2 \times 0.0267) \\ &= 18.7 D \rightarrow 20 D \text{と設定できる。}\end{aligned}$$

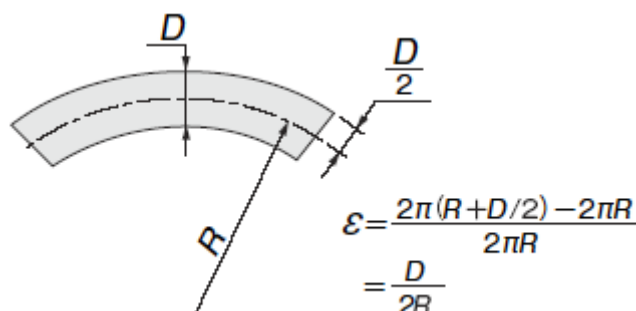


図 4-3 管の曲げ半径

(5) 確認試験

管の短期の耐曲げ性を確認するため、図 4-4 に示すように継手部を含むポリエチレン管を半径 10 D、20 D、30 D で曲げ、24 時間保持して管・継手部の異常の有無を確認した。

試験結果を表 4-1 に示すが、(4) で設定した許容曲げ半径以下の曲げ状態でも管の異常は認められなかった。

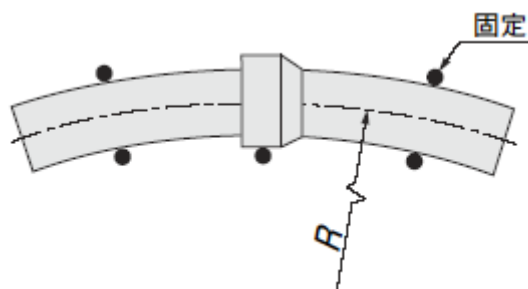


図 4-4 生曲げ確認試験方法

表 4-1 曲げ試験結果（下水道用ポリエチレン管 呼び径 100）

曲げ半径	管	接合部	気密試験結果
10 D	異常なし	異常なし	- 0.078MPa × 1 時間異常なし
20 D	異常なし	異常なし	- 0.078MPa × 1 時間異常なし
30 D	異常なし	異常なし	- 0.078MPa × 1 時間異常なし

(6) 考 察

管路施工時等の短期に許容できる管の曲げ半径は安全を考慮して 20 D とすることができる。

4.2 長期曲げ半径の検討

(1) 目的

下水道システムの管路配管時に許容される曲げ半径について検討する。

(2) 考え方

長期曲げ量は、長期引張試験から求めた許容応力に相当する曲げ以下であれば問題ないを考える。ただし、クリープ現象により見かけの弾性率が経時的に低下することから、これを測定し許容曲げひずみを求める。

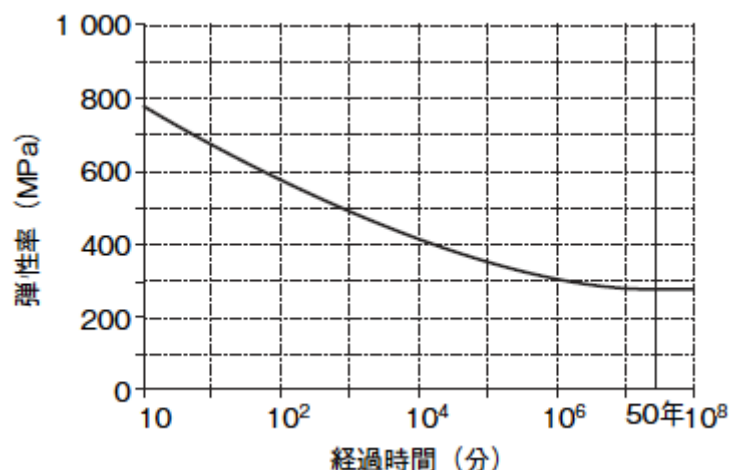


図 4-5 ポリエチレン管の相当曲げ弾性率の時間変化

弾性率の変化を図 4-5 に示す。図 4-5 よりポリエチレン管の長期弾性率は 288MPa 程度であることがわかる。

長期許容曲げひずみは 50 年相当の破断応力 9.8MPa を 50 年相当の弾性率 288MPa で割り、継手の断面変化による応力集中 5 を加味して求めると、

$$\begin{aligned}\text{長期許容曲げひずみ} &= 9.8 / 288 \times 1 / 5 \\ &= 0.68\% \text{となる。}\end{aligned}$$

これに相当する長期許容曲げ半径は、

$$\begin{aligned}\text{長期許容曲げ半径} &= \text{管外径} / (2 \times 0.0068) \\ &= 73.9 D \rightarrow 75 D \text{と設定できる。}\end{aligned}$$

5 耐薬品性

下水道用ポリエチレン管の耐薬品性（1984 年 2 月 DIN8075）は次の通りであり、下水道法で定められた流下物に対して充分安全であることが確認された。

表 5-1 下水道用ポリエチレン管の耐薬品性

薬 品 名		温度（℃）			薬 品 名		温度（℃）		
		20	40	60			20	40	60
(酸)									
塩 酸	35%	○	○	○	メチルアルコール		○	○	○
硫 酸	80%	○	○	○	エチルアルコール		○	○	△
硝 酸	25%	○	○	○	ベンゼン		△	△	△
リン酸	50%	○	○	○	トルエン		△	×	×
ふっ（弗）化水素酸	4%	○	○	○	クロロホルム		△	△	×
塩素水		○	—	×	酢酸エチル		○	△	×
酢 酸	10%	○	○	○	ガソリン		○	△	×
乳 酸		○	○	○	石 油	90%	○	△	△
酪 酸		○	○	△	グリセリン		○	○	○
(アルカリ)					クレゾール水溶液	100%	○	○	○
か（苛）性ソーダ	60%	○	○	○	(ガス)				
アンモニア水		○	○	○	塩素ガス湿性		×	×	×
(塩)					炭酸ガスその他多くの廃ガス		○	○	○
炭酸カリウム		○	○	○	(その他)				
炭酸バリウム		○	○	○	洗 剤		○	○	○
炭酸カルシウム		○	○	○	漂白剤		△	△	×
過マンガン酸カリ	20%	○	○	○	過酸化水素水	30%	○	○	○
リン酸カリウム		○	○	○	写真現像液		○	○	○
(有機薬品)					海水・塩水		○	○	○
メチレンクロライド		△	△	×	ワイン・酒類		○	○	○
トリクロルエチレン		×	×	×	牛 乳		○	○	○
四塩化炭素		△	×	×	でん（澱）粉糖溶液		○	○	○
アセトン		○	○	—	尿		○	○	○
メチルエチルケトン		○	○	△					

注：濃度表示の無い塩は、飽和水溶液の耐薬品性。

摘 要○：浸食されない。

△：若干浸食されるが注意すれば使用可。

×

参考1. 下水道用ポリエチレン管布設歩掛りについて

下水道用ポリエチレン管は、真空、圧力の用途の別により直管・異形管比率、施工環境が異なるため2種類の歩掛りを設定している。

(1) 真空式汚水収集システム

真空式汚水収集システムの歩掛りは（公財）日本下水道新技術機構発行の真空式下水道技術マニュアルに基づく。

参考表 1-1 真空式汚水収集システム歩掛り

呼び径（mm）	管布設歩掛り		機械損料及び消耗品費
	特殊作業員（人／m）	普通作業員（人／m）	
75	0.028	0.056	労務費の7.0%計上
100	0.032	0.057	
150	0.044	0.079	
200	0.064	0.105	
250	0.066	0.134	

(2) 圧送式汚水輸送システム

圧力用途については、実施工データに基づき、下表の数値を適用する。

参考表 1-2 圧送式汚水輸送システム歩掛り（人力据付け）

呼び径 （mm）	据え付け工		継手工（1 口）		機械損料及 び消耗品	切断工（1 口）		機械損料及 び消耗品
	特殊作業員 （人／m）	普通作業員 （人／m）	特殊作業員 （人）	普通作業員 （人）		配管工 （人）	普通作業員 （人）	
50	0.015	0.018	0.045	0.045	労務費の 7.0%	0.02	0.02	労務費の 7.0%
75	0.015	0.018	0.055	0.055		0.02	0.02	
100	0.018	0.020	0.080	0.080		0.03	0.03	
150	0.025	0.026	0.100	0.100		0.03	0.03	
200	0.030	0.052	0.160	0.160		0.04	0.04	

※カラー、片受け両方とも1 口とする。

参考表 1-3 圧送式汚水輸送システム歩掛り（機械据付け）

呼び径 (mm)	据え付け工				継手工(1口)		機械損 料及び 消耗品	切断工(1口)		機械損 料及び 消耗品
	特殊 作業員 (人/m)	普通 作業員 (人/m)	バックホウ		特殊 作業員 (人)	普通 作業員 (人)		配管工 (人)	普通 作業員 (人)	
			能力	(日/m)						
250	0.038	0.056	クローラ型	0.023	0.210	0.210	労務 費の 7.0%	0.06	0.06	労務 費の 7.0%
300	0.045	0.070	クレーン機能付	0.024	0.240	0.240		0.06	0.06	
350	0.050	0.080	吊能力 1.7t 吊	0.025	0.300	0.300		0.07	0.07	
400	0.053	0.085	排出ガス対策型	0.025	0.330	0.330		0.09	0.09	
450	0.055	0.095	(第2次基準	0.026	0.360	0.360		0.12	0.12	
500	0.060	0.100	値)	0.027	0.780	0.780		0.14	0.14	
550	0.070	0.150	山積 0.28m ³ /平積	0.028	0.840	0.840		0.16	0.16	
600	0.100	0.190	0.2m ³	0.028	1.000	1.000		0.20	0.20	

参考2. 汚水収集システムの比較

自然流下管の布設が難しい場合や布設できても建設費が多額となる地区については、真空式および圧力式の導入について検討することがコスト縮減に効果的である。この場合、対象地区の地形等を考慮し、自然流下方式との併用についても十分に検討する。

参考表 2-1 汚水収集システムの比較表

	圧 力 式	真 空 式	自然流下方式
搬送形式	＜圧力搬送＞ グライNDERポンプにより汚水中の異物を破碎し、圧送するシステム。	＜負圧搬送＞ 真空の力を利用して汚水と空気を管路に吸い込み、空気の流れと重力とで搬送するシステム。	＜自然流下搬送＞ 重力により自然流下で搬送するシステム。
流れの状態	非定常流・満管流	非定常流・二相流	非定常流・自由水面
主な構成要素	● グライNDERポンプユニット ● 圧送管路	● 真空弁ユニット ● 真空管路 ● 真空ステーション	● マンホール ● 自然流下管路（中継ポンプ場）
家庭からの汚水流入先	グライNDERポンプユニット（貯水タンク）	真空弁ユニット	マンホール
電源	＜電源分散型＞ 各グライNDERポンプユニットに必要	＜電源集中型＞ 真空ステーションのみ必要 （真空弁には電源不要）	＜中継ポンプ場がある場合、電源分散型＞ 中継ポンプ場毎に必要
管路口径	小さい 本管最小口径φ75	小さい 本管最小口径φ100	大きい 本管最小口径φ150
勾配	勾配を必要としない	2‰以上	流速を確保できる勾配が必要 （3‰以上）
掘削深	浅い	浅い	深い
点検内容	グライNDERポンプの定期点検、消耗部品の交換。	真空ステーションや真空弁の定期点検、消耗部品の交換。	中継ポンプ場がある場合、定期点検、消耗部品の交換。
電気代	グライNDERポンプごとにかかる。	真空ステーションのみにかかる。	中継ポンプ場ごとにかかる。
清掃	グライNDERポンプユニット内の清掃が必要。	管内流速が掃流速以上になるので管路清掃が不要。	マンホール、管路ともにスカムが発生するので定期的な清掃が必要。
管路の破損時	汚水が外部に漏れる。不明水（地下水等）の浸入がない。	軽微な破損であれば汚水は外部に漏れない。	汚水が外部に漏れ、しかも破損の発見が難しい。不明水（地下水等）の浸入がある。
適用地域	● 高低差の大きい地域 ● 地下水位が高い地域 ● 軟弱地盤な地域 ● 道路幅が狭い地域 等	● 平坦な地形 ● 高低差の小さい地域 ● 地下水位が高い地域 ● 軟弱地盤な地域 ● 道路幅が狭い地域 等	● 下り勾配の地形
工事期間	掘削深が浅いため短い	掘削深が浅いため短い	掘削深が深いため長い

（参考：汚水輸送システム）

圧送式輸送システム
＜圧力搬送＞ ポンプにより輸送するシステム。
非定常流・満管流
● ポンプ ● 圧送管路 ● 仕切弁 ● 空気弁 ● 排泥設備
—
＜電源分散型＞ 各ポンプ場に必要
—
勾配を必要としない
浅い
ポンプの定期点検、消耗部品の交換。
ポンプ場ごとにかかる。
ポンプ場内の清掃が必要。
汚水が外部に漏れる。不明水（地下水等）の浸入がない。
● 高地の処理場へ送る場合 ● 輸送距離が長くなる場合 ● 埋設深さが変化する場合 ● 起伏が多い場合 ● 深い埋設が困難な場合 ● 道路幅が狭い地域 等
掘削深が浅いため短い

参考3. 圧送式下水道輸送システムの概要

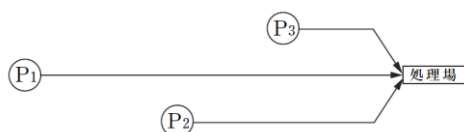
(1) システムの概要

圧送式下水道輸送システムは、ポンプ施設と圧力管路から構成される。輸送システムとは収集システム（自然流下方式、圧力式、真空式など）によって集められた下水を処理施設まで輸送する管路およびポンプ場の総称である。

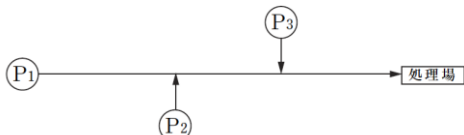
1) ポンプ施設

管路延長の長い場合、管きょは下流に行くほど埋設深さが深くなるので、その流入区域内の汚水を地表近くまで揚水、送水するために設けられる施設である。ポンプ場が複数箇所必要になる場合には、以下に示す圧送式のうち、適した形式を選考する。

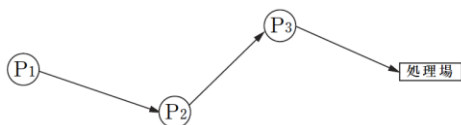
① 単一圧送形式（各ポンプ場から処理場まで個別に送る形式）



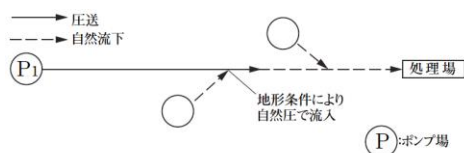
② 多重圧送形式（メインの圧送管路にポンプ圧送で途中流入させる形式）



③ 多段圧送形式（各ポンプ場を経由し、段階的に圧送する形式）



④ 圧送・自然流下併用形式（途中まで圧送し、その後は自然流下で送る形式）



2) 管路施設

圧送管路には内圧が作用するため、水撃圧を含めた設計水压に対して充分耐える構造および材質とする。また一般的に硫化水素対策についても検討が必要である。配管部材には接続部の高い信頼性が求められる。

「下水道用ポリエチレン管」はEF接合で管を接続するため、気密性が優れるとともに可とう性に優れ、地盤の不等沈下にも破損等の心配のない最適配管部材である。さらに、硫化水素の耐性についても問題がないことが明らかになっている。（※ DIN8075 (feb1984)）

(2) システムの主な特長

- ① 使用する管の口径を小さくすることができる。
- ② 管の埋設深さを浅くでき、建設費の低減や工期の短縮ができる。
- ③ 既設埋設物を容易に回避できる。
- ④ 不明水（地下水等）の浸入がない。

参考4. 真空式下水道収集システムの概要

(1) システムの概要

真空式下水道収集システムとは、真空下水管内を減圧し大気圧との差圧を利用して、汚水を収集するシステムである。

真空式下水道収集システムは、基本的に以下の3要素で構成されている。

1) 真空弁ユニット

真空弁ユニットは家庭内もしくは公道下に設置され、

- ① 家庭等から流入した汚水を一定量貯留し、
- ② 汚水の上昇により自動的に真空弁が開き、
- ③ 汚水と空気を吸い込む

役割を持ったユニットである。

2) 真空下水管

真空下水管は、管路内を負圧し汚水搬送する管で、配管形態は下り勾配と上り勾配のリフトにより構成されノコ刃状配管が特長となっている。配管材には接続部の高い信頼性が求められるが「下水道用ポリエチレン管」はEF接合で管を接続するため、気密性が優れるとともに可とう性に優れ、地盤の不等沈下にも破損等の心配のない最適配管材である。

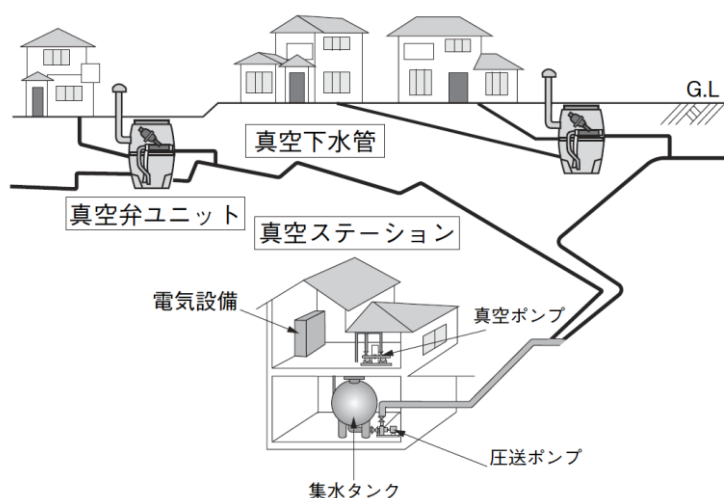
3) 真空ステーション

真空ステーションは、集水タンク、真空ポンプ、圧送ポンプ、制御盤などから構成されている。集水タンクの真空圧により真空ポンプの運転を制御し、汚水収集を行う。

収集された汚水は圧送ポンプによって自然流下幹線または下水処理場まで送られる。

(2) システムの主な特長

- ① 汚水と空気の混相流で搬送するため、管口径を小さくでき、浅層埋設が可能になることから管工事費が縮減可能である。
- ② 管内が負圧に保たれているため、汚水や臭気が外部に漏れないクリーンなシステムである。



参考図 4-1 真空式下水道収集システムの概要図

参考5. 圧力式下水道収集システムの概要

(1) システムの概要

圧力式下水道収集システムとは、グライNDERポンプにより汚物を破碎し、圧力下水管内を加圧し汚水を収集するシステムである。

圧力式下水道収集システムは、基本的に以下の2要素で構成されている。

1) グライNDERポンプ (GP) ユニット

グライNDERポンプユニットは家庭内もしくは公道下に設置され、

- ① 家庭等から流入した汚水を一定量貯留し、
- ② 汚水の上昇によりグライNDERポンプが作動し、
- ③ 汚物をグライNDERにより細かく破碎し、汚水を圧送する

役割を持ったユニットである。

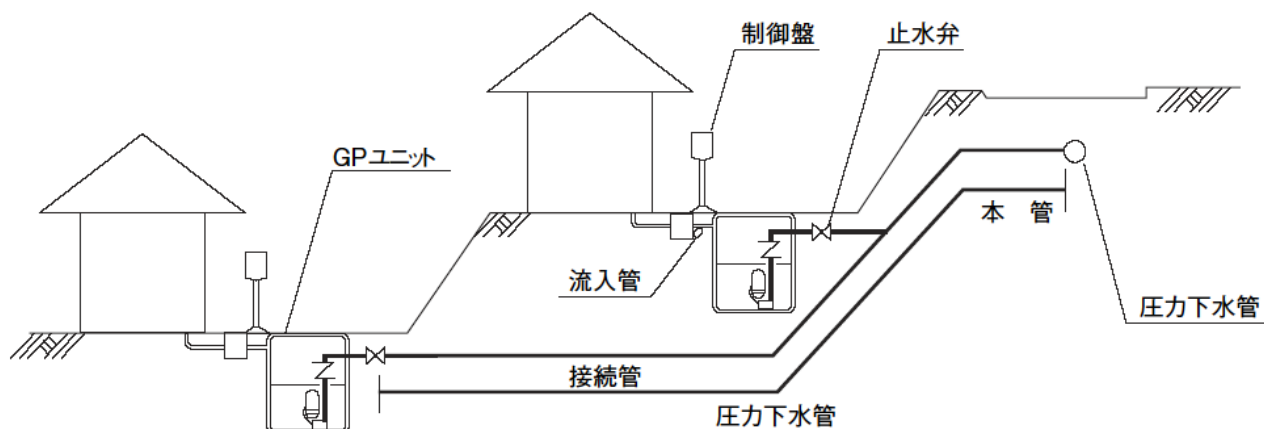
2) 圧力下水管

圧力下水管は、管路内を加圧し汚水を搬送する管で、地形に沿った浅層埋設配管が一般に可能である。

配管部材には接続部の高い信頼性が求められるが、「下水道用ポリエチレン管」はEF接合で管を接続するため、気密性が優れるとともに可とう性に優れ、地盤の不等沈下にも破損等の心配のない最適配管部材である。

(2) システムの主な特長

- ① グライNDERポンプにより汚物を破碎し、汚水を圧送するので、管口径を小さくでき、浅層埋設が可能になることから管工事費が縮減可能である。
- ② グライNDERポンプで汚水を圧送するので、起伏のある地形、橋梁添架等の一般に下水道管の布設が困難な場所でも、設計および配管が容易に可能である。



参考図 5-1 圧力式下水道収集システムの概要図

参考6. ポリエチレン管の埋設挙動

埋設時の管の安全性についての検討

ポリエチレン管の設計許容応力（ σ_a ）を 6.4MPa、許容たわみ率（ V_a ）を 4%とし、次の実験を行い安全性の確認をした。

(1) 土槽実験

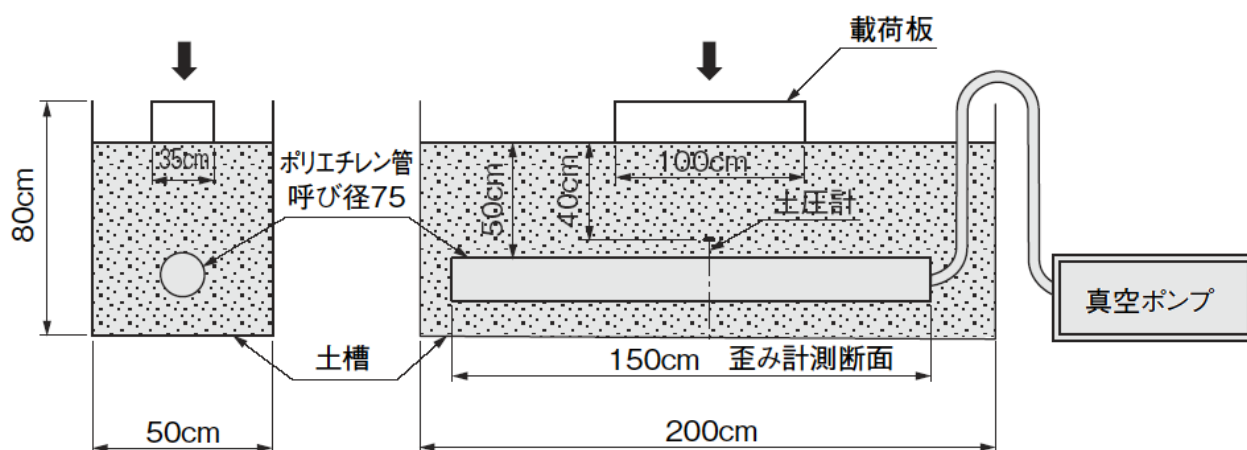
1) 目 的

ポリエチレン管に負圧が作用した状態での埋設時における安全性を確認するため、管に発生する応力を測定する。

2) 実験方法

土槽実験装置内に山砂を充填し、その中に呼び径 75 の管を埋設（土かぶり 0.5m）後、土圧の代用として油圧ジャッキで載荷し土圧計で土圧を測定する。

なお、土槽内の土質試験の結果は下記のとおりである。



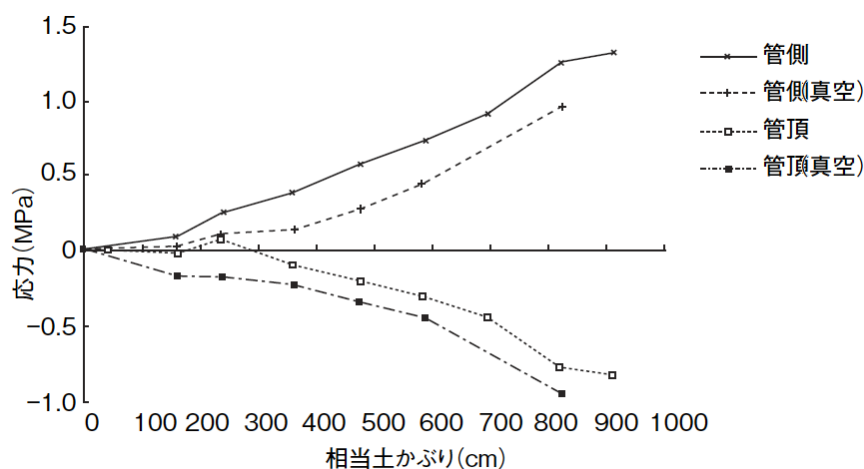
参考図 6-1 土槽実験装置図

参考表 6-1 土質試験結果

乾燥密度 (g/ cm ³)	含水比 (%)	最大乾燥密度 (g/ cm ³)	最大含水比 (%)	比 重
1.685	10.5	1.795	15.5	2.650

3) 実験結果

ポリエチレン管の管頂および管側における応力変化、また、360 cm相当土かぶり時の円周方向の応力分布を以下に記す。



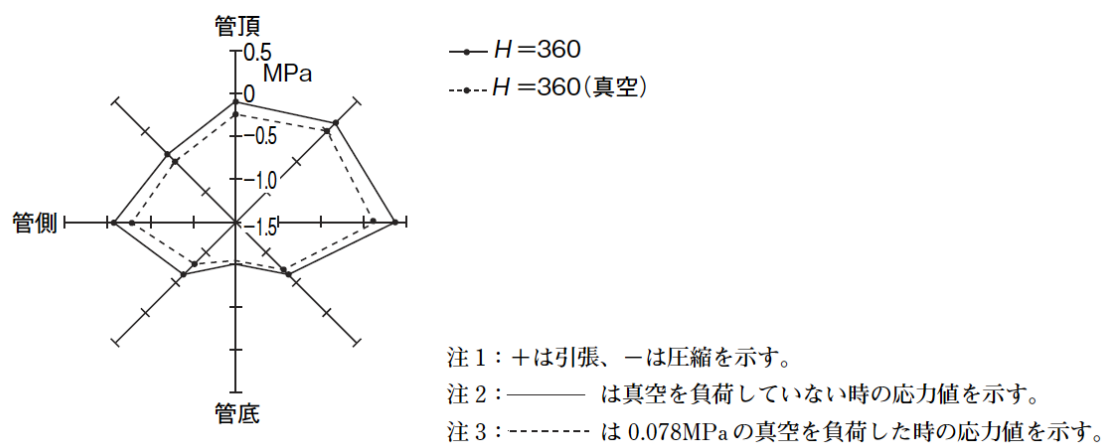
参考図 6-2 発生応力と土かぶり

注 1：+は引張、-は圧縮を示す。

注 2：管頂および管側は真空を負荷していないときの応力値を示す。

注 3：管頂（真空）および管側（真空）は-0.078MPa の真空を負荷したときの応力値を示す。

注 4：土かぶりは埋設深さ 50 cmと油圧ジャッキで載荷し、土圧計で測定した土圧値を 0.0018kgf/cm^3 で除して相当土かぶりとしている。



注 1：+は引張、-は圧縮を示す。

注 2：—— は真空を負荷していない時の応力値を示す。

注 3：----- は 0.078MPa の真空を負荷した時の応力値を示す。

参考図 6-3 円周方向の応力分布

4) 考 察

試験結果より、相当土かぶり 8m においても、発生応力は、最大 1.22MPa と小さく、下水道用ポリエチレン管は通常の埋設深さにおいて充分安全であると考えられる。また、負圧-0.078MPa の負荷による影響も小さい。

(2) 長期土槽内載荷実験

1) 目 的

土中に埋設されたポリエチレン管のクリープ特性を調べる。

2) 実験方法

(1) の土槽実験と同じ装置を使用し、負圧 (-0.078MPa) を負荷し、油圧ジャッキにて所定の荷重を加え、相当埋設深さにおいてのたわみ量を測定する。

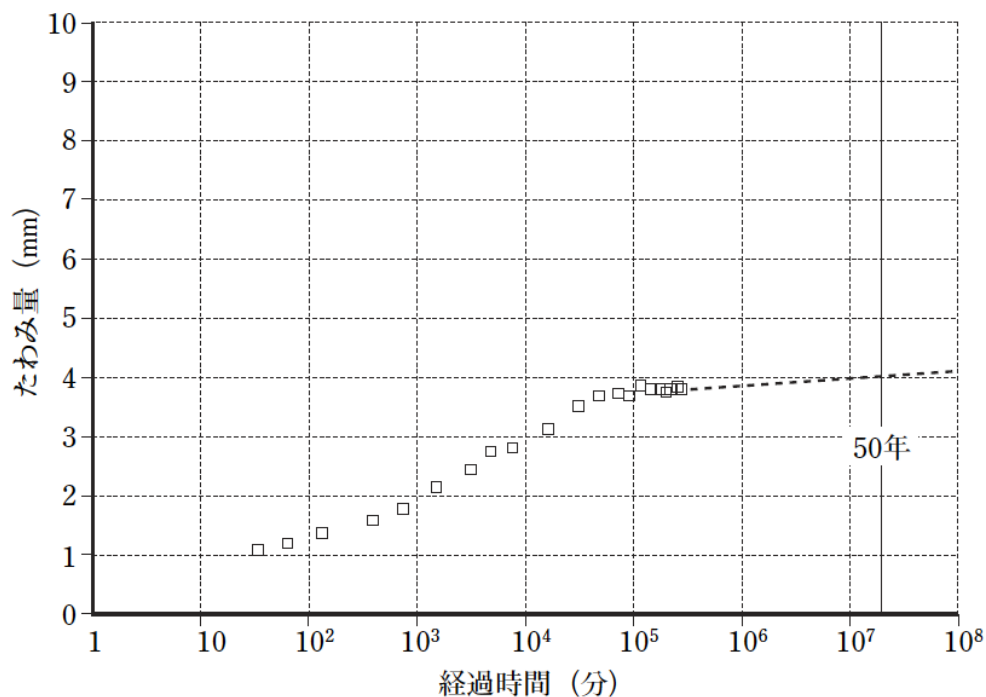
3) 試験条件

① 供試体 下水道用ポリエチレン管呼び径 100、長さ 800 mm

② 装 置 載荷装置…50 トン油圧ジャッキ
測定装置…ひずみ変換式変位計 (発生鉛直たわみ)

③ 測定条件 相当埋設深さ…5m
埋戻し材料…砂質土
測定期間…6 ケ月

4) 試験結果



参考図 6-4 経過時間とたわみ量の関係

5) 考 察

試験結果より 50 年に相当する時間までたわみ量を外挿すると約 4.2 mm (たわみ率 3.5%) であり、長期の埋設に対しても下水道用ポリエチレン管は充分安全であると考えられる。

参考7. 道路（公道）下埋設について

下水道用ポリエチレン管は道路下埋設に耐え得る優れた管材料である。
以下に概要を示す。

道路下埋設の現状

下水道用ポリエチレン管は道路下埋設に耐え得る十分な強度を有しており、国道、県道下での埋設実績も 200km 以上（平成 25 年 12 月）ある。

現在の所、道路下埋設認可の対応は自治体によって異なっているが、近年、ポリエチレン管の優れた強度特性の認知度が高まってきている事もあり、これからは、道路下埋設を認可する自治体が増加してきている。

道路下埋設の動向

（1）浅層埋設に関する通達

平成 11 年 3 月 31 日付で「電線、水管、ガス管又は下水道管を道路下の地下に設ける場合における埋設深さ等について」の建設省道政発第 32 号建設省国発第 5 号建設省道路局路政課長国道課長通達があった。

骨子は以下の通りである。

1) 基本的な考え方

現行の制度の下で管路等の埋設深さを可能な限り浅くする内容

- 下水道管の本線を埋設する場合：土かぶり 1.0 m 以下にしない
- 下水道管の本線以外を車道下に埋設する場合：土かぶり 0.6 m 以下にしない
- 下水道管の本線以外を歩道下に埋設する場合：土かぶり 0.5 m 以下にしない

2) 下水道用ポリエチレン管の取扱い

通達の「2. 適用対象とする管路等の種類および管径」の中で今般の措置の対象となる管路等の種類（規格）および管径を掲げているが、下水道用ポリエチレン管は「同等以上の強度を有するものについては、今般の措置の対象とすることができる。」に該当するため、その適用を受ける事ができる。

ただし、下水道事業では、管径：300 mm 以下
従って、下水道用ポリエチレン管は、上記の範囲で道路下埋設することが可能な管材である。

（2）下水道用ポリエチレン管 JSWAS K-14

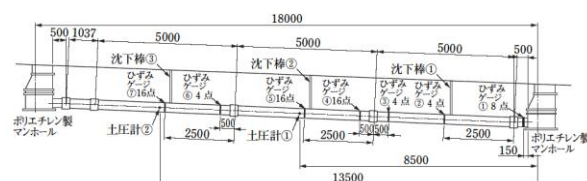
下水道用ポリエチレン管の優れた埋設性能は、公益社団法人 日本下水道協会発行の JSWAS K-14 の中にも記載されている。規格書には公益財団法人 日本下水道新技術機構殿 および神奈川県川崎市殿と共同で道路下埋設実験を実施しており、土かぶり 120 cm T-25 トラックを載荷しても全く問題ないことが確認されている。その概要を次のページに示す。

道路下埋設試験の概要（技術マニュアルの内容）

1. 試験場所：神奈川県川崎市高津区 橘処理センター前
2. 試験期間：1997 年 8 月 29 日～12 月 22 日
3. 施工条件：呼び径 250 mm、延長 18m、土かぶり 120 cm
4. 主な試験項目
 - ① 管の静的挙動調査
 - ② 負圧および内圧負荷試験（負圧 0.078MPa、内圧 0.1MPa）
 - ③ 車両載荷時の管の挙動調査（T-25 トラック載荷）
 - ④ 車両載荷時の路面への影響調査（T-25 トラック載荷）

5. 主な測定項目

- ① 管のひずみ
- ② 管のたわみ
- ③ 管の沈下量
- ④ 路面のたわみ



参考図 7-1 道路下埋設試験概要

6. 測定結果および考察

① 管の静的挙動調査

管のたわみは施工当初で発生し、経時変化も少なく 3 ヶ月後の最大たわみ発生箇所においてもたわみ率 1.5% と許容たわみ 4.0% に比較して充分安全であることが確認できた。

② 負圧および内圧負荷試験

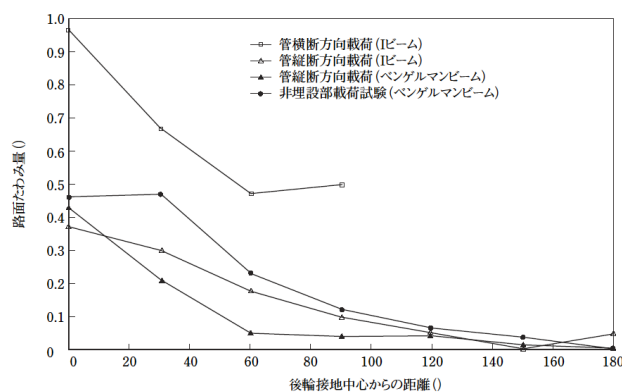
負圧および内圧負荷時においても、管に発生するひずみは計算値よりも小さく充分安全であることが確認できた。

③ 車両載荷時の管の挙動調査

T-25 トラック載荷時においても、管に発生する最大ひずみ (300 μ) は計算値よりも小さく充分安全であることが確認できた。

④ 車両載荷時の路面への影響調査（T-25 トラック載荷）

T-25 トラック載荷時によって発生する路面たわみは、埋設管の有無にかかわらず 1 mm 以下であり、除荷後には路面たわみは復元することから、下水道用ポリエチレン管の埋設による路面への影響はほとんど無いことが確認できた。



参考図 7-2 T-25 トラック載荷時の路面たわみ量

参考8. 耐震性の検討

単位については、一部 CGS 単位系で表記している。

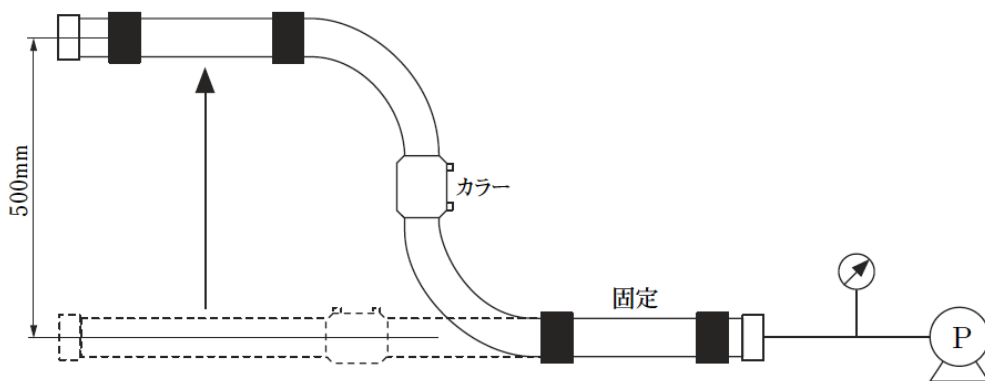
(1) 管及び接合部の強制変位試験

1) 目 的

地震等で発生する地盤変動時に対する管体の追従性を確認するために、管及び接合部の強制変位試験を実施した。

2) 試験方法

ポリエチレン管にカラーを接続し片側を固定する。その後、真空を負荷したうえで、反対側を強制的に引き上げる。管及び接合部の状況を観察し、異常の有無を調べる。



参考図 8-1 管・接合部の強制変位試験概要図

3) 試験条件

- ① 供試体 呼び径 100 のカラーで接合した直管、長さ 300 cm
- ② 供試体数 3 個
- ③ 試験温度 20℃
- ④ 強制変位量 50 cm

4) 試験結果

負圧 (-0.078MPa) $\{-0.8\text{kgf/cm}^2\}$ を、3 分間負荷した状態で 50 cm の強制変位を与えても、接合部からの漏れ、管の白化等の異常は認められなかった。

5) 考 察

試験結果より、ポリエチレン管は強制変位に対しても追従し、接合部の気密性は維持されることが確認できた。

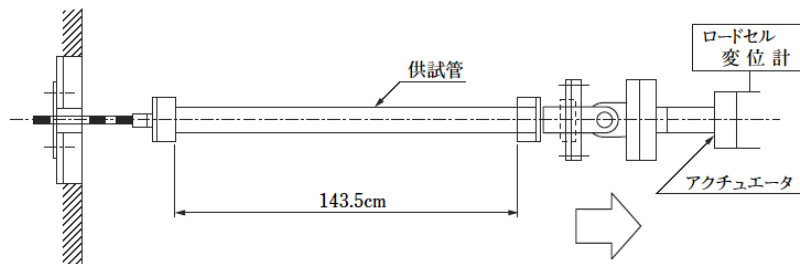
(2) 管体高速引張試験

1) 目 的

地震による地盤変動は瞬時に発生し、急激な速さで管体が引張られることが想定される。そこで、管体の高速引張に対する安全性を確認するために、管体高速引張試験を実施した。

2) 試験方法

ポリエチレン管の片端を反力壁に固定し、他端を油圧式サーボアクチュエータに接続して、一定変位・一定速度の強制変位を作用させ、発生荷重及び変位を測定することにより管体の強度を調べる。



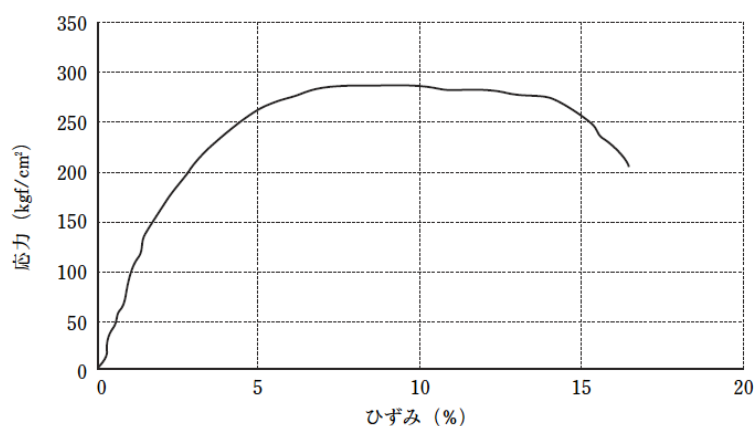
参考図 8-2 管体高速引張試験図

3) 試験条件

- ① 供試体 呼び径 75 のカラーで接合した直管、長さ 143.5 cm
- ② 供試体数 3 個
- ③ 試験温度 23℃
- ④ 引張速度 100 cm /s
- ⑤ 変 位 250 mm

4) 試験結果

試験結果のひずみは供試管長に対する変位量の比率を、応力は発生荷重を管断面積で除した値を示したものである。



参考図 8-3 管体高速引張試験結果

5) 考 察

試験結果より、高速で管体を引張ってもポリエチレン管は、管体として十分耐え得る強度を有することが確認できた。

(3) 管体疲労試験

1) 目 的

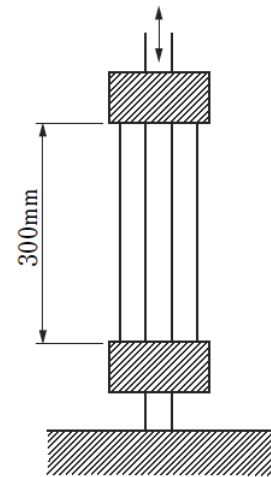
軸方向の繰り返し疲労試験を行い、破壊的地震の予想振動回数最大 50 回を与えたときのひずみ振幅を求め、管体の性能を確認する。

2) 試験方法

疲労試験機により管の軸方向に定ひずみを繰り返し与え、破壊するまでの回数を求める。

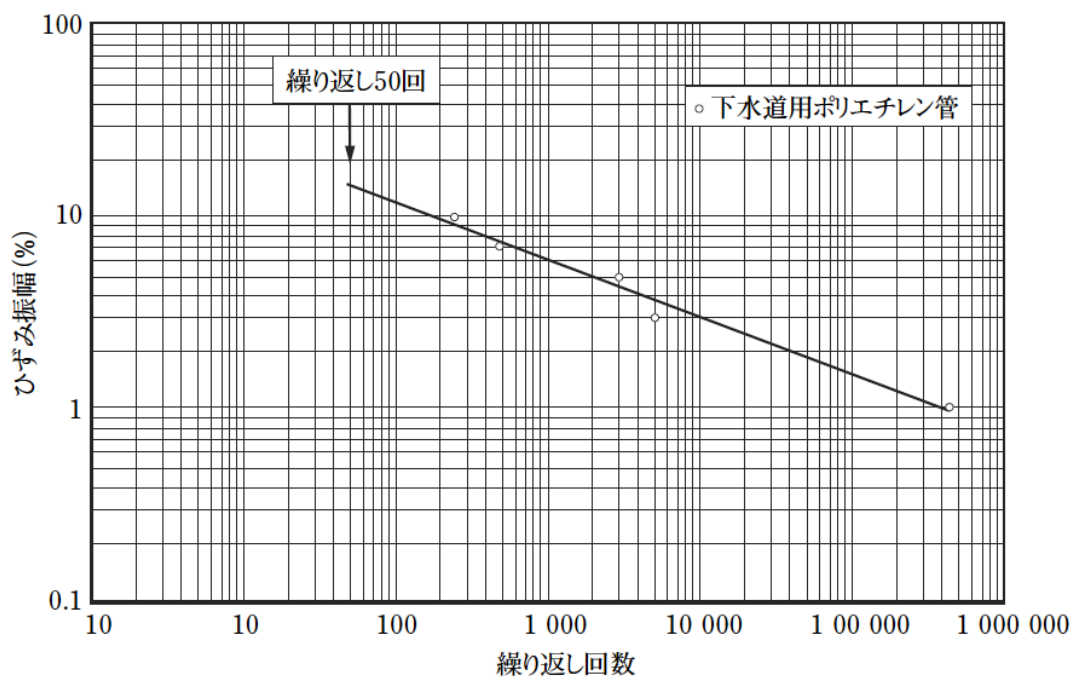
3) 試験条件

- ① 供試体 呼び径 100、長さ 500 mm
- ② 制御形式 片振引張、ひずみ制御
- ③ 試験機 400kN 電気油圧式疲労試験機（島津製）
- ④ 波 形 正弦波
- ⑤ 周波数 1 Hz
- ⑥ 試験温度 常温



参考図 8-4 管体疲労試験概要図

4) 試験結果



参考図 8-5 管体疲労試験結果

5) 考 察

試験結果より、50 回振動に対して、耐え得るひずみ振幅は 10%以上であり、ポリエチレン管は優れた疲労特性を有していることが確認された。

参考9. 耐震計算結果

※ホームページ (<http://www.pekyo.jp/>) にて実際に耐震計算ができるプログラムを公開しています。

下水道用ポリエチレン管には、EF 接合方式やバット融着方式による接合により管路が一体化している。そのため、地震動によって生ずる管路の応力やひずみの計算は、「水道施設耐震工法指針・解説－2009 年版」や「下水道施設の耐震対策指針と解説－2014 年版」に準拠して行うことが出来る。

1. 結果まとめ

1) 設計条件

- ① 管体 : 下水道用ポリエチレン管 JSWAS K-14
- ② 埋設条件 : 土かぶり $h=1.2$ (m)
- ③ 設計水圧 : $P_i=1.0$ (MPa)
- ④ 活荷重 : T-25 $P_m=100$ (kN)
- ⑤ 温度変化 : $\Delta t=15$ (°C)
- ⑥ 地盤モデル : 「下水道施設耐震指針計算例－管路施設偏」 ((公社)日本下水道協会) の標準土質モデル I とする。

2) 計算結果

表 9-1 耐震計算結果 (レベル 1 地震動)

単位 : %

呼び径		50-J	50	75	100	150	200	250	300
常時荷重	設計内圧	0.354	0.349	0.348	0.355	0.355	0.356	0.357	0.357
	自動車荷重	0.180	0.175	0.146	0.125	0.104	0.089	0.079	0.074
	温度変化	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
	不同沈下	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013
レベル 1 地震動 $\eta=2.0$		0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092
軸方向ひずみ合計		0.822	0.812	0.781	0.767	0.745	0.730	0.721	0.716
許容値		3.0							

呼び径		350	400	450	500	550	600
常時荷重	設計内圧	0.315	0.358	0.358	0.358	0.359	0.359
	自動車荷重	0.067	0.066	0.063	0.059	0.056	0.053
	温度変化	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
	不同沈下	0.012	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012
レベル 1 地震動 $\eta=2.0$		0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092
軸方向ひずみ合計		0.666	0.709	0.705	0.701	0.699	0.696
許容値		3.0					

表 9-2 耐震計算結果（レベル 2 地震動）

単位：％

呼び径		50-J	50	75	100	150	200	250	300
常時荷重	設計内圧	0.354	0.349	0.348	0.355	0.355	0.356	0.357	0.357
	自動車荷重	0.180	0.175	0.146	0.125	0.104	0.089	0.079	0.074
	温度変化	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
	不同沈下	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013
レベル 2 地震動 $\eta=2.0$		0.306	0.306	0.306	0.306	0.306	0.305	0.305	0.305
軸方向ひずみ合計		1.036	1.026	0.995	0.981	0.959	0.943	0.934	0.929
許容値		3.0							

呼び径		350	400	450	500	550	600
常時荷重	設計内圧	0.315	0.358	0.358	0.358	0.359	0.359
	自動車荷重	0.067	0.066	0.063	0.059	0.056	0.053
	温度変化	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
	不同沈下	0.012	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012
レベル 1 地震動 $\eta=2.0$		0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092
軸方向ひずみ合計		0.666	0.709	0.705	0.701	0.699	0.696
許容値		3.0					

2. 計算例

下水道用ポリエチレン管 呼び径500を土被り1.2mに埋設した場合の耐震計算結果を以下に示す。

1) 設計条件

- ① 管体仕様 管径（外径）：D=0.560（m）
管 厚 ：t=0.04335（m）
- ② 埋設条件 ：土かぶりh=1.2（m）
- ③ 設計水圧 ：Pi=1.0（MPa）
- ④ 活荷重 ：T-25 Pm=100（kN）
- ⑤ 温度変化 ：Δt=15（℃）
- ⑥ 地盤モデル：「下水道施設耐震指針計算例—管路施設偏」（（公社）日本下水道協会）の標準土質モデルⅠとする。

表 8-1 土質モデルⅠ

層番号	下端深度 (GL-m)	層厚 (m)	土質	単位体積重量 (kN/m ³)	平均 N 値	せん断弾性波速度 Vsi (m/s)
1	0.50	0.50	砂質土	18.0	2	100.794
2	3.30	2.80	砂質土	17.0	5	136.798
3	5.20	1.90	粘性土	16.0	3	144.25
4	8.50	3.30	砂質土	17.0	10	172.355
5	20.70	12.20	粘性土	16.0	2	125.992
6	24.70	4.00	砂質土	17.0	12	183.154
7	基盤	—	—	20.0	50	334.291

2) 常時荷重による管体発生ひずみ

(1) 内圧による軸方向ひずみ

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

{

ここに、 ε_{pi} ：内圧による管軸方向ひずみ

ν ：ポアソン比 (0.47)

P_i ：内圧 (1.0MPa)

D ：埋設管の外径 (0.560m)

t ：管厚 (0.04335m)

E ：管の弾性係数 (765MPa)

}

$$\varepsilon_{pi} = 0.47 \times \frac{1.0 \times (0.560 - 0.04335)}{2 \times 0.04335 \times 765} = 0.366 (\%)$$

(2) 活荷重による軸方向ひずみ

$$\varepsilon_{p0} = \frac{0.322 \cdot W_m}{Z_P \cdot E} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{K_V \cdot D}}$$

$$W_m = \frac{2 \cdot P_m \cdot D \cdot \beta}{C \cdot (a + 2 \cdot h \cdot \tan \theta)} \cdot (1 + i)$$

ここに、 ε_{p0} ：活荷重による管軸方向ひずみ
 W_m ：活荷重 (N/m)
 P_m ：自動車1後輪当りの荷重 (100kN)
 C ：車体占有幅 (2.75m)
 a ：接地幅 (0.2m)
 h ：土被り (1.2m)
 θ ：荷重分散角 (45°)
 i ：衝撃係数 (0.5)
 β ：断面力の低減係数 (0.9)
 K_V ：鉛直方向地盤反力係数 ($9.8 \times 10^6 \text{N/m}^3$)
 E ：管の弾性係数 (765MPa)
 I ：断面二次モーメント ($2.36 \times 10^{-3} \text{m}^4$)
 Z_P ：断面係数 ($8.44 \times 10^{-3} \text{m}^3$)
 D ：埋設管の外径 (0.560m)

$$W_m = \frac{2 \times 100 \times 10^3 \times 0.560 \times 0.9}{2.75 \times (0.2 + 2 \times 1.2 \times \tan 45^\circ)} \times (1 + 0.5) = 21147 \text{ (N/m)}$$

$$\varepsilon_{p0} = \frac{0.322 \times 21147}{8.44 \times 10^{-3} \times 765 \times 10^6} \sqrt{\frac{765 \times 10^6 \times 2.36 \times 10^{-3}}{9.8 \times 10^6 \times 0.560}} = 0.061 (\%)$$

(3) 温度変化による軸方向ひずみ

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

$$\varepsilon_t = 13 \times 10^{-5} \times 15 = 0.195 (\%)$$

ここに、 ε_t ：温度変化による軸方向ひずみ
 α ：線膨張係数 ($13 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$)
 Δt ：温度変化 (15°C)

(4) 不同沈下による軸方向ひずみ

不同沈下によって発生する軸方向歪みの計算に際しては、盛土による地盤の沈下を対象とした計算を行う。

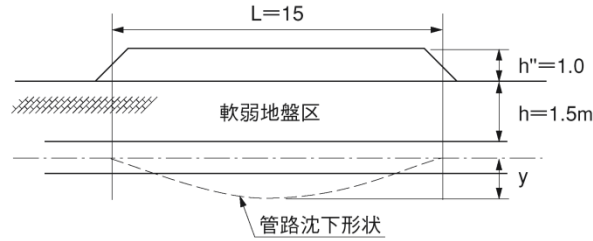


図 8-6 不同沈下想定図

融着した下水道用ポリエチレン管を弾性床土上の梁とし、最大曲げモーメントは、構造力学公式集（土木学会）によると、以下の M_1 又は M_2 の大きな値によって、安全側に近似することができる。

$$\varepsilon_{ps} = \begin{cases} \frac{M_1}{E \cdot I} \cdot \frac{D}{2} & (M_1 \geq M_2) \\ \frac{M_2}{E \cdot I} \cdot \frac{D}{2} & (M_1 < M_2) \end{cases}$$

$$M_1 = \frac{W_d}{2\beta_0^2} \exp\left(-\frac{\beta_0 L_s}{2}\right) \sin \frac{\beta_0 L_s}{2}$$

$$M_2 = 0.3877 \frac{W_d}{\beta_0^2} \cdot \{0.2079 + \exp(-\beta_0 L_s) \cdot (\sin \beta_0 L_s - \cos \beta_0 L_s)\}$$

$$\beta_0 = \sqrt[4]{\frac{K_{g2}}{4EI}}$$

$$W_d = \gamma_z \cdot h \cdot D$$

ここに、 ε_{ps} ：不同沈下による軸方向ひずみ

W_d ：鉛直土荷重 (N/m)

β_0 ：基礎の特性値 (m^{-1})

L_s ：軟弱地盤区間 (50m)

K_{g2} ：軸直角方向に関する地盤の剛性係数 (401MPa)

E ：管の弾性係数 (765MPa)

I ：管の断面二次モーメント ($2.36 \times 10^{-3} m^4$)

γ_t ：土の単位体積重量 (20kN/m³)

h ：土被り (1.2m)

D ：埋設管の外径 (0.560m)

$$\beta_0 = \sqrt[4]{\frac{401}{4 \times 765 \times 2.36 \times 10^{-3}}} = 2.73$$

$$W_d = 20 \times 103 \times 1.2 \times 0.560 = 13440$$

$$M_1 = \frac{13440}{2 \times 2.73^2} \times \exp(-2.73 \times 50/2) \times \sin(2.73 \times 50/2) \doteq 0$$

$$M_2 = 0.3877 \times \frac{13440}{2.73^2} \\ \times [0.2079 + \exp(-2.73 \times 50) \times \{\sin(2.73 \times 50) - \cos(2.73 \times 50)\}] \\ = 145.35$$

よって、 $M_1 < M_2$ より、不同沈下による軸方向ひずみ ε_{ps} は、以下のようになる。

$$\varepsilon_{ps} = \frac{145.35}{765 \times 2.36 \times 10^{-3}} \times \frac{0.560}{2} = 0.002(\%)$$

3) 地震時の管体発生ひずみ

(1) 基盤面における設計水平震度

$$K'_{h1} = C_Z \cdot K'_{h01}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{ここに、 } K_{h1} : \text{基盤面における水平震度} \\ C_Z : \text{地域別補正係数 } C_Z = 1.00 \text{ [A地域]} \\ \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline \text{地域区分} & \text{A地域} & \text{B地域} & \text{C地域} & \text{D地域} \\ \hline \text{地域別補正係数 } C_Z & 1.00 & 0.90 & 0.80 & 0.70 \\ \hline \end{array} \\ K_{h01} : \text{基盤面における基準水平震度 (0.15)} \end{array} \right]$$

$$K'_{h1} = 1.00 \times 0.15 = 0.15$$

(2) 表層地盤の基本固有周期

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$$

ここに、 T_G : 表層地盤の固有周期 (s)
 H_i : i 番目の地層の厚さ (m)
 V_{si} : i 番目の地層の平均せん断弾性波速度 (m/s)

層番号	土質	層厚 H_i (m)	平均 N 値 N_i	せん断弾性波速度 V_{si} (m/s)	H_i/V_{si} (S)
1	砂質土	0.50	2	100.794	0.00496
2	砂質土	2.80	5	136.798	0.02047
3	粘性土	1.90	3	144.225	0.01317
4	砂質土	3.30	10	172.355	0.01915
5	粘性土	12.20	2	125.992	0.09683
6	砂質土	4.00	12	183.154	0.02184
Σ	—	24.7	—	—	0.17642

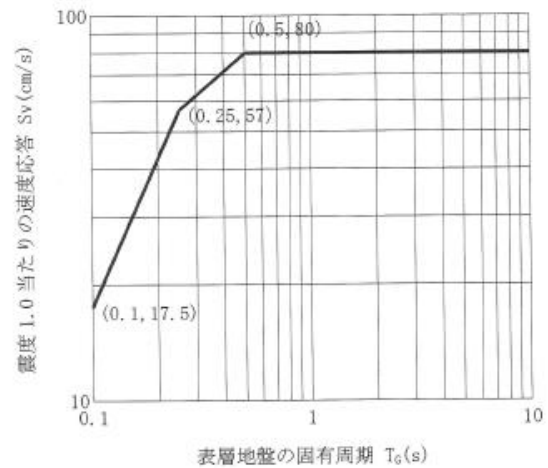
$$T_G = 4 \times 0.17642 = 0.706 \text{ (s)}$$

(3) 表層地盤の速度応答スペクトル

基盤地震動の単位震度当たりの速度応答スペクトル S_v を、「水道施設耐震工法指針・解説—2009 年版」図-1.3.4 より求める。

$$S_v = 80.0 \text{ (cm/s)}$$

$$= 0.800 \text{ (m/s)}$$



(4) 表層地盤の動的せん断弾性波速度

$$V_{SD} = \frac{4 \cdot H_g}{T_G}$$

ここに、 V_{SD} : 表層地盤の動的せん断弾性波速度 (m/s)
 H_g : 表層地層の厚さ (24.7m)
 T_G : 表層地盤の固有周期 (0.706s)

$$V_{SD} = \frac{4 \times 24.7}{0.706} = 139.943 \text{ (m/s)}$$

(5) 地盤振動の波長

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

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

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

$$\left(\begin{array}{l} \text{ここに、 } L : \text{表層地盤の動的せん断弾性波速度 (m/s)} \\ T_G : \text{地盤の固有周期 (0.706s)} \\ V_{SD} : \text{表層地盤の動的せん断弾性波速度} \\ \quad (139.943\text{m/s}) \\ V_{SDB} : \text{基盤層の動的せん断弾性波速度 (334.291m/s)} \end{array} \right)$$

$$L_1 = 0.706 \times 139.943 = 98.800 \text{ (m)}$$

$$L_2 = 0.706 \times 334.291 = 236.009 \text{ (m)}$$

$$L = \frac{2 \times 98.800 \times 236.009}{98.800 + 236.009} = 139.290(m)$$

(6) 地震動レベル1における地盤の水平変位振幅

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} S_v \cdot T_G \cdot K'_{h1} \cdot \cos \frac{\pi Z}{2H}$$

$$Z = h + \frac{D}{2}$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{ここに、 } U_h(Z) : \text{地盤の水平変位振幅 (m)} \\ Z : \text{管の中心震度 (m)} \\ S_v : \text{基盤地震動の単位震度当たりの} \\ \quad \text{速度応答スペクトル (0.800m/s)} \\ T_G : \text{地盤の固有周期 (0.706s)} \\ K'_{h1} : \text{基盤面における水平震度 (0.150)} \\ H_g : \text{表層地層の厚さ (24.7m)} \\ h : \text{土被り (1.2m)} \\ D : \text{埋設管の外径 (0.560m)} \end{array} \right)$$

$$Z = 1.2 + \frac{0.560}{2} = 1.48(m)$$

$$U_h(1.48) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.800 \times 0.706 \times 0.150 \times \cos \left(\frac{\pi \times 1.48}{2 \times 24.7} \right) = 0.0171$$

(7) 地震動レベル1により地盤に生じるひずみ

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{L} \cdot U_h(Z) \cdot \eta$$

ここに、 ε_{gd} : 地震動により地盤に生じるひずみ
 L : 地盤振動の波長 (139.290m)
 $U_h(Z)$: 地盤の水平変位振幅 (0.0171m)
 η : 地盤の不均一度係数 $\eta = 1.0$

不均一の程度	均一	不均一	極めて不均一
不均一度係数 η	1.0	1.4	2.0

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{139.290} \times 0.0171 \times 1.0 = 0.0003857$$

(8) 地震動レベル1によるひずみ

$$\varepsilon_G = \gamma \cdot \sqrt{\varepsilon_L^2 + \varepsilon_B^2}$$

$$\varepsilon_L = \alpha_1 \cdot \varepsilon_{gd}$$

$$\varepsilon_B = \alpha_2 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot D}{L} \cdot \varepsilon_{gd}$$

ここに、 ε_G : 地震動によるひずみ
 ε_L : 管の軸方向ひずみ
 ε_B : 管の曲げ方向ひずみ
 γ : 重畳係数 (3.12)
 α_1 : 軸方向の地盤変位伝達係数
(すべりを考慮しないので1.0とする)
 α_2 : 曲げ方向の地盤変位伝達係数
(管の可とう性より、1.0とする)
 ε_{gd} : 地震動により地盤に生じるひずみ
(0.0003857)
 L : 地盤振動の波長 (139.290m)
 D : 埋設管の外径 (0.560m)

$$\varepsilon_L = 1.0 \times 0.0003857 = 0.0003857$$

$$\varepsilon_B = 1.0 \times \frac{2 \times \pi \times 0.560}{139.290} \times 0.0003857 = 0.000010$$

$$\varepsilon_G = \sqrt{3.12 \times 0.0003857^2 + 0.000010^2} = 0.0681\%$$

(9) 地震動レベル2における地盤の水平変位振幅

下水道用ポリエチレン管は、地盤変状にほぼ完全に追従すると考えられるので地震動レベル1と同様に設計する。

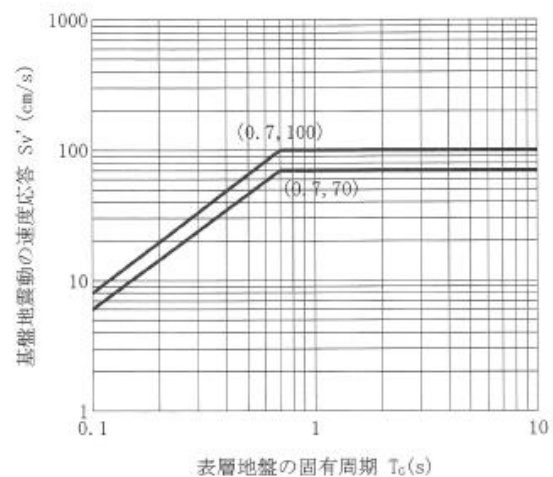
$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} S_v' \cdot T_G \cdot \cos \frac{\pi z}{2H}$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{ここに、 } U_h(z) : \text{地盤の水平変位振幅 (m)} \\ Z : \text{管の中心震度 (m)} \\ S_v' : \text{基盤地震動速度応答スペクトル} \\ \quad (0.890\text{m/s}) \\ T_G : \text{地盤の固有周期 (0.706s)} \\ K'_{hl} : \text{基盤面における水平震度 (0.150)} \\ H_g : \text{表層地層の厚さ (24.7m)} \end{array} \right)$$

基盤地震動の速度応答スペクトル S_v' を、「水道施設耐震工法指針・解説－2009年版」図-1.3.5より求める。

$$S_v' = 100.0 \text{ (cm/s)}$$

$$= 1.000 \text{ (m/s)}$$



$$U_h(1.48) = \frac{2}{\pi^2} \times 1.000 \times 0.706 \times \cos \left(\frac{\pi \times 1.48}{2 \times 24.7} \right) = 0.1424$$

(10) 地震動レベル2により地盤に生じるひずみ

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{L} \cdot U_h(z) \cdot \eta$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{ここに、 } \varepsilon_{gd} : \text{地震動により地盤に生じるひずみ} \\ L : \text{地盤振動の波長 (139.29m)} \\ U_h(z) : \text{地盤の水平変位振幅 (0.1424m)} \\ \eta : \text{地盤の不均一度係数 } \eta = 1.0 \end{array} \right)$$

不均一の程度	均一	不均一	極めて不均一
不均一度係数 η	1.0	1.4	2.0

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{139.290} \times 0.1424 \times 1.0 = 0.0032117$$

(11) 地震動レベル 2 によるひずみ

$$\varepsilon_G = \sqrt{\varepsilon_L^2 + \varepsilon_B^2}$$

$$\varepsilon_L = \alpha_1 \cdot \varepsilon_{gd}$$

$$\varepsilon_B = \alpha_2 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot D}{L} \cdot \varepsilon_{gd}$$

ここに、 ε_G : 地震動によるひずみ
 ε_L : 管の軸方向ひずみ
 ε_B : 管の曲げ方向ひずみ
 α_1 : 軸方向の地盤変位伝達係数
 (すべりを考慮しないので 1.0 とする)
 α_2 : 曲げ方向の地盤変位伝達係数
 (管の可とう性より、1.0 とする)
 ε_{gd} : 地震動により地盤に生じるひずみ
 (0.0032117)
 L : 地盤振動の波長 (139.290m)
 D : 埋設管の外径 (0.560m)

$$\varepsilon_L = 1.0 \times 0.0032117 = 0.0032117$$

$$\varepsilon_B = 1.0 \times \frac{2 \times \pi \times 0.560}{139.290} \times 0.0032117 = 0.000087$$

$$\varepsilon_G = \sqrt{0.0032117^2 + 0.000087^2} = 0.321\%$$

4) 管体発生ひずみの計算結果

表 8-2 管体発生ひずみの計算結果 単位: %

項 目		管体発生歪み	
		レベル 1	レベル 2
よ 常 時 荷 重 る に	設計水圧 (P _i = 1.2 MPa)	0.366	0.366
	活荷重 (T-25)	0.061	0.061
	温度変化 (Δt = 15℃)	0.195	0.195
	不同沈下 (L = 15m)	0.002	0.002
地震時による		0.068	0.321
ひずみの合計		0.692	0.945
判定		合格	合格
許容ひずみ		3.0	3.0

参考10. 非開削工法の適用例について

下水道用ポリエチレン管を使用した非開削工法の適用事例の大多数は誘導式非開削推進工法で以下に概要を示す。

(1) 非開削工法での下水道用ポリエチレン管の施工実績

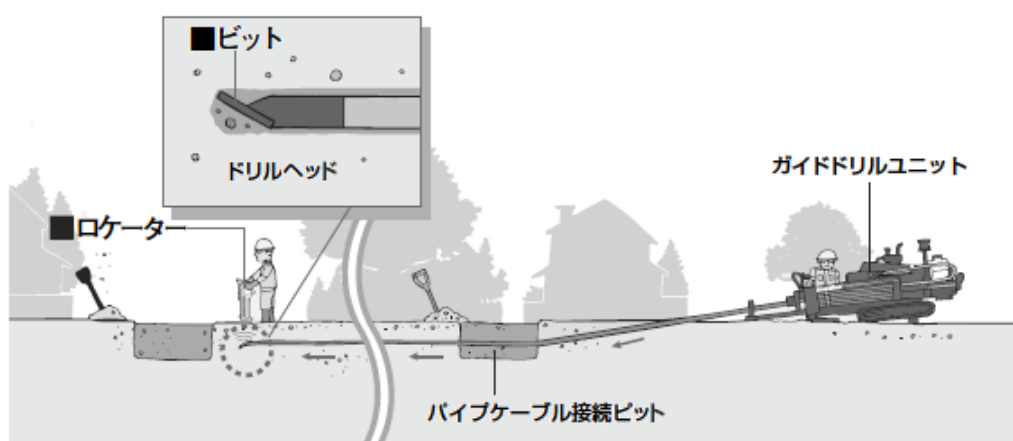
近年、下水道用ポリエチレン管を使用した施工実績が増加してきており、平成 21 年 8 月までに 200km 以上の布設実績がある。

(2) 非開削工法（誘導式非開削推進工法）の特長

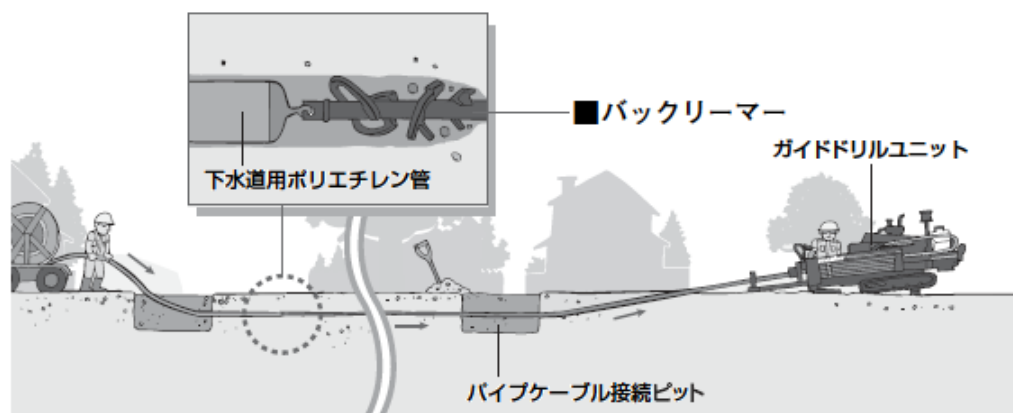
- ① 開削工事に比較して施工が速い。
- ② 既存の埋設物を破損する心配も殆ど無い。
- ③ 軟弱地盤等でも施工が容易。
- ④ 施工条件によっては、開削工事よりも安価になり、経済的に管路を構築することが可能。

参考に誘導式非開削工法の施工方法の概要を以下に示す。尚、他の工法の適用性については、下水道用ポリエチレン管・継手協会会員の各メーカーまでご相談ください。

1. 地表位置探査によるドリルロッドの貫入（マイクロトンネルの形成）



2. 拡孔バックリーマーによる管の布設



参考図 10-1 非開削工法（誘導式非開削推進工法）での施工方法例

一部転載並びに引用箇所

本技術資料は公益社団法人 日本下水道協会発行規格書「下水道用ポリエチレン管（JSWAS K-14）」より一部転載並びに引用しております。

PA-11	公益社団法人 日本下水道協会発行規格書 「下水道用ポリエチレン管（JSWAS K-14）」
	内 容
P3	図 1-1 設計の手順(一部)
P8～10	表 1-1 負圧（-0.078MPa）による発生応力 表 1-2 内圧（1.0MPa）による発生応力 図 1-3 土圧分布状態 3.2 埋戻し土による鉛直土圧（一部変えて引用） 3.3 活荷重における鉛直土圧（一部変えて引用）
P12、13	3.4 曲げ応力の計算（一部変えて引用） 3.5 たわみ率の計算（一部変えて引用） 表 1-7 基礎条件と係数の関係
P4	表 1-8 設計に用いる寸法諸元（一部変えて引用）
P15	5. 管の発生応力とたわみ率の算定例
P7	図 2-1 設計の手順
P5	2. 圧送式下水道における水理計算
P23	表 3-1 積上げ段数（一部） 図 3-1 管の保管
P24	表 3-2 工具類（一部変えて引用）
P25	2.2 基本作業のフローシート
P25	図 3-2 管必要長さの決め方 図 3-3 融着面の切削作業
P26	図 3-4 クランプ装着
P26	図 3-5 心出しの方法例 図 3-6 くいによる管の仮固定 図 3-7 管底の確認
P27	図 3-8 コントローラーとの接続
P28	図 3-9 EF 接合部（管外面・継手内面）の温度グラフ
P25	図 3-11 切削必要長さの記入
	2.10 バット融着接合方法
P27	図 3-12 標線位置の確認
P26、27	図 3-12 カラーのストッパー外し 図 3-13 やりとり時の清掃範囲
P28	図 3-14 合マークの記入
P29	図 3-15 接合時の禁止事項 図 3-16 直管の曲げの標準方法 表 3-5 管の許容曲率半径（一部）
P30	図 3-17 S字曲管の施工の注意事項
P32	表 3-6 ボルトの標準締付けトルク及び適用ボルト
P32	図 3-18 仕切弁との接続例
P31	図 3-19 Y形分岐管の設置位置に関する注意事項 図 3-20 Y形分岐管施工に関する注意事項
P31	図 3-21 埋戻し時の注意事項
P34	図 3-22 長期的に使用する場合の施工例 図 3-23 仮止めの止水用として使用する場合の施工例
P36	4.2 基礎工 文章引用 図 3-25 良質地盤の基礎
P47、48	全頁
P49	2. 長期土槽内載荷実験 文章引用 図 4-4 経過時間とたわみ率の関係
P51	図 4-9 ひずみゲージ、沈下棒及び土圧計設置位置（一部）
P51	図 4-48 路面たわみ量
P38	図 5-1 ダンベル状試験片
P41	表 6-1 ポリエチレン管の耐薬品性（データ抜粋）
P38～40	全頁（図、表、式の引用及び式、説明文を一部変えて引用）
P52～54	全頁

下水道用ポリエチレン管・継手協会

会員名: 株式会社クボタケミックス
積水化学工業株式会社
タキロンシーアイシビル株式会社

事務局: 〒105-8566
東京都港区虎ノ門2-10-4 オークラプレステージタワー
積水化学工業(株) 環境・ライフラインカンパニー内
TEL.03(6748)6496 FAX.03(6748)6564
ホームページ <https://www.pekyo.jp/>

ホームページ
公開中

<https://www.pekyo.jp/>

不許転載

平成 8年12月 初 版
令和 3年 7月 改訂12版

下水道用ポリエチレン管・継手協会

下水道用ポリエチレン管 PA-11-2021

技術資料

資料コード | PAA04-01

2021.7.0TH TX