

ダクタイル鉄管による パイプ・イン・パイプ工法 設計と施工

JDPA T 36-1



一般社団法人

日本ダクタイル鉄管協会

目 次

1. はじめに	1
2. パイプ・イン・パイプ工法の概要	1
2.1 工法の概要	1
2.2 工法の特長	3
2.3 新管としてダクタイル鉄管を用いる場合の特長	3
3. パイプ・イン・パイプ工法用ダクタイル鉄管	4
3.1 概要	4
3.2 継手の構造	4
3.3 管の仕様（挿入力伝達構造）	6
3.4 異形管の種類と形状	6
3.5 継手の性能	7
4. パイプ・イン・パイプ工法管路の設計	10
4.1 水理設計	10
4.2 管厚の決定	11
4.3 管の仕様の決定フロー	13
4.4 通過検討	14
4.5 新管の屈曲角の算出	15
4.6 挿入力の算出	21
4.7 新管の仕様決定	22
4.8 配管設計例	23
5. パイプ・イン・パイプ工事	29
5.1 既設管内クリーニング	29
5.2 管内調査	30
5.3 付帯設備	34
5.4 挿入用レールの設置方法	38
5.5 PN形継手の接合要領	39
5.6 さや管と新管の隙間充填	39
添付資料	42

1. はじめに

既設管をさや管とし、その中に新管を挿入するパイプ・イン・パイプ工法は、道路交通事情や地下埋設物などの関係で道路掘削が困難な場合の管路更新工法として昭和50年代後半から数多く用いられています。

しかし、近年では①更新対象管路が印籠継手管路からメカニカル継手管路に変化してきており、これまでより継手部の屈曲が大きい管路を更新するケースが増加してきたこと、②推進工法の長距離化や曲線推進技術の向上などに伴い、長スパンや曲線部を含む新設管路へのパイプ・イン・パイプ工法の適用が多くなるなど、様々な施工条件に対応できる設計方法の確立が求められるようになってきました。

そこで、当協会ではさや管内の新管の挙動を考慮したパイプ・イン・パイプ工法の設計方法を検討してきた結果、安全かつ最適な設計プロセスが確立できましたので、本技術資料を改訂しました。

2. パイプ・イン・パイプ工法の概要

2.1 工法の概要

本工法は、既設あるいは新設のさや管の一部に発進立坑と到達立坑を設け、発進立坑内で新管を接合しながら、さや管内に順次新管を挿入施工するものである。図1にダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の概要を示す。

なお、「さや管」とはパイプ・イン・パイプ工法の外管のことで、「新管」とはパイプ・イン・パイプ工法で挿入する管のことをいう。

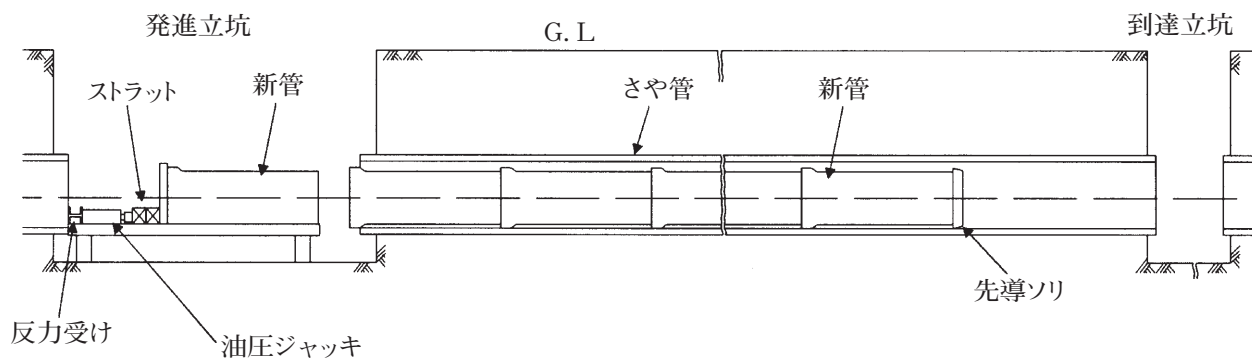


図1 ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の概要

設計、施工手順はそれぞれの工事において多少異なるが、新管を既設管内に挿入する標準的なものを示すと図2の通りである。

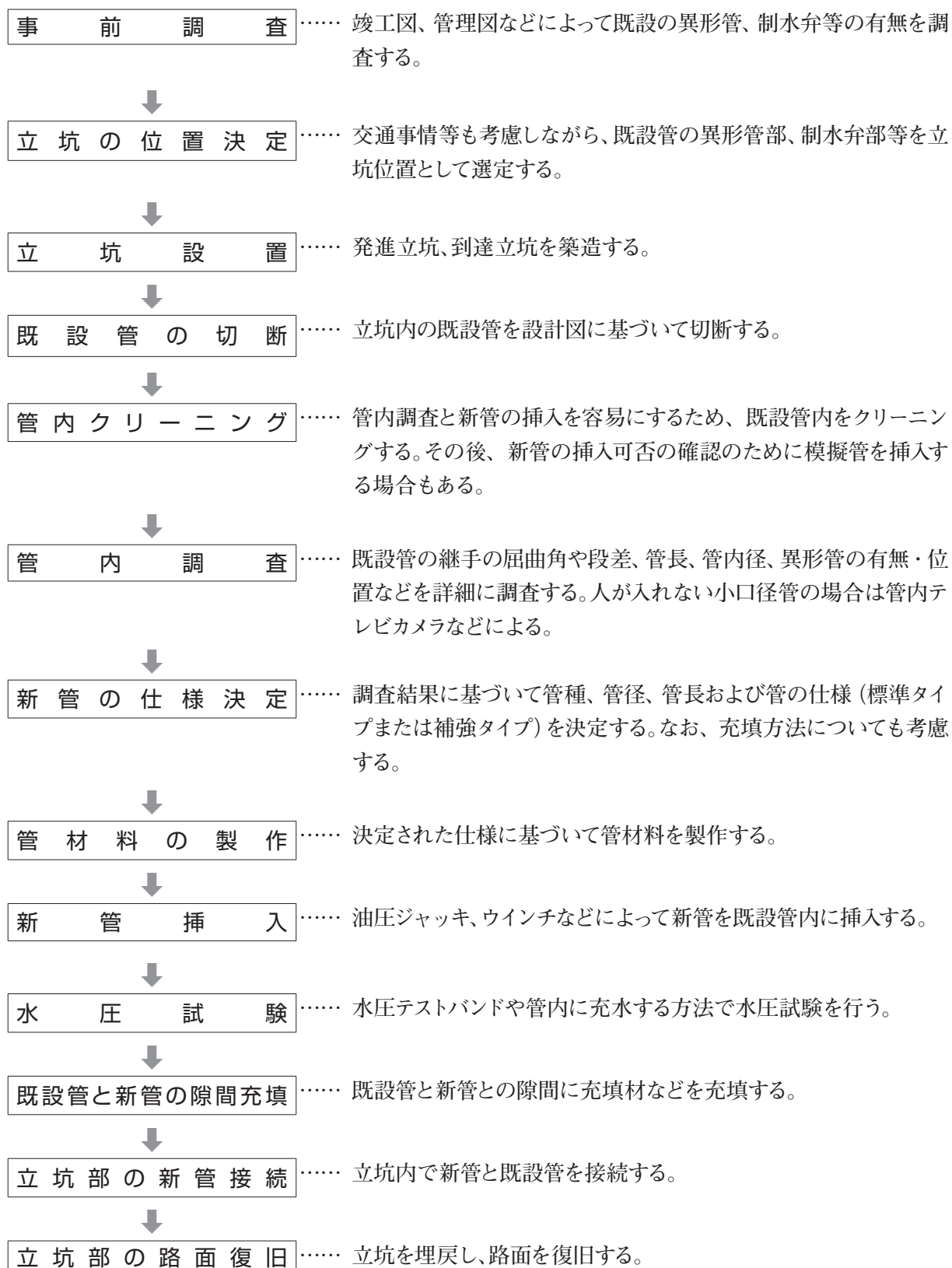


図2 パイプ・イン・パイプ工法の標準的な設計施工手順

2. 2 工法の特長

パイプ・イン・パイプ工法の特長を以下に列挙する。

- ・主要道路で交通量が多いなどの理由により開削工事が困難な場合などに適用できる。
- ・新管とさや管の2重構造となり、新管が他工事等によって損傷する危険性が少ない。
- ・開削箇所が立坑部だけなので、開削工事と比べて近隣の環境への負荷が少ない。
- ・布設替えに比べて、工期が短縮できる。

さらに、さや管が既設管の場合は以下のようなメリットもある。

- ・既設埋設物が多く、新たに管を布設するスペースがない場合などに有効である。
- ・立坑部以外は路面復旧、既設管撤去が不要である。
- ・挿入する新管は既設管より小さくなるが、次項に示すように通水能力の低下は少ない。

2. 3 新管としてダクタイル鉄管を用いる場合の特長

- (1) 新管の接合は発進立坑で行うが、その継手部は伸びと屈曲が可能で、さや管の曲がりしなやかに順応しながら挿入できる。
- (2) さや管径より1口径(100mm)だけ小さい新管の挿入が可能である。さや管が既設管の場合、更新前後の通水能力を比べると図3のようになる。このように、呼び径600以上の新管では、既設管に比べて1口径小さい新管を挿入すれば、既設管に対する新管の断面減少を管内面の平滑度の向上により補うことができ、長年月使用して断面が小さくなった既設管と同等か、それ以上の通水能力を確保できる。
- (3) 立坑内で接合しながら挿入していくため、施工性に優れている。また、さや管内での溶接作業、塗装作業および換気作業などが不要であるため作業の安全性が高く、環境への影響が特に少ない。
- (4) 継手の接合には、特殊な技能を必要としない。
- (5) 人が入れるサイズで既設管路中の曲管部が1箇所であれば、後述する管内ドッキング工法を適用することによって立坑の数を減らすことができる。

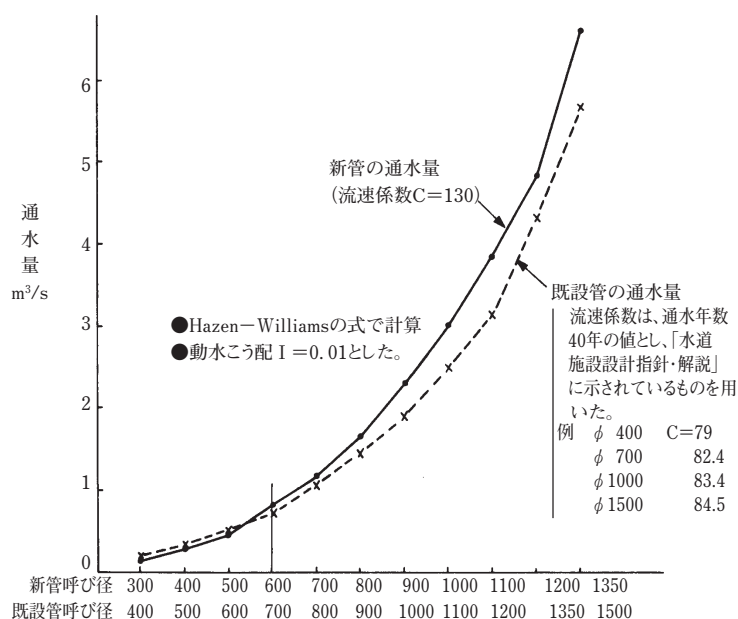


図3 さや管と新管の通水能力の比較(計算値)

3. パイプ・イン・パイプ工法用ダクティル鉄管

3. 1 概要

3. 1. 1 名称

PN形ダクティル鉄管 (注)従来のPI形、PII形については巻末の添付資料に示す。

3. 1. 2 規格

JDPA G 1046

3. 1. 3 呼び径

300～1500

備考 既設管に対して、一般に1口径(100mm)だけ小さい新管を挿入できる。したがって、既設管の適用呼び径は400～1650となる。なお、呼び径1500は呼び径1650以上の既設管に挿入できる。

3. 1. 4 管の種類

直管：1、2、3、4種(ただし、2種は呼び径400以上、3種は呼び径500以上、4種は呼び径600以上)

異形管：受挿し短管¹⁾、継ぎ輪²⁾、フランジ付きT字管²⁾など。管厚は1種類。

注1) 呼び径300～1100のみ

2) 呼び径700～1500のみ

3. 1. 5 従来の管との互換性

(1) 呼び径300～1100の管外径は、JIS G 3443(水輸送用塗覆装鋼管)の外径と同じであり、受挿し短管を用いることによりK形など一般のダクティル鉄管と接続が可能である。

(2) 呼び径1200～1500の管外径はK形などと同じであるため、一般のダクティル鉄管と直接接続が可能である。

(3) 既設管と新管の接続

既設管が鋳鉄管で、外径がK形などと同一の場合は、一般の片落管を使用して接続する。

インチ管の場合は特殊受挿し短管、特殊継ぎ輪などを用いて接続する。

また、立坑を設けずに、後述の連絡管(特殊品)を用いて既設管内で接続することも可能である(ただし、呼び径800以上)。

3. 1. 6 直管の有効長

原則として4mまたは6m。

3. 2 継手の構造

図4に継手構造、表1に主要寸法を示す。接合部品の材質は次の通りである。

(1) ゴム輪

SBR製。JIS K 6353の7.及びJWWA K 156の4.による。

(ただし、下水道などでNBR,EPDMを用いることがある)。

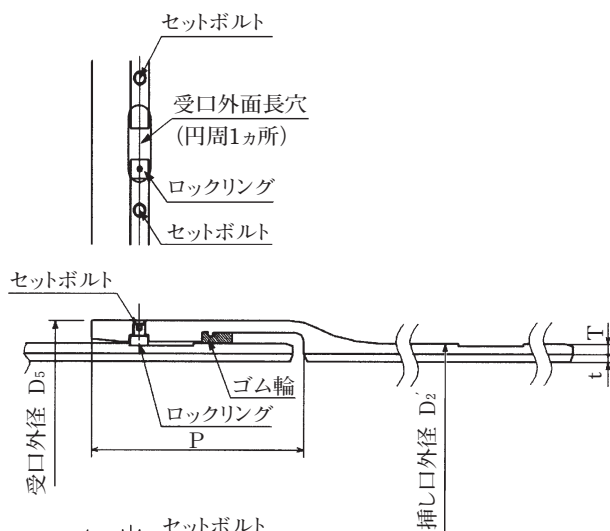
(2) 押輪・ロックリング

ダクティル鋳鉄製。本体と同じFCD(420-10)。

(3) 押輪用ボルト・セットボルト

ステンレス鋼製。JIS G 4303、JIS G 4308、JIS G 4309のSUS304、SUS304J3、SUSXM7。

【呼び径 300 ~ 600】



【呼び径 700 ~ 1500】

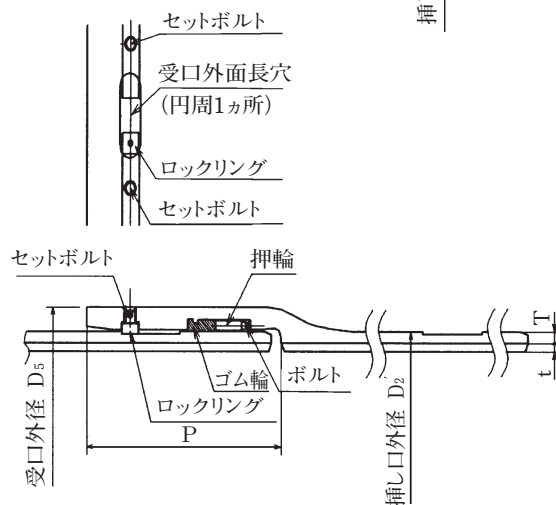


図4 PN形の継手構造(標準タイプ)

表1 主要寸法

単位：mm

呼び径 D	管厚 T				ライニング厚 t	外径 D ₂ ¹⁾	各部寸法	
	D1	D2	D3	D4			D ₅	P
300	7.5	—	—	—	6	318.5	355.1	230
350	7.5	—	—	—	〃	355.6	402.6	245
400	8.5	7.5	—	—	〃	406.4	454.4	〃
500	9.5	8.5	8.0	—	〃	508.0	558.0	〃
600	11.0	10.0	9.0	8.5	〃	609.6	661.6	253
700	12.0	11.0	10.0	9.0	8	711.2	759.2	〃
800	13.5	12.0	11.0	10.0	〃	812.8	862.8	265
900	15.0	13.0	12.0	11.0	〃	914.4	966.4	275
1000	16.5	14.5	13.0	12.0	10	1016.0	1070.0	〃
1100	18.0	15.5	14.0	13.0	〃	1117.6	1173.6	288
1200	19.5	17.0	15.0	13.5	〃	1246.0	1304.0	298
1350	21.5	18.5	16.5	15.0	12	1400.0	1461.0	〃
1500	23.5	20.5	18.0	16.5	〃	1554.0	1620.0	〃

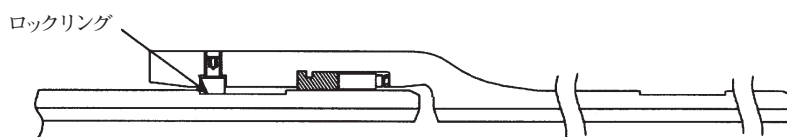
注1) 呼び径300-1100のD₂¹⁾寸法はJIS G 3443(水輸送用塗覆装鋼管)の外径と同じである。
また、呼び径1200-1500のD₂¹⁾寸法はK形などの一般のダクタイル鉄管の外径と同じである。

3. 3 管の仕様（挿入力伝達構造）

挿入力の伝達構造に関する管の仕様を図5に示す。ここに、標準タイプは1種類で、補強タイプは溶接リングタイプとフランジ・リブタイプの2種類がある。施工時の許容抵抗力は、フランジ・リブタイプ、溶接リングタイプ、標準タイプの順に高い。

【標準タイプ】

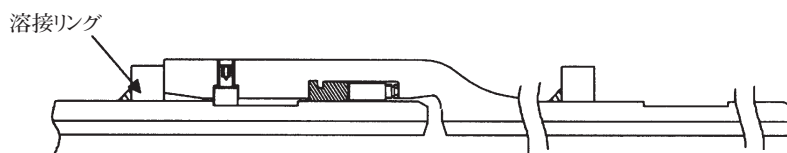
標準タイプはロックリングで挿入力を伝達する。



【補強タイプ】

(1) 溶接リングタイプ

溶接リングタイプは、挿し口に溶接したリングで挿入力を伝達する。



(2) フランジ・リブタイプ

フランジ・リブタイプは、挿し口に溶接したフランジで挿入力を伝達する。

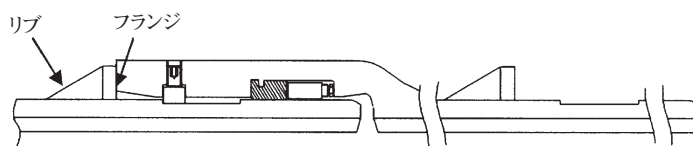


図5 管の仕様(挿入力伝達構造)

3. 4 異形管の種類と形状

異形管の種類と主な用途ならびに特徴を表2に示す。また、その形状を図6～9に示す。

表2 異形管の種類と主な用途ならびに特徴

種類	呼び径	主な用途	特徴
受挿し短管	300～1100	パイプ・イン・パイプ工法部と一般管路部との連絡。	挿し口は連絡する管の接合形式に合うものを選択できる。
継ぎ輪	700～1500	パイプ・イン・パイプ工法部での連絡。	既設管内に挿入できる。
フランジ付きT字管	700～1500	パイプ・イン・パイプ工法部に空気弁を取り付ける。	既設管内に挿入できる。



備考) 挿し口はK形、UF形、S形、NS形がある。

受口外面長穴はない。

呼び径300、400GX形管と連絡する場合は、
PN-NS形受挿し短管を使用する。

図6 受挿し短管



図7 継ぎ輪

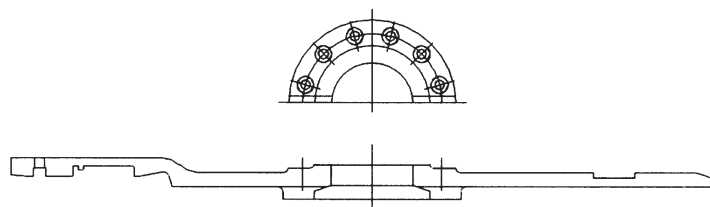


図8 フランジ付きT字管

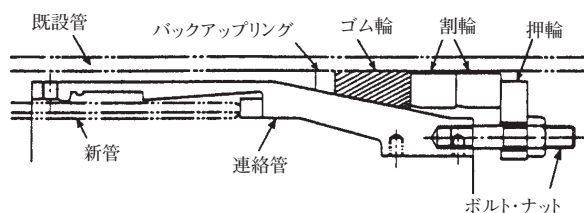


図9 連絡管

3.5 継手の性能

3.5.1 基準性能

PN形管の伸び量、許容曲げ角度、離脱防止力、最大屈曲角(地震時、地盤沈下時)を表3に示す。PN形管の伸縮性能は+1%であり、離脱防止力は(財)国土開発技術研究センターの「地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)」昭和52年3月の耐震継手区分の「A級」に相当する。

(注) A級は離脱防止力が $3DkN$ 以上(D :呼び径)を表す。

表3 PN形管の基準性能

呼び径 項目	伸び量 (mm)	許容曲げ角度	離脱防止力 (kN)	[参考] 地震時や 地盤沈下時の 最大屈曲角
300	50	4°	900	8°50′
350	50	4°	1050	8°
400	50	4°	1200	7°
500	50	4°	1500	5°30′
600	50	4°	1800	4°40′
700	50	3°	2100	4°00′
800	55	3°	2400	3°20′
900	60	3°	2700	3°40′
1000	60	3°	3000	3°20′
1100	60	2°45′	3300	3°
1200	65	2°45′	3600	2°50′
1350	65	2°30′	4050	2°30′
1500	60	1°50′	4500	2°20′

- 備考 1) 許容曲げ角度および地震時や地盤沈下時の最大屈曲角はいずれも、この角度まで屈曲するにはある程度の曲げモーメントを加える必要がある。
 2) PN形継手の耐圧縮性能は離脱防止性能と同等である。
 3) 地震時や地盤沈下時の最大屈曲角 $=\tan^{-1}$ (伸び量/管外径)

3. 5. 2 耐震性能

パイプ・イン・パイプ工法に使用するPN形継手は管長の+1%の伸び量と3DkN(D;管の呼び径)の離脱防止性能があるので、地震時に継手部は伸び(引っ張り)方向にはS形やNS形継手と全く同じ挙動をする。一方、PN形継手には縮み代が無いために、地震時に作用する圧縮力に対して継手部の耐圧縮性能で耐えることになる。地震時に新管に作用する力は図10の計算例に示すように、地震波の波長の1/4に相当する長さの管に作用する摩擦力に新管と既設管の間の空隙が充填されていることを考慮した軽減係数を掛け合わせた0.43DkNである。この値はPN形継手の耐圧縮性能は離脱防止性能と同じ3DkNに対して十分小さく、圧縮方向に対しても高い安全性があることがわかる。

これらのことから、パイプ・イン・パイプ工法に用いるPN形継手はS形やNS形継手と同等の耐震性能を有していると言える。

$$W_1 = \pi \times \frac{D}{1000} \times \tau \times \frac{L'}{4} \times \alpha \cong 0.43D$$

ここに、

- W_1 : 地震時に管路に作用する圧縮力(kN)
- D : 管の呼び径 (mm)
- τ : 管と地盤との摩擦力(=10kN/m²)¹⁾
- L' : 地震波の見かけの波長(=182.0m)
- α : 地震による地盤歪が新管(内挿管)に作用する伝達率(=0.3)²⁾

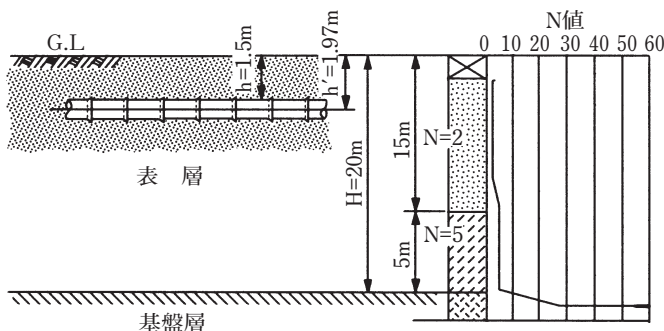


図10 地盤モデル

- 出典 1) (社)日本水道協会 水道施設耐震工法指針・解説 P.294 1997年版
 2) (財)水道技術研究センター 水道技術ジャーナル No.11 1999年4月

3. 5. 3 性能試験結果

PN形継手の接合試験、水密試験、離脱防止試験および曲げ試験の結果を以下に示す。

(1) 接合性能

表4に示す通り、呼び径600以下は15分、呼び径700以上は30分程度であり、いずれも施工上問題のない範囲であった。

(2) 水密性能

表5に示す通り、継手の水密性に問題はなかった。

(3) 離脱防止性能

表6に示す通り、継手に3DkNの引張り力を負荷しても異常は生じなかった。

(4) 曲げ性能

表7に示す通り、継手を許容曲げ角度相当まで屈曲させるために曲げモーメントを負荷したが、継手に異常は生じなかった。

表4 継手1カ所当たりの接合時間例

呼び径	接合時間(分)
300	15分
350	
400	
500	
600	
700	30分
800	
900	
1000	
1100	
1200	35分
1350	
1500	

表5 継手水密性試験例

呼び径	試験条件	試験結果
300	真直、水圧2.0MPa	漏洩無し
600	2°51'屈曲、59kNの偏心荷重、水圧1.7MPa	漏洩無し
700	真直、水圧2.0MPa	漏洩無し
1000	真直、水圧2.0MPa	漏洩無し
1200	2°21'屈曲、118kNの偏心荷重、水圧1.7MPa	漏洩無し
1350	真直、水圧2.0MPa	漏洩無し

備考)「真直」とは継手が屈曲していないことを示す。

表6 離脱防止試験例

呼び径	引張力(kN)	試験結果	備考
300	900	異常なし	負荷した引張力3DkN D:呼び径
350	1050	異常なし	
400	1200	異常なし	
500	1500	異常なし	
600	1800	異常なし	
700	2100	異常なし	
800	2400	異常なし	
900	2700	異常なし	
1000	3000	異常なし	
1100	3300	異常なし	
1200	3600	異常なし	
1350	4050	異常なし	
1500	4500	異常なし	

表7 曲げ試験例

呼び径	接合状態	曲げモーメント (kN・m)	継手屈曲角	結果
600	入り込み状態	10.8	3°53'	異常なし
	抜け出し状態	34.3	4°39'	
1200	入り込み状態	44.1	2°13'	異常なし
	抜け出し状態	186.2	3°23'	

備考) 接合状態の欄の「入り込み状態」とは、受口に挿し口がもともと入った状態、「抜け出し状態」とは、受口から挿し口がもともと抜け出した状態をいう。

4. パイプ・イン・パイプ工法管路の設計

4. 1 水理設計

摩擦損失水頭の計算はHazen-Williams公式を用いるのが一般的である。

$$H_f = 10.666C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$$

ここに、

H_f : 摩擦損失水頭 (m)

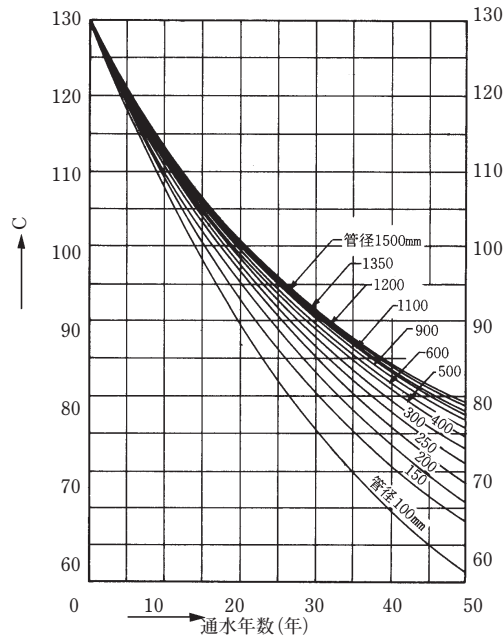
C : 流速係数

D : 管内径 (m)

Q : 流速 (m³/sec)

L : 管路長 (m)

さや管が既設管の場合、モルタルライニングなしの鑄鉄管の通水年数と流速係数との関係は図11のようになる。一方、新管としてダクタイル鉄管を用いる場合は、管内面にモルタルライニングを施してあるため、通水年数による流速係数の低下は考えなくてよい。ここに、管種別の流速係数(C値)は、一般に表8に示すものが用いられる。これらの値を用いて、既設のさや管と新管の摩擦損失水頭を計算した結果、新管の損失水頭の方が既設管に比べて小さければ問題がないといえる。逆に大きければ、そのままでは流量減少となるため、ポンプ増圧などの対策を行う必要がある。



出典) (社)日本水道協会 水道設計指針・解説 1990年版

図11 モルタルライニングのない鑄鉄管における通水年数と流速係数Cとの関係

表8 流速係数(C値)

管 種	C	備 考
モルタルライニング鑄鉄管	110	屈曲損失などを別途に計算するとき、
塗覆装鋼管	〃	直線部のC値を130にすることができる。
硬質塩化ビニル管	〃	

出典) (社)日本水道協会 水道設計指針・解説 2000年版

4.2 管厚の決定

老朽化した既設管の中にパイプ・イン・パイプ工法用管を挿入する場合は、原則として既設管の強度を見込まないこととする。なお、新設したさや管の中に挿入し、さや管の強度が期待できる場合はこの限りでない。

ここでは、既設管の強度を見込まない場合の計算式を式(1)に示す。このときの土圧分布、安全率、管厚計算式は一般の埋設ダクタイル鉄管の考え方による。

(1) 土圧分布

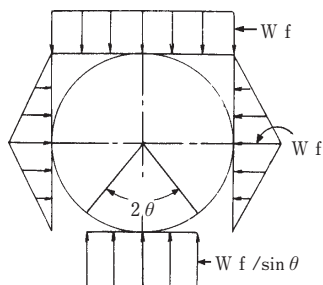


図12 土被りによる土圧分布

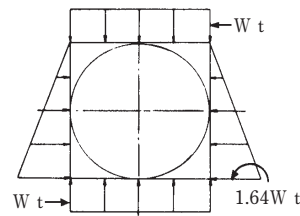


図13 路面荷重による土圧分布

(2) 管厚計算式

$$t = \frac{1.25 P_s + P_d + \sqrt{(1.25 P_s + P_d)^2 + 8.4(K_f W_f + K_t W_t) \times S}}{2S} \times D \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$T = (t+2) \times 1.1 \quad (t+2 \geq 10\text{mmの場 合})$$

$$T = (t+2) + 1 \quad (t+2 < 10\text{mmの場 合})$$

ここに、

t : 正味管厚 (mm)

P_s : 静水圧 (MPa)

P_d : 水撃圧 (MPa)

W_f : 土かぶりによる土圧 (kN/m²)

$$W_f = \gamma \cdot H \quad (H \leq 2\text{mの場 合})$$

$$W_f = \frac{\gamma}{2K \tan \phi} \left(1 - e^{-2K \tan \phi \cdot \frac{H}{B}} \right) \cdot B \quad (H > 2\text{mの場 合})$$

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

H : 土かぶり (m)

K : ランキン係数

$$K = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

φ : 土の内部摩擦角 (度)

B : 既設管外径 (m)

e : 自然対数の底

W_t : 路面荷重による土圧 (kN/m²)

$$W_t = 1.5\alpha \cdot P$$

1.5 : 衝撃係数

α : 管径、土かぶりにより変わる係数 ($\frac{1}{\text{m}^2}$)

P : トラック1後輪重量 (kN)

K_f : 管底の支持角によって定まる係数

位置 \ 支持角2θ	60°	90°	120°	180°
管 頂	132×10 ⁻⁶	121×10 ⁻⁶	108×10 ⁻⁶	96×10 ⁻⁶
管 底	223×10 ⁻⁶	160×10 ⁻⁶	122×10 ⁻⁶	96×10 ⁻⁶

K_t : 管頂 76×10⁻⁶

管底 11×10⁻⁶

S : ダクタイル鋳鉄の引張強さ (420N/mm²)

D : 新管の呼び径 (mm)

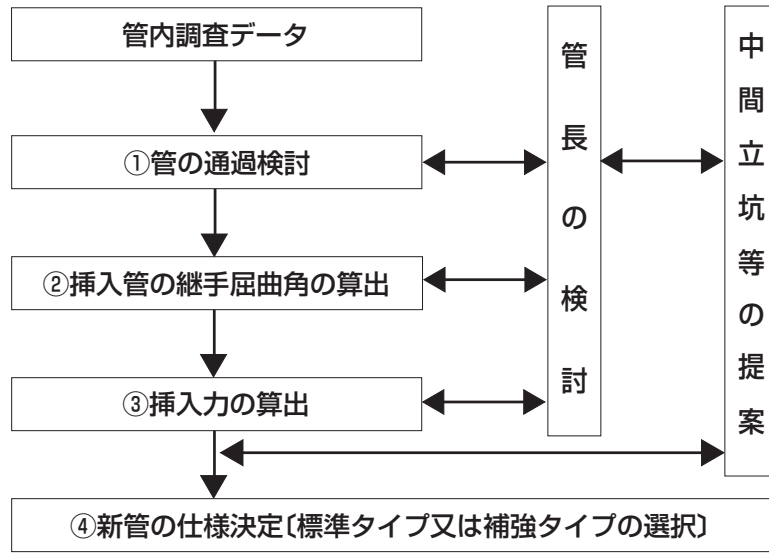
T : 公称管厚 (mm)

計算は管頂、管底の両方について行い、大きい方を採用する。

4.3 管の仕様の決定フロー

パイプ・イン・パイプ工法では、事前にさや管の継手の屈曲角および方向、内径、有効長等を調査し、これらに基づいた管の通過検討、新管の継手の屈曲角および挿入力の算定を行うことによって挿入する新管の管長や仕様(標準タイプ、補強タイプ)を決定することを原則とする。特に、老朽化した既設管の中に挿入する場合は必ず管内調査を行うものとする。

以上の標準的な設計フローを図14に示す。



- 備考 1) 管長を短くし、かつフランジ・リブタイプを使用しても後述の設計が成り立たない場合は、中間立坑の設置や管内ドッキング工法の採用を検討する。
- 2) 一般に、管長を短くして標準タイプを使用するよりも、標準管長の補強タイプを採用する方が経済的である。

図14 管の仕様の決定フロー

4. 4 通過検討

モデルⅠ、モデルⅡの式を用いて、挿入可能な新管の管長を算出する。さや管を新たに推進施工した場合は、さらにモデルⅢの式も併せて検討する。

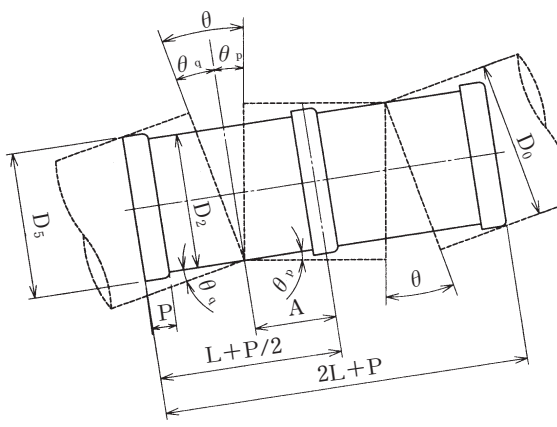
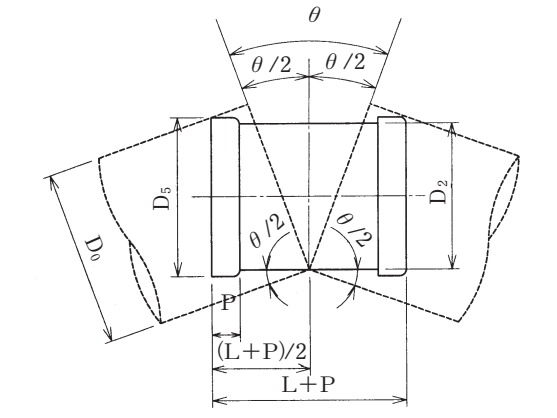
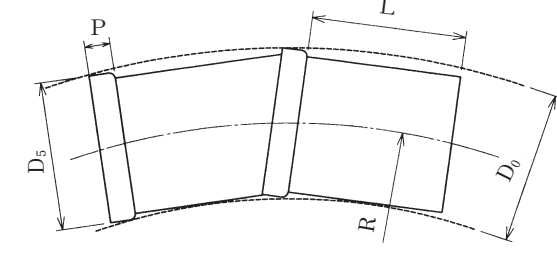
(1) 既設管に挿入する場合

管内調査による管内径、管長および継手の屈曲角等のデータを使用する。

(2) 新設したさや管に挿入する場合

さや管の設計図面による管路の曲率と管路長のデータを使用する。ただし、さや管が計画時の線形どおりに推進できていることを確認することが前提となる。

表9 通過検討モデル

<p>モデルⅠ</p>		$L = \frac{D_0 - \delta - a \cdot \cos \theta_q}{\sin \theta_q} + A - \frac{P}{2} - 0.5$ $a = \frac{D_2 + D_5}{2}$ $A = \frac{L_0}{2 \cos \theta_p} + \frac{D_2 \tan \theta_p}{2}$ $\theta_p = \tan^{-1} \left[\frac{D_0 - \delta}{L_0} \right] - \sin^{-1} \left[\frac{D_2}{b} \right]$ $b = \sqrt{(D_0 - \delta)^2 + L_0^2}$ $\theta_q = \theta - \theta_p$ <p>.....(2)</p>
<p>モデルⅡ</p>		$L = \frac{2 \left[D_0 - \delta - a \cdot \cos \frac{\theta}{2} \right]}{\sin \frac{\theta}{2}} - P - 0.5$ $a = \frac{D_2 + D_5}{2}$ <p>.....(3)</p>
<p>モデルⅢ</p>		$L = 2 \sqrt{D_5 (D_0 - \delta - D_5) - 2R (D_5 - D_0 + \delta)} - P - 0.5$ <p>.....(4)</p>

ここに、

L : 新管の管長(有効長)(m)
 P : 新管の受口部のみ込み寸法(m)
 D₅ : 新管の受口部外径(m)
 θ : さや管の屈曲角(°)
 R : さや管の曲率半径(m)

D₀ : さや管の最小内径(m)
 D₂ : 新管の管体部外径(m)
 L₀ : さや管の管長(有効長)(m)
 δ : 余裕代(=0.01m)
 0.5 : 長さ方向余裕代

4. 5 新管の屈曲角の算出

4. 5. 1 算出式の種類

新管の屈曲角は、さや管の屈曲状態に応じた配管パターンと連続するさや管の継手の屈曲方向に応じて後述する式(6)～(8)から算出する。

なお、模擬管を用いた場合の新管の屈曲角は、表19から算出する。

表10に、新管の屈曲角の算出式の種類を示す。

表11に、さや管の屈曲状態に応じた配管パターンを示す。

表10 新管の屈曲角の算出式の種類

配管パターン ¹⁾	連続するさや管の継手の屈曲方向		算出式
新管がさや管より 長い場合	①	同方向	左右曲がり
	②		下り曲がり
	③		上り曲がり
	④	異方向	左右曲がり
	⑤		上下曲がり
新管がさや管より 短い場合	①～⑤	(全て)	式(8)

注1) 表11(頁16)による。

備考1) さや管の継手の屈曲方向は、進行方向に向かってみたさや管の曲がり方向を示す。

2) 同方向：ある継手とその次の継手の屈曲方向が同じ場合(配管パターン①～③参照)。

(・左右曲がりは進行方向に右→右または左→左に曲がっている場合を示す。
 ・下り曲がりは進行方向に下→下、上り曲がりは進行方向に上→上に曲がっている場合を示す。)

3) 異方向：ある継手とその次の継手の屈曲方向が異なる場合(配管パターン④、⑤参照)。

(・左右曲がりは進行方向に右→左または左→右に曲がっている場合を示す。
 ・上下曲がりは上→下、または下→上に曲がっている場合を示す。)

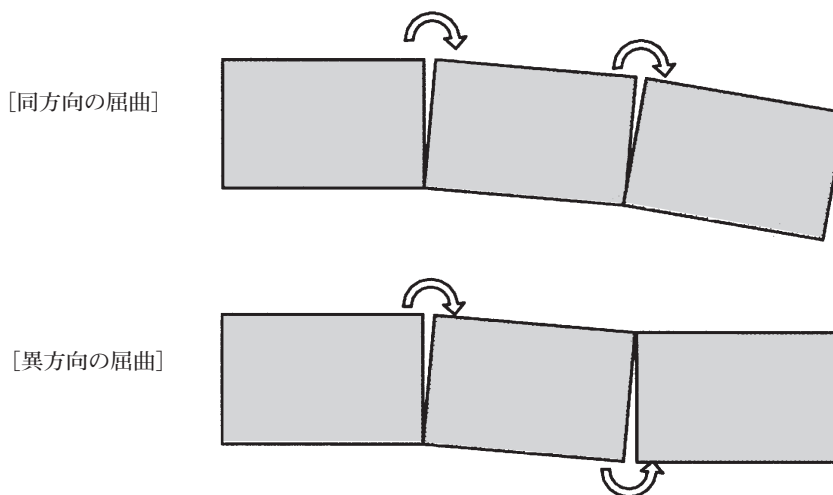
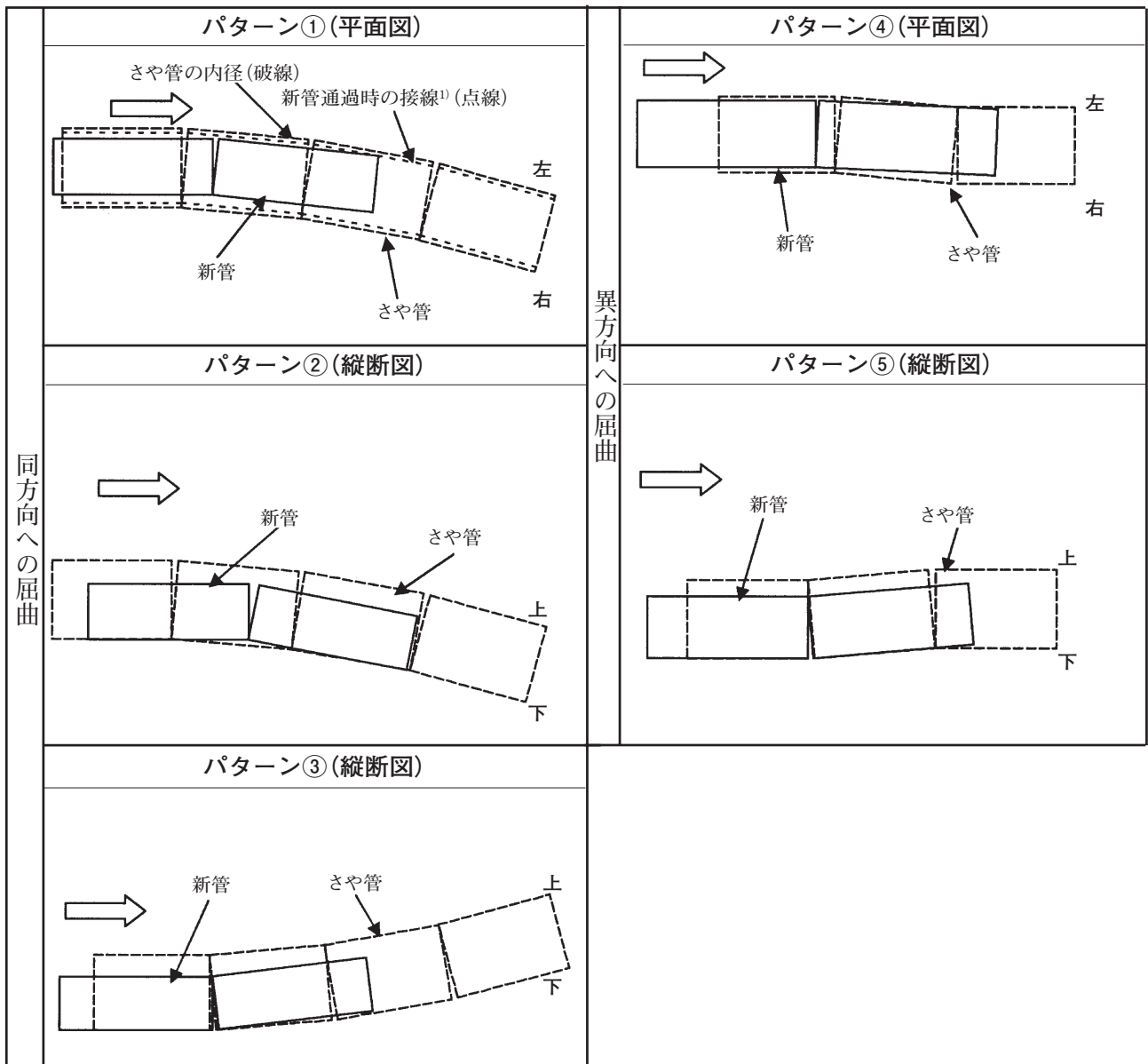


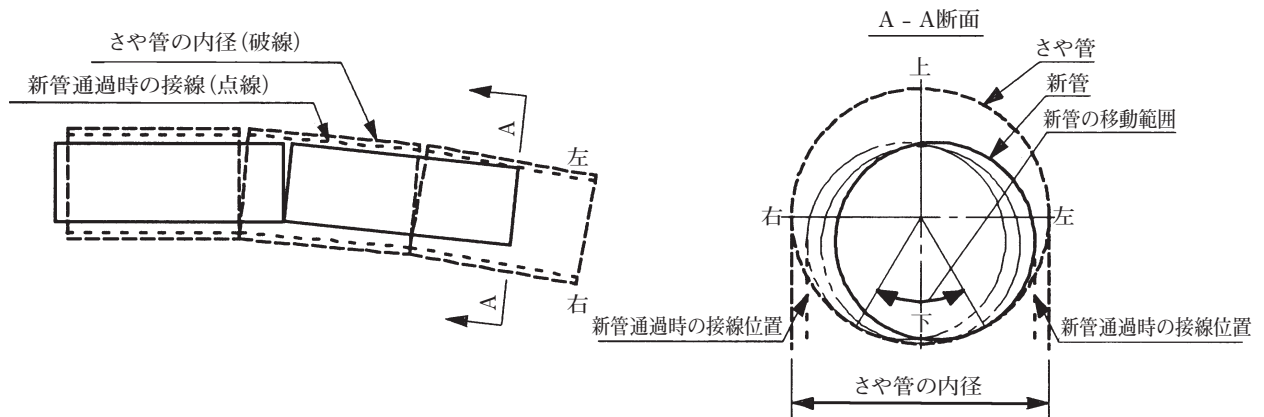
図15 同方向と異方向の屈曲状況

表11 さや管の屈曲状態に応じた配管パターン



注1) 配管パターン①に示す新管通過時の接線とは、新管が屈曲しはじめるさや管内面の位置を示す。

備考 上記の配管パターンの図は新管がさや管より長い場合を示したものである。



4. 5. 2 新管の屈曲角 ϕ の算出式の選択方法

以下に、具体的な新管の屈曲角 ϕ の算出式を選択する手順を示す。

- (1) さや管の連続する2つの継手の上下角の絶対値の和と左右角の絶対値の和の大小を比較し、継手の屈曲が概ね上下方向か左右方向かを判別する。
- (2) 次に、上記(1)で判定した上下または左右方向のいずれかについて、それぞれ連続する継手2つの上下角または左右角が同符号であれば同方向、そうでなければ異方向と判別する。
- (3) 上下方向の同方向屈曲と判別されたものについてのみ、さらに下り曲がりか上り曲がりかを判別する。
- (4) 最後に、図16に従って新管の屈曲角 ϕ の算出式を選択する。

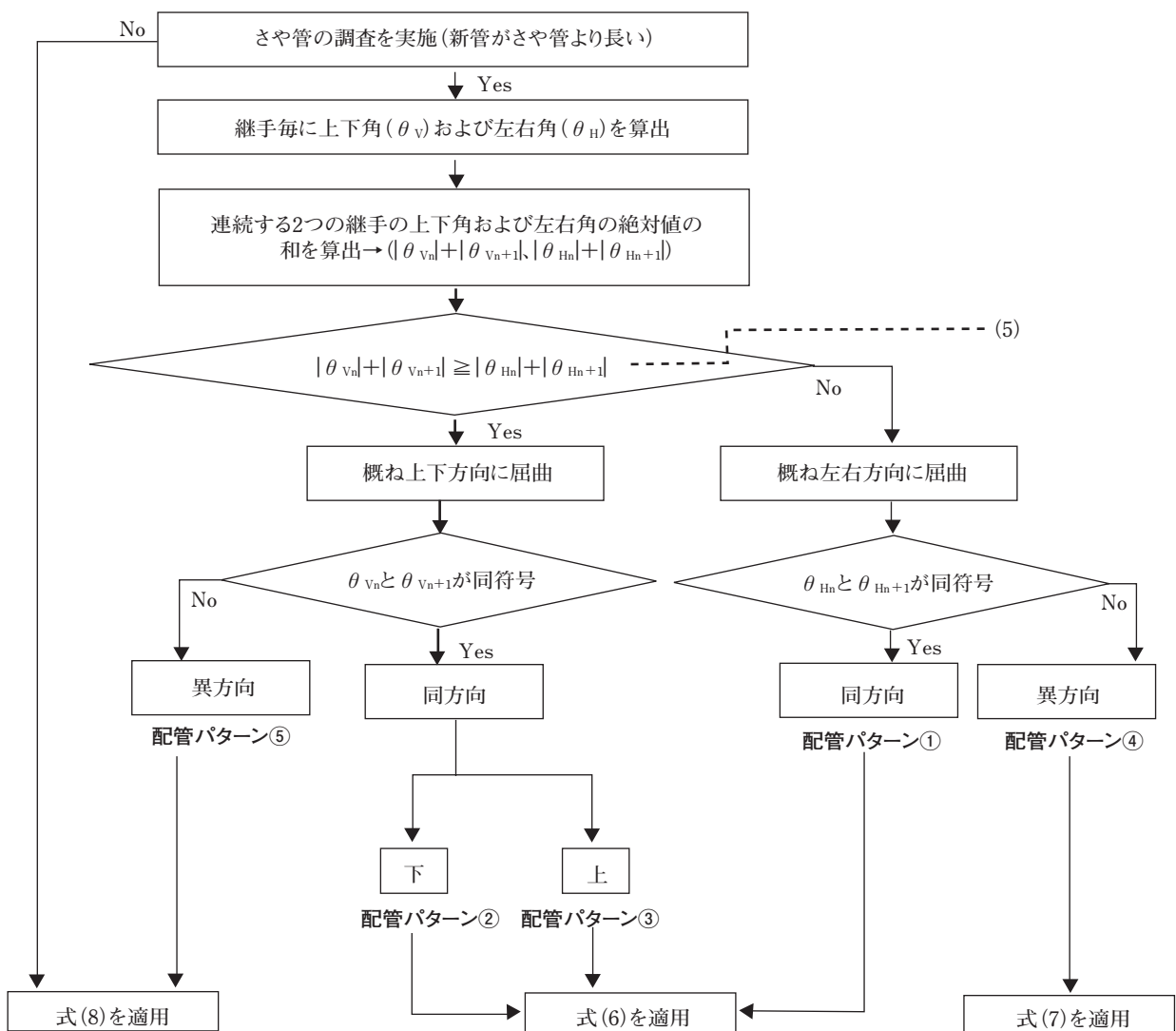


図16 新管の屈曲角算出式の選択フロー

4. 5. 3 新管がさや管より長い場合

(1) 同方向の算出式

新管がさや管より長い場合、同方向の屈曲では、さや管の屈曲角より新管の屈曲角は大きくなり、式(6)で表される。

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \left\{ \theta_1 + \frac{\theta_2}{L}(L+L'-L_0) + \alpha \right\} \times S_f \quad (L_0 < L \leq 2L_0 \text{ の場合}) \\ \phi &= \left\{ \theta_1 + \frac{\theta_2 + \theta_3}{L}(L+L'-L_0) + \alpha \right\} \times S_f \quad (2L_0 < L \text{ の場合}) \\ L' &= \frac{D_0 - D_5}{\beta \sin \theta_1} \quad \text{但し、} L' \leq L \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

ここに、

- ϕ : 新管の屈曲角(°)
- L : 新管の全長(有効長+P寸法-Y寸法)(m)
- L_0 : さや管の管長(有効長)(m)
- $\theta_1, \theta_2, \theta_3$: さや管の屈曲角(°)
- D_0 : さや管の最小内径(m)
- D_5 : 新管の受口部外径(m)
- α : 偏心付加角(°)(表12参照)
- β : 偏心係数(表12参照)
- m : $(D_0 - D_5) / L \sin \theta_1$ を切り下げた整数、但し、 $m \geq 1$
- n : n口径ダウン(表13参照)
- S_f : 安全率(=1.3)

表12 偏心付加角 α と偏心係数 β

配管パターン	偏心付加角 α (°)	偏心係数 β
①、③	$\sin^{-1} \frac{D_0 - D_5}{\beta L}$	4n
②	$\frac{1}{m} \sin^{-1} \frac{D_0 - D_5}{\beta L}$	1.0

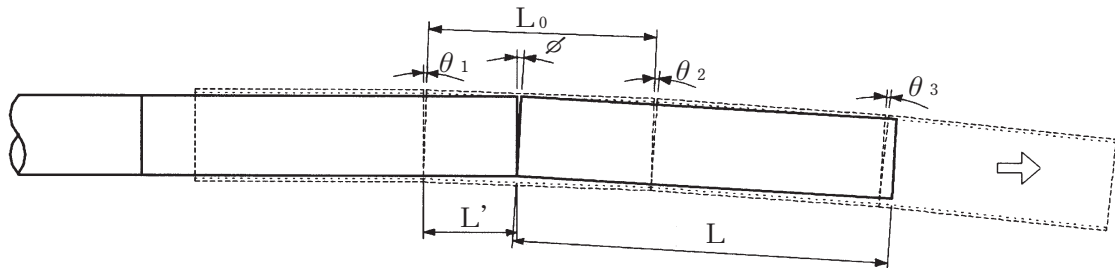


図17 配管パターン①、③における新管の屈曲状態例

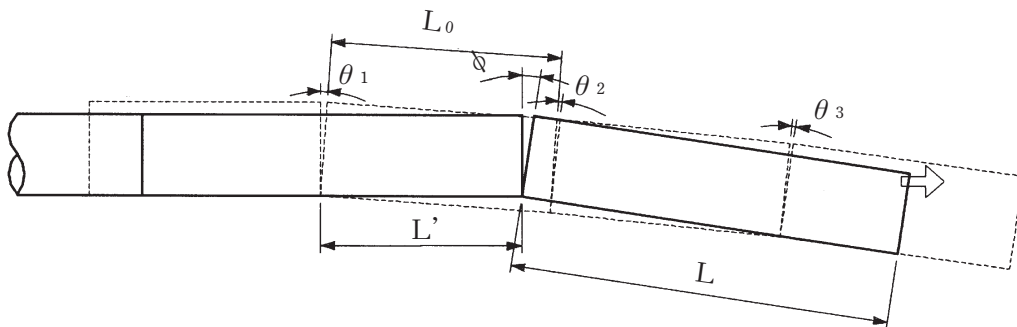


図18 配管パターン②における新管の屈曲状態例

表13 さや管、新管の呼び径によるn口径ダウンのn数について

		新管呼び径												
		300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
さ や 管 呼 び 径	400	1												
	450	1	1											
	500	2	1	1										
	600	3	2	2	1									
	700	4	3	3	2	1								
	800	5	4	4	3	2	1							
	900	6	5	5	4	3	2	1						
	1000	7	6	6	5	4	3	2	1					
	1100	8	7	7	6	5	4	3	2	1				
	1200	9	8	8	7	6	5	4	3	2	1			
	1350	10	10	10	8	7	6	5	4	3	2	1		
	1500	12	11	11	10	9	8	7	6	5	4	3	1	
	1600	13	12	12	11	10	9	8	7	6	5	4	2	
1650	14	13	13	12	11	10	9	8	7	6	5	3	1	

(2) 異方向の算出式

①左右曲がり(配管パターン④の場合)

新管がさや管より長い場合、異方向の左右曲がりでは、さや管の屈曲角より新管の屈曲角は小さくなり、式(7)で表される。

ここに、

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \{b-a\} \times S_f \\ a &= \sin^{-1} \frac{D_0 - L_0 \sin \theta}{R} \\ b &= \sin^{-1} \left[\frac{D_5}{R} \right] \\ R &= \sqrt{L_0^2 + D_0^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

ϕ : 新管の屈曲角(°)
 L : 新管の全長(有効長+P寸法-Y寸法)(m)
 L_0 : さや管の管長(有効長)(m)
 θ : さや管の屈曲角(°)
 D_0 : さや管の最小内径(m)
 D_5 : 新管の受口部外径(m)
 δ_1 : 新管とさや管の隙間($D_0 - D_5$)(m)
 S_f : 安全率(=1.3)

但し、 $L_0 \sin \theta \leq \delta_1$ の時、 $\phi=0$ (新管は曲らない)

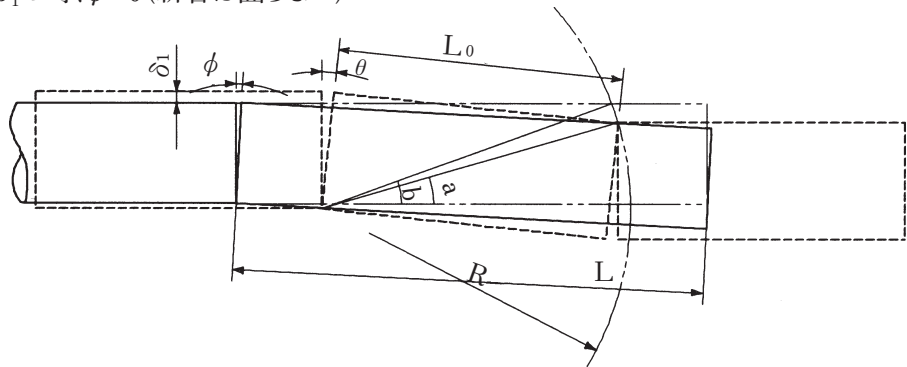


図19 配管パターン④における新管の屈曲状態例

②上下曲がり(配管パターン⑤の場合)

新管がさや管より長い場合、異方向で上下曲がりでは、さや管の屈曲角と新管の屈曲角は同じになり、式(8)で表される。

$$\phi = \theta \times S_f \quad \dots\dots (8)$$

ここに、

- ϕ : 新管の屈曲角(°)
- θ : さや管の屈曲角(°)
- S_f : 安全率(=1.3)

4. 5. 4 新管がさや管より短い場合

新管がさや管より短い場合は、さや管の屈曲角と新管の屈曲角は同じになり、式(8)で表される。

$$\phi = \theta \times S_f \quad \dots\dots (8)$$

ここに、

- ϕ : 新管の屈曲角(°)
- θ : さや管の屈曲角(°)
- S_f : 安全率(=1.3)

4. 6 挿入力の算出

さや管1本毎の屈曲を考慮して、到達側から順次、設計挿入力を算出する。さや管の継手部毎に算出する挿入力はその前(到達側)までの挿入力 F_{j-1} (先端抵抗)に屈曲による挿入力の上昇分を考慮したものである。これを式で表すと式(9)のようになる。

$$\left. \begin{aligned} f_0 &= 0 \\ f_j &= (f_{j-1} + \mu W_j) e^{\mu \frac{\pi \theta_j}{180}} \quad (j = 1 \sim s) \\ F_j &= f_j S'_f \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

ここに、

- f_0 : 初期抵抗(通常は0とする)(kN)
- f_j : 到達側から j 番目のさや管の継手部での挿入力(kN)
- j : さや管の本数(到達側より $j=1,2,\dots,s$)
- e : 自然対数の底(=2.718 \dots)
- μ : 摩擦係数(さや管の種類により区別する)
 - ・ライニング無しの場合=0.4
 - ・ライニングあり、またはコンクリート管の場合=0.8
- θ_j : 調査結果によるさや管の屈曲角($^\circ$)
- W_j : 到達側から j 番目のさや管内にある新管の重量(kN)
- F_j : 到達側から j 番目までのさや管の継手部における設計挿入力(kN)
- S'_f : 段差などを考慮した安全率
 - ・さや管が呼び径700以下の場合 : $S'_f = 1.3$
 - ・さや管が呼び径800以上の場合 :
 - $S'_f = 1.0$ (1cm以上の段差がない場合又は修正した場合)
 - $S'_f = 1.3$ (段差を修正しない場合)

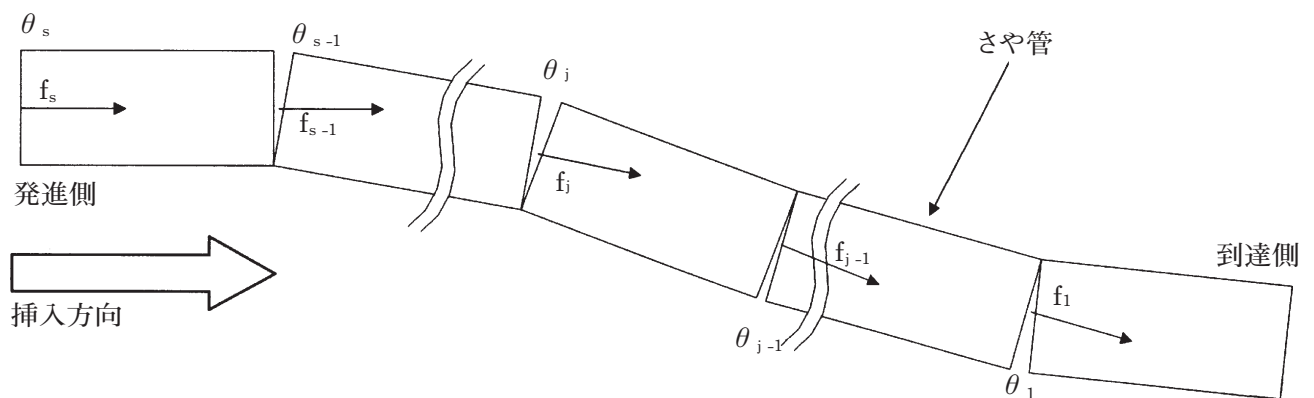


図20 挿入力算出のモデル

4. 7 新管の仕様決定

表14に示す新管の挿入施工時の許容抵抗力を考慮し、使用する管の仕様を決定する。

表14 挿入施工時の許容抵抗力

単位：kN

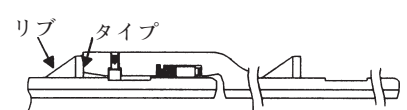
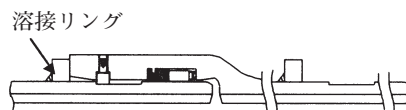
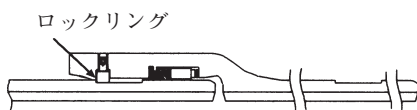
管の仕様	呼び径	新管継手の最大屈曲角(°) (θa:PN形管の許容曲げ角度)								
		0	0.15θa	0.25θa	0.40θa	0.50θa	0.66θa	0.75θa	1.0θa	
標準タイプ	300	450	450	360	300	210	150	(適用せず)		
	350	520	520	420	350	240	170			
	400	600	600	480	400	280	200			
	500	750	750	600	500	350	250			
	600	900	900	720	600	420	300			
	700	1050	1050	840	700	490	350			
	800	1200	1200	960	800	560	400			
	900	1350	1350	1080	900	630	450			
	1000	1500	1500	1200	1000	700	500			
	1100	1650	1650	1320	1100	770	550			
	1200	1800	1800	1440	1200	840	600			
	1350	2020	2020	1620	1350	940	670			
1500	2250	2250	1800	1500	1000	870				
補強タイプ	溶接リング	300	900	900	770	510	340	310	300	250
		350	1050	1050	900	600	400	370	350	290
		400	1200	1180	980	670	460	420	400	330
		500	1500	1180	980	670	460	430	420	370
		600	1800	1420	1170	800	550	520	500	450
		700	2100	1660	1370	940	650	610	580	520
		800	2400	1900	1570	1070	740	690	670	600
		900	2700	2140	1760	1200	830	780	750	670
		1000	3000	2370	1960	1340	930	870	840	750
		1100	3300	2640	2270	1810	1580	1330	1240	1240
		1200	3600	2880	2470	1980	1730	1450	1360	1360
		1350	4050	3230	2780	2220	1940	1620	1520	1520
	1500	4500	3830	3380	2710	2270	2110	2030	1800	
	フランジ・リブ	300	1770	1680	1410	1020	750	750	690	630
		350	1770	1770	1640	1190	870	870	800	730
		400	2110	2110	1880	1360	1000	1000	900	840
		500	2870	2750	2250	1500	1000	1000	900	850
		600	3300	3300	2700	1800	1200	1200	1080	960
		700	3730	3730	3150	2100	1400	1400	1260	960
		800	4750	4400	3600	2400	1600	1600	1440	960
		900	5790	4950	4050	2700	1800	1800	1620	1080
		1000	6840	5500	4500	3000	2000	2000	1800	1200
		1100	8030	6050	4950	3300	2200	2200	1980	1320
		1200	8630	8630	7200	4560	2880	2880	2160	1440
1350		9020	9020	8100	5130	3240	3240	2430	1620	
1500	12360	10450	9180	7270	6000	5060	4530	3100		

【標準タイプ】

【補強タイプ】

(1)溶接リングタイプ

(2)フランジ・リブタイプ



4. 8 配管設計例

4. 8. 1 管の仕様決定例

前述した計算を行えば、管の仕様決定が可能となる。ここでは、図21に示す線形のφ900ヒューム管内にφ700PN形管(L=4m、4種)を延長260m挿入する場合の事例を示す。

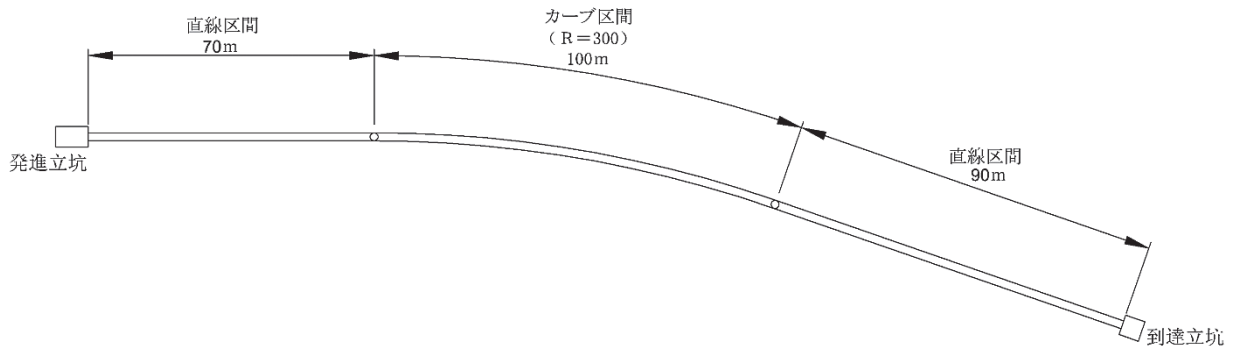


図21 さや管の線形

(仕様決定までの考え方)

- ① 新管を227m挿入したとき、発進立坑から70mの地点(図22のA点)で設計挿入力が標準タイプの許容抵抗力を初めて上回る。
- ② それ以降、この地点を通過する管は補強が必要であり、施工完了までは残り33m挿入されることになる。
- ③ よって、挿入完了時に発進立坑から70~103mにある管は補強タイプとしなければならない。
- ④ 図23に挿入完了時の許容抵抗力と標準タイプおよび溶接リングタイプの許容抵抗力を示す。これより、溶接リングタイプの許容抵抗力は常に設計挿入力以上であるため、補強は溶接リングタイプで十分であることが分かる。
- ⑤ 以上を踏まえ、新管の仕様をさや管の線形に重ねて示すと図24のようになる。

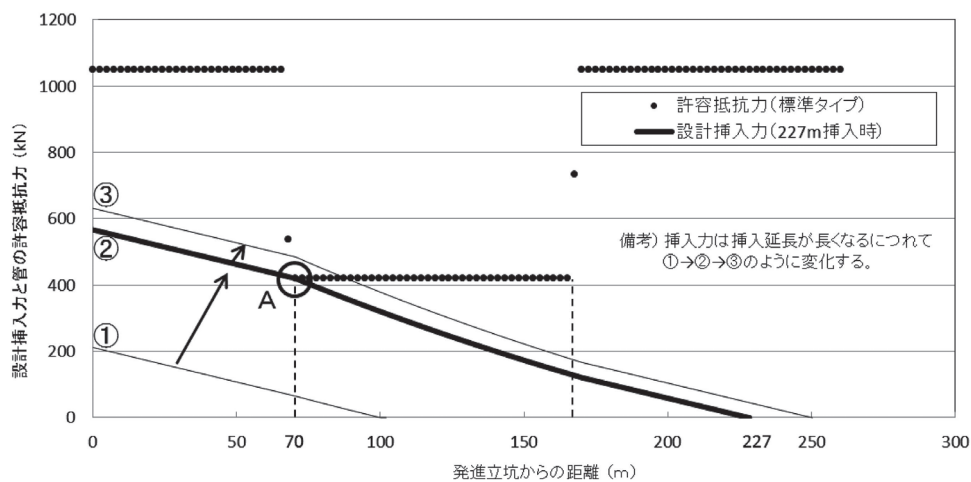


図22 管の許容抵抗力と設計挿入力(227m挿入時)

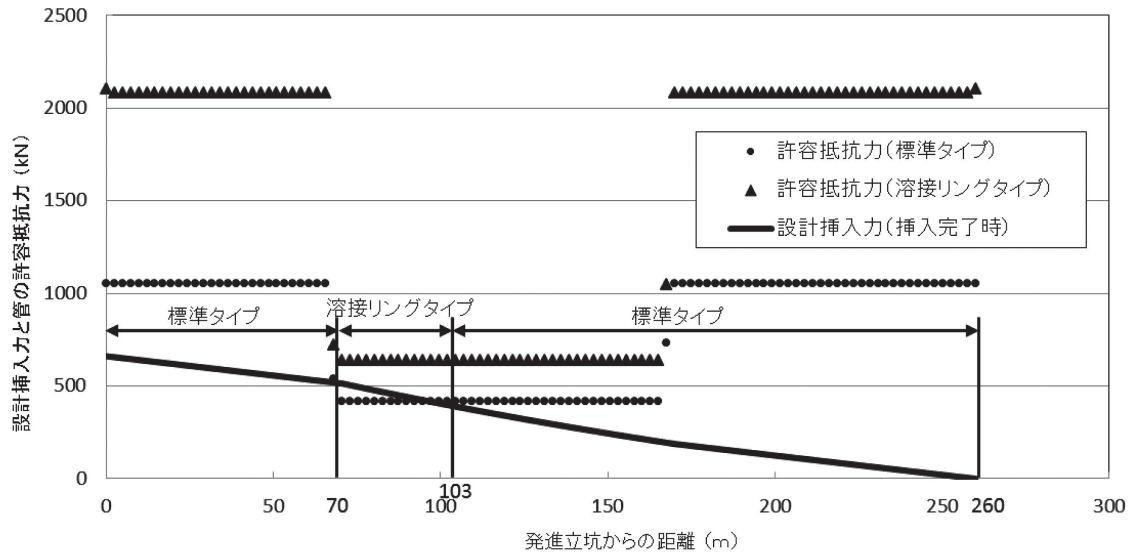


図23 管の許容抵抗力と設計挿入力(挿入完了時)

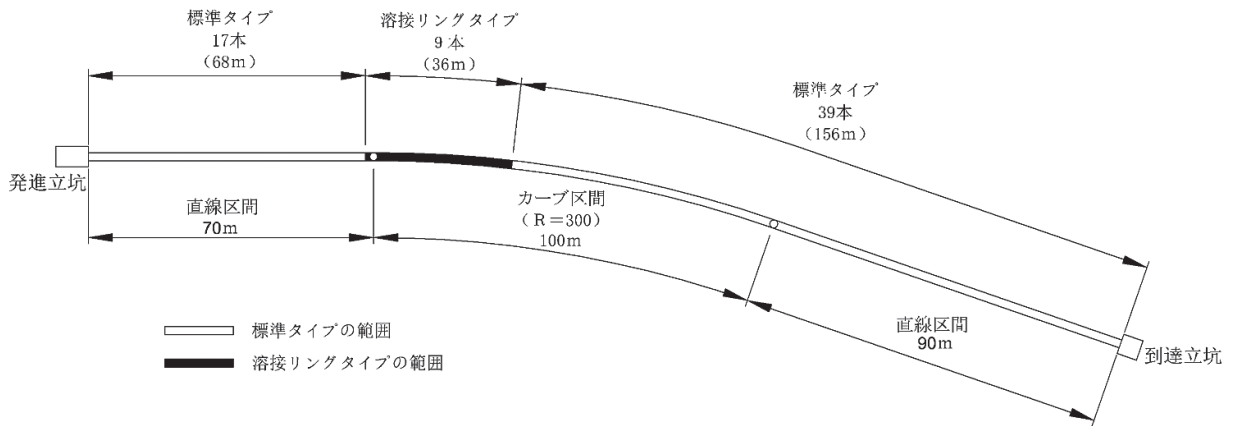


図24 新管の仕様

4. 8. 2 配管設計例

本工法の標準的な配管設計例を図25に示す。立坑内の立ち上がり部には水圧による水平方向の不平均力が作用するため、その対策として防護コンクリートを打設するのが一般的である。なお、この場合、立坑を埋戻したときにこの防護コンクリートが沈下し、新管の継手に管軸直角方向の曲げモーメントが作用することのないよう、防護コンクリートを立坑底部のベースコンクリートに密着させて打設する等の留意が必要である。

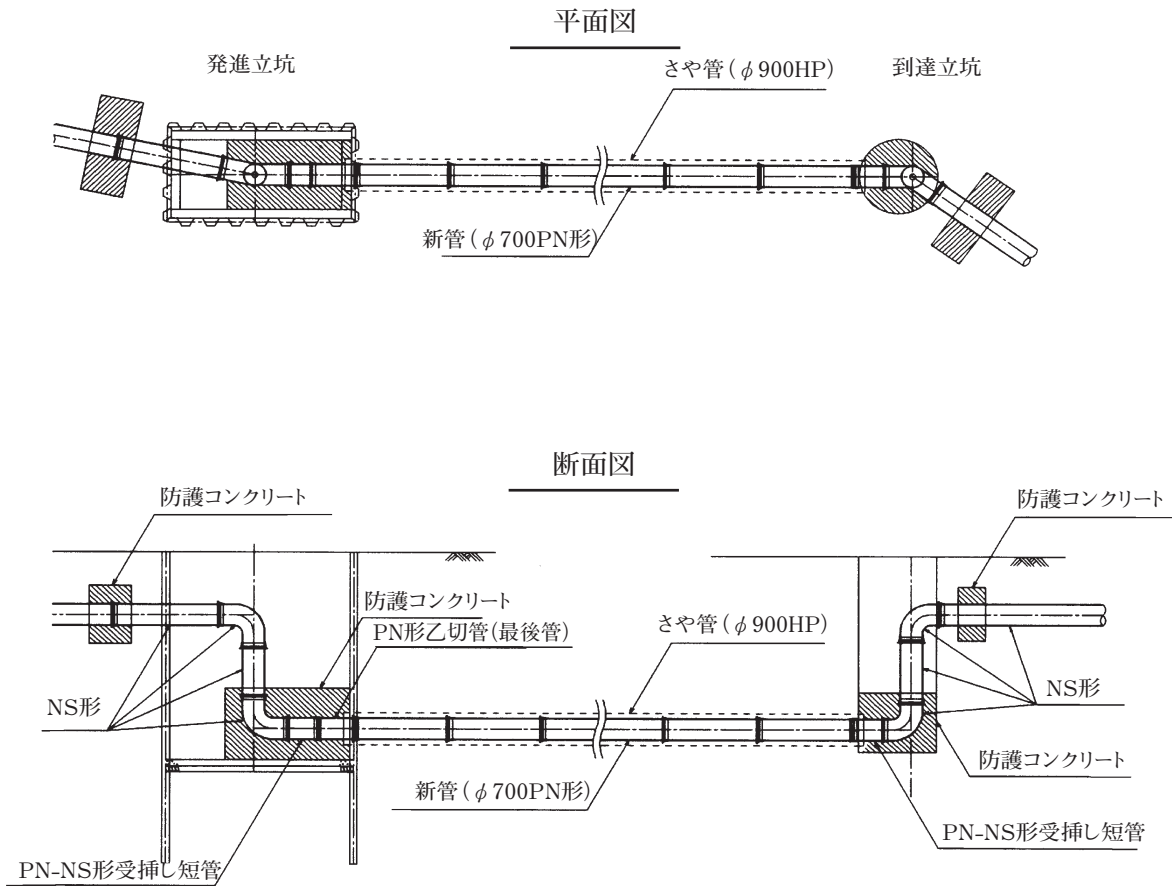


図25 標準的な配管例(呼び径700PN形管の場合)

現地加工するPN形乙切管(最後管)は、防護工を打つなど不平均力が作用しない場合に限り、図26のように挿し口溝幅 (M_2) は表15の値としてよい。

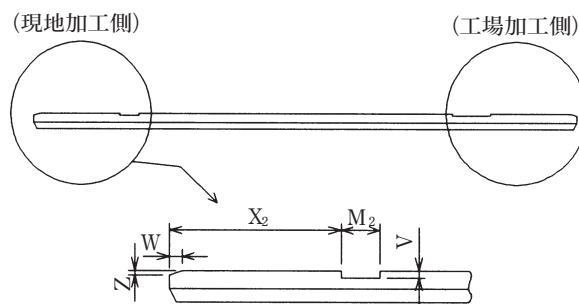


図26 PN形乙切管(最後管)

表15 最後管(PN形乙切り管)の現地加工用挿し口寸法および許容差

単位 mm

呼び径	X ₂	M ₂	V	W	Z			
300	161	27	2.5	9.0	3.0			
400	±1.5				+1.5 -0.5	±0.5	14.0	5.0
500				176				+5.0 -2.0
600						168	3.0	
700	173	37	3.0	9.5	3.5			
800	183					42	3.0	9.5
900	193	1500	3.0	9.5	3.5			
1000	188					1500	3.0	9.5
1100	193	1500	3.0	9.5	3.5			
1200	193					1500	3.0	9.5
1350	193	1500	3.0	9.5	3.5			
1500	188					1500	3.0	9.5

4. 8. 3 特殊な配管例

(1) 曲管部管内ドッキング工法

パイプ・イン・パイプ工法では、既設管路中に曲管があった場合、通常、その部分に立坑を設けなければならない。しかし、この曲管は交差点など比較的掘削の困難な場所にあることが多い。

ここに紹介するパイプ・イン・パイプ工法による曲管部施工法(以下、管内ドッキング工法と呼ぶ)は曲管部に立坑を設ける必要がなく、図27、28に示すように、既設曲管部に、事前に、単独で運搬、据え付けたエレメント(曲管ピース)と内挿施工した直管部を管内でドッキングする工法である。この工法でも、PN形管などと同様に既設管の管径に対して1口径だけ小さい管を挿入できる。なお、この工法は管内でエレメントの組立作業が必要のため、適用呼び径は800～1500となる。

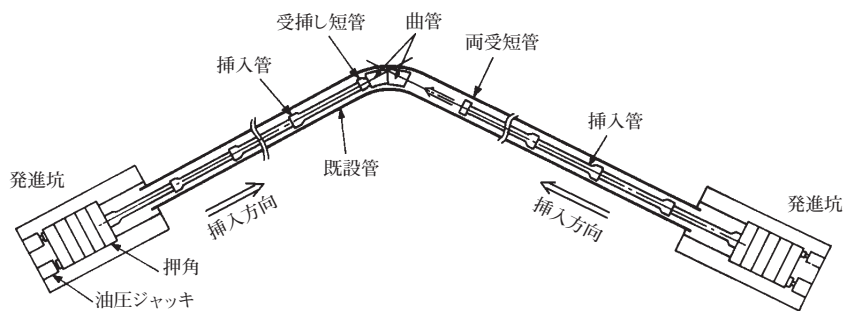


図27 管内ドッキング工法の概要

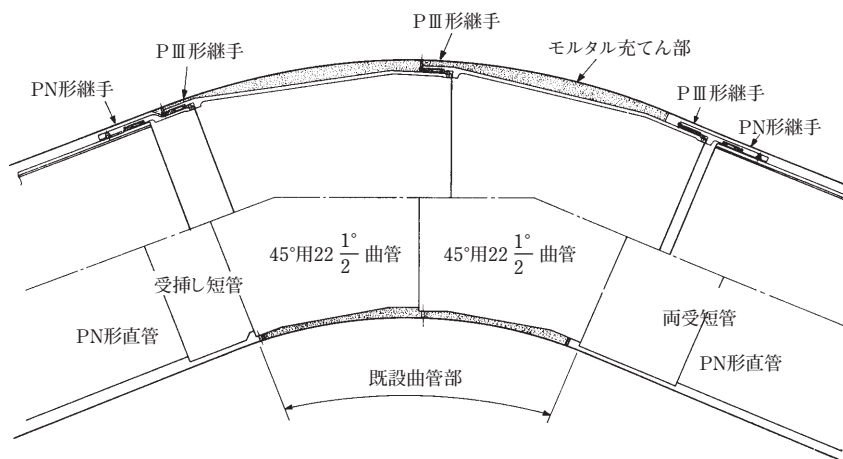


図28 曲管部の施工完了状態

管内ドッキング工法に用いるエレメントの継手には、以下の3つの機能が必要である。

- ① 管内作業のみで接合できること。
- ② PN形継手などと同等の水密機能を有すること。
- ③ PN形継手などと同等の離脱防止機能を有すること。

これらの機能とPN形継手などの付属品の互換性を有している継手として図29に示すPⅢ形継手がある。

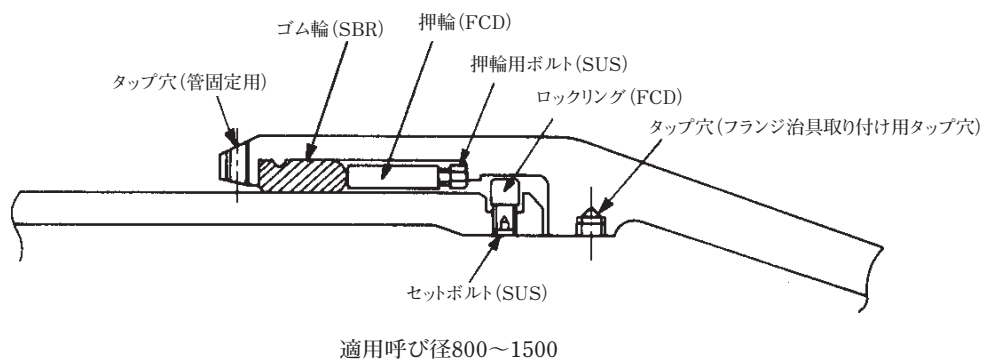


図29 管内ドッキング工法用PⅢ形継手の構造

なお、直線部や管内調査後に曲管の存在が分かった場合の管内ドッキング方法として、図30に示すような継ぎ輪と鋼製短管を用いて管内で溶接接合する方法なども使用されている。

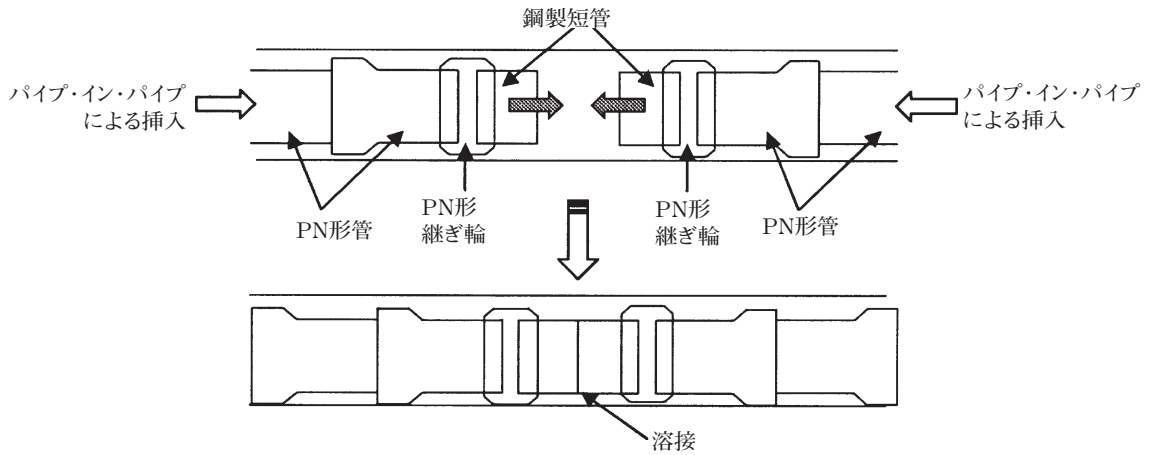


図30 継ぎ輪と鋼製短管による管内ドッキング方法

(2) さや管内での連絡

図31に示すように連絡管(図9参照)を先頭管として挿入すれば、到達立坑を設けなくても、さや管内での連絡が可能である。ただし、更新した管路を長期間供用するためには、連絡管より先のさや管が健全であることが前提となる。

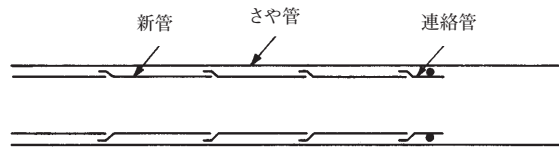


図31 さや管内での連絡

(3) 空気弁の設置

図32に示すようにフランジ付きT字管を挿入すれば、新管に空気弁を設置することも可能である。ただし、挿入中に新管がローリングした場合は、さや管上部を切断して開口部を設け、新管にワイヤーや鋼材を掛けて新管を回転させるローリング補正が必要となる。

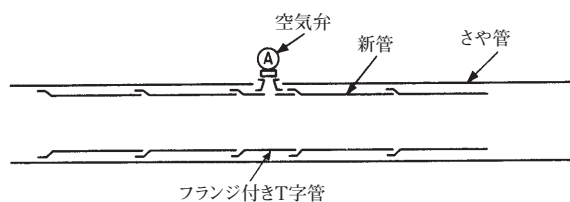


図32 空気弁設置部

5. パイプ・イン・パイプ工事

5.1 既設管内クリーニング

既設管の内面には、錆こぶや堆積物など、管の挿入を阻害する異物が付着しているため、施工前にこれらを除去する必要がある。この管内クリーニングの方法には、以下のようなものがある。

(1) 人力作業

既設管が呼び径800以上であれば、人の手作業でクリーニングを行うことができる。

(2) 機械式

爪回転式掻き取り機を回転させながら管内を往復させてクリーニングを行う。対象となる既設管は、呼び径800～1500である。

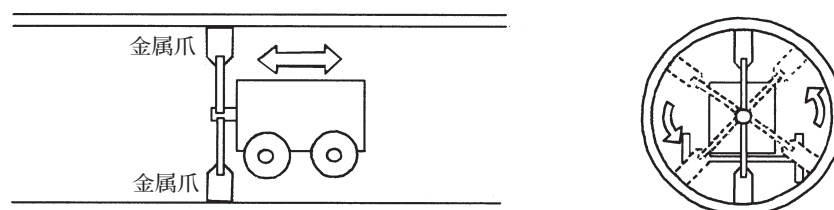


図33 機械式(呼び径800～1500)

(3) スクレーパ法

人の入れない呼び径700以下の既設管の場合は、金属の爪を複数枚貼り合わせたスクレーパをワイヤで複数回往復させてクリーニングを行う。

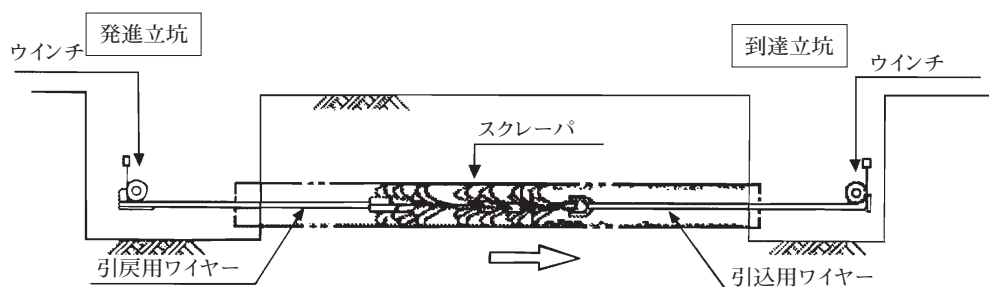


図34 スクレーパ法(呼び径700以下)

(4) 高圧洗浄法

超高圧洗浄車でノズルから高圧水を噴射させて管内をクリーニングする。作業後は、立坑に排出された泥水をバキューム車で搬出する。この方法では、固結した錆こぶは除去できないため、主にライニングが施工された管路に適用する。

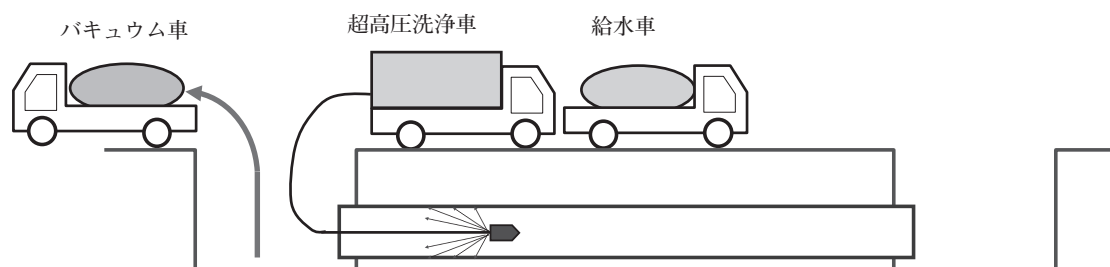


図35 高圧洗浄法(呼び径700以下)

5. 2 管内調査

パイプ・イン・パイプの実施にあたっては、事前にさや管内調査を実施する必要がある。この方法を以下に示す。

(1) 調査項目

挿入管の通過性の検討、挿入可能な管長の決定、標準タイプ管と補強タイプ管の仕様決定などのため、原則としてさや管の内側から表16の全項目を測定する。

表16 調査項目

項目	内容
管長	各管長及び全管路延長
継手屈曲角	各継手の屈曲角
内径	段差も含む各継手部での最小内径
継手部段差	各継手部での段差

(2) 調査方法

管内での人の作業の可否によって呼び径700以下と呼び径800以上とで調査方法が異なる。表17にこれらの一覧を示す。ここに、簡易調査は測定精度が低いため、複数の調査を併用するか、設計時に安全率を大きくとることが必要である。また、詳細調査は最も精度が高く、安全率を小さくした最適設計が可能となる。

表17 調査方法

簡易調査	テレビカメラ調査(呼び径700以下)
	胴付調査(呼び径800以上)
	模擬管調査
詳細調査	トラバース測量または同等以上

(3) テレビカメラ調査

管内クリーニング実施後、自走式のテレビカメラをさや管内に挿入し、曲管などの有無の確認と、管長、継手屈曲角の測定を行う。ここに、管長は画像による継手位置とケーブルの引き込み量から求める。継手屈曲角は上下左右の継手胴付間隔を画像上で測定し、後述する胴付調査の計算式で算出する。なお、内径と段差を画像から数値として求めることは困難であるため、模擬管調査を併用することが望ましい。調査延長は、機器にもよるが一般に100mから150m程度である。

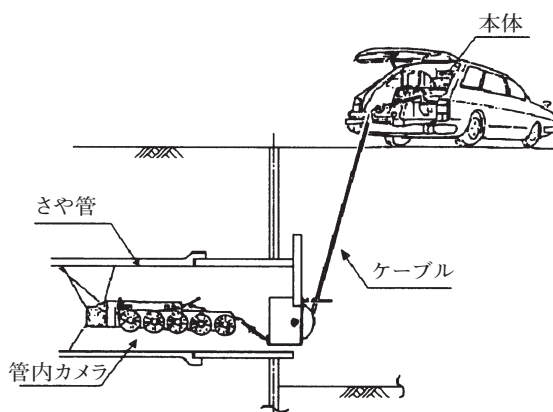


図36 テレビカメラ調査の概要

(4) 模擬管調査

図37に示すように新管2本と受口部1個を接合した、後述する模擬管①もしくは模擬管②をウインチとワイヤでさや管内に引き込み、通過性を確認する。通過不能の場合は模擬管を引き抜く必要があるため、戻りのワイヤもセットしておく。

模擬管①：模擬管の継手部に屈曲角度を正確に測定できる機器を取り付けたもの

模擬管②：模擬管の継手部に「許容曲げ角度を安全率(1.3)で除した角度」を超える屈曲を防止する矯正部材を取り付けたもの

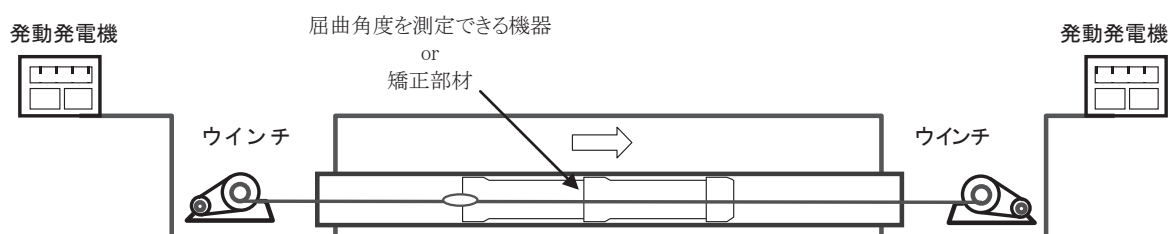


図37 模擬管調査の概要

(5) 胴付調査

管内クリーニング実施後、さや管内に作業員が入り、以下の要領で表16の全項目を測定する。なお、本調査はこれまで主に実施されてきたものであるが、胴付部の状況によって、測定結果にばらつきが生じた事例が見られるため、今後は簡易調査と位置付ける。

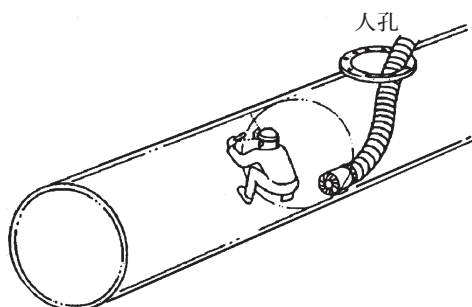


図38 胴付調査の状況

① 管長の測定

鋼尺を使用して全ての管の管長を1本ずつ測定する。これらを累計したものが全管路延長となる。

② 測定ポイントの設定

水平器などを使用して各継手部の上下左右の測定ポイントを設定する。

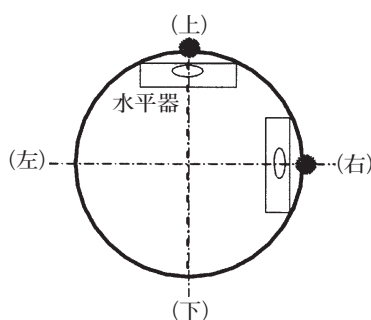


図39 測定箇所の設定例

③ 胴付間隔の測定

ノギスを使用して設定した測定ポイントにおける管の胴付き間隔を上下左右4箇所測定する。

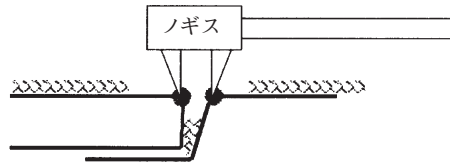


図40 胴付間隔の測定例

④ 内径の測定

管の口径に応じた内径ゲージあるいは箱型スケールを使用して、縦横2方向の内径を測定する。このとき、偏平しやすい挿し口側を測定したり、継手に段差がある場合は受口と挿し口の最小内径ポイントを測定するなどして、最小内径を確実に測定することが重要である。なお、モルタルライニング管の場合はライニングの内径を測定する。

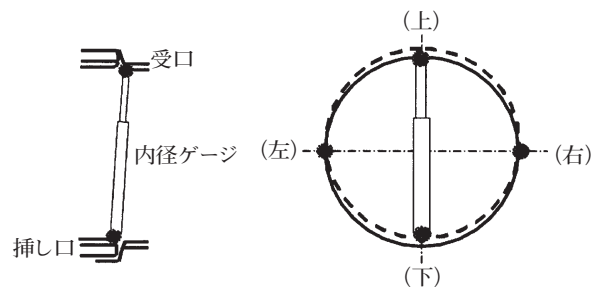


図41 内径の測定例

⑤ 継手部段差の測定

スケールと定規を使用して継手部の段差を上下左右4箇所測定する。これより、先頭管に取り付けるソリの寸法を決定する。

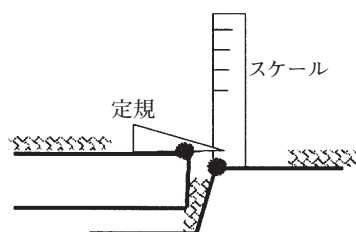


図42 段差の測定例

⑥ 継手屈曲角の算出

胴付間隔と内径の測定結果から、以下の式(10)により全継手の継手屈曲角を算出する。ここに S_θ は測定結果に対する安全率であり、表18(頁34)の値を用いる。図43にさや管の胴付間隔と内径の測定位置を示す。

$$\left. \begin{aligned} \text{水平屈曲角: } \theta_H &= S_\theta \cdot \tan^{-1} \frac{B_2 - B_4}{D_{02}} \\ \text{垂直屈曲角: } \theta_V &= S_\theta \cdot \tan^{-1} \frac{B_1 - B_3}{D_{01}} \\ \text{継手屈曲角: } \theta &= \cos^{-1}(\cos \theta_H \cdot \cos \theta_V) \end{aligned} \right\} \dots\dots(10)$$

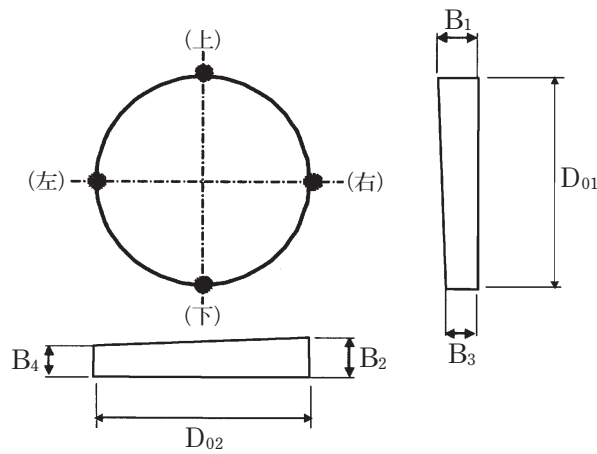


図43 胴付間隔と内径の測定位置

(6) トラバース測量

管内に光波測距儀などの測量機器を持ち込み、各継手部に反射ミラーを設置して順次継手部の3次元座標を測量する。さらに、立坑外にも測点を設け、閉合トラバースを形成することにより、高い精度を確保できる。管長と継手の屈曲角は各継手部の座標から計算で求める。また、内径及び継手部位差の測定は前項の胴付調査に準じて実施する。この方法は、従来よく行われてきた継手胴付間隔の測定に比べて、高い精度の測定結果が得られる。

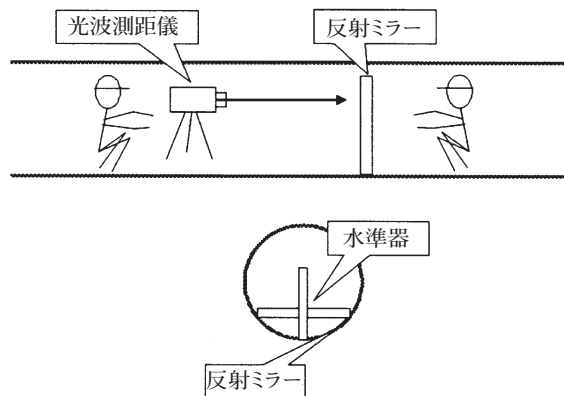


図44 トラバース測量の実施状況例

(7) 管内調査結果の取り扱いについて

各調査方法によってその精度が異なる。従って、調査方法に応じて表18、表19に示す安全率を考慮して設計に用いる。

なお、管長、内径等については調査結果の値をそのまま使用する。

表18 さや管の屈曲角の測定結果に対する安全率

さや管の呼び径	700以下		800以上	
設計値	調査機器による詳細調査 ¹⁾	簡易調査	トラパース 測量などによる 詳細調査	簡易調査
		テレビカメラ		胴付調査
安全率 S_p	1.0	1.5	1.0	1.3

注1) 調査機器による詳細調査はさや管の角度を正確に測定できる機器を使用して調査した場合とする。

表19 模擬管調査を用いた場合の新管の継手屈曲角に対する安全率

さや管の呼び径	700以下
設計値	簡易調査
	模擬管調査 ¹⁾
安全率 S_r	1.3

注1) 模擬管①：継手の屈曲角度が測定可能な模擬管を使用し、測定した屈曲角度に1.3を乗じた屈曲角度を、新管の継手屈曲角度とする。

模擬管②：継手部に「許容曲げ角度を安全率(1.3)で除した角度」を超える屈曲を防止する矯正部材を取り付け、模擬管が通過した場合でも、新管は全て許容曲げ角度(呼び径700：3°、呼び径600以下：4°)まで屈曲すると判断する。

$$\left(\begin{array}{l} \text{例：矯正部材の矯正角度} \\ \text{呼び径700の場合} \quad 3^\circ/1.3=2.3^\circ \\ \text{呼び径600以下の場合} \quad 4^\circ/1.3=3.1^\circ \end{array} \right)$$

5.3 付帯設備

(1) 立坑の位置

パイプ・イン・パイプ工法は、一般に市街地で行われることが多いため、工法上や経済面からだけで立坑の位置を決められるものではないが、その決定には以下の点に留意した方がよい。

① さや管の曲管部、T字管部、制水弁部などを立坑の位置に選ぶ。

5/8°以上の曲管部と制水弁部は新管が通過できない。また、T字管部は分岐配管が必要である。このため、これらの位置に立坑を設けることを原則とする。ただし、新管の呼び径800以上については、管内ドッキング工法を用いれば曲管部の立坑を減らすことができる。

② できる限り挿入施工区間を長くする。

③ 管の仮置き場が確保できる場所を選定する。

パイプ・イン・パイプ工法では、管1本の挿入時間は管径により若干差はあるものの概ね数10分程度であるから、管の立坑への搬入が頻繁に行われる。このため、事前に道路事情などを考慮の上搬入方法を十分に検討し、できれば管の仮置き場を確保できる場所を選定した方がよい。

(2) 立坑の形状・寸法

発進立坑の大きさは図45に示す寸法を考慮し、以下の式より決定する。ただし、発進立坑内の連絡配管の長さが図45のL寸法以上となるときはその長さで決定される。一方、到達立坑の大きさは連絡配管ができる大きさがあればよいことになる。

$$L = \text{新管長さ} + \text{油圧ジャッキ長さ} + \text{反力受け厚さ} + \text{さや管の突出長さ} + \text{接合余裕} (0.5 \sim 0.7\text{m})$$

(a) (b) (c) (d) (e)

$$B = \text{呼び径} + 1.5\text{m}$$

(例) 呼び径700の場合

$$\text{発進立坑の長さ } L = 4.240(a) + 1.0(b) + 0.9(c) + 0.5(d) + 0.7(e) = 7.340\text{m}$$

$$\text{発進立坑の幅 } B = 0.7 + 1.5 = 2.2\text{m}$$

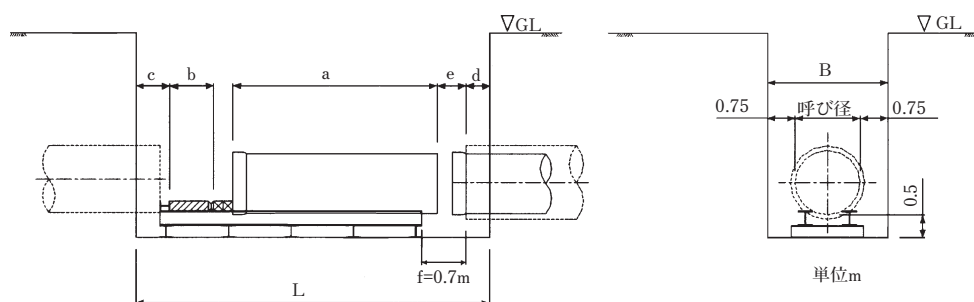


図45 発進立坑の形状・寸法

(3) 発進立坑内の設備

挿入設備は、式(9) (頁21)により求めた挿入力を考慮したうえで決定する。一般には油圧ジャッキおよび油圧ユニットを使用するが、挿入力が小さい場合はウインチを使用することもある。ただし、管路に勾配がある場合などには挿入方法を個々に検討する必要がある。

なお、工事の能率からいえば、ジャッキのストロークが長いほど、またジャッキ駆動用の油圧ユニットの吐出量が大きいほど挿入効率がよい。

このジャッキの反力を受ける方法の例を図46に示す。ここに①はさや管の周囲にバックコンクリートを打設し、背面の受働土圧を反力としたものである。また、②はさや管と周囲の地盤との摩擦力が設計挿入力以上に期待できる場合に、直接さや管に反力をとった例である。

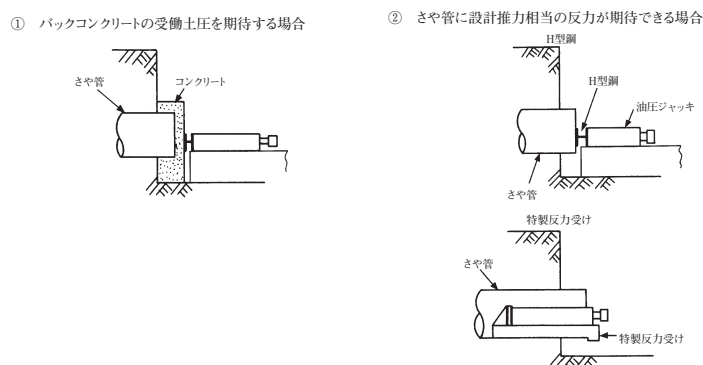


図46 反力受けの例

また、参考までに上記の挿入設備と挿入用レール、ストラット等を含めた標準的な発進立坑内の設備設計例を図47に示す。ここでは、ジャッキの反力は鋼材を介して立坑壁面の受働土圧に期待している。

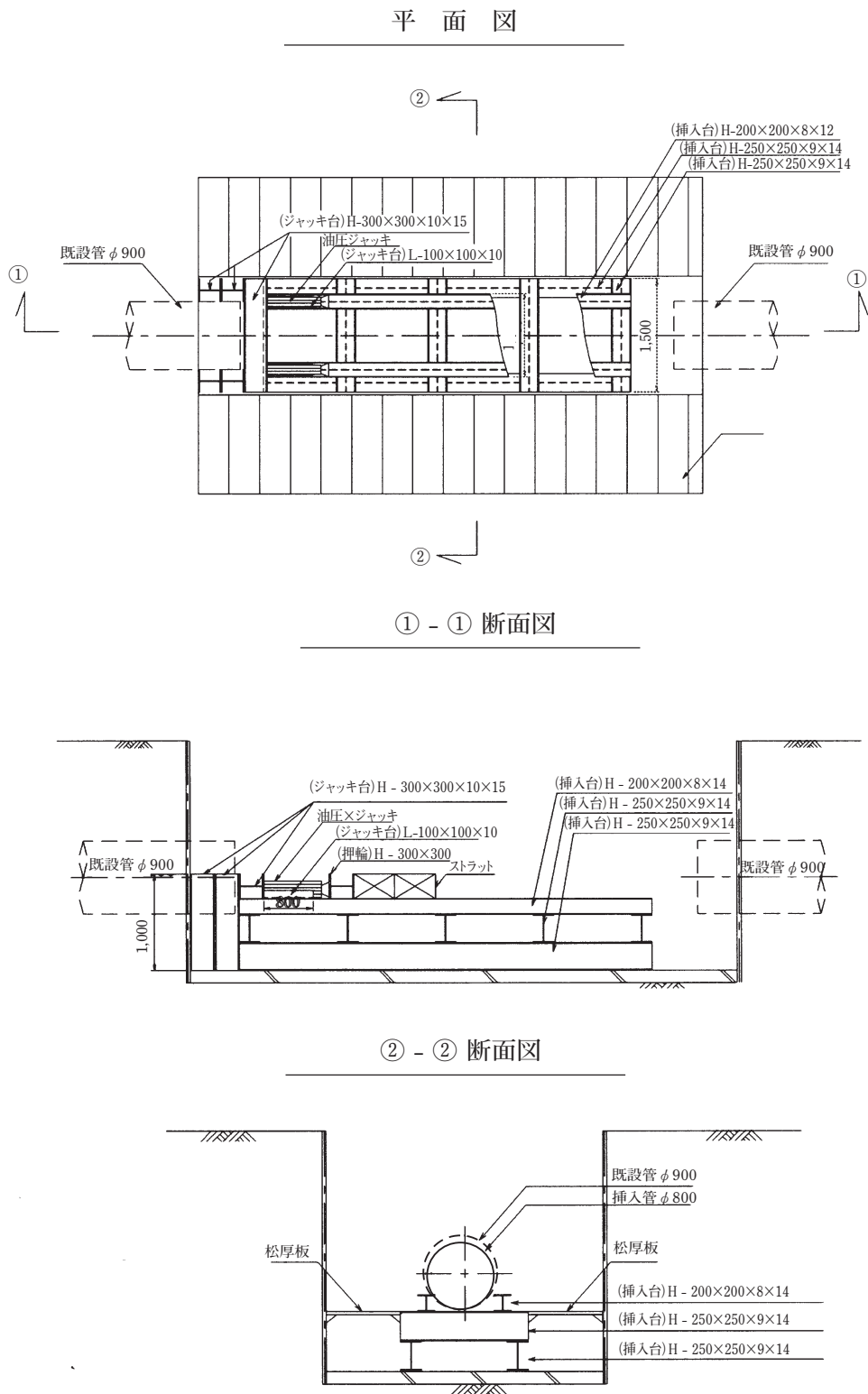


図47 発進立坑内設備の設計例(新管の呼び径800の例)

(4) 先導ソリ

参考までに、先頭管に取り付ける先導ソリの形状例を図48に示す。ここに、ソリ先端の勾配部は管内調査による継手部段差を超えられるだけの傾きと長さが必要である。

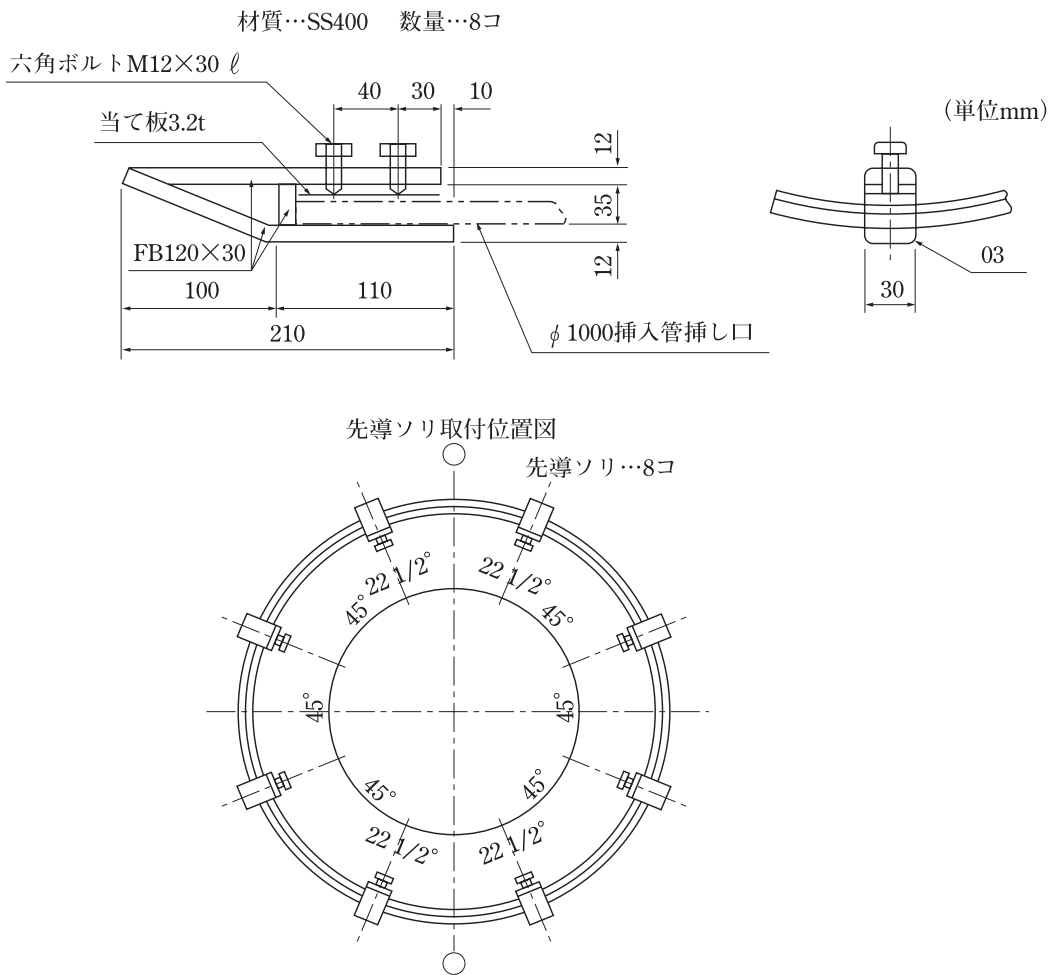
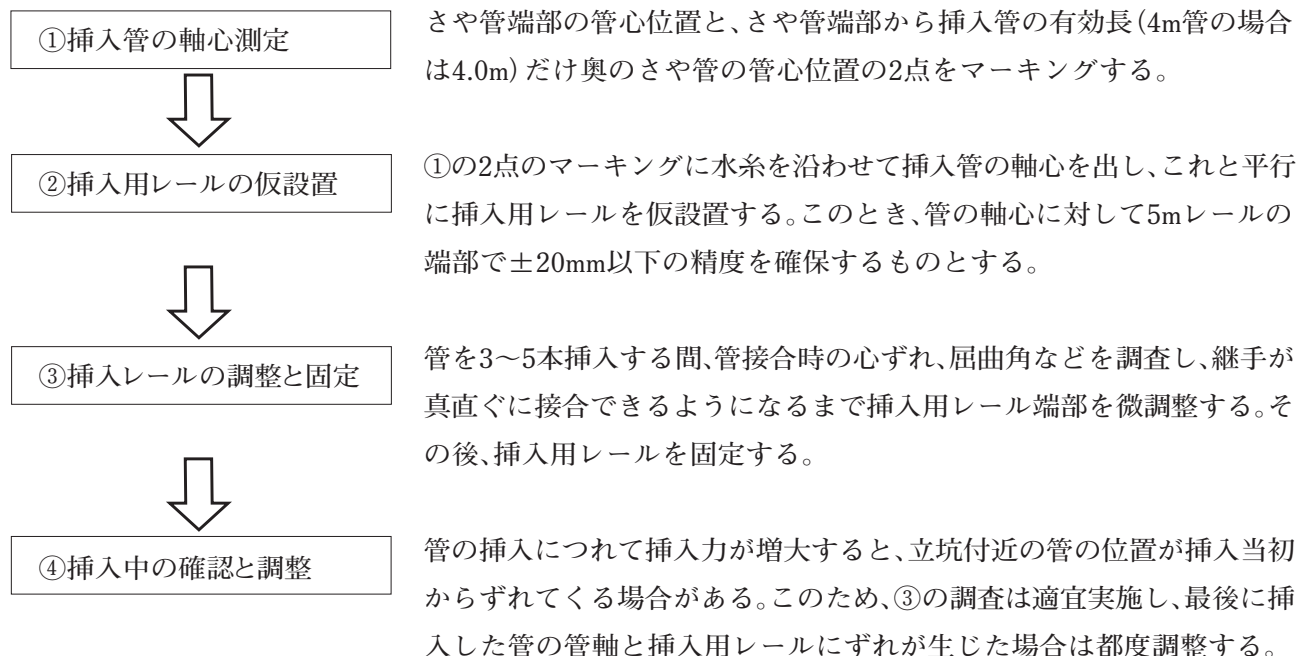


図48 先導ソリの形状例

5.4 挿入用レールの設置方法

立坑内で管の継手を接合するときは、継手を真直ぐに接合することが重要である。このためには、挿入用のレールを挿入される管の軸心に正確に合わせて立坑内に設置する必要がある。この挿入用レールの設置フローを以下に、レールの調整方法を図49に示す。



備考) 挿入用レールを設置する際は、端部を上下・左右に調整できる余裕代を持たせておく必要がある。

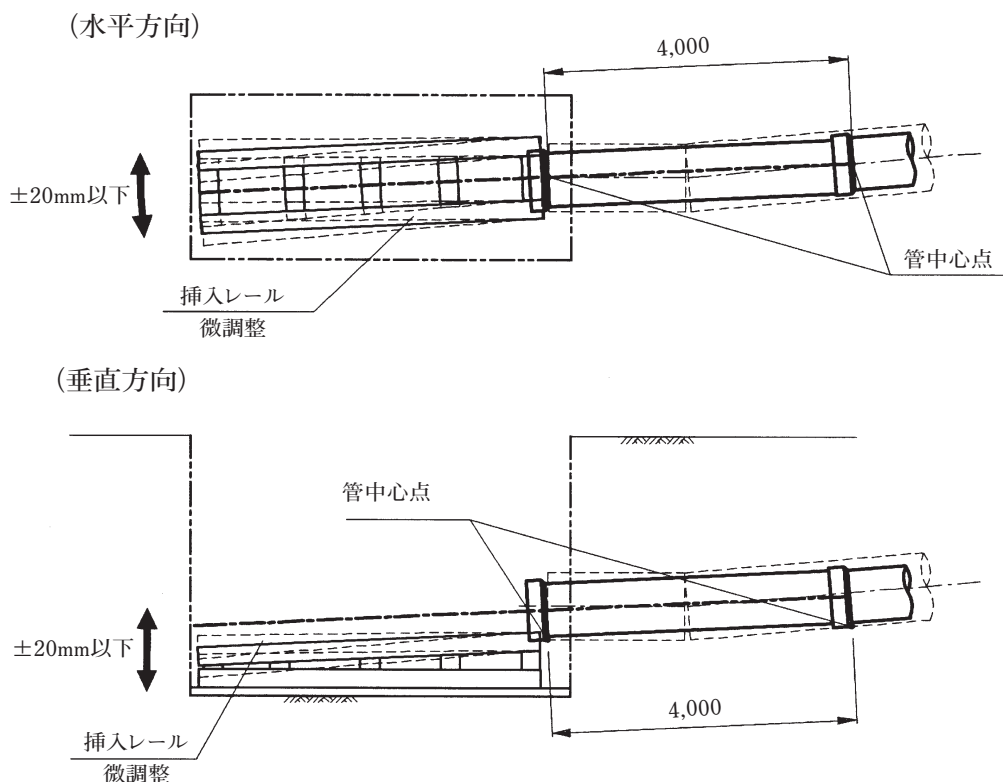


図49 挿入用レールの調整方法

5. 5 PN形継手の接合要領

接合手順は当協会発行のPN形ダクタイル鉄管接合要領書(別冊)を参照のこと。

5. 6 さや管と新管の間隙充填

さや管と新管との間隙は、一般に以下の理由により充填を行う。このとき、充填に使用する材料の強度はさや管周囲の地盤強度と同程度でよく、一般に圧縮強度 $0.5\sim 1.5\text{N/mm}^2$ 程度のものが使われる。

- ① 充填しなければ地中に空間を残すことになり、万一、老朽化したさや管が破損した場合、周囲の土砂が隙間に流入し、路面陥没を起こす恐れがある。
- ② 地下水が流入すると、この隙間を流下するため、管路の防食対策上好ましくない。

5. 6. 1 充填材

充填剤(エアミルク、エアモルタル、セメントベントナイトモルタル等)、新管の口径やさや管との口径差、後述する充填方法などの各種条件に応じて注入可能な延長や作業性が異なるため、現場に応じたものを選択する必要がある。

5. 6. 2 充填工

さや管と新管の両端部の間隙を閉塞し、一方に注入孔を設け、反対側の端面にはエア抜きを設けてグラウトポンプで充填する。施工方法の例を図50、51、52に示す。いずれも、エア抜きから充填材が流出した時点で完了とする。

(1) 車上プラントによる施工

施工方法の例を図50に示す。これは比較的小規模な充填に適した方法である。ただし、(3)項のトラックミキサによる施工よりも道路の占有範囲が広がる。また、現場でセメントを混和するためセメント粒子が飛散する恐れがある。

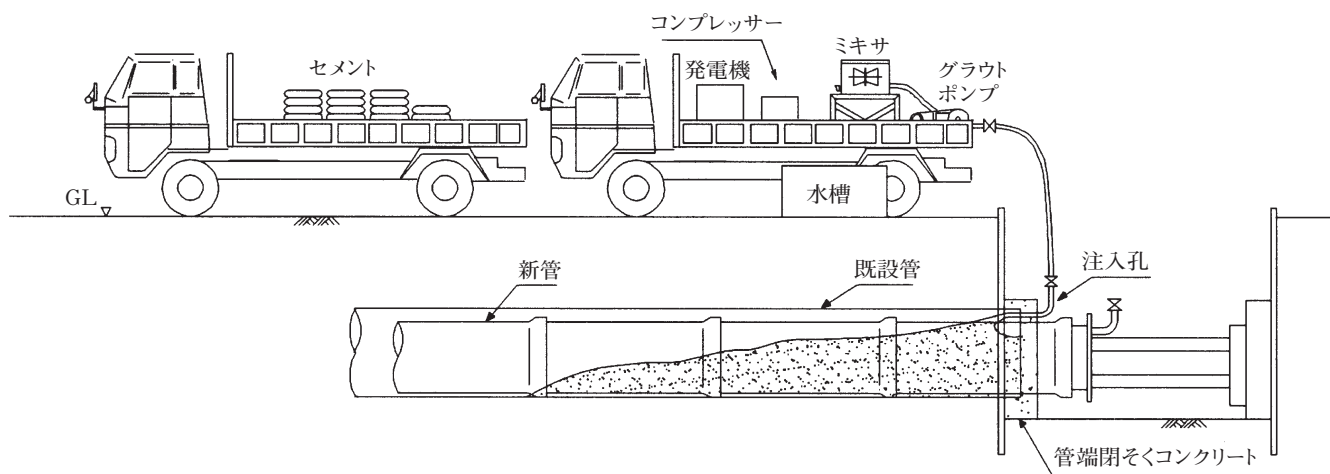


図50 車上プラントによる充填施工の例

(2) 現地プラントによる施工

施工方法の例を図51に示す。この方法は比較的大規模な打設の場合に経済的である。ただし、プラントの設置占有スペースが必要である。

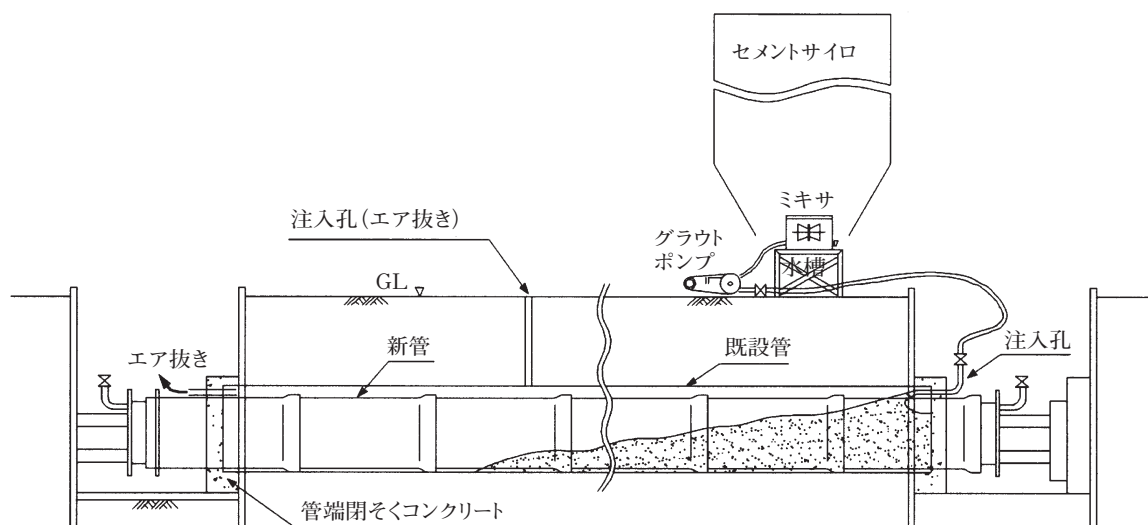


図51 現地プラントによる充填施工の例

(3) トラックミキサによる施工

施工方法の例を図52に示す。これは充填の規模にかかわらず、施工ヤードや混練の水が確保できない場合に適した方法で、充填材がエアミルクの場合に適用できる。ただし、生コンプラントが近隣にあることが必要であり、これがない場合は(1)項の車上プラントによるのが一般的である。

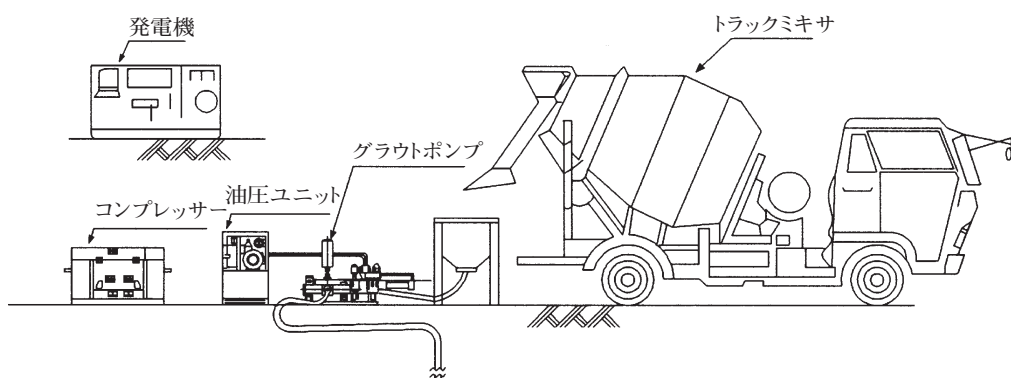


図52 トラックミキサによる充填施工の例

なお、1スパン当たりの距離が長く充填が困難な場合は、以下のような対策を取ることがある。

- ①セメント・ベントナイトモルタルの場合は充填材に遅延剤を混和し、高い流動性を長時間保持することによって注入延長を延ばすことができる。
- ②管路の途中からも充填できるように、新管挿入前にさや管上部を掘削してこれに孔をあけ、注入パイプを取り付けて複数箇所から充填する。この場合、さや管と注入パイプとの取り付け部は充填時の注入圧に耐えられるようにコンクリートを打設するなどして養生する必要がある。

- ③新管が呼び径800以上の場合は、グラウト孔付管を使用することにより、挿入完了後の管内に注入パイプを配管して充填することができる。なお、グラウト孔付管の配置は、口径によって異なるが5本に1本程度の割合で配置することが望ましい。

また、以下の場合などについては過大な充填圧が管に作用しないよう注意が必要である。

- ① スパン当たりの充填距離が長く、高低差も大きなスパンの場合
- ② ダクタイル鉄管より外圧剛性の低い鋼管が使用されている場合

[添付資料] P I 形、P II 形ダクタイル鉄管

以下、PN形と異なる内容についてのみ示す。

1. 概要

1.1 名称

PI形、PII形ダクタイル鉄管

1.2 規格

JIS G 5526・5527(ダクタイル鋳鉄管・ダクタイル鋳鉄異形管)

JWWA G 113・114(水道用ダクタイル鋳鉄管・異形管)

JDPA G 1030・1031(ダクタイル鋳鉄管・ダクタイル鋳鉄異形管)

JDPA G 1033(PI形・PII形ダクタイル鋳鉄管)

1.3 呼び径

300～1350

備考 既設管に対して、一般に1口径(100mm)だけ小さい新管を挿入できる。
したがって、既設管の適用呼び径は400～1500となる。

1.4 管の仕様

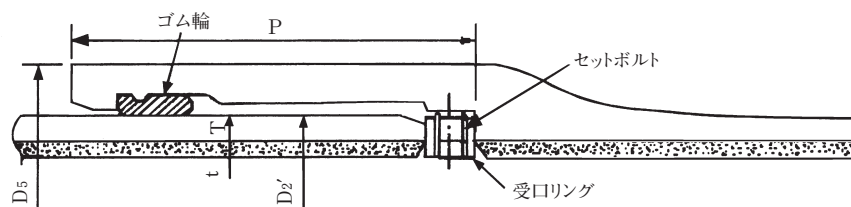
直管：1、2、3、4種(ただし、2種、3種は呼び径400以上、4種は呼び径600以上)

異形管：PN形管と同様。

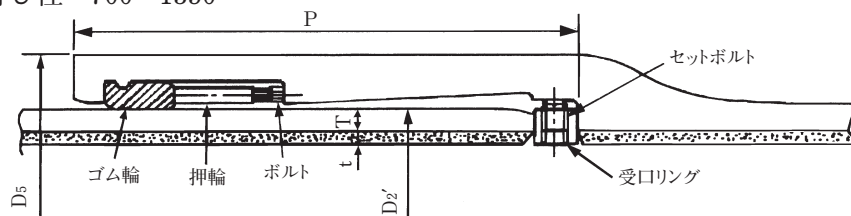
2. 継手の構造

(1) PI形

呼び径 300～600



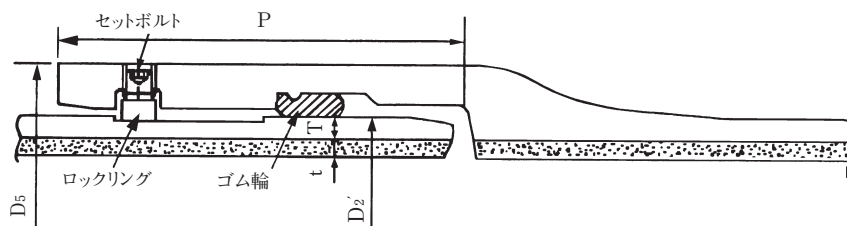
呼び径 700～1350



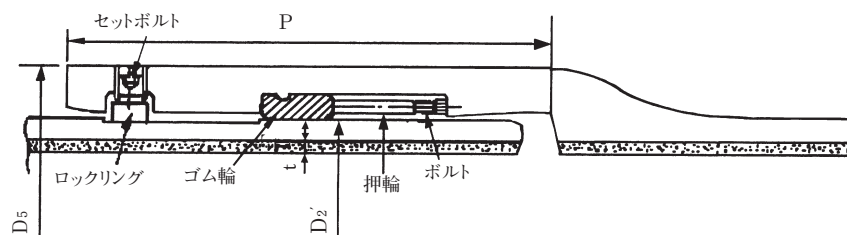
付図1 PI形の継手構造

(2) PII形

呼び径 300～600



呼び径 700～1350



付図2 PII形の継手構造

付表1 主要寸法単位

単位 mm

呼び径 D	管厚 T				ライニング 厚 t	外径 D ₂ ' ¹⁾	各部寸法	
	D1	D2	D3	D4			D ₅	P
300	7.5	—	—	—	6	318.5	355.1	220
350	7.5	—	—	—	〃	355.6	402.6	235
400	8.5	7.5	7.0	—	〃	406.4	454.4	〃
500	9.5	8.5	8.0	—	〃	508.0	558.0	〃
600	11.0	10.0	9.0	8.5	〃	609.6	661.6	240
700	12.0	11.0	10.0	9.0	8	711.2	759.2	〃
800	13.5	12.0	11.0	10.0	〃	812.8	862.8	250
900	15.0	13.0	12.0	11.0	〃	914.4	966.4	260
1000	16.5	14.5	13.0	12.0	10	1016.0	1070.0	〃
1100	18.0	15.5	14.0	13.0	〃	1117.6	1173.6	270
1200	19.5	17.0	15.0	13.5	〃	1246.0	1304.0	280
1350	21.5	18.5	16.5	15.0	12	1400.0	1461.0	〃

注 1) 呼び径300～1100のD₂'寸法はJIS G 3443(水輸送用塗覆装鋼管)の外径と同じである。また、呼び径1200～1350のD₂'寸法はK形などの一般のダクタイル鉄管の外径と同じである。

3. 異形管の種類

異形管の種類はPN形管と同様であり、継手部が異なるだけである。

4. 継手の性能

4. 1 基準性能

PI形、PII形の基準性能を付表2に示す。

PII形管の伸縮量は+1%であり、離脱防止力は(財)国土開発技術研究センターの「地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)」昭和52年3月の耐震継手区分の「B級」に相当する。

〔(注)B級は離脱防止力が1.5DkN以上(D:呼び径)を表す。〕

付表2 基準性能

項目 呼び径	PI形		PII形			
	伸び量 (mm)	許容曲げ角度	伸び量 (mm)	許容曲げ角度	離脱防止力 (kN)	[参考] 地震時や 地盤沈下時の 最大屈曲角
300	120	4°	50	4°	450	8°50'
350	125	4°	50	4°	525	8°
400	125	4°	50	4°	600	7°
500	125	4°	50	4°	750	5°30'
600	130	4°	50	4°	900	4°40'
700	140	3°	50	3°	1050	4°00'
800	150	3°	55	3°	1200	3°20'
900	160	3°	60	3°	1350	3°40'
1000	160	3°	60	3°	1500	3°20'
1100	165	2°45'	60	2°45'	1650	3°
1200	175	2°45'	65	2°45'	1800	2°50'
1350	175	2°30'	65	2°30'	2025	2°30'

4. 2 性能試験結果

接合試験および離脱防止試験の結果を以下に示す。

(1) 接合性能

付表3に示す通り、呼び径600以下は15分、呼び径700以上は30分程度であり、いずれも施工上問題のない範囲であった。

(2) 離脱防止性能

付表4に示す通り、PII形継手に1.5DkNの引張り力を負荷しても異常は生じなかった。
備考) 曲げ性能はPN形管と同じである。

付表3 継手1カ所当たりの接合時間例

呼び径	PI形		PII形	
	接合時間(分)	作業員数(人)	接合時間(分)	作業員数(人)
300	約 4	2	約 8	2
700	19	〃	25	〃
1200	21	〃	32	3

付表4 離脱防止試験例(P II 形管)

呼び径	引張り力(kN)	試験結果	備 考
300	450	異常なし	負荷した引張り力 1.5DkN ただし、D：呼び径
600	900	異常なし	
700	1050	異常なし	
1000	1500	異常なし	
1200	1800	異常なし	
1350	2025	異常なし	

4. 3 許容抵抗力

PⅡ形標準タイプの施工時の許容抵抗力は付表5による。溶接リングタイプおよびフランジ・リブタイプの構造と許容抵抗力はPN形と同様である。

付表5 挿入施工時の許容抵抗力(PⅡ形標準タイプの場合)

単位 kN

呼び径	新管継手の最大屈曲角(°) (θ _a : PⅡ形管の許容曲げ角度)								
	0	0.15θ _a	0.20θ _a	0.25θ _a	0.40θ _a	0.50θ _a	0.66θ _a	0.75θ _a	1.0θ _a
300	450	450	360	360	300	210	150	(適用せず)	
350	520	520	420	420	350	240	170		
400	600	600	480	480	400	280	200		
500	750	750	600	600	500	350	250		
600	900	900	720	720	600	420	300		
700	1050	1050	560	560	460	320	230		
800	1200	1200	960	960	800	560	400		
900	1350	1350	1080	1080	900	630	450		
1000	1500	1500	1200	1200	1000	700	500		
1100	1650	1650	1320	1320	1100	770	550		
1200	1800	1800	1440	1440	1200	840	600		
1350	2020	2020	1620	1620	1350	940	670		

技術資料の内容は、製品の仕様変更などで予告なく変更される場合があります。当協会のホームページから最新の技術資料がダウンロードできますので、お手持ちの技術資料をご確認ください。

一般社団法人

日本ダクタイル鉄管協会

[http://www. jdpa. gr. jp](http://www.jdpa.gr.jp)

本部・関東支部	東京都千代田区九段南4丁目8番9号（日本水道会館） 電話 03（3264）6655（代） FAX 03（3264）5075
関西支部	大阪市中央区南船場4丁目12番12号（ニッセイ心斎橋ウエスト） 電話 06（6245）0401 FAX 06（6245）0300
北海道支部	札幌市中央区北2条西2丁目41番地（札幌2・2ビル） 電話 011（251）8710 FAX 011（522）5310
東北支部	仙台市青葉区本町2丁目5番1号（オーク仙台ビル） 電話 022（261）0462 FAX 022（399）6590
中部支部	名古屋市中村区名駅3丁目22番8号（大東海ビル） 電話 052（561）3075 FAX 052（433）8338
中国四国支部	広島市中区立町2番23号（野村不動産広島ビル） 電話 082（545）3596 FAX 082（545）3586
九州支部	福岡市中央区天神2丁目14番2号（福岡証券ビル） 電話 092（771）8928 FAX 092（406）2256