

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



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（挿入工法時の挿入力伝達構造）	6
3.4 異形管の種類	7
3.5 継手の性能	8
4. パイプ・イン・パイプ工法管路の設計	11
4.1 水理設計	11
4.2 管厚の決定	12
5. 挿入工法の設計	15
5.1 挿入工法における管の仕様決定から挿入工までのフロー	15
5.2 通過検討	17
5.3 新管の屈曲角の算出	18
5.4 挿入力の算出	25
5.5 新管の仕様決定	27
5.6 管の仕様決定例	29
6. 持込工法の設計	32
6.1 持込方法の選定	32
6.2 持込工法における管の仕様決定フロー	32
6.3 通過検討（軌条を用いて運搬する場合）	33
6.4 曲線区間における管割の検討	35
7. 配管設計例	36
7.1 標準的な配管設計例	36
7.2 現地切管	37
7.3 特殊な配管例	39

8. パイプ・イン・パイプ工事（共通項）	42
8.1 既設管内クリーニング	42
8.2 管内調査	43
8.3 PN形継手の接合要領	47
8.4 さや管と新管の間隙間充填	47
9. 押込工法における付帯設備等	49
9.1 付帯設備	49
9.2 挿入用レールの設置方法	54
9.3 キャスタバンド等を用いた押込工法の実施例	55
9.4 傾斜配管における留意点	56
10. 持込工法による施工	59

1. はじめに

ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法は、交通事情や輻輳する地下埋設物がある等の理由で道路掘削が困難な場合、既設老朽管の中にダクタイル鉄管を挿入する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きた。また、新設の鉄筋コンクリート管を推進施工し、その中にダクタイル鉄管を挿入して、新たな管路を構築する非開削工法の一つとしても用いられている。

近年では、①更新する管路が印籠継手管路からメカニカル継手管路に変化したことにより、継手部の屈曲が大きい管路が増加したこと、②推進工法の技術向上に伴う施工区間の長距離化や曲線管路が増加したことに対し、様々な条件に対応できるパイプ・イン・パイプ工法を確立してきた。

本書は、老朽管路の更新やバイパス管路の構築にあたって参考としていただくため、PN形ダクタイル鉄管を使用したパイプ・イン・パイプ工法について、様々な施工条件に対応した仕様、工法及び設計方法をまとめたものである。

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、既設老朽管あるいは新設の鉄筋コンクリート管をさや管とし、その前後に発進立坑と到達立坑を設けた上で、発進立坑内で新管を接合して、さや管内に新管を順次挿入する押込工法と、さや管内に新管を持ち込んで、順次接合する持込工法がある。図1に押込工法、図2に持込工法の概要を示す。

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。

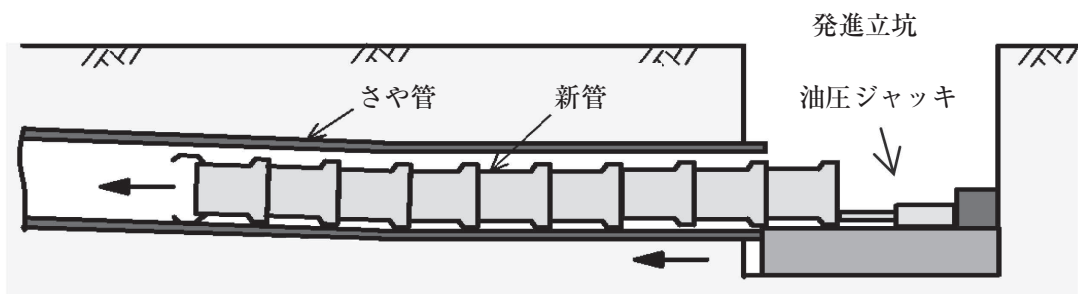


図1 押込工法の概要

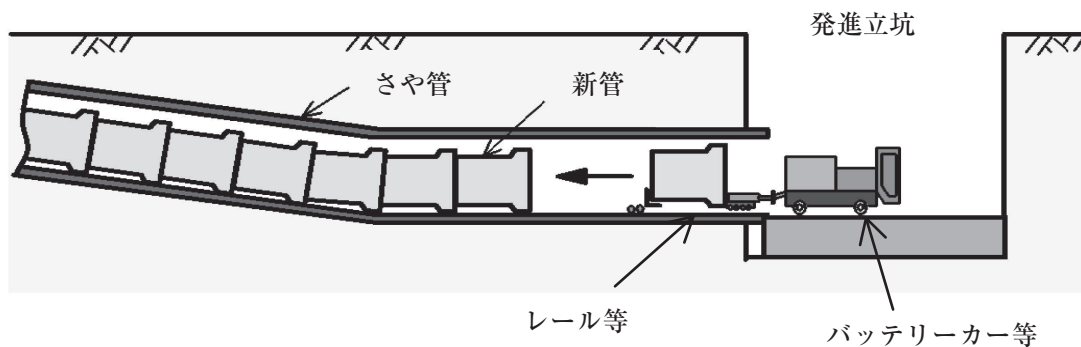
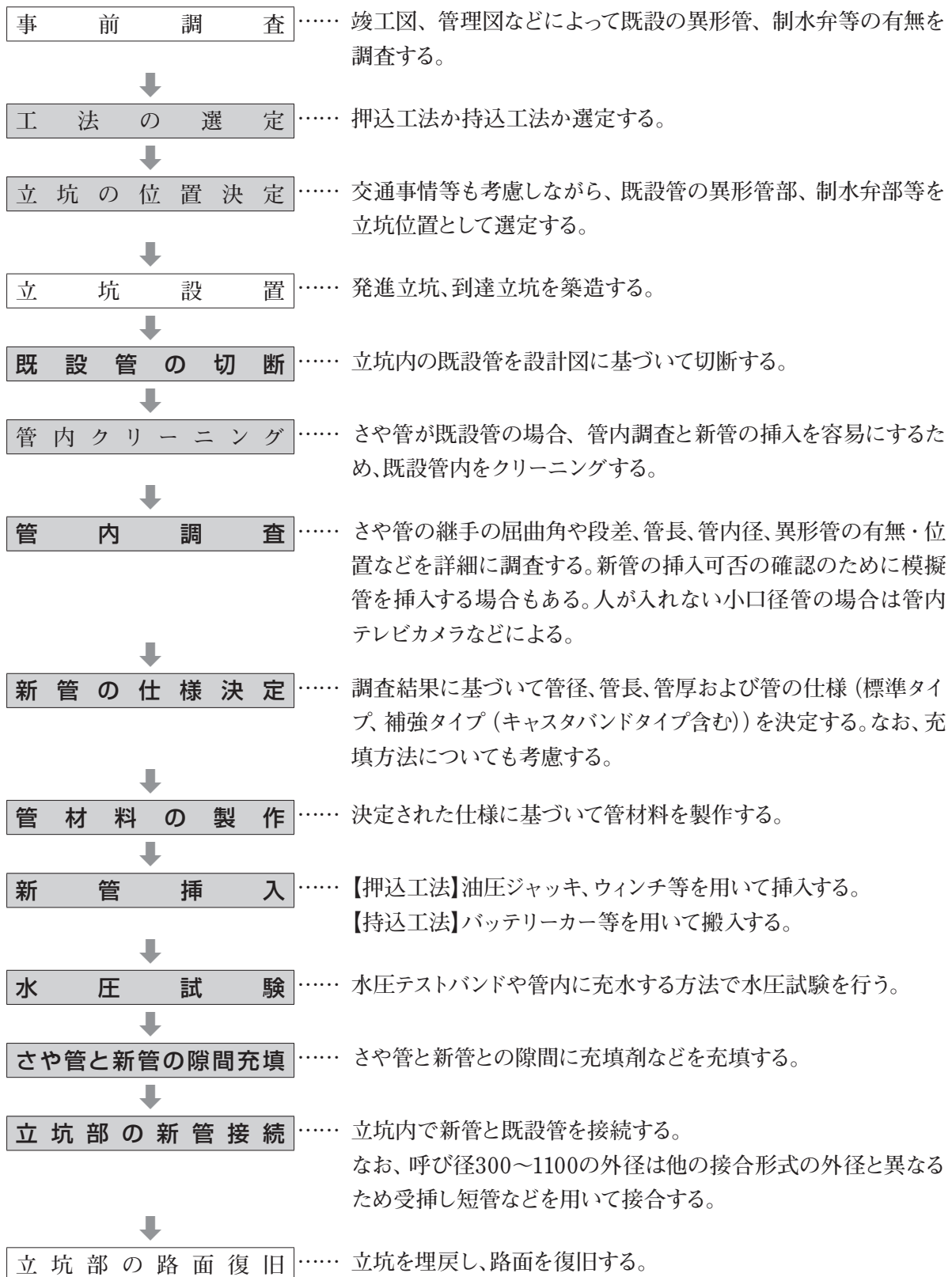


図2 持込工法の概要

図3にパイプ・イン・パイプ工法の標準的な設計・施工手順を示す。



※1. 太字の項目は、必要に応じて、協会関連会社が請負可能なものを示す。

※2. ハッチング部の項目は、必要に応じて、協会関連会社が助言可能なものを示す。

図3 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示す。

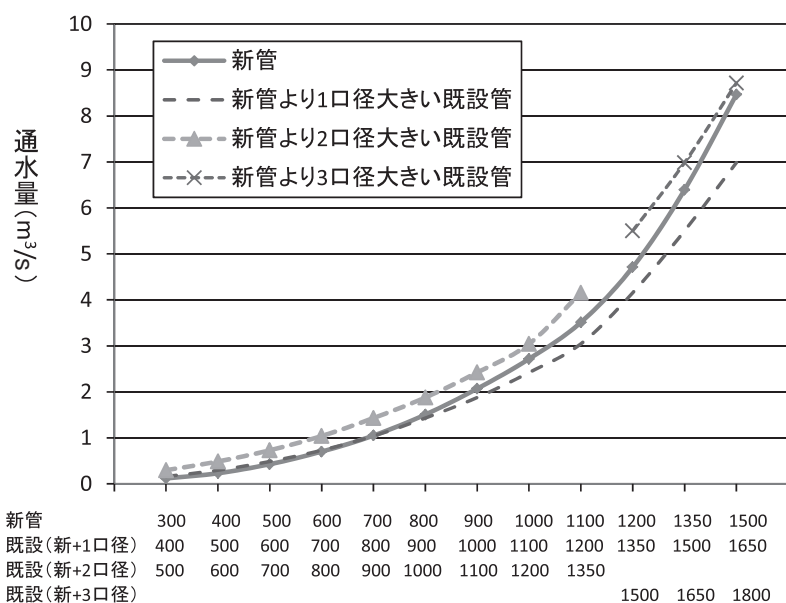
- ・主要道路で交通量が多いなどの理由により開削工事が困難な場合などに有効である。
- ・新管とさや管の2重構造となり、新管が他工事等によって損傷する危険性が少ない。
- ・開削箇所が立坑部だけなので、開削工事と比べて近隣の環境への負荷が少ない。
- ・布設替えに比べて、工期が短縮できる。

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(さや管)より小さくなるが、次項に示す通り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) ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法は押込工法と持込工法の両方があり、条件に合わせた施工ができる。
- (2) 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、施工性に優れ、特に環境への影響が小さい。
- (3) 継手の接合には、特殊な技能を必要としない。
- (4) 押込工法の場合、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できるため、さや管の曲がりやしなやかに順応しながら挿入できる。最大でさや管径より1口径(100mm)だけ小さい新管が挿入できる。
- (5) 人が入れるサイズで既設管路中に曲管部がある場合、持込工法や管内ドッキング工法(後述)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。
- (6) 管の接合は管内側からできるので、持込工法ではさや管より3口径程度小さい新管を布設できる。
- (7) 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4のようになる。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縮小を管内面の平滑度の向上により補うことができ、長年使用した既設管と同等か、それ以上の通水能力を確保できる。



流速係数は、通水年数40年の値とし、「水道施設設計指針・解説1990年版」に示されているものを用いた。

例 φ	400	C=79
	700	82.4
	1000	83.4
	1500	84.5

新管の流速係数
C=130

Hazen-Williams 公式で計算
動水勾配 I=0.01 とした。

図4 さや管(既設管)と新管の通水能力の比較

3. パイプ・イン・パイプ工法用ダクタイトイル鉄管

3. 1 概要

3. 1. 1 名称

PN形ダクタイトイル鉄管

3. 1. 2 規格

JDPA G 1046

3. 1. 3 呼び径

押込工法用 300～1500

備考 さや管に対して、最大で1口径(100mm)だけ小さい新管を挿入できる。

詳しくは表14(P.23)を参照。

持込工法用 400～1500

備考 さや管に対して3口径程度小さい新管を挿入できる。

ただし、既設管内に呼び径400～600の曲管を使用する場合は、接合時に管外面での作業が必要であるため既設管とのすき間を十分に確保する。

3. 1. 4 管の種類

直 管：1種、2種、3種、4種

ただし、押込工法における4種管は施工延長に制限がある。(表16の脚注参照)。

異形管：受挿し短管¹⁾、継ぎ輪²⁾、フランジ付きT字管²⁾、曲管³⁾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) 持込工法用として、11°1/4、5°5/8、3°がある。呼び径400以上。

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)の外径と同じであるため、受挿し短管を用いてGX形、NS形などのダクタイトイル鉄管と接続する。

(2) 呼び径1200～1500の管外径はS形などと同じであるため、普通のダクタイトイル鉄管と接続が可能である。

(3) 既設管と新管の接続

既設管が鋳鉄管で、外径がNS形などと同一の場合は、普通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

定尺4mまたは6m(条件に応じて短くすることもできる)。

3. 2 継手の構造

図5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.およびJWWA K 156の4.による。

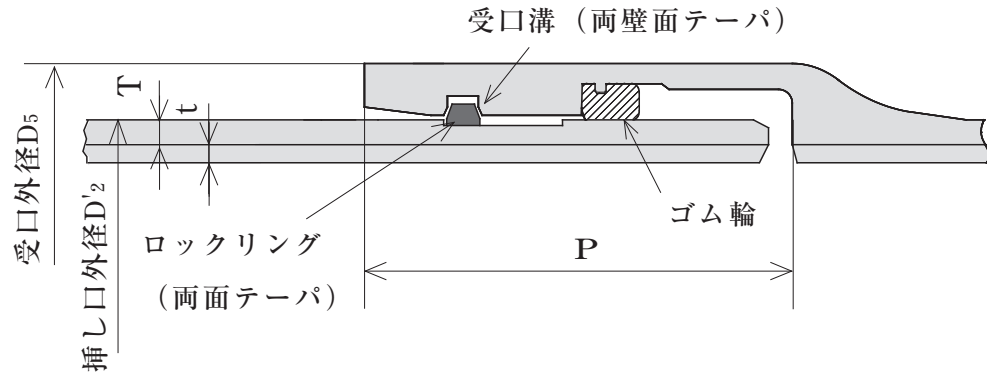
(2) 押輪・ロックリング

ダクタイトイル鋳鉄製。JIS G 5502のFCD(420-10)

(3) 押輪用ボルト・スプリング

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】

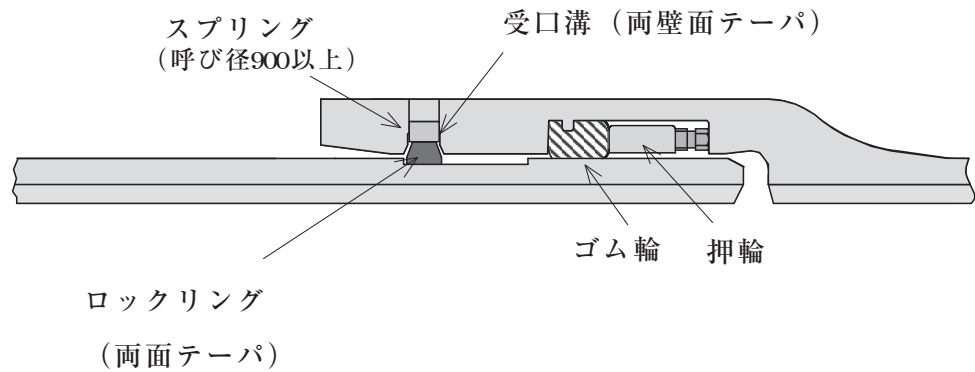


図5 PN形の継手構造(標準タイプ)

表1 主要寸法

単位：mm

呼び径	管 厚				ライニング厚 t	外 径 D'2 ^{注1)}	各 部 寸 法	
	T						D5	P
	D1	D2	D3	D4				
300	7.5	—	—	—	6	318.5	355.1	230
350	7.5	—	—	—	6	355.6	402.6	245
400	8.5	7.5	—	—	6	406.4	454.4	245
500	9.5	8.5	8.0	—	6	508.0	558.0	245
600	11.0	10.0	9.0	8.5	6	609.6	661.6	253
700	12.0	11.0	10.0	9.0	8	711.2	759.2	253
800	13.5	12.0	11.0	10.0	8	812.8	862.8	265
900	15.0	13.0	12.0	11.0	8	914.4	966.4	275
1000	16.5	14.5	13.0	12.0	10	1016.0	1070.0	275
1100	18.0	15.5	14.0	13.0	10	1117.6	1173.6	288
1200	19.5	17.0	15.0	13.5	10	1246.0	1304.0	298
1350	21.5	18.5	16.5	15.0	12	1400.0	1461.0	298
1500	23.5	20.5	18.0	16.5	12	1554.0	1620.0	298

注1) 呼び径300～1100のD'2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D'2寸法はS形などのダクタイル鉄管の外径と同じである。

3. 3 管の仕様 (挿込工法時の挿入力伝達構造)

図6に管の仕様(挿入力伝達構造)を示す。

標準タイプは1種類で、補強タイプは4種類ある。標準タイプ、溶接リングタイプ及びフランジ・リブタイプは、さや管よりも1口径以上小さい新管を挿入できる。キャストバンドタイプは、さや管よりも2口径以上小さい新管を挿入できる。

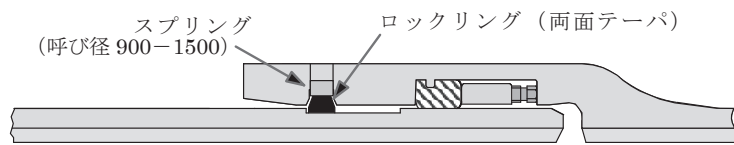
施工時の許容抵抗力は、フランジ・リブタイプ、溶接リングタイプ、標準タイプの順に高い。

キャストバンドタイプは摩擦抵抗を低減しているため、比較的小さい挿入力で長距離施工ができる。STタイプ(ST: Standardの略)よりDGタイプ(DG: Double Groovedの略)の方が許容抵抗力が高い。

なお、標準タイプ、溶接リングタイプ及びフランジ・リブタイプにキャストバンドを併用してもよい。

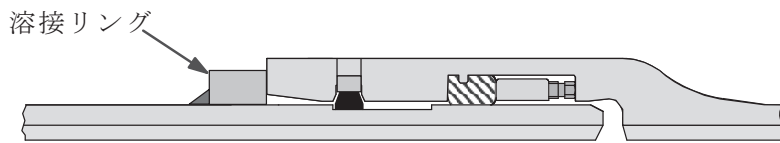
また、本書で示すキャストバンドは、JDKA G 1046 PN形ダクタイル鉄管 附属書C(参考)に記載されているものを一例として示す。

【標準タイプ】 … ロックリングで挿入力を伝達する。

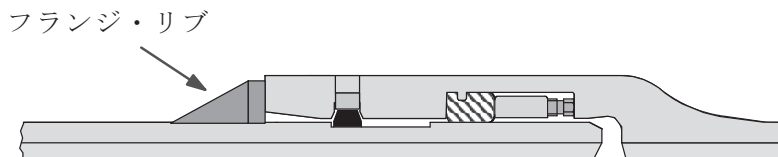


【補強タイプ】

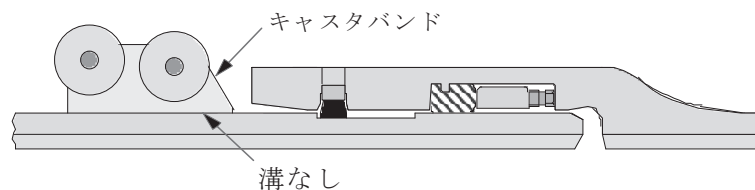
① 溶接リングタイプ … 挿し口に溶接された溶接リングで挿入力を伝達する。



② フランジ・リブタイプ … 挿し口に溶接されたフランジで挿入力を伝達する。



③ キャスタバンドタイプ … キャスタによって摩擦抵抗を低減し、ロックリングで挿入力を伝達する (STタイプ: 参考)



④ キャスタバンドタイプ … キャスタによって摩擦抵抗を低減し、キャストバンドで挿入力を伝達する (1種管のみに対応)。(DGタイプ: 参考)

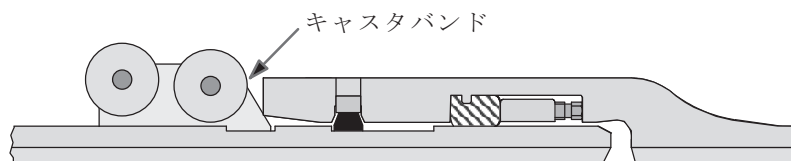


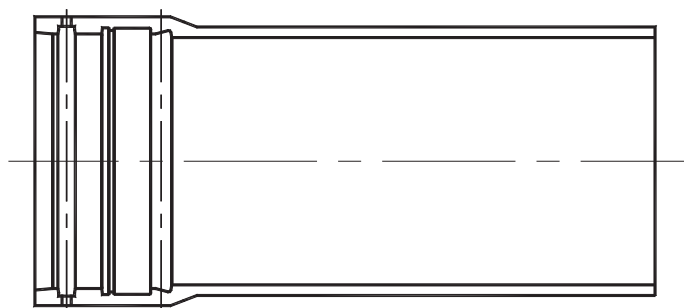
図6 管の仕様(挿入力伝達構造)

3. 4 異形管の種類

表 2 に異形管の種類と主な用途ならびに特徴を示す。

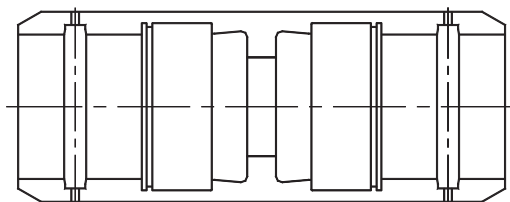
表2 異形管の種類と主な用途ならびに特徴

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。
曲管	400~1500	曲線部分に使用する。	持込工法に使用できる。



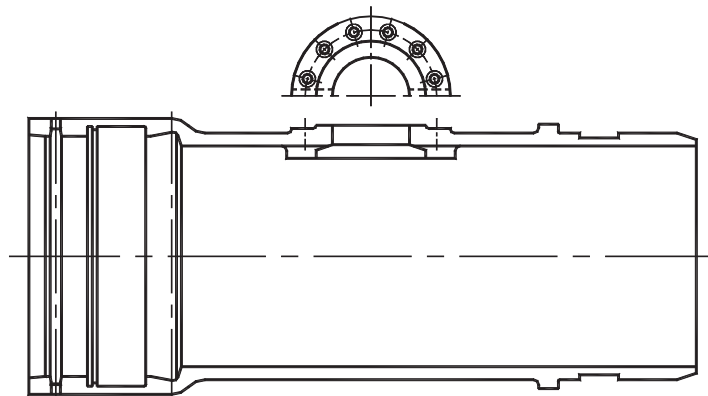
備考) 受口は、呼び径900以上の例
挿し口はK形、UF形、S形、NS形がある。

図7 受挿し短管



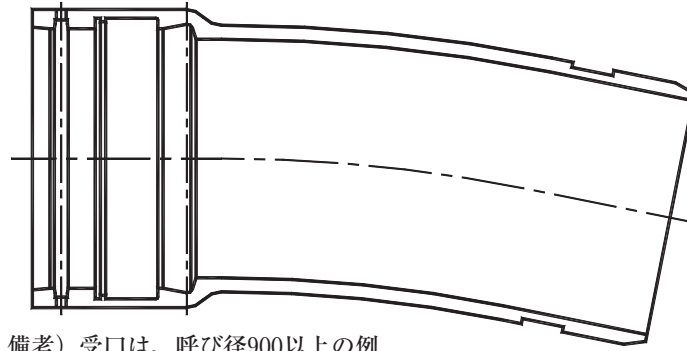
備考) 受口は、呼び径900以上の例

図8 継ぎ輪



備考) 受口は、呼び径900以上の例

図9 フランジ付きT字管



備考) 受口は、呼び径900以上の例

図10 曲管

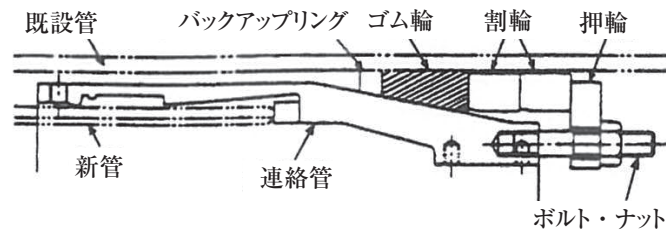


図11 連絡管

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形管の伸び量は、管長の+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 mm)を表す。〕

表3 PN形管の基準性能

項目 呼び径	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	45	4°	900	8°
350	45	4°	1050	7°10′
400	45	4°	1200	6°20′
500	45	4°	1500	5°
600	45	4°	1800	4°10′
700	45	3°	2100	3°30′
800	50	3°	2400	3°30′
900	55	3°	2700	3°20′
1000	55	3°	3000	3°
1100	55	2°45′	3300	2°45′
1200	60	2°45′	3600	2°45′
1350	60	2°25′	4050	2°25′
1500	55	1°50′	4500	2°

備考1) 継手を屈曲させるため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:呼び径mm)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12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(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。

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

ここに、

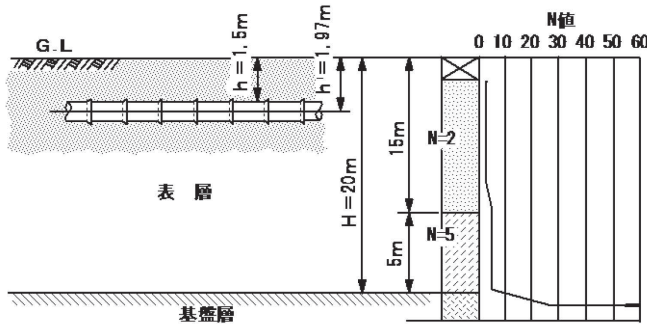
W_1 : 地震時に管路に作用する圧縮力 (kN)

D : 管の呼び径 (mm)

τ : 管と地盤との摩擦係数 (=10kN/m²)¹⁾

L' : 地震波の見かけの波長 (=182.0m)

a : 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⁾



出典1) (社)日本水道協会 水道施設耐震工法指針・解説
2009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

図12 地盤モデル

3. 5. 3 性能試験結果

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

(1) 接合時間

表4に示す通り、呼び径600以下は10分、呼び径700以上は20分程度であった。

(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測定結果例

呼び径	接合時間(分)
300	10分
350	
400	
500	
600	
700	
800	
900	
1000	
1100	
1200	
1350	25分
1500	

表5 水密性試験結果例

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 離脱防止性試験結果例

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(mm)
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	
1000	3000	異常なし	
1200	3600	異常なし	

表7 曲げ試験結果例

呼び径	曲げモーメント (kN・m)	継手屈曲角	結果
400	6.4	4°	異常なし
800	29.6	3°	異常なし
1200	204	2°45'	異常なし

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)

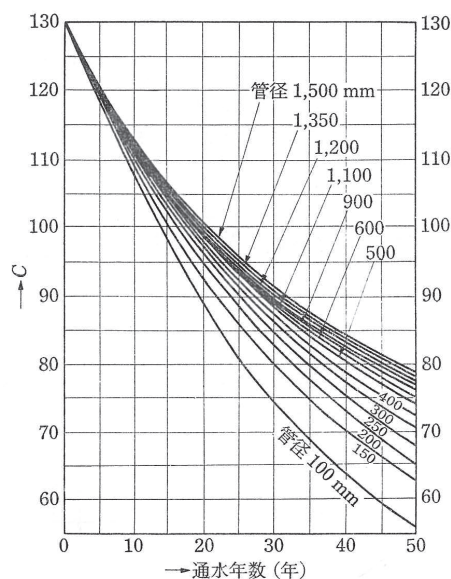
C : 流速係数

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13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などの塗覆装を施してあるため、通水年数による流速係数の低下は考えなくてよい。新管を使用する場合の流速係数(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、通水性能の向上が期待できるエポキシ樹脂粉体塗装管の使用や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 水道施設設計指針・解説 1990年版

図13 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)

設計方法(新管を使用する場合)	流速係数C
屈曲部損失などを含んだ管路全体とする場合	110
直線部のみ(屈曲損失などは別途計算する)場合	130

参考)「水道施設設計指針(2012年版)」(公益社団法人 日本水道協会)

4. 2 管厚の決定

さや管(既設老朽管および鉄筋コンクリート管等)の中にパイプ・イン・パイプ工法用管を挿入する場合は、原則としてさや管の強度を見込まないこととする。なお、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、さや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

① さや管が開削工法で布設された場合

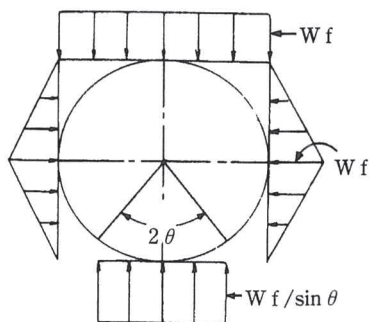


図14 土被りによる土圧分布
(さや管が開削工法で埋設された場合)

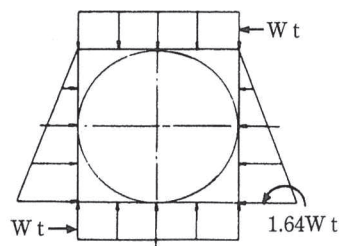


図15 路面荷重による土圧分布

② さや管が非開削工法で布設された場合の土圧

推進など非開削工法で布設されたさや管の場合の土圧は、土のアーチ作用を考慮したTerzaghi(テルツァーギ)のゆるみ土圧式又は垂直公式により算定する。なお、地下水位が高い場合は、外水圧を考慮する。

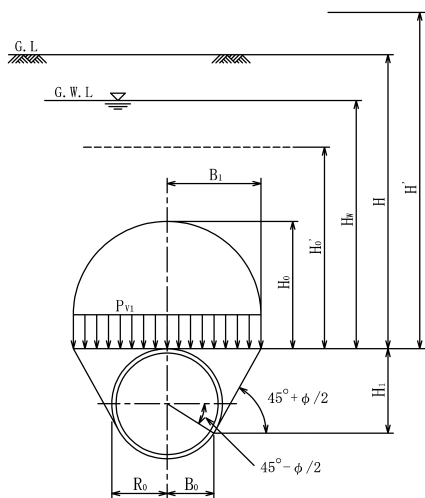


図16 ゆるみ土圧

$$B_0 = R_0 \cos\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$H_1 = R_0 \left\{1 + \sin\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)\right\}$$

$$B_1 = B_0 + H_1 \tan\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$H' = H_w + \frac{1}{\gamma_s'} \left\{ (H - H_w) \gamma_s \right\}$$

$$H_0' = \frac{B_1 - C/\gamma_s'}{\tan \phi \cdot K} \left(1 - e^{-\tan \phi \cdot K \frac{H'}{B_1}} \right)$$

ゆるみ高さ (H_0) は、 H_0' と $2 \cdot D_{R0}$ の大きい方とする。

ここに、 H_0' : 地下水位を考慮した時のゆるみ高さ (m)

H' : 地下水位を考慮した時の換算土被り (m)

H_1 : 崩壊面の出発点から管頂までの高さ (m)

H_w : 地下水位 (m)

H : 土被り (m)

ϕ : 土の内部摩擦角 ($^\circ$)

R_0 : さや管外半径 (m)

γ_s' : 土の水中単位体積重量 (kN/m^3)

γ_s : 土の単位体積重量 ($= kN/m^3$)

K : 水平土圧と鉛直土圧の比 (通常、1.0 とする)

C : 土の粘着力 (kN/m^2)

D_{R0} : さや管外径 (m)

$$W_f = \gamma_s' \cdot H_0$$

ここに、 W_f : 管頂部に作用する鉛直土圧 (kN/m^2)

γ_s' : 土の水中単位体積重量 (kN/m^3)

H_0 : ゆるみ高さ (m)

(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)

※さや管が開削、非開削で布設された場合で異なる

$$W_f = \gamma \cdot H \quad (H \leq 2\text{m 又は立杭など矢板施工})$$

$$W_f = \frac{\gamma}{2K \tan \phi} \left(1 - e^{-2K \tan \phi \cdot \frac{H}{B}} \right) \cdot B$$

(H > 2m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。

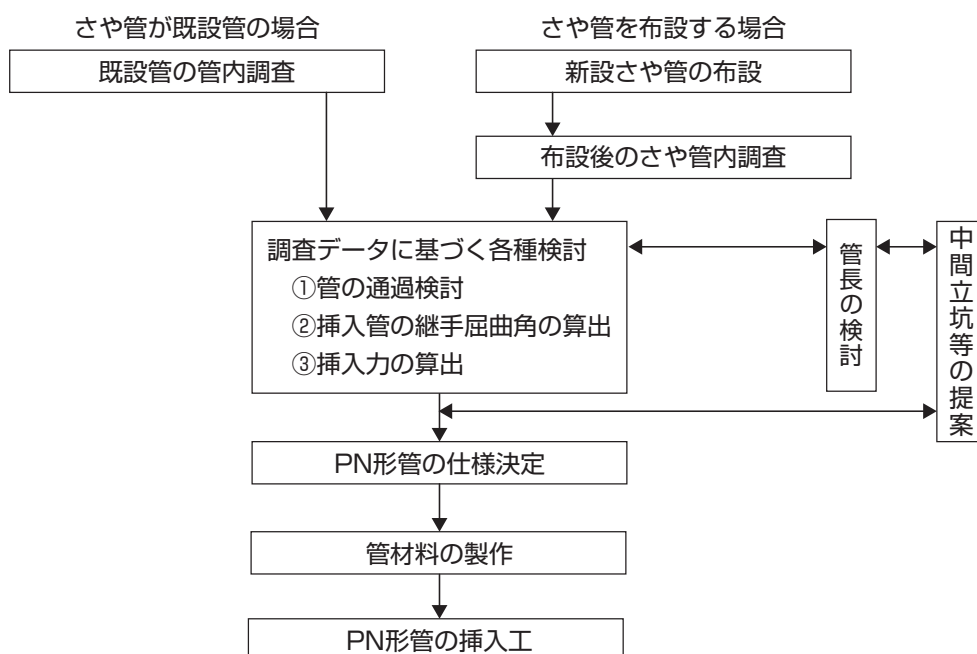
5. 挿入工法の設計

5. 1 挿入工法における管の仕様決定から挿入工までのフロー

一般的に工事発注時のPN形管仕様は、さや管の計画線形(計画が直線であれば全てのさや管継手は全く屈曲していないと仮定、曲線が含まれている場合は曲線区間内の全てのさや管継手が均等に屈曲していると仮定)により検討されたものであり、実際のさや管の管長や継手の屈曲度合いによっては、PN形管の仕様に変更が生じる場合がある。

したがって、パイプ・イン・パイプ工法では、さや管が既設管または新設管のどちらの場合であっても、さや管の管長、継手屈曲角、内径及び継手部段差を管内調査し、管内調査データに基づいた各種検討を行った上で、最終的なPN形管の仕様を決定する必要がある。

図17にPN形管の仕様決定から挿入工までのフローを示す。最終的なPN形管の仕様は、さや管の管内調査により決定し、その後にPN形管を製作することから、PN形管によるパイプ・イン・パイプ工法の計画は、このことを考慮して全体的な工期、工程を設定する必要がある。



- 備考 1) 管長を短くし、かつ補強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等の採用を検討する。
- 2) キャスタバンドタイプを使用する場合は、全数の管にキャストバンドを使用する。その場合、挿入抵抗力が標準タイプの許容抵抗力を超える管の挿し口には、溝(図18参照)あるいは溶接リング及びフランジ・リブを設ける必要がある。

図17 管の仕様の決定フロー

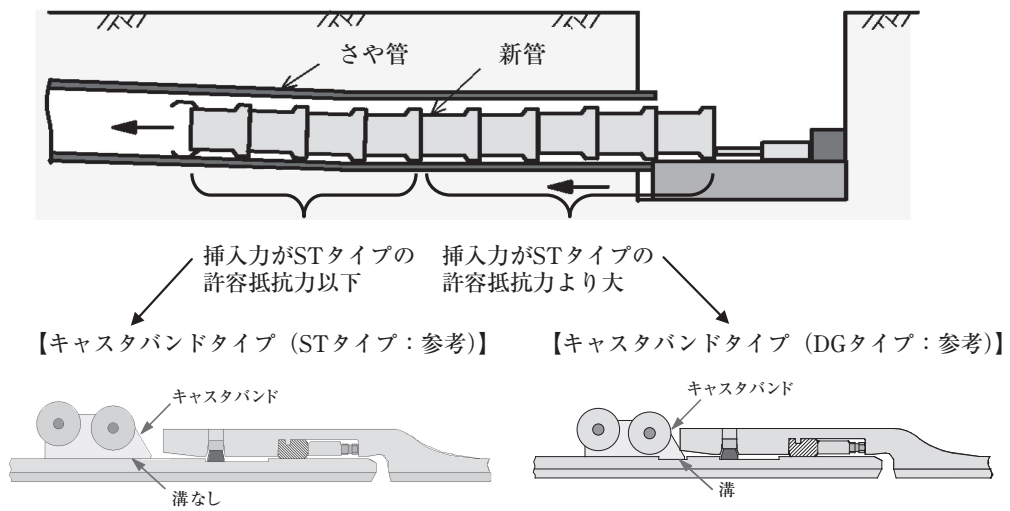
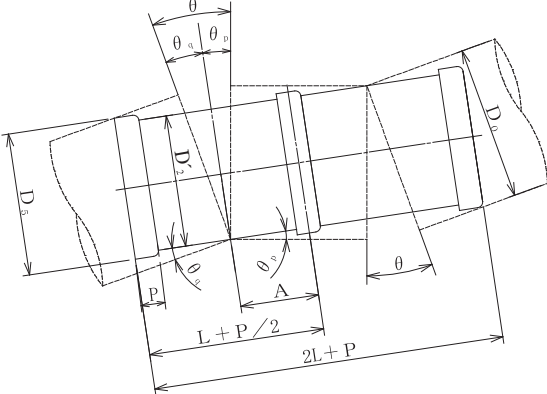
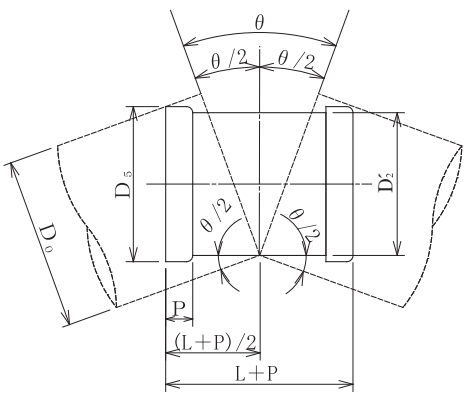
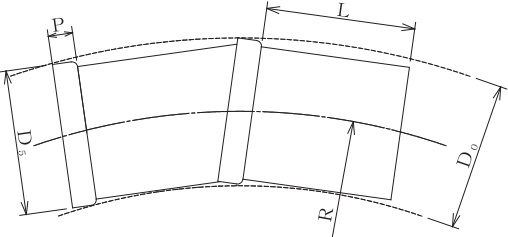


図18 キャスタバンドタイプの仕様例

5. 2 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。

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>		$L = \frac{2(D_0 - \delta - a \cdot \cos \frac{\theta}{2})}{\sin \frac{\theta}{2}} - P - 0.5$ $a = \frac{D_2 + D_5}{2}$ <p>..... (3)</p>
<p>モデル III</p>		$L = 2\sqrt{a(D_0 - \delta - a)} - 2R(a - D_0 + \delta) - P - 0.5$ $a = \frac{D_2 + D_5}{2}$ <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)
(表12参照、P.22)
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 (=0.01 m)

5.3 新管の屈曲角の算出

5.3.1 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、模擬管を用いて調査した場合の新管の屈曲角は、表22(P.47)から算出し、式(6)～(8)の計算は不要である。

表10に、新管の屈曲角の算出式の適用を示す。

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適用

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	式(6)
	②		下り曲がり	
	③		上り曲がり	
	④	異方向	左右曲がり	式(7)
	⑤		上下曲がり	式(8)
新管がさや管より短い場合	①～⑤	(全て)		

注1) 表11(P.19)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。)

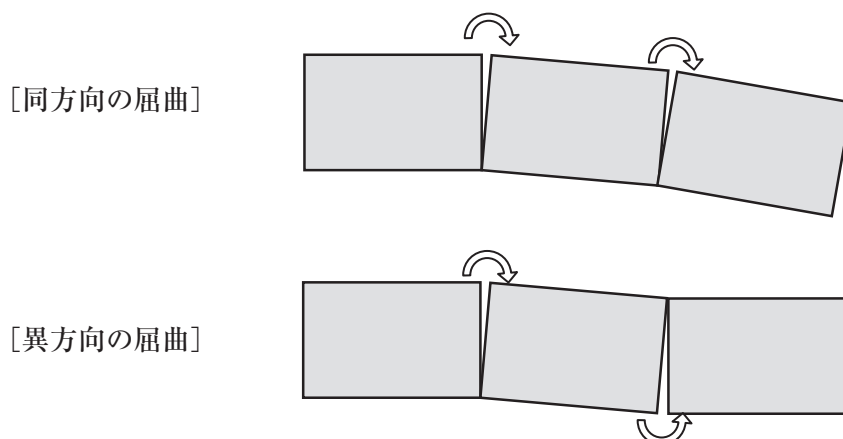
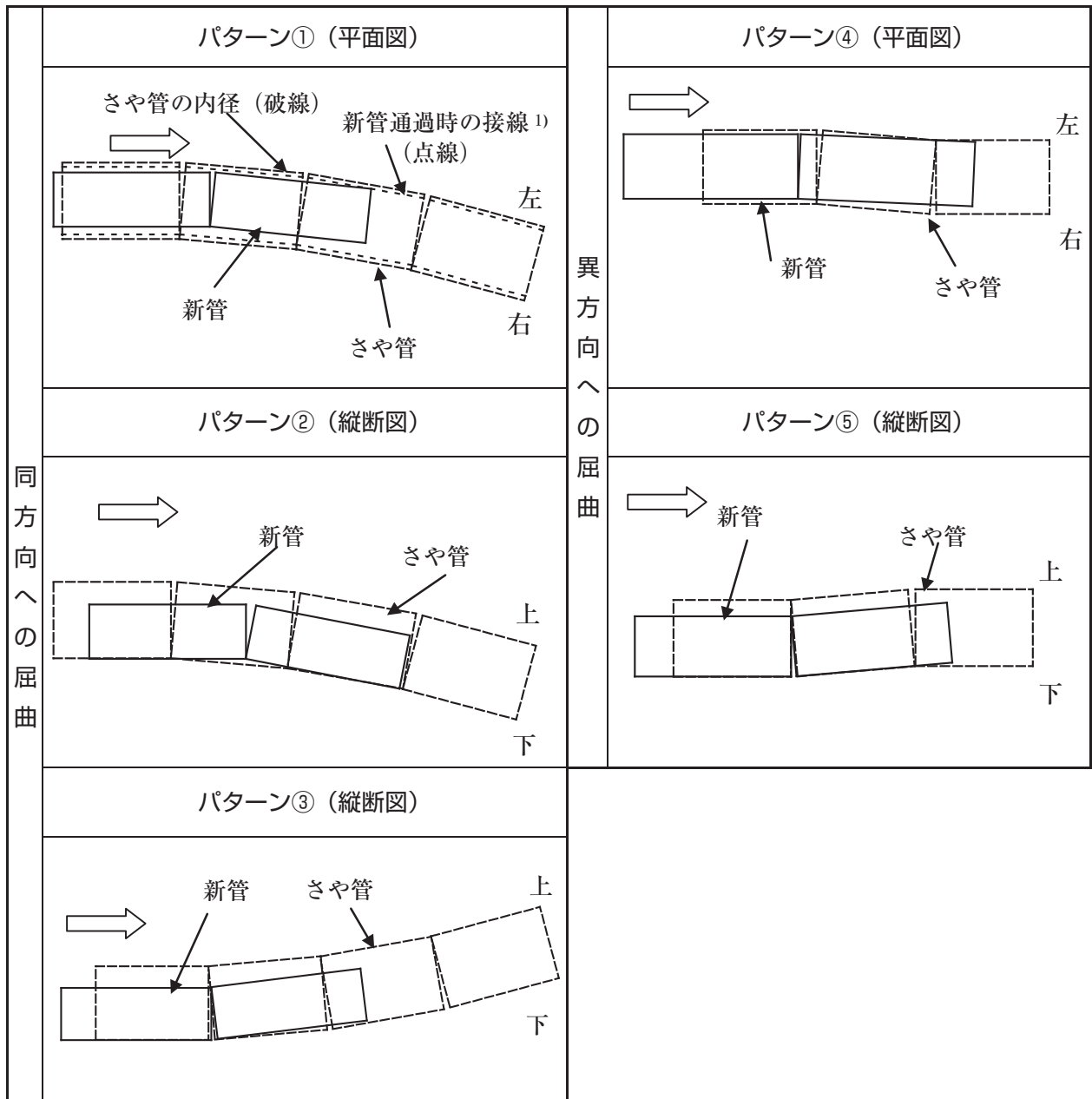


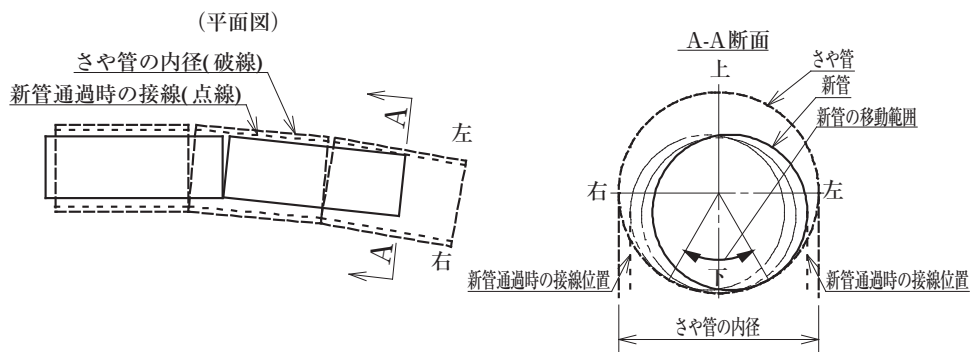
図19 同方向と異方向の屈曲状況

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。



5. 3. 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20に従って新管の屈曲角 ϕ の算出式を選択する。

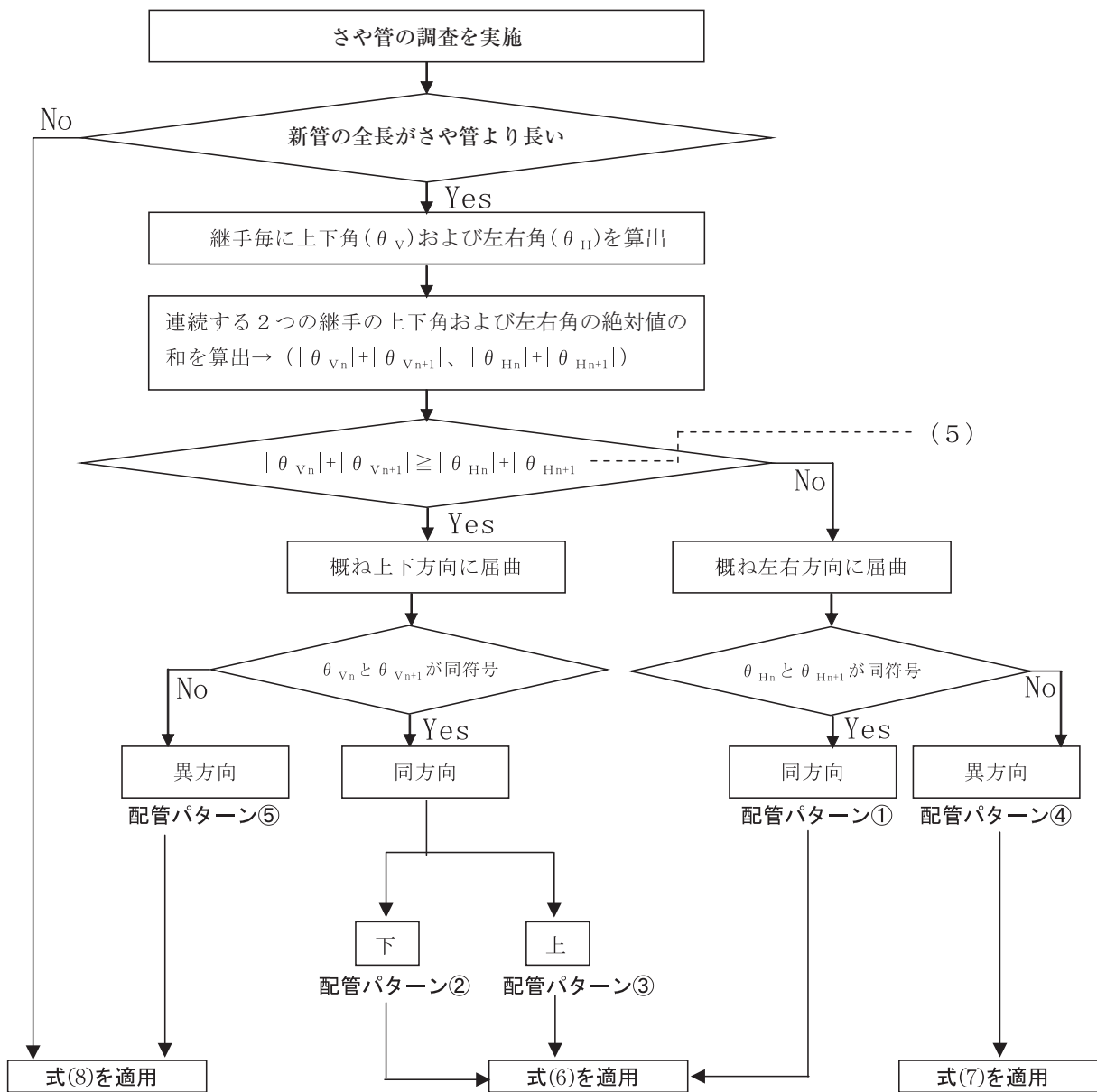


図20 新管の屈曲角算出式の選択フロー

5. 3. 3 新管の全長がさや管より長い場合

(1) 同方向の算出式

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

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

- 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)
(表12参照)
 - a : 偏心付加角 (°) (表13参照)
 - β : 偏心係数 (表13参照)
 - 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14参照)
 - S_f : 安全率 (=1.3)

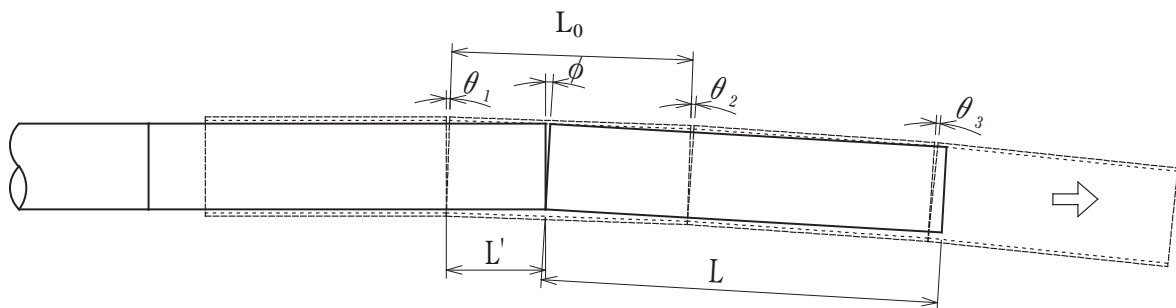


図21 配管パターン①、③における新管の屈曲状態例

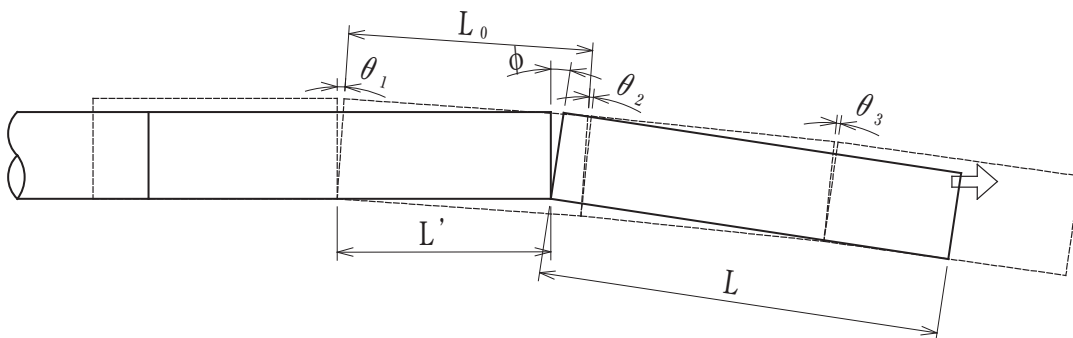


図22 配管パターン②における新管の屈曲状態例

表12 新管の最大外径

単位：mm

呼び径	標準タイプ 溶接リングタイプ フランジ・リブタイプ	キャストバンドタイプ※
300	355.1	476.5
350	402.6	513.6
400	454.4	564.4
500	558.0	666.0
600	661.6	767.6
700	759.2	866.2
800	862.8	967.8
900	966.4	1069.4
1000	1070.0	1171.0
1100	1173.6	1273.6
1200	1304.0	1402.0
1350	1461.0	1556.0
1500	1620.0	1710.0

※表中の値は附属書C(参考)のキャストバンドを使用する場合。

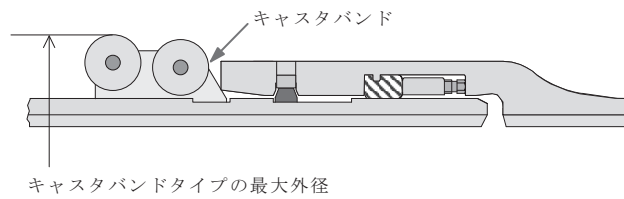


表13 偏心付加角 α と偏心係数 β

配管パターン	偏心付加角 $\alpha(^{\circ})$	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

表14 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

管の仕様	さや管呼び径	新管呼び径												
		300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
標準タイプ、溶接リングタイプ フランジ・リップタイプ	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
キャストバンドタイプ※	400													
	450													
	500	1												
	600	2	1	1										
	700		2	2	1									
	800			3	2	1								
	900				3	2	1							
	1000					3	2	1						
	1100						3	2	1					
	1200							3	2	1				
	1350								3	2	1			
	1500									5	4	3	2	
	1600									6	5	4	3	1
	1650									7	6	5	4	2
1800									8	7	6	5	3	2

※表中の値は附属書C(参考)のキャストバンドを使用する場合を示す。

(2) 異方向の算出式

①左右曲がり(配管パターン④の場合)

新管の全長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。

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

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)
- 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)
(表12参照、P.22)
- 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、 $\phi = 0$ (新管は曲がらない)

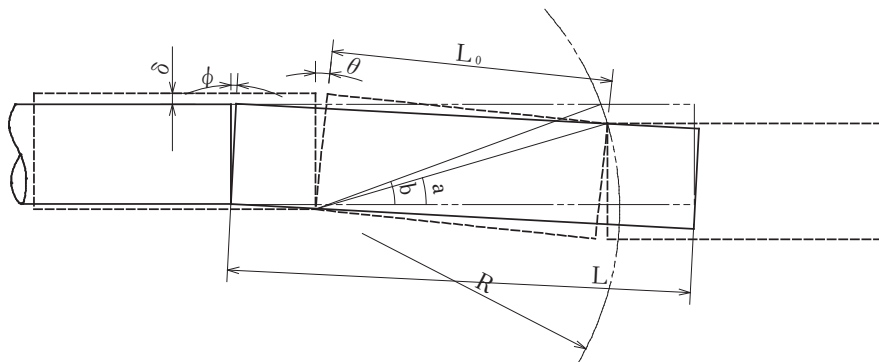


図23 配管パターン④における新管の屈曲状態例

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。

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

- 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)

5. 3. 4 新管の全長がさや管より短い場合

新管の全長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。

$$\phi = \theta \times S_f \cdots \cdots (8)$$

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)

5. 4 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。

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

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...)
 μ : 摩擦係数(さや管の種類により異なる。安全率2を含む)
 S'_f : 段差などを考慮した安全率(表15参照、P.26)
 θ_j : 調査結果によるさや管の屈曲角(°)
 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)

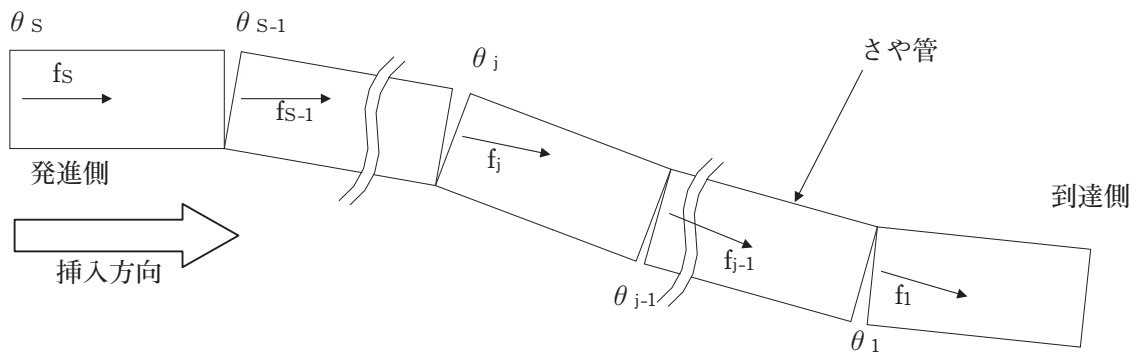


図24 挿入力算出のモデル

表15 摩擦係数と安全率

摩擦係数(μ)			安全率(S_f)		
さや管の内面	標準タイプ 溶接リングタイプ フランジリブタイプ	キャストバンド タイプ※	さや管の内面	標準タイプ 溶接リングタイプ フランジリブタイプ	キャストバンド タイプ※
モルタルライニング またはコンクリート管	0.8	0.08	呼び径700以下又は段差を 修正しない場合	1.3	1.5
モルタルライニングなし	0.4		1cm以上の段差がない場合 又は段差を修正する場合	1.0	1.0

※表中の値は規格JCPA G 1046 附属書C(参考)に示されているキャストバンドを使用する場合。

キャストバンドタイプとその他のタイプ(溶接リングタイプなど)を併用する場合、摩擦係数は小さい値を採用する。

5.5 新管の仕様決定

表16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。

キャストバンドタイプは他と比べ外径差が大きいいため、併用できない。キャストバンドタイプを使用する場合は、全ての新管をキャストバンドタイプ(STタイプ、DGタイプ)にする必要がある。

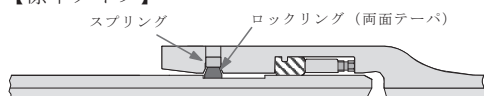
表16 挿入施工時の許容抵抗力

(単位：kN)

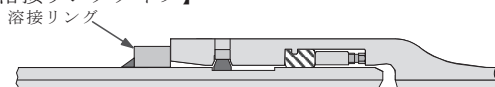
タイプ	呼び径	許容曲げ 角度 θ_a	許 容 抵 抗 力							
			0	0.15 θ_a	0.25 θ_a	0.4 θ_a	0.5 θ_a	0.75 θ_a	0.86 θ_a	1.0 θ_a
標準タイプ	300	4°	450	294	190	180	173	143	129	(適用せず)
	350	4°	525	343	222	210	202	167	151	
	400	4°	600	392	253	240	231	190	173	
	500	4°	750	480	300	264	241	202	185	
	600	4°	900	567	345	289	251	213	197	
	700	3°	1050	837	695	481	339	264	231	
	800	3°	1200	945	775	520	350	275	242	
	900	3°	1350	1067	878	594	405	315	275	
	1000	3°	1500	1185	975	660	450	350	306	
	1100	2°45'	1650	1364	1173	887	697	557	495	
	1200	2°45'	1800	1488	1280	968	760	608	540	
	1350	2°25'	2025	1687	1461	1122	897	717	638	
	1500	1°50'	2250	1860	1600	1210	950	759	676	
溶接リングタイプ	300	4°	900	900	770	510	340	300	278	250
	350	4°	1050	1050	900	600	400	350	323	290
	400	4°	1200	1180	980	670	460	400	369	330
	500	4°	1500	1180	980	670	460	420	398	370
	600	4°	1800	1420	1170	800	550	500	478	450
	700	3°	2100	1660	1370	940	650	580	553	520
	800	3°	2400	1900	1570	1070	740	670	639	600
	900	3°	2700	2140	1760	1200	830	750	714	670
	1000	3°	3000	2370	1960	1340	930	840	800	750
	1100	2°45'	3300	2640	2270	1810	1580	1240	1240	1240
	1200	2°45'	3600	2880	2470	1980	1730	1360	1360	1360
1350	2°25'	4050	3230	2780	2220	1940	1520	1520	1520	
1500	1°50'	4500	3830	3380	2710	2270	2030	1928	1800	
フランジ・リブタイプ	300	4°	1770	1680	1410	1020	750	690	663	630
	350	4°	1770	1770	1640	1190	870	800	769	730
	400	4°	2110	2110	1880	1360	1000	900	873	840
	500	4°	2870	2750	2250	1500	1000	900	878	850
	600	4°	3300	3300	2700	1800	1200	1080	1027	960
	700	3°	3730	3730	3150	2100	1400	1260	1128	960
	800	3°	4750	4400	3600	2400	1600	1440	1228	960
	900	3°	5790	4950	4050	2700	1800	1620	1382	1080
	1000	3°	6840	5500	4500	3000	2000	1800	1536	1200
	1100	2°45'	8030	6050	4950	3300	2200	1980	1689	1320
	1200	2°45'	8630	8630	7200	4560	2880	2160	1843	1440
1350	2°25'	9020	9020	8100	5130	3240	2430	2073	1620	
1500	1°50'	12360	10450	9180	7270	6000	4530	3900	3100	

※但し、4種管は新設のさや管で施工区間の計画線形が真直ぐで延長が75m以下に適用するものとする。(既設管には適用不可)

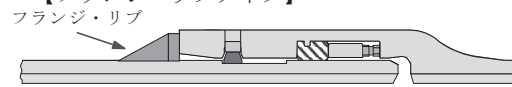
【標準タイプ】



【溶接リングタイプ】



【フランジ・リブタイプ】



備考) 呼び径 900 以上の例

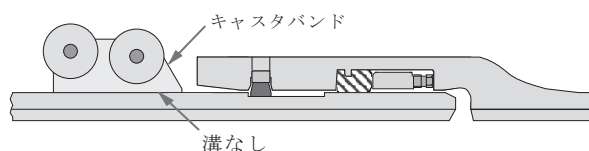
(表16の続き)

(単位: kN)

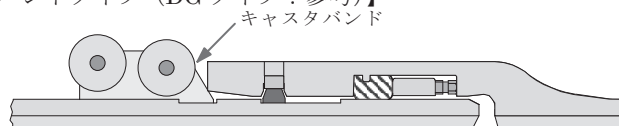
タイプ	呼び径	許容曲げ 角度 θ_a	許 容 抵 抗 力							
			0	0.15 θ_a	0.25 θ_a	0.4 θ_a	0.5 θ_a	0.75 θ_a	0.86 θ_a	1.0 θ_a
キャストバンドタイプ (STタイプ)	300	4°	450	294	190	180	173	143	129	(適用せず)
	350	4°	525	343	222	210	202	167	151	
	400	4°	600	392	253	240	231	190	173	
	500	4°	750	480	300	264	241	202	185	
	600	4°	900	567	345	289	251	213	197	
	700	3°	1050	837	695	481	339	264	231	
	800	3°	1200	945	775	520	350	275	242	
	900	3°	1350	1067	878	594	405	315	275	
	1000	3°	1500	1185	975	660	450	350	306	
	1100	2°45′	1650	1364	1173	887	697	557	495	
	1200	2°45′	1800	1488	1280	968	760	608	540	
	1350	2°25′	2025	1687	1461	1122	897	717	638	
	1500	1°50′	2250	1860	1600	1210	950	759	676	
キャストバンドタイプ (DGタイプ)	300	4°	600	504	441	345	281	234	214	187
	350	4°	700	588	514	402	328	273	249	219
	400	4°	800	672	587	460	375	312	285	250
	500	4°	1000	818	696	514	392	332	305	271
	600	4°	1200	963	805	567	409	351	325	292
	700	3°	1400	1108	913	621	426	370	345	313
	800	3°	1600	1253	1022	676	444	389	364	333
	900	3°	1800	1410	1150	760	500	437	410	375
	1000	3°	2000	1567	1278	844	556	486	455	417
	1100	2°45′	2200	1829	1581	1210	963	779	699	596
	1200	2°45′	2400	1995	1725	1320	1050	850	762	650
	1350	2°25′	2700	2261	1968	1529	1236	1000	896	764
	1500	1°50′	3000	2494	2156	1650	1312	1062	952	812

※但し、4種管は新設のさや管で施工区間の計画線形が真直ぐで延長が300m以下に適用するものとする。(既設管には適用不可)

【キャストバンドタイプ (STタイプ: 参考)】



【キャストバンドタイプ (DGタイプ: 参考)】



備考) 図は呼び径 900 以上の例

5. 6 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25に示す線形のφ900ヒューム管内にφ700PN形管を延長260m挿入する場合の事例を示す。

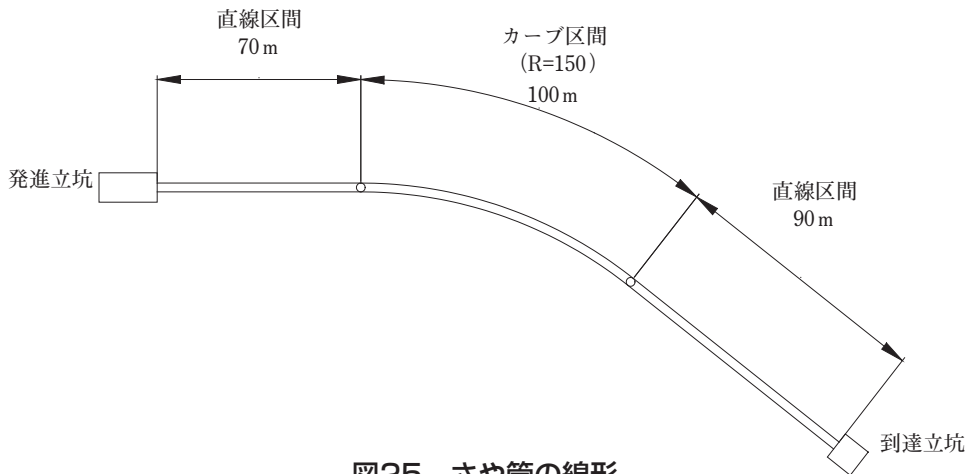


図25 さや管の線形

(1) 溶接リングタイプ、フランジ・リブタイプを使用する場合

(仕様決定までの考え方)

- ① 図26に新管を218m挿入した時点での設計挿入力と標準タイプの許容抵抗力を示す。これより、この時点で発進立坑から70mの地点(図26のA点)で設計挿入力が新管継手の屈曲角に応じた標準タイプの許容抵抗力を初めて上回ることが分かる。
- ② それ以降、この地点を通過する管は補強が必要であり、施工完了まで残り42mが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70~112mにある管は補強タイプとしなければならない。
- ④ 図27に挿入完了時の設計挿入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、70~112m区間の設計挿入力以上であるため、この間の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28のようになる。

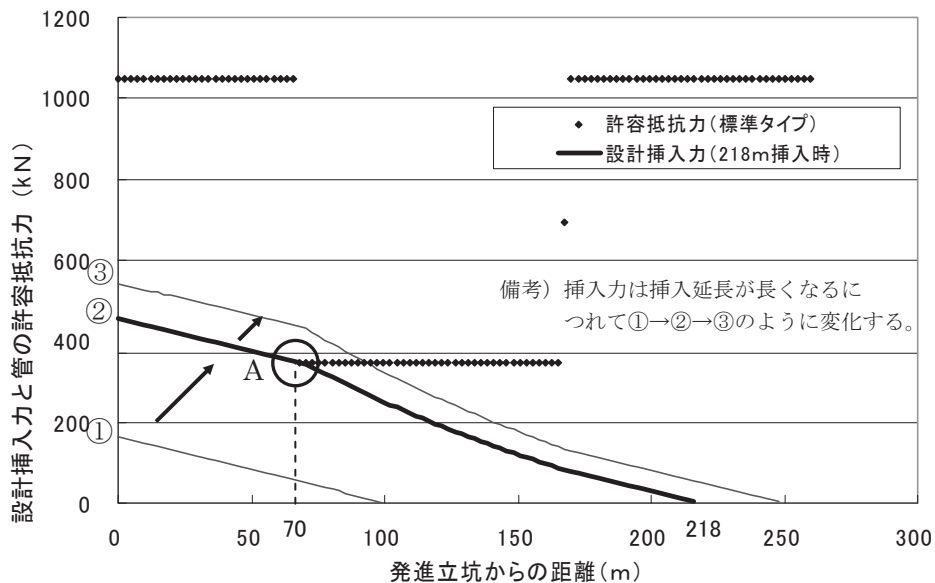


図26 170m挿入時点での設計挿入力と管の許容抵抗力

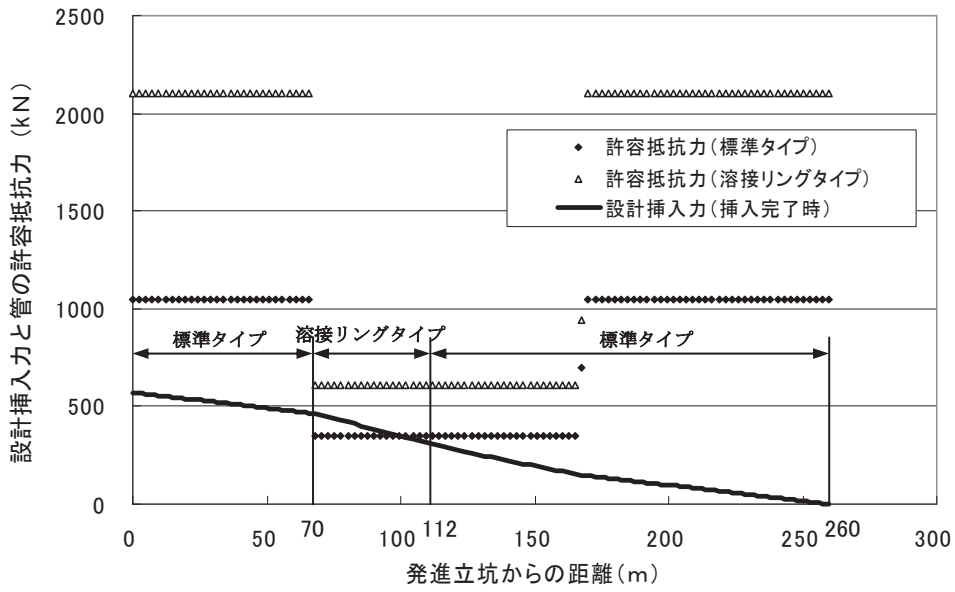


図27 挿入完了時の設計挿入力と管の許容抵抗力

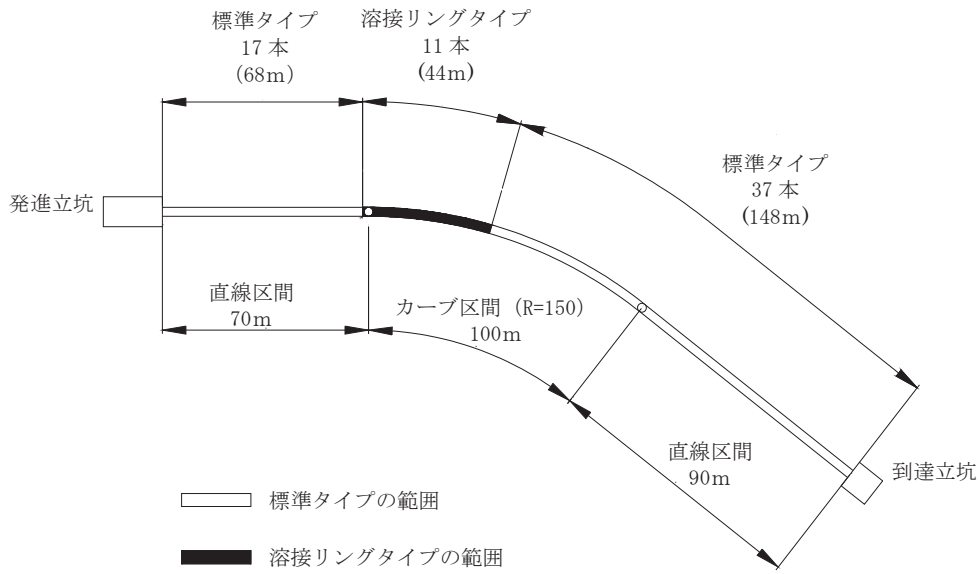


図28 新管の仕様

(2)キャストバンドタイプを使用する場合

(仕様決定までの考え方)※本項では、附属書C(参考)のキャストバンドを使用した場合の例を示す。

- ①図29に新管を170m挿入した時点での設計挿入力と標準タイプの許容抵抗力を示す。これより、この時点で発進立坑から70mの地点(図29のA点)で設計挿入力が新管継手の屈曲角に応じた標準タイプの許容抵抗力を初めて上回ることが分かる。
- ②それ以降、この地点を通過する管には補強が必要となる。
- ③キャストバンドタイプを使用する場合は、全区間をキャストバンドタイプとする必要がある。
- ④キャストバンドタイプの使用により、カーブ区間の通過長さの仕様を決定し短尺となる場合にはそれ以降はその長さとなる。
- ⑤図30にキャストバンドタイプの摩擦係数を考慮して挿入完了時の設計挿入力を算出した結果およびキャストバンドタイプ(STタイプ)の許容抵抗力を示す。これより、キャストバンドタイプ(STタイプ)の許容抵抗力は、すべての区間において設計挿入力以上であるため、新管の仕様は全管キャストバンドタイプ(STタイプ)でよい。

備考)図30において設計挿入力がキャストバンドタイプ(STタイプ)の許容抵抗力を超える場合は、その区間はキャストバンドタイプ(DGタイプ)を用いることとし、設計挿入力がキャストバンドタイプ(DGタイプ)の許容抵抗力を超えることがないか確認する。

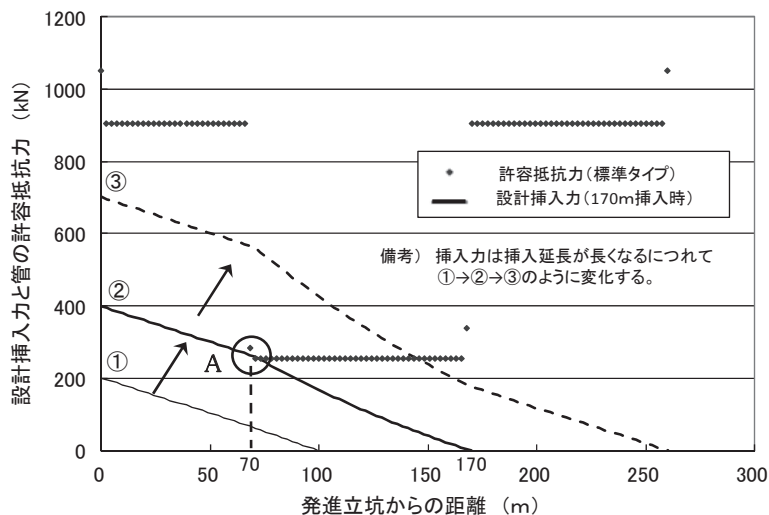


図29 170m挿入時点での設計挿入力と管の許容抵抗力

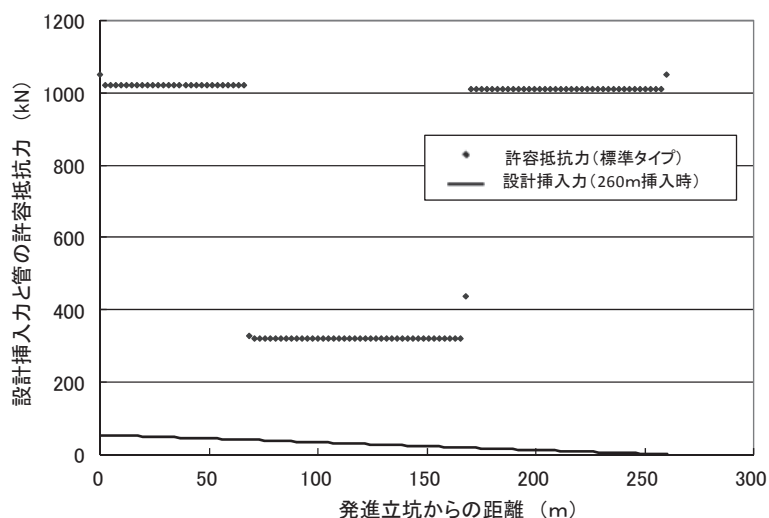


図30 挿入完了時の設計挿入力と管の許容抵抗力

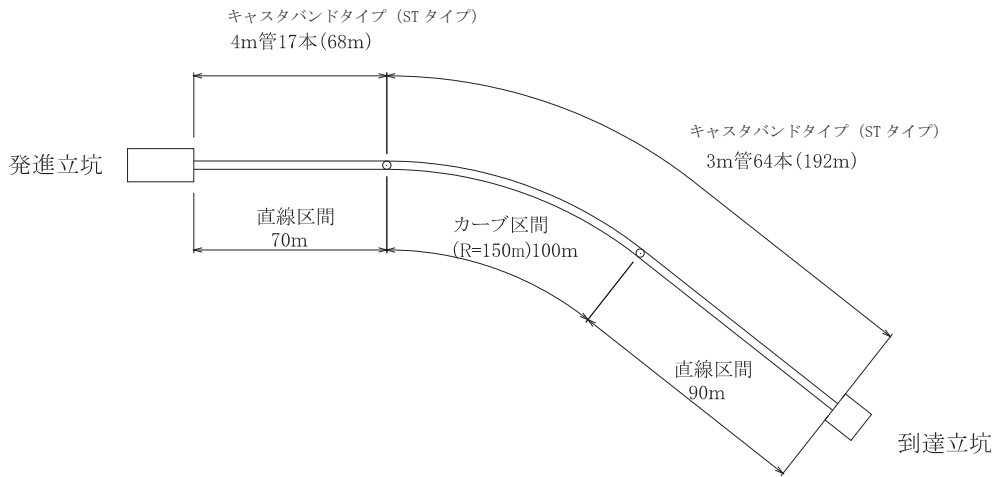


図31 新管の仕様

6. 持込工法の設計

6.1 持込方法の選定

持込工法は、さや管内に新管を持ち込んで順次接合していく工法である。さや管内に新管を持ち込む方法は、下記に示す方法などから選定する。

- ① 軌条を用いて運搬する方法
- ② 台車やキャストバンド等を用いて運搬する方法
- ③ 管を吊って運搬する方法

6.2 持込工法における管の仕様決定フロー

持込工法は、さや管の継手屈曲角及び方向、内径、有効長等を調査し、新管を運搬するためのレールや管運搬台車の仕様を考慮して、新管の通過性検討、継手屈曲角及び、曲管との組み合わせ配管を検討することを原則とする。

以下に、持込工法における新管の仕様決定検討フローを示す。

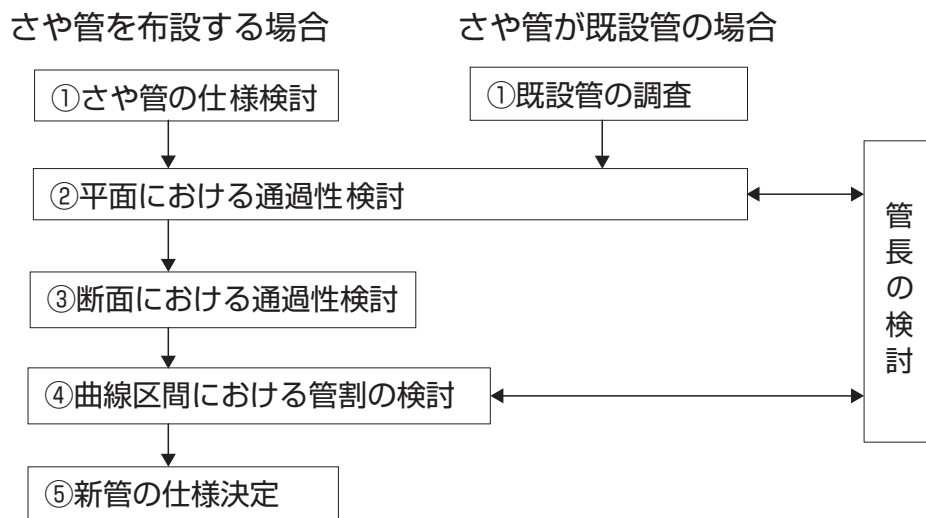


図32 新管の仕様決定フロー

6.3 通過検討 (軌条を用いて運搬する場合)

(1) 平面における検討

管運搬時に曲線部分を通過できるかどうかについて、新管外径、管長、さや管内径、ホイールベース長等の値を用いて検討する。

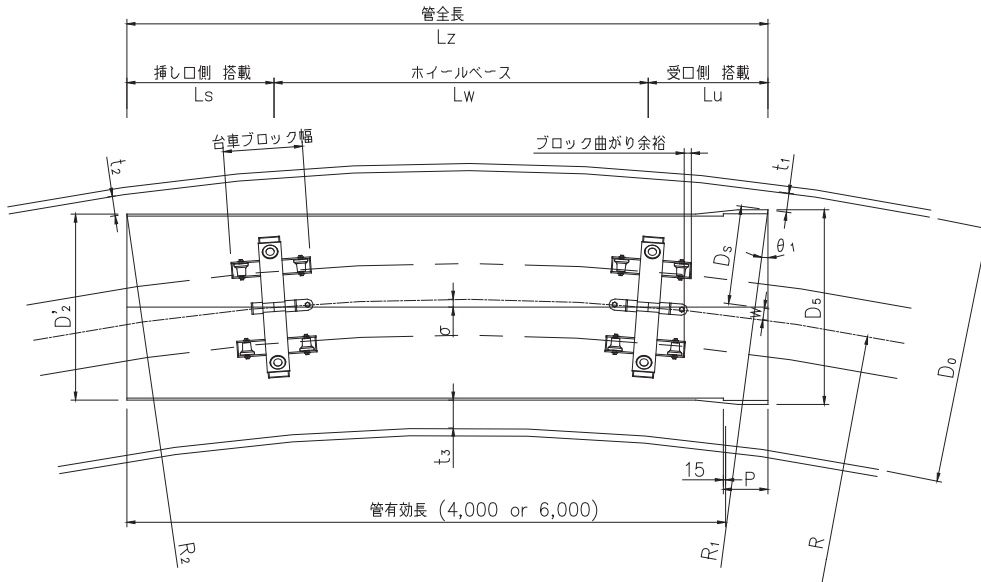


図33 管運搬時の平面図

条件

R : 曲線半径	R ₁ : 受口外側の曲線半径
D ₂ : 新管挿し口外径	R ₂ : 挿し口外側の曲線半径
D ₅ : 新管受口外径	θ ₁ : R ₁ の線と受口端面との角度
D _s : 受口外側から新管中心までのR ₁ 上の斜辺長	t ₁ : 受口外側とさや管内径との離隔
D ₀ : さや管内径	t ₂ : 挿し口外側とさや管内径との離隔
L _z : 新管全長	t ₃ : 新管内側とさや管内径との離隔
L _w : ホイールベース長	
L _u : 新管受口側 台車搭載位置長	
L _s : 新管挿し口側 台車搭載位置長	
σ : 新管中心とさや管中心のズレ量	
w : 受口の新管中心とさや管中心のズレ量	

条件に基づき、新管とさや管内径の離隔は下記の計算式で求める。

$$\sigma = R - \sqrt{(R^2 - (L_w/2)^2)}$$

$$t_3 = D_0 / 2 - \sigma - D'_2 / 2$$

$$\begin{aligned} t_1 &= (R + D_0/2) - R_1 \\ &= (R + D_0/2) - \sqrt{((L_u + L_w/2)^2 + (R - \sigma + D_5/2)^2)} \end{aligned}$$

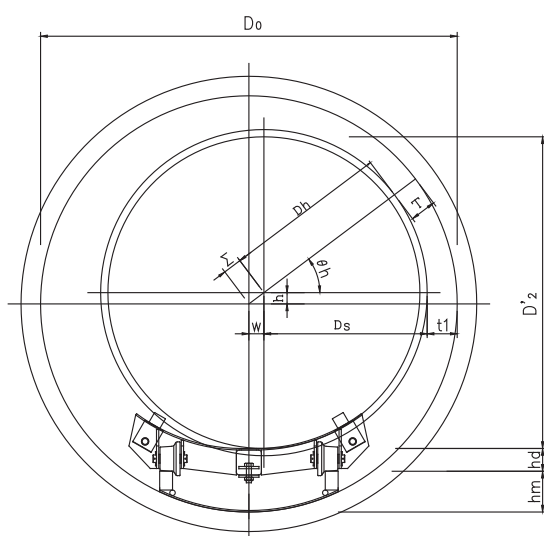
$$\begin{aligned} t_2 &= (R + D_0/2) - R_2 \\ &= (R + D_0/2) - \sqrt{((L_s + L_w/2)^2 + (R - \sigma + D'_2/2)^2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= R_1 - R - D_s \\ &= R_1 - R - ((D_5/2) \div \cos(\theta_1)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 \times \sin(\theta_1) &= L_u + L_w/2 \\ \theta_1 &= \sin^{-1}((L_u + L_w/2) \div R_1) \end{aligned}$$

(2) 断面における検討

管運搬時に曲線部分を通過できるかどうかについて、管運搬台車高さ、軌条枕木高さ、さや管内径、新管外径等の値を用いて検討する。



条件

T : 新管受口とさや管内径との断面最小離隔

Σ : 新管とさや管中心の断面ズレ量

h : 新管とさや管中心の高さ差

hd : 管運搬台車高さ

hm : 軌条枕木高さ

Dh : Ds の斜辺長

図34 管運搬時の断面図

条件に基づき、新管とさや管内径の離隔は下記算式で求める。

$$h = D'_2/2 + hd + hm - D_0/2$$

$$\Sigma = \sqrt{(h^2 + w^2)}$$

$$T = D_0/2 - \Sigma - Dh$$

$$Dh = D_5/2 + (D_s - D_5/2) \times \cos(\theta h)$$

$$\theta h = \tan^{-1}(h/W)$$

※ここで、さや管曲線内での新管通過可否の判定基準は、さや管と新管の離隔30mm程度を目安とする。

(3) 直管通過検討 計算結果

平面及び断面における検討と通過余裕代による判定から、各呼び径における直管の通過曲線半径を表17に記載した。

表17 直管通過性検討結果例

さや管	呼び径	mm	1000	1100	1200	1350	1500	1650	1800	2000
新管	呼び径	mm	700	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
通過最小 曲線半径	4m直管	m	25	30	25	15	15	10	10	10
	6m直管	m	75	75	75	65	55	55	55	40

6. 4 曲線区間における管割の検討

前項にて示したさや管の曲線部におけるPN形管の通過結果により、さや管曲線部での管割を決定する。配管の管割条件として、下記事項を基本とする。

- 1) 新管継手部の平面中心をさや管トンネルの平面中心と合わせる。
- 2) 新管継手部の曲げ角度は、各呼び径の許容曲げ角度の1/2以下とする。
- 3) 接合時の管挿入は、角度をつけず、真直ぐ挿入しなければならない。
- 4) 定尺4m直管での管割が不可能な場合は甲切管を使用する。

(1) 直管のみで曲線部を配管する場合。

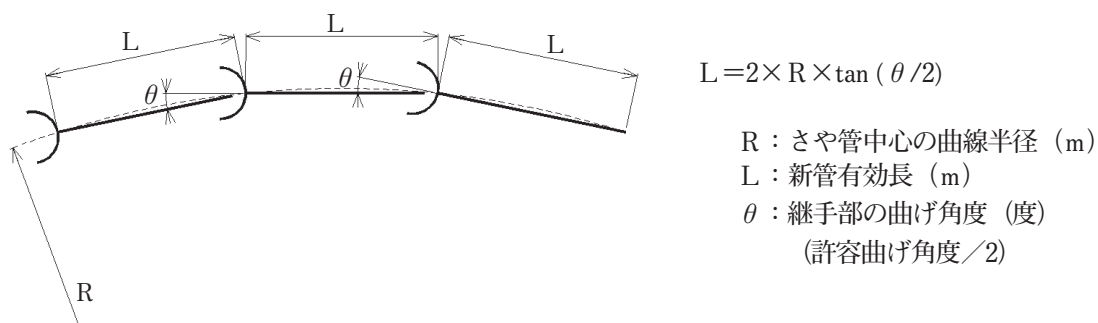


図35 曲線部での直管割図

(2) 直管と曲管を組み合わせて配管する場合。

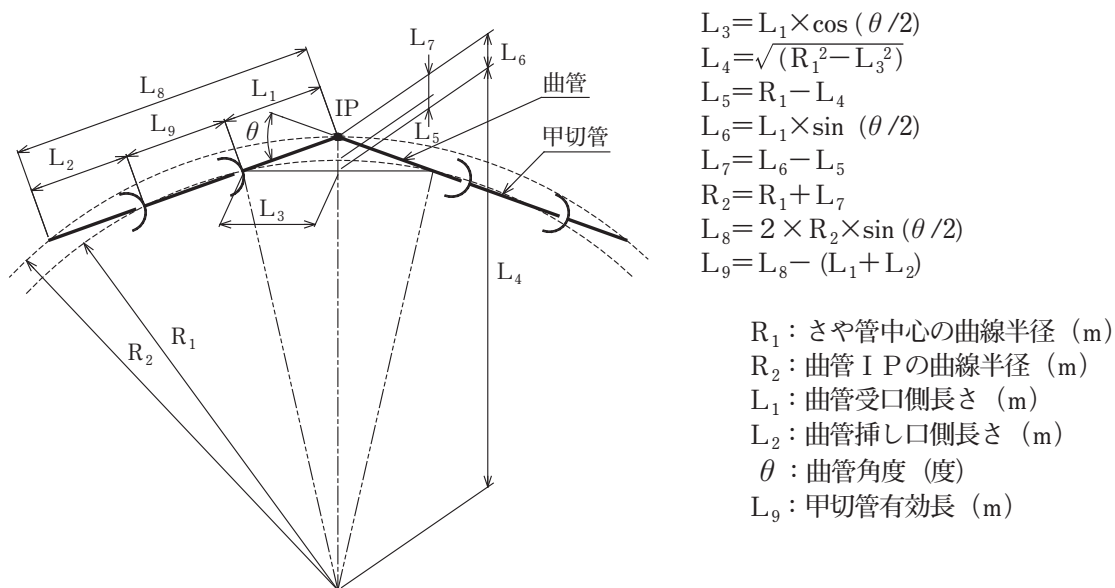


図36 曲線部での曲管と直管の管割図

7. 配管設計例

7.1 標準的な配管設計例

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るとともに、さや管を含めて坑口まで打設する等の留意が必要である。

注) 受挿し短管は、立坑内でのPN形直管と一般管との連絡で使用することを想定している。また、受挿し短管の外径はPN形直管より大きい。このため、1口径大きいさや管の場合、一般的に受挿し短管はパイプ・イン・パイプ工法の先頭管にしない。

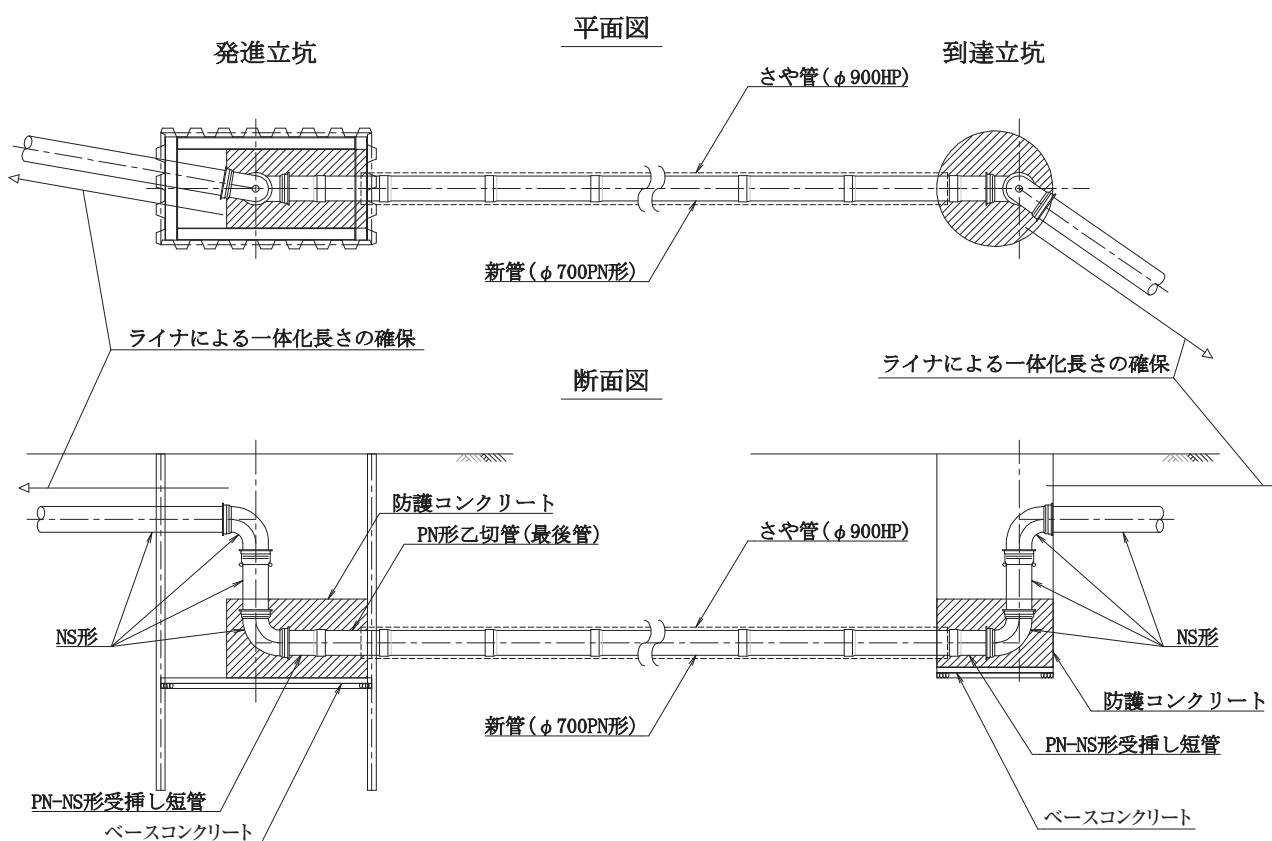


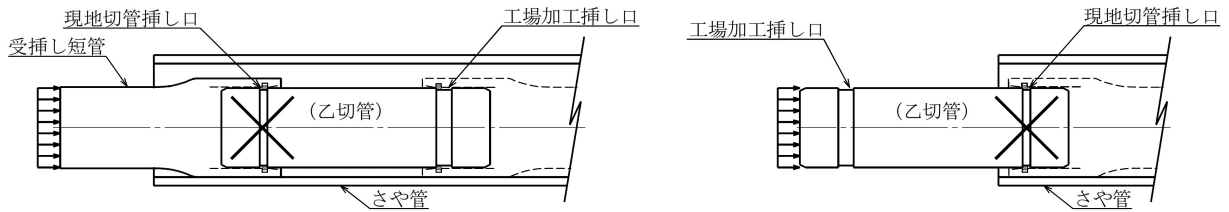
図37 標準的な配管例(呼び径700PN形管、押込工法の場合)

※NS形90° 両受曲管はメーカー仕様品

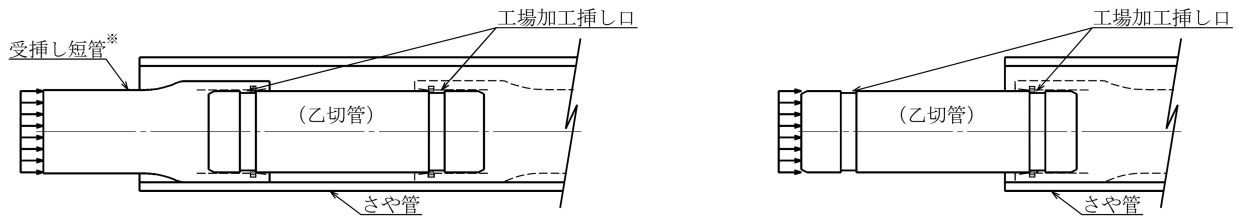
7.2 現地切管

(1) 押込工法の現地切管

原則として現地切管した挿し口を押し込むことはできない(図38参照)。



[現地切管した挿し口を押し込んではいけません]



※立坑の制約等で受挿し短管を押し込む場合は、押し込み時の抵抗や継手の屈曲等に注意する

[押し込む場合は、工場加工した挿し口を押し込む]

図38 現地切管挿し口の押し込の可否について

PN形乙切管(最後管)は、防護工を打つなど不平均力や曲げモーメントが作用しない場合に限り、現地切管が可能である。挿し口溝幅(M_2)は図39、表18の値としてよい。

(2) 持込工法の現地切管

現地切管した挿し口は溝幅が小さいため、曲線区間では用いることができない。曲線区間手前の甲切調整管について、原則は工場切管とするがやむを得ない場合は現地加工を認める。挿し口溝幅(M_2)は図39(現地加工側)、表18の値としてよい。

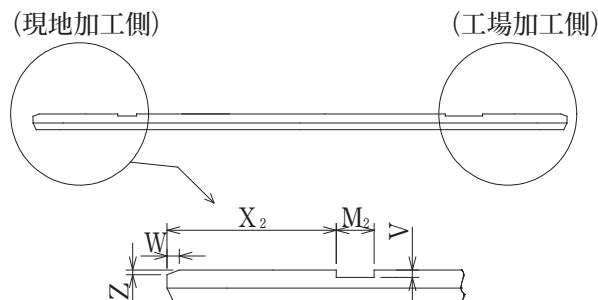


図39 PN形乙切管(最後管)

表18 最後管(PN形乙切り管)の現地加工用挿し口寸法及び許容差

(単位 mm)

呼び径	X ₂	M ₂		V		W		Z	
300	156	±1.5	27	+1.5 -0.5	±0.5	9.0	14.0	3.0	±1.5
350	171								
400			32		2.5	±0.5	14.0	5.0	
500									
600	168		32		2.5	±0.5	14.0	5.0	
700		178		37					3.0
800	188		37		3.0	+1.0 -0	9.5	3.5	
900		183		42					3.0
1000	183		42		3.0	+1.0 -0	9.5	3.5	
1100		183		42					3.0
1200	183		42		3.0	+1.0 -0	9.5	3.5	
1350		183		42					3.0
1500	183		42		3.0	+1.0 -0	9.5	3.5	

7.3 特殊な配管例

パイプ・イン・パイプ工法における特殊な配管例を以下に示す。これらの配管には特殊な材料を必要とするため、設計にあたっては、材料製作の可否などについて会員メーカへの確認が必要である。

(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40、41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なため、適用呼び径は800~1500となる。

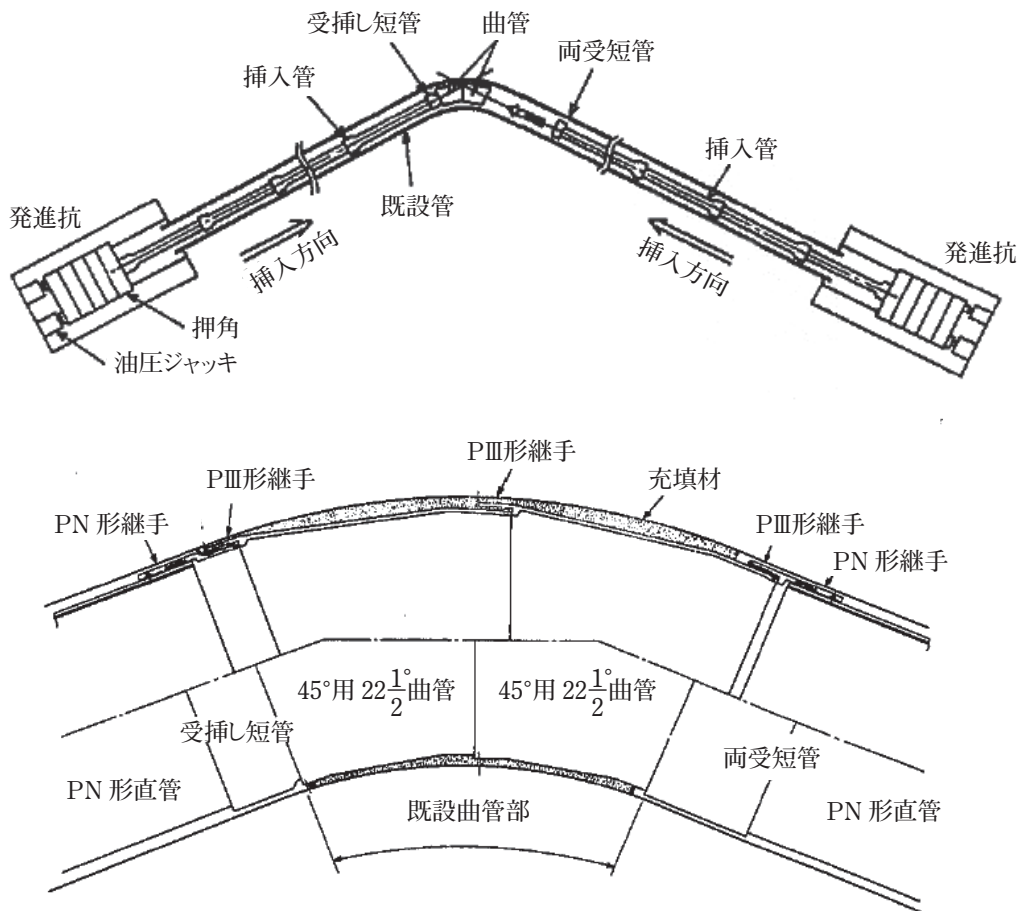


図40 曲管部の施工完了状態

管内ドッキング工法に用いる元素の継手には、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形継手など同等の水密機能を有すること。
- ③ PN形継手など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41に示すPⅢ形継手がある。

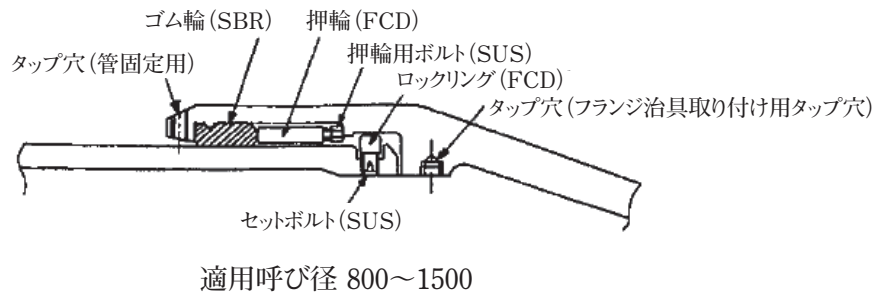


図41 管内ドッキング工法用PⅢ形継手の構造

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42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。

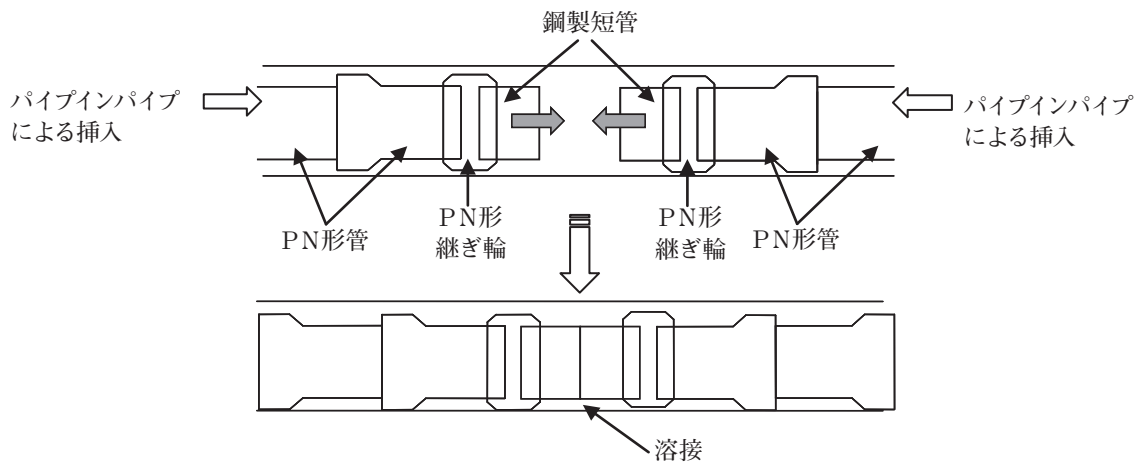


図42 継ぎ輪と鋼製短管による管内ドッキング方法

(2) さや管内での連絡

図43に示すように連絡管(図11参照)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、連絡管より先の既設管が健全であることが前提となる。

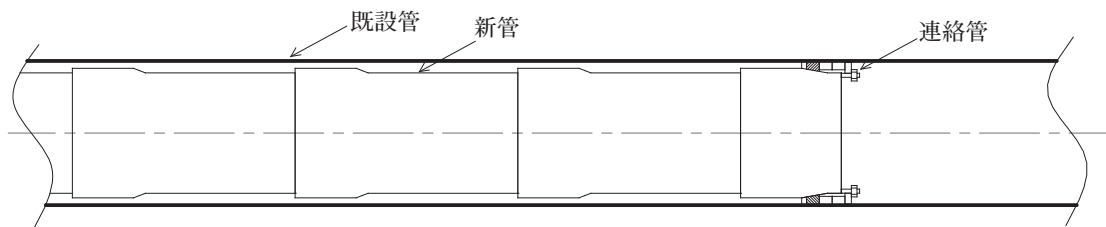


図43 さや管内での連絡

(3) 空気弁の設置

図44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。

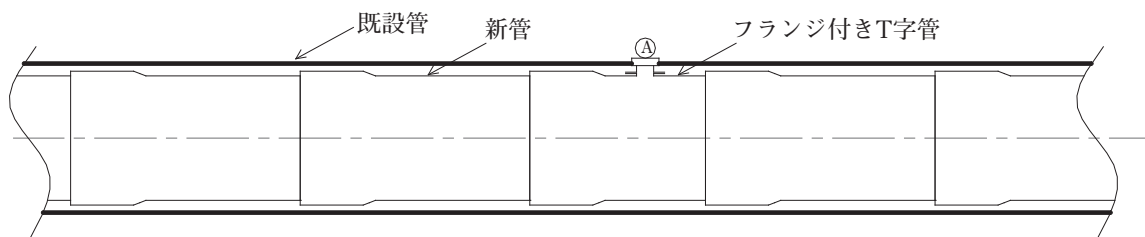


図44 空気弁設置部

8. パイプ・イン・パイプ工事（共通項）

8. 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。

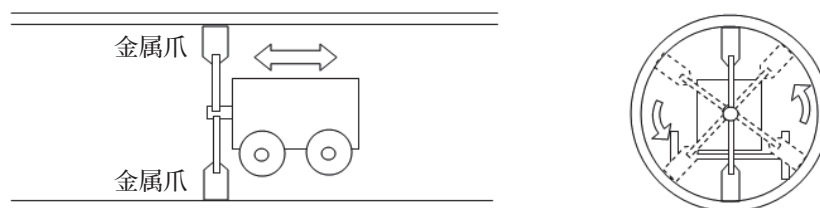


図45 機械式(呼び径800～1500)

(3) スクレーパー法

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。

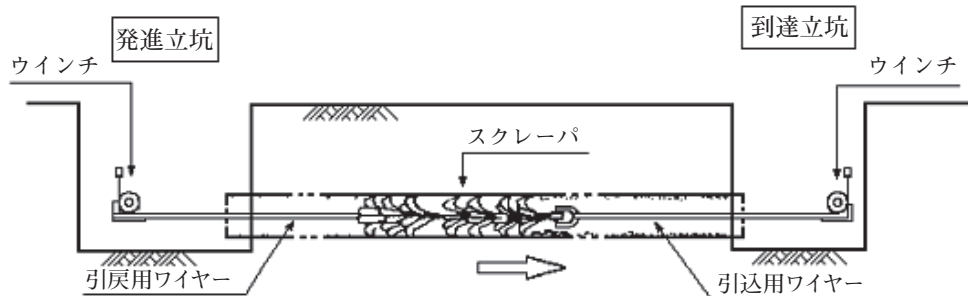


図46 スクレーパー法(呼び径700以下)

(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。

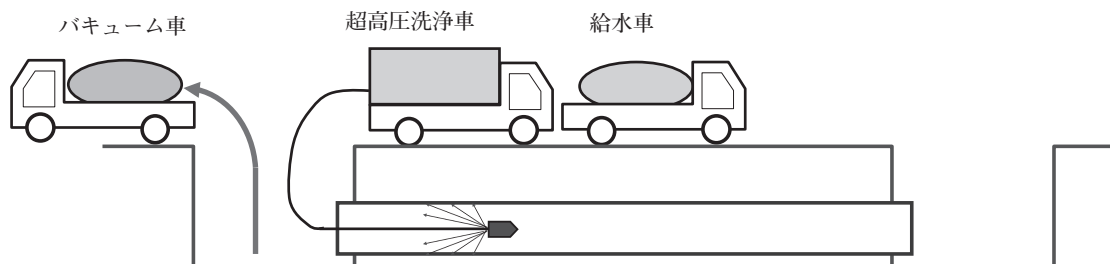


図47 高圧洗浄法(呼び径700以下)

8.2 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19の全項目を測定する。

表19 調査項目

項目	内容
管長	各管長および全管路延長
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20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20 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。

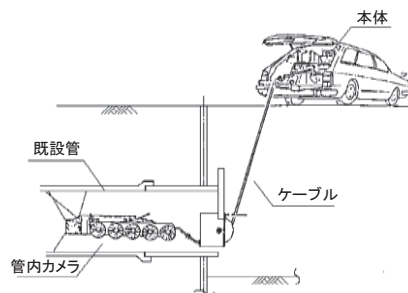


図48 テレビカメラ調査の概要

(4) 模擬管調査

図49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：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

※模擬管は、胴付間隔が明確に現れない内面更生した既設管や溶接鋼管等の調査に有効である。

旧技術資料に記載の模擬管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)は、さや管と新管の口径差が大きい場合、通過性を適切に評価できない可能性があるため、口径差が2口径以上であれば、使用しないものとする。

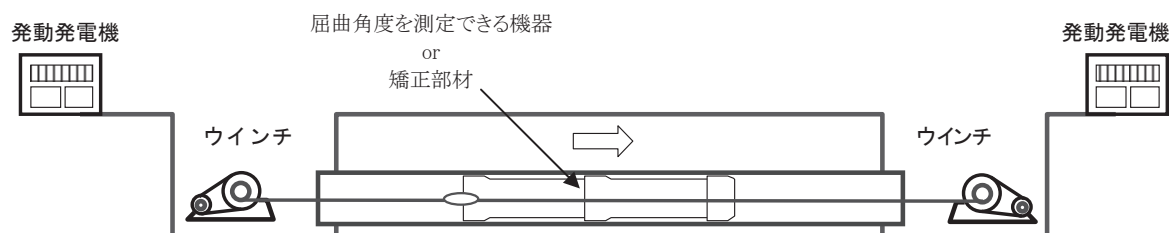


図49 模擬管調査の概要

(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19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。

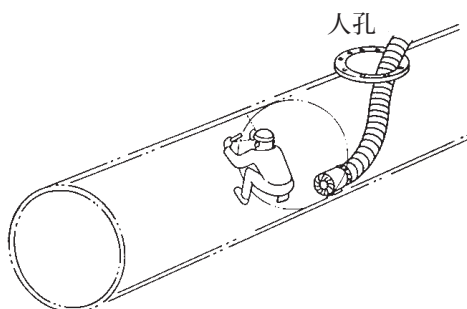


図50 胴付調査の状況

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。

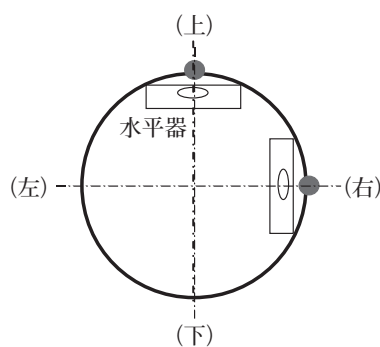


図51 測定箇所の設定例

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鉄部の胴付き間隔を上下左右4箇所測定する。

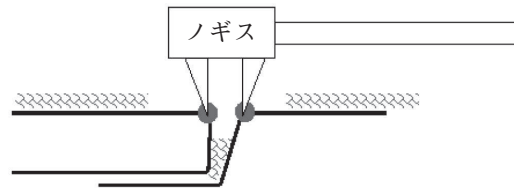


図52 胴付間隔の測定例

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。

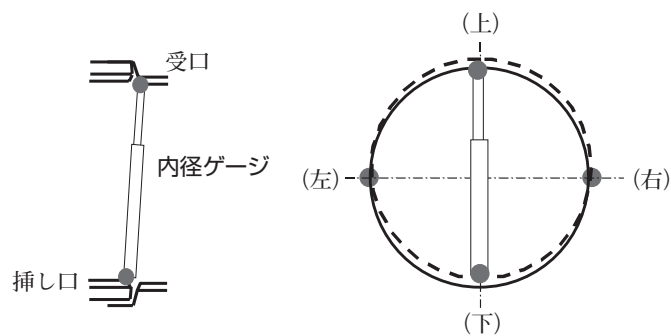


図53 内径の測定例

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。

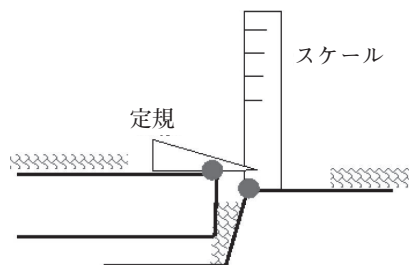


図54 段差の測定例

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21の値を用いる。図55にさや管の胴付間隔と内径の測定位置を示す。

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

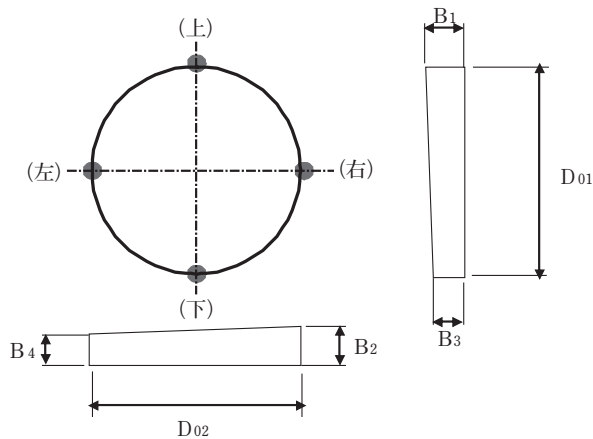


図55 胴付間隔と内径の測定位置

(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順じて実施する。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。

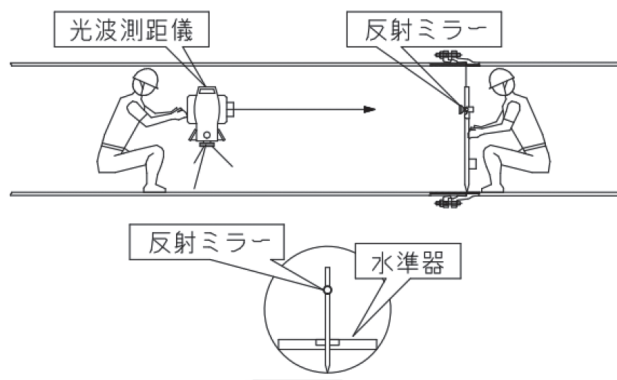


図56 トラバース測量の実施状況例

(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、調査方法に応じた表21、表22に示す安全率を考慮して設計に用いることとする。

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21 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	
	調査方法	トラバース測量など による詳細調査	簡易調査
設計値	簡易調査 テレビカメラ		胴付調査
安全率 S_f	1.5	1.0	1.3

表22 模擬管を用いて調査した場合の新管に対する安全率

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

注1) 模擬管：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。

8. 3 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。

8. 4 さや管と新管の隙間充填

さや管と新管との隙間は、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0.5~1.5N/mm²程度のもが使われる。

- 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。

8. 4. 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。

8. 4. 2 充填工

さや管と新管の両端部の隙間を閉塞し、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57~図59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57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。

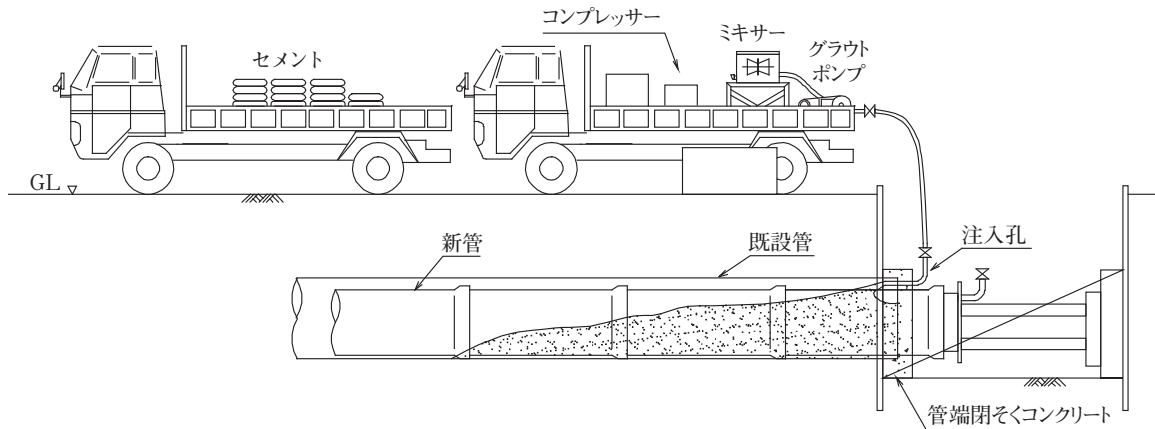


図57 車上プラントによる充填施工の例

(2) 現地プラントによる施工

施工方法の例を図58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。

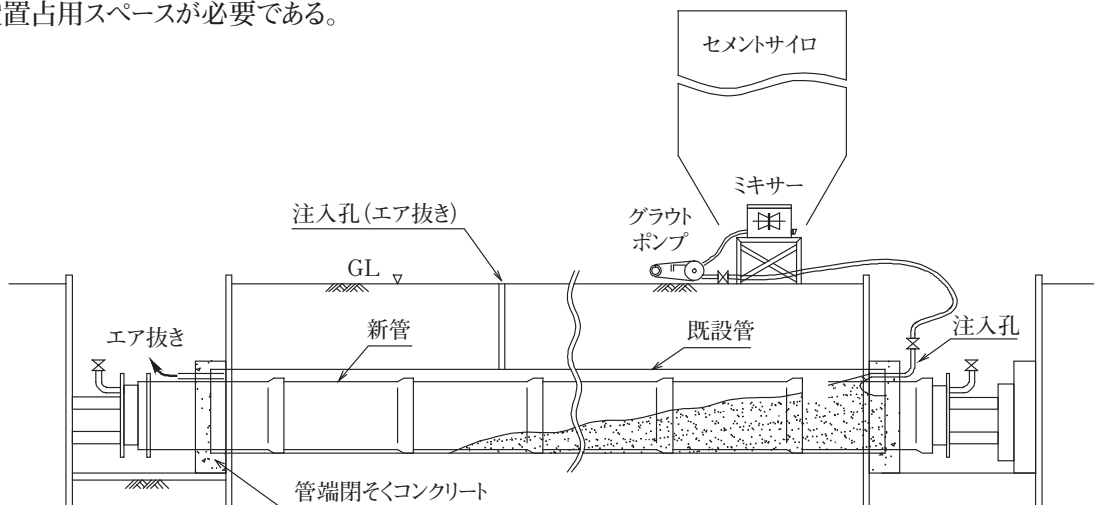


図58 現地プラントによる充填施工の例

(3) トラックミキサによる施工

施工方法の例を図59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。

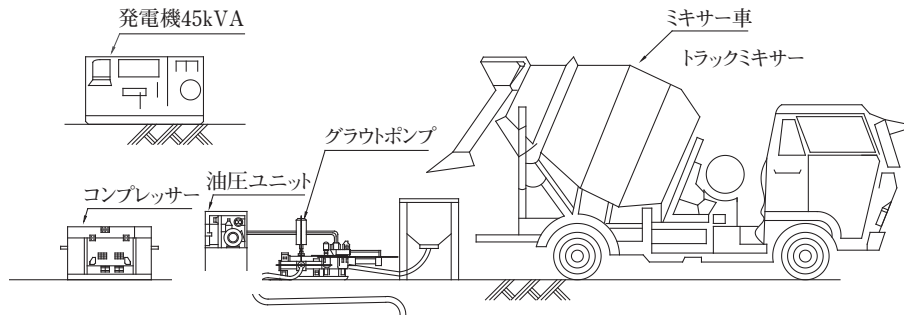


図59 トラックミキサによる充填施工の例

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。

注) さや管内に注入パイプを配置する場合、さや管と新管との間に注入パイプを配管できる隙間があるか確認する必要がある。なお、さや管との呼び径による口径ダウン数 n が1の場合、一般的に注入パイプは配管できない。

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

9. 押込工法における付帯設備等

9. 1 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する。

- ① 既設管をさや管とする場合は、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、管の仮置き場を確保できる場所を選定する。

(2) 立坑の形状・寸法

立坑の形状・寸法の計算例を以下に示す。なお、例示する反力受け厚さ及びさや管の突出長さは、挿入力と挿入設備によって異なることから施工条件により決定する必要がある。

①矩形、小判型立坑の場合

発進立坑の大きさは図60に示す寸法を考慮し、以下の式により決定する。ただし、発進立坑内の連絡配管の長さが図60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。

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

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

$$B = \text{呼び径} + 1.5\text{m}$$

(例) 呼び径700(4m管)の場合

$$\text{発進立坑の長さ } L = 4.24(a) + 1.0(b) + 0.9(c) + 0.5(d) + 0.5(e) = 7.14\text{m}$$

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

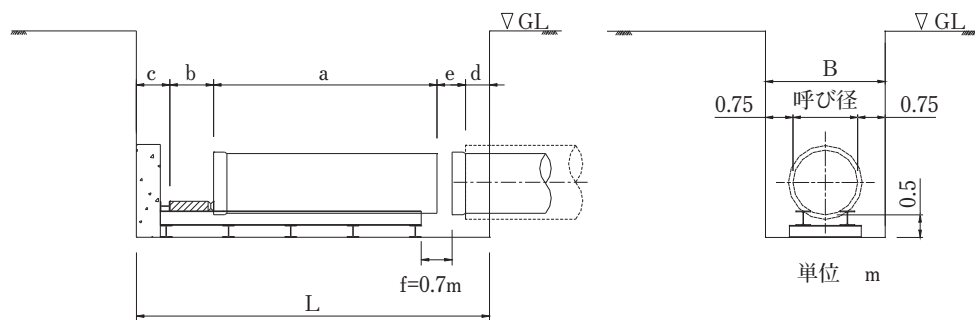


図60 発進立坑の形状・寸法(矩形、小判型)

②円形立坑の場合

発進立坑の大きさは図61に示す寸法を考慮し、以下の式により決定する。なお、油圧ジャッキが管の後方に設置できない場合は図61のように管側方に設置する等の対策を講じる。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。

$$L = \text{新管の全長} + \text{反力受け厚さ} + \text{さや管の突出長さ} + \text{接合余裕 (0.5m程度)}$$

(g) (h) (i) (j)

(例) 呼び径300(1m管)の場合

$$\text{発進立坑の内径 } L = 1.22(g) + 0.4(h) + 0.5(i) + 0.5(j) = 2.62\text{m}$$

補足・さや管の突出長さ(i)は、地下水対策(坑口リング設置等)作業代を考慮して、ここでは0.5mとした。地下水対策が不要な場合はこの限りではない。

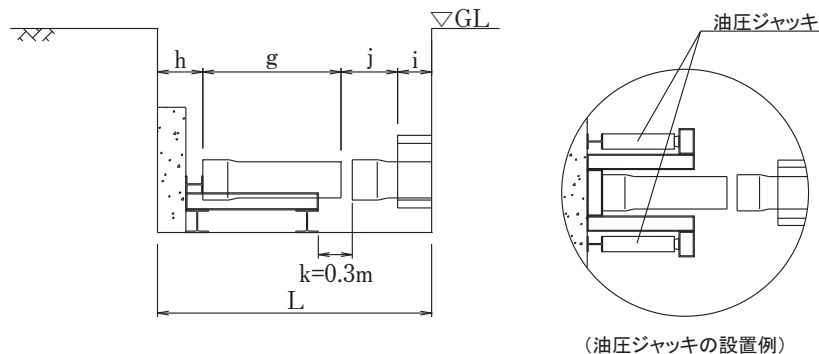


図61 発進立坑の寸法・形状(円形)

(3) 発進立坑内の設備

挿入設備は、式(9)(P.25)により求めた挿入力 considering 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62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。

①バックコンクリートの受働土圧を期待する場合 ②さや管に設計挿入力相当の反力が期待できる場合

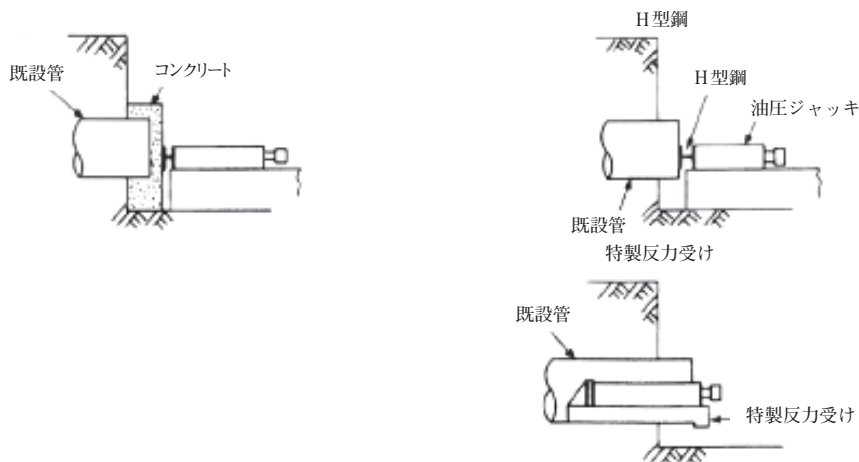


図62 反力受けの例

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63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。

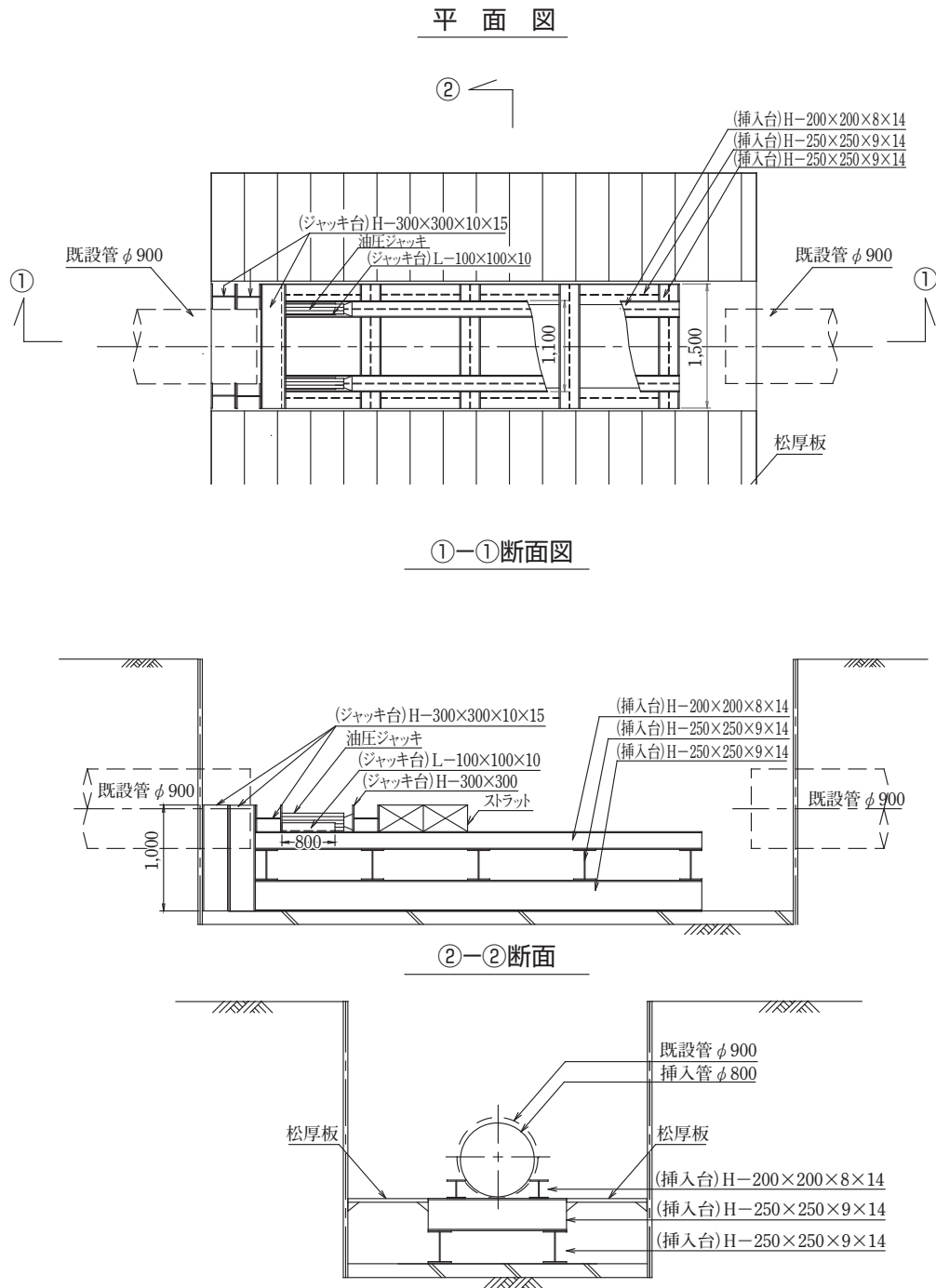


図63 発進立坑内設備の設計例(新管の呼び径800の例)

(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64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。

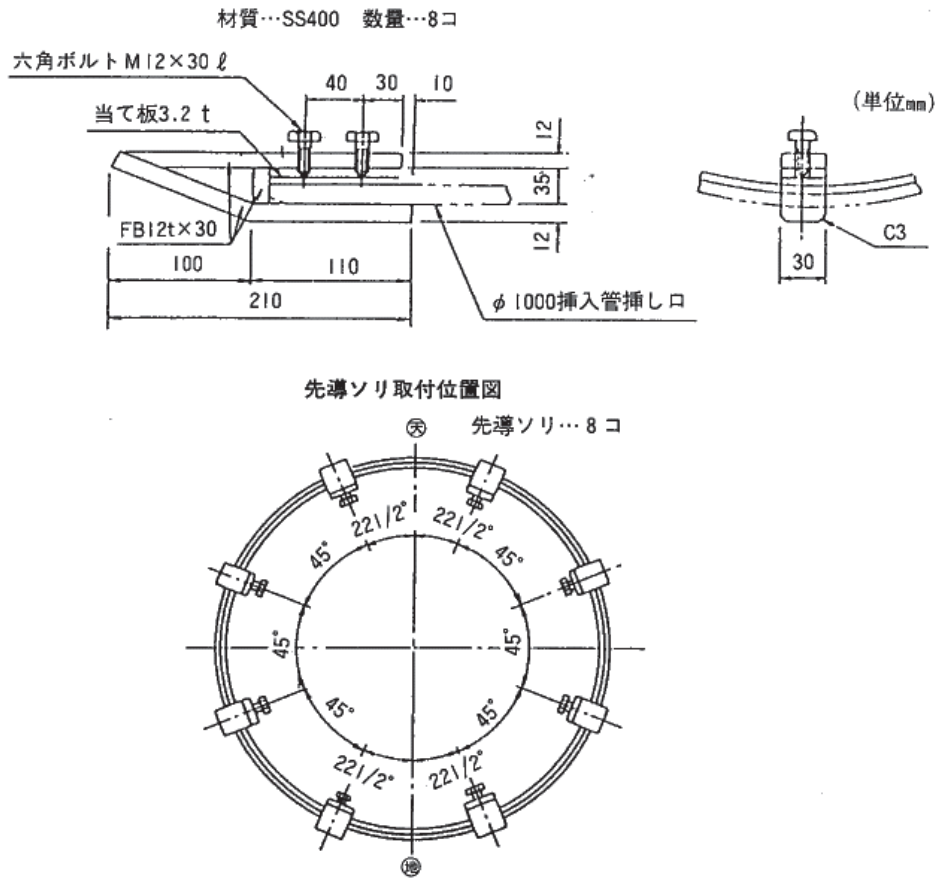


図64 先導ソリの形状例

(5) 立坑内配管との連絡

立坑内の連絡配管を施工するためには、接合余裕が必要である。以下に、到達立坑内における挿し口と立坑内配管を連絡するために必要となる接合余裕の目安を示す。

〈参考〉

呼び径300～700 … 0.5m

呼び径800～1500 … 0.6m

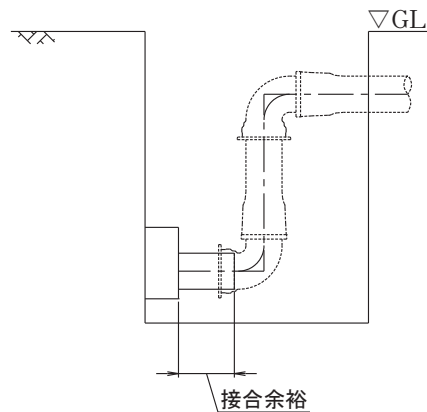
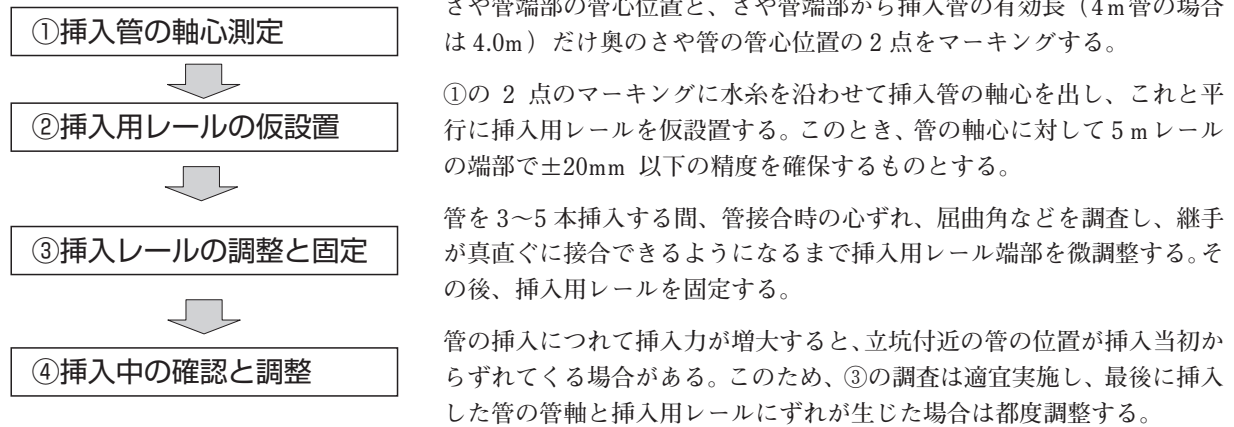


図65 連絡配管の接合余裕(到達立坑の例)

9.2 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66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ことが必要である。

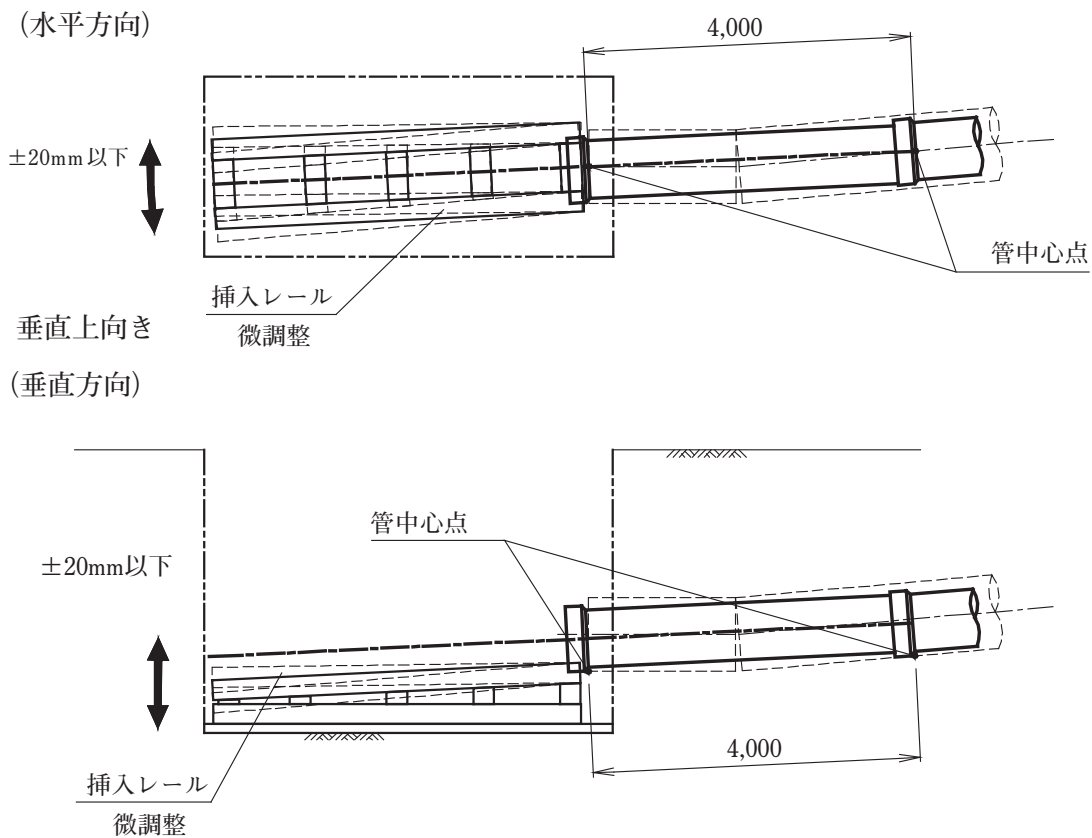


図66 挿入用レールの調整方法

9.3 キャスタバンド等を用いた押込工法の実施例

押込工法では、新管の挿入力を低減するため、JCPA G 1046PN形ダクタイル鋳鉄管 附属書C(参考)に記載されているキャスタバンド以外にも、様々な形式のキャスタバンド等の使用実績がある。以下にその一例を示すので、参照されたい。

但し、各々のキャスタバンド等の固有の摩擦係数及び安全率について注意が必要である。摩擦係数及び安全率の設定に際しては、さや管の内面状態や継手部の段差等の影響を考慮しなければならない。

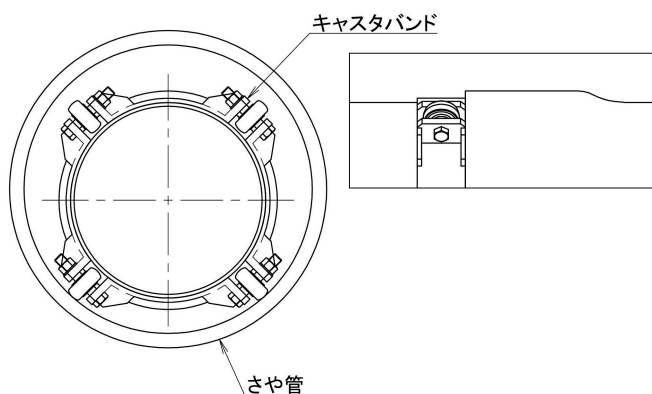


図67 鋳物構造

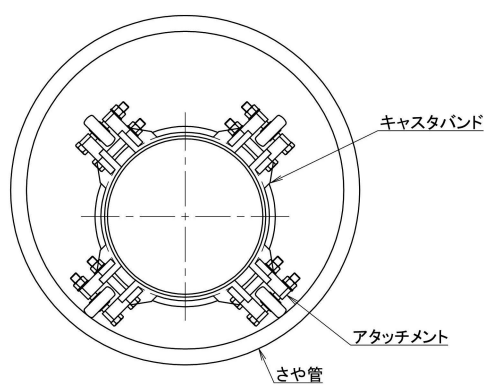


図68 溶接構造

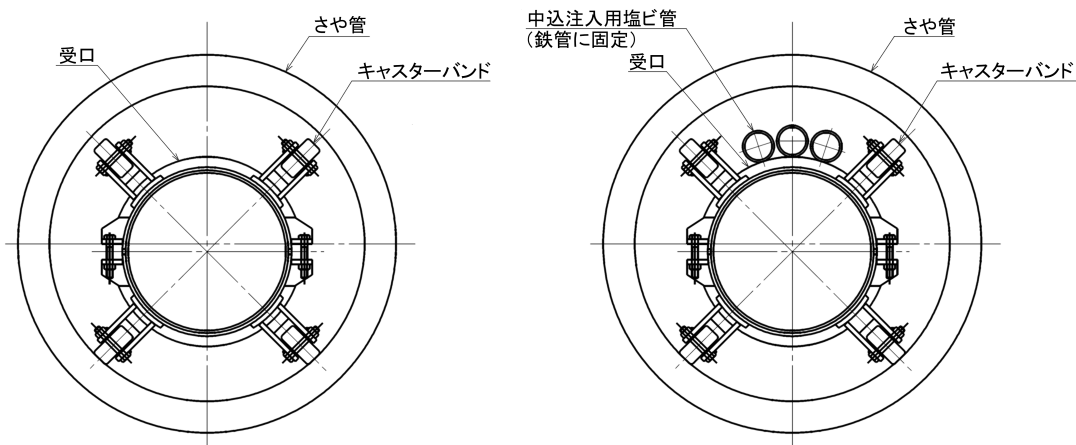


図69 さや管との口径差が大きい場合

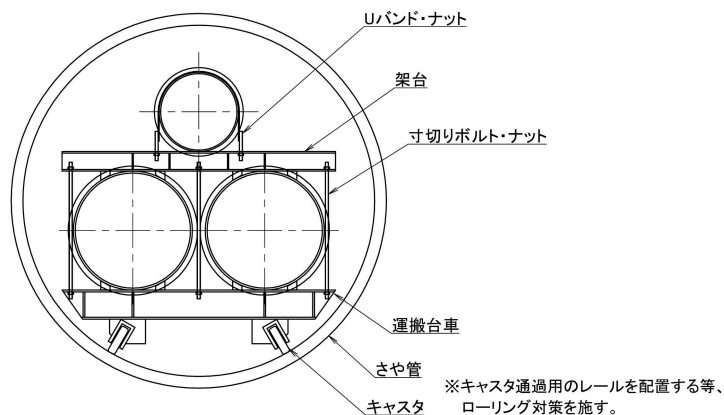


図70 複数の管を同時に配管する場合

9. 4 傾斜配管における留意点

傾斜配管の適用は、以下の検討を行い、挿入する新管が滑り出すと判定される場合とする。

なお、新管が滑り出すと判定された場合は、適切な対策をとって施工する必要がある。

(1) 傾斜配管の判定方法(挿入する新管が滑り出すかどうかの判定)

①簡易な判定方法

簡易な判定方法は、管路調査が出来ていない場合や管路の傾斜位置が明確でない場合に適用する。

式(11)にて、管路の傾斜角度(θ)を求める。次に、式(12)で算出した解が、正の値であれば傾斜配管と判定する。

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{H}{L_s} \right) \dots\dots (11)$$

ここで、

H : 発進立坑部と到達立坑部での管路の敷高差(標高差)

Ls : 管路長さ

$$P = m \cdot N \cdot \sin \theta - \frac{\mu' \cdot m \cdot N \cdot \cos \theta}{S} \dots\dots (12)$$

ここで、

P : 傾斜により管路が滑り出す時の力

m : 新管の1本当たりの重量(ライニング管の場合はライニング重量も考慮)

μ' : 摩擦係数(表23参照)

N : 挿入する新管の本数

θ : 傾斜角度

S : 摩擦係数に対する安全率(表23参照)

表23 摩擦係数と安全率

さや管の内面	標準タイプ、溶接リングタイプ フランジ・リップタイプ		キャストバンドタイプ※	
	摩擦係数(μ')	安全率(S)	摩擦係数(μ')	安全率(S)
モルタルライニングまたはコンクリート管	0.4	4	0.04	4
モルタルライニングなし	0.2			

※表中の値は附属書C(参考)に示したキャストバンドを使用する場合。

【参考】

式(12)より、管路が滑り出すかどうかの判定は表24に示す傾斜角度 θ によって判定できる。

表24 管路が滑り出す傾斜角

さや管の内面	標準タイプ、溶接リングタイプ フランジ・リップタイプ	キャストバンドタイプ※
モルタルライニングまたはコンクリート管	5.71° (勾配10%)	0.57° (勾配1%)
モルタルライニングなし	2.86° (勾配5%)	

※表中の値は附属書C(参考)に示したキャストバンドを使用する場合。

②詳細な判定方法

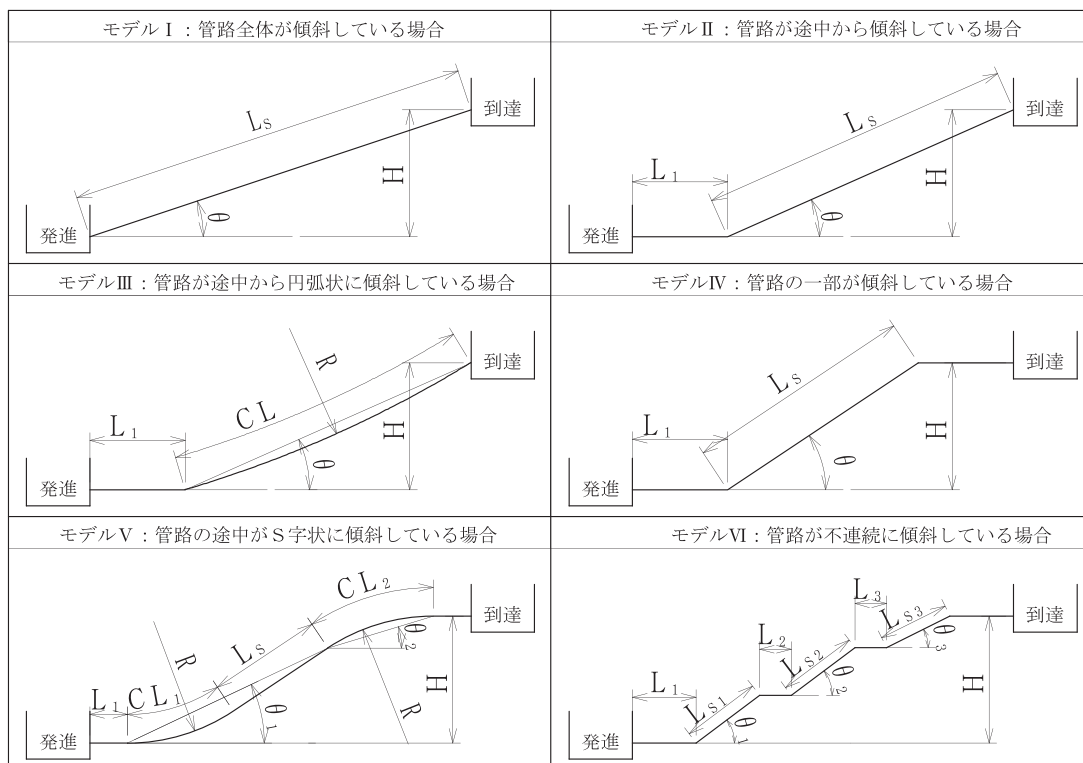
詳細な判定方法は、発進立坑から傾斜部の終点までを検討することとし、式(13)により算出した解が正の値であれば傾斜配管と判定する。

$$P = \sum_{n1} m \cdot N_1 \cdot \sin \theta_{n1} - \sum_{n1} \frac{\mu' \cdot m \cdot N_1 \cdot \cos \theta_{n1}}{S} - \sum_{n2} \mu' \cdot m \cdot N_2 \dots\dots (13)$$

ここで、

- P : 傾斜により管路が滑り出す時の力
- m : 新管の1本当当たりの重量(ライニング管の場合はライニング重量も考慮)
- μ' : 摩擦係数(表23参照)
- N_1 : 傾斜部の新管の本数(= L_{s_n}/L)
モデルⅢおよびモデルⅤの曲線の場合は CL_n/L
- L : 新管1本当当たりの有効長
- N_2 : 水平部の新管の本数(= L_n/L)
- n1 : 傾斜部の数
- n2 : 水平部の数(但し、到達側の最後の水平部はカウントしない)
- θ_{n1} : 傾斜部の傾斜角度
- S : 摩擦係数に対する安全率(表23参照)

a)上り配管の場合



b) 下り配管の場合

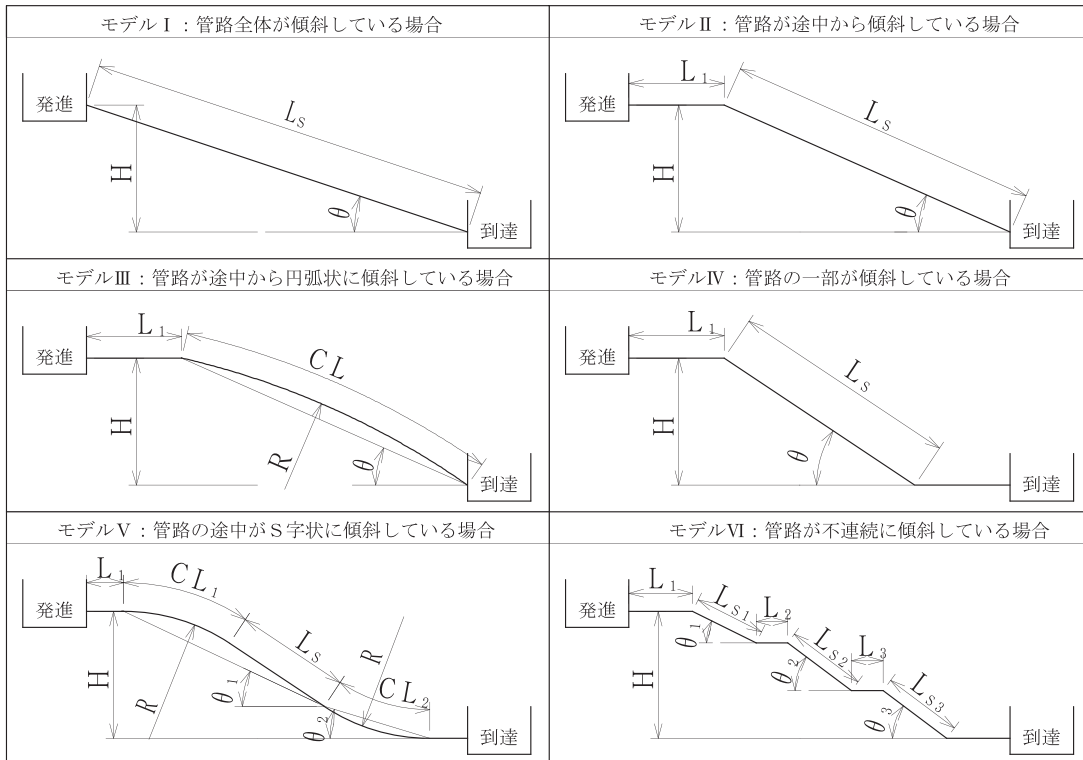


図71 傾斜配管に敷設されている管路の配管モデル

(2) 挿入力の算出

挿入力の算出は以下の通りとし、傾斜配管と判定された場合に適用する。

上り配管の場合

$$F = m \cdot N \cdot S' (\sin \theta + \mu'' \cos \theta) e^{\frac{\mu'' \pi \theta'}{180}} \dots \dots (14)$$

下り配管の場合

$$F = m \cdot N \cdot S' (\mu'' \cos \theta - \sin \theta) e^{\frac{\mu'' \pi \theta'}{180}} \dots \dots (15)$$

ここで、

F : 挿入力

m : 新管の1本当たりの重量(ライニング管の場合はライニング重量も考慮)

μ'' : 摩擦係数

・既設管またはさや管がライニングなしの管の場合は0.4

・既設管またはさや管がライニングありまたはコンクリート管の場合は0.8

・既設管またはさや管によらず、新管がキャストバンドタイプ※の場合は0.08

※附属書C(参考)に示したキャストバンドの場合

N : 挿入する新管の本数

θ : 傾斜角度

θ' : 先端部のさや管屈曲角

S' : 安全率 挿入長さが100m以上の場合、S=1.1

挿入長さが100m未満の場合、S=1.3

10. 持込工法による施工

(1) 管運搬

新管運搬に関しては、バッテリーカーや軌条設備が使用可能である。

標準的な坑内運搬状況を図72に示す。

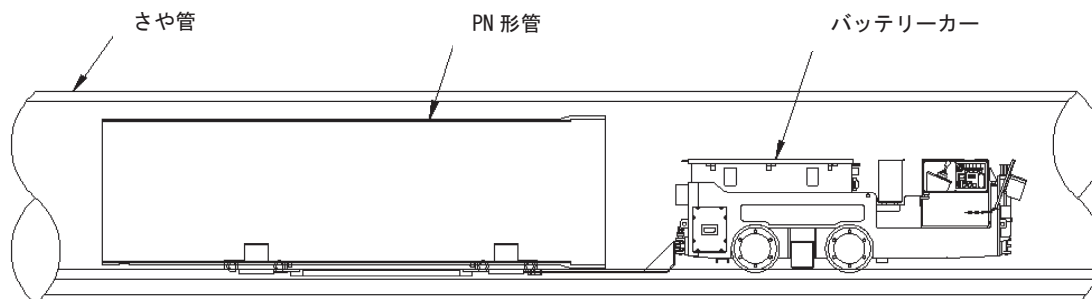


図72 新管坑内運搬図

(2) 管据付、レール撤去

芯出し ————— 管運搬台車上のPN形管の高さ、左右位置を設置済管の挿し口(又は受口)に管運搬台車ジャッキで調整する。



挿入 ————— 決められた仮受位置まで挿入する。



端部の仮受 ————— 台車引き抜き用治具にてPN形管を押し上げ仮受けする。



管運搬台車の引き抜き — バッテリー機関車を後退させ、管運搬台車を引き抜く。



接合 ————— ジャッキ等で微調整しながら、PN形管を正規の位置に設置し、継手の接合作業を行う。



管受台設置 ————— 上下左右のクリアランスを確認し、正規の位置に管受台、転止めをする。



浮力防止材設置 ————— 中込め注入時の浮力防止材を設置し、管を固定する。



軌条の撤去 ————— 必要に応じて軌条設備を撤去する。

(3) 管固定方法(浮力防止設置)

新管はH形鋼等の管受台に仮設置した後、上下左右のクリアランスを調整しながら、歯止め等を用いて計画位置到新管を設置する。本管の設置位置確定後、浮力防止材によりさや管セグメントを支持反力として堅固に固定する。図73に管受台、浮力防止設置の参考図を示す。

管固定完了後、必要に応じて軌条設備を撤去する。

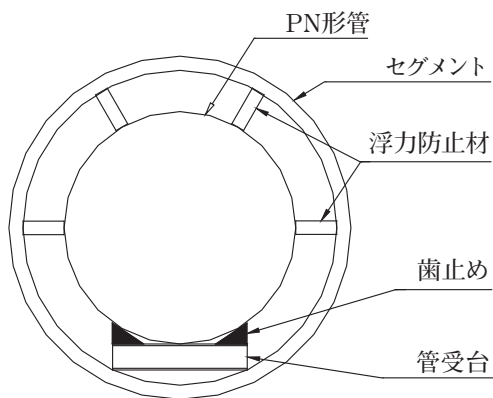


図73 管受台、浮力防止参考図

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

<https://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