



ダクタイル鉄管の
施工

Chapter 6

6-1

開削工法

6-1-1 施工手順

具体的な開削工法の施工手順の例を図表6-1-1-1に示す。

●図表6-1-1-1 開削工法の施工手順の例

施工計画の立案	設計図書、現場調査に基づき配管計画を立案する。
断水計画	断水による影響ができるだけ少ない断水計画を作成する。
事前調査	埋設物の確認、既設管の位置、管種、口径などの確認を行う。
掘削工	保安対策、土留め、排水、覆工、建設発生土、騒音など確認して行う。
埋設物の防護	ガス管、電力線、下水道管などの確認と防護を行う。
既設管の撤去	既設管の確認と撤去を行う。
資機材の運搬・保管	管材料は定められた段積みを行い、付属品などは屋内で保管する。
管の据付け	2点吊りを原則とし、吊り具による損傷が生じないようにする。
管の接合	接合形式ごとの接合要領書に従って接合を行う。
既設管連絡工	既設管の管厚の種類、特に管外径を確認して、適切な配管材料で連絡配管を行う。
水圧試験	管路水圧試験(呼び径800以下)、テストバンドを用いた継手部の水圧試験(呼び径900以上)を行う。
埋戻工	指定された埋戻土を使用し、数段に分けて埋め戻す。
仮舗装工	仮舗装を行い、埋戻土が安定するまで管理する。
舗装工	規定の期間を経過した後、本舗装を行う。

備考 最近では断水をできるだけ少なくするために仮設配管や不排水で分岐工事を行うことがある。

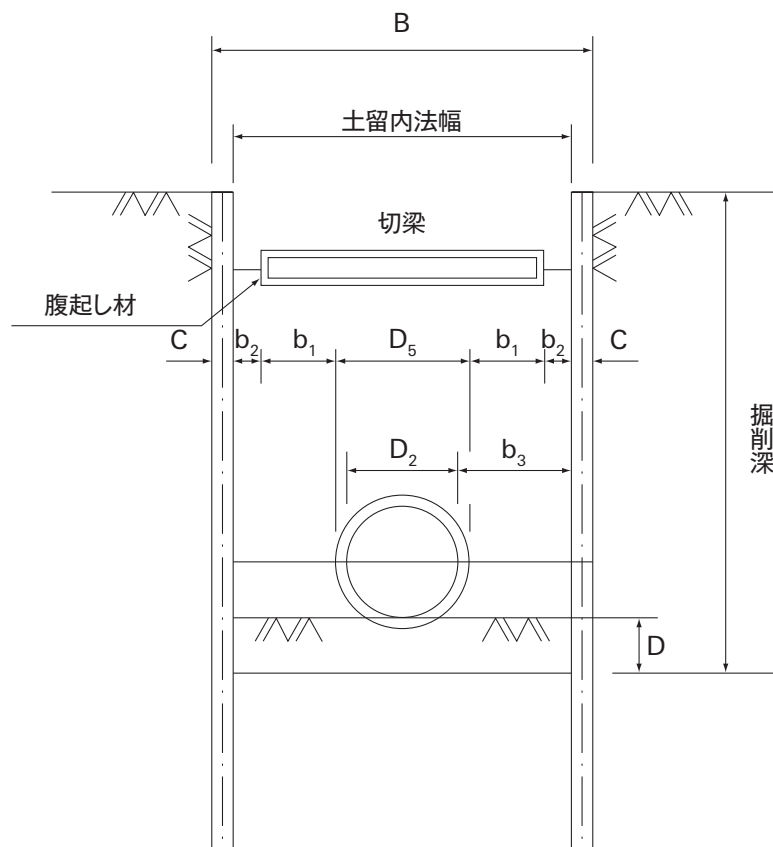
6-1-2 掘削断面

1 標準掘削断面

ダクタイル鉄管を開削工法で布設する場合の掘削断面は、下記事項を考慮して決定されるが、標準的な掘削断面は、『〈平成29年度改訂版〉水道事業実務必携』（全国簡易水道協議会）に掲載されている。

- ・ 管布設の周辺環境、土かぶりなど総合的に検討し、関係法令を遵守し、配管、接合作業が安全に作業できるスペースを確保する。
- ・ 掘削深度が1.5mを超える場合は、安全性を確保するために土留工を施す。
- ・ 会所掘り（継手部の接合作業のために下部を広く掘削すること）を必要とする箇所には、必要な掘削断面を確保すること。
- ・ 掘削幅Bは、土留内法幅に両側の矢板厚Cを加算した幅であり、吊込み時の土留内法幅 ($D_5 + 2 \times b_1 + 2 \times b_2$) と、接合時の土留内法幅 ($D_2 + 2 \times b_3$) より求めた大きい方を採用する。ただし、最小掘削幅Bは、 $55\text{cm} + \text{土留加算幅}(C + b_2) \times 2$ とする。

● 図表6-1-2-1 標準掘削断面図



『〈平成29年度改訂版〉水道事業実務必携』（全国簡易水道協議会）より

- ここに、 B : 掘削幅 (=土留内法幅+2×矢板厚C)
 D₂ : 管外径(直管部の外径)
 D₅ : 受口外径(管の最大外径)
 b₁ : 吊込み余裕代 (=50mm)
 b₂ : 腹起し材幅(図表6-1-2-2)
 b₃ : 接合作業幅(図表6-1-2-3)
 C : 矢板厚(図表6-1-2-4)
 D : 会所掘り深さ(図表6-1-2-5)
 L : 会所掘り管軸方向長さ(図表6-1-2-5)

●図表6-1-2-2 腹起し材幅b₂

(単位: mm)

土留矢板種別	普通地盤における標準部材幅(腹起し材幅)		
	木製支保	軽量金属	鋼製
木矢板	150	—	—
軽量鋼矢板	150	110	—
鋼矢板およびH鋼横かけ H=3.5m以下	—	—	200
鋼矢板およびH鋼横かけ H=4.0m以下	—	—	250
鋼矢板およびH鋼横かけ H=6.0m以下	—	—	300

〔平成29年度改訂版〕水道事業実務必携(全国簡易水道協議会)より

●図表6-1-2-3 接合作業幅b₃

継手の区分	摘要			接合作業幅(mm)	備考
	呼び径	ボルト径	トルク(N・m)		
外面継手 (T頭ボルト締付け) (トルク管理あり)	~75	M16	60	150	レンチ長
	100~250	M20	100	250	
	300~350	M20	100	250	
	400~600	M20	100	250	
	700~800	M24	140	350	
	900~	M30	200	450	
外面継手 (フッシュオン継手)	T形			100	余裕幅
	NS形			250	レバーホイスト (両側2カ所)
	NS形(E種管)	75~150		175	レバーホイスト
	GX形	75~300		175	レバーホイスト (上部1カ所)
		400		250	

継手の区分	摘 要				接合作業幅 (mm)	備 考
	呼び径	ボルト径	トルク (N・m)			
外面継手 (T頭ボルト締付け) メタルタッチ (トルク管理なし)	NS形 (E種管)	75	M16	—		175
		100・150	M20	—		
	GX形	75	M16	—		175
		100～300	M20	—		
	S50形	50	M10	—		150
内面継手	U形				100	余裕幅
内面継手 (セットボルト 締付け)	UF形・US形	800			350	レンチ長
		900～			450	

〔平成29年度改訂版〕水道事業実務必携〕(全国簡易水道協議会)より

●図表6-1-2-4 矢板厚C

(単位：mm)

矢板形式	部材厚(矢板厚)
木矢板 H=1.8m以下	30
木矢板 H=2.7m以下	45
軽量鋼矢板 建込み	35
軽量鋼矢板 打込み	35
鋼矢板 II型	100
鋼矢板 III型	125
H鋼横かけ H=1.5m以下	30
H鋼横かけ H=4.5m以下	45
H鋼横かけ H=6.0m以下	60

〔平成29年度改訂版〕水道事業実務必携〕(全国簡易水道協議会)より

●図表6-1-2-5 会所掘り(継手下の余掘り)の深さDおよび管軸方向長さL

(単位：mm)

呼び径	深さD	管軸方向長さL
～350	300	500
400～800	600	800

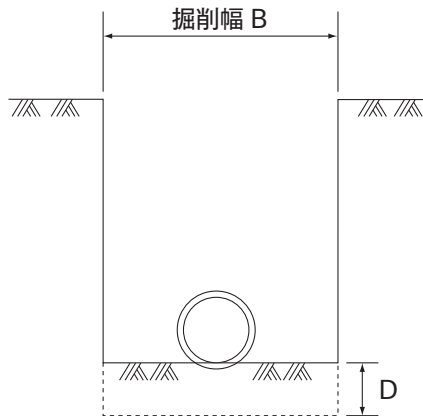
備考 会所掘りは図表6-1-2-6を参照のこと。

〔平成29年度改訂版〕水道事業実務必携〕(全国簡易水道協議会)より

2 掘削幅の計算例

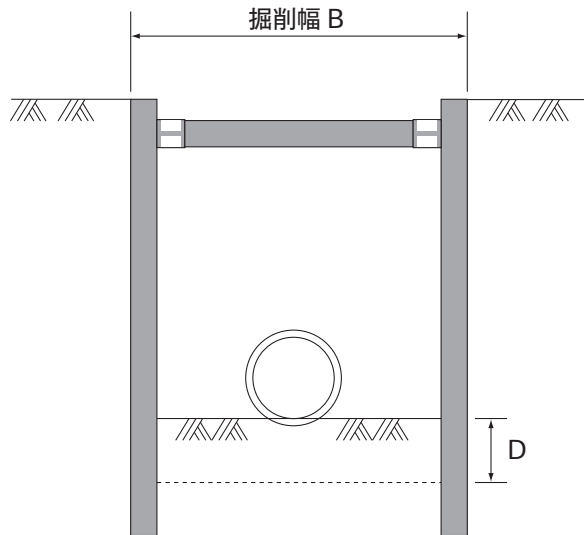
● 図表6-1-2-6 掘削断面例

素掘りの場合（掘削深さが1.5m以内）



会所掘りの管軸方向長さ：L

矢板掘りの場合（掘削深さが1.5mを超える場合）



会所掘りの管軸方向長さ：L

標準掘削断面寸法に用いる掘削幅の計算条件を図表6-1-2-7に示す。

● 図表6-1-2-7 掘削幅の計算条件

(単位：mm)

呼び径	矢板掘りの場合		素掘りの場合
	腹起し材幅 b_2 ^{注1}	矢板厚 C ^{注2}	
～350	110	35	接合幅 b_3 により算定。 ただし、最小掘削幅は 550とした。
400～1600	200	45	
1650～2100	250	45	
2200～2600	300	60	

注1 掘削深さより標準的な幅の腹起し材とした。

注2 呼び径350までは軽量鋼矢板、呼び径400～2100は鋼矢板およびH鋼横かけ（ $H=4.5\text{m}$ 以下）、呼び径2200～2600は鋼矢板およびH鋼横かけ（ $H=6.0\text{m}$ 以下）とした。備考 素掘りの掘削幅＝管外径 $D_2 + 2 \times$ 接合作業幅 b_3 （最小掘削幅550）矢板掘りの吊込み時の掘削幅 $B_1 =$ 受口外径 $D_5 + 2 \times$ （吊込み余裕幅 $b_1 +$ 腹起し材幅 $b_2 +$ 矢板厚 C ）接合作業時の掘削幅 $B_2 =$ 管外径 $D_2 + 2 \times$ （接合作業幅 $b_3 +$ 矢板厚 C ）、ただしUS形、UF形は、受口外径 $D_5 + 2 \times$ （接合作業幅 $b_3 +$ 矢板厚 C ）掘削幅 $B = B_1、B_2$ の大きい掘削幅

● 図表6-1-2-8 掘削幅の計算結果(素掘りの場合)

(単位: mm)

呼び径	GX形	S50形	NS形	NS形(E種管)	K形	T形
50	—	550	—	—	—	—
75	550	—	600	550	550	550
100	550	—	650	550	650	550
150	550	—	700	550	700	550
200	600	—	750	—	750	550
250	650	—	800	—	800	550
300	700	—	850	—	850	550
350	—	—	900	—	900	600

備考 呼び径400以上は掘削深さが1.5m以上になるので素掘りの表から省いた。

図表6-1-2-3接合作業幅 b_3 および管外径 D_2 より算出した。掘削幅は、1cm未満を切り捨て、5cm単位に切り上げ、丸め処理をした。

● 図表6-1-2-9 掘削幅の計算結果(矢板掘りの場合)

(単位: mm)

呼び径	GX形	S50形	NS形	NS形(E種管)	S形	US形・UF形	K形	T形	U形
50	—	850	—	—	—	—	—	—	—
75	850	—	850	850	—	—	850	850	—
100	850	—	850	850	—	—	850	850	—
150	850	—	850	850	—	—	850	850	—
200	850	—	850	—	—	—	850	850	—
250	850	—	850	—	—	—	850	850	—
300	850	—	900	—	—	—	900	850	—
350	—	—	950	—	—	—	950	850	—
400	1150	—	1150	—	—	—	1150	1100	—
450	—	—	1200	—	—	—	1200	1150	—
500	—	—	1300	—	—	—	1250	1200	—
600	—	—	1400	—	—	—	1400	1300	—
700	—	—	1550	—	—	—	1550	1450	—
800	—	—	1650	—	—	1800	1650	1550	1550
900	—	—	1950	—	—	2100	1950	1650	1650
1000	—	—	2050	—	—	2200	2050	1750	1750
1100	—	—	—	—	2150	2300	2150	1850	1850
1200	—	—	—	—	2250	2400	2250	1950	1950
1350	—	—	—	—	2400	2550	2400	2150	2150
1500	—	—	—	—	2550	2700	2550	2300	2300
1600	—	—	—	—	2650	2800	2650	2400	2400

(単位：mm)

呼び径	GX形	S50形	NS形	NS形 (E種管)	S形	US形・ UF形	K形	T形	U形
1650	—	—	—	—	2700	2850	2700	2550	2550
1800	—	—	—	—	2850	3000	2850	2700	2700
2000	—	—	—	—	3050	3200	3050	2900	2900
2100	—	—	—	—	3150	3350	3150	—	3000
2200	—	—	—	—	3300	3500	3350	—	3250
2400	—	—	—	—	3550	3650	3550	—	3450
2600	—	—	—	—	3700	3900	3750	—	3700

備考 受口外径 D_5 、吊込み余裕代 b_1 、図表6-1-2-2腹起し材幅 b_2 より算出した掘削内法幅と管外径 D_2 と図表6-1-2-3接合作業幅 b_3 より算出した掘削内法幅に図表6-1-2-4矢板厚 C を加算し、1cm未満を切り捨て、5cm単位に切り上げ、丸め処理をして、掘削幅を算出した。

6-1-3 事前調査

1 地盤調査

管布設工事では、土質や地下水の状況によって、施工方法、埋戻土の入替え条件、管基礎条件などが検討され決定される。従って、事前に土の性質や条件を調べることは、工事を計画し、実行していくための重要な事項である。

地盤調査方法の詳細は『道路土工—土質調査指針』(日本道路協会)に示されている。サンプリングによる室内試験と貫入試験(サウンディング試験)に大きく分けられるが、ここでは主な貫入試験方法を紹介する。

図表6-1-3-1の貫入試験方法の中で、一般的に最も広く実施されているのは標準貫入試験である。

標準貫入試験とは、ハンマ(63.5±0.5kg)を76±1cmの高さから落下させ、ボーリングロッド頭部に取り付けたノッキングヘッドを打撃し、レイモンドサンプラーを地中に貫入させる試験方法である。レイモンドサンプラーを最初の15cmほど予備打ちした後、30cm地中に貫入させるために要した打撃回数をN値といい、土の硬さ、強度などを知る上で重要な数値である。また、レイモンドサンプラーからそれぞれの深さにおける土を採取し、土の種類を分類することができる。詳細な試験方法は「JIS A 1219 標準貫入試験方法」に規定されている。

●図表6-1-3-1 貫入試験方法

種類	方法	特徴	備考
標準貫入試験 (JIS A 1219)	レイモンドサンプラーの打撃回数(N値)を測定する。	・N値が測定できる。 ・地下水位が確認できる。	・作業スペースが大きい(4m×5m程度)。 ・費用が高額である。
スウェーデン式 サウンディング試験	スクリューポイントの貫入に要する荷重と回転数を測定する。	・試験装置・試験方法が簡単で容易にできる。 ・N値に換算できる。	・礫、ガラなどは貫入困難となる。 ・調査深度は10m程度。
オートマチック・ラム・ サウンディング試験	コーンを地中に打ち込み打撃回数を測定する。	・標準貫入試験と比べて簡便である。 ・N値との相関性が良い。	・高低差の大きい現場での作業が困難。

2 地下水の調査

開削溝における地下水の影響は大きい。地下水は掘削床の強度を低下させ、土留壁にボイリング、パイピングなどの問題を引き起こしたり、施工に影響を与えたりするため、地下水の事前調査は重要な意味を持つ。また、標準貫入試験により地下水位が確認でき、サンプリングした土の粒度分布を知ることができる。

3 現場周辺状況の調査

工事現場の周辺状況の把握も工事前には重要となる。主な調査項目を以下に示す。

- ・ 家屋、井戸などの状況
- ・ 公共設備(バス停、その他)の状況
- ・ 道路、鉄道などの規模、交通量
- ・ 地形(法面、傾斜、河川、水路、その他)の状況
- ・ 使用機材搬入路の確保
- ・ 作業スペースの確保
- ・ 埋設管(上水道、下水道、ガス管、電力・通信ケーブル、その他)の状況
- ・ 地下構造物(マンホール、弁室、アンカーブロック、擁壁、その他)の状況
- ・ 地上構造物(電柱、架空線、その他)の状況

4 埋設物（埋設管・地下構造物）の調査

埋設物の調査は、以下の手順で行う。

- ①マンホール、弁室の位置から埋設物の位置、方向を想定
- ②個々の埋設物の所轄管理者から竣工図面などの情報入手、現地との照合
- ③埋設管探知器による調査
- ④試験掘削
- ⑤調査結果の図面化、工事影響範囲、作業性の検討

5 試験掘削（試掘）

試掘の目的は、簡易的な土質調査（目視による判断）、既知埋設物の確認、未知埋設物の調査などである。調査する項目の例を以下に示す。

- ・埋設管の管種（用途）、口径、規格、接合形式、製造年、定尺長さ、位置、方向、高さ、勾配、土かぶり、管基礎、埋戻状況
- ・地下構造物の位置、大きさ（各部寸法）、基礎などの状況
また、試掘の際は以下の点に留意する。
- ・事前に得た情報、調査項目の内容より試掘計画を立てる。
- ・所轄管理者に対して必ず届出を行い、立会いの下に試掘する。
- ・埋設管については、管路の方向、勾配を確認するために数箇所試掘する。
- ・試掘は原則として手掘りで行う。
- ・交差点部や管路交差点部は複数箇所試掘する。

6-1-4 掘削工

掘削前には、埋設物の有無、位置および形状寸法を関係図面、試掘などにより調査確認し、防護方法などを関係者と事前に協議する。

1 土留め

土留めは、地盤や施工環境を考慮し、振動および騒音により周辺の住民へ迷惑が

かからない工法を選択する。矢板打込みの場合は、埋設物に損傷を与えないよう確認しながら打ち込み、切梁・腹起しを適切に設置する。

2 掘削

機械掘削の場合は、特に埋設物に注意して掘削をする。また、掘削床は掘り過ぎによって、将来、管の不同沈下を起こさないよう注意し、床付けは人力により凹凸のないように仕上げる。

掘削中、多量の湧水がある場合は水替え用の釜場(50cm四方程度の小さなくぼみ)を設け、ポンプなどにより水替えをし、掘削床の地下湧水の排水が十分できるよう、根切りなどをして常に床地盤を乱すことのないよう留意する。

3 埋設物の防護

埋設物を防護するときは、その埋設物の管理者と協議し、関連法規を遵守して処置をする。なお、防護工をする場合は、所定の強度を持った角材または鋼材を桁として金具で吊るか、埋戻しなどで沈下する恐れがある場合は、適切な基礎工または支保工をする必要がある。なお、防護を取り外すときは、安全を確かめてから行う。

① 留意点

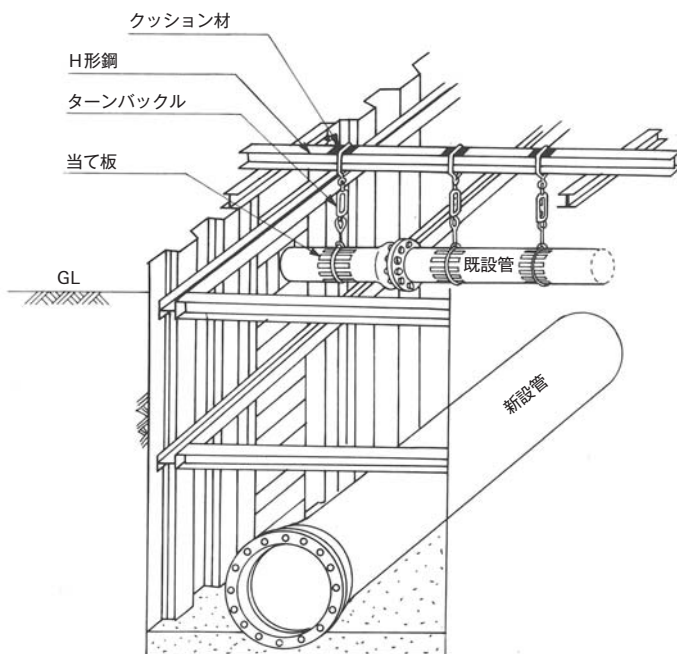
埋設物に近接して新設管を布設する場合、所轄管理者と十分な協議、検討を行い、それらの埋設物を安全に防護しなければならない。吊り防護の対象物には、上水道管、工業用水道管、下水道管、ガス管、電力・通信ケーブル管、その他がある。管の吊り防護の留意点は以下の通りである。

- ・ 管防護の計画を立て、所轄管理者の承認・許可を得る。
- ・ 管防護・器具(ワイヤロープ、ボルト・ナット、ターンバックル、H形鋼、I形鋼)などは、十分強度のあるものを使用する。
- ・ 長い距離の既設管を防護する場合は、振れ防止も併せて考慮する。
- ・ 防護金具が管に直接接する場所には、クッション材として当て板、ゴム板などを施し、振動、衝撃などが直接伝わらないようにする。
- ・ 深い掘削の場合、土留壁背面の緩み影響線を考え、既設管の防護は、その影響範囲まで防護する。

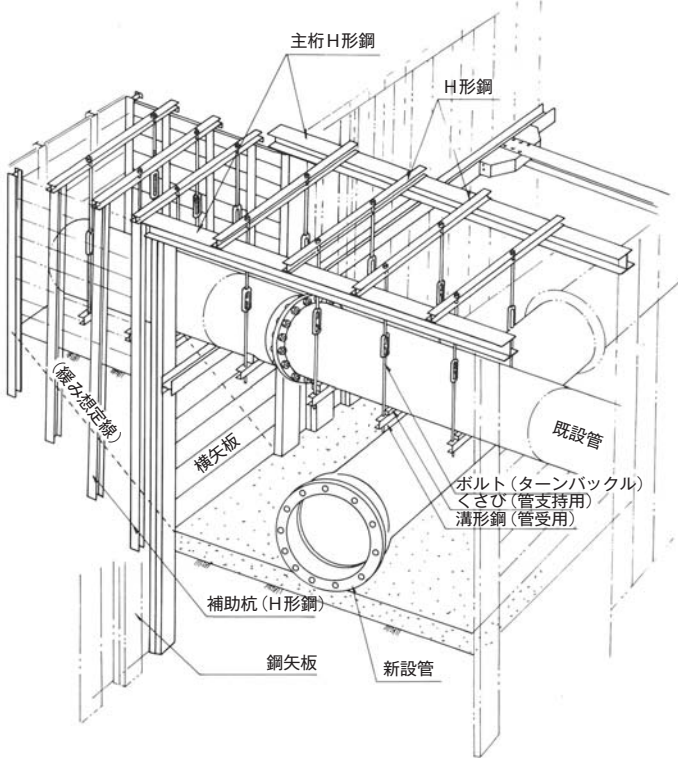
- ・ 定期的にワイヤロープの緩みなどを点検する。

② 吊り防護の施工例

- 図表6-1-4-1 小口径水道管の場合（呼び径300以下）

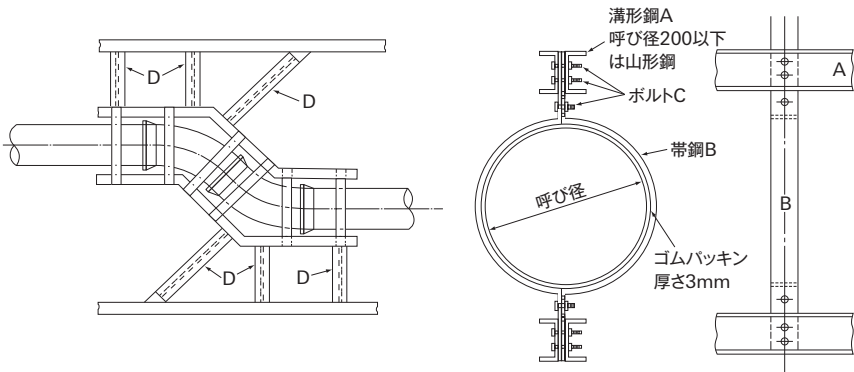


● 図表6-1-4-2 中大口径水道管の場合(呼び径400~1200)



● 図表6-1-4-3 吊り防護の使用材料(例)

曲管部防護図(単位: mm)



呼び径	拔出し力(トン)	A材	B材	C材(帯鋼1カ所当たり)
100	0.5	L-65×65×6	P-4.5×50	ボルト呼び径16×4
150	1.0	L-65×65×6	P-4.5×50	ボルト呼び径16×4
200	1.9	L-65×65×6	P-4.5×50	ボルト呼び径16×4
300	4.3	[-6×125×65	P-6.0×70	ボルト呼び径16×6
400	7.7	[-6×125×65	P-6.0×70	ボルト呼び径16×6
500	12.0	[-6×125×65	P-6.0×70	ボルト呼び径16×6
600	17.3	[-9×150×75	P-9.0×100	ボルト呼び径19×6
700	23.4	[-9×150×75	P-9.0×100	ボルト呼び径19×6
800	30.5	[-9×150×75	P-9.0×100	ボルト呼び径19×6
900	38.9	[-10×200×90	P-9.0×100	ボルト呼び径22×8
1000	48.0	[-10×200×90	P-9.0×100	ボルト呼び径22×8
1100	58.5	[-10×200×90	P-9.0×100	ボルト呼び径22×8
1200	69.4	[-11×250×90	P-12.0×100	ボルト呼び径22×10
1350	87.5	[-11×250×90	P-12.0×100	ボルト呼び径22×10
1500	108.0	[-11×250×90	P-12.0×100	ボルト呼び径22×10

備考 本図は45°曲管の防護方法である。他の角度も本図に準じるものとするが、所轄管理者の承認・許可を得ること。

ソケット継手の場合、漏水防止金具を事前に取り付けること。
D材については、拔出し力に対して十分耐える材料であること。
Lは山形鋼、[-は溝形鋼、Pは平鋼を示す。

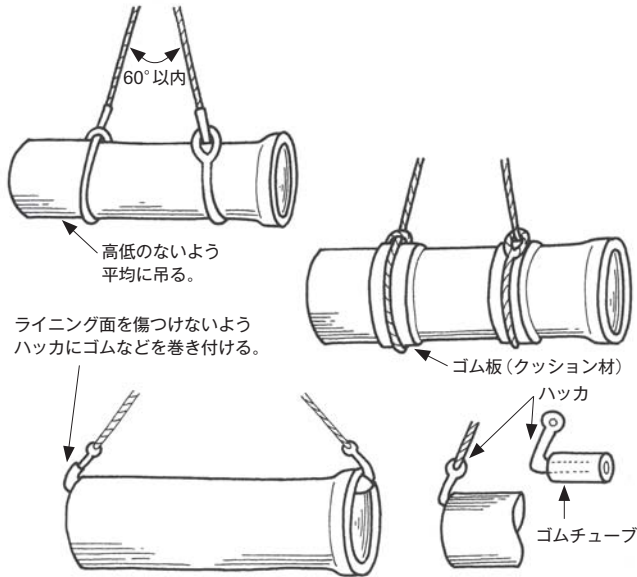
〔東京都土木工事標準仕様書〕(東京都)より

6-1-5 管の取扱いと保管

1 管の吊り方

管の取扱いについては、管の変形、内外面塗装の損傷、モルタルライニングの亀裂や剥離などを生じさせないように慎重に、かつ丁寧に取り扱う。一般にはナイロンスリングによる2点吊りを原則とし、管の重心の位置に注意するとともに、吊り具が内外面塗装を傷つけないように、クッション材(ゴム板など)を使用する。また、吊り具は管の質量に合った適正なものを使用する。

● 図表6-1-5-1 管の吊り方

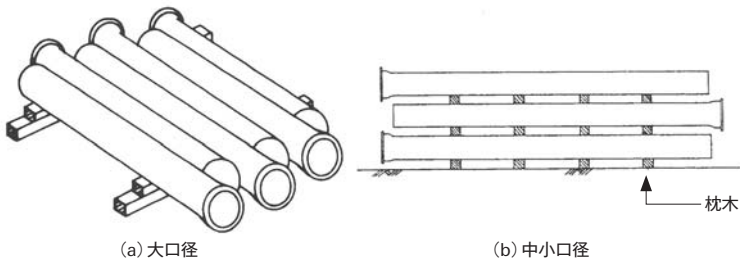


2 保管方法

保管中の事故防止のため、管の並べ方は図表6-1-5-2に従い、歯止め、防護柵などを設置する。

- ・ 管の下には枕木を敷く。
- ・ 受口と挿し口を交互にして積み、受口部で隣の管を傷つけないようにする。
- ・ 両端には必ず歯止めをする。

● 図表6-1-5-2 保管時の管の並べ方



3 接合部品の取扱いの留意事項

●図表6-1-5-3 接合部品の取扱いの留意事項

種 類	取扱いの留意事項
ゴム輪	・ 空気中の酸素、オゾン、紫外線、熱などで劣化が生じるので、屋内（冷暗所が望ましい）に保管する。
	・ 梱包ケースから取り出した後はできるだけ早く使用する。
	・ 未使用品は、必ず梱包ケースに戻して保管する。
	・ 曲げたり、ねじったままでの保管は避ける。
ボルト・ナット	・ 油、溶剤などが付着しないよう注意して使用する。
	・ 開包後、直接地上に置くことは避け、所定の容器に入れて持ち運ぶ。
	・ 放り投げたりせず（ねじ山、塗装の損傷防止）、丁寧に取扱う。
押輪・ロックリングなど	・ ステンレス製の場合は、焼付き防止剤が塗布されていることがあるので洗い流さない。
	・ 直接地上に置かず台木上に並べて保管する。
	・ 呼び径500以上は、水平に積んで保管するのが望ましい。ただし、安全上あまり高く積まない。

●図表6-1-5-4 ゴム輪の保存方法

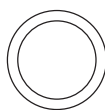
短期間の場合

小口径用

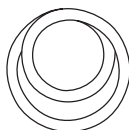


不可

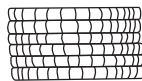
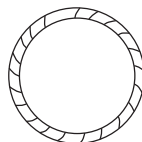
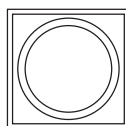
大口径用



可



長期間の場合

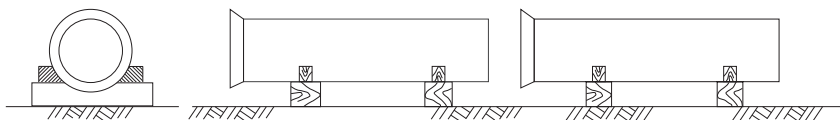


4 置場での配列方法

現場が狭く、作業の支障や交通の妨害となる場合などについては、掘削の進行に伴い必要量を置場より運搬配列する。

- ・ 受口を同じ方向に向けて配列する。
- ・ 枕木の上に置き、歯止めをする。
- ・ 管内に異物が入り込まないようにふたをして、入った場合は取り除く。

●図表6-1-5-5 ダクタイル鉄管の配列方法

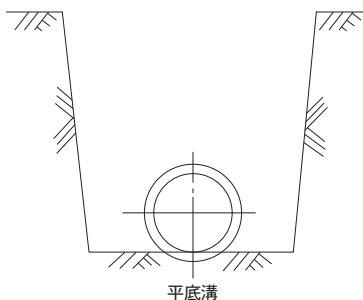


6-1-6 基礎

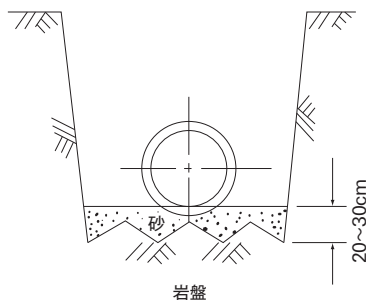
1 普通地盤の場合

一般的には平底溝とし、溝底面は平坦にならし、よく締固めを行い、管、水重、土圧、上載荷重などを安定して支持できる床を造る。

●図表6-1-6-1 普通地盤の場合の基礎



●図表6-1-6-2 岩盤の場合の基礎



2 軟弱地盤の場合

沖積層などの軟弱な地盤では、管の据付けが困難となるばかりか、将来管路の不同沈下を起こす恐れがある。従って、軟弱地盤での基礎はこの点を考慮する。

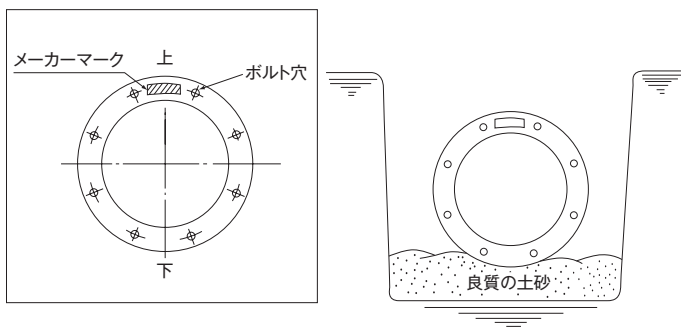
- ・ 通常、軟弱層が浅い場合の基礎は歩いて沈まない程度に良質の土砂で置き換えるか、土木シートなどを併用した基礎とする。
- ・ 軟弱層が深い場合、または配管工事のための重機が入れないような非常に軟弱な地盤では、薬液注入工法、サンドドレーン工法などにより地盤改良を行い、地盤強化を図ることが望ましい。
- ・ 施工に当たっては、湧水などの排水を完全に行い、水位を掘削床以下に保ち、基礎地盤を乱さないよう施工する。

6-1-7 配管

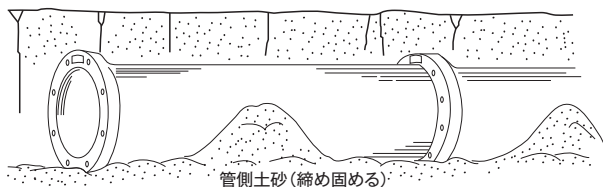
配管(吊込み、据付け)に当たっては以下を注意して行う。

- ・ 管の据付けに当たっては、管内を十分に清掃し、異物などがいないことを確認した上でメーカーマーク(製造業者名またはその略号)を管頂にして据え付ける。
- ・ 水準器、形板、水糸などを使用して管の中心位置および高低を確認すると同時に、管が移動しないように管底、管側を良質の土砂で締め固めるか、または角材などで管をしっかり固定する。
- ・ 軟弱地盤での据付けには管重および埋戻し時の土圧による不同沈下を防ぐためにワイヤロープとチェンブロックを使用して管を吊る。なお、ワイヤロープは埋戻土が十分締め固まったことを確認した後に切断または取り外す。
- ・ 配管中、既設埋設物と交差または近接する場合は、埋設物の影響を避けるため、少なくとも30cm以上離して配管する。

●図表6-1-7-1 メーカーマークを管頂にして据え付ける

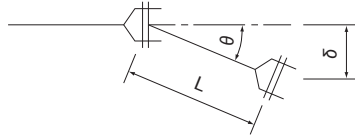


●図表6-1-7-2 管底、管側を良質の土砂で締め固める



- 直管による曲げ配管は、継手の伸縮量が減少することになるので、原則として避け、屈曲部は曲管を使用することが望ましい。施工上、やむを得ず曲げ配管を必要とする場合は、許容曲げ角度以内で、かつ複数の継手に分割して曲げ配管を行う。

● 図表6-1-7-3 許容曲げ角度の例



$$\delta = L \cdot \sin\theta$$

L:有効長

呼び径50～450

呼び径	有効長 (m)	GX形		S50形		NS形		NS形(E種管)			
		許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)		
50	4	—	—	4° 00′	28	—	—	—	—		
75	4	4° 00′	28	—	—	4° 00′	28	4° 00′	28		
100	4										
100	5	—	—			—	—	4° 00′	35		
150	5	4° 00′	35			—	—	4° 00′	35	—	—
200	5										
250	5										
300	6	4° 00′	42			—	—	3° 00′	31	—	—
350	6	—	—								
400	6	4° 00′	42								
450	6	—	—								

呼び径500～2600

呼び径	有効長 (m)	NS形		S形		US形																		
		許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)																	
500	6	3° 20′	35	—	—	—	—																	
600	6	2° 50′	29																					
700	6	2° 30′	26																					
800	4	2° 10′	—			—	—	2° 10′	15															
	6		22						22															
900	4	2° 00′	—					—	—	2° 00′	14													
	6		21								21													
1000	4	1° 50′	—							—	—	1° 50′	13											
	6		19										19											
1100	4	—	—									1° 40′	—	1° 40′	12									
	6			17	17																			
1200	4			—	—							—		—	1° 30′	10								
	6															15	15							
1350	4					—	—									—	—	1° 30′	10					
	6																		15	15				
1500	4							—	—									—	—	1° 30′	10			
	6																				15	15		
1600	4									—	—				—					—	1° 10′	8		
	5																					13	10	
1650	4	—	—										—								—	1° 05′	7	
	5																						13	9
1800	4			—	—							1° 30′		—								1° 00′	7	
	5																						13	9
2000	4					—	—									1° 30′	—						1° 00′	7
	5																							13
2100	4							—	—									1° 30′	—				1° 00′	7
	5																							13
2200	4									—	—				1° 30′					—		1° 00′	7	
	5																						13	9
2400	4	—	—										1° 30′								—	1° 00′	7	
	5																						—	9
2600	4			—	—							1° 30′		—								1° 00′	7	
	5																						—	9

6-1-8 接合

接合形式によって接合方法が異なるため、ここでは代表的な接合形式を例に直管の接合方法の概略を示す。管の接合および解体、切管、チェックシートなどの詳細は日本ダクタイル鉄管協会が発行する接合形式別の接合要領書を参照のこと。

なお、共通する接合の留意事項を以下に示す。

- ・ 接合に従事する作業者は、作業着手に当たって接合形式、構造、接合部品および接合の要点を熟知しておく。
- ・ 接合要領書に基づいて接合を行い、接合結果をチェックシートに記録する。
- ・ ゴム輪の表示マークを確認し、向きや表裏を間違えないように使用する。
- ・ 受口および挿し口を入念に清掃し、異物があれば確実に除去する。
- ・ 受口、挿し口、ゴム輪の所定の範囲にダクタイル鉄管継手用滑剤を十分に塗布する。

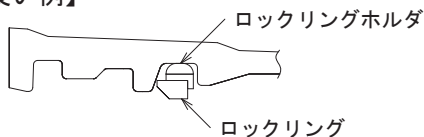
1 GX形直管 呼び径75～300・400

① ロックリングおよびロックリングホルダの確認

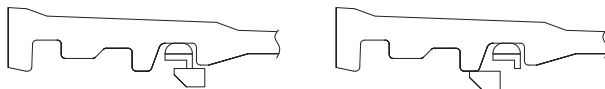
ロックリングおよびロックリングホルダが、正常な状態で所定の受口溝内にあるか目視および手で触って確認する。

● 図表6-1-8-1 ロックリングおよびロックリングホルダのセット例

【良い例】



【悪い例】

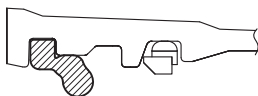


② ゴム輪のセット

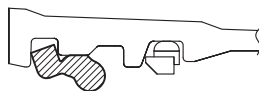
ゴム輪を清掃し受口内面にセットする。

●図表6-1-8-2 ゴム輪のセット例

【良い例】



【悪い例】

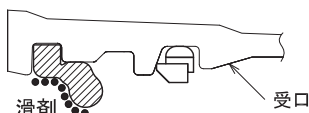
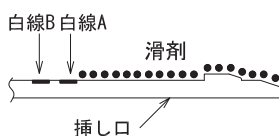


③ 滑剤の塗布

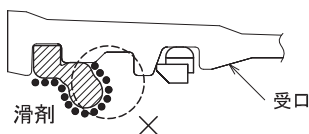
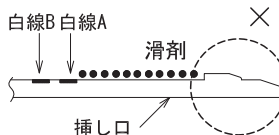
ダクティル鉄管継手用滑剤を図表6-1-8-3に示すようにむらなく塗布する。挿し口への塗布が不十分な場合やゴム輪の奥に滑剤が付着した場合、ゴム輪がずれ漏水の原因となる恐れがある。

●図表6-1-8-3 滑剤塗布範囲

【良い例】



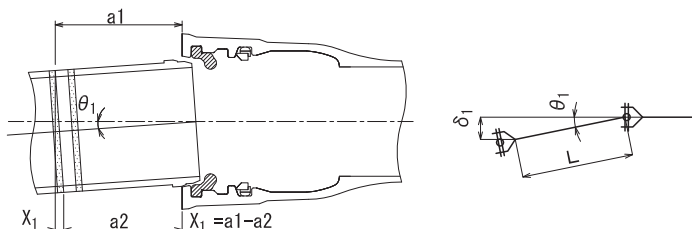
【悪い例】



④ 挿し口の預入れ

曲げ挿入ができる 2° 以内の角度で挿し口を受口に預ける。

●図表6-1-8-4 曲げ挿入できる角度 θ_1 と偏位 δ_1



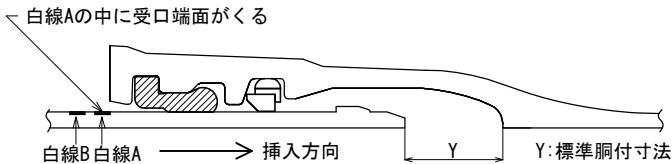
呼び径	曲げ挿入できる角度 θ_1	寸法の差 X_1 (mm) ^{注1}	管1本あたりに許容される偏位 δ_1 (cm)
75	2°	3	14 (4m管)
100	2°	4	14 (4m管)
150	2°	6	17 (5m管)
200	2°	8	17 (5m管)
250	2°	9	17 (5m管)
300	2°	11	21 (6m管)
400	2°	15	21 (6m管)

注1 X_1 は挿し口外径基準の計算値。

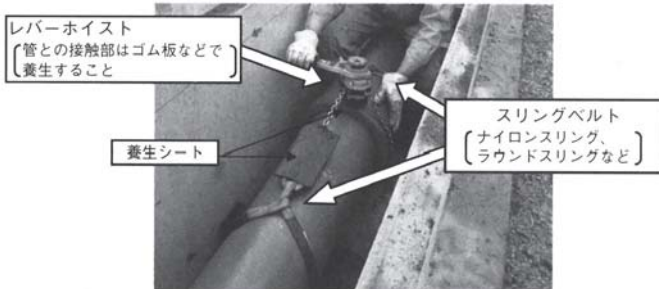
5 挿し口の挿入

接合器具をセットし、ゆっくりと挿し口を受口に挿入する。挿し口外面に表示してある2本の白線のうち白線Aの幅の中に受口端面を合わせる。

●図表6-1-8-5 挿入状態



●図表6-1-8-6 挿入状況

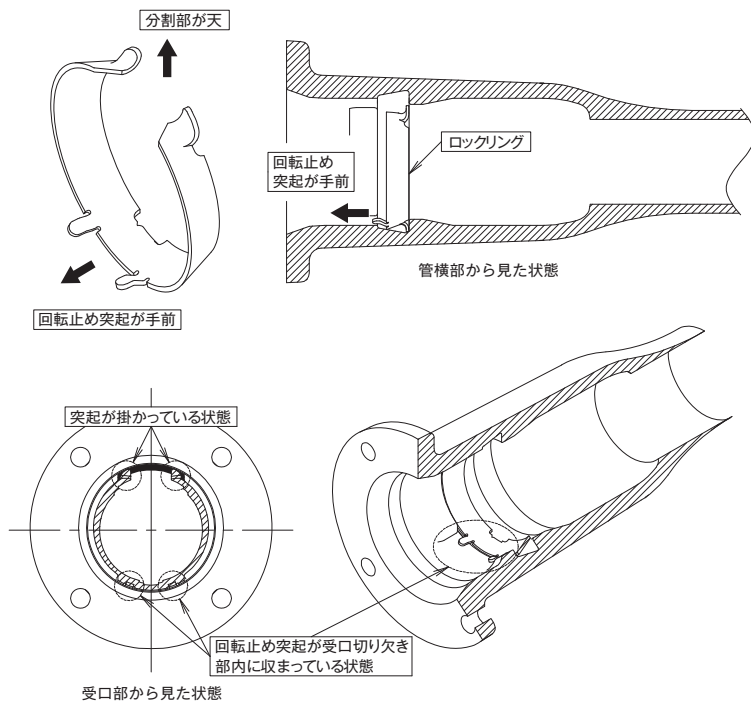


2 S50形直管 呼び径50

① ロックリングの確認

所定の受口溝にロックリングが図表6-1-8-7に示すように正常な状態にあるか、目視および手で触って確認する。

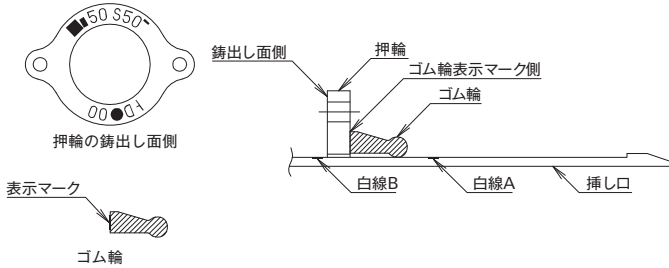
●図表6-1-8-7 ロックリングのセット方向と正常なセット位置



② 接合部品の預入れ

押輪およびゴム輪を清掃し、押輪、ゴム輪の順で図表6-1-8-8に示す向きおよび位置に預け入れる。

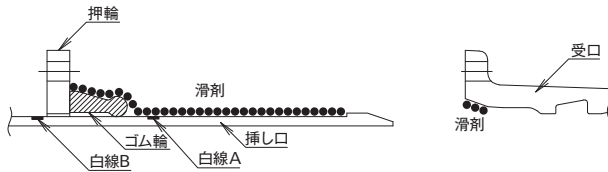
● 図表6-1-8-8 接合部品の預入れ位置



③ 滑剤の塗布

ダクタイトル鉄管継手用滑剤を図表6-1-8-9に示すようにむらなく塗布する。

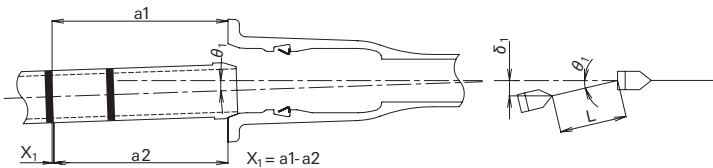
● 図表6-1-8-9 滑剤の塗布範囲



④ 挿し口の挿入

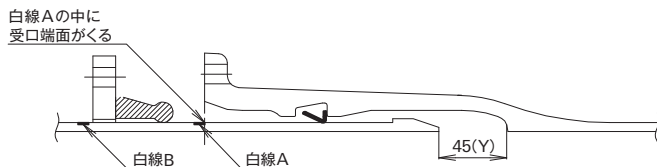
曲げ挿入できる 2° 以内の角度で挿入する。挿し口突部がロックリングを通過したら、確認のため挿し口を軽く引き抜き、継手が離脱しないことを確認し、図表6-1-8-11に示すように、白線Aの幅の中に受口端面を合わせる。

● 図表6-1-8-10 曲げ挿入できる角度(θ_1)と変位(δ_1)



曲げ挿入できる角度 θ_1	寸法の差 X_1 (mm)	管1本当たりに許容される偏位 δ_1 (cm)
2°	2	14

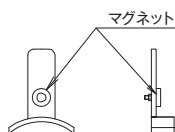
●図表6-1-8-11 挿入状態



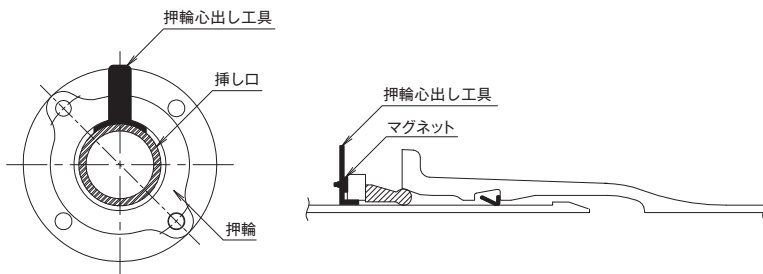
⑤ 接合部品のセット

ゴム輪を受口側へ寄せT頭ボルト・ナットを受口フランジおよび押輪のボルト穴にセットし、押輪心出し工具(図表6-1-8-12)のマグネット面を押輪に取り付ける(図表6-1-8-13)。

●図表6-1-8-12 押輪心出し工具



●図表6-1-8-13 押輪心出し工具の取付け



⑥ T頭ボルト・ナットの締め付け

受口と押輪の間隔がほぼ全周にわたって均一になるように注意しながら、ナットを少しずつ電動工具(インパクトレンチ)などで締め付ける。押輪と受口が接触するまで締め付け、押輪心出し工具を取り外す。

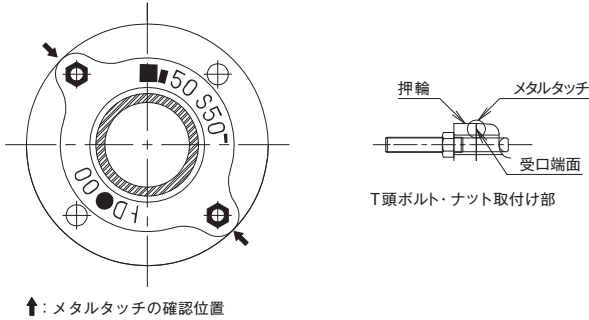
⑦ 接合状態の確認

図表6-1-8-14に示すように、T頭ボルト・ナット取付け部2カ所の押輪と受

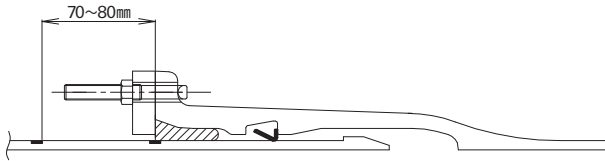
口端面に隙間がないことを、隙間ゲージ(厚さ0.5mm)で確認する。

また、図表6-1-8-15に示すように、受口端面から白線Bまでの間隔を上下左右の4カ所で測定し、70~80mmであることを確認する。

●図表6-1-8-14 締付け完了の状態



●図表6-1-8-15 受口端面から白線Bまでの間隔

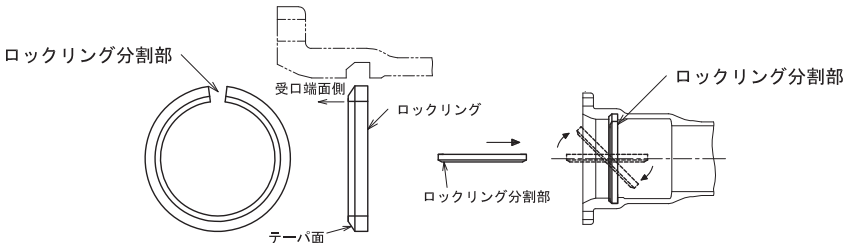


3 NS形直管 呼び径500~1000

① ロックリングのセット

ロックリングをテーパ面が受口端面側となるように受口にセットする。

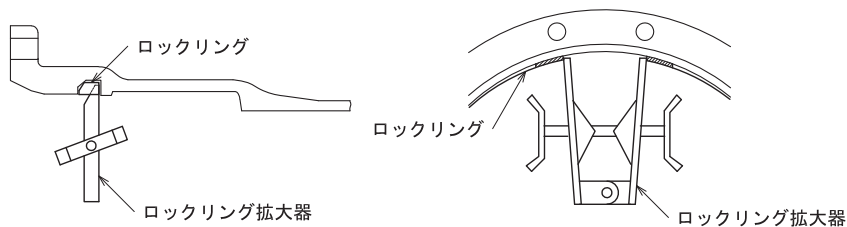
●図表6-1-8-16 ロックリングの受口へのセット



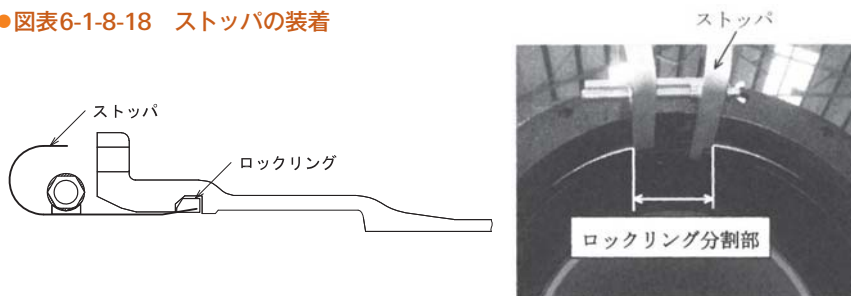
② ロックリングの拡大

ロックリング拡大器を用いてロックリングの分割部を拡大する。拡大したロックリング分割部にストッパを装着し、ロックリング拡大器を取り外す。

●図表6-1-8-17 ロックリング拡大器の装着



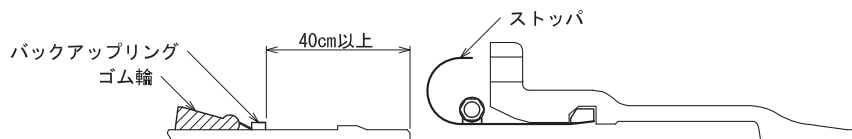
●図表6-1-8-18 ストッパの装着



③ ゴム輪の預入れ

ゴム輪およびバックアップリングを清掃して挿し口に預け入れる。

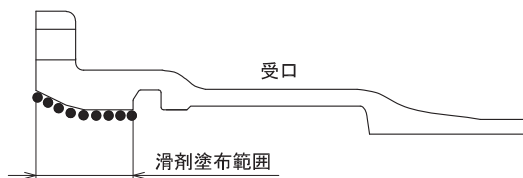
●図表6-1-8-19 接合部品のセット位置



④ 滑剤の塗布

受口内面にダクタイル鉄管継手用滑剤を塗布する。

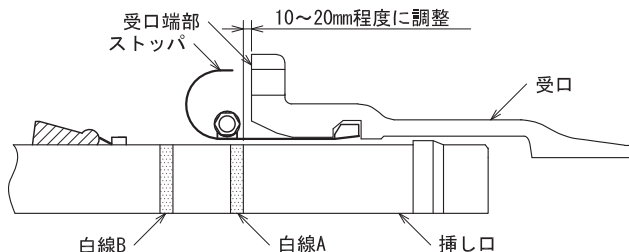
●図表6-1-8-20 滑剤塗布範囲



⑤ 挿し口の挿入とロックリングの位置確認

受口端面と白線Aとの間隔が10～20mm程度になるようにゆっくりと挿入し、ストップを引き抜く。管をクレーンなどで吊った状態で挿し口もしくは受口を大きく上下左右前後に振り、継手が離脱しないことを確認する。

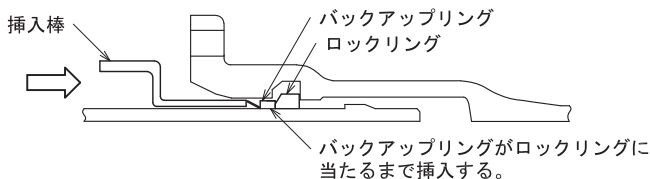
●図表6-1-8-21 挿し口の挿入



⑥ バックアップリングの挿入

管を心出しし、バックアップリングがロックリングに全周にわたって当たるまで挿入棒を使って受口と挿し口の隙間に挿入する。

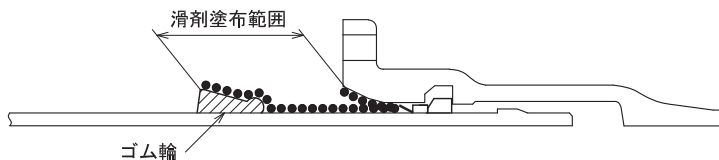
●図表6-1-8-22 バックアップリングの挿入



⑦ 滑剤の塗布

ゴム輪外面、挿し口外面および受口内面にダクタイトル鉄管継手用滑剤を塗布する。受口、挿し口の隙間を上下左右で均等に保ちながらゴム輪を押し込む。

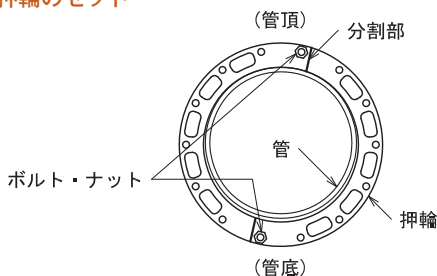
●図表6-1-8-23 滑剤塗布範囲



⑧ 押輪のセット

押輪の分割部を上下に配置し、分割部のボルト穴にボルトを通し、ナットを手締めして押輪を一体化する。その後、全てのボルト・ナットを受口のフランジ穴および押輪のボルト穴にセットする。セット完了後、くさびを用いて押輪を心出しし、全てのボルト・ナットを手締めする。

●図表6-1-8-24 押輪のセット



⑨ 締付け

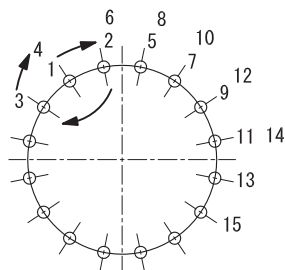
1) 仮締付け

受口と押輪の間隔が全周にわたって均一になるように注意しながら、ほぼ対称の位置にあるナットを少しずつラチェットレンチ、スパナなどで締め付ける。

2) 追い締付け

- ①ある程度ナットが締まったらトルクレンチにより図表6-1-8-25に示す手順により追い締付けで1周、標準締付けトルク(図表6-1-8-26)まで締め付ける。
- ②最初に締め付けたナットが手で回る場合には、1のナットおよび2のナットのみ再度、標準締付けトルクで締め付ける。

●図表6-1-8-25 追い締付け方法



● 図表6-1-8-26 ボルトの呼びと標準締め付けトルク

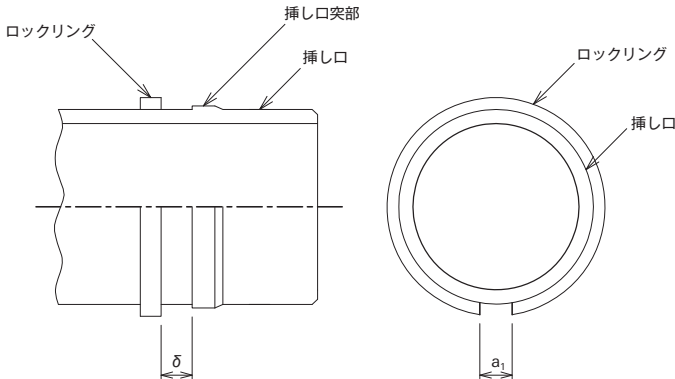
呼び径	呼 び	標準締め付けトルク (N・m)
500・600	M20	100
700・800	M24	140
900・1000	M30	200

4 US形直管 呼び径800～2600

US形は、LS方式、VT方式、SB方式があるが、LS方式について以下に示す。

① ロックリングのセット

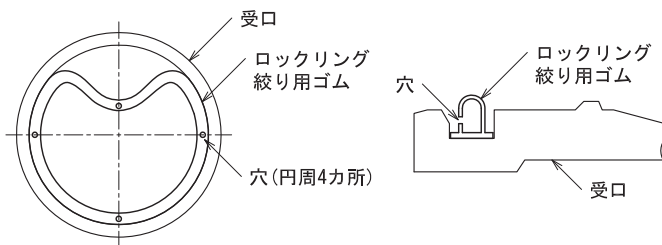
ロックリングを清掃し、挿し口突部から図表6-1-8-27に示す δ だけ離れた位置に、ロックリング分割部が管底にくるようにして預け、ロックリング全周が挿し口に抱き付いた状態でロックリング分割部間隔 a_1 を測定する。

● 図表6-1-8-27 ロックリング分割部間隔 a_1 の測定位置

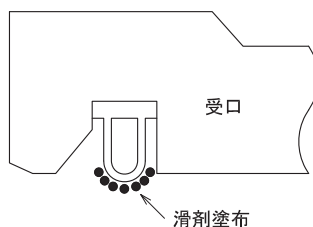
呼び径	δ (mm)	呼び径	δ (mm)
800	55	1650	55
900	55	1800	55
1000	60	2000	60
1100	60	2100	65
1200	60	2200	70
1350	70	2400	80
1500	75	2600	80
1600	55		

受口溝内にロックリング絞り用ゴムをねじれないようにセットする(呼び径800~1000は不要)。ロックリング絞り用ゴムの表面にダクタイト鉄管継手用滑剤を塗布する。

●図表6-1-8-28 ロックリング絞り用ゴムのセット方法(呼び径1100以上)

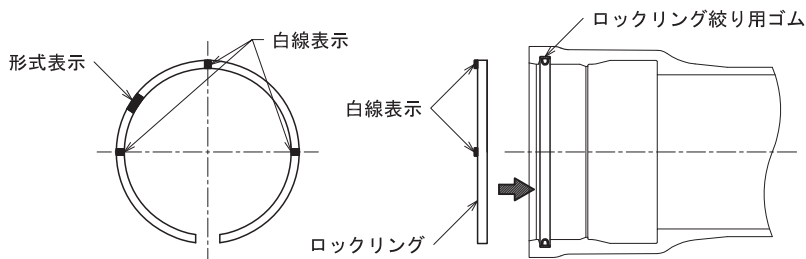


●図表6-1-8-29 ロックリング絞り用ゴムへの滑剤の塗布



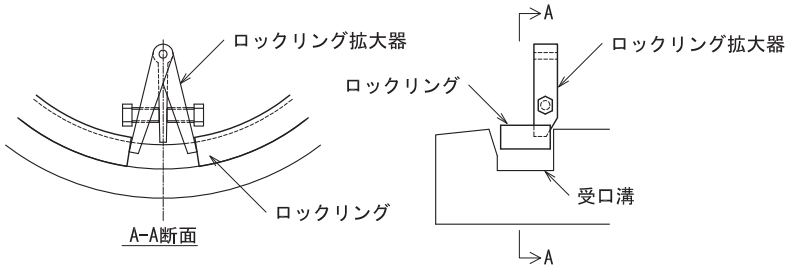
ロックリングを受口溝内にセットする。

●図表6-1-8-30 ロックリングのセットの向き

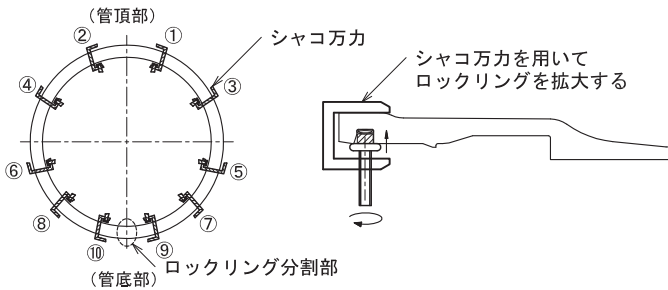


ロックリング分割部をロックリングが全周にわたって受口溝内に収まるまで拡大し、ストッパを装着する。呼び径800~1000はロックリング拡大器、呼び径1100以上はシャコ万力を用いてロックリング分割部を拡大する。

● 図表6-1-8-31 ロックリングの受口溝内へのセット (呼び径800~1000)

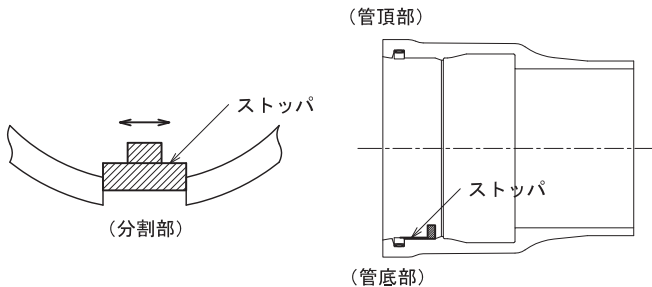


● 図表6-1-8-32 ロックリングの受口溝内へのセット (呼び径1100以上)



番号はシャコ万力の締付け順番例を示す。

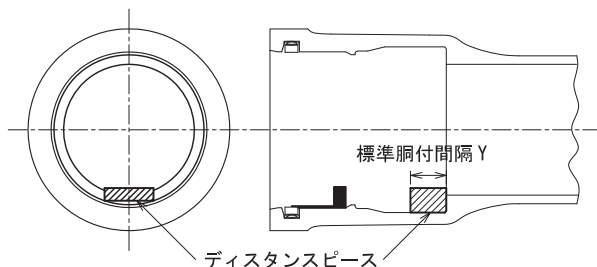
● 図表6-1-8-33 ストップの装着



② 挿し口の挿入

受口内面奥に図表6-1-8-34の標準胴付間隔Yに相当する幅のディスタンスピース (木製または金属製) を設置する。

●図表6-1-8-34 ディスタンスピースの設置

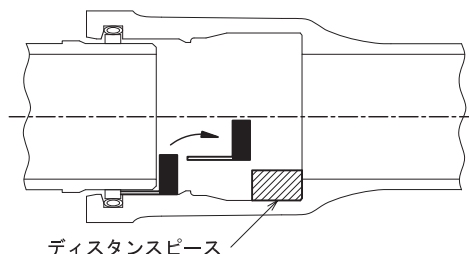


●図表6-1-8-35 標準胴付間隔 Y

呼び径	標準胴付間隔 Y (mm)
800~1500	105
1600~2400	115
2600	130

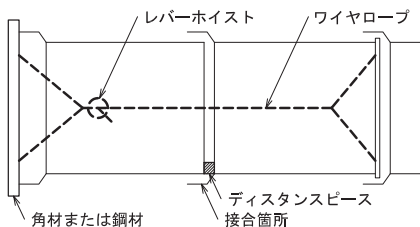
受口に挿し口を挿入する。挿し口端部がストップの突部付近にくるまで挿入した後、受口から挿し口が離脱しないように注意しながら、接合する管の両端を管の内側からレバーブロックやワイヤを使って固定する。ストップを外すと、ロックリングは挿し口に抱き付く。

●図表6-1-8-36 挿入途中の状況

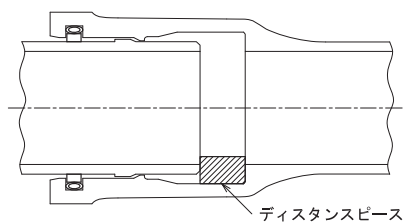


挿し口端部がディスタンスピースに当たるまで、管内側からレバーホイストなどを用いて管を引き込む。引き込み後、ロックリング分割部間隔を測定し、ロックリングが挿し口に十分抱き付いていることを確認する。

●図表6-1-8-37 管内側から挿し口の引込み



●図表6-1-8-38 挿入完了状況



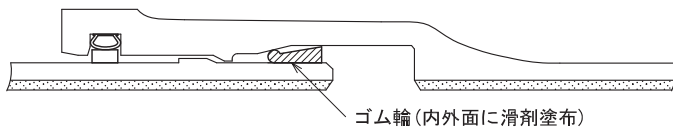
③ 滑剤の塗布

挿し口端部から挿し口突部までの挿し口外面および受口内面のゴム輪がセットされる部分にダクタイル鉄管継手用滑剤を塗布する。

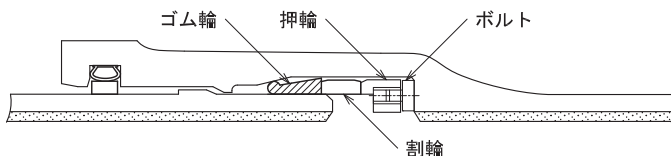
④ ゴム輪、割輪、押輪のセット

ゴム輪を清掃後、滑剤を塗布して挿し口に預け、指先でできるだけ受口の奥まで押し入れる。その後、割輪(3つ割り)、押輪(4つ割り)をセットし組み立てる。

●図表6-1-8-39 ゴム輪のセット



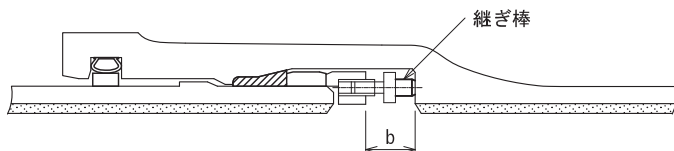
●図表6-1-8-40 ゴム輪、割輪、押輪の位置



⑤ ボルトの締付け

押輪のボルトをねじ出し、ゴム輪を押し込む。継ぎ棒をセットしさらに押し込んでいく。ねじ出し間隔が上下左右均等になるように注意しながら、締付け完了時のb寸法が図表6-1-8-42に示す値になるまで全ボルトをねじ出す。ただし、締付けトルクが非常に大きくなってそまでのねじ出しが困難な場合は、所定の締付けトルクに達した時点で完了とする。

●図表6-1-8-41 ボルトの締付け



●図表6-1-8-42 締付け完了時のb寸法と締付けトルク

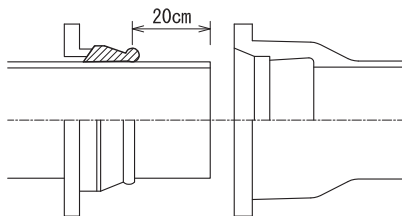
呼び径	締付け完了時のb寸法 (mm)	締付けトルク (N・m)
800～1500	57～60	120
1600～2400	67～70	140
2600	77～80	

5 K形

① 接合部品の預入れ

接合部品(押輪、ゴム輪)を清掃し、挿し口に預け入れる。ゴム輪の向きを逆に入れないように注意する。

●図表6-1-8-43 接合部品の預入れ



② 滑剤の塗布

ダクタイトル鉄管継手用滑剤をゴム輪表面、受口ゴム輪当たり面、挿し口外面の端面から白線までの範囲にむらなく塗布する。

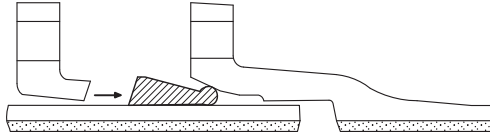
③ 挿し口の挿入

受口に挿し口を挿入する。呼び径700以下の管には挿し口に白線が2本表示されているので、1本目を受口端面に合わせる。

4 ゴム輪のセット

受口、挿し口の隙間を上下左右均等に保ちながらゴム輪を押し込む。

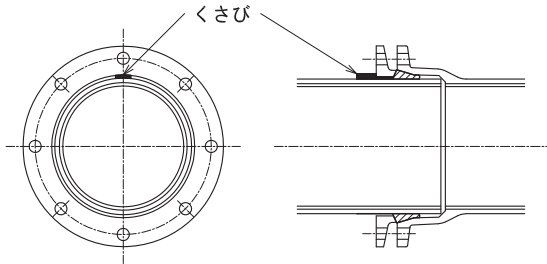
●図表6-1-8-44 ゴム輪のセット



5 押輪のセット

ラチェットレンチの柄などを利用して管と押輪のボルト穴を合わせ、押輪の下にくさびを入れて押輪を持ち上げ、管と同心円とする。

●図表6-1-8-45 押輪のセット



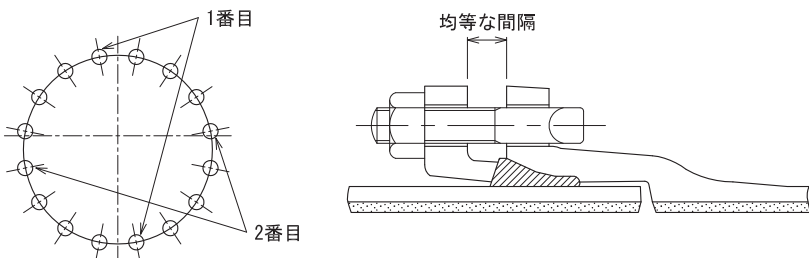
6 ボルト・ナットの取付け

ボルトをボルト穴に差し込み、ナットを軽く締める。

7 締め付け

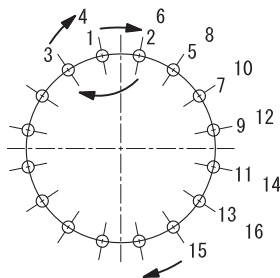
スパナまたはラチェットレンチでゴム輪の入込みの少ない箇所から締め付け、片締めにならないよう上下左右少しずつ均等に締める(仮締め付け)。

●図表6-1-8-46 仮締め付け



ある程度締まったら、図表6-1-8-47に示す手順で5、6回にわたって締め付ける（追い締め付け）。最後にトルクレンチで追い締め付けと同様の手順で標準締め付けトルクまで締め付ける。

●図表6-1-8-47 追い締め付け



●図表6-1-8-48 標準締め付けトルク

呼び径	ボルトの呼び	標準締め付けトルク (N・m)
75	M16	60
100～600	M20	100
700・800	M24	140
900～2600	M30	200

6-1-9 切管の方法

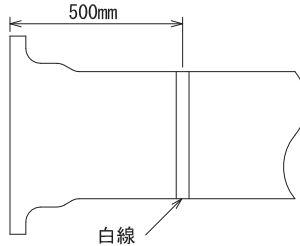
1 切用管

●図表6-1-9-1 呼び径別切用管の適否

呼び径	切用管の適否
250以下	すべて切用管となる。
300以上	切用管を使用する（切用管は受口側に白線が表示されている）。または切断部の外径および外周を実測し、接合要領書に示す許容範囲内に入っている管を使用する。

備考 異形管は切管してはならない。

●図表6-1-9-2 切用管の白線表示位置(呼び径300以上)



2 現地挿し口加工

●図表6-1-9-3 現地挿し口加工の呼び径と適用管厚(溝切り加工を行う場合)

接合形式	適用呼び径	適用管厚
GX形(挿し口リング使用時)	75~300・400	1種管またはPF種管
NS形	75~450	
S形 ^{注1}	1100~1600	
US形 ^{注1}	800~1800	
NS形	500~1000	S種管
UF形	800~2600	PF種管

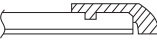
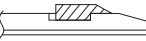




注1 該当しない呼び径は現地での挿し口加工は行えない。

3 切管時の挿し口加工形状

接合形式によって、切断、溝切り加工、テーパ加工、突部形成など挿し口加工形状が異なる。

●図表6-1-9-4 切管時の挿し口加工形状

接合形式	呼び径	挿し口加工形状 ^{注1}	切断	溝切り加工	テーパ加工	突部形成
S50形	50	面取り	○	—	—	—
GX形	75~300	面取り (P・G-Link)	○	—	—	—
	75~250	挿し口リング(1)	○	○	—	○
	300・400	挿し口リング(2)	○	○	—	○

接合形式	呼び径	挿し口加工形状 ^{注1}	切 断	溝切り加工	テーパ加工	突部形成
NS形	75～450	タッピン ねじタイプ 	○	○	—	○
		リベット タイプ 	○	○	○	○
	500～1000	リベット タイプ	○	○	—	○
S形	1100～1600	挿し口 リング 	○	○	—	○
US形	800～1800		○	○	—	○
UF形	800～2600	溝切り 	○	○	—	—
K形	75～2600	面取り 	○	—	—	—
U形	800～2000		○	—	—	—
T形	75～2600	テーパ 加工 	○	—	○	—

注1 挿し口リングの名称は便覧に準じた。

ダクトイル鉄管の現場での切断および溝切り加工については、種々の機械が市販されているので、それぞれの機械の特徴を踏まえ、用途に合った使い分けをする。

4 切管時の端面の防食方法

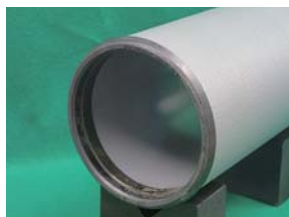
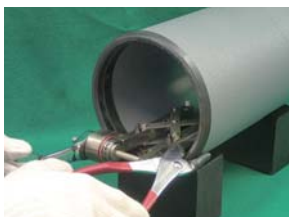
切り口の鉄部はダクトイル鉄管切管鉄部用塗料で塗装する。GX形には端面防食キャップ(呼び径75～300)、切管端面防食材料(呼び径75～250)もある。

●図表6-1-9-5 切管端面の防食方法

切管鉄部用塗料



切管端面防食材料



端面防食キャップ



5 内面エポキシ樹脂粉体塗装の補修

管を現場内で運搬するときあるいは切管作業時に内面エポキシ樹脂粉体塗装が損傷した場合は現地で補修して使用する。補修の概要は以下の通りである。

① 補修塗料

1) 切管鉄部用塗料(一液性エポキシ樹脂)

切管部の補修およびエポキシ樹脂粉体塗装の端部の補修は専用の切管鉄部用塗料(常温硬化型の一液性エポキシ樹脂)を使用する。

●図表6-1-9-6 切管鉄部用塗料の硬化乾燥時間

温度(℃)	硬化乾燥時間(分)
10	30
20	15
30	15

2) 内面補修塗料(二液性エポキシ樹脂)

管内部の内面エポキシ樹脂粉体塗装を損傷した場合は専用の内面補修塗料(常温硬化型の二液性エポキシ樹脂)を使用する。

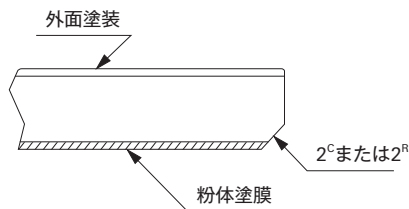
●図表6-1-9-7 内面補修塗料の硬化乾燥時間

温度 (°C)	硬化乾燥時間 (分)
10	16
20	8
30	6

② 切管部の補修方法

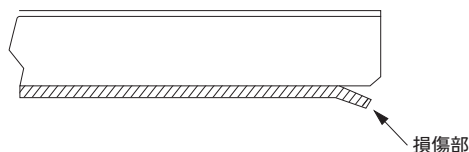
①切り口端面(内面側)を 2^C または 2^R の面取りを行う。

●図表6-1-9-8 切り口端面の面取り



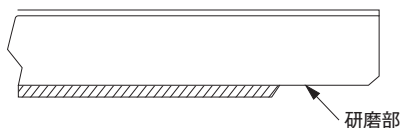
②エポキシ樹脂粉体塗装の塗膜に損傷部があればその部分を除去する。

●図表6-1-9-9 損傷部の除去



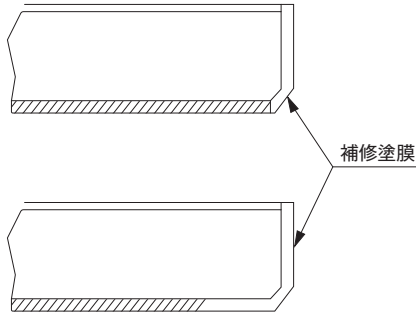
③損傷部が大きい場合には塗装面と損傷部の金属面をグラインダおよびサンドペーパー(#160程度)で研磨する。

●図表6-1-9-10 損傷部の研磨



④切管鉄部用塗料を刷毛で均一かつ平滑に塗装する。一回塗りで所定の膜厚が得られない場合は塗装間隔を守って同様の方法で塗り重ねを行う。外面塗装の上への塗装はできるだけ避けるようにする。

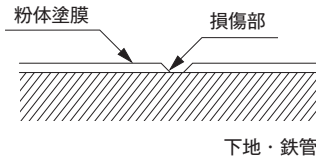
● 図表6-1-9-11 切管鉄部用塗料の塗布



③ 管内部の補修方法

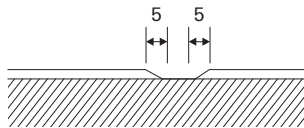
① 損傷した塗膜を除去する。

● 図表6-1-9-12 損傷した塗膜の除去



② 損傷部周辺 (約5mm) の塗膜面と損傷部の金属面をグラインダおよびサンドペーパー (#160程度) で研磨する。

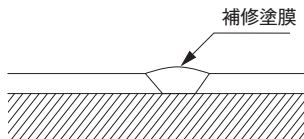
● 図表6-1-9-13 塗膜面と損傷部の研磨



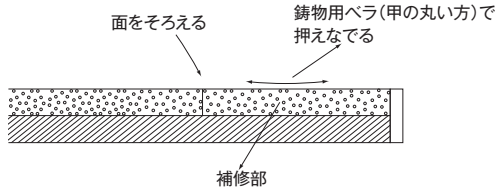
③ 内面補修塗料を所定の配合比で混合し、十分攪拌する。

④ 内面補修塗料を刷毛で均一かつ平滑に塗装する。一回塗りで所定の膜厚が得られない場合は塗装間隔を守って同様の方法で塗り重ねを行う。

● 図表6-1-9-14 内面補修塗料の塗布

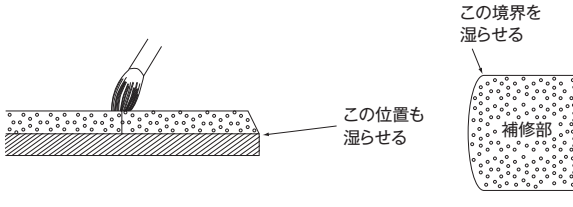


●図表6-1-9-17 平滑にする方法



⑥仕上げ後、補修境界部を水でぬらした刷毛で湿らせる。

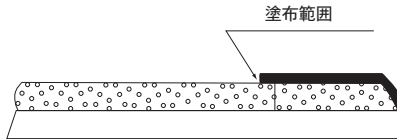
●図表6-1-9-18 補修境界部を湿らせる方法



⑦補修部の養生を行う。補修部が急激に乾燥しないようウエスで表面と端面に覆いをする。

⑧養生後、速やかにシールコート塗布する。

●図表6-1-9-19 シールコートの塗布範囲



補修用の材料は、JWWA A 113-2015の「附属書C」に定められている。また、エポキシ樹脂モルタルで補修する方法もある。

6-1-10 ポリエチレンスリーブの施工

1 施工方法

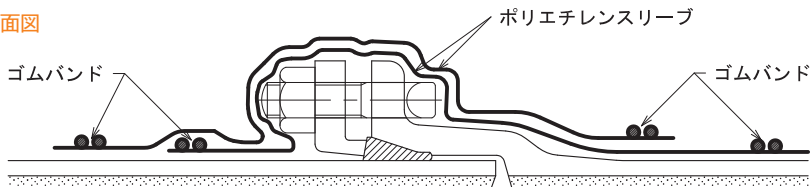
ポリエチレンスリーブの施工は、日本ダクタイル鉄管協会が発行する施工要領書に基づいて行う。

施工方法としては、下記の2通りがあるが、A法が一般的である。

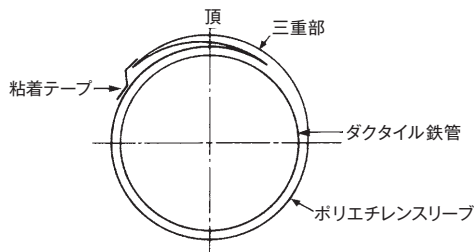
- ・ A法：ポリエチレンスリーブ全長を一体として管に被覆する方法
 - ・ B法：ポリエチレンスリーブを2つに切り、直管部と継手部に分けて被覆する方法
- また、T字管など枝管を有する異形管や弁類などはポリエチレンスリーブを適当に切断または切り開いて被覆し粘着テープで固定する。

●図表6-1-10-1 継手部の被覆状況(A法)

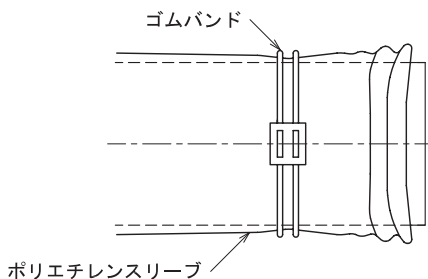
側面図



断面図



●図表6-1-10-2 直管部の被覆および固定方法(A法)



2 施工の留意点

- ・ 継手部ではポリエチレンスリーブを十分にたるませ、埋戻しに際してポリエチレンスリーブが損傷しないよう配慮する。
- ・ ポリエチレンスリーブを管に密着させ、ゴムバンドや粘着テープで固定し、ポリエチレンスリーブと管との間へ地下水ができるだけ浸入しないようにする。仮に

地下水が入っても移動しにくいようにしておく。

- ・ポリエチレンスリーブに損傷、または使用上有害な欠陥が生じた場合は、別のポリエチレンスリーブを用いて補修する。
- ・埋戻しは、ポリエチレンスリーブに損傷を与えないように、大きな石などを含まない良質の埋戻土を用いて行う。

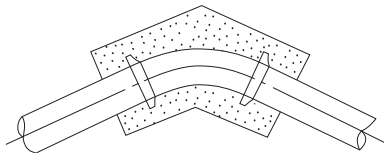
6-1-11 防護コンクリートの施工

水圧による不平均力による管の動きを防止するために、防護コンクリートを施工する場合には次の点に注意する。

- ・コンクリートは、指定された強度のコンクリートを使用する。
- ・ポリエチレンスリーブがある場合には端部を10cm程度巻き込んで打設する。
- ・コンクリート強度が不足する場合には鉄筋を使用する。
- ・コンクリートの背面の土質が軟弱で、受働土圧が期待しにくい場合には、埋戻土を砂で入れ替えたりして受働土圧を増大させる。

設計に関する詳細は「5-4-4 防護コンクリートによる異形管防護」を参照のこと。

●図表6-1-11-1 防護コンクリートの形状(水平曲管の事例)



『水道施設設計指針 2012』(日本水道協会)より(改変)

6-1-12 通水(水張り)および洗管

通水(水張り)および洗管は、以下の点に留意して行う。また、『水道維持管理指針 2016』(日本水道協会)の「8.5.6 管の洗浄及び消毒、夾雑物の排除」を参照のこと。

- ・通水に当たっては、短時間に多量の空気を排出することになるため、事前に空気弁をよく点検する。
- ・空気弁のない小口径管路では、比較的高所にある消火栓で排気を行う。

- ・バルブは徐々に開く。大口径バルブでは、まずバイパス弁を開いて通水する。
- ・通水作業中は必ず管路をパトロールし、異常の有無、排気状態を確認しながら通水する。
- ・洗管に当たっては、小口径管路では消火栓や管末端に取り付けた排水口を通じて、また、大口径管路では排水管を通じて少なくとも1m/秒以上の流速で排水する。
- ・短時間に多量の水が流出するので、排水場所の容量、放流河川の水質への影響などを事前によく調査検討し、必要であれば対策を講じる。
- ・洗管排水終了後、原則として配水管の消毒を行う。薬品としては、液体塩素、さらし粉、次亜塩素酸ナトリウムなどがあるが、作業性や安全性などの面から次亜塩素酸ナトリウムが多く使用されている。

6-1-13 水圧試験

ダクタイル鉄管の継手は、ゴム輪を用いるため接合後に漏水することは極めて少ないが、正規に接合されているかの確認のために接合後に水圧試験を行う。ダクタイル鉄管の水圧試験には図表6-1-13-1に示すように大きく2つの方法がある。

●図表6-1-13-1 ダクタイル鉄管の水圧試験方法

種 類	適 用	特徴および注意事項
管路水圧試験 ^{注1}	主としてテストバンドが挿入できない中小口径に適用される。	管路が全て配管されてからでない水圧試験ができない。呼び径が大きくなると、充水用の水や排水先の確保が難しくなる。水圧の代わりに空気圧で行うと管が吹き飛ばされる可能性があり、決して行ってはならない。
テストバンドによる水圧試験	呼び径900以上に適用される。	接合後すぐに継手部1口ずつの水圧試験ができる。

注1 管路内の空気を十分に排出しておく必要がある。

1 管路水圧試験

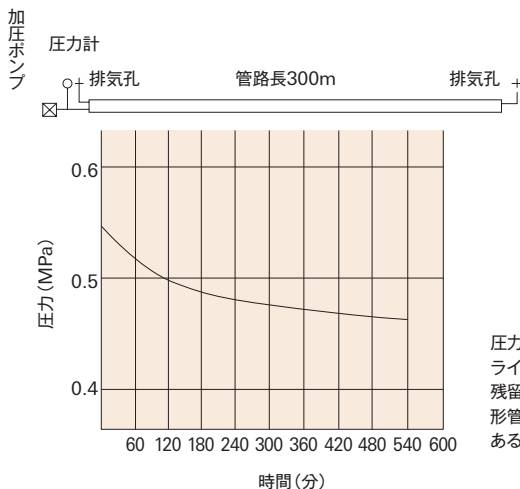
管路水圧試験の手順および留意点を以下に示す。

- ・試験実施区間はバルブ、フランジ蓋、栓などで仕切るとともに空気弁などで十分排気できる構造とする。
- ・管路は水圧によって移動することがあるので、充水に先立ってある程度以上の埋

戻しをしておく必要がある。また、防護コンクリートの養生が完了し、設計強度が期待できるようになってから実施する。

- ・ 充水は、原則として管路の布設位置の低い方から行う。この際、急激に充水すると管路内の空気圧で思わぬ事故を招くこともあるので、排気状態を確認しながら流量調整を行う。
- ・ 空気弁の通常の働きでは多量の空気を排出できない場合がある。この場合、空気弁の上ぶたを外して、フロートを棒で押さえて空気の排出を助ける。
- ・ 管路内の残留空気を排除するために、充水後も一昼夜程度経過してから行う。
- ・ 試験水圧、保持時間および許容圧力低下量は、管路の使用水圧、管厚の種類、継手構造、管路延長、付属設備の状況および施工条件などを考慮して適切な数値を設定する。
- ・ 水圧を所定時間保持させ、この間、管路の異常および圧力変化を記録する。一般に管路の水圧試験の場合、その圧力は、モルタルライニングへの水の浸透、残留空気の溶存・溶解および異形管部の微移動などの要因により、管路に漏水がなくても初期圧力から30%程度低下することもある(図表6-1-13-2)。
- ・ 所定時間経過後、管路に異常がなく、また急激な圧力低下が生じなければ合格とする。管路水圧試験や工事終点部には栓または帽による栓止め、もしくはバルブを設置して栓止めをする場合がある。静水圧が0.75MPa以上の場合、呼び径1600以上の

● 図表6-1-13-2 管路水圧試験時の時間と圧力低下例



圧力低下要因は、①モルタルライニングへの水の浸透、②残留空気の溶存・溶解、③異形管部の微移動、④その他である。

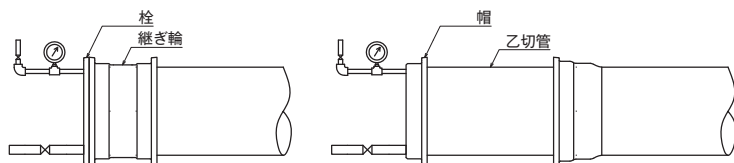
〔ダクタイル鉄管管路のてびき JDP A T26〕(日本ダクタイル鉄管協会)より

場合にはフランジ蓋による栓止めを行う。なお、管路の閉鎖部に栓を用いている場合、水圧試験後に管内の空気抜きを行わないで栓を取り外し、加圧時に圧縮された空気により大事故を起こした例がある。従って、栓を取り外すときは、栓に取り付けている空気抜きバルブを全開にし、完全に空気抜きを行ってからボルト・ナットを緩め、栓を取り外す。

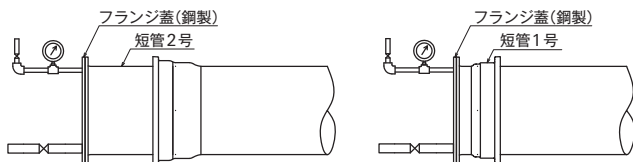
管路水圧試験における管端部の防護方法と留意点を以下に示す。

- ・ 工事終点部の栓止め、バルブ止めの場合には防護をすること。配水本管などの場合には図表6-1-13-6を参照のこと。
- ・ 配水小管などの場合にも、栓止め、バルブ止めに必要な防護を行うこと。防護方法としては、栓の手前に一体化長さを設け、防護コンクリートを打設する方法もあるが、仮設であり、本管と同様に鋼材や木材などで継手部が移動しないように防護を行う必要がある。防護コンクリートの大きさは、不平均力に対して背面の受働土圧で抵抗するものとし、安全率は1.5以上とする。

●図表6-1-13-3 栓または帽による栓止め



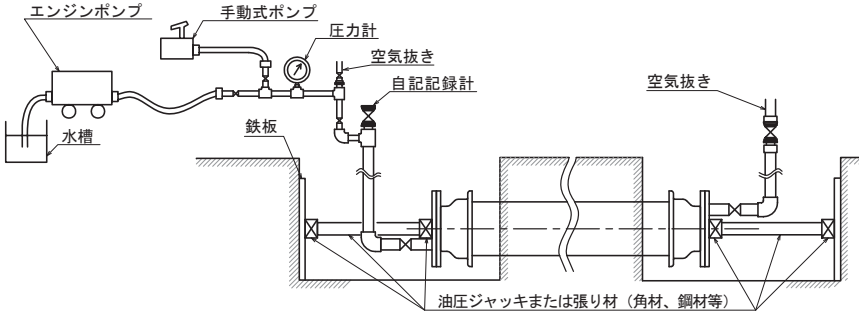
●図表6-1-13-4 フランジ蓋による栓止め



●図表6-1-13-5 栓および帽の種類

接合形式	呼び径	栓および帽
K形	75～1500	栓
T形	75～250	栓
GX形	75～300・400	帽
NS形	75～450	帽
	500～1000	栓

●図表6-1-13-6 水圧試験設備の配管例



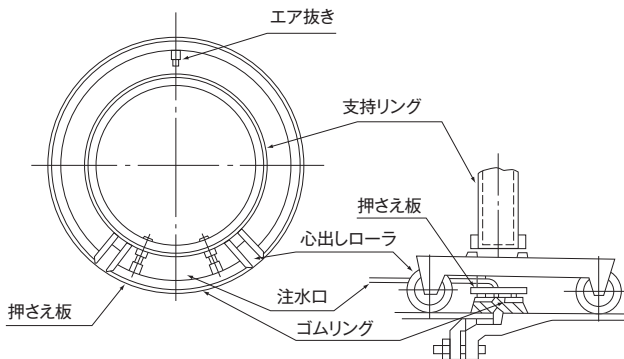
2 テストバンドによる水圧試験 (呼び径900以上)

大口径管路については、充水・排水および工区内の管路構造上の制約から、管路水圧試験の実施が困難となる場合が多い。従って、管内部からテストバンド(図表6-1-13-7)を用い、継手部のみ水圧を負荷して施工の不備がないかを確認する。

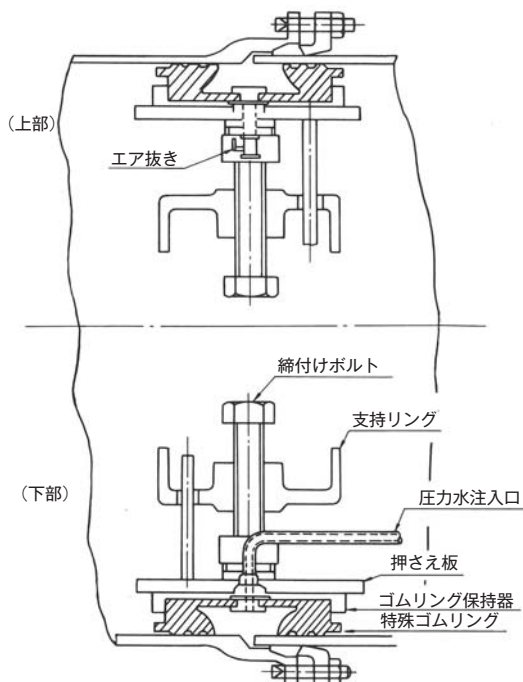
継手部は、正規に接合された状態で0.5MPa程度の水圧に耐えられれば、構造上それ以上の水圧にも耐えられることが実証されている。そのため水圧試験は通常0.5MPa程度とし、水圧を負荷して5分経過後に0.4MPa以上保持していれば合格としてよい(図表6-1-13-9)。

万一テストバンドからの漏水、またはモルタルライニングへの水の浸透が認められないにもかかわらず水圧が上がらないとき、または圧力保持中に急激な圧力変化が生じた場合は継手部の異常が考えられることからテストバンドを取り外し、その原因を解消して再試験を行う。

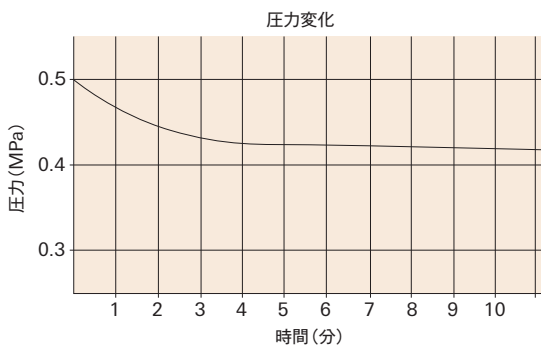
●図表6-1-13-7 テストバンドの例



●図表6-1-13-8 テストバンドの構造図



●図表6-1-13-9 テストバンドによる水圧試験の圧力変化例



6-1-14 埋戻し

1 留意点

●図表6-1-14-1 埋戻しの留意点

項目	留意点
埋戻土	・埋戻土は原則として指定された良質の土砂を使い、礫(または砂利)や岩片などが混入していないものを使用する。
埋戻方法	・管の両側から管底部に十分土砂を入れ、埋戻しは数段に分けて行い、各段ごとに十分締め固め(転圧、水締めなど)を行う。
	・埋戻しは、管および構造物に損傷を与えたり、移動を生じさせないよう慎重に施工する。
配管の浮上りに 対する注意	・転圧機械は、転圧方式によって、パイプレーション方式、インバクション方式、ローラ方式に分類される。
	・布設した管を、管内が空の状態では掘削溝内の水の浮力で管が浮き上がることがある。従って、接合後はできるだけ早く埋戻しを行う。やむを得ず埋戻しができない場合には、掘削溝内の排水に万全を期す。
管布設作業後の注意	・管の中に工具類や資材などを置き忘れていないかを確認する。 ・土砂や湧水などが管の中に流れ込まないように短期間であれば仮栓、長期間であれば帽、栓などで管端部をふさぐ。

2 管路の浮上りに対する検討

地表面まで地下水で飽和されている場合の管路の浮上りに対する検討は次式により行う。なお、次式はモルタルライニングの重量を考慮している。

$$H \geq \frac{\frac{\pi}{4} D_c^2 \cdot S \cdot \gamma_w \left\{ \frac{\pi}{4} [D_c^2 - (D_c - 2T)^2] \gamma_p + \frac{\pi}{4} [(D_c - 2T)^2 - (D_c - 2T - 2t_c)^2] \gamma_c \right\}}{(\gamma_s - \gamma_w) D_c}$$

ここに、H : 管が浮き上がらないための最小土かぶり (m)

S : 安全率 (=1.2)

D_c : 管の外径 (m)

T : 規格管厚 (m)

t_c : モルタルライニング厚 (m)

γ_p : 管の単位体積重量 (ダクタイル鉄管の場合は70kN/m³)

γ_c : モルタルライニングの単位体積重量 (20kN/m³)

γ_s : 埋戻土の飽和単位体積重量 (18kN/m³)

γ_w : 水の単位体積重量 (10kN/m³)

●図表6-1-14-2 ダクタイル鉄管が浮き上がらないための最小土かぶり (単位: m)

呼び径	管厚の種類					
	1種管	2種管	3種管	4種管	S種管	E種管
50	—	—	—	—	0	—
75	0	—	0	—	0	0
100	0	—	0	—	0	0.02
150	0	—	0.04	—	0.03	0.05
200	0.06	—	0.10	—	0.09	—
250	0.12	—	0.16	—	0.15	—
300	0.18	—	0.21	—	0.19	—
350	0.24	—	0.27	—	—	—
400	0.27	0.30	0.31	—	—	—
450	0.32	0.35	0.36	—	—	—
500	0.37	0.39	0.41	—	0.39	—
600	0.45	0.47	0.50	0.51	0.47	—
700	0.54	0.57	0.59	0.61	0.57	—
800	0.62	0.66	0.69	0.71	0.66	—
900	0.70	0.75	0.78	0.81	0.75	—
1000	0.78	0.83	0.87	0.90	0.83	—
1100	0.86	0.93	0.97	0.99	—	—
1200	0.94	1.01	1.06	1.10	—	—
1350	1.07	1.15	1.20	1.24	—	—
1500	1.19	1.27	1.34	1.38	—	—
1600	1.15	1.23	1.31	1.35	—	—
1650	1.20	1.28	1.36	1.40	—	—
1800	1.31	1.41	1.49	1.53	—	—
2000	1.49	1.60	1.68	1.74	—	—
2100	1.57	1.68	1.77	1.84	—	—
2200	1.67	1.78	1.88	1.95	—	—
2400	1.79	1.93	2.03	2.10	—	—
2600	1.98	2.13	2.25	2.31	—	—

備考 呼び径75~1500は粉体塗装管で試算した。呼び径1600以上はモルタルライニング管で試算した。

6-2

PIP

(パイプインパイプ) 工法

6-2-1 工法開発の経緯

PIP工法は、交通事情や埋設物の^{ふくそう}輻輳箇所など開削工事が困難な場合の管路更新工法として1980(昭和55)年ごろから数多く用いられるようになった。当初は印籠^{いんろう}継手の^{いんろう}鑄鉄管(FC管)をさや管*1とし、その中に新設管を押込工法で挿入していたが、近年では、更新対象管路がメカニカル継手の鑄鉄管やダクタイトイル鉄管をさや管とするケースも出てきており、これまでより継手部の屈曲が大きい管路に押し込む事例が増加してきた。また、新たにさや管(ヒューム管など)を推進し、その中に新設管のダクタイトイル鉄管を挿入するケースも増えてきた。さらに、さや管を布設する推進工法の長距離化や曲線推進技術の向上などに伴い、長距離や曲線部を含むさや管内へのPIP工法の適用が多くなり、押込工法の他にも新設管を1本ずつ運び込む持込工法も行われるようになった。

PIP工法用の接合形式は、離脱防止機能がないPⅠ形、1.5DkN(D:呼び径)の離脱防止機能があるPⅡ形、伏越し部などへ持ち込んで配管できるPⅢ形が1982(昭和57)年ごろに開発され、2003(平成15)年には3DkNの離脱防止機能を有するPN形が³開発されている。さらに2015(平成27)年にはロックリングを改良して施工性が向上したPN形(JP方式及びCP方式)が³開発され、より長距離の押込みを可能にするキャストバンドタイプも開発された。

2017(平成29)年には、PN形とPN形(JP方式及びCP方式)が³JDPA G 1046-2017として統合された。

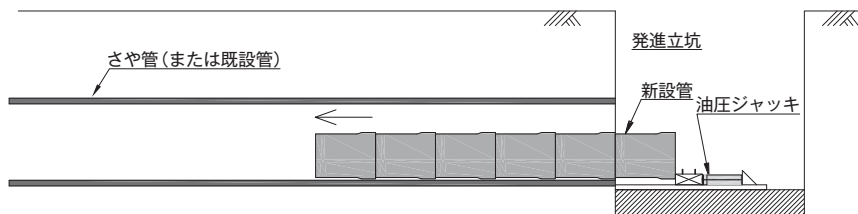
*1 「さや管」とはPIP工法の外管のことで、「新設管」とはさや管に挿入する管のことをいう。さや管には既設管と新設さや管があり、新設さや管は新設管を入れるためのさやとなる管を新たに推進工法で布設した管のことである。

6-2-2 概要と特徴

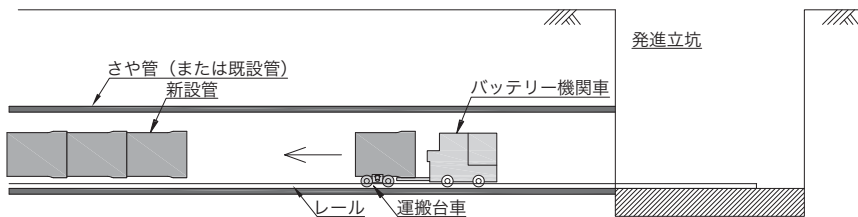
PIP工法は、既設管もしくは新たなさや管に発進立坑と到達立坑を設けてさや管内に新たな管を新設する工法である。発進立坑で新設管を順次接合しながら挿入する押込工法と、さや管内に1本ずつ持ち込んで配管する持込工法がある。

●図表6-2-2-1 PIP工法の概要

押込工法



持込工法



●図表6-2-2-2 PIP工法の特徴

メリット	開削箇所が立坑部のみであり土木工事が少なく、交通渋滞、経済性、工期面で有利である。
デメリット	新設管の呼び径が1口径以上小さくなることと、工事中は既設管を断水する必要がある。

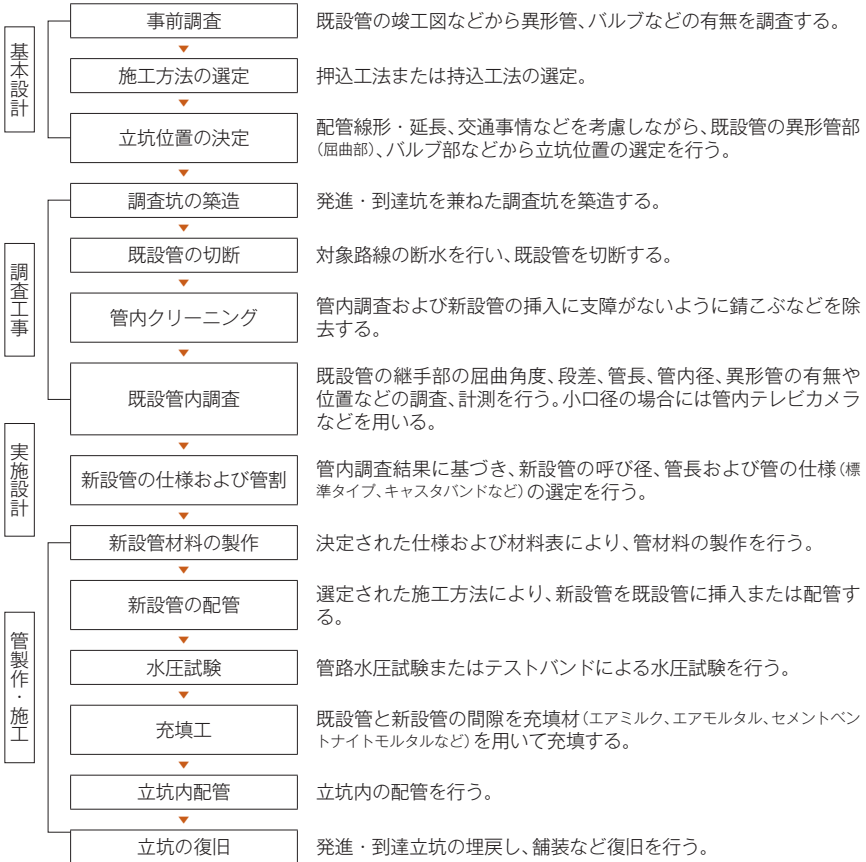
●図表6-2-2-3 PIP工法の施工方法と接合形式

施工方法	接合形式
押込工法	PN形(JP方式)、PN形、P II形
	GX形、NS形など ^{注1}
持込工法	PN形(CP方式)呼び径700～1500

注1 推力伝達部材を付けることにより押込工法に使用できる。

6-2-3 施工手順

●図表6-2-3-1 PIP工法の施工手順の例



6-2-4 接合形式と異形管の種類

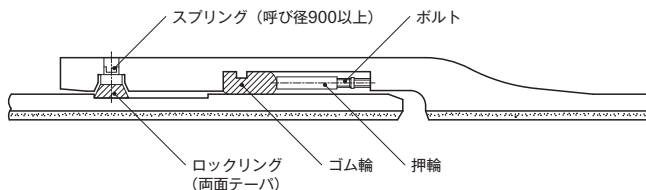
1 接合形式

PIP工法に用いられる接合形式は、PN形(JP方式及びCP方式)、PN形、PⅡ形がある。詳しくは「3-7 PIP工法用の継手」を参照のこと。

① PN形 (JP方式及びCP方式)

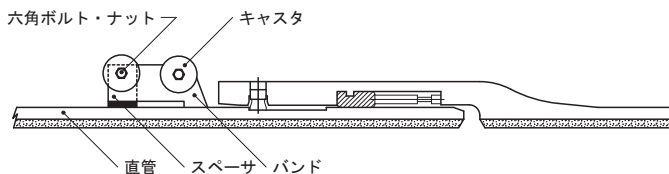
継手構造はJP方式もCP方式も同じである。なお、PN形 (JP方式及びCP方式) は「JDEPA G 1051-2016 PN形ダクタイル鋳鉄管 (JP方式及びCP方式)」に規定されている。挿入抵抗を低減させるためにキャストを取り付けるキャストバンドタイプもある。キャストバンドについては、JDEPA G 1051の「附属書C (参考)」に記載されている。

●図表6-2-4-1 PN形 (JP方式及びCP方式) 標準タイプ

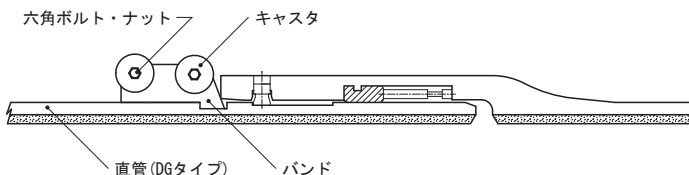


●図表6-2-4-2 [参考] キャスタバンドタイプ

標準タイプに取り付ける場合 (溝なし)



DGタイプに取り付ける場合 (溝あり)



図表6-2-4-3に示す新設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。

キャストバンドを使用しない標準タイプとキャストバンドタイプは外径差が大きいため併用できない。そのため、キャストバンドタイプを使用する場合は、挿入抵抗力が標準タイプの許容抵抗力以下の管については、キャストバンドタイプ (溝なし) を用いる。

●図表6-2-4-3 許容抵抗力

(単位: kN)

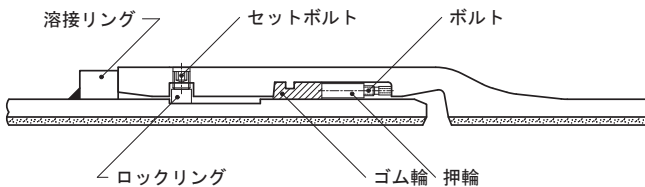
タイプ	呼び径	許容曲げ 角度 θ_a	継手の屈曲角度						
			0	$0.15 \theta_a$	$0.25 \theta_a$	$0.4 \theta_a$	$0.5 \theta_a$	$0.75 \theta_a$	$1.0 \theta_a$
キャストバンドタイプ (溝なし)および標準タイプ	300	4° 00'	450	294	190	180	173	143	113
	350	4° 00'	525	343	222	210	202	167	131
	400	4° 00'	600	392	253	240	231	190	150
	500	4° 00'	750	480	300	264	241	202	163
	600	4° 00'	900	567	345	289	251	213	176
	700	3° 00'	1050	837	695	481	339	264	189
	800	3° 00'	1200	945	775	520	350	275	200
	900	3° 00'	1350	1067	878	594	405	315	225
	1000	3° 00'	1500	1185	975	660	450	350	250
	1100	2° 45'	1650	1364	1173	887	697	557	417
	1200	2° 45'	1800	1488	1280	968	760	608	455
	1350	2° 25'	2025	1687	1461	1122	897	717	537
	1500	1° 50'	2250	1860	1600	1210	950	759	569
キャストバンドタイプ (溝あり)	300	4° 00'	600	504	441	345	281	234	187
	350	4° 00'	700	588	514	402	328	273	219
	400	4° 00'	800	672	587	460	375	312	250
	500	4° 00'	1000	818	696	514	392	332	271
	600	4° 00'	1200	963	805	567	409	351	292
	700	3° 00'	1400	1108	913	621	426	370	313
	800	3° 00'	1600	1253	1022	676	444	389	333
	900	3° 00'	1800	1410	1150	760	500	437	375
	1000	3° 00'	2000	1567	1278	844	556	486	417
	1100	2° 45'	2200	1829	1581	1210	963	779	596
	1200	2° 45'	2400	1995	1725	1320	1050	850	650
	1350	2° 25'	2700	2261	1968	1529	1236	1000	764
	1500	1° 50'	3000	2494	2156	1650	1312	1062	812

② PN形

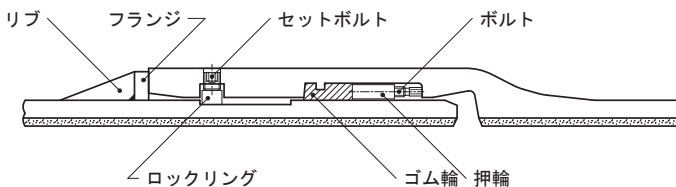
PN形には、ロックリングで挿入力を伝達する標準タイプの他に、補強タイプとして溶接リングで伝達する溶接リング付き、フランジで伝達するフランジ・リブ付きがある。施工時の許容抵抗力は、高い順にフランジ・リブ付き、溶接リング付き、標

準タイプである。なお、PN形は「JDKPA G 1046-2007 PN形ダクタイル鋳鉄管」に規定されている。

●図表6-2-4-4 PN形(溶接リング付き)呼び径700～1500



●図表6-2-4-5 PN形(フランジ・リップ付き)呼び径700～1500



3 P II形

P II形には、PN形と同様の溶接リング付きとフランジ・リップ付きがある。なお、P II形は「JDKPA G 1033-2007 P II形ダクタイル鋳鉄管」に規定されている。

2 直管の種類

PIP工法の管が開発された当初は、既設管の最大呼び径が鋳鉄管では60インチ(約1500mm)であったが、呼び径250以下は水理特性上の影響が大きいため、呼び径300～1350が開発された。しかし、最近では、鋳鉄管以外のPIP工事のニーズ(鋼管、トンネル内、さや管内など)があり、PN形は呼び径1500まで規格化されている。

●図表6-2-4-6 PIP工法用の直管の管厚の種類

接合形式	呼び径	管厚の種類	規格
PN形(CP方式)	700～1500	P種管	JDKPA G 1051
PN形(JP方式) ・標準タイプ ・DGタイプ(溝あり)	300～1500	1種管	JDKPA G 1051
PN形 ・標準タイプ ・溶接リング付き ・フランジ・リップ付き	300～1500	1種管、2種管、 3種管、4種管 (呼び径により異なる)	JDKPA G 1046

接合形式	呼び径	管厚の種類	規 格
P II形 ・標準タイプ ・溶接リング付き ・フランジ・リップ付き	300～1350	1種管、2種管、 3種管、4種管 (呼び径により異なる)	JIS G 5526・5527 (JDPA G 1033)

備考 直管の有効長は、4mと6mがある。

3 異形管の種類

呼び径300～1100の外径は、「JIS G 3443-1-2014 水輸送用塗覆装鋼管」の外径と同じであり、一般のダクタイル鉄管と外径 D_2 が異なるため、既設管との接合用に「受挿し短管」がある。呼び径1200～1500については、外径が通常のダクタイル鉄管の外径と同じであるためにそのまま接合できる。呼び径300～1100の受挿し短管には、NS形、UF形、S形、K形の挿し口がある。

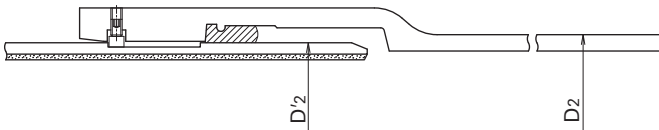
●図表6-2-4-7 呼び径別受挿し短管の有無

呼び径	受挿し短管の挿し口の接合形式			
	PN・P II-NS ^{注1}	PN・P II-UF	PN・P II-S	PN・P II-K
300	○	—	—	○
350	○	—	—	○
400	○	—	—	○
500	○	—	—	○
600	○	—	—	○
700	○	—	—	○
800	○	○	—	○
900	○	○	—	○
1000	○	○	—	○
1100	—	○	○	○

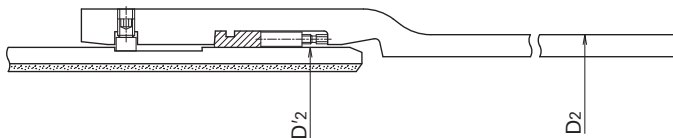
注1 GX形との接合はPN-NSを使用する。

●図表6-2-4-8 受挿し短管の形状

PN形 呼び径300～600



PN形 呼び径700~1100



受口部の挿し口の外径は D'_2 、挿し口の外径は D_2

●図表6-2-4-9 受挿し短管以外の異形管の有無

呼び径	フランジ付き T字管	曲管 ^{注1}	継ぎ輪	連絡管 ^{注2}
700	○	○	○	○
800	○	○	○	○
900	○	○	○	○
1000	○	○	○	○
1100	○	○	○	○
1200	○	○	○	○
1350	○	○	○	○
1500 ^{注3}	○	○	○	—

注1 曲管はPN形（CP方式）のみであり、11 1/4° 曲管、5 5/8° 曲管、3° 曲管がある。

注2 規格外である。

注3 P II形には呼び径1500はない。

●図表6-2-4-10 フランジ付きT字管用の形状

PN形 呼び径300~600

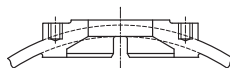
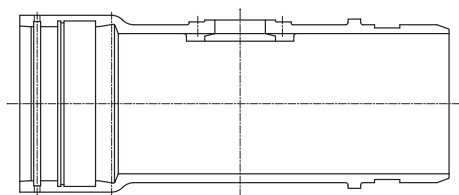
呼び径100の
タップ穴振り分け



呼び径150および200の
タップ穴振り分け



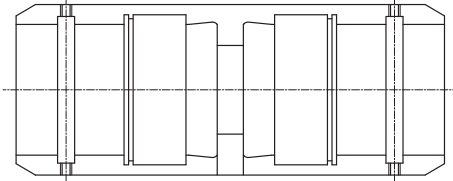
フランジの形状



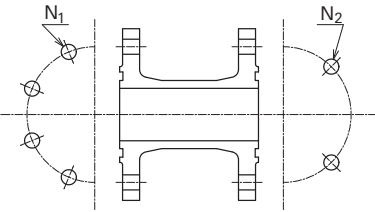
空気弁などを取り付けるために使用する。

本管呼び径D	枝管呼び径d
700~900	100
1000・1100	150
1200~1500	200

● 図表6-2-4-11 継ぎ輪 (PN形 呼び径700~1500)



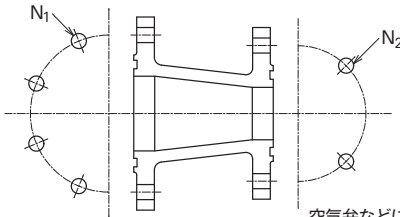
● 図表6-2-4-12 PN形用両フランジ短管 (フランジ付きT字管用)



呼び径 D	ボルト穴数	
	N ₁	N ₂
100	8	4
150	12	6

空気弁などに使用する。

● 図表6-2-4-13 PN形用両フランジ片落管 (フランジ付きT字管用)



大きい方の 呼び径 D	小さい方の 呼び径 d	ボルト穴数	
		N ₁	N ₂
100	75	8	4
200	150	12	6

空気弁などに使用する。

6-2-5 新設管の設計

1 呼び径の選定

既設管が無ライニング鑄鉄管などで損失水頭が大きい場合、既設管と新設管の摩擦損失水頭を計算し、既設管より新設管の損失水頭が小さい場合は問題ない。しかし、既設管がモルタルライニング管の場合は、口径が小さくなることによる損失水頭の増加が考えられ、計画流量を確保できるか水理計算で確認する。

既設管(無ライニング鑄鉄管)に対して、新設管を1口径落としにした場合の通水量の計算例を図表6-2-5-1に示す。これは既設管と新設管の動水勾配を同じとして流量で比較したものであるが、1口径落としの新設管を挿入しても既設管の流量と同程度かそれ以上の流量が確保できることが分かる。参考として無ライニング鑄鉄管の流速係数 C_H 値の経年変化を図表6-2-5-2に示す。

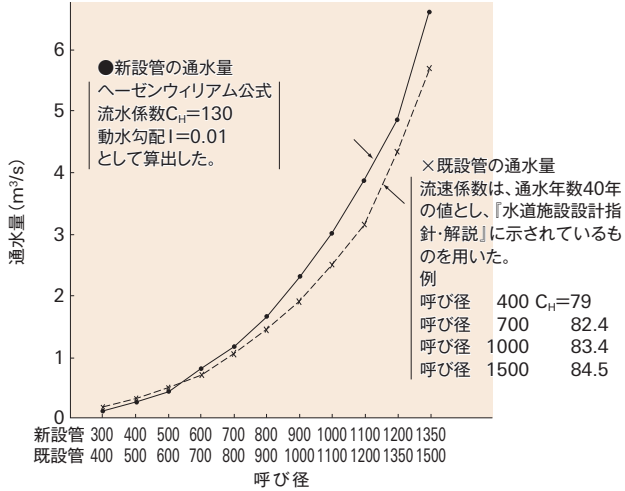
2 管厚計算

PIP工法で挿入する新設管の管厚計算では、老朽化した既設管の強度を原則として見込まないこととする。なお、新設さや管の中に挿入する場合においてさや管の強度が期待できる場合はこの限りでない。従って、通常の開削工法で埋設する場合と同じ管厚計算方法を用いる。詳しくは「5-2 管厚計算」を参照のこと。

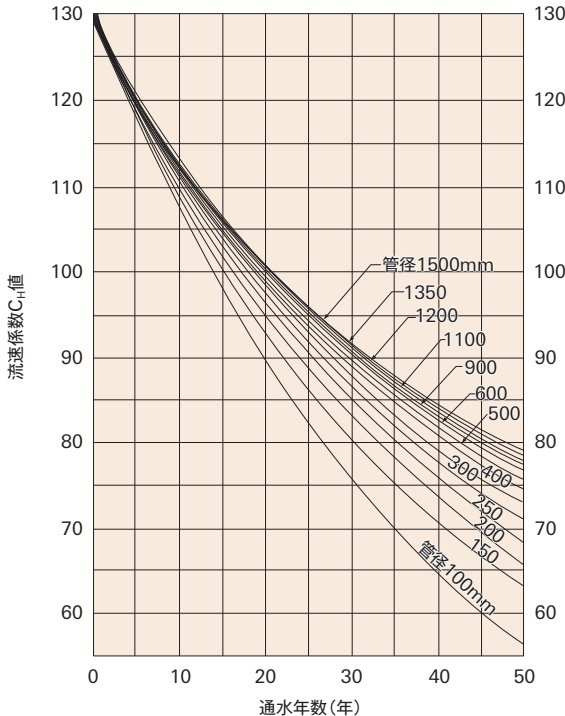
3 耐震性能

PIP工法に使用するPN形は、管の有効長の+1%の伸び量と3DkN(D:呼び径)の離脱防止性能があるので、地震時には継手部は伸び(引張)方向にS形やNS形と全く同じ挙動をする。一方、PN形には縮み代がないために、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。地震時の新設管に作用する力は図表6-2-5-3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、新設管と既設管の間隙が充填されていることを考慮した軽減係数をかけ合わせた0.43DkNである。PN形の耐圧縮性能は離脱防止性能と同じ3DkNであり、圧縮方向に対しても高い安全性があることが分かる。

● 図表6-2-5-1 既設管と新設管の通水量



● 図表6-2-5-2 無ライニング铸铁管の流速係数 C_H 値



『水道施設設計指針・解説 1990』(日本水道協会)より

これらのことから、PIP工法に用いるPN形はS形やNS形と同等の耐震性能を有しているといえる。

●図表6-2-5-3 地震時の圧縮力

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

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)

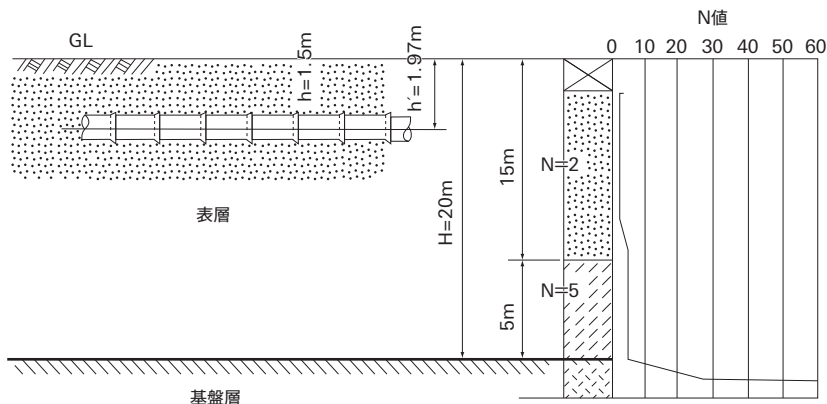
τ : 管と地盤との摩擦力 (= 10kN/m^2)^{注1}

L' : 地震波の見かけの波長 (= 182.0m)

α : 地震による地盤ひずみが新設管(内挿管)に作用する伝達率 (= 0.3)^{注2}

注1 「水道施設耐震工法指針・解説 2009」(日本水道協会)による。

注2 「水道技術ジャーナル」No.11(水道技術研究センター、1999年)による。



6-2-6 押込工法

1 概要

発進立抗からPIP工法用管を油圧ジャッキなどにより1本ずつ押し込んでいく工法である。

詳細については以下の技術資料を参照のこと。

- ・「ダクタイル鉄管によるPIP工法 設計と施工 JDPA T36-1」(日本ダクタイル鉄管協会)

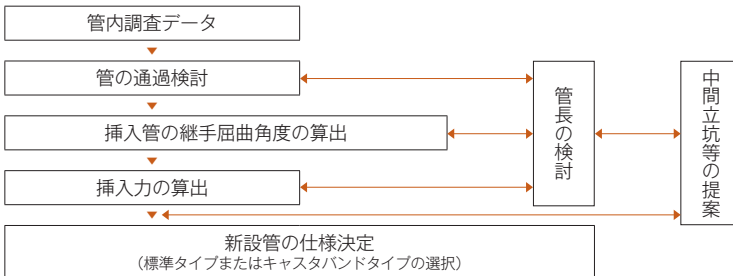
- ・「ダクタイル鉄管によるPIP工法 設計と施工 (JP方式及びCP方式) JDPA T36-2」(日本ダクタイル鉄管協会)

2 新設管の仕様決定

押込工法では、事前にさや管の継手部の屈曲角度および方向、内径、管長などを調査し、これらに基づいた管の通過検討、新設管の継手部の屈曲角度および挿入力の算定を行うことによって挿入する新設管の管長や仕様を決定することを原則とする。なお、仕様としては、PN形の場合には標準タイプ、補強タイプ(溶接リング付き、フランジ・リップ付き)、PN形 (JP方式及びCP方式) の場合は標準タイプ、キャストバンドタイプ(溝なし、溝あり)がある。特に、老朽化した既設管の中に挿入する場合は、必ず管内調査を事前に行うものとする。

しかし、新設管の製作には、ある程度の期間が必要であることに加え、既設管の管内調査を事前に行う場合には、断水期間が長期にわたるか、断水が2回になることに留意する必要がある。

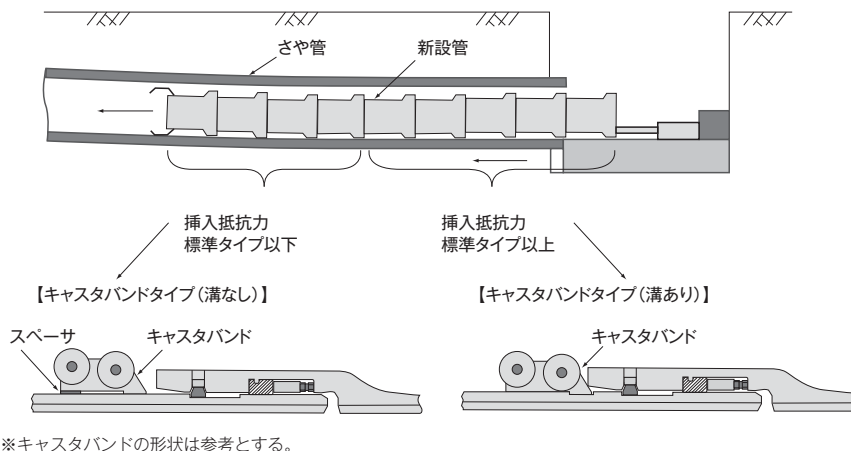
●図表6-2-6-1 新設管の仕様決定フロー



備考1 管長を短くし、かつキャストバンド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、持込工法の採用を検討する。

備考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、キャストバンドタイプの摩擦係数を考慮し挿入抵抗力がキャストバンドタイプ(溝なし)の許容抵抗力以上となる管には、キャストバンド(溝あり)を使用する。

●図表6-2-6-2 [参考] キャスタバンドの仕様例



3 通過検討

既設管に挿入する場合は、管内調査による管内径、管長および継手の屈曲角度などの調査データを基に通過検討を行う。新設したさや管に挿入する場合は、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通りに推進できていることを確認することが前提となる。

「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 JDP A T36-1」に記載されているモデルⅠ、モデルⅡの式を用いて、挿入可能な新設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。

4 新設管の屈曲角度の算出

新設管の屈曲角度は、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異なる式で算出する。

●図表6-2-6-3 新設管の屈曲角度の算出式の種類

配管パターン	連続するさや管の継手の屈曲方向		屈曲角度の算出式の種類 ^{注1}
新設管がさや管より長い場合	同方向	左右曲がり	同方向の算出式
		下り曲がり	
		上り曲がり	
新設管がさや管より短い場合	異方向	左右曲がり	異方向の算出式
		上下曲がり	
	全て	全て	上下曲がりの算出式

注1 屈曲角度の算出式については、「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 JDP A T36-1」(日本ダクタイル鉄管協会)の「4.5.3 新設管がさや管より長い場合」「4.5.4 新設管がさや管より短い場合」を参照のこと。

5 挿入力の算出

さや管1本ごとの屈曲を考慮して、到達側から順次、設計挿入力を算出する。さや管の継手部ごと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。これを次式に示す。

$$f_0 = 0$$

$$f_j = (f_{j-1} + \mu W_j) e^{\mu \frac{\pi \theta_j}{180}} \quad (j = 1 \sim s)$$

$$F_j = f_j S_f$$

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)

・ライニングなしの場合=0.4

・ライニングあり、またはコンクリート管の場合=0.8

・キャストバンドタイプの場合=0.08

θ_j : 調査結果によるさや管の屈曲角度(°)

W_j : 到達側からj番目のさや管内にある新設管の重量(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

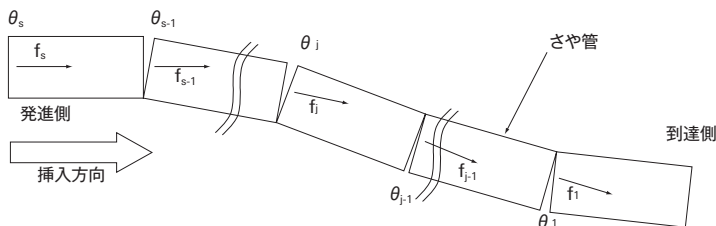
- ・1cm以上の段差がない場合または修正した場合：

$$S_f = 1.0 \text{ (キャストバンドタイプの場合 } S_f = 1.0 \text{)}$$

- ・段差を修正しない場合：

$$S_f = 1.3 \text{ (キャストバンドタイプの場合 } S_f = 1.5 \text{)}$$

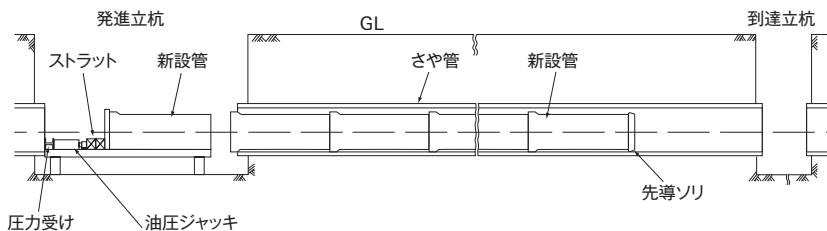
●図表6-2-6-4 挿入力算出のモデル



6 施工方法

押込工法の施工手順はそれぞれの工事において多少異なるが、新設管を既設管内に挿入する標準的なものを示す。

●図表6-2-6-5 押込工法の概要



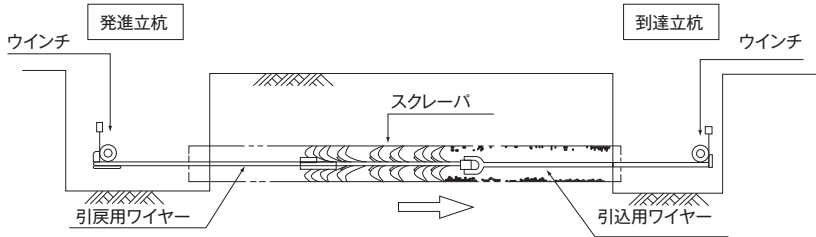
① 既設管内クリーニング

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。

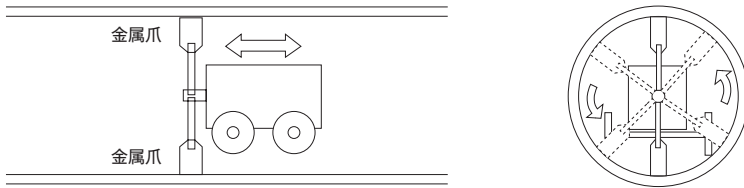
人の入れない呼び径700以下の既設管の場合は、図表6-2-6-6に示すスクレーパ法の他、超高压洗浄車でノズルから高压水を噴射させて管内をクリーニングする高压洗浄法、ポリピッグ法、呼び径800以上であれば人力、呼び径800～1500では金属爪を回転させてクリーニングを行う機械式などを用いる。

●図表6-2-6-6 既設管内のクリーニング方法

スクレーパ法 呼び径700以下



機械式 呼び径800～1500



② 既設管内調査

押込工法の施工可否、管種、管長などを決定するために次の調査を行う。

1) 調査項目

新設管の通過性の検討、挿入可能な管長の決定、管の仕様決定などのため、原則としてさや管の内側から以下の全項目を測定する。

●図表6-2-6-7 既設管内調査項目

項目	内容
管長	各管長および全管路延長
継手屈曲角度	各継手の屈曲角度
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

各調査方法によってその精度が異なる。従って、調査方法に応じた図表6-2-6-8、9に示す安全率を考慮して設計に用いる。

なお、管長、内径などについては調査結果の値をそのまま使用する。

●図表6-2-6-8 さや管の屈曲角度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	調査機器による 詳細調査 ^{注1}	簡易調査	トラバ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_{θ}	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。

●図表6-2-6-9 模擬管調査を用いた場合の新設管の継手屈曲角度に対する安全率

さや管の呼び径	700以下
調査方法	簡易調査
	模擬管調査 ^{注1}
安全率 S_{θ}	1.3

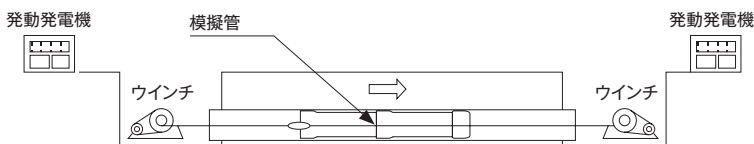
注1 模擬管①：継手の屈曲角度が測定可能な模擬管を使用し、測定した屈曲角度に1.3を乗じた屈曲角度を、新設管の継手屈曲角度とする。
 模擬管②：継手部に「許容曲げ角度を安全率(1.3)で除した角度」を超える屈曲を防止する矯正部材を取り付け、模擬管が通過した場合でも、新設管は全て許容曲げ角度(呼び径700:3°、呼び径600以下:4°)まで屈曲すると判断する。

例： 矯正部材の矯正角度
 呼び径700の場合 3° / 1.3 = 2.3°
 呼び径600以下の場合 4° / 1.3 = 3.1°

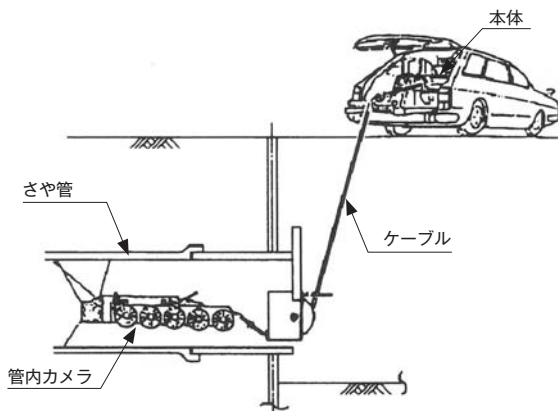
調査機器による詳細調査の例として、人力による測定ができない呼び径700以下の管内調査用として開発された模擬管は継手部に変位計が設置されているため、挿入性の確認に加え、挿入する新設管の屈曲角度を直接計測することができる。

●図表6-2-6-10 既設管内調査方法

模擬管



テレビカメラ



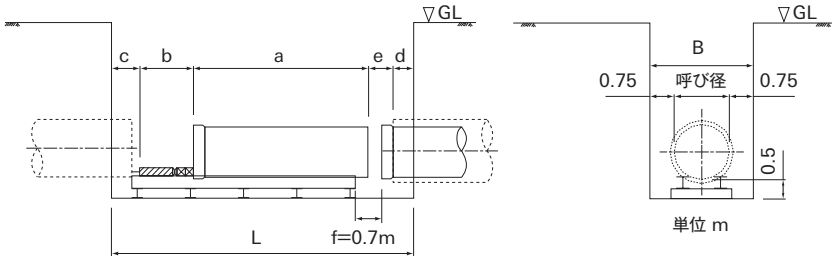
③ 立坑の設置

押込工法は、一般に市街地で行われることが多いため、技術面や経済面からだけでは立坑の位置を決められず、その決定には以下の点に留意する必要がある。

- ・ 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。
- ・ できる限り挿入施工区間を長くする。
- ・ 管の置場が確保できる場所を選定する。

発進立坑の大きさは次式により決定する。ただし、発進立坑内の連絡配管の長さが図表6-2-6-11のL寸法以上となるときはその長さで決定される。発進立坑の内法幅は概略寸法を示す。作業および配管など必要な幅を確保すること。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。

●図表6-2-6-11 発進立坑の形状・寸法



$$L = a + b + c + d + e$$

- ここに、L : 発進立坑の長さ (m)
- a : 新設管長さ (m)
- b : 油圧ジャッキ長さ (m)
- c : 反力受け厚さ (m)
- d : さや管の突出長さ (m)
- e : 接合余裕 (0.5~0.7m)

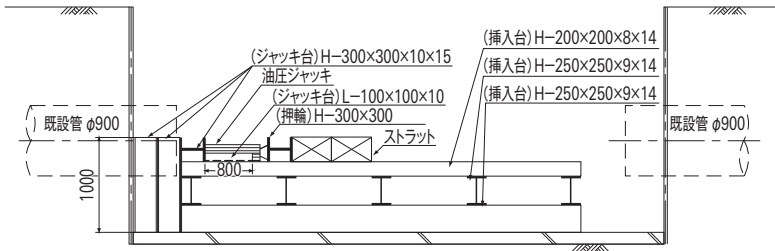
$$B = D + 1.5\text{m}$$

- ここに、B : 発進立坑の内法幅 (m)
- D : 呼び径 (m)

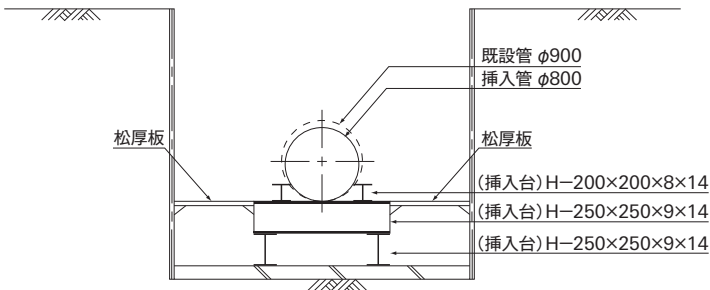
4 挿入設備

●図表6-2-6-12 発進立坑内設備例

縦断面



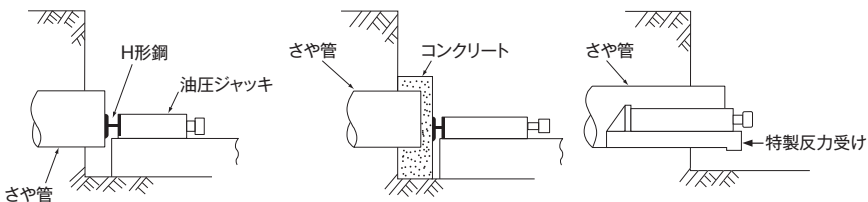
横断面



1) 反力受け

現場状況や推力などに応じて反力受けの方法を検討する。ジャッキの反力は一般的に挿入方向後方のさや管が受け、その際、H形鋼による反力受けや反力受け架台を設ける。また、背面にコンクリートを打設して受働土圧を反力に利用することもある。

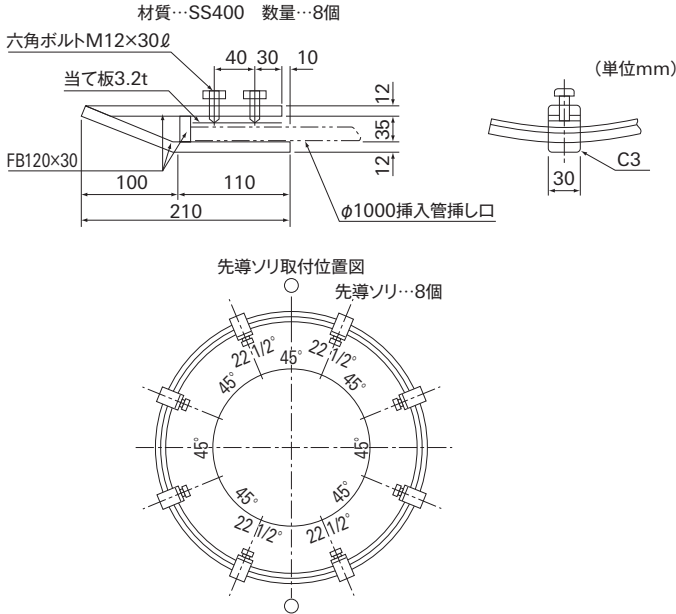
●図表6-2-6-13 挿入用ジャッキの反力受け方法例



2) 先導ソリ

先頭の新設管がさや管内の段差を乗り越え、スムーズに挿入できるように先導ソリを設ける。

●図表6-2-6-14 先導ソリの例(呼び径1000)



5 さや管と新設管の間隙の充填

さや管と新設管との間隙は、充填しなければ地中に空洞を残すことになり、万一、老朽化したさや管が破損した場合、周囲の土砂が間隙に流入し、路面陥没を起こす恐れがある。また、地下水が流入すると、この間隙を流下するため、管路の防食対策上好ましくない。

以上の理由により間隙に充填を行う。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程度のものが使われる。

1) 充填材

充填材(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など)は、新設管とさや管との口径差、注入量、現場条件など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。

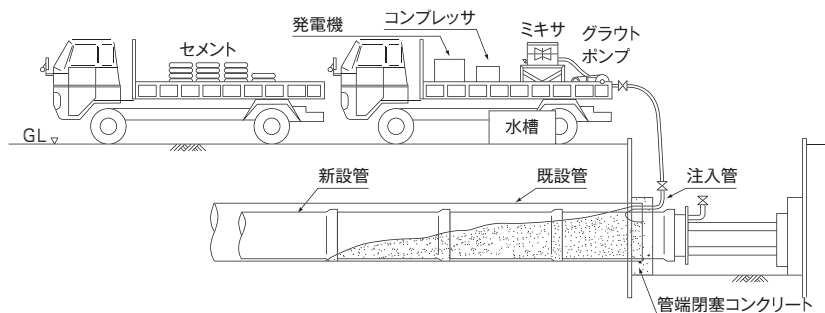
2) 充填工

さや管と新設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。

- ・ 車上プラントによる施工

これは比較的小規模な充填に適した方法である。ただし、トラックミキサによる施工よりも道路の占用範囲が広がる。

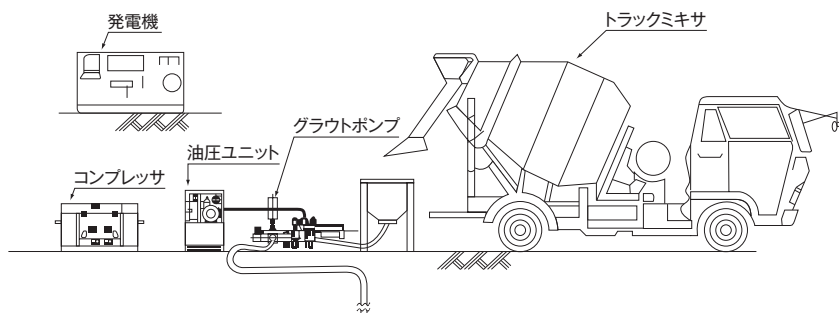
- 図表6-2-6-15 車上プラントによる施工の例



- ・ トラックミキサによる施工

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、これがない場合は車上プラントによるのが一般的である。

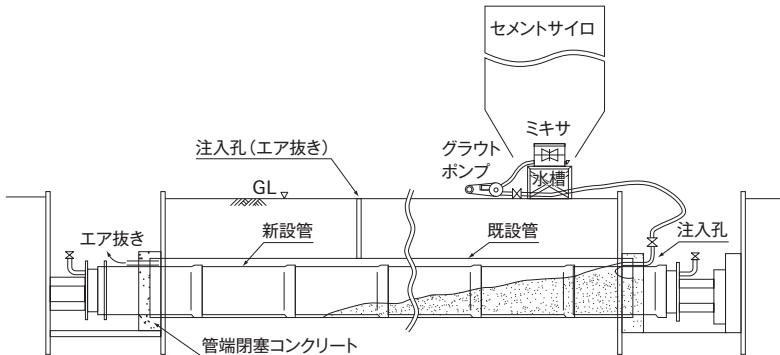
- 図表6-2-6-16 トラックミキサによる施工の例



・ 現地プラントによる施工

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。

● 図表6-2-6-17 現地プラントによる施工の例



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。

- ・ 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。
- ・ 管路の途中からも充填できるように、新設管挿入前にさや管上部を掘削してこれに孔を開け、注入パイプを取り付けて複数箇所から充填する。
- ・ 新設管が呼び径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。

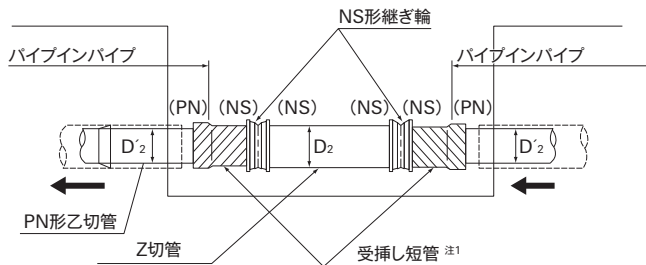
また、スパン当たりの充填距離が長く、高低差も大きなスパンの場合には、過大な充填圧が管に作用しないよう注意が必要である。

6 立坑内連絡配管

挿入、充填終了後、立坑内での連絡配管を行う。呼び径300～1100の場合は、新設管外径寸法 D_2 は、一般のダクタイル鉄管外径 D_2 (JIS G 5526による)と異なるため、受挿し短管を用いて接合する。

立坑内連絡配管の施工例を図表6-2-6-18、19に示す。

●図表6-2-6-18 立坑内連絡配管の施工例 (PN形とPN形)

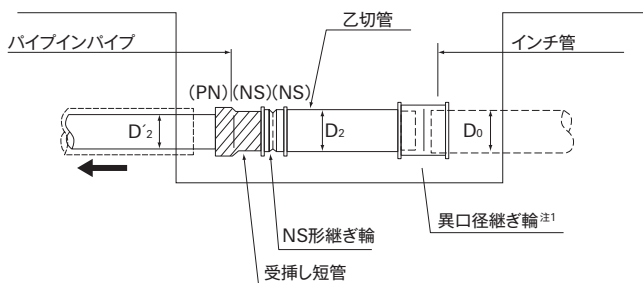


注1 受挿し短管とは受口寸法 (JIS G 3443) 挿し口寸法 (JIS G 5526) を適用した異形管である。

『ダクタイル管施工ハンドブック』(クボタ)より

呼び径1200～1500 (P II形は1350) の場合は、新設管外径が一般のダクタイル鉄管の外径と同じであるのでS形継ぎ輪による接合ができる。

●図表6-2-6-19 立坑内連絡配管の施工例 (PN形と既設管)



注1 インチ管 (外径 D_0) などの旧規格管と現行規格管を接続する異形管である。旧管の寸法を必ずチェックして製作手配する。

『ダクタイル管施工ハンドブック』(クボタ)より

6-2-7 持込工法

1 概要

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

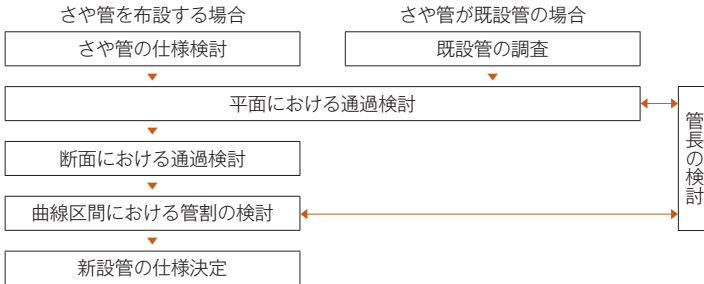
- ・ 軌条を用いて運搬する方法
- ・ 台車やキャスタバンド等を用いて運搬する方法
- ・ 管を吊って運搬する方法

2 新設管の仕様決定

持込工法は、さや管の継手屈曲角度および方向、内径、管長等を調査し、新設管を運搬するためのレールや管運搬台車の使用を考慮して、新設管の通過検討、継手屈曲角度と曲管の組合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設管の仕様決定検討フローを示す。

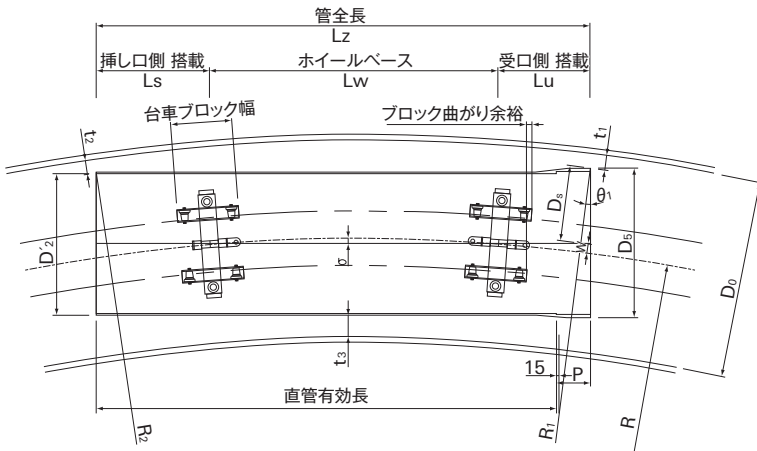
●図表6-2-7-1 新設管の仕様決定フロー



3 平面における通過検討

軌条を用いて運搬する場合、管運搬時に曲線部分を通過できるかどうかについて、新設管外径、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。

●図表6-2-7-2 管運搬時の平面図



条件に基づき、新設管とさや管内径の離隔は次式により求める。

$$\sigma = R - \sqrt{\left(R^2 - \left[\frac{L_W}{2}\right]^2\right)}$$

$$t_3 = \frac{D_0}{2} - \sigma - \frac{D'_2}{2}$$

$$t_1 = \left(R + \frac{D_0}{2}\right) - R_1$$

$$= \left(R + \frac{D_0}{2}\right) - \sqrt{\left(\left[L_U + \frac{L_W}{2}\right]^2 + \left[R - \sigma + \frac{D_5}{2}\right]^2\right)}$$

$$t_2 = \left(R + \frac{D_0}{2}\right) - R_2$$

$$= \left(R + \frac{D_0}{2}\right) - \sqrt{\left(\left[L_S + \frac{L_W}{2}\right]^2 + \left[R - \sigma + \frac{D'_2}{2}\right]^2\right)}$$

$$w = R_1 - R - D_S$$

$$= R_1 - R - \frac{D_5}{2\cos(\theta_1)}$$

$$R_1 \cdot \sin(\theta_1) = L_U + \frac{L_W}{2}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{L_U + \frac{L_W}{2}}{R_1}\right)$$

ここに、R : 曲率半径 (m)

D'_2 : 新設管挿し口外径 (m)

D_5 : 新設管受口外径 (m)

D_S : 受口外側から新設管中心までの R_1 上の斜辺長 (m)

D_0 : さや管内径 (m)

L_Z : 新設管全長 (m)

L_W : ホイールベース長 (m)

L_U : 新設管受口側台車搭載位置長 (m)

L_S : 新設管挿し口側台車搭載位置長 (m)

σ : 新設管中心とさや管中心のずれ量 (m)

w : 新設管の受口端面の中心とさや管中心のずれ量 (m)

R_1 : 受口外側の曲線半径 (m)

- R_2 : 挿し口外側曲線半径 (m)
- θ_1 : R_1 の線と受口端面との角度 (°)
- t_1 : 受口外側とさや管内径との離隔 (0.03m 程度を目安とする)
- t_2 : 挿し口外側とさや管内径との離隔 (0.03m 程度を目安とする)
- t_3 : 新設管内側とさや管内径との離隔 (0.03m 程度を目安とする)

● 図表6-2-7-3 PN形 (CP方式) 直管の通過最小曲率半径計算結果例 (単位: m)

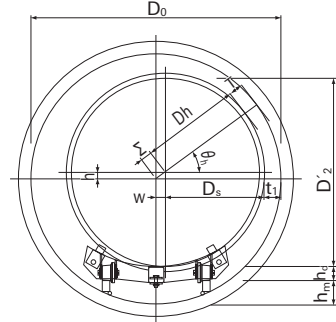
さや管の呼び径	1000	1100	1200	1350	1500	1650	1800	2000
新設管の呼び径	700	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
4m直管	25	30	25	15	15	10	10	10
6m直管	75	75	75	65	55	55	55	40

備考 詳しくは「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 (JP方式及びCP方式) JDPA T36-2」を参照のこと。

4 断面における通過検討

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、新設管外径等の値を用いて検討する。

● 図表6-2-7-4 管運搬時の曲線部分の通過検討



$$h = \frac{D'_2}{2} + h_d + h_m - \frac{D_0}{2}$$

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

$$T = \frac{D_0}{2} - \Sigma - D_h \geq 0.03\text{m}$$

$$D_h = \frac{D_5}{2} + \left(D_s - \frac{D_5}{2} \right) \cdot \cos(\theta_h)$$

$$\theta_h = \tan^{-1} \left(\frac{h}{w} \right)$$

- ここに、 T : 新設管受口とさや管内径との断面最小離隔 (m)
- Σ : 新設管とさや管中心の断面ずれ量 (m)
- w : 新設管の受口端面の中心とさや管中心のずれ量 (m)
- h : 新設管とさや管中心の高さのずれ量 (m)
- h_d : 管運搬台車高さ (m)

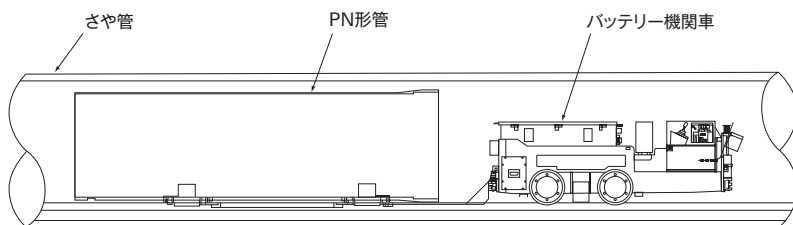
- h_m : 軌条枕木高さ (m)
 D_h : D_s の斜辺長 (m)
 D_0 : さや管内径 (m)
 D_5 : 新設管受口外径 (m)
 D_s : 受口外側から新設管中心までの R_1 上の斜辺長 (m)
 θ_h : D_h と D_s の扶角^{きょうかく} ($^\circ$)

ここで、さや管曲線内での新設管通過可否の判定基準は新設管断面最小離隔 $T = 0.03\text{m}$ 程度を目安とする。

5 施工方法

新設管を1本ずつ既設管内もしくは新設さや管の中に持ち込んで配管するときの管運搬には、バッテリー機関車や軌条設備を用いて行う。

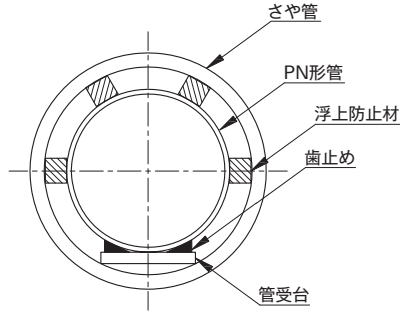
●図表6-2-7-5 新設管運搬状況



●図表6-2-7-6 持込工法の手順

管の運搬	新設管をバッテリー機関車で運搬する。
管の心出し	新設管の高さ、左右位置を調整する。
管の挿入	新設管を決められた仮受け位置まで挿入する。
端部の仮受け	新設管を押し上げ、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。
管の接合	新設管を正規の位置に設置し、管を接合する。
管受台設置	位置を確認し、正規の位置に管受台、転がり止め(歯止め)をする。
浮力防止材設置	充填時の浮力防止材を設置し、管を固定する。
軌条の撤去	軌条設備を撤去する。

●図表6-2-7-7 管受台と浮力防止の例



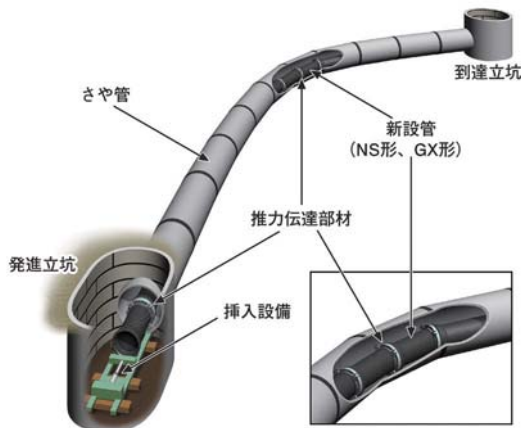
6-2-8 推力伝達部材を用いた押込工法

1 推力伝達部材の役割

GX形やNS形などの耐震継手管をさや管内に押し込んで配管する場合、そのままでは継手伸縮代が確保できない。そこで、推力を伝達し継手伸縮代を確保した状態で配管可能な推力伝達部材を取り付けてさや管内に押し込む。なお、推力伝達部材によりさや管と新設管との口径は2～4口径の差を見込む必要がある。

推力伝達部材には、呼び径や推力伝達方式によりいくつかの種類がある。

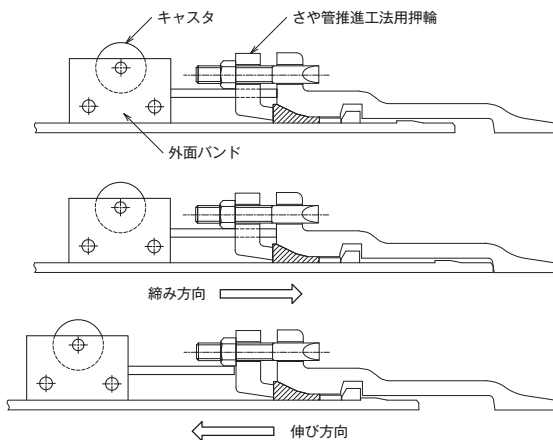
●図表6-2-8-1 工法概要図



2 推力伝達部材を用いた押込工法(事例1)

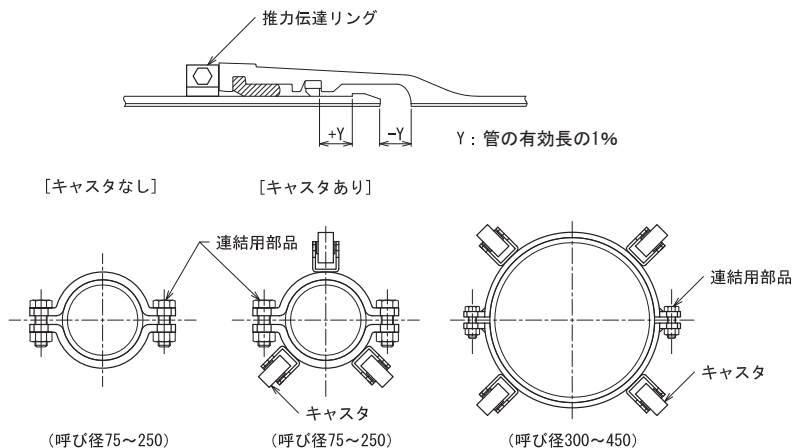
新設管の挿し口部にキャスト付きの鋼製バンドなどを装着して挿入する方法である。地震などで圧縮方向に力が働いた場合には、鋼製バンドが管体上を移動することにより耐震継手の伸縮性能が発揮できるようになっている(図表6-2-8-2)。長距離施工の場合(おおむね400m以上)は、専用の特殊押輪を取り付けて施工し、その場合は鋼製バンドが変形して縮む仕組みになっている。

●図表6-2-8-2 継手伸縮機構(NS形 呼び径500~900)

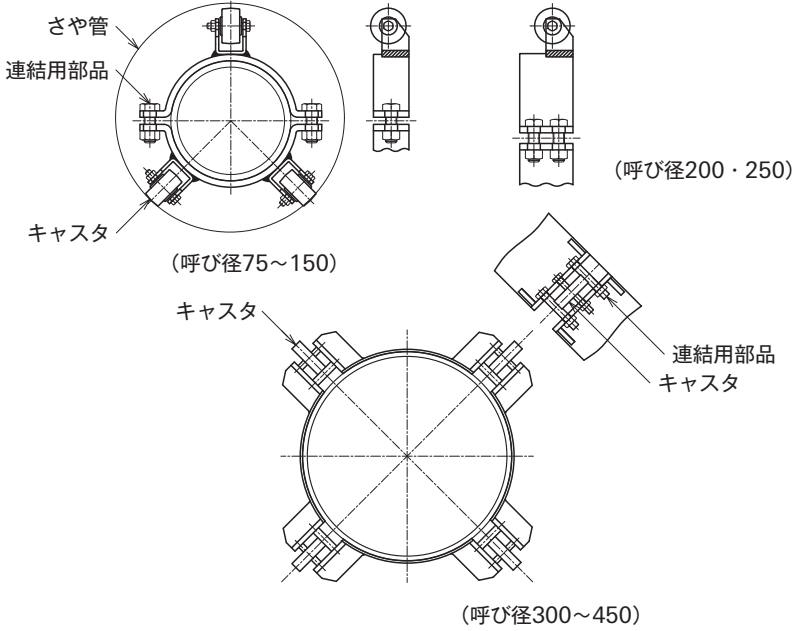


① 呼び径75~450用

●図表6-2-8-3 推力伝達部材 直線用(呼び径75~450)



● 図表6-2-8-4 推力伝達部材 直線・カーブ用(呼び径75~450)



● 図表6-2-8-5 推力伝達部材の種類と許容推進延長

種類	対象呼び径	許容推進延長 (m) ^{注1}		カーブ 推進
		キャストなし	キャストあり	
直線用	75~250	100 ^{注2}	200 ^{注3}	×
	300~450	50 ^{注4}	100 ^{注2}	
直線・カーブ用	75~250	100	500	○
	300~450	—	400	

注1 上表の許容推進延長は、直管(呼び径75・100:4m、呼び径150~250:5m、呼び径300~450:6m)の場合の値である。切管の場合の許容推進延長は管長等により変わるため、設計の都度、検討を行うものとする。

注2 1継手に取り付ける推力伝達部材数は、先頭管から50m以下の継手には1個、50mを超える継手には2個とする。

注3 1継手に取り付ける推力伝達部材数は、先頭管から100m以下の継手には1個、100mを超える継手には2個とする。

注4 1継手に取り付ける推力伝達部材数は、先頭管から2個とする。

●図表6-2-8-6 曲率半径ごとの直管の有効長(呼び径75～450)

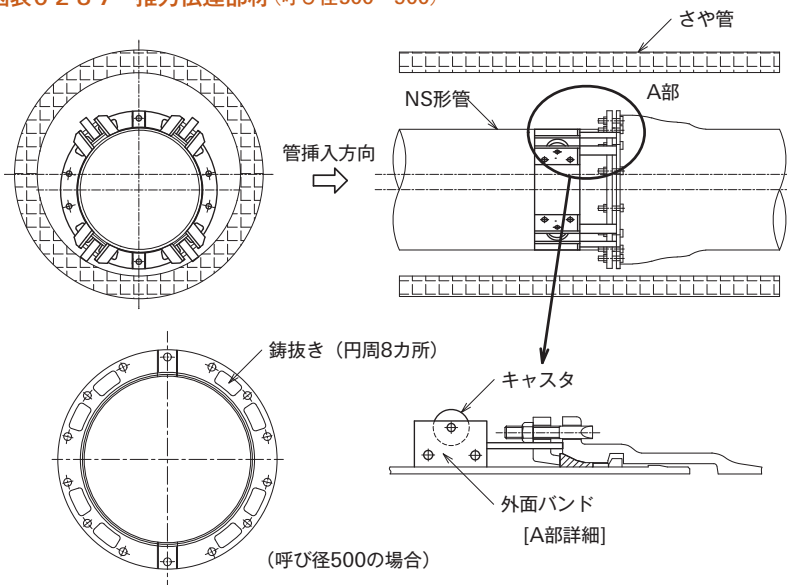
(単位：m)

呼び径	R60m	R80m	R100m	R150m	R200m	R250m
75～250	2.0	2.7	3.4	直管	直管	直管
300～450	1.5	2.0	2.6	3.9	5.2	直管

備考 計算に用いた設計許容曲げ角度は許容曲げ角度の1/2とした。

② 呼び径500～900用

●図表6-2-8-7 推力伝達部材(呼び径500～900)



●図表6-2-8-8 新設管呼び径とさや管の最小呼び径

新設管の呼び径	外面バンドの最大径(mm) ^{注1}	挿入可能なさや管最小呼び径 ^{注2}
500	772	800
600	876	900
700	979	1000
800	1081	(1200) ^{注3}
900	1185	(1350) ^{注3}

注1 図表6-2-8-7のキャスト部の外径。

注2 ()は推奨口径を示す。条件により1口径縮径も検討可能。

注3 ヒューム管などの内径基準管を対象とする。一般構造用炭素鋼管などの外径基準のさや管の場合は、内径が不足する必要があるため詳細検討が必要である。

●図表6-2-8-9 推力伝達部材の種類と許容推進延長

(単位：m)

呼び径	外面バンドのみの場合		特殊押輪を使用した場合	
	4m管	6m管	4m管	6m管
500	430	470	1000	1000
600	420	460	1000	1000
700	390	420	1000	1000
800	380	410	1000	1000
900	360	390	1000	1000

備考 勾配のない直線配管、さや管の最長推進延長を1000mとした。4m、6mは管の有効長を示す。

●図表6-2-8-10 曲率半径ごとの直管の有効長(呼び径500~900)

(単位：m)

呼び径	R60m	R80m	R100m	R150m	R200m	R250m
500	1.7	2.3	2.9	4.3	5.8	直管
600	1.4	1.9	2.4	3.7	4.9	直管
700	1.3	1.7	2.1	3.2	4.3	5.4
800	1.1	1.5	1.8	2.8	3.7	4.7
900	1.0	1.3	1.7	2.6	3.4	4.3

備考 計算に用いた設計許容曲げ角度は許容曲げ角度の1/2とした。

●図表6-2-8-11 推力伝達部材による挿入工

NS形 呼び径400



NS形 呼び径600



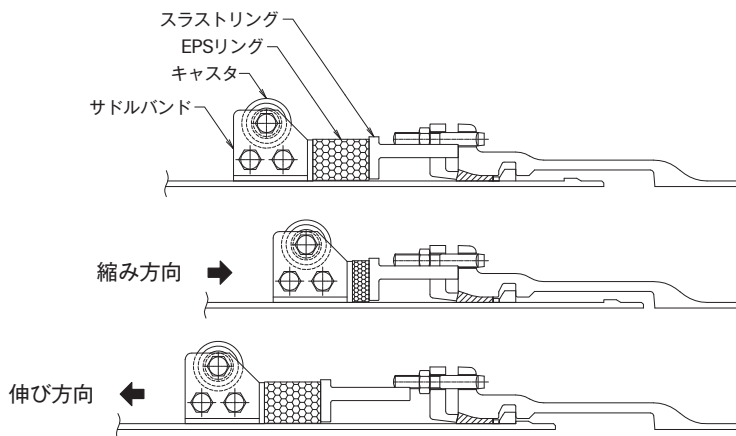
東京都水道局施工

3 推力伝達部材を用いた押込工法(事例2)

新設管に推力伝達リングを取り付け、継手伸縮代を保持した状態で挿入する方法である。

推進力伝達リングは発泡ポリスチレン樹脂製で、発泡倍率を変える(呼び径300以上)ことで任意の圧縮強度が得られ、挿入力程度では圧壊せずに地震などの大きな力で圧壊され耐震継手の性能が発揮できるようになっている。

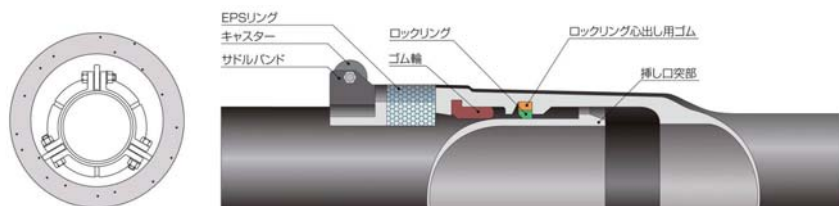
●図表6-2-8-12 継手伸縮機構



① 呼び径75～450用

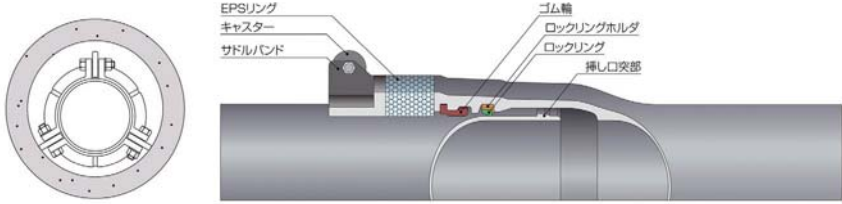
●図表6-2-8-13 推力伝達部材

NS形 呼び径75～250



呼び径300～450は4分割サドルとなる。

GX形 呼び径75～300・400



呼び径300・400は4分割サドルとなる。

●図表6-2-8-14 呼び径ごとのさや管呼び径および許容推進延長

呼び径	さや管呼び径		許容推進延長 (m) ^{注1}	
	ヒューム管	鋼管	NS形	GX形
75	250	200	200	205
100	250	250	195	203
150	300	300	182	189
200	350	350	173	179
250	400	450	168	173
300	500	500	477	486
350	600	600	505	—
400	600	600	458	461
450	700	700	454	—

注1 上表の許容推進延長は、推進線形が直線かつ縦断方向は水平とし、直管(呼び径75～250:1種管・モルタルライニング・4m、呼び径300～450:1種管・粉体塗装・6m)の場合の値である。切管の場合の許容推進延長は管長等により変わるため、設計の都度、検討を行うものとする。

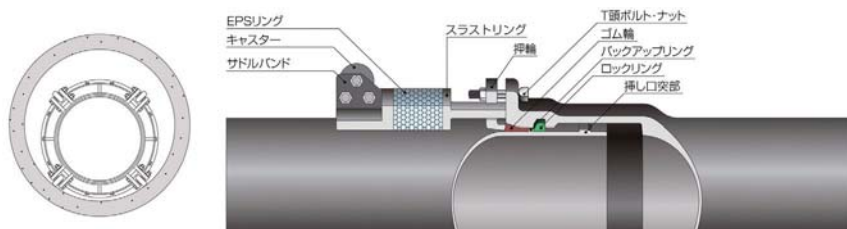
●図表6-2-8-15 管有効長に対する最小曲率半径(呼び径75～450)

接合形式	呼び径	継手許容曲げ角度	推進時の継手曲げ角度	最小曲率半径 (m)				
				管の有効長				
				2m	3m	4m	5m	6m
GX形 NS形	75・100	4° 00'	2.0°	57	85	114	—	—
	100・150						143	
	200・250							
GX形	300・400	3° 00'	1.5°	76	114	152	190	171
NS形	300～450							229

備考 推進時の継手曲げ角度を継手許容曲げ角度の1/2とし、最小曲率半径を求めた。

② 呼び径500～900用

●図表6-2-8-16 推力伝達部材 (NS形 呼び径500～900)



●図表6-2-8-17 呼び径ごとのさや管呼び径および許容推進延長

呼び径	さや管呼び径		許容推進延長 (m) ^{注3}	
	ヒューム管	鋼管	溶接突起なし	溶接突起あり ^{注4}
500	900 ^{注1}	800 ^{注1}	440	1000
600	1000 ^{注1}	900 ^{注1}	410	1000
700	1100 ^{注2}	1000 ^{注2}	360	1000
800	1200 ^{注2}	1100 ^{注2}	290	1000
900	1350	1350	270	1000

注1 エアミルク等の配管が不要の場合。

注2 特殊専用サドル使用の場合。

注3 上表の許容推進延長は、推進線形が直線かつ縦断方向は水平とし、直管(S種管・6m)の場合の値であり、EPSリング $\sigma=1400\text{kPa}$ の場合である。切管の場合の許容推進延長は管長等により変わるため、設計の都度、検討を行うものとする。

注4 長距離タイプ。

●図表6-2-8-18 管有効長に対する最小曲率半径(呼び径500～900)

接合形式	呼び径	継手許容曲げ角度	推進時の継手曲げ角度	最小曲率半径 (m)				
				管の有効長				
				2m	3m	4m	5m	6m
NS形	500	3° 20′	1.66°	69	103	138	172	207
	600	2° 50′	1.41°	81	121	162	203	243
	700	2° 30′	1.25°	91	137	183	229	275
	800	2° 10′	1.08°	106	159	212	265	318
	900	2° 00′	1.00°	114	171	229	286	343

備考 推進時の継手曲げ角度を継手許容曲げ角度の1/2とし、最小曲率半径を求めた。

● 図表6-2-8-19 推力伝達部材による挿入工

NS形 呼び径400



NS形 呼び径600



東京都水道局施工

6-3

トンネル内配管工法

6-3-1 トンネルの種類

基幹管路の多くは布設から約半世紀を迎え、老朽化更新と耐震化への対応が求められているが、市街地では道路幅が狭く、開削での更新工事が困難であったり、代替管路がないために断水ができないなどの問題がある。その対策として狭い道路下での非開削工法のニーズが増加しており、山間部では山岳トンネル、都市部では推進工法やPIP(パイプインパイプ)工法と同様にシールド工法も多く用いられてきた。2011(平成23)年ごろには、さらに小口径化したさや管シールド内配管工法も開発された。

●図表6-3-1-1 トンネルの種類と特徴

項目	山岳トンネル	シールドトンネル
工法概要	トンネル周辺地山の支保機能を有効に活用し、吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工等により地山の安定を確保して掘進する工法である。	泥土あるいは泥水等で切羽の土圧と水圧に対抗して切羽の安定を図りながら、シールドを掘進させ、セグメントを組み立てて地山を保持し、トンネルを構築する工法である。
適用地質	地質の変化には、支保工、掘削工法、補助工法の変更により対応可能である。	地質の変化への対応は比較的容易である。
断面形状	掘削断面天端部にアーチ形状を有することを原則とする。その限りでは、かなりの程度まで自由な断面で施工可能であり、施工途中での断面形状の変更も可能である。	円形が標準である。特殊シールドを用いて複円形、楕円形、矩形等も可能。施工途中での断面の変更は、一般には困難である。
線形(急曲線への対応)	施工上の制約はほとんどない。	曲線半径とシールド外径の比が3~5程度の急曲線の実績がある。

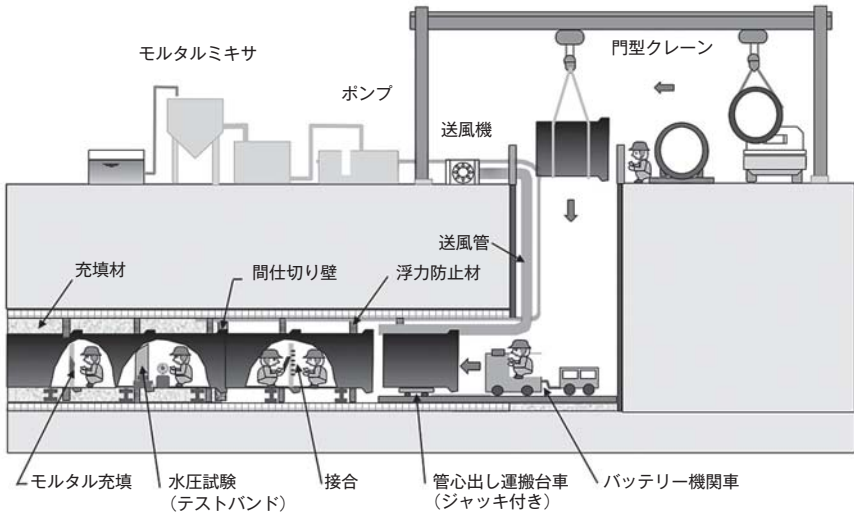
〔トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説〕2016年制定(土木学会)より(抜粋)

6-3-2 概要

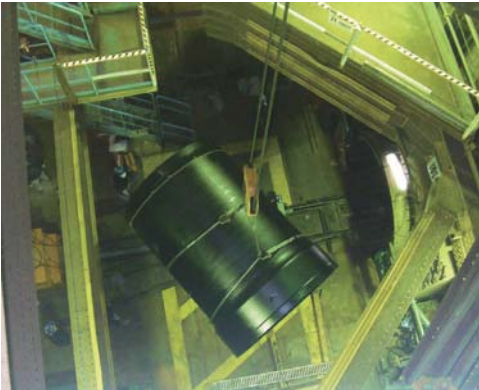
シールド工法および山岳トンネル工法等により築造されたトンネル内に管運搬台車およびバッテリー機関車などを用いてUS形などを1本ずつ持ち込み、トンネルの

中で接合して配管する工法である。PN形(JP方式及びCP方式)呼び径700～1500を
持込工法で配管する場合には、さや管呼び径を比較的小さくできる。また、推進工
法とシールド工法を組み合わせ、押込工法と持込工法を併用する方法もある。

●図表6-3-2-1 トンネル内配管工法の概要



●図表6-3-2-2 管の吊込み状況



東京都水道局 US形 呼び径2000

『ダクタイル鉄管』第98号
(日本ダクタイル鉄管協会、2016年)より



●図表6-3-2-3 管の持込み状況



名古屋市上下水道局 US形 呼び径2000

『ダクタイル鉄管』第93号
(日本ダクタイル鉄管協会、2013年)より

●図表6-3-2-4 シールド内配管工法の断面例

項目	シールド内配管工法 ^{注1} US形	シールド内配管工法 ^{注1} PN形 (JP方式及びCP方式)
さや管呼び径	1650～3300	1000～2000
新設管呼び径	800～2600	700～1500
標準施工延長	1000m以上 (経済性から)	1500m程度 (経済性から)
本管布設方法	持込工法	持込工法 (CP方式)
最小曲率半径	10m程度 ^{注2}	15m程度 ^{注2、注3}
交通障害	立坑が少ないため、 交通障害が少ない	立坑が少ないため、 交通障害が少ない
断面図例 (呼び径800の場合) ^{注4}	シールド呼び径 1650 	シールド呼び径 1100 

注1 縦断勾配は軌条設備を使用するため、労働安全衛生規則第202条に定められている5%以下とする。

注2 シールドの最小曲率半径であり、管割、配管工事については検討が必要である。

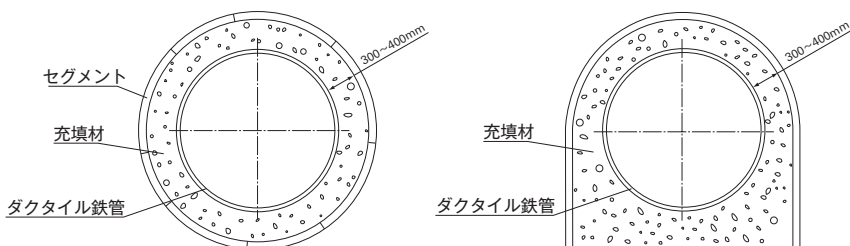
注3 R=15m未満は条件により施工可能である。

注4 カーブ配管時は別途検討が必要。

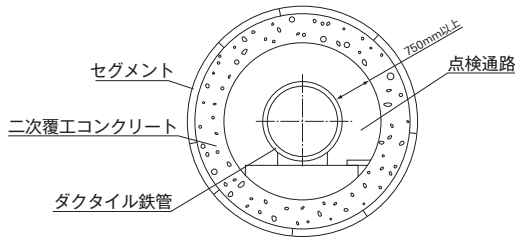
6-3-3 トンネルの断面形状

●図表6-3-3-1 トンネルの断面形状

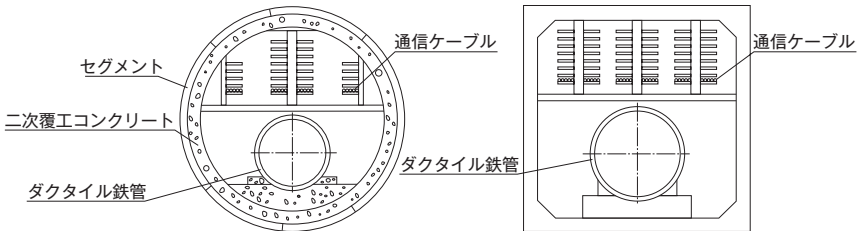
充填方式



点検通路方式



区分使用方式(共同溝方式)



6-3-4 接合形式

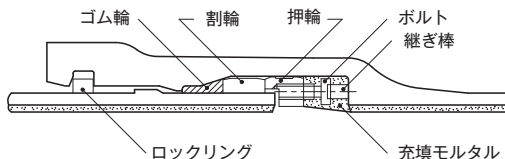
じゅうてん
 充填方式のトンネル内配管では、管内面から接合を行うUS形またはU形を用いる。US形直管は、管の内面から接合する耐震継手で、伸縮・屈曲性に加えて、離脱防止機構を付加した接合形式である。PN形(JP方式及びCP方式)を用いれば、シールド断面を小さくすることができる。トンネル内配管では呼び径700～1500、管厚の種類としてはP種管を用いる。US形およびU形、PN形(JP方式及びCP方式)の特徴としては以下のことが挙げられる。

- ・ トンネル内の作業環境の特徴である湿気や湧水などの影響を受けにくく、品質管理が容易である。また、接合に大掛かりな動力や設備は不要であり、特殊作業を伴わない。
- ・ トンネルの曲率や施工誤差には、継手部を屈曲させて曲げ接合することで対応が可能である。このため、現場での微調整に材料を加工する必要がない。
- ・ 接合は短時間で行うことができるため、工期を短縮できる。このため仮設費、安全費などが安価となる。
- ・ トンネル内での溶接作業、塗装作業および換気作業が不要であり、施工管理も容易である。

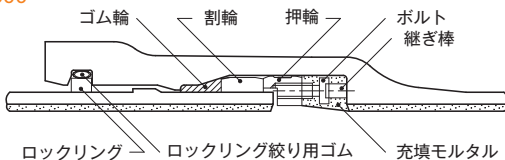
- 継手部の水圧試験は、呼び径800以下では管路内充水試験、呼び径900以上ではテストバンドにより比較的容易に行うことができる。

●図表6-3-4-1 US形の継手構造 (LS方式の場合)

呼び径800～1000



呼び径1100～2600



備考 LS方式以外にVT(ビニールチューブ)方式、SB(セットボルト)方式がある。

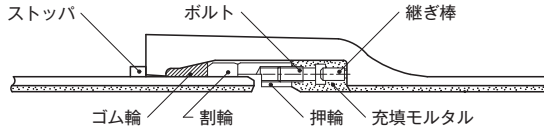
●図表6-3-4-2 US形の継手性能

呼び径	真直配管時 最大伸び量 (mm) ^{注1}	離脱防止力 (kN)	配管施工時の 許容曲げ角度	地震時や 地盤沈下時の 最大屈曲角度
800	65	2400	2° 10′	3° 45′
900	65	2700	2° 00′	3° 21′
1000	70	3000	1° 50′	3° 17′
1100	70	3300	1° 40′	3° 00′
1200	70	3600	1° 30′	2° 45′
1350	80	4050	1° 30′	2° 51′
1500	85	4500	1° 30′	2° 45′
1600	60	4800	1° 10′	1° 54′
1650	60	4950	1° 05′	1° 51′
1800	60	5400	1° 00′	1° 42′
2000	65	6000	1° 00′	1° 40′
2100	70	6300	1° 00′	1° 43′
2200	75	6600	1° 00′	1° 45′
2400	85	7200	1° 00′	1° 51′
2600	85	7800	1° 00′	1° 42′

注1 継手を真直に接合したときの伸縮量を示す。

●図表6-3-4-3 U形の継手構造

呼び径800～2600



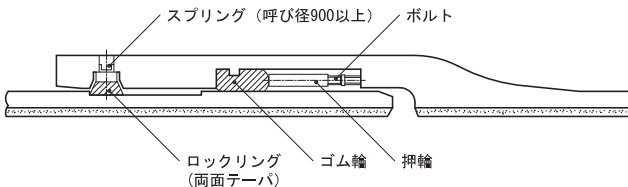
●図表6-3-4-4 U形の継手性能

呼び径	真直配管時最大伸び量 (mm) 注1	配管施工時の許容曲げ角度
800	64	2° 10′
900	64	2° 00′
1000	67	1° 50′
1100	67	1° 40′
1200	67	1° 30′
1350	77	1° 30′
1500	82	1° 30′
1600	67	1° 10′
1650	67	1° 05′
1800	67	1° 00′
2000	72	1° 00′
2100	77	1° 00′
2200	82	1° 00′
2400	92	1° 00′
2600	138	1° 30′

注1 継手を真直に接合したときの伸縮量を示す。

●図表6-3-4-5 PN形 (JP方式及びCP方式) 直管の継手構造

呼び径700～1500



備考 機能や性能については、「3-7 PIP工法用の継手」を参照のこと。

6-3-5 管の安全性検討(充填方式)

トンネルを新しく築造する場合はトンネルを永久構造物として検討するケースが多い。一方、老朽化した導水トンネルに新たに配管する場合は、トンネルを仮設構造物として考えて検討するケースもある。トンネルを永久構造物として取り扱うか仮設構造物として取り扱うかは、トンネルの仕様、老朽度、使用目的およびトンネルの設計方針による。

●図表6-3-5-1 トンネルの構造物としての取扱いと安全性の検討方法

項目	永久構造物		仮設構造物	
内圧	○	静水圧と水撃圧を考慮する。	○	静水圧と水撃圧を考慮する。
土かぶりおよび路面荷重による土圧	—	土圧はトンネルが全て受け持つと考え考慮しない。	○	土かぶりによる土圧はテルツァギーの緩み土圧式、路面荷重による土圧はブーシネスク式による。
地下水による外水圧	○	トンネルにより管体が拘束されており、外水圧による座屈に対する安全性をアムスタッツの式を用いて検討する。	○	トンネルがないものと考え、外水圧が直接管体に作用することにより発生する曲げ応力に対する安全性を検討する。
たわみ率	—	トンネルが外圧を受け持つと考え考慮しない。	○	土かぶりおよび路面荷重によるたわみ率を検討する。
充填圧	○	トンネルと管体の間隙を充填するときの充填圧のみ単独で検討する。	○	トンネルと管体の間隙を充填するときの充填圧のみ単独で検討する。
検討方法	トンネルが外圧を受け持つと考え、内圧と外水圧が同時に作用するときよりも別々に作用する場合の方が危険側のため、安全性の検討は以下の3通りについて行う。 ・内圧のみ作用する場合 ・外水圧のみ作用する場合 ・充填圧のみ作用する場合		トンネルがないものと考え、内圧と外水圧は永久構造物の場合と同様に別々に作用する場合の方が危険側のため、安全性の検討は以下の4通りについて行う。 ・内圧、土かぶりおよび路面荷重による土圧が同時に作用する場合 ・外水圧、土かぶりおよび路面荷重による土圧が同時に作用する場合 ・土かぶりおよび路面荷重によるたわみ率に対する検討 ・充填圧のみ作用する場合	

備考 ○印は検討項目が安全性の検討対象であることを示す。

1 トンネルを永久構造物として取り扱う場合

トンネルに作用する土圧(土かぶりおよび路面荷重による土圧)は全てトンネルが受け持つと考え、土圧に対する管の安全性検討は行わない。内圧と地下水による外水圧が管体の内外面に同時に作用すると力が相殺されるため、内圧と外水圧が別々に作用する危険側の場合で検討する。トンネルと管の間隙を充填材(エアモルタルなど)で充填するときの充填圧は単独に作用するものとして検討する。従って、安全性の検討は以下の3通りについて行う。

① 内圧のみ作用する場合

内圧により管体に発生する引張応力は、静水圧、水撃圧にそれぞれの安全率を見込んで次式により求める。

$$\sigma_t = \frac{(S_{f1} \cdot P_s + S_{f2} \cdot P_d)D}{2 \cdot t} \leq \sigma_0 \quad \text{式 6-3-5-1}$$

ここに、 σ_t : 内圧により管体に発生する引張応力 (kN/m²)

D : 呼び径 (m)

P_s : 静水圧 (kN/m²)

P_d : 水撃圧 (kN/m²)

S_{f1} : 静水圧に対する安全率 (=2.5)

S_{f2} : 水撃圧および外荷重に対する安全率 (=2.0)

σ_0 : ダクタイル鉄管の引張強さ (= 4.2×10^5 kN/m²)

t : 応力計算管厚 (m) 規格管厚 T から 鑄造上の余裕および腐食代を差し引いたものである。

$$T - 0.001 \geq 0.01\text{m の場合は } t = \frac{T}{1.1} - 0.002$$

$$T - 0.001 < 0.01\text{m の場合は } t = T - 0.001 - 0.002$$

T : 規格管厚 (m)

② 地下水による外水圧のみ作用する場合

トンネルと管との間隙を充填材で充填後、管外面と充填材との隙間に地下水による外水圧が作用するが、その外水圧と規定の安全率を見込んだ管体の許容座屈圧力とを比較して検討する。管体の許容座屈圧力の計算式は、管体の変形が充填材

により拘束されていると仮定し以下のアムスタッツの式より求める。

$$P_{K1} = \frac{\sigma_N}{\frac{r}{t} \left(1 + 0.35 \frac{r}{t} \cdot \frac{\sigma_F^* - \sigma_N}{E^*} \right)} \cdot \frac{1}{S_{f3}} \geq P_W \quad \dots\dots\dots \text{式6-3-5-2}$$

$$\left(\frac{k_0}{r} + \frac{\sigma_N}{E^*} \right) \left(1 + 12 \frac{r^2}{t^2} \cdot \frac{\sigma_N}{E^*} \right)^{1.5} = 3.36 \frac{r}{t} \cdot \frac{\sigma_F^* - \sigma_N}{E^*} \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{r}{t} \cdot \frac{\sigma_F^* - \sigma_N}{E^*} \right) \quad \dots\dots\dots \text{式6-3-5-3}$$

ここに、 P_{K1} : 地下水圧に対する許容座屈圧力 (kN/m²)

σ_N : 管の円周方向直応力 (kN/m²)

r : 管厚中心半径 $\left(= \frac{D_2 - t}{2} \right)$

D_2 : 管外径 (m)

σ_F^* : $\sigma_F^* \doteq \mu \frac{\sigma_F}{\sqrt{1 - \nu_s + \nu_s^2}}$

σ_F : 降伏点^{注1} (=2.7×10⁵ kN/m²)

μ : $\mu = 1.5 - 0.5 \frac{1}{\left(1 + 0.002 \frac{E}{\sigma_F} \right)^2}$

E^* : $E^* = \frac{E}{1 - \nu_s^2}$ (kN/m²)

E : 弾性係数 (=1.6×10⁸ kN/m²)

ν_s : ポアソン比 (=0.28)

S_{f3} : 座屈検討時の外水圧に対する安全率 (=1.5)

P_W : 外水圧 (kN/m²)

k_0 : 充填材と管外面との間隙 通常 $k_0 = 0.4 \times 10^{-3} \cdot r$ (m)

注1 降伏点は、ダクタイル鉄管の耐力相当の値を用いた(『水道施設耐震工法指針・解説 1997』(日本水道協会))。

③ 充填圧のみ作用する場合 (一度に全断面を充填する場合)

トンネルと管との間隙を充填材で充填するときに管体に充填圧が作用する。充填圧に対する許容座屈圧力は、管外周囲無拘束の場合に充填圧が作用するとき(施工時)の許容座屈圧力は次式により求める。

$$P_{K2} = \frac{2E}{1 - \nu_S^2} \left(\frac{t'}{D_2} \right)^3 \cdot \frac{1}{S_{f4}} \geq P_G \quad \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-4}$$

ここに、 P_{K2} : 充填圧に対する許容座屈圧力 (kN/m²)

t' : たわみ計算管厚 (m) 規格管厚から鑄造上の余裕を差し引いたものである。

$$T - 0.001 \geq 0.01 \text{ の場合は } t' = \frac{T}{1.1}$$

$$T - 0.001 < 0.01 \text{ の場合は } t' = T - 0.001$$

D_2 : 管外径 (m)

S_{f4} : 施工時荷重 (短期荷重) に対する安全率 (=1.5)

P_G : 充填圧 (kN/m²)

2 トンネルを仮設構造物として取り扱う場合

トンネルを仮設構造物と考える場合、トンネルはないものとし一般埋設管の計算方法に準じて管の安全性を検討する。内圧と地下水による外水圧が管体の内外面に同時に作用すると力が相殺される。内圧と外水圧が別々に作用する場合は危険側のため、安全性の検討は以下の4通りについて行うものとする。

① 内圧および土かぶり、路面荷重による土圧が同時に作用する場合

1) 内圧により管体に発生する引張応力

トンネルを永久構造物として取り扱う場合の式6-3-5-1と同じである。

2) 土かぶりおよび路面荷重による曲げ応力

a) 土かぶりによる土圧

管頂に作用する鉛直方向の土圧はテルツァギーの緩み土圧式を用いて求める。

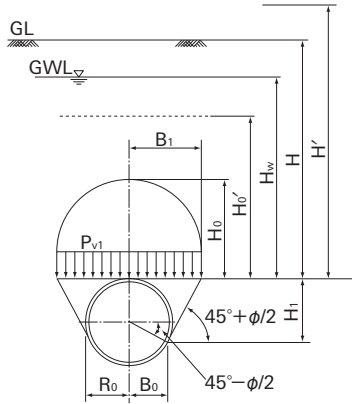
緩み高さ H_0 は、 H_0' と $2 \cdot D_{R0}$ の大きい方を用いて求める。

$$H_0' \geq 2 \cdot D_{R0} \text{ の場合 } W_f = P_{V1} = \gamma_S' \cdot H_0' \quad \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-5}$$

$$H_0' < 2 \cdot D_{R0} \text{ の場合 } W_f = P_{V1} = \gamma_S' \cdot 2 \cdot D_{R0} \quad \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-6}$$

ここに、 D_{R0} : 一次覆工外径 (= $2 \cdot R_0$)

●図表6-3-5-2 テルツァギーの緩み土圧



$$B_0 = R_0 \cos \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-7}$$

$$H_1 = R_0 \left[1 + \sin \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right] \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-8}$$

$$B_1 = B_0 + H_1 \tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-9}$$

$$H' = H_w + \frac{1}{\gamma_s'} [(H - H_w) \gamma_s] \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-10}$$

$$H_0' = \frac{B_1 - \frac{c}{\gamma_s'}}{\tan \phi \cdot K} \left(1 - e^{-\tan \phi \cdot K \cdot \frac{H'}{B_1}} \right) \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-11}$$

- ここに、 W_f : 土かぶりによる土圧 (kN/m²)
 P_{v1} : 管頂部に作用する鉛直土圧 (kN/m²)
 H_0' : 地下水位を考慮したときの緩み高さ (m)
 H_0 : 緩み高さ (m)
 H' : 地下水位を考慮したときの換算土かぶり (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)
 ϕ : 土の内部摩擦角 (°)
 R_0 : 一次覆工外半径 (m)
 γ_s' : 土の水中単位体積重量 (=9kN/m³)

- γ_s : 土の単位体積重量 (= 18kN/m³)
 c : 土の粘着力 (0kN/m²)
 B_0 : 崩壊面の出発点から管中心までの幅
 B_1 : 緩み幅の端から管中心までの幅

b) 路面荷重による土圧

路面荷重による土圧は、ブーシネスク式を用いた次式より求める。

$$W_t = (1+i) \cdot a \cdot P \quad \text{式 6-3-5-12}$$

ここに、 W_t : 路面荷重による土圧 (kN /m²)

i : 路面荷重の衝撃割増係数 (= 0.5)

a : 呼び径、土かぶりおよびトラック台数により定まる係数 (「5-2 管厚計算」参照)

P : トラック1後輪荷重 (= 98.00kN)

c) 土圧の荷重分布

一般埋設管と同じ土圧の荷重分布を用いる (「5-2 管厚計算」参照)。

d) 土かぶりおよび路面荷重による曲げ応力

土かぶりおよび路面荷重による土圧により管体に発生する曲げ応力は、管頂および管底について計算し大きい方の値を採用する。

管頂に発生する曲げ応力

$$\sigma_{b1} = \frac{6 \cdot (K_{f1} \cdot W_f + K_{t1} \cdot W_t) \cdot r^2}{t^2} \quad \text{式 6-3-5-13}$$

管底に発生する曲げ応力

$$\sigma_{b2} = \frac{6 \cdot (K_{f2} \cdot W_f + K_{t2} \cdot W_t) \cdot r^2}{t^2} \quad \text{式 6-3-5-14}$$

σ_b は σ_{b1} 、 σ_{b2} のいずれか大きい方を採用する。

ここに、 σ_b : 土かぶりおよび路面荷重による曲げ応力 (kN/m²)

σ_{b1} : 土圧により管頂に発生する曲げ応力 (kN/m²)

K_{f1} : 土かぶりによる管頂の曲げモーメント係数 (= 0.108)

K_{t1} : 路面荷重による管頂の曲げモーメント係数 (= 0.076)

σ_{b2} : 土圧により管底に発生する曲げ応力 (kN/m²)

K_{f2} : 土かぶりによる管底の曲げモーメント係数 (= 0.122)

K_{t2} : 路面荷重による管底の曲げモーメント係数 (= 0.011)

3) 合計応力

内圧による引張応力と土圧による曲げ応力に0.7を乗じて引張応力に換算したものにそれぞれ規定の安全率を見込んで足し合わせたものを合計応力とする。

$$\sigma = \sigma_t + 0.7 \cdot S_{f5} \cdot \sigma_b \leq \sigma_0 \quad \text{式 6-3-5-15}$$

ここに、 σ : 合計応力 (kN/m²)

S_{f5} : 外圧に対する安全率 (=2.0)

② 外水圧、土かぶりおよび路面荷重による土圧が同時に作用する場合

施工直後や管内の水を抜いた場合など管内に水がなく内圧がかからない場合で、外水圧、土かぶりおよび路面荷重による土圧が同時に作用するものとして検討を行う。

1) 外水圧による引張応力

a) 外水圧による荷重

外水圧による荷重は次式で表される。

$$P_w = \gamma_w \cdot H_w \quad \text{式 6-3-5-16}$$

$$P_{w1} = P_w \quad \text{式 6-3-5-17}$$

$$P_{w2} = \gamma_w (H_w + D_2) \quad \text{式 6-3-5-18}$$

ここに、 P_w : 管頂部に発生する鉛直方向水圧 (kN/m²)

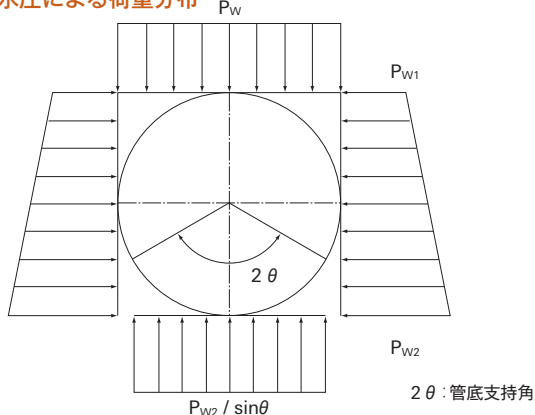
γ_w : 水の単位体積重量 (10kN / m³)

P_{w1} : 管頂部に発生する水平方向水圧 (kN/m²)

P_{w2} : 管底部に発生する水平方向水圧 (kN/m²)

D_2 : 外径 (m)

●図表6-3-5-3 外水圧による荷重分布



b) 外水圧による曲げ応力

$$\sigma_w = \frac{M_w}{Z} \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-19}$$

管体に発生する曲げモーメント M_w は M_{w1} 、 M_{w2} の大きい方を採用する。

管頂部に発生する曲げモーメント

$$M_{w1} = P_w \cdot r^2 \left[\frac{1}{\pi} \left(\frac{\theta}{4 \sin \theta} + \frac{3}{4} \cos \theta + \frac{\theta}{2} \sin \theta + \frac{1}{3} \cos^2 \theta \right) - \frac{1}{8} \right] - \frac{r^2}{48} (7P_{w1} + 5P_{w2}) \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-20}$$

管底部に発生する曲げモーメント

$$M_{w2} = P_w \cdot r^2 \left[\frac{1}{\pi} \left(\frac{\theta}{4 \sin \theta} + \frac{3}{4} \cos \theta + \frac{\theta}{2} \sin \theta - \frac{1}{3} \cos^2 \theta \right) + \frac{3}{8} - \frac{1}{2} \sin \theta \right] - \frac{r^2}{48} (7P_{w1} + 5P_{w2}) \dots\dots\dots \text{式 6-3-5-21}$$

ここに、 σ_w : 外水圧により管に発生する曲げ応力 (kN/m²)

M_w : 管体に発生する曲げモーメント (kN・m)

Z : 単位長さ当たりの断面係数 (m³)

$$Z = \frac{b \cdot t^2}{6}$$

b : 単位長さ (1.0m)

M_{w1} : 管頂部に発生する曲げモーメント (kN・m)

M_{w2} : 管底部に発生する曲げモーメント (kN・m)

r : 管半径 $\left(= \frac{D}{2} \right)$ (m)

D : 呼び径 (m)

θ : 管底支持角 / 2 (rad)

2) 土圧による曲げ応力

土圧により管体に発生する曲げ応力 σ_b は、式 6-3-5-13、14 を用い管頂発生応力 σ_{b1} および管底発生応力 σ_{b2} について計算し、大きい方の値を採用する。

3) 合計応力

外水圧および土圧による発生応力は、外水圧および土圧による曲げ応力にそれぞれ0.7を乗じて引張応力に換算し、規定の安全率を見込んで足し合わせたものを合計応力とする。

$$\sigma_w \cdot 0.7 \cdot S_{15} + \sigma_b \cdot 0.7 \cdot S_{15} \leq \sigma_0 \quad \text{式6-3-5-22}$$

③ たわみ率に対する安全性検討

土かぶりおよび路面荷重によるたわみ率を求める。

合計たわみ量

$$\delta = \delta_f + \delta_t \quad \text{式6-3-5-23}$$

たわみ率

$$R_b = \frac{\delta}{D} \times 100 \leq 3\% \quad (\text{設計たわみ率}) \quad \text{式6-3-5-24}$$

ここに、 δ : 合計たわみ量 (m)

R_b : たわみ率 (%)

δ_f : 土かぶりによる土圧によるたわみ量 (m)

$$\delta_f = k_f \frac{W_f \cdot r^4}{E \cdot I}$$

k_f : 土かぶりに対するたわみ係数 (=0.070)

I : 断面二次モーメント (管長1m当たり)(m^3)

$$I = \frac{t^3}{12}$$

δ_t : 路面荷重による土圧によるたわみ量 (m)

$$\delta_t = k_t \frac{W_t \cdot r^4}{E \cdot I}$$

k_t : 路面荷重に対するたわみ係数 (=0.030)

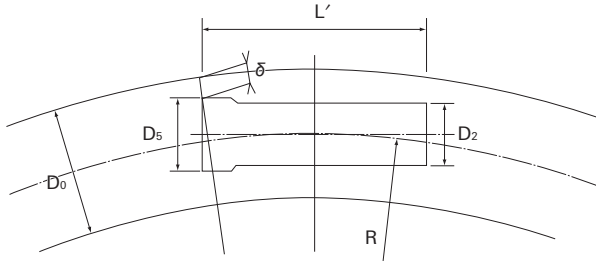
④ 充填圧に対する検討

トンネルを永久構造物として扱う場合と同じ式6-3-5-4を適用する。

6-3-6 曲線部の配管検討

1 通過検討

●図表6-3-6-1 曲線部通過時の管の位置



曲線部を通過可能な管長は次式により求める。

$$\left(R + \frac{D_0}{2} - \delta\right)^2 = \left(R + \frac{D_5}{2}\right)^2 + \left(\frac{L'}{2}\right)^2$$

これより、

$$L' = 2 \sqrt{\left(R + \frac{D_0}{2} - \delta\right)^2 - \left(R + \frac{D_5}{2}\right)^2}$$

ここに、 R : トンネルの曲率半径 (m)

D_0 : トンネルの内径 (m)

δ : 余裕代 (0.1m程度を目安とする)

D_5 : 管の受口外径 (m)

L' : 管の全長 = $L + P - Y$ (m)

L : 管の有効長 (m)

P : 管の受口の呑込み寸法 (m)

Y : 継手の胴付寸法 (m)

2 直管または切管による曲線配管

曲線部の配管に用いる管の長さを次式により求め、管の有効長以上の場合は直

管を用い、有効長未満の場合は切管を用いる。ただし、切管長が最小切管寸法より短い場合、切管が短く不経済な場合には曲管との組合せを検討する。

$$L = 2R \tan \frac{\theta_a}{2}$$

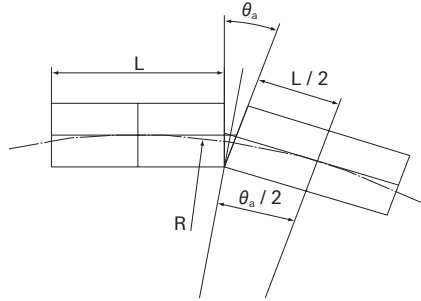
●図表6-3-6-2 直管または切管による曲線配管

ここに、L : 配管可能な管の有効長 (m)

R : トンネルの曲率半径 (m)

θ_a : 設計曲げ角度 $\left(= \frac{\theta}{2} \right)$

θ : 許容曲げ角度 (°)



3 曲管との組合せ検討

曲管を組み合わせて配管する場合、曲管に挟まれる管の有効長は次式により求める (内接させる場合)。

$$N = L + L_1 + L_2$$

$$N = 2R \sin \left(\frac{\phi}{2} \right)$$

$$L = 2R \sin \left(\frac{\phi}{2} \right) - (L_1 + L_2)$$

ここに、L : 管の有効長 (m)

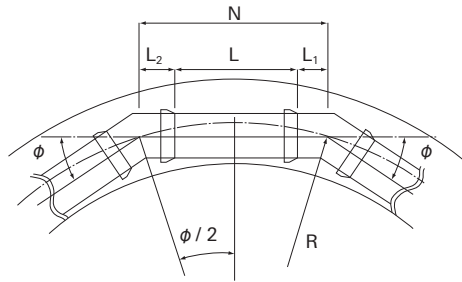
L_1 : 曲管の L_1 寸法 (m)

L_2 : 曲管の L_2 寸法 (m)

R : トンネルの曲率半径 (m)

ϕ : 曲管角度 (°)

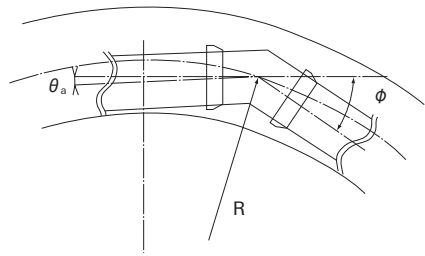
●図表6-3-6-3 曲管との組合せ配管



曲管の間の切管長が極端に短くなる場合や長くなる場合は、継手を屈曲させ切管長を調整する。この場合、管の有効長は以下の式で算出する。

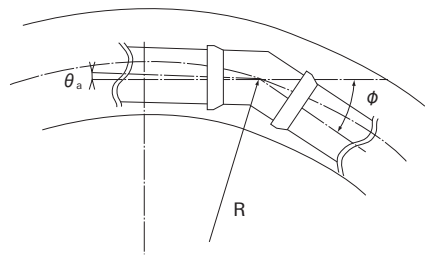
$$L = 2R \sin \left(\frac{\phi}{2} + \theta_a \right) - (L_1 + L_2)$$

●図表6-3-6-4 継手を曲げて内振りする場合の配管



$$L = 2R \sin \left(\frac{\phi}{2} - \theta_a \right) - (L_1 + L_2)$$

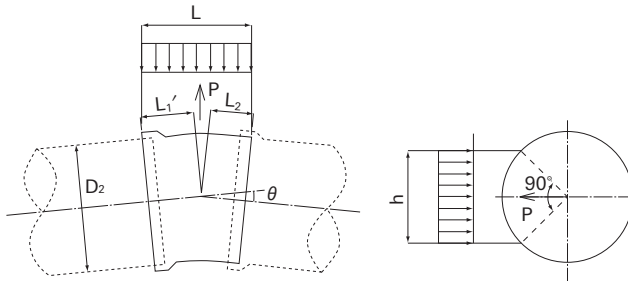
●図表6-3-6-5 継手を曲げて外振りする場合の配管



6-3-7 不平均力に対する安全性検討

曲管に働く不平均力は、曲管背面部分とトンネルの間の充填材の圧縮力で抵抗するものとする。

●図表6-3-7-1 曲管背面の投影長さおよび投影高さ



曲管の投影長さL、投影高さhは次式により表される。

$$L = \left[(L_1' + L_2) \cos \frac{\theta}{2} + 2 \cdot \frac{D_2}{2} \sin \frac{\theta}{2} \right]$$

$$h = 2 \cdot \frac{D_2}{2} \sin \frac{90^\circ}{2}$$

- ここに、 P : 曲管部に作用する不平均力 (kN)
 L : 曲管の管軸方向投影長さ (m)
 L₁' : 曲管の受口側の長さ = L₁ + P - Y (m)
 L₁ : 曲管のL₁寸法 (m)
 P : 曲管の呑込み寸法 (m)
 Y : 曲管の胴付寸法 (m)
 L₂ : 曲管のL₂寸法 (m)
 D₂ : 管外径 (m)
 θ : 曲管角度 (°)
 h : 曲管の管軸直角方向投影高さ (m)

曲管背面のエアモルタルに作用する応力σ_m

$$\sigma_m = \frac{P}{A} < \sigma_{m0}$$

ここに、 σ_m : エアモルタルに作用する応力 (kN/m²)

P : 曲管部に作用する不平均力 (kN)

$$P = 2PA_0 \sin \frac{\theta}{2}$$

P : 設計水圧 (kN/m²)

A₀ : 管の断面積 $\left(= \frac{\pi}{4} D_2^2 \right)$ (m²)

A : 曲管投影面積 (m²)

$$A = L \cdot h$$

σ_{m0} : エアモルタルの許容圧縮強度 (kN/m²)

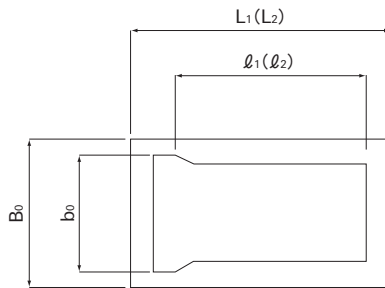
エアモルタルがトンネルとダクタイル鉄管の間に隙間なく充填されていて、エアモルタルに作用する圧縮応力がエアモルタルの許容圧縮強度よりも小さければ、曲線部の不平均力に対しては十分安全である。なお、本検討以外に力が伝達されたセグメントの強度については別途検討が必要である。

6-3-8 立坑

1 管の吊下スペース

門型クレーンまたはトラッククレーンなどを使用して管を立坑内へ吊り下ろす。管を吊り下ろす際に必要な最小スペースの目安を図表6-3-8-1に示す。なお、形状・寸法については、管の吊下しに必要なスペースであり、立坑内には運搬台車およびバッテリー機関車等の待機スペースが必要な場合や、吊下しに支障となる切梁、腹起し、火打ち等の鋼材が設置されている場合などがあるため、現場の状況に合わせた検討が必要である。

●図表6-3-8-1 立坑の吊下しスペース



(単位：mm)

呼び径	管の寸法			吊下しスペース		
	受口外径 b_0 ^{注1}	管長 l_1	管長 l_2	最小幅 B_0 ^{注2}	最小長さ L_1 ^{注2}	最小長さ L_2 ^{注2}
700	759.2 ^{注3}	4000	6000	1800	5200	7200
800	862.8 ^{注3}	4000	6000	1900	5200	7200
900	966.4 ^{注3}	4000	6000	2000	5200	7200
1000	1183	4000	6000	2200	5200	7200
1100	1288	4000	6000	2300	5200	7200
1200	1390	4000	6000	2400	5200	7200
1350	1546	4000	6000	2500	5200	7200
1500	1705	4000	6000	2700	5200	7200
1600	1805	4000	5000	2800	5200	6200

呼び径	管の寸法			吊下しスペース		
	受口外径 b_0 ^{注1}	管長 l_1	管長 l_2	最小幅 B_0 ^{注2}	最小長さ L_1 ^{注2}	最小長さ L_2 ^{注2}
1650	1856	4000	5000	2800	5200	6200
1800	2003	4000	5000	3000	5200	6200
2000	2220	4000	5000	3200	5200	6200
2100	2326	4000	5000	3300	5200	6200
2200	2445	4000	5000	3500	5200	6200
2400	2630	4000	5000 ^{注4}	3700	5300	6300
2600	2874	4000	5000 ^{注4}	3900	5300	6300

注1 US形の受口外径 D_5 とした。

注2 B_0 は b_0 に、 L_1 は l_1 に、 L_2 は l_2 に対応した寸法である。

注3 呼び径700～900はPN形(JP方式及びCP方式)の受口外径とした。

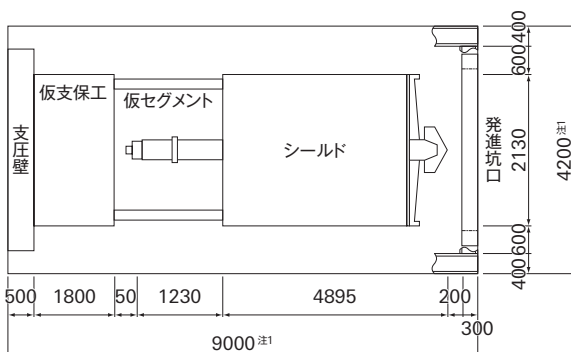
注4 4種管のみである。

2 発進・到達立坑寸法

発進立坑は、シールド工法や推進工法に必要な寸法および配管に必要な寸法を考慮して決定する。到達立坑は、掘削機械の撤去や配管に必要な寸法を考慮して決定する。詳細な発進立坑の寸法は、シールド工法技術協会および日本下水道管渠推進技術協会の技術資料に掲載されている。

① シールド工法

●図表6-3-8-2 泥水加压シールド工法の事例(セグメント外径2000mm)

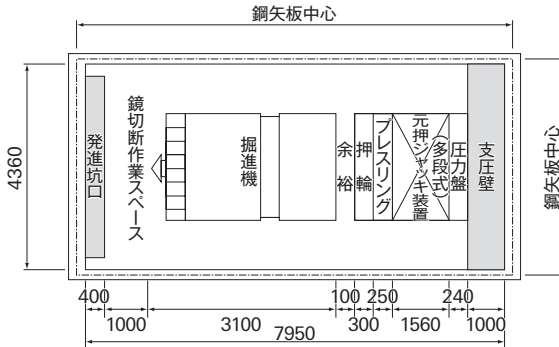


注1 立坑寸法は切り上げて決定している。

『泥土加压シールド工法—技術資料—』(シールド工法技術協会)より

② 推進工法

● 図表6-3-8-3 ヒューム管推進工法の事例（呼び径2000）

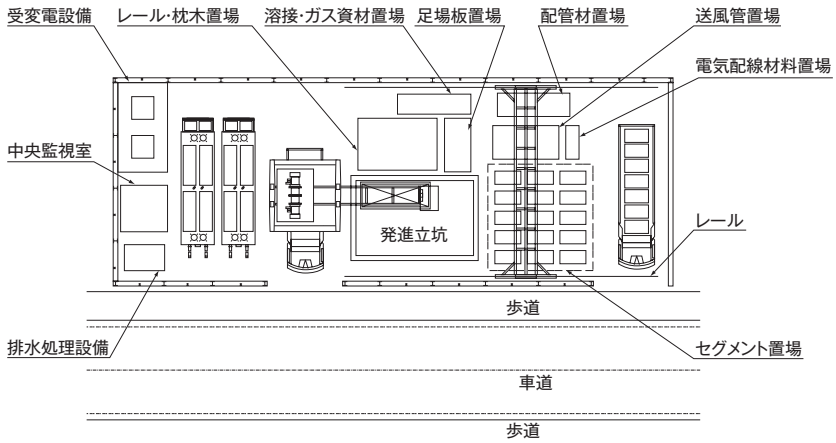


『推進工法体系Ⅰ 推進工法技術編（2013年版）』（日本下水道渠推進技術協会）より

3 発進立坑基地の占有スペース

発進基地の占有スペースはシールド（さや管）呼び径や施工場所の環境条件を考慮して決定する。参考に発進基地図の例を図表6-3-8-4に示す。

● 図表6-3-8-4 発進基地の配置例（参考）



『泥土加圧シールド工法—技術資料—』（シールド工法技術協会）より

発進基地の用地面積は、セグメント、レール、裏込め材、作泥土材、枕木等の材料、注入プラント、土砂ホッパー、発生土改良設備等の坑外設備、作業員休憩所、運転管理室、現場詰所等が設置できる広さとする。

発進基地の必要面積は、基地用地の形状、車両出入り口、近接構造物等の立地条件により異なるので計画に当たっては十分検討する必要があるが、一般的には図表6-3-8-5に示す程度である。

●図表6-3-8-5 [参考] 発進用地標準面積

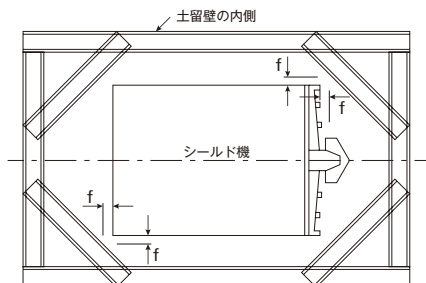
セグメント外径(mm)	標準面積(m ²)
1000~1650	500以下
1800~2350	600
2550~2950	700
3150~3550	800
3800~4300	900
4550~5100	1100
5400~6000	1300
6300~7250	1500
7600~8650	1800

〔泥土加圧シールド工法—技術資料—〕(シールド工法技術協会)より(改変)

4 到達立坑の寸法

到達立坑の寸法は、シールド機を引き上げる場合の最小スペースとするが、寸法の決定に当たっては立坑内配管を考慮する。

●図表6-3-8-6 到達立坑の寸法



6-3-9 シールド内配管

1 施工手順

●図表6-3-9-1 シールド内配管の施工手順

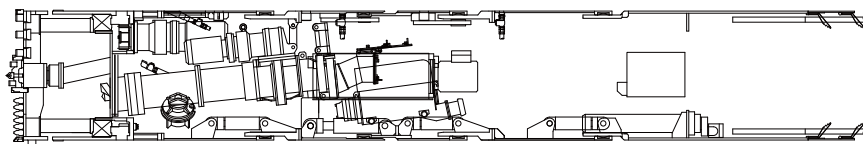


2 使用機材

① シールド機

シールド機はカッターヘッドの変更で普通土から岩盤まで幅広い土質に対応が可能である。シールド機(泥土圧式)の例およびカッターヘッドの例を示す。

●図表6-3-9-2 シールド機およびカッターヘッドの例



普通土用

普通土、砂用

軟岩・中硬岩用

硬岩用

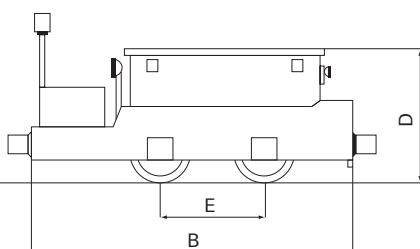
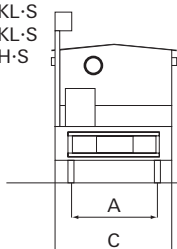


「技術資料」(クボタ工建)より

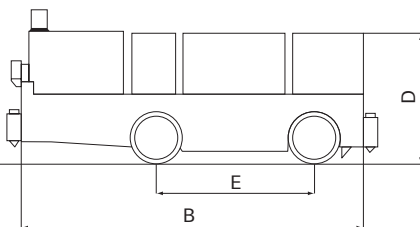
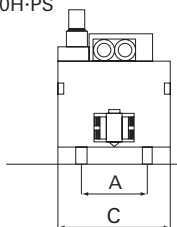
② バッテリー機関車

●図表6-3-9-3 バッテリー機関車の仕様(US形、U形用)例

TBL-255KL-S
TBL-510KL-S
TBL-600H-S



TBL-2140H-PS



項目	型式				
	TBL-255KL-S	TBL-510KL-S	TBL-600H-S	TBL-2140H-PS	
公称重量 (t)	2.1	3.1	2.3	5	
定格速度 (km/h)	5	5	6	9 / 3.5 ^{注1}	
定格牽引力 (kN) ^{注2}	2.5	5	5.9	9.4 / 21 ^{注1}	
主要寸法 (mm)	ゲージ (A)	508・610	508・610・762	508・610	610・762
	車体全長 (B)	2320	2320	2050	3765
	車体全幅 (C)	730	790	730	990
	車体全高 (D)	940	940	1112	1585
	ホイールベース (E)	700	700	635	1710

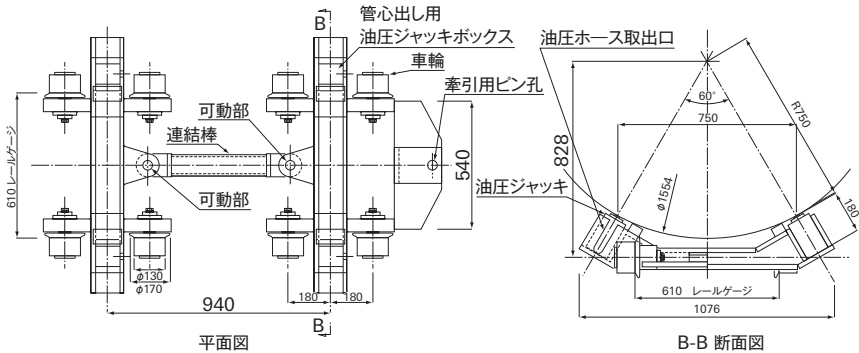
注1 左右の数値は、平坦な場合と急勾配の場合を示す。

注2 カタログの定格索引力 (kg) を換算した。

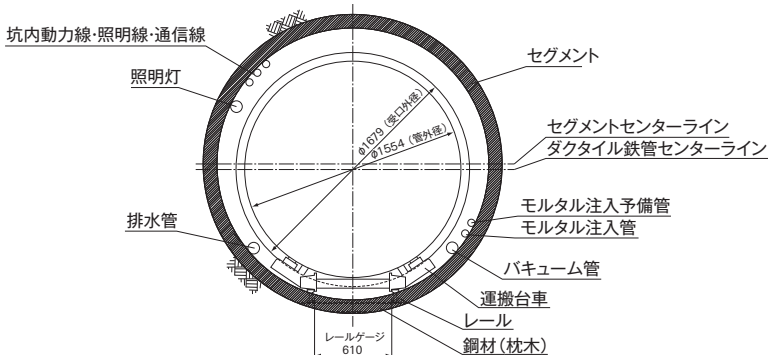
備考 PN形 (CP方式) の場合には、特殊なバッテリー機関車を使用する。

3 運搬台車

● 図表6-3-9-4 運搬台車の構造 (US形、U形用) 例



● 図表6-3-9-5 運搬台車の搬入時の断面例 (US形呼び径1500)

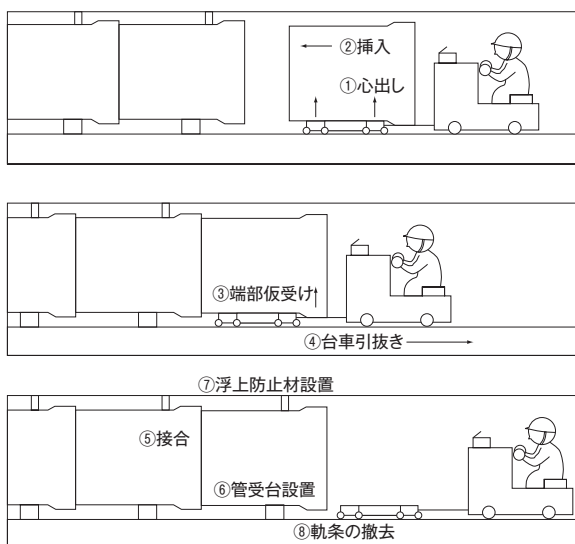


3 配管手順

配管する際の手順を以下に示す。

- ①すでに配管した管の受口(または挿し口)に、管運搬台車に載せた管を4本のジャッキで心出しを行い挿入する。
- ②台車引抜き用ジャッキでダクタイル鉄管を押し上げて仮受けし、台車を引き抜く。
- ③ジャッキで微調整しながら管を正規の位置にセットし接合を行う。
- ④充填時の浮上防止材を設置して管を固定する。

●図表6-3-9-6 配管手順



札幌市水道局 U形 呼び径1800

『ダクタイル鉄管』第87号
(日本ダクタイル鉄管協会、2010年)より

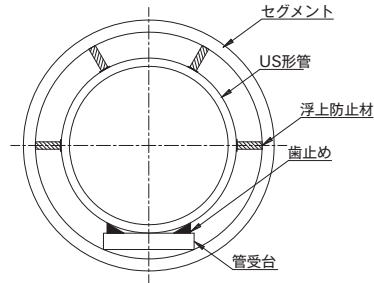


大阪広域水道企業団 U形 呼び径2400(接合)

『ダクタイル鉄管』第94号
(日本ダクタイル鉄管協会、2014年)より

管受台(H形鋼100×100)に本管を仮設置した後、上下左右のクリアランスを測定し、歯止めによる転び止めで設計位置に本管を設置する。本管の設置位置確定後、浮力防止材を設置して管を固定する。

●図表6-3-9-7 管受台と浮力防止の例



4 水圧試験

トンネル内配管に使用する管は一般的には大口径であり、立坑間の1スパンの延長が長く、充水・排水の水量が多くなるため、充水試験は現実的に難しい。このため、図表6-1-13-7.8に示すテストバンドを用い、管内面から継手部のみに水圧を負荷して水圧試験を行うのが一般的である。テストバンドによる試験は水圧0.5MPaを負荷して5分経過後に0.4MPa以上保持すれば合格とする(『水道施設設計指針 2012』〈日本水道協会〉参照)。この試験水圧については、継手のゴム輪のセルフシール効果を確認するものであり、セルフシール効果が機能していれば継手部は直管の保証水圧*1まで水密性を保持することができる。なお、水圧試験時にはトンネル内から反力をとるなどして管を固定し、継手部が水圧で抜け出すのを防ぐ必要がある。詳細な水圧試験方法については「6-1-13 水圧試験」を参照のこと。

*1 保証水圧は管の破裂水圧の70%であり、正規に接合された継手部の保証水圧も管と同様である(JWWA G113-114-2004)。

5 トンネルと新設管の間隙の充填工

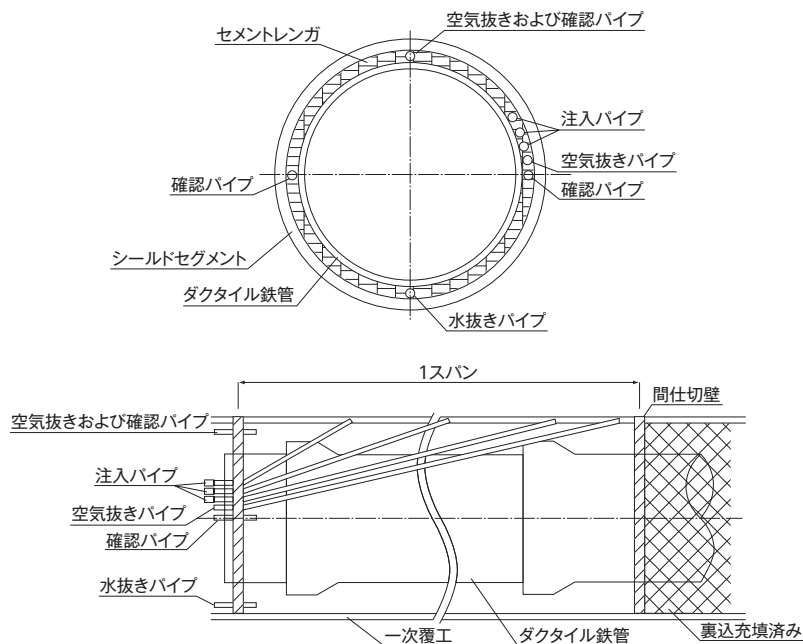
① 充填材

充填材(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など)は、新設管とトンネルとの間隙の大きさ、後述する充填方法など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。また、充填に使用する材料の強度はトンネル周囲の地盤強度と同程度でよく、一般的に圧縮強度0.5～1.5 N/mm²程度のものが使われる。

② 充填工

トンネルと新設管の間にセメントレンガなどで壁を設置し、注入パイプ、空気抜きパイプを設けてグラウトポンプで充填する。空気抜きパイプから充填材が流出した時点で完了とする。

●図表6-3-9-8 充填工概要図



③ 充填圧の管理

管充填時には管に充填圧が作用するので、許容座屈圧力以上にならないように管理をする。許容座屈圧力の計算式は式6-3-5-4を参照のこと。充填圧は通常0.1MPa～0.2MPaであるが、以下の場合などは充填圧に対して注意が必要である。

- ・ 区間当たりの充填距離が長く、高低差が大きい区間の場合
- ・ ダクタイル鉄管以外の鋼管が部分的に使用されている場合

また、許容座屈圧力以上の充填圧が作用する可能性がある場合には、数回に分けて充填材を注入するなどして許容座屈圧力以上にならないような施工管理が必要である。

6-4

推進工法

推進工法は19世紀末ごろに米国の鉄道横断工事で最初に採用された。日本では、戦後の1948(昭和23)年に軌道下横断工事として、呼び径600のさや管工事が採用されたのが最初という報告がある。その後、道路交通事情や埋設物などの関係で開削工法が困難な場合の非開削工法として用いられてきた。

また開削工法と比較して、騒音、振動、粉じんの低減、住民への影響の軽減など環境上も優れていることから、ダクタイトイル鉄管の推進工法は1970(昭和45)年ごろから数多く採用されてきたが、最近ではヒューム管による推進技術が向上し、長距離、カーブ推進が可能になり、ヒューム管をさや管として、ダクタイトイル鉄管を本管として挿入または持込みによる配管工法が増えてきている。

詳細については以下の技術資料を参照のこと。

- ・「ダクタイトイル鉄管による推進工法 JDPA T33」(日本ダクタイトイル鉄管協会)
- ・「JDPA G 1029 推進工法用ダクタイトイル鑄鉄管」(日本ダクタイトイル鉄管協会)
- ・「JSWAS G-2 下水道推進工法用ダクタイトイル鑄鉄管」(日本下水道協会)
- ・『推進工法体系Ⅰ』(日本推進技術協会、2016年)
- ・『推進工法体系Ⅱ』(日本推進技術協会、2016年)

6-4-1 推進工法用ダクタイトイル鉄管

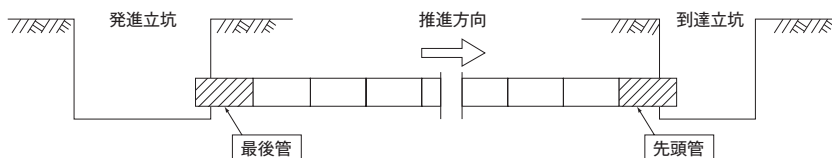
1 種類

推進工法用ダクタイトイル鉄管にはT形、U形、US形の3種類がある。これらはいずれも管の外面を鉄筋コンクリートで巻くことによって、直管受口の凸部をなくし、管外面を平滑にし、推進抵抗力が小さくなるようにしたものである。詳しくは「3-8 推進工法用の継手」を参照のこと。

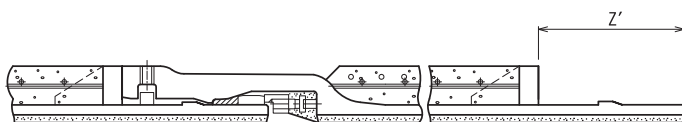
2 挿し口の接合形式によるZ'寸法

推進管路の両端は、接合形式によって、先頭管の挿し口、最後管の受口の形状が変わる場合がある。先頭管の挿し口のZ'寸法は、接続する接合形式によって変更する必要がある。

●図表6-4-1-1 先頭管、最後管



●図表6-4-1-2 Z'寸法の例 (US形推進管<LS方式>)



Z'寸法は、推進管挿し口端部から外装(フランジ)までの寸法である。

●図表6-4-1-3 挿し口部のZ'寸法

(単位：mm)

呼び径	先頭管 挿し口の接合形式		標準管、最後管 挿し口の接合形式			
	NS形以外	NS形	T形	U形	UF形	US形
250	250	400	109	—	—	—
300	300	400	110	—	—	—
350	300	400	125	—	—	—
400	300	400	125	—	—	—
450	300	400	125	—	—	—
500	300	500	130	—	—	—
600	330	500	135	—	—	—
700	360	500	150	—	—	—
800	360	500	—	160	180	300
900	360	500	—	160	180	300
1000	380	530	—	165	185	325
1100	380	—	—	165	185	325
1200	380	—	—	165	185	325

呼び径	先頭管 挿し口の接合形式		標準管、最後管 挿し口の接合形式			
	NS形以外	NS形	T形	U形	UF形	US形
1350	420	—	—	175	195	345
1500	420	—	—	180	200	370
1600	440	—	—	180	200	350
1650	440	—	—	180	200	350
1800	480	—	—	180	200	350
2000	530	—	—	185	205	375
2100	590	—	—	190	210	385
2200	590	—	—	195	215	395
2400	640	—	—	205	225	415
2600	700	—	—	265	280	430

6-4-2 推力に対する抵抗力

推進工法用ダクタイル鉄管の推力に対する抵抗力を図表6-4-2-1に示す。

●図表6-4-2-1 管厚の種類別許容抵抗力 (T形、U形、UF形、US形) ^{注1,2}

(単位：kN)

呼び径	管厚の種類					
	1種管	2種管	3種管	4種管	5種管	PF管種
250	1670	—	1470	—	—	—
300	2060	—	1770	—	—	—
350	2450	—	1770	—	—	—
400	2840	2450	2160	—	—	—
450	2840	2840	2450	—	—	—
500	3730	3300	2840	—	—	—
600	3730	3730	3730	3330	2450	—
700	6570	5790	4810	3730	2840	—
800	6570	6570	5790	4810	3730	7550
900	6570	6570	6570	5790	4220	8530
1000	9020	9020	8040	6860	5200	6960
1100	9020	9020	9020	8040	5790	7650

呼び径	管厚の種類					
	1種管	2種管	3種管	4種管	5種管	PF管種
1200	9020	9020	9020	8630	6280	8340
1350	9020	9020	9020	9020	7450	15890
1500	12360	12360	12360	12360	9320	17650
1600	12360	12360	12360	12360	10000	14910
1650	12360	12360	12360	12360	10690	15400
1800	12360	12360	12360	12360	12160	16670
2000	16870	16870	16870	16870	15400	18630
2100	16870	16870	16870	16870	16820	22560
2200	16870	16870	16870	16870	16870	27950
2400	16870	16870	16870	16870	16870	38150
2600	23240	23240	23240	23240	23240	41680

注1 管厚は、許容差内最小管厚として計算した。数値は推力を管に均等に作用させ、真っすぐに推進した場合の値である。

注2 曲線推進は、U形、US形(LS方式)のみ適用可能である。曲線推進での許容抵抗力は、表以下の値になり、曲線の概要や延長によって施工できない場合があるので、検討が必要になる。

6-4-3 推進工事

1 調査

調査の目的は路線、立坑位置、管の埋設深さ、施工方法、補助工法などを決定するための資料を得ること、かつ工事を安全で経済的に実施することである。

調査は立地条件調査、支障物件調査、地形および地盤調査、環境保全のための調査に大別できる。調査結果は推進工法採用の可否、推進工法のルート選定および線形などの計画・設計、施工方法や環境保全対策などの検討、そして工事完成後は維持管理のための資料ともなるので、このことを十分に考慮して調査を行わなければならない。

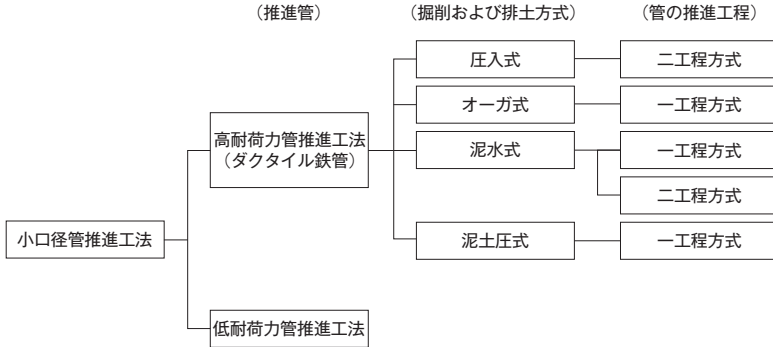
2 推進工法の選定

推進工法は切刃の構造、掘削方法、土砂処理方法などにより分類される。

① 小口径管推進工法（呼び径700以下）

推進工法用ダクタイル鉄管での小口径管推進工法は、高耐荷力管推進工法と低耐荷力管推進工法に大別され、高耐荷力管推進工法はさらに掘削および排土方式、管の推進工程により細分類される。

●図表6-4-3-1 小口径管推進工法の分類（T形）

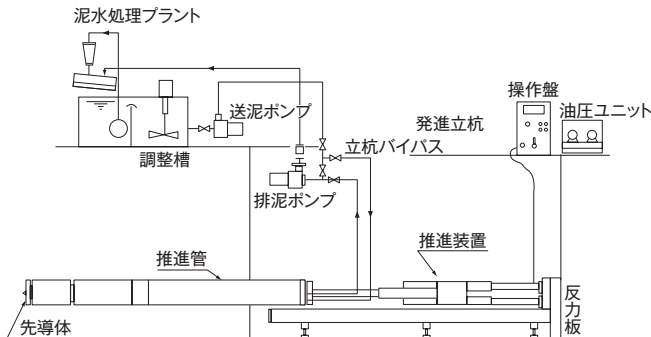


1) 泥水式

泥水式は先導体のカッタチャンバ内を泥水で満たし、その泥水圧を切羽面に作用する土圧および水圧に見合う圧力に保持することにより切羽の安定を図る。掘削土は泥水と混合し排泥水として坑外へ流体輸送される。排泥水は坑外に設けた泥水処理設備により土砂と泥水に分離され、泥水は送泥水として再び切羽に送られる。推進工程には一工程方式と二工程方式とがある。

適用土質の範囲は粘性土、砂質土、砂礫土であり、粗石・巨石、軟岩・中軟岩対応の専用機もある。最大推進延長の目安は一工程方式で標準管の場合、120～160m程度である。

●図表6-4-3-2 泥水式（一工程方式の例）

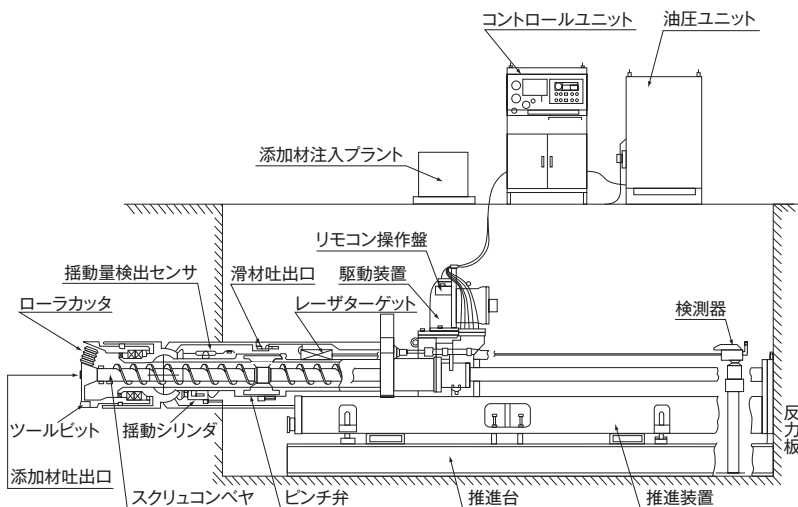


2) 泥土圧式

泥土圧式は先導体のカッタチャンバ内を泥土で満たし、その泥土の圧力を切羽面に作用する土圧および水圧に見合う圧力に保持することにより切羽の安定を図る。掘削土(泥土)は、ピンチ弁または圧送排土ゲートの開閉により、排土量を調整しながら排出される。管の推進工程は一工程方式である。

適用土質の範囲は粘性土、砂質土、砂礫土であり、粗石・巨石まで対応することができる。最大推進延長の目安はスクリュ排土方式で標準管の場合、60～80m程度である。また圧送排土方式および吸引排土方式で標準管の場合は140～160m程度である。

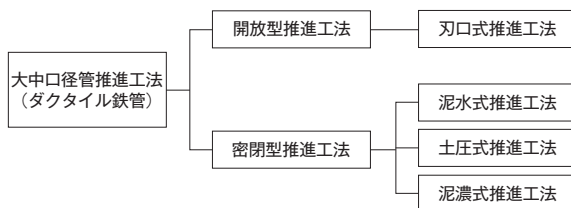
●図表6-4-3-3 泥土圧式(一工程方式・スクリュ排土方式)



② 大口径管推進工法(呼び径800以上)

大口径管推進工法は切羽が自立している場合に用いられる開放型推進工法と地下水圧と土圧に対抗して推進するため各種の機能を備えた密閉型推進工法がある。

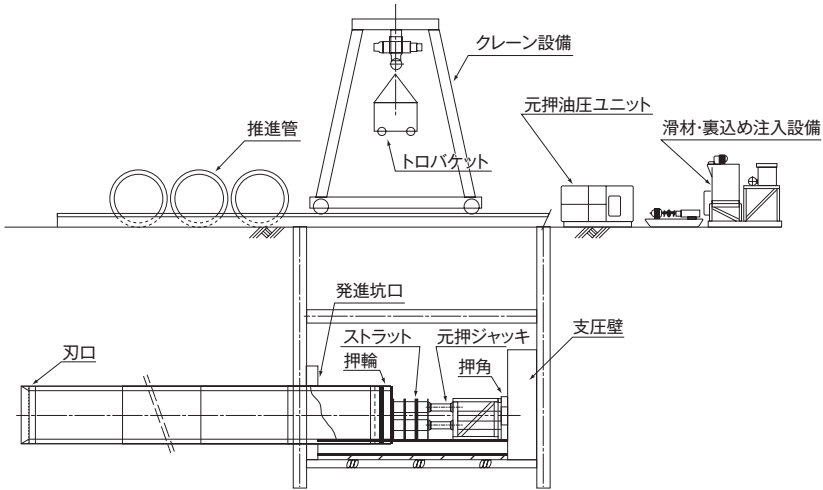
●図表6-4-3-4 大口径管推進工法の種類(U形、UF形、US形)



1) 刃口式推進工法

刃口式推進工法は推進管の先端に刃口を装着し、立坑に設けた元押ジャッキの推進力により推進管を地中に圧入して管渠を構築する工法である。本工法は切羽からの出水がなく、自立していることが必要条件であり、各種の補助工法を用いることが多い。切羽の掘削は人力による場合がほとんどである。

●図表6-4-3-5 刃口式推進工法

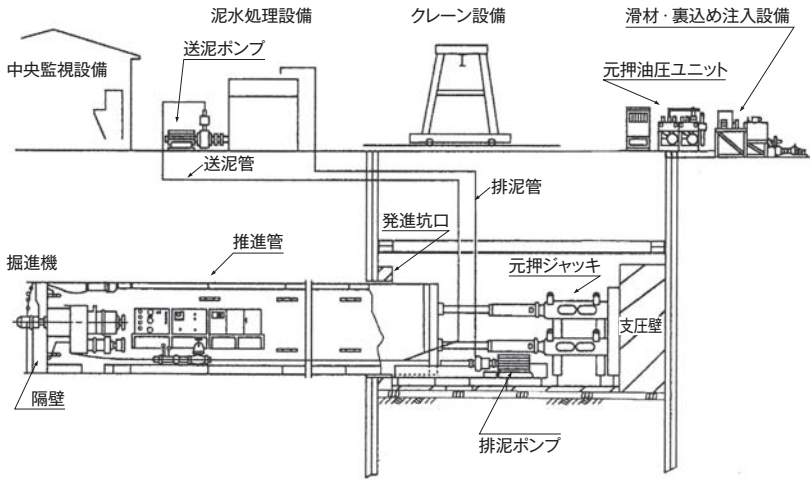


2) 泥水式推進工法

泥水式推進工法は切羽と隔壁間のカタチャンバ内を泥水で満たし、切羽面に作用する土圧および水圧に見合う圧力に保持することにより切羽の安定を図り、カタヘッドで掘削しながら立坑に設けた元押ジャッキの推進力により推進管を地中に圧入して管渠を構築する工法である。

掘削土は泥水と混合して排泥水として坑外へ流体輸送され、排泥水は坑外に設けた泥水処理設備により土砂と泥水に分離される。泥水は送泥水として再び切羽へ送られ、送泥水、排泥水の管路系統は循環回路になっている。適用土質の範囲は、粘性土(N値10未満)、砂質土(N値50未満)、砂礫土(礫含有率30%以上80%未満)、硬質土(一軸圧縮強度 $200\text{MN}/\text{m}^2$ 未満)である。

●図表6-4-3-6 泥水式推進工法

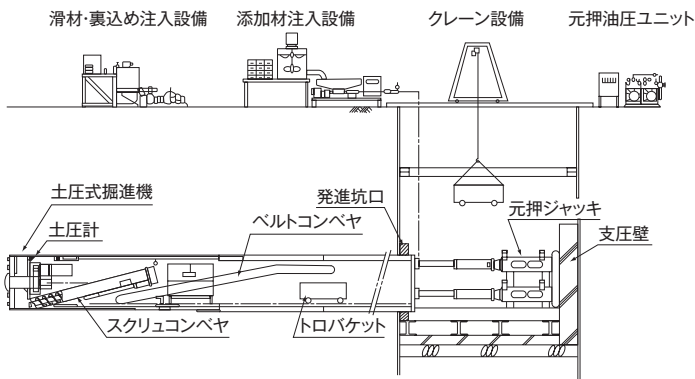


3) 土圧式推進工法

土圧式推進工法は切羽と隔壁間のカタチャンバ内およびスクリュコンベヤ内を掘削土砂あるいは土砂(泥土)で満たし、その土砂(泥土)の圧力を切羽面に作用する土圧および水圧に見合う圧力に保持することにより切羽の安定を図り、カッターヘッドで掘削しながら立坑に設けた元押ジャッキの推進力により推進管を地中に圧入して管渠を構築する工法である。

掘削土は連続的に排出され、土砂はトロバケット、圧送ポンプあるいは吸引装置により坑外に搬出される。適用土質の範囲は粘性土(N値10未満)、砂質土(N値50未満)、砂礫土(礫含有率30%以上80%未満)、硬質土(一軸圧縮強度200MN/m²未満)である。

●図表6-4-3-7 土圧式推進工法

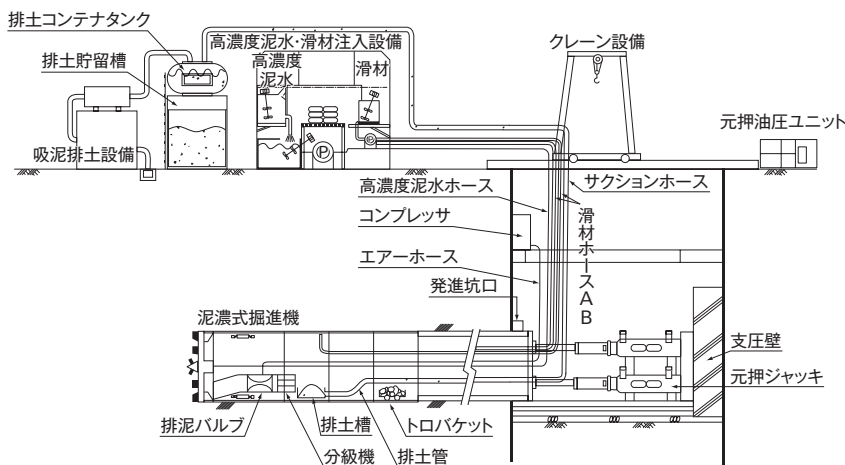


4) 泥濃式推進工法

泥濃式推進工法は切羽と隔壁間のカタチャンバ内を掘削土砂と高濃度泥水と攪拌混合した土砂(泥土)で満たし、切羽面に作用する土圧および水圧に見合う圧力に、泥土の圧力を保持することにより切羽の安定を図り、カッターヘッドで掘削しながら立坑に設けた元押ジャッキの推進力により推進管を地中に圧入して管渠を構築する工法である。

掘削土は間欠的に排土槽へ排出される。排土は搬送可能な粒径以下に分級され、吸引力により坑外へ搬出される。適用土質の範囲は粘性土(N値10未満)、砂質土(N値50未満)、砂礫土(礫含有率30%以上80%未満)、硬質土(一軸圧縮強度200MN/m²未満)である。

●図表6-4-3-8 泥濃式推進工法



6-4-4 推進時の留意点

1 アダプタの取付け

推進装置は一般にヒューム管または鋼管を対象として開発されたもので、ダクトイル鉄管と管の外径が異なるので、アダプタを推進機に取り付けて推進する必要がある。ダクトイル鉄管とヒューム管の推進管の外径を図表6-4-4-1に示す。

●図表6-4-4-1 推進工法用ダクタイル鉄管とヒューム管の外径

(単位：mm)

呼び径 ^{注1}	外径D ₅		呼び径 ^{注1}	外径D ₅	
	ダクタイル鉄管	ヒューム管		ダクタイル鉄管	ヒューム管
250	334	360	1200	1362 (1390)	1430
300	386	414	1350	1521 (1546)	1600
350	450	470	1500	1679 (1705)	1780
400	502	526	1600	1786 (1805)	—
450	555	584	1650	1839 (1856)	1950
500	608	640	1800	1990 (2003)	2120
600	713	760	2000	2209 (2220)	2350
700	831	880	2100	2314 (2326)	—
800	938 (973)	960	2200	2433 (2445)	2580
900	1043 (1077)	1080	2400	2617 (2630)	2810
1000	1151 (1183)	1200	2600	2865 (2874)	3040
1100	1258 (1288)	1310			

注1 呼び径250～700はT形、呼び径800～2600はU形、US形。外径の〈 〉内はUS形の場合を示す。

2 有効長

ダクタイル鉄管とヒューム管は管の有効長が異なるので、推進工法の種類により適用できない場合がある。その場合は適用可能な管の長さに調整して製造することが可能である。

●図表6-4-4-2 推進管の最大有効長

(単位：mm)

呼び径	最大有効長	
	ダクタイル鉄管	ヒューム管
250	4000、5000	2000
300	4000、6000	
350～1500		
1600～2200	4000、5000	
2400・2600	4000、5000 ^{注1}	

注1 4種管のみである。

3 管内養生

掘削土砂の運搬時など、ダクタイル鉄管内に機材を搬入する場合は、管内面の塗装、ライニングを保護するためにゴム板などを管内面に敷き養生する必要がある。

6-4-5 推進力の計算式

1 基本式

総推進力 F は、先端抵抗力 F_0 、管にかかる等分布荷重および自重による摩擦抵抗力 F_1 、管と土との付着力 F_2 の総和で表される。詳細については「ダクタイル鉄管による推進工法 JDP A T33」および『下水道推進工法の指針と解説 2010』（日本下水道協会）を参照のこと。カーブ推進の場合は、地盤反力により背面からの力を受けるので別途検討を要する。

$$F = F_0 + F_1 + F_2 \dots\dots\dots \text{式 6-4-5-1}$$

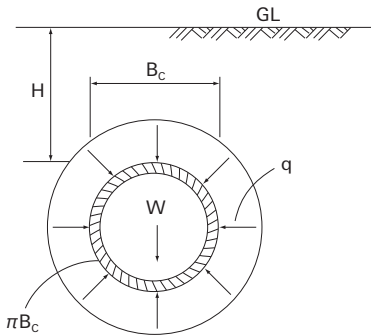
ここに、 F : 総推進力 (kN)

F_0 : 先端抵抗力 (kN)

F_1 : 摩擦抵抗力 (kN)

F_2 : 付着力 (kN)

● 図表6-4-5-1 推進諸抵抗



① 先端抵抗力 F_0

先端抵抗力は一般に先端刃先抵抗と呼ばれるものであり、標準貫入試験から求めたN値で表した式を用いる。

$$F_0 = 10.0 \times 1.32 \pi B_c \cdot N \quad \text{式6-4-5-2}$$

ここに、 B_c : 推進管外径 = D_5' (m)

N : 標準貫入試験から求めたN値

② 摩擦抵抗力 F_1

$$F_1 = \mu' (\pi B_c q + W) L$$

ここに、 μ' : 管と土との摩擦係数 式6-4-5-3

$$\mu' = \tan \delta = \tan \frac{\phi}{2} \quad \text{全断面加圧と仮定}$$

δ : 管と土との摩擦角 (°)

ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

q : 管にかかる等分布荷重 (kN/m^2)

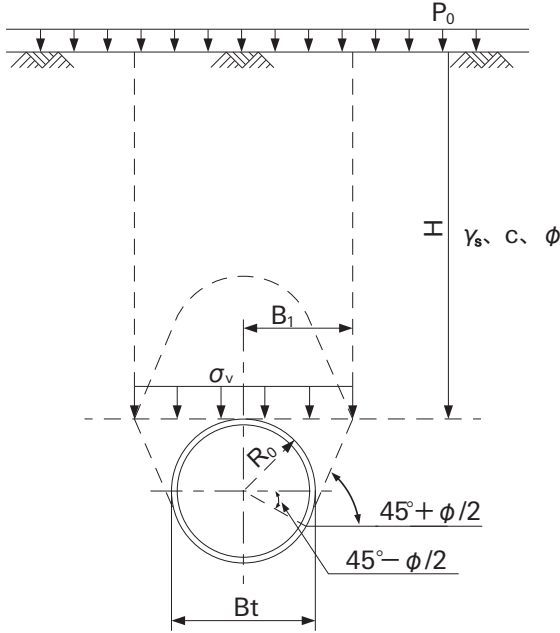
W : 管の単位重量 (kN/m)

L : 推進延長 (m)

1) 緩み土圧による管にかかる等分布荷重 q_1

推進管は深い位置に埋設されるので、一般に管にかかる等分布荷重の計算は緩み土圧により求める。

● 図表6-4-5-2 均一地盤におけるテルツァギーの緩み土圧による管にかかる等分布荷重



$$q_1 = \sigma_v = \frac{B_1 \left(\gamma_s - \frac{c}{B_1} \right)}{K_0 \cdot \tan \phi} \left(1 - e^{-K_0 \cdot \tan \phi \cdot \frac{H}{B_1}} \right) + P_0 \cdot e^{-K_0 \cdot \tan \phi \cdot \frac{H}{B_1}} \quad \dots\dots\dots \text{式 6-4-5-4}$$

$$B_1 = R_0 \cdot \cot \left(\frac{45^\circ + \frac{\phi}{2}}{2} \right)$$

$\phi = 0$ の場合

$$q_1 = \sigma_v = \left(\gamma_s - \frac{c}{B_1} \right) H + P_0 \quad \dots\dots\dots \text{式 6-4-5-5}$$

- ここに、 q_1 : 緩み土圧による管にかかる等分布荷重 (kN/m²)
 σ_v : テルツァギーの緩み土圧による鉛直土圧 (kN/m²)
 B_1 : 片側緩み幅 (m)
 γ_s : 土の単位体積重量 (kN/m³)
 c : 土の粘着力 (kN/m²)
 W : 管の単位重量 (kN/m)
 K_0 : 水平土圧と垂直土圧の比 (通常 $K=1.0$ としてよい)
 ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

- μ' : 管と土との摩擦係数
- e : 自然対数の底
- H : 土かぶり (m)
- p_0 : 上載荷重 (=10kN/m²)
- R_0 : 土の緩み幅を考慮した掘削半径 (m)
 $R_0 = B_c / 2 + \text{土の緩み幅}$ または $B_t / 2$
- B_t : 土の緩みを考慮した掘削径 (m)

2) 垂直土圧による管にかかる等分布荷重 q_2

$$q_2 = w + p \quad \dots\dots\dots \text{式 6-4-5-6}$$

ここに、 q_2 : 垂直土圧による管にかかる等分布荷重 (kN/m²)

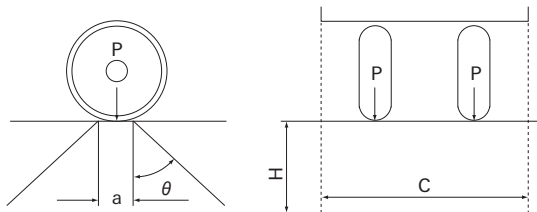
w : 垂直土圧による等分布荷重 (kN/m²)

$$w = \gamma_s H$$

p : 路面荷重による等分布荷重 (kN/m²)

路面荷重による等分布荷重は、輪荷重が図表6-4-5-3のように地中に分布するものとする。設計自動車荷重は250kN (『道路橋示方書・同解説』(日本道路協会)に定められた後輪荷重)として路面荷重による等分布荷重を求める。

●図表6-4-5-3 路面荷重による等分布荷重



$$p = \frac{2P(1+i) \cdot \beta}{C(a+2H \cdot \tan \theta)} \quad \dots\dots\dots \text{式 6-4-5-7}$$

ここに、 p : 路面荷重による等分布荷重 (kN/m²)

P : 後輪荷重 (=100kN)

a : タイヤの接地長 (=0.2m)

C : 車両の占有幅 (=2.75m)

θ : 荷重の分布角 (一般に45°)

i : 衝撃係数 (図表6-4-5-4)

β : 低減係数 (図表6-4-5-5)

●図表6-4-5-4 衝撃係数*i*

H (m)	H ≤ 1.5	1.5 < H < 6.5	6.5 ≤ H
衝撃係数	0.5	0.65-0.1H	0

●図表6-4-5-5 低減係数β

H (m)	H ≤ 1mかつ内径B ≥ 4mの場合	左記以外の場合
低減係数	1.0	0.9

なお、大型車の乗り入れがないことが確実な場合は、別途検討するものとする。

3) 付着力*F*₂

管と土との単位当たり付着力*C'*は、土の粘着力が大きくなると相対的に小さくなる。一般に管と土の付着力は、大きくとも10.0 (kN/m²)程度と考えてよい。

$$F_2 = \pi B_c C' L \dots\dots\dots \text{式6-4-5-8}$$

ここに、*C'* : 管と土との単位当たり付着力 (kN/m²)

●図表6-4-5-6 標準的な土質とその特性値

土質	特性値 ^{注1}			
	φ (°)	N	<i>C'</i> (kN/m ²)	μ'
軟弱土	15	4	10	0.1317
普通土	20	10	5	0.1763
普通土	30	15	0	0.2679
高質土	40	30	0	0.3640

注1 φは土の内部摩擦角、Nは標準貫入試験によるN値、*C'*は管と土との付着力、μ'は管と土との摩擦係数 (tan φ / 2)を示す。

2 下水道協会式

次式は式6-4-5-1 (基本式)の修正式であり、自立可能な地山における刃口式推進工法に適用する。

$$F = F_0 + a \cdot \pi B_c \cdot \tau_a \cdot L + W \cdot \mu' \cdot L \dots\dots\dots \text{式6-4-5-9}$$

$$\tau_a = \sigma \cdot \mu' + C'$$

$$\sigma = \beta \cdot q$$

$$\mu' = \tan \delta$$

$$F_0 = 10.0 \times 1.32 \cdot \pi \cdot B_s \cdot N'$$

- ここに、 F : 総推進力 (kN)
 F_0 : 先端抵抗力 (kN)
 B_c : 管外径 (m)
 B_s : 先導体 (刃口・掘進機) 外径 (m)
 a : 管と土との摩擦抵抗の生じる範囲にかかる係数 (= 0.50~0.75)
 τ_a : 管と土との単位当たりせん断力 (kN/m²)
 q : 管にかかる等分布荷重 (kN/m²)
 W : 管の単位重量 (kN/m)
 μ' : 管と土との摩擦係数
 σ : 管にかかる周辺荷重 (kN/m²)
 β : 管にかかる周辺荷重の係数 (= 1.0~1.5)
 δ : 管と土との摩擦角 (°) (全断面加圧につき $\delta = \frac{\phi}{2}$ と仮定する)
 C' : 管と土との単位当たり付着力 (kN/m²)
 N' : 切羽芯抜きをした場合の貫入抵抗値
 普通土 (粘性土) 1.0
 砂質土 2.5
 硬質土 3.0
 L : 推進延長 (m)

3 泥水・土圧式算定式

次式は大中口径管の泥水・土圧式推進工法に適用する。

$$F = F_0 + f_0 \cdot L \quad \dots\dots\dots \text{式 6-4-5-10}$$

$$F_0 = (P_w + P_e) \cdot \pi \cdot \left(\frac{B_s}{2} \right)^2$$

$$f_0 = \beta [(\pi B_c \cdot q + W) \mu' + \pi B_c \cdot C']$$

- ここに、 F : 総推進力 (kN)
 F_0 : 先端抵抗力 (kN)
 f_0 : 周面抵抗力 (kN/m)
 L : 推進延長 (m)
 P_w : カッターチャンバ内圧力 (kN/m²)

泥水式 $P_w = \text{地下水圧} + 20.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

土圧式 砂質土の場合：

$P_w = \text{主働土圧} + \text{地下水圧} + \Delta P \text{ (}\Delta P = 20 \sim 50 \text{ kN/m}^2\text{)}$

粘性土の場合： $P_w = \text{静止土圧}$ を用いる。

P_e : 切削抵抗力 (kN/m²)

$P_e = N \text{ 値} \times 10.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

ただし、 $N < 15$ の場合は $P_e = 150 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ とする。

$N > 50$ の場合は $P_e = 500 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ とする。

B_s : 掘進機外径 (m)

B_c : 管外径 (m)

q : 管にかかる等分布荷重 (kN/m²)

W : 管の単位重量 (kN/m)

μ' : 管と土との摩擦係数

$$\mu' = \tan \frac{\phi}{2}$$

ϕ : 内部摩擦角

C' : 管と土との付着力 (kN/m²)

粘性土 ($N < 10$): $C' = 8$

固結土 ($N \geq 10$): $C' = 5$

β : 推進力低減係数

● 図表6-4-5-7 土質別の β 標準値

土質		推進力低減係数 β
普通土	粘性土	0.35
	砂質土	0.45
	砂礫土 ^{注1}	0.50
粗石混り土	砂礫土(1) ^{注2}	0.60
	砂礫土(2) ^{注3}	0.70
硬質土	硬質土(1) ^{注4}	0.35
	硬質土(2) ^{注5}	0.35

注1 砂礫土：礫径20mm未満、礫含有率30%未満。

注2 砂礫土(1)：最大砂礫径20mm以上で最大礫径は掘進機外径の20%未満かつ400mm以下、礫含有率は30%以上80%未満。

注3 砂礫土(2)：礫径は砂礫土(1)以外、礫含有率は30%以上80%未満。

注4 硬質土(1)：N値10以上で一軸圧縮強度は5MN/m²未満。

注5 硬質土(2)：一軸圧縮強度は5MN/m²以上200MN/m²未満。

備考 β 値は標準値を基本とし、施工条件により ± 0.05 の範囲で採用する。

4 泥濃式算定式

次式は大中口径管の泥濃式推進工法に適用する。

$$F = F_0 + f \cdot S \cdot L \quad \dots\dots\dots \text{式 6-4-5-11}$$

$$F_0 = (P_e + P_w) \cdot \pi \cdot \left(\frac{B_s}{2} \right)$$

$$f = 2 + 3 \cdot \left(\frac{G}{100} \right)^2 + 27 \cdot \left(\frac{G}{100} \right) \cdot M^2$$

ここに、 F : 総推進力 (kN)

F_0 : 先端抵抗力 (kN)

S : 管外周長 (m)

L : 推進延長 (m)

P_e : 切羽単位面積当たり抵抗力 (kN/m²)

$$P_e = 4.0 \times N \text{ 値}$$

$N < 1$ の場合は $P_e = 4.0$ (kN/m²) とする。

P_w : カッタチャンバ内の泥土圧力 (kN/m²)

$$P_w = (\text{地下水圧} + 20.0) \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

B_s : 掘進機外径 (m)

f : 管周面抵抗力 (kN/m²)

G : 礫率 (%)

M : 最大礫長径 / 管外径

6-4-6 管厚計算

管厚に関する安全性の検討、たわみの計算式は「5-2 管厚計算」を参照のこと。

ただし、管底支持角は90°としてよい。

6-4-7 曲線推進

1 留意点

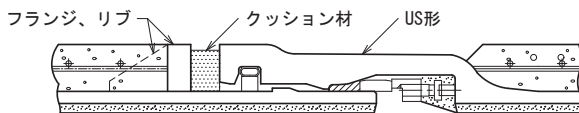
曲線推進の計画に際しては、推進管を安全確実に推進するために、以下の点に留意し推進管列に関わる検討と曲線造成のための掘進方法に関わる検討を行わなければならない。

- ・ 曲線線形の各点における推進力の計算と推進抵抗力低減対策
- ・ 推進力伝達材(クッション材)の形状、厚さ、材質
- ・ 側方地盤反力に対する管の耐荷力
- ・ 曲線推進時の管の軸方向の耐荷力
- ・ 推進管継手部の開口長と継手の止水性
- ・ 元押部における推進力に対する管の軸方向の耐荷力

2 接合形式

推進工法用ダクタイル鉄管を使用する場合、推進が曲線であることから接合形式はU形、US形(LS方式)が適用可能である。

●図表6-4-7-1 曲線用の推進工法用ダクタイル鉄管



備考 クッション材は、材質および発泡倍率によって圧縮性状が異なるので、圧縮率の増大に比べて、応力度の上昇が緩やかなものを使用するなど、適切な材質を選定する必要がある。クッション材の配置と厚さは現場の諸条件によって選定する。

3 直管または切管による曲線配管の検討

曲線配管を行う場合、継手の許容曲げ角度を全て見込んで設計すると施工時の余裕がなくなり、施工誤差などを継手で吸収できなくなる。このため、許容曲げ角度に余裕を見て設計することが望ましい。一般的には許容曲げ角度の1/2を設計曲げ角度として設計を行う場合が多い。直管または切管で曲線配管する場合の有効長は

次式により求める。

$$L = 2R \tan \frac{\theta}{2}$$

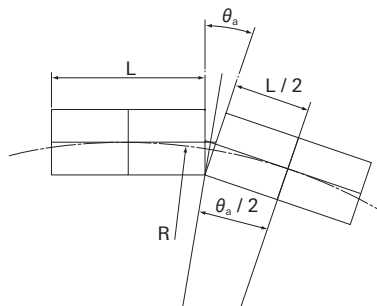
L : 管の有効長 (m)

R : 曲線半径 (m)

θ : 許容曲げ角度 (°)

θ_a : 設計曲げ角度 ($= \frac{\theta}{2}$)

●図表6-4-7-2 直管または切管による曲線配管の有効長



●図表6-4-7-3 設計曲げ角度(許容曲げ角度の1/2)と管の有効長から求まる最小曲線半径

呼び径	許容曲げ角度 (°)	設計曲げ角度 (°)	最小曲線半径 (m)				
			有効長				
			2m	3m	4m	5m	6m
800	2° 10′	1° 05′	106	159	212	265	318
900	2° 00′	1° 00′	115	172	230	287	344
1000	1° 50′	0° 55′	126	188	251	313	376
1100	1° 40′	0° 50′	138	207	276	344	413
1200	1° 30′	0° 45′	153	230	306	382	459
1350	1° 30′	0° 45′	153	230	306	382	459
1500	1° 30′	0° 45′	153	230	306	382	459
1600	1° 10′	0° 35′	197	295	393	492	—
1650	1° 05′	0° 32′ 30″	212	318	424	529	—
1800	1° 00′	0° 30′	230	344	459	573	—
2000	1° 00′	0° 30′	230	344	459	573	—
2100	1° 00′	0° 30′	230	344	459	573	—
2200	1° 00′	0° 30′	230	344	459	573	—
2400	1° 00′	0° 30′	230	344	459	—	—
2600	1° 30′ (1° 00′)	0° 45′ (0° 30′)	153 (230)	230 (344)	306 (459)	—	—

備考 ()内はUS形を示す。

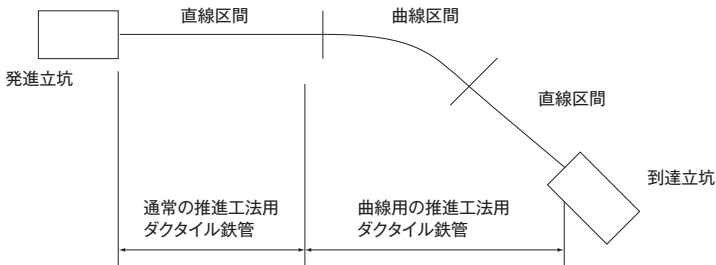
4 許容耐荷力

曲線推進部の管の許容耐荷力は設計曲げ角度と曲線部の推進力を考慮して算定する。

5 配管例

曲線用の推進工法用ダクタイル鉄管は曲線施工時に曲線部を通過する推進管全てに適用する。

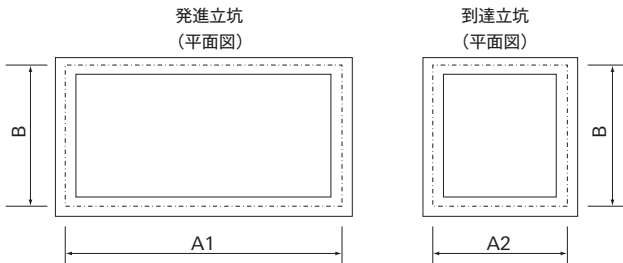
●図表6-4-7-4 曲線推進時の配管例



6 発進・到達立坑

立坑寸法は推進方式、現場条件などによって異なるので推進作業に必要なスペースを考慮して決定する。

●図表6-4-7-5 発進・到達立坑の参考寸法



呼び径	刃口式 推進工法	泥水式推進工法		土圧式推進工法		泥濃式推進工法		幅
	A1	A1	A2	A1	A2	A1	A2	B
800	7.6	8.4	4.8	8.4	4.8	8.4	4.0	3.2
900	7.6	8.4	4.8	8.4	4.8	8.4	4.0	3.2
1000	8.0	8.8	4.8	8.8	4.8	8.8	4.0	3.2
1100	8.0	8.8	4.8	8.8	4.8	8.8	4.0	3.6
1200	8.0	8.8	4.8	8.8	5.2	8.8	4.0	3.6
1350	8.0	8.8	5.2	8.8	5.2	8.8	4.0	3.6
1500	8.0	8.8	5.2	8.8	5.2	8.8	4.0	4.0
1600	8.0	8.8	5.6	8.8	5.2	8.8	4.4	4.0
1650	8.0	8.8	5.6	8.8	5.2	8.8	4.4	4.4
1800	8.0	9.2	5.6	9.2	5.6	9.2	4.4	4.8
2000	8.0	9.2	5.6	9.2	5.6	9.2	4.4	4.8
2100	8.0	9.2	5.6	9.2	6.0	9.2	4.4	5.2
2200	8.0	9.2	5.6	9.2	6.0	9.2	4.4	5.2
2400	8.4	9.2	5.6	9.2	6.0	—	—	5.6
2600	8.4	9.2	5.6	9.2	6.4	—	—	6.0

6-4-8 支圧壁

支圧壁は背面支持力が得られる大きさで、推進反力に十分耐えられる構造でなければならない。また、回転モーメントが働かないような位置に設置すること。

支圧壁の大きさはランキンの受働土圧式を用いて決定する。

$$R = a \cdot B \left(\gamma_s \cdot H^2 \cdot \frac{K_p}{2} + 2c \cdot H \sqrt{K_p} + \gamma_s \cdot h \cdot H \cdot K_p \right) \dots\dots\dots \text{式6-4-8-1}$$

ここに、R : 地山の支持力 (kN)

a : 係数 (=1.5~2.5。通常は2)

B : 支圧壁の幅 (m)

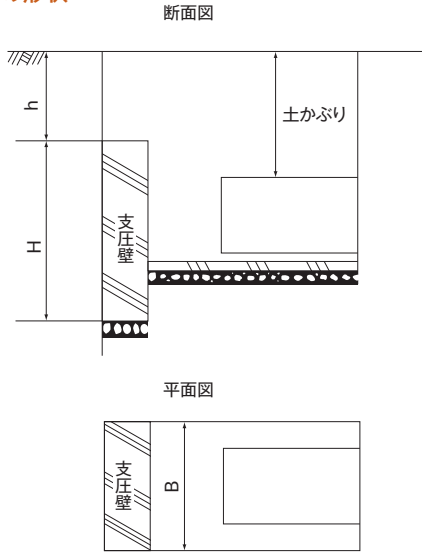
γ_s : 土の単位体積重量 (kN/m³)

H : 支圧壁の高さ (m)

K_p : 受働土圧係数 $\left[= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right]$

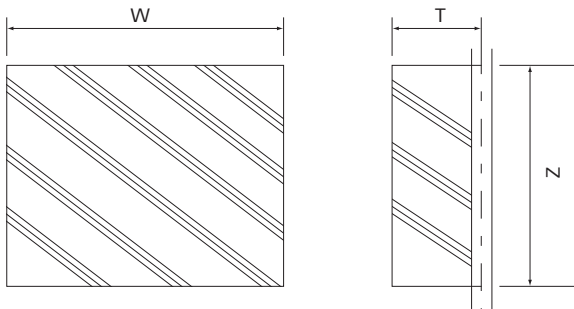
- ϕ : 土の内部摩擦角 (°)
- c : 土の粘着力 (kN/m²)
- h : 地表からの深さ (m)

● 図表6-4-8-1 支圧壁の形状



支圧壁の厚みについては、鋼材などを用いて、できるだけコンクリートには圧縮力が働くようにするのが望ましいが、推進力が働く鋼材の始点から支圧壁端部までを片持梁と仮定して、無筋コンクリートに作用する曲げモーメントに対して、コンクリートの引張強度による抵抗モーメントを用いて安全性の検討を行う。無筋コンクリートの支圧壁の抵抗モーメントが不足する場合、鉄筋による補強の検討を行うことが必要である。支圧壁の厚みは図表6-4-8-2を参照のこと。

● 図表6-4-8-2 支圧壁寸法



呼び径	支圧壁の寸法			型枠 (m ²)	コンクリート (m ³)
	W (m)	Z (m)	T (m)		
φ 800	2.00	1.80	0.60	5.76	2.16
φ 900	2.00	2.00	0.60	6.40	2.40
φ 1000	2.20	2.00	0.70	7.20	3.08
φ 1100	2.40	2.20	0.70	8.36	3.70
φ 1200	2.80	2.40	0.70	10.08	4.70
φ 1350	3.20	2.60	0.70	11.96	5.82
φ 1500	3.50	3.00	0.70	14.70	7.35
φ 1650	3.80	3.20	0.80	17.28	9.73
φ 1800	3.90	3.40	1.00	20.06	13.26
φ 2000	4.00	3.60	1.00	21.60	14.40
φ 2200	4.20	3.80	1.00	23.56	15.96
φ 2400	4.40	4.00	1.00	25.60	17.60
φ 2600	4.60	4.30	1.00	28.38	19.78

備考 上記寸法表に示す支圧壁の大きさは経験値を含めたヒューム管推進工法協会の標準的な大きさである。施工条件によっては寸法変更を行うことがある。

「ヒューム管推進工法 設計・積算・技術資料 泥濃式 (φ800～φ2600) (平成24年度版)」(ヒューム管推進工法協会)より

6-4-9 補助工法

推進工法では土質条件によって施工の難易度が大きく左右される。特に地山が不安定で切羽の崩落、地表面の陥没あるいは地盤沈下の恐れのある場合、または近接する構造物、埋設物などの防護や立坑、支圧壁を補強する場合には地盤改良が必要である。

補助工法は単独または併用によって、安全かつ経済的な方法で地山の安定を図る必要がある。補助工法としては、地盤改良工法、地下水位低下工法、圧気工法、凍結工法などがある。

6-4-10 滑材、裏込めおよび注入孔

1 滑材

滑材は推進抵抗を減少させ、また地山の緩みを防ぎ、かつ止水を目的として行う。注入に当たっては、滑材の種類、注入圧、注入量等を検討し、滑材が管全周に行き渡るように注入する。滑材には、混合（標準型）滑材、一体型混合滑材、粒状型滑材、固結型滑材、遅硬性滑材などがある。

●図表6-4-10-1 滑材配合例 (m³当たり)

項目	数量
ベントナイト	100kg
マッドオイル	40ℓ
固化剤	2kg
CMC ^{注1}	2kg
水	0.9m ³

注1 カルボキシメチルセルロース(セルロース系水溶性高分子)

2 裏込め

裏込めは推進完了後、推進管と地山との間隙を充填し、地山の緩みを防止するために行う。注入に当たっては、裏込め材の流出に注意しながら、注入圧力・注入量の管理を確実に行う必要がある。

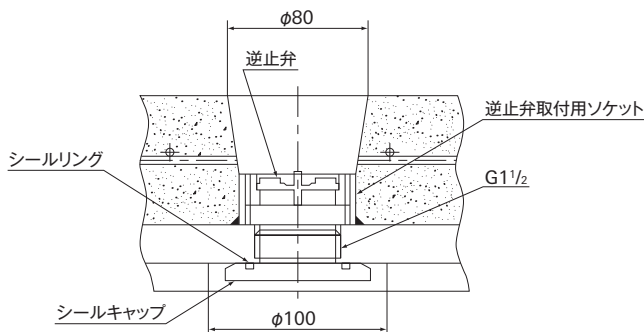
●図表6-4-10-2 裏込め配合材 (m³当たり)

項目	数量
セメント	500kg
フライアッシュ	250kg
ベントナイト	100kg
分散剤	4kg
目詰材	5kg
水	0.7m ³

3 注入孔

呼び径800以上の推進工法用ダクタイル鉄管には、必要に応じて図6-4-10-3に示す注入孔を設けることができる。また注入孔には図表6-4-10-3に示すように、逆止弁を取り付けたものも使用できる。

●図表6-4-10-3 逆止弁付き注入孔の構造



4 注入孔の水圧試験方法

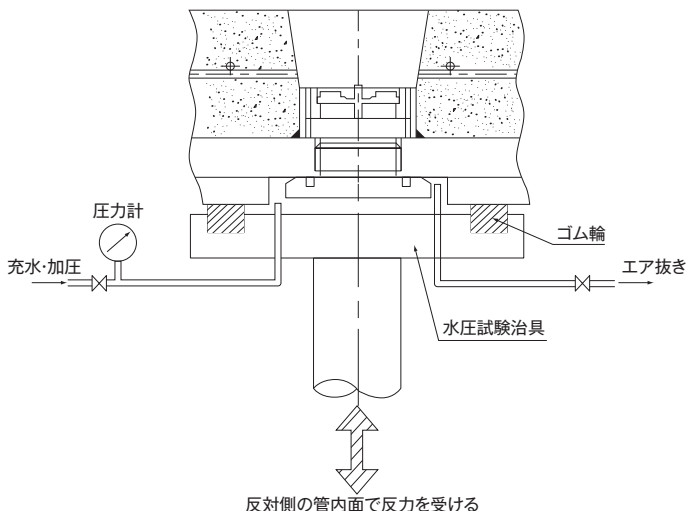
推進工法用ダクタイル鉄管にて管路を構築する場合には、継手部の水密性検査とは別に注入孔の水圧試験が必要である。

注入孔の水圧試験は、以下の手順に従って行う。

- ・ 注入作業終了後、管体ねじ部の異物をきれいに取り除く。
- ・ シールキャップの溝の中に、シールリングを確実に取り付ける。
- ・ 管内面にシールキャップ面が当たる（メタルタッチ）まで十分締め付ける。
- ・ シールキャップの止水性を確認する場合は、テストバンドや図表6-4-10-4に示す方法などで水圧試験を行う。なお、このときの試験水圧は0.49MPaとし、5分経過後に0.39MPa以上あれば合格としてよい。
- ・ 水圧試験合格後、シールキャップ部分をエポキシ樹脂などで充填する。このとき、樹脂は硬化するまで十分養生する。

なお、注入孔を使用しない場合についても、必ず上記方法でシールキャップを取り付ける。

●図表6-4-10-4 注入孔の水圧試験



6-4-11 管の接合

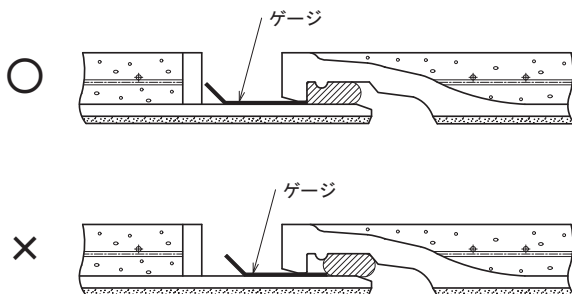
接合形式によって接合方法が異なるため、接合方法およびチェックシートなどの詳細は日本ダクタイトル鉄管協会が発行する接合形式別の接合要領書を参照のこと。なお、共通する場合の留意事項を以下に示す。

- ・ 管の接合に従事する配管工は、関係機関にてダクタイトル鉄管についての技能講習を受講した者、またはダクタイトル鉄管の豊富な配管経験を有する者が適当である。
- ・ 配管工は作業着手に当たって、接合形式、構造、接合部品および接合の要点につき熟知しておく。
- ・ 接合要領書に基づいて接合を行い、接合結果をチェックシートに記録する。

1 T形

- ・ 管の心出しを行った後、挿し口を受口に挿入する。このとき受口端面と挿し口フランジ面の間隔をゴム輪が確認できる程度(約40mm)空けておく。
- ・ ゴム輪の確認は受口と挿し口の隙間に薄板のゲージを挿し込み、ゴム輪が正しい位置にあることを確認する。

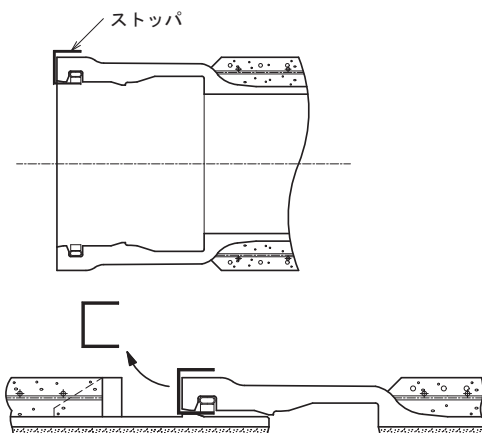
●図表6-4-11-1 T形推進管のゴム輪の確認



2 US形 (LS方式)

- ・ ストップはロックリングの分割部を管頂部にした状態で、シャコ万力等を使用して拡大し、全ての呼び径において、図表6-4-11-2に示すように拡大したロックリングの分割部に装着する。
- ・ 管の心出しを行った後、挿し口を受口に挿入する。挿し口突部がロックリングに当たるまで挿入し、ストップを外してロックリングを挿し口に抱き付かせる。その後、受口端面とフランジ面が当たるまで挿入する。

●図表6-4-11-2 US形推進管のストップのセットと撤去



6-4-12 計測工

計測工は推進管が安全に、かつ計画線上に正しく配管されるように導くためのものであり、正確に行う必要がある。

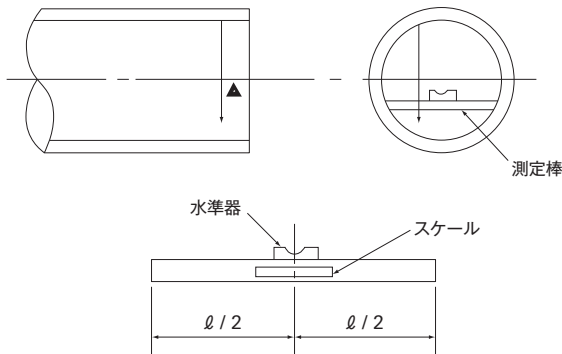
1) 管の蛇行

基本的には1本推進するごとに全管の挿し口端と受口端の間隔を上下、左右2カ所について測定する。

2) ローリング

基本的には1本推進するごとに全管の挿し口端で管内頂部に付けた印より下げ振りを下ろし、管内に当てた測定棒の中心とのずれを測定する。

●図表6-4-12-1 ローリングの計測



6-5

共同溝内配管

6-5-1 共同溝の概要

1832年にパリでコレラが大流行し、全ての公道の地下に下水道管を張り巡らせる計画が始まった。その中に下水道管だけではなく、電話ケーブルおよび圧縮空気管、交通信号ケーブルなど他のインフラ設備を一緒に収納した事例がある。ただし、世界初の共同溝とされているのは1861年に英国ロンドンでガリック街の街路を新設した際に造られた幅3.6m、高さ2.3mのアーチ形の天井をした共同溝であり、その後各国に広がった。

共同溝とは、2以上の公益事業者が公益物件を収容するために、道路管理者が道路の地下に設ける施設である。共同溝は、車道に築造する幹線共同溝と歩道に築造する供給管共同溝に区分される。

公益事業者とは図表6-5-1-1に掲げる者であり、公益物件とは公益事業者が当該事業の目的を達成するために設ける電線、ガス管、水管または下水道管と「共同溝の整備等に関する特別措置法第2条」に定められている。

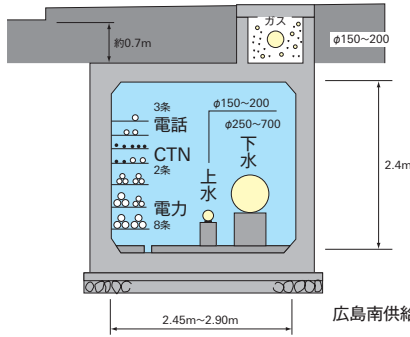
●図表6-5-1-1 公益事業者

公益事業者	規定する法律
認定電気通信事業者	電気通信事業法
一般電気事業者、卸電気事業者、特定電気事業者	電気事業法
一般ガス事業者、簡易ガス事業者	ガス事業法
水道事業者、水道用水供給事業者	水道法
工業用水道事業者	工業用水道事業法
公共下水道管理者、流域下水道管理者、都市下水道管理者	下水道法

「共同溝の整備等に関する特別措置法(昭和三十八年四月一日法律第八十一号)」より

共同溝の一般的な例を以下に示す。

●図表6-5-1-2 一般的な共同溝の例



広島南供給管共同溝

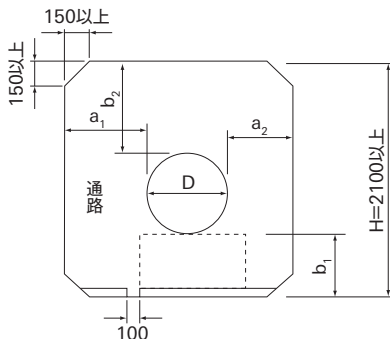
「共同溝の種類」(国土交通省中国地方整備局)より

6-5-2 共同溝の断面および線形

共同溝内における必要断面は、配管工事時の施工性、配管後の維持管理を考慮して決定するが、道路管理者および他の公益事業者との調整を経て経済性にも配慮して決定する。共同溝の線形は直線が多いが、躯体の交差部、分岐部では管路を縦断方向に迂回する必要がある^{くたい}、施工性、結び配管方法、異形管防護など十分に検討して設計する必要がある。また、共同溝の平面折角は15°未満、縦断勾配は維持管理を考慮して15%以下で計画することになっている。

水道管の場合の標準的な共同溝断面例を以下に示す。

●図表6-5-2-1 水道管の標準的な共同溝断面例



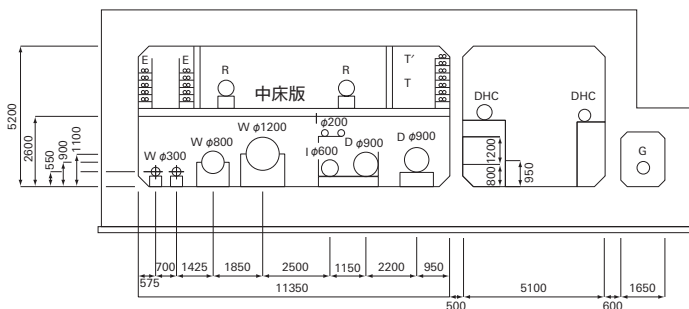
備考 外面継手でトルク管理が必要な例である。

(単位：mm)

呼び径 D	a ₁	a ₂	b ₁	b ₂
400未満	850	400	400	2100 - (b ₁ + D)
400以上～800未満	850	500	500	2100 - (b ₁ + D)
800以上～1000未満	850	500	500	800
1000以上～1500未満	850	600	600	800
1500以上	850	700	700	800

『共同溝設計指針』(日本道路協会)より

●図表6-5-2-2 共同溝の断面例



W：上水道管 I：中水道管 D：下水道管
 G：ガス管 DHC：地域冷暖房用熱供給導管 R：ごみ収集管
 E：電力ケーブル T：通信ケーブル T'：情報通信ケーブル

東京臨海副都心の共同溝

『ダクタイル鉄管』第60号(日本ダクタイル鉄管協会、1996年)より

6-5-3 設計

共同溝は管材料の搬入口が限られており、ダクタイル鉄管の搬入方法、配管の順番や受口・挿し口の向き、最後の結び配管まで設計段階で十分に検討しておくことが必要である。

1 接合形式

共同溝内配管に用いる接合形式は開削工法で用いる接合形式をそのまま用いている場合が多く、初期の共同溝ではT形、A形、K形など一般継手管が使用され、1993(平成5)年に設けられた東京臨海副都心の共同溝ではSⅡ形呼び径75～450、S形呼び径500～1200などの耐震継手管が使用された。

●図表6-5-3-1 共同溝内配管で使用される耐震継手管

接合形式	呼び径
S50形	50
NS形	75～1000
NS形(E種管)	75～150
GX形	75～300・400
S形	1100～2600
US形(LS方式)	800～2600

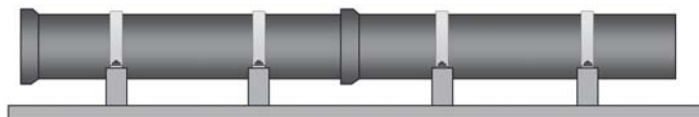
●図表6-5-3-2 共同溝内配管で使用される一般継手管

接合形式	呼び径
T形	75～2000
K形	75～2600
U形	800～2600

2 管受台

直管1本には通常2個の管受台を使用して配管することが多い。切管部、異形管部は適宜必要な管受台を設ける。管受台はコンクリートを使用する 경우가多いが、共同溝内の施工性を考慮して、小口径の場合には鋼製を用いたり、レジンコンクリート製や鋳鉄製の二次製品なども使用する場合がある。また、管を固定するバンドも従来は鋼製を用いてきたが、東京臨海副都心の共同溝などではステンレス製を用いている。

●図表6-5-3-3 管受台の設置例



東京臨海副都心の共同溝

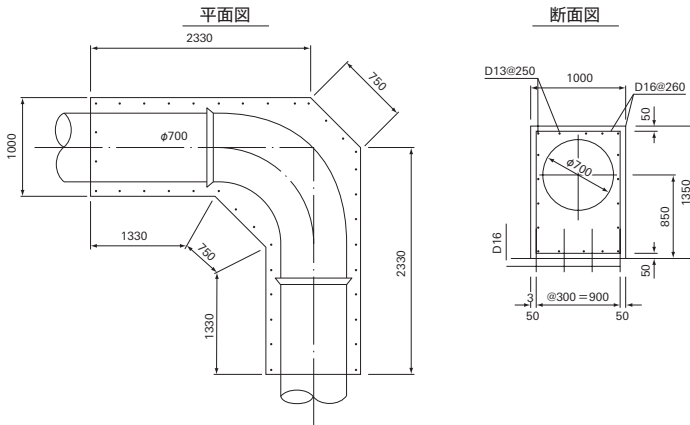
3 管の安全性検討

共同溝内ダクタイル鉄管は管受台の上に据え付けられており、土かぶりや路面荷重による外圧はかからないので、内圧により発生する引張応力に加えて自重および地震力による軸方向曲げ応力に対する安全性の検討を行う。

4 異形管防護

異形管部には通常の内圧による不平均力に加えて地震力により発生する荷重が作用する。また共同溝本体に影響を与えるような防護方法をとる場合には共同溝管理者との協議が必要である。異形管防護については、コンクリート防護や呼び径が小さいものなどは鋼製の防護も使われている。

●図表6-5-3-6 コンクリート防護の事例



東京臨海副都心の共同溝 上水道 S形 呼び径700
『ダクタイル鉄管』第60号(日本ダクタイル鉄管協会、1996年)より

5 外面塗装

共同溝配管など露出配管でのダクタイル鉄管の外面塗装は用途により着色する場合も多いことから「JDP A Z 2009 ダクタイル鉄管外面特殊塗装」を参照して決定する。

6 耐震設計

① 一般部および付属設備

『水道施設耐震工法指針・解説 2009年版』には「重要幹線の場合、共同溝内においても耐震性の高い管種・継手管路の使用を検討する」とある。

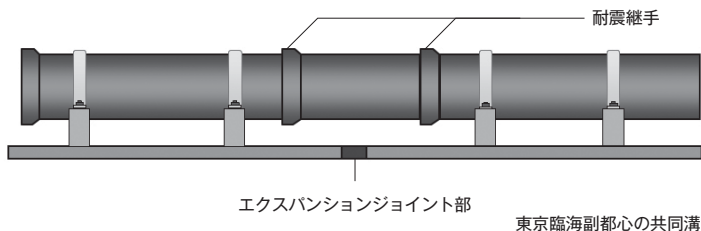
共同溝内配管では、共同溝本体の耐震設計内容を考慮する必要がある。また、管受台を設置して配管するので、ダクタイル鉄管と管受台の固定、管受台と共同溝の躯体との固定部分についても十分な耐震性を考慮しておく必要がある。固定するためのアンカーなどの設計については『建築設備耐震設計・施工指針』（日本建築センター）を参照のこと。

また、付属設備なども地震時に影響を受けやすいので、振れ止めなど必要な処置を講じる必要がある。

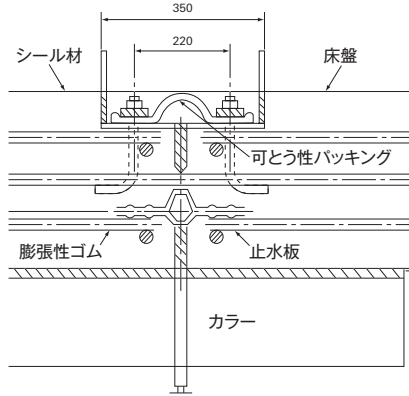
② エクспанションジョイント(EXJ)部

共同溝自体も耐震設計がなされているので躯体として破損することはないが、躯体と躯体の間には必ずエクспанションジョイント部が設けてあり、その部分で伸縮と変位を吸収する設計になっている。ダクタイル鉄管の耐震継手は十分な伸縮・屈曲性を有しているが、東京臨海副都心の共同溝のエクспанションジョイント部は30mに1カ所あり、共同溝の最大変位は軸方向100mmであった。従って、水平、鉛直方向の変位対策としてエクспанションジョイント部の前後に伸縮離脱防止継手を2カ所設けることにより伸縮、変位を吸収する設計となっている。

●図表6-5-3-7 エクспанションジョイント部の配管例



●図表6-5-3-8 共同溝のエクspansionジョイント部例



東京臨海副都心の共同溝

『ダクタイル鉄管』第56号(日本ダクタイル鉄管協会,1994年)より

③ 共同溝の躯体貫通部

共同溝の躯体貫通部には伸縮可とう管を設置するなど地震対策や不同沈下対策が必要である。また、必要に応じてさや管を通し、間隙にはゴム製防水材やシーリング材により十分な止水処置を行う必要がある。

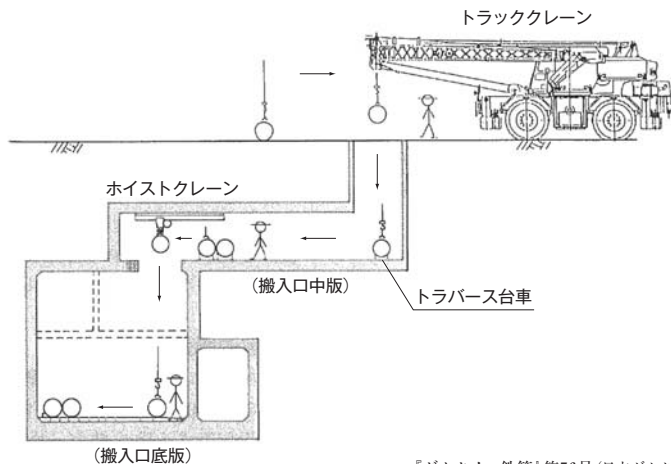
なお、共同溝の躯体貫通部は、鉄筋との接触を防ぎ、防食テープやポリエチレンスリーブを被覆するなどマクロセル腐食が生じないような処置を講じる必要がある。

6-5-4 施工

共同溝内にダクタイル鉄管を配管する場合には搬入口よりクレーンなどを用いて管を吊り下ろし、共同溝内の台車に載せ軌条の上を人力またはバッテリー機関車を用いて搬入を行い、設置場所では小型の門型クレーンなどを用いて吊り上げ、所定の位置にダクタイル鉄管を据え付ける。

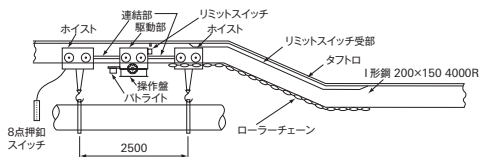
また、モノレールなどを使用して共同溝内に搬入した事例もある。

●図表6-5-4-1 ダクタイル鉄管の搬入作業



『ダクタイル鉄管』第56号(日本ダクタイル鉄管協会、1994年)より

●図表6-5-4-2 モノレールを用いた共同溝内運搬作業



『ダクタイル鉄管』第56号・60号(日本ダクタイル鉄管協会、1994年・1996年)より

6-6

その他特殊工法

6-6-1 水中配管工法

1 概要

ダクトイル鉄管に適用できる主な水中配管工法として引張工法、浮遊・沈降工法、布設台船工法がある。この他に管1本ごとに沈設して水中接合する直接配管工法もある。各工法の概要を図表6-6-1-1に示す。

●図表6-6-1-1 各種水中配管工法

工 法	特 徴
引張工法	陸上で管をできるだけ長く接合して、その管路をアンカーした台船上のウインチで海床上に曳き出し布設する工法である。海面が穏やかで数時間から数日で布設できる場合は効果的である。
浮遊・沈降工法	陸上で管をある程度の長さに接合して、海中に進水させ、浮力タンクなどを付けて海面に浮かべ、曳船で布設位置まで曳航し、台船のウインチで海床上に沈降させ、水中で各ユニットを接合する工法である。
布設台船工法	特別に建造した布設台船上で管を接合し、台船の一端からはしごあるいはステンガーを介して、海床上に沈降させる工法である。大規模な工事に適している。
直接配管工法	管を1本ずつ水中へ吊り込み、潜水士により順次接合していく。ダクトイル鉄管のメカニカル継手などの簡単な継手でないと困難である。また工期も長くなり、水中作業も多くなるので、経済的ではない。

2 特徴

ダクトイル鉄管による水中配管(海底、湖底、河川横断など)工法の特徴として次のことが挙げられる。

- ・ GX形、NS形、S形管は、伸縮・屈曲性に加えて離脱防止機能を備えており、耐震性、耐地盤変動性が優れている。
- ・ これらの継手の特徴を活かして引張工法や浮遊・沈降工法が可能である。
- ・ 陸上での接合がプッシュオン継手で容易であり、作業スペースも小さい。特別な

場合を除いて栈橋などの設備も不要である。

- ・ 水中での接合は、一般的に継ぎ輪などのメカニカル継手が使われ、短時間で接合できる。
- ・ 防食対策を施す場合は、ポリエチレンスリーブ被覆法、外面特殊塗装などもある。

3 塗装

「JDP A Z 2009-2011ダクタイル鋳鉄管外面特殊塗装」の中で、水中の配管に適している塗装としてDD塗装があるので、その仕様を図表6-6-1-2に示す。

●図表6-6-1-2 ダクタイル鋳鉄管外面特殊塗装 (DD塗装)

場 所	塗装仕様と特徴	
工場塗装	1次塗装	亜鉛溶射又はジンクリッチペイント ^{注1}
	2次塗装	エポキシ樹脂塗料
		塗膜の厚さ0.05mm
3次塗装	エポキシM.I.O.塗料又はエポキシ樹脂塗料	
	塗膜の厚さ0.05mm	
現地塗装 ^{注2} (参考)	適合塗料	エポキシ樹脂塗料

用途:水中配管及び湿度の高い所の露出配管に用いる。

備考:色の指定ができ、水中や湿度の高い腐食性環境で使用される。

注1 1次塗装の塗布量は、亜鉛溶射の場合130g/m²、ジンクリッチペイントの場合は150g/m²を基準とし、塗膜厚さは0.02mmとして積算する。

注2 現地塗装の種類および塗膜厚さはJDP A Z 2009の解説に示されている。

「JDP A Z 2009-2011ダクタイル鋳鉄管外面特殊塗装」より

4 施工事例

●図表6-6-1-3 水中配管の実績

件 名	施工年	工 法	接合形式	呼び径	延長 (m)	No. ^{注1}
水資源機構 琵琶湖湖底取水管	1980 (昭和55)	浮遊・沈降	S II形	250	480	28
カネボウ(現第一実業ビズウィル) 琵琶湖湖底取水管	1980 (昭和55)	浮遊・沈降	S形	600	808	31

件名	施工年	工法	接合形式	呼び径	延長(m)	No. ^{注1}
熊石町(現八雲町) 海水取水管	1990 (平成2)	浮遊・ 沈降他	SⅡ形	250	260	51
木古内町 海水取水管	1991 (平成3)	浮遊・沈降	SⅡ形	350	170	—

注1 No.は『ダクタイル鉄管』(日本ダクタイル鉄管協会)の号数を表す。

●図表6-6-1-4 琵琶湖湖底取水管の配管状況



SⅡ形 呼び径250
『ダクタイル鉄管』第28号
(日本ダクタイル鉄管協会)より

① 琵琶湖湖底取水管の事例

滋賀県長浜市近傍の取水管位置を1.5m下げるために、沖合約808mまでS形呼び径600を布設した。直管10本を陸上でつないで1ユニットとし、一端はK形継ぎ輪とK形栓でふたをし、もう一端は挿し口となっているため、ふたを取り付け、防食のために管全体にポリエチレンスリーブを被覆した。

各ユニットは、浮遊・沈降工法で所定の位置までタグボートで曳航し、一端を船で引き揚げK形栓またはふたを取り外し、水を入れながら所定の位置(土かぶり1.5m)に沈設した。K形継ぎ輪で水中接合を行った後、他端の残留空気を排出しながら、

●図表6-6-1-5 琵琶湖湖底取水管の沈設状況



S形 呼び径600
『ダクタイル鉄管』第31号
(日本ダクタイル鉄管協会)より

管路全体を沈設したが、端板は土砂の流入を防ぐために残したままにしておいた。

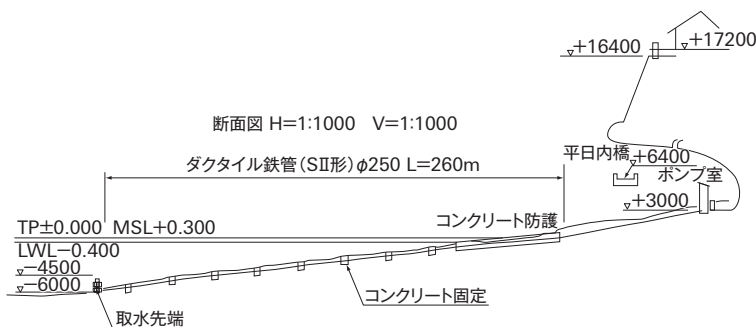
1カ所の接合時間は約1時間程度で、1ユニットの沈設は1日で完了した。これを順次繰り返すことにより13ユニット全てを沈設し約808mの取水管が完成した。

② 熊石町海水取水管

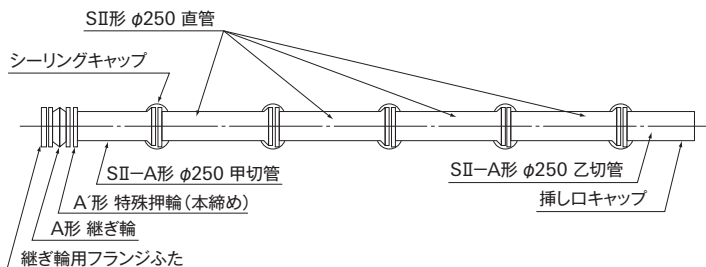
北海道熊石町水産種苗生産センターのアワビ養殖用の海水取水管(呼び径250、L=260m)の布設替えをSⅡ形の1種管で行った(図表6-6-1-6)。

陸上で図表6-6-1-7に示すようなユニット(L=25m)に組み上げ、吊り上げ時の曲げを押さえるために、胴付間隔は通常の60mmから25mmに変更した。接合後は、継手部にウレタン製のスペーサを装着して、その上から防食のために熱収縮チューブをかぶせ、加熱密着させた。ユニットを台船に載せ布設位置まで曳航、クレーンで海床上に吊り下ろしたが、水深が浅く台船が近づけない所では浮力タンクを付けて曳航した。その後、ふたを取り外し海中に沈降させ、各ユニットを潜水士が海中で継ぎ輪によって接合して管路として一体化させた。先端には、鋼製の取水管を取り付けて潮流などで動かないように固定した。

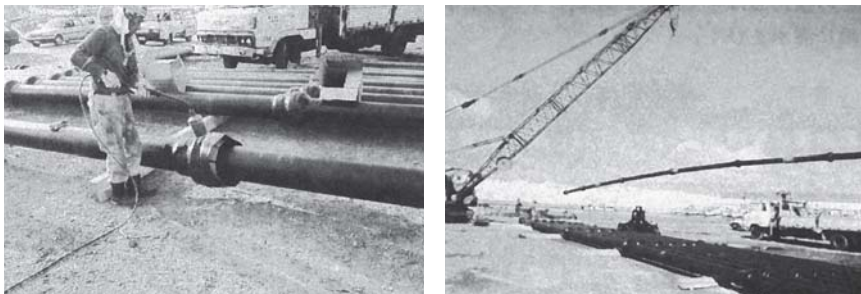
●図表6-6-1-6 取水管概要図



●図表6-6-1-7 海底配管用に組んだユニット(L=25m) SⅡ形 呼び径250



● 図表6-6-1-8 熊石町海水取水管布設状況



『ダクタイル鉄管』第51号(日本ダクタイル鉄管協会)より

③ 木古内町海水取水管

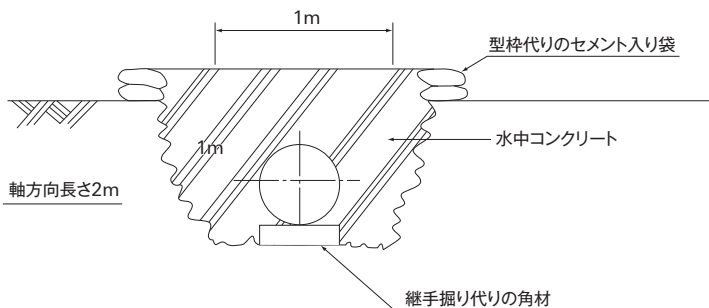
北海道木古内町の札苧漁港内にて、出荷調整用の生簀への海水取水管(呼び径250ポリエチレン管)が、頻繁に海藻などにより目詰まりを起こしたため、ダクタイル鉄管SⅡ形呼び径350で布設替えを行った。

配管延長は約170mで、最大水深は約5～6mであった。陸上で約25mのユニット(直管3本の両端に3mの切管をつないだもの)に接合し、継手部には熱収縮チューブを施した。このユニットにフロートを10個程度取り付け、漁船で予定位置まで約10分程度で曳航した。

配管予定地では、潜水士によりフロートを順次切離し、配管位置まで誘導して海中に沈降させ、チェーンブロックで引き込み、作業性の良さからA形継ぎ輪で接合を行った。押輪には、コンクリート打設までの離脱防止に特殊押輪を使用した。

布設後の管の流出防止のために、海床に掘削溝を設けて、継ぎ輪の部分にコンクリート打設を行った。

● 図表6-6-1-9 コンクリート打設



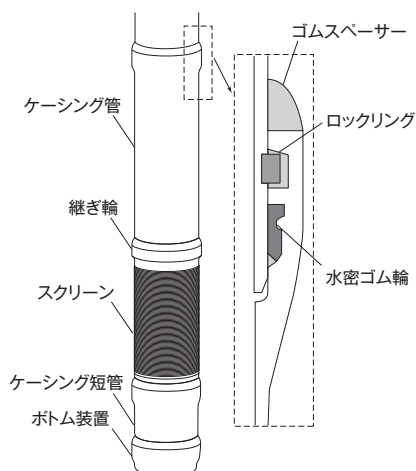
6-6-2 ダクタイル井戸ケーシング工法

1 概要

ダクタイル鉄管の耐震継手を応用した深井戸用ケーシング管^{注2}で、井戸の新設・掘替え・二重ケーシングでの更生に適用できる。材質、塗装は水道用ダクタイル鉄管と同じである。

*2 孔壁の崩壊を防止するために掘削孔内に挿入する管

●図表6-6-2-1 ダクタイル井戸ケーシング管の構造と継手の断面図



●図表6-6-2-2 ダクタイル井戸ケーシング管の仕様

項目	仕様
呼び径	150～350
適用可能な最大深度	400m
水密性能	内水圧1.0MPa ^{注1}
継手離脱防止性能	1.3DkNで異常のないことを確認 ^{注2}
管の塗装	外面：合成樹脂塗装、内面：エポキシ樹脂粉体塗装
スクリーン	市販のステンレス製、鋼製スクリーンが使用できる

注1 掘削穴内で曲がり得る最大角度2°試験水圧1.5MPaで漏水なし。

注2 適用最大深さ400m分の自重に安全率2を考慮し1.3D k Nを設定（D：呼び径）。

2 特徴

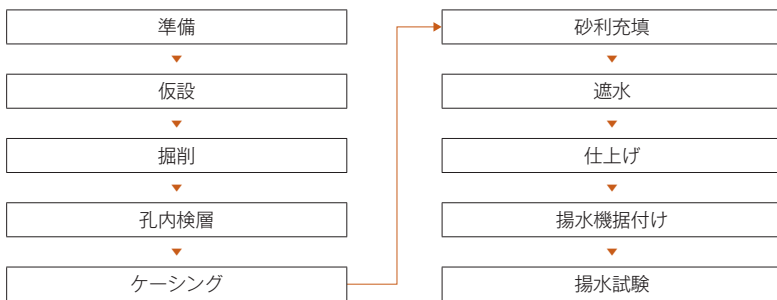
- ・ダクタイル鉄管と同じ管体強度と耐食性を有することから従来多く見られる炭素鋼管製ケーシングより耐久性に優れる。
- ・継手の離脱防止性能と屈曲性能より地盤変動に追従する耐震性の高い井戸ケーシングを構築できる。
- ・プッシュオン継手のため市販の簡易工具で接合でき熟練者でなくても容易に短時間で施工可能(ケーシング挿入工に要する時間は溶接の約半分)。溶接作業がないため雨天や工場などで現場が火気厳禁でも施工でき作業環境を選ばない。
- ・施工が早いため早期にケーシング外側への砂利充填に着手でき孔壁崩壊リスクが小さいこと、溶接不良リスク自体がないことから、施工品質を確保しやすい。

3 施工手順

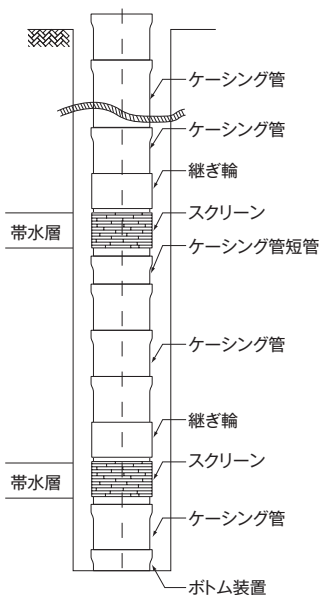
さく井^{せい}工事では、掘削、孔内検層の後にケーシング挿入工が行われる。

ケーシングは帯水層の位置にスクリーンがくるよう設計される。スクリーンとケーシング管は継ぎ輪により接続される。井戸の最深部は下からボトム装置、ケーシング管、スクリーン、継ぎ輪、ケーシング管の順となる。帯水層が複数ある場合は各々の帯水層にスクリーンが位置するようケーシング材料が配される(図表6-6-2-4)。

●図表6-6-2-3 ダクタイル井戸ケーシング工事の流れ



●図表6-6-2-4 ダクタイル井戸ケーシング管の配管例



ケーシング挿入工では、掘削孔の真上に設置した^{やぐら}槽を用いてケーシング管を吊り上げ、坑口に固定した受口にその挿し口を接合し、順次掘削孔内へ吊り下ろしていく。ボトム装置とケーシング管の接合、スクリーンと継ぎ輪の接合については、あらかじめ^{おかぐ}陸組みして吊り下ろす。

●図表6-6-2-5 ダクタイル井戸ケーシング管の挿入状況



●図表6-6-2-6 ダクタイル井戸ケーシング管の接合状況



6-6-3 既設管破碎布設替え工法

1 PTP (パイプツウパイプ) 工法

PTP工法は、主に石綿管の更新に使用したもので、発進立坑の推進ジャッキで推進することにより、既設管（铸铁管、石綿管など）を先頭の破碎ヘッドで破碎し、後続のダクタイル鉄管を挿入していく工法である。

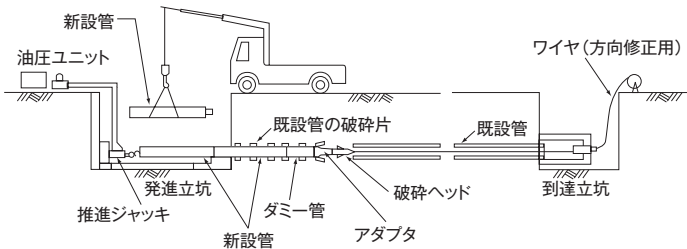
しかし、破碎した既設管が残存するなどの問題もあり、現在は行われていない工法だが、過去の実績として工法の概要を以下に示す。

① 概要

1) 概要

図表6-6-3-1に示すように、推進力を破碎ヘッドに伝えて既設管を破碎し、先頭管のアダプタで破砕片を拡大して、新設管を推進する工法である。

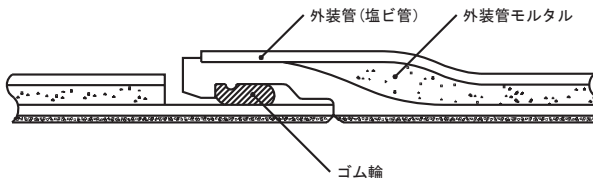
●図表6-6-3-1 PTP工法の概要図



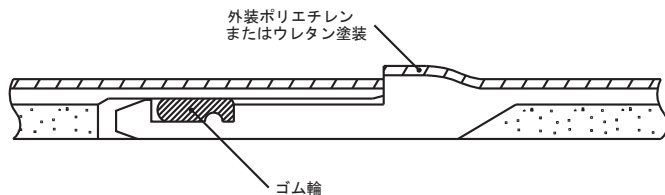
2) PTP工法用ダクタイル鉄管 (PT形)

通常の場合にはPT形が用いられたが、周辺への影響を最小限にしたい場合はUT形が用いられた。

●図表6-6-3-2 PT形管 (呼び径75~350)

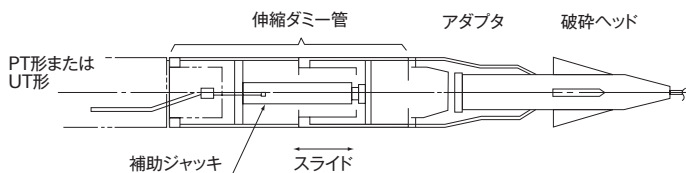


●図表6-6-3-3 UT形管(呼び径75~350)



3) 先導管

●図表6-6-3-4 PTP工法の先導部



② 既設管破砕力

既設管の材質、管厚の種類により異なるが、確認実験から推定した石綿管の破砕力は図表6-6-3-5、6の通りである。

●図表6-6-3-5 鋳鉄管の破砕力

(単位: kN)

呼び径	鋳鉄管の破砕力	
	直管部	継手部
150	50~70	200
350	150~170	390

●図表6-6-3-6 石綿管の破砕力

(単位: kN)

直管部	継手部	
	石綿カラー	鋳鉄継手
60~70	100~200	150~250

3 実績

●図表6-6-3-7 PTP工法の実績

場 所	施工年	接合形式 管厚の種類	呼び径	スパン数 延長	No. ^{注1}
岡山県津山市	1987 (昭和62)	UT形 1種管	150	2スパン 64、20m	—
三重県久居市 (現 津市)	1991 (平成3)	PT形 1種管	600	5スパン 75、70、90、65、50m	52

注1 No.は「ダクタイル鉄管」(日本ダクタイル鉄管協会)の号数を表す。

●図表6-6-3-8 岡山県津山市の工事事例 1987(昭和62)年



クボタ写真提供

●図表6-6-3-9 三重県久居市の工事事例 1991(平成3)年



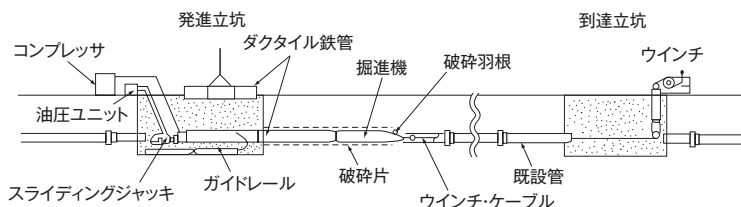
〔ダクタイル鉄管〕第52号(日本ダクタイル鉄管協会)より

2 PAP(パイプアフターパイプ)工法

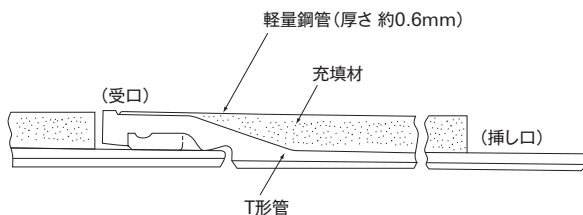
PAP工法は、栗本鐵工所が英国より基本技術を導入し、開削することなく経年既設管(鑄鉄管、石綿管など)をダクタイル鉄管に更新することを目的に開発された工法である。更新区間の両端に設けた立坑より作業を行い、開削することなく経年既設管を更新することが可能である。現在は使われていない工法だが、過去の実績として工法の概要を以下に示す。

① 概要

●図表6-6-3-10 PAP工法の概要



●図表6-6-3-11 PAP工法用ダクタイル鉄管

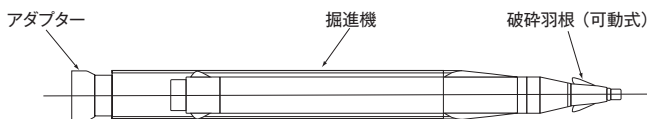


●図表6-6-3-12 対象既設管、適用呼び径

対象既設管	適用呼び径	新設管呼び径
铸铁管 (FC管) 硬質塩化ビニル管 その他 不とう性管	75～250	100～300 ^{注1}

注1 既設管より1口径大きい更新が可能。

●図表6-6-3-13 PAP工法の先導部



② 既設管挿入力

エアハンマを内蔵した掘進機が、既設管を破碎しながら既設管路の通りに地中を進行し、掘進機後端には更新用ダクタイル鉄管が接続され、掘進機の前進により破碎・拡大された既設管路にダクタイル鉄管を推進させて管路を更新する。

また、掘進機の頭部には、2枚の油圧で作動する破碎羽根が取り付けられており、

エアハンマの衝撃だけでは破碎しにくい肉厚部は、破碎羽根を押し広げて割ることが可能である。図表6-6-3-14に既設管破碎状況を示す。

●図表6-6-3-14 既設管破碎状況



栗本鐵工所写真提供

●図表6-6-3-15 挿入力計算例(80m挿入時)

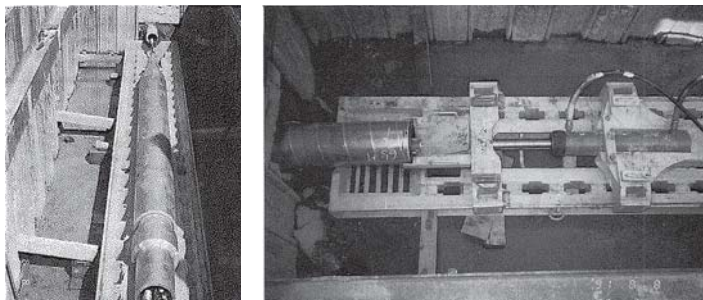
新設管呼び径 (mm)	挿入力 (kN)
100	220
150	290
200	360
250	430

③ 実績

●図表6-6-3-16 PAP工法の実績

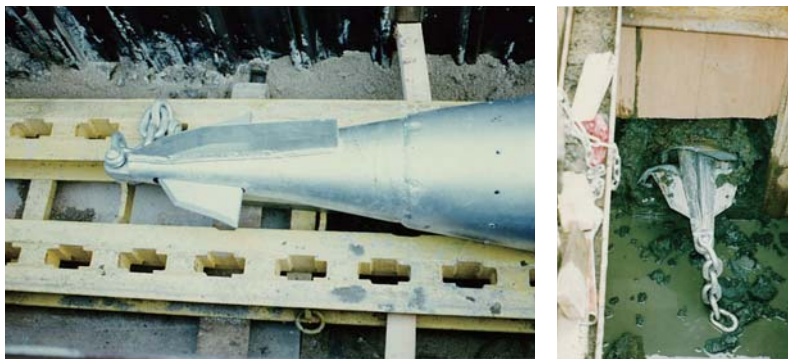
場 所	施工年	接合形式 管種	呼び径	スパン数および延長
西佐賀水道企業団 管内	1989 (平成元)	PA形 1種管	150	呼び径125 石綿管 119.0、109.0m
群馬県前橋市	1990 (平成2)	PA形 1種管	100	呼び径75 石綿管 73.0m
岡山県津山市	1990 (平成2)	PA形 1種管	150	呼び径150 石綿管 97.0、30.0m
徳島県板野町	1991 (平成3)	PA形 1種管	150	呼び径125 石綿管 64.0m

●図表6-6-3-17 徳島県板野町の工事事例 1991(平成3)年



『ダクタイル鉄管』第53号(日本ダクタイル鉄管協会)より

●図表6-6-3-18 佐賀県東佐賀町の工事事例 1991(平成3)年



栗本鐵工所写真提供

6-6-4 不断水工法

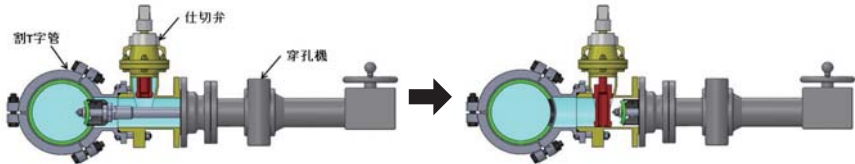
既設の管路を工事する際に水道利用者への影響を避けるため、水の供給を行いながら分岐やバルブ設置などを行う不断水工法について紹介する。

不断水工法に用いる材料は十分な強度、耐久性、水密性を有するものを使用し、施工前には試験掘りなどで既設管の管種、外径、真円度、穿孔機の設置スペースなどの確認が必要である。また、既設管に取り付けた不断水分岐用割T字管やバルブ等に水圧による不平均力や荷重等が加わるので、適当な防護工を行うとともに、軟弱地盤の施工においては不同沈下が起きないように十分な基礎を施し、必要に応じて伸縮可とう管などを設置する。

1 不断水分岐工法

既設管に連絡用割T字管を取り付けて不断水で分岐を設けることができる。割T字管には特殊弁が付いたものや耐震形もある。

●図表6-6-4-1 不断水分岐工法の概要



既設管に割T字管、仕切弁、穿孔機を取り付け、弁を開き、穿孔機で既設管に穿孔を行う。

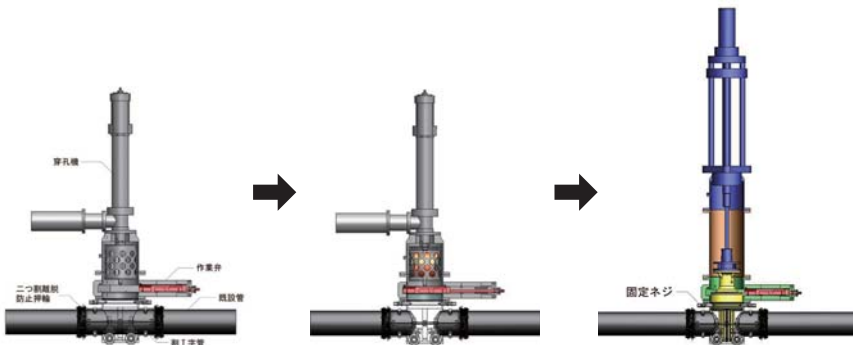
穿孔機の主軸を元に戻し、弁を閉じ穿孔機を取り外した後、分岐配管を行う。

大成機工イラスト提供

2 不断水バルブ設置工法

既設管の任意の場所に既設管と同口径の仕切弁または栓を取り付けることができる。

●図表6-6-4-2 不断水バルブ設置工法の概要



既設管に割T字管、作業弁、穿孔機を取り付ける。作業弁を開き、穿孔機で既設管に穿孔を行う。

既設管の切片を回収し、作業弁を閉じる。その後穿孔機を取り外し、挿入機、挿入するバルブ・プラグを設置する。

バルブ・プラグを所定の位置まで挿入し、仮止めの固定ねじで固定する。漏水の有無を確認し、挿入機・作業弁を取り外し、上ぶたを取り付ける。

コスモ機工イラスト提供