ハイブリッドシステム工法 HyBrid System of Water Supply

推進・シールド併用工法 持込・押込併用工法

技 術 資 料(案)

2023年度



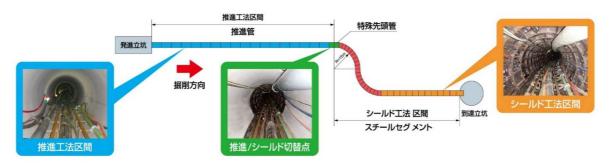
まえがき

1. 概要

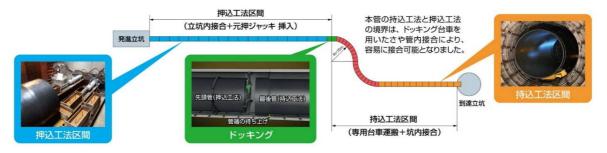
導・送・配水本管を中心とした基幹管路の経年化に伴い、更新・耐震化が必要となる中・大口径管路が増加していますが、昨今の道路事情や料金収入が伸び悩む傾向などから、 管路更新およびバックアップ管路の布設が困難になっています。

この度、これらの状況を考慮した非開削工法として、長距離、急曲線を含む線形に対応するため、さや管の構築は推進工法とシールド工法とを併用し施工、さらに本管の布設は持込工法と押込工法とのハイブリッド施工という、双方の特長を合わせ持ったダブルハイブリッド工法であるハイブリッドシステム工法(HyBrid System工法)を開発しました。

さや管の構築

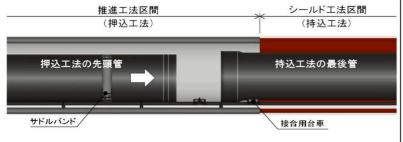


本管の布設



※持込工法及び押込工法については、P.2参照。

【ハイブリッドシステム工法の概要】

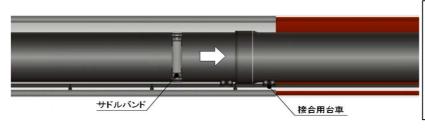


・シールド工法区間の配管は、急曲線においてもさや管内への搬入性に優れた持込工法を用い、順次、さや管内で接合する。そのように持込工法を用いて布設された最後管と次に行う押込工法における先頭管とを容易にドッキングさせるための接合用台車を、最後管の受口を一旦持ち上げ、予めレール上に設置された接合用台車を所定の位置にセットする。

・その後、直線あるいは緩曲線の線形を主体とする推進工法区間の配管は、接合作業スペースが十分に確保できる立坑内で継手接合を行い、順次、油圧ジャッキを用いてさや管内にスピーディーに挿入可能な押込工法により、押込工法の先頭管が持込工法の最後管の直前の位置(左図参照)になるまで挿入する。



・押込工法の先頭管の挿し口を持ち上 げ、接合用台車をレール上で挿し口部 の下側に挿入する。



・本管を接合用台車に載せることによ り両管の心出しが完了しているため、 押込工法に用いる立坑内に設置した油 圧ジャ

ッキにより管を押込み、ドッキングを 行う。(配管完了)

【持込工法と押込工法の最終ドッキングの概要】

2. さや管の構築

さや管の構築については、発進立坑から直線あるいは緩曲線を主体とする区間では、シールド工法に比し経済性に優れる推進工法を用います。その後、推進抵抗力や曲線半径の程度などから推進工法では限界となる位置の直前でシールド工法に変更します。その際、切替えのための立坑は不要です。従って、最大施工延長 1.5km程度の長距離および最小曲線半径(R=15m程度)の急曲線の施工が可能で、経済的に基幹管路を構築することが可能となりました。

こうした工法の適用により、全体管路延長に対し発進立坑からの直線及び緩曲線の占める割合が大きい管路線形において、特に経済的効果が期待できます。

3. 本管の布設

本管は、耐震管であるPN形ダクタイル鉄管を用います。PN形管は、呼び径 700mm以上では管内から接合が可能であり、管の外側に接合作業スペースが不要となることから、過大なさや管口径を必要としません。そのため、本管の適用呼び径は700mm~1,500mmで、さや管の口径は、本管より3口径大きくするだけで良く、従来工法に比べてさや管口径を小さくできるため経済性に優れます。

本管の布設は、下記に示された持込工法もしくは押込工法により、さや管内に布設します。①持込工法

シールド工法区間は、専用の電動台車により本管をさや管内に運び、さや管内で接合する持込工法により布設します。本管を1本ずつ持ち込むため、長距離、急曲線部においても狭隘なさや管内を円滑に運搬することができます。急曲線区間では曲管を用いることで、最小曲線半径(R=15m程度)に対応が可能です。

②押込工法

直線あるいは緩曲線を主体とする推進工法区間では、さや管には比較的内面が平滑な推進工法用鉄筋コンクリート管を用います。そのためシールド工法区間のように、専用の電動台車を用いて管材料を1本ずつ持ち込む必要がありません。発進立坑内で本管の接合を行った後、順次油圧ジャッキによって接合した本管をさや管内に挿入します。したがって、管布設の日進量が増え、工期短縮を図ることができ、経済性に優れた本管挿入ができます。

③ドッキングエ

持込工法と押込工法との境界部分では、持込工法によって布設された管の最後管と押込 工法による先頭管との最終ドッキングが必要となります。

ハイブリッドシステム工法では、接合用台車を用いた方法により、容易にさや管内で心 出しおよび接合が行えます。このドッキング方法の新規開発により、本管の布設において も押込工法と持込工法とのハイブリッド化が実現しました。

4. おわりに

ハイブリッドシステム工法は、以上のようにさや管の構築および本管の布設共にハイブ リッド化された経済的な工法です。

本書を基幹管路の更新・耐震化にお役立て頂ければ幸いです。

2019年10月

ハイブリッドシステム工法 (HyBrid System 工法)

Concept

- ◆ さや管呼び径 1,000mmから、1スパン 1,000m以上、急曲線R=15mの施工が可能である。また、さや管呼び径は、本管より3口径大きくするだけでよい。
- ◆ さや管の構築は、推進工法からシールド工法に変更が可能なハイブリット方式の採用 によって、推進工法区間では経済性を、シールド工法区間では安全性・確実性に優れ ている。
- ◆ 本管の布設は、シールド工法区間では持込工法を採用し、推進工法区間ではPN形管にサドルバンドを取り付け、押込工法によることを標準としたハイブリッド方式である。
- ◆ 本管呼び径 700mmは、すべて持込工法とする。

目 次

<i>⊱</i> ⊬	4	ᆓ	
ヱ	- 1	章	工法概要
7	•	_	— — — — — — — — — — — — — — — — — — —

1. 工法	の
2. 工法	の説明
2 - 1.	推進・シールド併用工法 (一次覆工)
2-2.	持込・押込併用工法 (二次覆工)
3. 工法	の特長
3 - 1.	推進・シールド併用工法(一次覆工)
3 - 2.	持込・押込併用工法(二次覆工)
4. 適用	範囲
4-1.	適用呼び径
4-2.	適用土質
4 - 3.	さや管の土被り
4 - 4.	許容掘削延長
4 - 5.	最小曲線半径
4 - 6.	
	機緒元および対応能力
5. 掘進	
5-1.	標準タイプ掘進機 (標準仕様)
5-1.	破砕タイプ掘進機(標準仕様) ************************************
5-1. $5-2$.	破砕タイプ掘進機(標準仕様) 場場 は は は は は は は は は は は は は は は は は は
5-1. 5-2. 第 2章 設 1. 推進	破砕タイプ掘進機(標準仕様) 場場 は は は は は は は は は は は は は は は は は は
5-1. 5-2. 第2章 設 1. 推進 1-1.	破砕タイプ掘進機(標準仕様)計基準工法区間
5-1. 5-2. 第2章 設 1. 推進 1-1. 1-2.	破砕タイプ掘進機(標準仕様)計基準工法区間推進管
5-1. 5-2. 第 2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3.	破砕タイプ掘進機(標準仕様)計基準工法区間推進管推進力低減システム(ESシステム)
5-1. 5-2. 第 2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3. 1-4.	 破砕タイプ掘進機(標準仕様) 計基準 工法区間 推進管 推進力低減システム(ESシステム) 管にかかる等分布荷重
5-1. 5-2. 第 2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3. 1-4. 1-5.	 破砕タイプ掘進機(標準仕様) 計基準 工法区間 推進管 推進力低減システム(ESシステム) 管にかかる等分布荷重 推進力の算定
5-1. 5-2. 第 2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3. 1-4. 1-5. 1-6.	 破砕タイプ掘進機(標準仕様) 計基準 工法区間 推進管 推進力低減システム(ESシステム) 管にかかる等分布荷重 推進力の算定 鉛直方向の管の耐荷力(許容応力)
5-1. 5-2. 第 2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3. 1-4. 1-5. 1-6. 1-7. 1-8.	 破砕タイプ掘進機(標準仕様) 計基準 工法区間 推進管 推進力低減システム(ESシステム) 管にかかる等分布荷重 推進力の算定 鉛直方向の管の耐荷力(許容応力) 許容推進延長の算定 曲線推進の設計 継手性能
5-1. 5-2. 第 2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3. 1-4. 1-5. 1-6. 1-7. 1-8.	 破砕タイプ掘進機(標準仕様) 計基準 工法区間 推進管 推進力低減システム(ESシステム) 管にかかる等分布荷重 推進力の算定 鉛直方向の管の耐荷力(許容応力) 許容推進延長の算定 曲線推進の設計
5-1. 5-2. 第 2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3. 1-4. 1-5. 1-6. 1-7. 1-8. 1-9.	 破砕タイプ掘進機(標準仕様) 計基準 工法区間 推進管 推進力低減システム(ESシステム) 管にかかる等分布荷重 推進力の算定 鉛直方向の管の耐荷力(許容応力) 許容推進延長の算定 曲線推進の設計 継手性能
第2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3. 1-4. 1-5. 1-6. 1-7. 1-8. 1-10. 1-11.	破砕タイプ掘進機(標準仕様) *計基準 ** ** ** ** ** ** ** ** **
第2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3. 1-4. 1-5. 1-6. 1-7. 1-8. 1-10. 1-11.	破砕タイプ掘進機(標準仕様) *計基準 * 工法区間 * 推進労 (ESシステム) * 管にかかる等分布荷重 * 推進力の算定 * 鉛直方向の管の耐荷力(許容応力) 許容推進延長の算定 曲線推進の設計 * 継手性能 拡幅余掘り ・ 地盤補強の検討
5-1. 5-2. 第2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3. 1-4. 1-6. 1-7. 1-8. 1-10. 1-11. 2. 2-1.	破砕タイプ掘進機 (標準仕様) 計基準 工法区間 推進管 推進力低減システム (ESシステム) 管にかかる等分布荷重 推進力の算定 鉛直方向の管の耐荷力 (許容応力) 許容推進延長の算定 曲線推進の設計 継手性能 拡幅余掘り 地盤神強の検討 地盤改良範囲 ルドエ法区間 スチールセグメント
5-1. 5-2. 第2章 設 1. 推進 1-1. 1-2. 1-3. 1-4. 1-5. 1-6. 1-7. 1-8. 1-10. 1-11. 2. シー 2-1.	破砕タイプ掘進機(標準仕様) *計基準 ** ** ** ** ** ** ** ** **

3. 推進・	シールド工法区間 35
3 - 1.	推進・シールド切替え位置の設定 35
3 - 2.	切替え必要長さ
3 - 3.	発進立坑 36
3 - 4.	到達立坑 39
3 - 5.	中間立坑(ビット交換用) 42
3 - 6.	発進・到達坑口
3 - 7.	支圧壁 45
3 - 8.	発進・引上用受台 46
3 - 9.	発進立坑作業床 51
3 - 10.	発進基地 (参考) 53
3 - 1 1.	ビット磨耗による許容推進延長
4. 基本位	上様 56
4-1.	PN形管 (JDPA G 1046-2017) 56
4-2.	バッテリーカー 59
5. 検討事	写項 60
5-1.	曲線半径の検討 60
5-2.	曲線区間における管割の検討 63
5 - 3.	曲線部の不平均力および充填材一軸圧縮強度の検討65
5 - 4.	押込工法の場合の推進力および押込可能距離の検討 66
6. 施工で	71 71
6-1.	管の吊降し工 72
6-2.	管の据付工 72
6 - 3.	さや管内運搬工 73
6 - 4.	継手接合工 73
6 - 5.	管固定工(浮上防止) 75
6 - 6.	<参考>間仕切り壁設置工 76
6-7.	<参考>中込め充填工 77
6 - 8.	押込工 78
6 - 9.	最終ドッキング工 (押込工法の場合) 81
6-10.	水圧試験工 82
3章 参考	· 谷料
○ ↑ ≥ 7	

第1章 工法概要

第1章 工法概要

1. 工法の概要

ハイブリッドシステム工法は、推進・シールド併用工法によりさや管を構築し、その中にPN形ダクタイル鉄管を持込・押込併用工法で布設する非開削工法である。

推進・シールド併用工法は、さや管呼び径1,000mm~2,400mmを対象とした非開削による 管路布設工法である。推進工法によって、管耐荷力の限界もしくは急曲線手前の任意の地 点まで施工を行って、中間立坑を築造することなくシールド工法に切替える工法である。

持込・押込併用工法は、主にシールド工法区間ではPN形ダクタイル鉄管をさや管内に 持ち込んで順次接合する持込工法と、推進工法区間においては発進立坑内でサドルバンド を取り付けた後、PN形ダクタイル鉄管の継手接合を行い、順次挿入していく押込工法を 組合わせた工法である。

2. 工法の説明

2-1. 推進・シールド併用工法(一次覆工)

推進工法とシールド工法の両者の利点を活かし、欠点を補い合うことで、全区間を推進工法で施工することが困難な場合に、推進工法からシールド工法に切替える方式である。

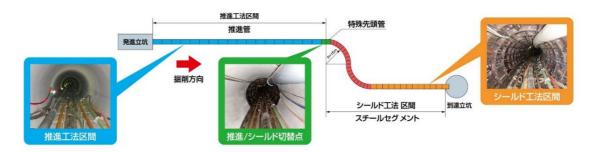


図1-1. 推進・シールド併用工法概要図

当工法では、泥濃式を採用しており、前部が隔壁で密閉された泥濃式掘進機のカッタチャンバ内に高濃度の泥水を圧送充満し、切羽の安定をはかりながらカッタにより掘削し、掘削した土砂を、高濃度泥水と攪拌混合し流動化させ、掘進機内の排土バルブを開閉することにより、切羽を安定させながら間欠的に排土する。大気圧下に排土された掘削土砂は、搬送可能な大きさに選別し、吸引力により搬出する。なお、吸引不可能な大きな礫は、坑内を台車により搬出する。坑外に搬出された掘削土砂は、排土貯留槽を経てバキューム車により直接運搬処分する。

推進工法区間では、通常の推進工法に比べてテールボイドが大きいため、特殊な固結型 滑材を注入することで、ゲル体がテールボイド内で任意に変形し、劣化を抑制することで、 テールボイドの保持を行う。さらに、推進区間の施工完了直後に、裏込注入を行うことで、 地盤沈下を抑制する。一方、シールド工法区間では、裏込注入を掘進即時注入とすることで、地盤沈下を抑制する。

セグメントは、スチールセグメントを使用し、本管挿入後に、中込充填を行う。

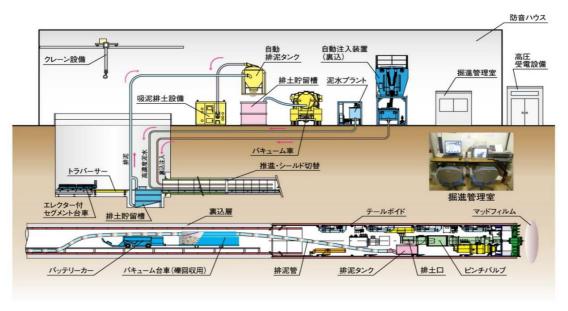


図1-2. 工法システム概要図

2-2. 持込・押込併用工法 (二次覆工)

PN形管は、管内からの作業で継手接合を行うことができるため、これまでのさや管内配管のように管の外側に接合作業スペースが不要となることから、従来よりも小さな口径のさや管内への持込工法による布設が可能である。また、本管の呼び径が800mm以上*1で、さや管が推進工法により構築された区間(推進工法区間)の場合、かつ押込工法時の挿入力伝達構造上、標準タイプ(P.84参照)での配管の場合は、持込工法の他にPN形管にサドルバンドを取り付け、発進立坑内で継手接合を行い、さや管内に新管を順次挿入していく押込工法とから選択が可能である。

このようにシールド工法区間では持込工法、推進工法区間には押込工法と両工法を併用する場合、持込工法区間の最後管と押込工法区間の先頭管がさや管内で容易にドッキングできるよう工夫されている。なお、本管呼び径が700mmの場合は、作業環境上から鑑みて全て持込工法とする。

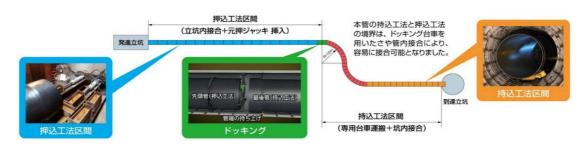


図1-3. 持込·押込併用工法概要図

PN形管 (呼び径700mm~1,500mm) の持込工法による管布設は、さや管施工で使用した機械設備を利用し、管搬入台車によって、さや管内に持ち込んで行う。

PN形管(呼び径800mm~1,500mm)の押込工法による管布設は、PN形管にサドルバンドとキャスターを取り付けて、元押しジャッキにより押込みを行う。

さや管と布設したPN形管との隙間には、充填材を注入する。

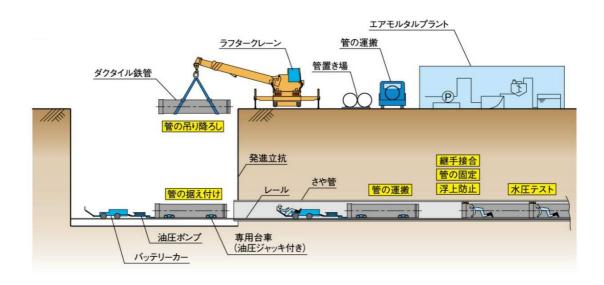


図1-4. 持込工法概要図

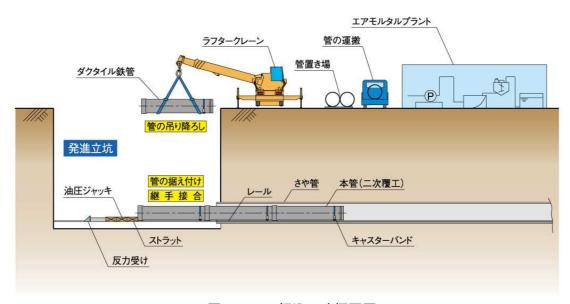
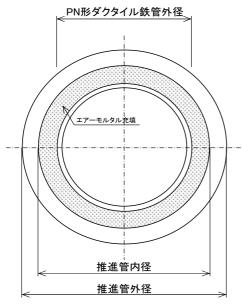


図1-5. 押込工法概要図



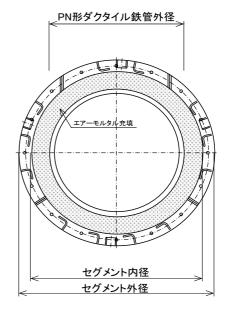


図1-6. 推進工法区間標準断面図 図1-7. シールド工法区間標準断面図

3. 工法の特長

3-1. 推進・シールド併用工法(一次覆工)

- ① さや管呼び径 1,000mmから、1スパン 1,000m以上、急曲線R=15mが可能である。
- ② 推進工法からシールド工法への切替えのための中間立坑は不要である。
- ③ 掘進機内からビット交換および障害物の撤去が可能である。
- ④ 標準タイプでは、礫径を長径と短径に分け、長径は排泥口径×1.2倍、短径は排泥 口径×0.9倍を許容範囲とする玉石が取込み可能である。最大礫径の算出方法は、 一般的にボーリングから採取されたコアの3倍の数値を採用している。
- ⑤ 破砕タイプでは、標準タイプで取込み不可の玉石に対応できる。
- ⑥ 全区間シールド工法に比べて、経済性に優れている。
- ⑦ シールド工法に切替えることで、安全性が向上する。

3-2. 持込·押込併用工法 (二次覆工)

- ① 持込工法区間では、急曲線R=15mを4m管で通過が可能である。
- ② 押込工法は、PN形管の接合や挿入を立坑内で行うため、施工性が良く、スピーディ ーである。
- ③ 押込工法区間では、曲線区間の通過検討等を行い、曲線半径や管長を決定する。

4. 適用範囲

4-1. 適用呼び径

本管となるPN形管の呼び径は、700mm~1,500mmとする。このとき、さや管の最小呼び径 は、本管よりも3口径以上大きなものとし、呼び径1,000mm~2,400mmとする。本管と最小さ や管の組合せを表1-1に示す。

表1−1.適用呼び径

単位 (mm)

本管呼び径	700	800	900	1,000	1, 100	1, 200	1, 350	1,500
さや管 最小呼び径	1,000	1, 100	1, 200	1, 350	1,500	1,650	1,800	2,000

4-2. 適用土質

表 1 - 2. 適用土質表

記 号	土 質	詳細	土質区分	タイプ
A	粘性土	N値10未満	砂質土・粘性土	標準タイプ
A	砂質土	N値50未満	砂質土・粘性土	標準タイプ
B-1	砂礫土	礫率30%未満 玉石の取込み可能	砂質土・粘性土	標準タイプ
B-2	砂礫土	礫率30%以上40%未満 玉石の取込み可能	砂礫土	標準タイプ
B-3	砂礫土	礫率40%以上60%未満 玉石の取込み可能	砂礫土	標準タイプ
B - 4	砂礫土	礫率60%以上80%未満 玉石の取込み可能	砂礫土	標準タイプ
B - 5	砂礫土	礫率30%未満 玉石の取込み不可	適用外	破砕タイプ
B-6	砂礫土	礫率30%以上40%未満 玉石の取込み不可	適用外	破砕タイプ
B - 7	砂礫土	礫率40%以上60%未満 玉石の取込み不可	適用外	破砕タイプ
B-8	砂礫土	礫率60%以上80%未満 玉石の取込み不可	適用外	破砕タイプ
С	粘性土	N値10以上30未満	砂質土・粘性土	標準タイプ
G - 1	軟岩- I	$qu \le 1 0 MN/m^2$	適用外	破砕タイプ
G - 2	軟岩−Ⅱ	$1 0 < qu \le 3 0 MN / m^2$	適用外	破砕タイプ
G - 3	軟岩一Ⅲ	$3 \text{ O} < \text{qu} \le 5 \text{ OMN/m}^2$	適用外	破砕タイプ
G-4	中硬岩	$5 \text{ O} < \text{qu} \le 8 \text{ OMN/m}^2$	適用外	破砕タイプ
G - 5	硬岩- I	$8 \text{ 0} < \text{qu} \le 1 \text{ 2 0 MN/m}^2$	適用外	破砕タイプ
G - 6	硬岩一Ⅱ	$1\ 2\ 0 < qu \le 1\ 5\ 0\ MN/m^2$	適用外	破砕タイプ

注)カッタヘッドの形式は、対象土質により、標準タイプと破砕タイプの2種類から選択する。

玉石の取込み可否は、掘進機の排泥口径により、判断する。

これ以外の土質は、別途検討を要する。

土質区分は、下水道用設計標準歩掛表での区分に準じる。

B土質の細分類

取込み可否

		2 = 2,47	14473 755		•
1	B — 5	B-6	B - 7	B-8	
1	B — 1	B - 2	B - 3	B - 4	
0	30	40	60	80	(礫率%)

4-3. さや管の土被り

最小土被りは、原則として1.5D(Dは掘進機外径)以上とする。 最大土被りは、原則として20~25Dまたは、最大30m以内とする。 これ以外の場合は、別途検討を要する。

4-4. 許容掘削延長

作業性を考慮した概算値を表1-3に示す。

許容延長(m) さや管呼び径 さや管呼び径 許容延長 (m) 1,000 1,650 1, 100 1,800 1,200 2,000 1,500 1,500 1,350 2,200 1,500 2,400

表1-3. 作業性を考慮した概算値

4-5. 最小曲線半径

施工性を考慮した概算値を表1-4に示す。

さや管呼び径	R (m)	さや管呼び径	R (m)
1,000		1,650	
1, 100		1,800	
1, 200	15	2,000	15
1, 350		2, 200	
1, 500		2, 400	

表1-4. 施工性を考慮した概算値

表 1 - 5. 最小曲線半径一覧表

施工方式		覆工材	最小曲線半径	
			1,000mm	$R = 1 \ 0 \ 0 \ m$
┃ ┃ 推進・シールド併用	推進区間	推進管	1,100mm~1,500mm	$R = 1 \ 5 \ 0 \ m$
推進・ノールド所用			1,650mm~2,400mm	$R = 2 \ 4 \ 0 \ m$
	シールド区間		セグメント	R = 15 m

注)推進区間は、E形の標準管を使用した場合であり、半管の使用や継手を変更する ことで、曲線半径をさらに小さくすることが可能である。別途検討を要する。

4-6. 勾配

上り下りともに5%以下とする。

注)土質条件やそれに伴うビット損耗、縦断勾配、吸排泥設備等の検討が必要である。 これ以上の場合は、別途検討を要する。

5. 掘進機緒元および対応能力

5-1. 標準タイプ掘進機(標準仕様)

表1-6. 標準タイプ(参考)

さや管呼び径	mm	1,000	1, 100	1, 200	1, 350	1,500
掘 進 機 外 径	mm	1, 340	1, 450	1,570	1,730	1,910
掘 削 外 径	mm	1, 390	1,500	1,620	1, 780	1, 960
掘 進 機 全 長	mm	9, 900	9, 900	9, 900	9, 900	9, 900
掘進機分割最大長	mm	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
掘 進 機 総 重 量	t	21.0	23.0	25. 0	26. 5	28. 0
掘進機分割最大重量	t	5. 5	6. 5	8.0	8.5	9. 5
掘 進 機 分 割 数	箇所	4	4	4	4	4
排 泥 口 径	mm	250	250	300	300	300
パワーユニット系 (推 進 系)	k w	11. 40	11. 40	11. 40	15. 40	15. 75
パワーユニット系	k N	37.0	37.0	37. 0	22. 0	22.0
(カッタ系)	台	1	1	1	2	2
シールドジャッキ	k N	400	400	400	400	500
ンールトンヤッキ	台	4	4	4	4	4
エレクター装置	式		_			1

さや管呼び径	mm	1,650	1,800	2,000	2, 200	2, 400
掘 進 機 外 径	mm	2, 080	2, 250	2, 460	2,660	2,860
掘 削 外 径	mm	2, 130	2, 300	2, 510	2,710	2, 910
掘 進 機 全 長	mm	9, 900	9, 900	9, 900	9, 900	9, 900
掘進機分割最大長	mm	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
掘 進 機 総 重 量	t	32.0	33.0	34. 5	37. 0	40.0
掘進機分割最大重量	t	11.0	11.5	13. 5	15. 0	16. 0
掘 進 機 分 割 数	箇所	4	4	4	4	4
排 泥 口 径	mm	350	350	350	400	400
パワーユニット系 (推 進 系)	k w	15. 75	22. 75	22. 75	22. 75	22. 75
パワーユニット系	k N	22. 0	22.0	15. 0	15. 0	22.0
(カッタ系)	台	2	4	6	6	6
シールドジャッキ	k N	400	500	600	600	500
	台	6	6	6	8	10
エレクター装置	式	_	_	1		

注) 掘進機の仕様は、断りなく変更する場合がある。

5-2. 破砕タイプ掘進機(標準仕様)

表 1 - 7. 破砕タイプ (参考)

さや管呼び径	mm	1,000	1, 100	1, 200	1, 350	1,500
掘進機外径	mm	1, 340	1, 450	1,570	1,730	1, 910
掘 削 外 径	mm	1, 390	1,500	1,620	1, 780	1, 960
掘 進 機 全 長	mm	9, 900	9, 900	9, 900	9, 900	9, 900
掘進機分割最大長	mm	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
掘 進 機 総 重 量	t	22.0	24.0	26. 0	27. 0	29. 0
掘進機分割最大重量	t	6.0	7. 0	8.0	9.0	10.0
掘 進 機 分 割 数	箇所	4	4	4	4	4
排 泥 口 径	mm	250	250	300	300	300
パワーユニット系 (推 進 系)	k w	11. 40	11. 40	11. 40	15. 40	15. 75
パワーユニット系	k N	37.0	37.0	37. 0	22. 0	22.0
(カッタ系)	台	1	1	1	2	2
シールドジャッキ	k N	400	400	400	400	500
レールドンヤッキ	台	4	4	4	4	4
エレクター装置	式		_			1

さや管呼び径	mm	1,650	1,800	2,000	2, 200	2, 400
掘 進 機 外 径	mm	2, 080	2, 250	2, 460	2,660	2,860
掘 削 外 径	mm	2, 130	2, 300	2, 510	2,710	2, 910
掘 進 機 全 長	mm	9, 900	9, 900	9, 900	9, 900	9, 900
掘進機分割最大長	mm	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
掘 進 機 総 重 量	t	32.0	34.0	36. 0	38. 0	40.5
掘進機分割最大重量	t	11.5	12.5	13. 5	15. 5	16. 5
掘 進 機 分 割 数	箇所	4	4	4	4	4
排 泥 口 径	mm	350	350	350	400	400
パワーユニット系 (推 進 系)	k w	15. 75	22. 75	22. 75	22. 75	22. 75
パワーユニット系	k N	22.0	22.0	15. 0	15. 0	22. 0
(カッタ系)	台	2	4	6	6	6
シールドジャッキ	k N	400	500	600	600	500
	台	6	6	6	8	10
エレクター装置	式			1	_	_

注)掘進機の仕様は、断りなく変更する場合がある。

第2章 設計基準

第2章 設計基準

1. 推進工法区間

1-1. 推進管

下記に示す推進管全てに、対応可能である。また、適用する呼び径は1,000mm~2,400mmとする。〈推進用鉄筋コンクリート管等〉

① 下水道推進工法用鉄筋コンクリート管

継手性能	登録番号	名 称	略号	規格番号
ТА	J A 1	E形管	Е	JSWAS A-2-1999
J A	J A 2	高品位ジョイント推進管	НЈР	KHK S-1
I D	J B 1	Wジョイント管	ΕW	JWJPAS J-2
ЈВ	J B 2	ユニバーサルジョイント管	UЈВ	MISU-B
	J C 1	ニュー・セーフティー推進管	NS	JHPAS-25
ЈС	J C 2	Wジョイント管	ENW	JWJPAS-2N
	J C 3	ユニバーサルジョイント管	UJC	MISU-C

- ② 下水道推進工法用ガラス繊維鉄筋コンクリート管 (JSWAS A-8-2009) 耐アルカリ性ガラス繊維によって補強されたコンクリートであり、長距離推進に適用 する。内圧が作用する条件に対し、有効な機能を有している。
- ③ E-MAX推進管(曲線推進用短尺管) 鉄筋コンクリート短尺管では、急曲線施工時に、押し抜きせん断やねじれ・曲げ引張力が発生しますが、補強された外周鋼板により、それらの偏応力を大幅に低減する。 ES管の製作が可能である。
- ④ MAX推進管(鋼・コンクリート合成管) 玉石層では、推進管外面に接角した玉石により、推進力に比例した横方向分力やくさ び応力等が発生し、推進管に対して、一点荷重によるクラック、または破壊を防止す るために、外殻を鋼板によって補強した推進管を推奨する。
- ⑤ 下水道推進工法用レジンコンクリート管 (JSWAS K-12-2001) 骨材 (細・粗骨材)、合成樹脂 (繊維強化プラスチック用液化不飽和ポリエステル樹脂) 充填材を主材とし、鉄筋により複合補強したもので、長距離推進に適用する。

1-2. 推進力低減システム(ESシステム)

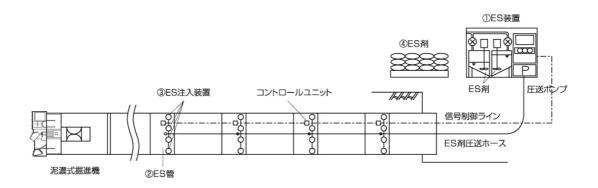


図2-1. ESシステム図

(1) ESシステムの構成

①ES装置 ②ES管 ③ES注入装置 ④ES剤から構成される。

(2) ES装置

強力なマッドフィルムを形成するためのES剤を混合、攪拌、圧送するプラントであり、その集中管理機構(集中管理盤・集中計測装置)にて、推進力、注入箇所、注入量、注入圧を管理し、ES注入装置から送信されるデータをもとに、ES剤の加圧注入を制御する。

(3) ES注入装置

地上のES装置から圧送されたES剤を推進管外周の全方位に向って、同時加圧注入できる装置である。

1-3. 管にかかる等分布荷重

①土による鉛直等分布荷重

管にかかる鉛直土圧荷重を求める式には、マーストンの公式やテルツァギーの公式があるが、一般的にテルツァギーの公式が用いられる。

テルツァギーのトンネル型土圧荷重状態は、以下のような図で表現される。

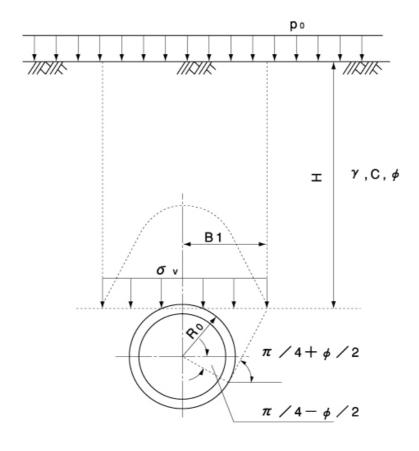


図2-2. テルツァギーの土荷重

本工法では、原則として、均一地盤と考え、緩み土圧の基本式を以下に示す。

$$q = \sigma \ v = \frac{B1 \ (\gamma - c / B1)}{Ko \cdot t \ a \ n \ \phi} \qquad (1 - e \qquad)$$

$$- K \circ \cdot t \text{ a n } \phi \cdot H / B \text{ 1} \\ + P \circ \cdot \text{ e}$$

$$B 1 = R_0 \cdot c \circ t \left(\frac{\pi/4 + \phi/2}{2} \right)$$

q : 管にかかる等分布荷重 (k N/m²)

σν: Terzaghiの緩み土圧(k N/m²)

Ko: 水平土圧と鉛直土圧との比(通常Ko=1としてよい)

φ : 土の内部摩擦角 (°)

Po:上載荷重の影響 (=10kN/m²)

γ : 土の単位体積重量 (k N/m²) (通常土水一体としてよい)

c : 土の粘着力(k N/m²)

Ro:掘削半径(m)

Ro = (Be + 0.1) / 2

Be:管外径(m) H: 土被り(m)

② φ = 0 における土圧荷重の考え方

内部摩擦角 $\phi = 0$ の場合、緩み土圧の基本式の解が不定となって、適用できないことから、次式で算出する。

 $q = \sigma v = (\gamma - c / B 1) \cdot H + P o$

③緩み十圧における粘着力 c について

緩み土圧の計算にあたり、土の粘着力 c を考慮すると、緩み土圧が非常に小さくなったり、負となる場合があり、実情と異なり危険側の設計となるので、注意が必要である。緩み土圧の計算式は、鉛直方向の力の釣合いだけで、二次元的に解析解を求めており、三次元的な土塊の変形は考慮されていない。そこで、土質調査結果による粘着力 c をそのまま緩み土圧の計算式に用いるのではなく、安全率F s (= 2. 0 程度)で除した値を、採用する。

④地下水圧について

土のアーチング効果を考慮した場合、推進管に作用する鉛直荷重を厳密に照査すると、地下水位高と地盤の緩み高さに違いが生じるため、鉛直土圧と地下水圧を別々に算出する必要がある。一方、推進管の鉛直方向耐荷力照査は、ひび割れ保証モーメントから行うが、これは管を完全弾性体として、鉛直方向のみにひび割れ試験荷重を載荷させ、薄肉弾性リングとして解いた管底部での最大曲げモーメントにほかならない。地下水圧は、鉛直方向のみでなく、水平方向にも作用するものであり、円管の外周に等分の地下水圧が作用すれば、円管の軸力が増すものの、曲げモーメントに対しては、減じる方向に作用する。

従って、このような推進管の耐荷力照査手法の特殊性に鑑み、鉛直荷重算出にあたっては、原則として、全ての地盤を土水一体地盤の鉛直土圧として、算出する。

1-4. 推進力の算定

(1)推進力の計算式

 $F = F \circ + R \cdot S \cdot L$

F : 総推進力(kN)

Fo:先端抵抗力(kN)

 $Fo = (Pe + Pw) \cdot (Be/2)^{2} \cdot \pi$

Pe:切羽単位面積当り推進力(kN/m²)

 $Pe=0.4 \times N値$

Pw:掘削室内泥水圧力

 $Pw = 地下水圧 + 20.0 (kN/m^2)$

S : 管外周長 (m)

L :推進延長 (m)

R : 管外周抵抗力 (k N/m²)

 $R = 2 + 3 \cdot (G/100)^{2} + 27 \cdot (G/100) \cdot M^{2}$

ここに、

G:礫率(%)

M:最大礫長径/管外径

※ESシステム使用時は、表2-1および表2-2とする。

表2-1. 標準タイプの管外周抵抗力

土質	土質内容	R
A(粘性土)	N値10未満	0.98
A(砂質土)	N値50未満	1.18
B - 1	礫率30%未満	1. 47
B - 2	礫率30%以上40%未満	1.67
B - 3	礫率40%以上60%未満	1.86
B - 4	礫率60%以上80%未満	2. 16
С	N値10以上30未満	0.98

表2-2. 破砕タイプの管外周抵抗力

土質	土質内容	R
A(粘性土)	N値10未満	0.98
A(砂質土)	N値50未満	1. 18
B - 1	礫率30%未満 玉石の取込み可能	1. 47
B - 2	礫率30%以上40%未満 玉石の取込み可能	1.67
B - 3	礫率40%以上60%未満 玉石の取込み可能	1.86
B - 4	礫率60%以上80%未満 玉石の取込み可能	2. 16
B - 5	礫率30%未満 玉石の取込み不可	1.67
B - 6	礫率30%以上40%未満 玉石の取込み不可	1.86
B - 7	礫率40%以上60%未満 玉石の取込み不可	2. 16
B - 8	礫率60%以上80%未満 玉石の取込み不可	2. 45
С	N値10以上30未満	0.98
G - 1	$qu \le 1 0 MN/m^2$	1. 47
G - 2	$1 \text{ 0} < \text{qu} \le 3 \text{ 0 MN/m}^2$	1. 47
G - 3	$3 \text{ O} < \text{qu} \le 5 \text{ OMN/m}^2$	1. 47
G - 4	$5 \text{ O} < \text{qu} \le 8 \text{ OMN/m}^2$	1. 47
G - 5	$8 \text{ 0} < \text{qu} \le 1 \text{ 2 0 MN/m}^2$	1. 47
G - 6	$1 \ 2 \ 0 < qu \le 1 \ 5 \ 0 \ MN/m^2$	1. 47

(2) 曲線を含む推進力の計算式

 $F = [F o + f \cdot L 1] K^{n} + \lambda \cdot f \cdot C L + f \cdot L 2$

f : 直線推進の場合の1m当りの抵抗力(kN/m)

 $f = R \times S$

K:曲線区間での推進抵抗増加率

$$K = \frac{1}{\text{cos} \alpha - \text{k} \cdot \text{sin} \alpha}$$

α : 隣接する推進管相互の折れ角(°)

$$\alpha = 2 \text{ s i n}^{-1} \frac{L}{2 (R-D/2)}$$

L:推進管の有効長(m)

R : 曲線半径 (m) D : 管外径 (m)

k : 曲線部の推進方向に対する法線方向力の摩擦抵抗に関わる係数(0.5)

ESシステム使用時 標準タイプ (0.2) 破砕タイプ (0.3)

n: 曲線区問の推進管の本数 n=CL/L

CL:曲線の長さ (m)

λ :曲線部と直線部の推進抵抗の比

$$\lambda = \frac{K^{n+1} - K}{n (K-1)}$$

(3) 直線推進における推進方向の管の耐荷力(許容応力)

直線推進での管の耐荷力は、次式により算出する。

 $Fa = 10000 \cdot \sigma ma \cdot Ac$

ここに、

Fa:管の許容耐荷力(kN)

 σ m a : コンクリートの許容平均圧縮応力度 (N/mm^2)

 $\sigma c = 5 \ 0 \ N / mm^2 \quad \sigma m a = 1 \ 3. \quad 0 \ N / mm^2$

 σ c = 7 0 N/mm² σ m a = 1 7. 5 N/mm²

 $\sigma c = 9.0 \text{ N/mm}^2$ $\sigma m a = 2.2.5 \text{ N/mm}^2$

A c : 管の有効断面積 (m²)

表 2 - 3. 許容耐荷力

呼び径	$D_1 - 3$	r	Ас	W	I	Fa (kN)	
D	(mm)	(m)	(m^2)	(k N/m)	$50\mathrm{N}/\mathrm{mm}^{2}$	$70\mathrm{N}/\mathrm{mm}^{2}$	$90\mathrm{N}/\mathrm{mm}^{2}$
1,000	1, 170	0.5500	0. 2897	8. 294	3, 767	5, 070	6, 519
1, 100	1, 280	0.6025	0. 3365	9.540	4, 374	5, 888	7, 570
1, 200	1, 400	0.6565	0.4084	11.402	5, 309	7, 147	9, 189
1, 350	1,560	0. 7375	0.4800	13.902	6, 239	8, 399	10, 799
1,500	1,740	0.8200	0.6107	17. 311	7, 939	10, 688	13, 741
1,650	1,910	0.9000	0.7270	20. 358	9, 451	12, 722	16, 357
1,800	2,080	0. 9800	0.8533	23.645	11,092	14, 932	19, 198
2,000	2, 310	1. 0875	1. 0494	28.698	13, 642	18, 364	23, 611
2, 200	2, 540	1. 1950	1. 2657	34. 238	16, 455	22, 151	28, 479
2, 400	2, 760	1. 3025	1. 4590	40. 265	18, 966	25, 532	32, 827

備考: 表中A c は $\{(D_1-3)^2-D^2\}$ $\pi/4$ で求めた有効断面積、Wは中央断面で求めた重量で、W = π (D+T) T×2. 45で求めた。F a の計算に用いた許容平均圧縮応力度 σ m a は、 σ c = 5 O N/mm² については 1 3. O N/mm² 、 σ c = 7 O N/mm² については 1 7. 5 N/mm² 、 σ c = 9 O N/mm² 以上については 2 2. 5 N/mm² とした。

(4) 曲線部における側方荷重に対する管の強度(曲線部の許容推進力)

曲線部では、管列が外側に膨れ出す座屈現象により、管は地盤反力による背面からの力を受ける。この背面からの抵抗力は、曲線区間で推進力が最も大きくなる曲進開始点(B C 点)で最大となる。曲線部では、推進管が折れ線状になっているため、背面からの抵抗力は管の継手部に集中することになる。この曲進開始点(B C 点)での作業荷重を図2-3に示す。図に示すように、地盤反力は、管外径の90°に分布すると仮定している。また、管端部にかかる偏圧の分布形状を三角形とし、その分布範囲長をLaとすると、(B C 点)での推進力 F_{BC} と分布荷重 R_{BC} の関係は次式で与えられる。

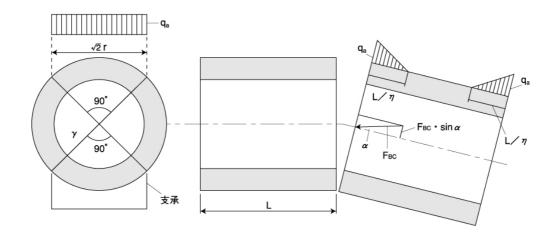


図2-3. 推進力と側方荷重の模式図

$$F_{BC} \cdot s i n \alpha = R g = 2 \cdot 1 / 2 \cdot L a \cdot \sqrt{2} \cdot r \cdot q a$$

ここで、曲線推進における推進管の安全率 γ (= 1. 5) を考慮した許容推進力 Fa は、次式により求められる。

$$F a = \frac{\sqrt{2} \cdot L a \cdot r \cdot q a}{1. 5 \cdot s i n \alpha}$$

ここに、

F_{BC}: BC点における推進力(kN)

Fa:曲線部の許容推進力(kN)

Rg:許容地盤反力(kN)

 α : 管の1本当りの折れ角 (°)

$$\alpha = 2 \cdot \text{s i n}^{-1} \left(\frac{\text{L}}{2 (R-D/2)} \right)$$

R : 曲線半径 (m)

D : 管外径 (m)

La:地盤反力に対する影響範囲長 (m)

 $=L/\eta$

L:推進管の有効長(m/本)

η : 推進管の影響範囲係数 (≥ 1.0) (分布範囲 90°の場合)

 $\eta = -13.917R_t - 0.579R_L + 10.506Rt \times R_L$

+2.033

表 2 - 4. 影響範囲係数: η

呼び径	管長L (m)				
(mm)	2. 43	1. 20	0.80		
1,000	1. 787	1. 207	1.019		
1, 100	1.641	1. 167	1.013		
1, 200	1.566	1. 127	1.000		
1,350	1. 453	1. 094	1.000		
1,500	1.385	1. 055	1.000		
1,650	1.322	1.041	1.000		
1,800	1. 275	1. 033	1.000		
2,000	1. 229	1. 019	1.000		
2, 200	1. 194	1.010	1.000		
2, 400	1. 167	1.003	1.000		

 R_t : 管厚比= t/D

R_L: 管長比=L/D

D_i:推進管の内径(m)

t : 推進管の管厚(m)r : 管厚中心半径(m)

q a:管の許容等分布側圧(kN/m²)

=Ma/(0.239r²) (90°分布と仮定)

Ma: 管の抵抗曲げモーメント (k N・m/m)

 $= 0.318 P \cdot r + 0.239 W \cdot r$

P :外圧試験荷重(k N/m)

W : 管の自重 (k N/m)

管の強度試験に基づいて定められた許容等分布荷重を、q a に代入して算出した推進力F a が許容推進力である。また、曲線区間において、最も推進抵抗力の大きくなる (B C 点) の抵抗力を算出する。この抵抗力と許容推進力を比較することにより、側方等分布荷重に対する推進管の強度安全性を確認する。

表2-5に許容等分布側圧qaを示す。

表 2 - 5. 許容等分布側圧: q a

呼び径	管厚	r	W	外圧強さP	抵抗曲げモーメント	許容等分布側圧 q a
(mm)	(mm)	(m)	(k N/m)	(k N/m)	Ma (kN·m/m)	$(k N/m^2)$
1,000	100	0.5500	8. 294	41.2	8. 296	114. 748
1, 100	105	0.6025	9. 540	42.7	9. 555	110. 133
1, 200	115	0.6575	11.402	44. 2	11. 033	106. 784
1, 350	125	0. 7375	13.902	47. 1	13. 497	103. 828
1,500	140	0.8200	17. 311	50.1	16. 457	102. 406
1,650	150	0.9000	20. 358	53.0	19. 548	100. 976
1,800	160	0. 9800	23.645	55.9	22. 959	100. 024
2,000	175	1. 0875	28. 698	58.9	27. 828	98. 452
2, 200	190	1. 1950	34. 238	61.8	33. 263	97. 460
2, 400	205	1. 3025	40. 265	64.8	39. 374	97. 108

1-5. 鉛直方向の管の耐荷力(許容応力)

$$q r = \frac{1}{0. 275 \times r^2} \times M r$$

ここに、

qr:鉛直方向の管の耐荷力(kN・m²)

Mr:外圧強さにより求まる管の抵抗モーメント(kN・m/m)

r : 管厚中心半径 (m)

(1) 管の外圧強さ

下水道推進工法用鉄筋コンクリート管の外圧強さは、表2-6の外圧強さのひび割れ荷重による。

表 2 - 6. 管の外圧強さ (JSWAS A-2) (単位: k N/m)

		D *** / T ** Z ** C ***	•	1 1 11/ 111/	
呼び径	ひび割	れ荷重	破壊荷重		
呼び往	1種	2種	1種	2種	
1,000	41. 2	82. 4	71.6	124. 0	
1, 100	42. 7	85. 4	78. 5	128. 0	
1, 200	44. 2	88. 3	86. 3	133. 0	
1, 350	47. 1	94. 2	98. 1	142. 0	
1,500	50. 1	101. 0	110.0	151. 0	
1,650	53. 0	106. 0	122. 0	159. 0	
1,800	55. 9	112. 0	134. 0	168. 0	
2,000	58. 9	118.0	142. 0	177. 0	
2, 200	61.8	124. 0	149. 0	186. 0	
2, 400	64. 8	130. 0	155. 0	195. 0	

- 注) 1. ひび割れ荷重とは、管に幅0. 0.5 mmのひび割れを生じたときの試験機が示す 荷重を有効長(L)で除した値をいい、破壊荷重とは、試験機が示す最大荷重 を有効長(L)で除した値をいう。
 - 2. 中押管についてはTのみ、ひび割れ荷重を適用する。

(2) 外圧強さにより求まる管の抵抗モーメント

外圧強さにより求まる管の抵抗モーメントは、次式により算出する。

Mr:外圧強さにより求まる管の抵抗モーメント(kN・m/m)

P : 外圧強さ (k N/m) (ひび割れ荷重による。)

W : 管の重量 (k N/m) r : 管厚中心半径 (m)

(3) 鉛直等分布荷重により管に生じる曲げモーメント

鉛直等分布荷重により管に生じる最大曲げモーメントは、120度の自曲支承を考慮すると、次式で表される。

M:鉛直等分布荷重により管に生じる最大曲げモーメント (k N・m/m)

q:等分布荷重(kN/m²)

r:管厚中心半径(m)

(4) 鉛直等分布荷重による管のひび割れ安全率

直等分布荷重によって管に生じるひび割れの安全率 f は、管の抵抗モーメント(M r) と管に生じるモーメント(M) の比、または管の耐荷力(qr) と等分布荷重(q) との比で求められ、次式で表される。

$$f = \begin{array}{ccc} & \frac{M r}{r} & = & \frac{q r}{r} \\ & \frac{1}{M} & & q \end{array} \qquad \stackrel{\textstyle \geq}{=} 1. \quad 2$$

ここでは、コンクリートのひび割れについて検討するため、安全率はあまり大きな値はとらない。規格は、外圧試験荷重において、ひび割れ荷重の判定基準を幅0.05mmのひび割れが生じたときとしているので1.2とする。

1-6. 許容推進延長の算定

(1) 許容推進延長の考え方

許容推進延長は、推進方向の推進管の耐荷力(許容応力)、元押ジャッキ最大設備 の有効推進力、支圧壁反力より求まる元押推進力により算定する。

(2) 許容推進延長の求め方

$$L a = \frac{F a - F o}{f}$$

ここに、

La: 許容推進延長(m) Fa: 有効推進力(kN)

次の最小値を有効推進力とする。

①推進方向の推進管の耐荷力

②元押ジャッキ最大設備の有効推進力

③支圧壁反力より求まる元押推進力

Fo: 先端抵抗力(kN)

f : 直線推進の場合の1m当りの抵抗力(kN/m)

 $f = R \times S$

R : 管外周抵抗力(k N/m²)

S : 管外周長 (m)

(3) 推進方向の推進管の耐荷力

推進管の許容耐荷力とし、曲線推進の場合は、曲線部における側方荷重を考慮する。

(4) 元押ジャッキ最大設備の有効推進力

元押ジャッキ最大設備の有効推進力は、所要推進力に対し、余裕のあるものとする。

表2-7. 元押ジャッキ最大設備の有効推進力

呼び径	1,000	1, 100	1, 200	1, 350	1,500
ジャッキ (k N)	1, 960	1, 960	1, 960	1, 960	1, 960
配置可能台数(台)	4	4	4	6	8
最大配置設備推進力 (kN)	7, 840	7, 840	7, 840	11, 760	15, 680

呼び径	1,650	1,800	2,000	2, 200	2, 400
ジャッキ (k N)	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960
配置可能台数(台)	8	10	10	12	12
最大配置設備推進力 (kN)	15, 680	19, 600	19, 600	23, 520	23, 520

(5) 支圧壁反力より求まる元押推進力

支圧壁反力は、ランキンの受働土圧式で算出する。

R : 支圧壁反力(地山の耐力) (kN)

B : 支圧壁幅 (m)

γ : 土の単位体積重量 (k N/m³)

Kp:受働土圧係数 [= t a n² (45° + ϕ /2)]

φ : 土の内部摩擦角 (°)

C : 土の粘着力 (k N/m²)

 α : 係数 (1. 5~2. 5、通常は2)

H : 支圧壁の高さ (m)

h : 地表よりの深さ (m)

1-7. 曲線推進の設計

曲線推進設計時の検討事項および設計手順

曲線推進の施工性を左右する要素には、曲線半径、曲線長、曲線数、呼び径、管長、推進力、地盤の状態、掘進機の構造、施工方法(補助工法を含む)等がある。曲線推進時には、以下に示す設計項目に着手し、設計フローに従って検討する必要がある。

- ① 管長の決定
- ② 推進抵抗値の算出
- ③ 曲線部における側方荷重に対する管の強度の検証 (管種の選択:1種、2種、MAX推進管)
- ④ B C 点における軸方向力に対する管の強度の検証(管種の選択:50N、70N、90N)およびクッション材の形状、厚さ、材質選定
- ⑤ 継手性能の確認
- ⑥ 元押部の推進方向の許容耐荷力の検証(管種の選択:50N、70N、90N)

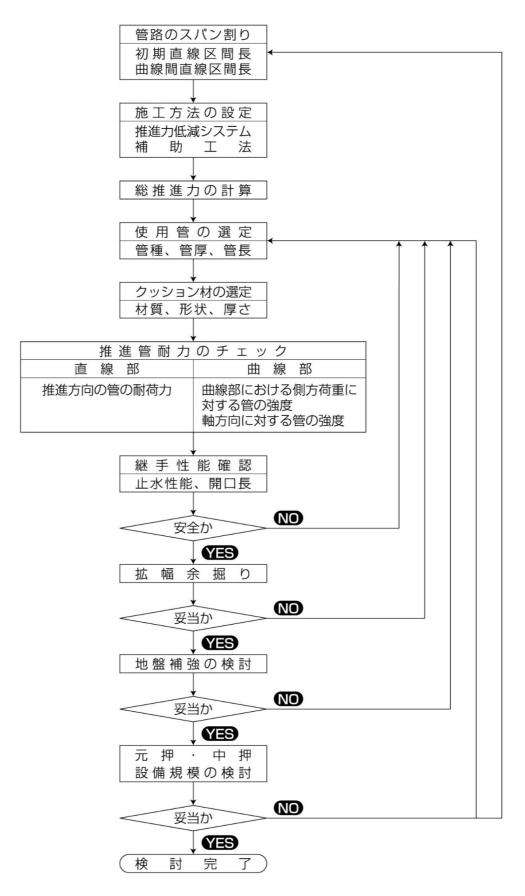


図2-4. 設計フロー

(1) 直線区間長

表 2 - 8. 直線区間長

(m)

呼び径	1,000	1, 100	1, 200	1, 350	1,500
初期直線区間長	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
曲線間直線区間長	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

呼び径	1,650	1,800	2,000	2, 200	2, 400
初期直線区間長	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
曲線間直線区間長	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

(2) 曲線推進時の推進管の許容応力度(軸方向力に対する管の強度)

曲線推進においては、管端面に推進力伝達材(クッション材)を使用して推進力を伝達する方法が一般的に使用されており、クッション材の圧縮応力度をコンクリートに生じる軸方向応力度と考える。この場合、推進力により管に生じる軸方向圧縮応力度の最大値は、クッション材の圧縮率の最大となる箇所に生じ、その位置の応力度が管の強度に対して安全であることを確認すればよい。従って、曲線推進においては、クッション材に生じる最大圧縮応力度が、推進管(コンクリート)の許容応力度以下となるように、管およびクッション材の設計を行えばよいので、管理値としての許容応力度(σ c a)は、次の値とする。

 σ c a = f' c k/2 とする。

すなわち、許容応力度は、 $50\,\mathrm{N}$ 管: $25\,\mathrm{N/mm}^2$ 、 $70\,\mathrm{N}$ 管: $35\,\mathrm{N/mm}^2$ 、 $90\,\mathrm{N}$ 管: $45\,\mathrm{N/mm}^2$ とする。曲線推進においては、クッション材の最大圧縮応力度が発生する各BC点で管強度の検証を行う。解説については、公益社団法人 日本推進技術協会・推進工法体系「 II 計画設計・施工管理・基礎知識編」を参照する。

(3) 推進管端部における推進力伝達方法の検討

曲線区間では、推進管が折れ線状になっているため、推進管は曲線の内側で接角する状態となり、内側が推進力の伝達経路となる。接触状態は、点接角(ポイントタッチ)なので応力が集中して管が破損しやすい。この対策として、推進力伝達材(クッション材)を挿入する方法があり、推進力および曲線半径に応じて用いる。クッション材は、曲線区間および曲線区間を通過する推進管の継手部に図2-5のように左右を空隙として上下に挿入し、クッション材の塑性変形と弾性変形を利用して、推進力を上下に分散する。クッション材は、ある程度の弾性範囲を有し、かつ、ひずみが大きくなると塑性変形を示すものがよい。クッション材の面積は、直線で推進管端部面積の約1/2程度となり、曲線ではそれ以下となるため、管の耐荷力の低下を考慮する必要がある。管の耐荷力が不足する場合、推進管端部面積を増すために、管長を短くする方法、高強度の管種を使用する方法、上下と左右で発泡倍率の異なるクッション材を使用する方法等が挙げられる。

なお、管長の短い管(半管、1/3)や大口径管にクッション材を使用する場合は、元押ジャッキの負荷位置によって管にせん断応力および曲げ応力がはたらき、管が破損することがあるので、図2-6に示すようにクッション材と推進力負荷位置および押輪の剛性を検討し、推進管の安全性を確保しなければならない。

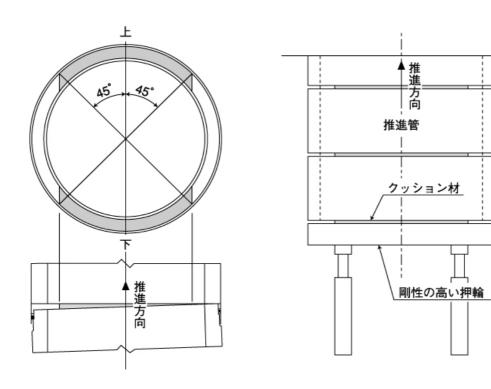


図2-5. 曲線区間のクッション材 図2-6. 元押ジャッキの負荷方法

1) クッション材の種類

現在使用されている主なクッション材を示すと、次のようなものがある。

パーティクルポード (木質系)

発泡ポリスチレン

発泡ABS樹脂

発泡塩化ビニール

2) クッション材の圧縮応力度

① クッション材の材質

推進工事に使用するクッション材は、コンクリートの許容応力度以下で塑性変形す るものが使用されている。種類は、ラワン合板、パーティクルボードや発泡プラス チックなどがあるが、曲線推進においては、一般的に低発泡のプラスチックが使用 されている。

これらのクッション材は、材質および発泡倍率等によって圧縮性状が異なる。圧縮 性状曲線の例を示すと図2-7のようになり、プラスチックの材質や発泡倍率等に より圧縮性状が異なり、一定の圧縮率を超えると急激に応力度が上昇する傾向があ る。使用にあたっては、それらの圧縮性状を圧縮試験により把握して、適切に使用 する必要がある。

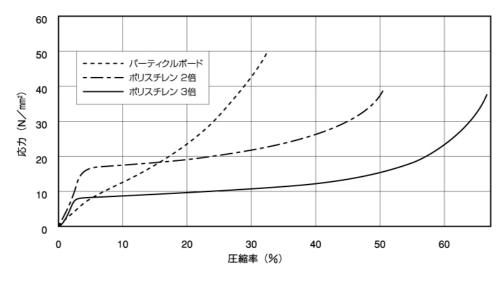


図2-7. クッション材圧縮性状例

② クッション材の配置と厚さ

クッション材の配置は、①360°(全周)、②上下90°および③貼付け位置毎に厚さを変化させる方法等がある。①は直線や緩曲線に使用され、通常の曲線推進では②や③が使用されている。本工法では、②を推奨している。

曲線推進により管に生じる軸方向応力度は、クッション材の配置と厚さにより図2-8のように異なった応力分布となる。この例は、単純に曲がった状態で推進力が作用した場合の応力分布形状を示したものである。クッション材の圧縮応力度が推進管の許容応力度を上回った場合は、貼付け面積を大きくしたり、厚みを増す、あるいは厚さを変化させて応力を分散させる方法等や、管長を短くして曲げ角度を緩くする等により、圧縮応力度の上昇を抑えることができる。

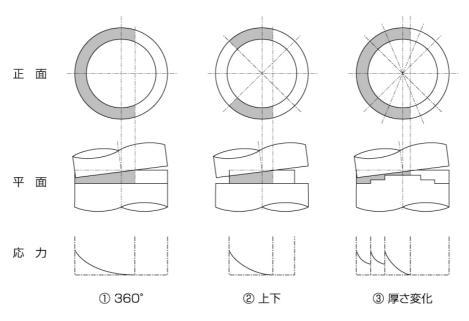


図2-8. クッション材形状による応力分布例

③ 曲線半径および曲線数

曲線半径(曲げ角度)と通過する曲線の数によっても推進力の伝達面積や圧縮量が変化し、応力度が変化する。

複数の曲線を通過する場合のクッション材圧縮量の変化は、曲がる回数により圧縮が増し、それとともに発生応力度も増加する。従って、このようなことを考慮した設計が必要になるが、設計通りに応力が作用しない場合があるため、本工法では独自の考え方を採用する。

④ クッション材の圧縮応力度

クッション材の推進力伝達面積に応力が分散されるため、この時の最大応力度が推 進管の許容応力度を下回らなければならない。

⑤ 計算手順

応力度の計算は、圧縮量と曲げ角度 θ から求め、クッション材の厚さ(T)と圧縮量から圧縮率を求め、クッション材の圧縮特性曲線から応力度を求める。この応力度を、管に生じる軸方向応力度とする。

図2-9のように応力度は作用するが、本工法では独自の考え方を採用する。

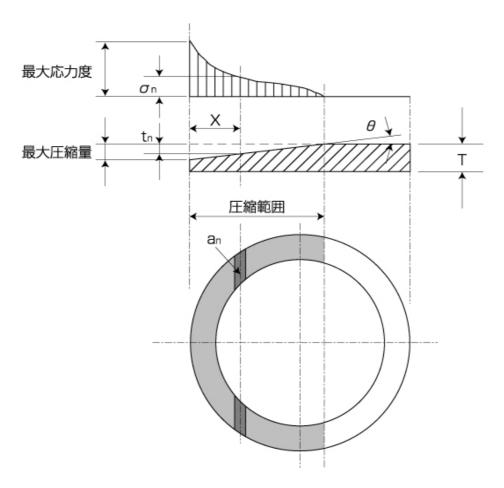


図2-9. 応力度

a. 管の曲げ角度

曲線半径、管長から管の曲げ角θを計算する。

$$\theta = t \ a \ n^{-1} \left(\begin{array}{c} L \\ \hline R - D \ o \ / \ 2 \end{array} \right)$$

ここに、

θ : 管の曲げ角度(°)

L : 管長 (m) R : 曲線半径 (m)

Do:管外径(m)

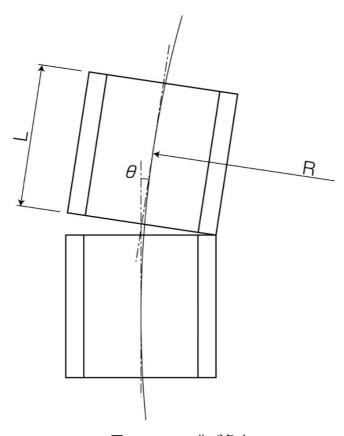


図2-10. 曲げ角度

b. 推進力伝達面積とクッション材の圧縮性状

曲線半径、管長から管の曲げ角度が算出され、推進力伝達面積とクッション材の 圧縮性状の関係から、シュミレーションを行う。

推進力伝達面積(圧縮範囲)に応力が分散し、その応力に応じて、クッション材が圧縮する。クッション材の種類により、圧縮性状が異なるため、圧縮性状を把握しなければならない。

クッション材の選定に関しては、お問合せ下さい。

1-8. 継手性能

(1)曲線半径の許容範囲

曲線部では、図2-11に示すように推進管継手部の目地が開く。継手カラーに覆われている継手には、許容開口長が定められており、継手の止水性を確保するために、開口長が許容値以下になるように設計する。従って、開口長の制約により、曲線の最小半径は定まる。開口長、開口差および曲線半径の関係を次式に示す。

$$S_1 = S_d + S_4$$

ここに、

S1:曲線部外側目地の開口長

S d:曲線部外側、内側目地の開口長

S4:曲線部内側目地の開口長

$$S_{d} = \frac{\ell \cdot D_{2}}{(R - D_{2}/2)}$$

a : 管長 (m)

D₂:管継手部外径(m)

R :曲線半径(m)

なお、推進管の接続部には、応力緩和を目的として、クッション材を挿入する。 従って、目地の開口長は、クッション材の厚さと圧縮量により変化する。

区分	耐水性	抜出し長	許容開口長
	(Mpa)	(mm)	(mm)
J A	0. 1	30	40
ЈВ	0.2	40	50
ЈС	0. 2	60	70

表2-9. 継手の許容開口長

注)許容開口長は、施工上の管理値で耐水性を確保できる管と管の開 き寸法である。

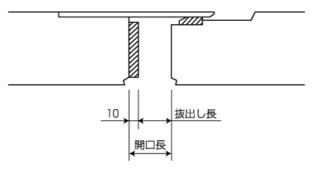


図2-11. 継手開口長

曲線半径が小さいほど、推進管の折れ角は大きくなり、そのために、クッション材は厚いものを必要とする。すなわち、折れ角が大きくなると、クッション材の推進力伝達面積が狭くなり、応力度が上がるので、それを補うためにクッション材が厚くなる。このような場合、必然的に内側の目地開口が大きくなるので、条件に応じて検討する必要がある。

なお、急曲線で、クッション材を部分配置した場合には、クッション材端部の応力度が大きくなり過ぎて、管の周方向の引張応力により軸方向のひび割れが生じることがある。従って、クッション材の厚さの検討や曲げ角度の低減対策(管長を短くする)等により、応力度低減の検討が必要となる。

1-9. 拡幅余掘り

余掘りについて、カッタヘッドにより掘進機の外径よりも大きな径で同心円に切削する オーバーカットによる方法が用いられる。余掘り量は、施工計画時に曲線形と掘進機の寸 法・形状を検討して、適正な余掘り量を設定する必要がある。

余掘り量は、計画曲線の半径、推進管あるいは掘進機の外径および長さにより決まる。 余掘り量は、次式で算出する。

$$m = (R - D/2) - \sqrt{(R - D/2)^{2} - (\ell/2)^{2}}$$

$$= 2 \ell \zeta,$$

m: 余掘り量 (m) R: 曲線半径 (m)

D:推進管あるいは掘進機の外径 (m) 0:推進管あるいは掘進機の長さ (m)

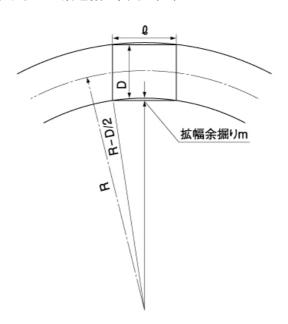


図2-12. 拡幅余掘り説明図

1-10. 地盤補強の検討

曲線推進では、推進力の曲線外側方向への分力により、管列が外側に張り出そうとする。 これに対して、地盤に十分な強度(地盤反力)がない場合は、線形の維持ができなくなる。 このような場合は、推進路線の外側に垂直に強固な地盤改良や連続壁を施工し、地盤を補 強する必要がある。

但し、補強部は部分的に掘削しなければならず、固すぎると推進速度が低下する。 従って、一般的には、溶液型薬液注入工法で地盤改良する方法が用いられている。その範 囲は、公益社団法人 日本推進技術協会・推進工法体系「I推進工法技術編」を参照する。

1-11. 地盤改良範囲

発進・到達立坑部には、地盤改良を行うが、改良範囲は、立坑の鏡切りに必要な最小限とする。改良範囲を、表2-10に示す。

推進・シールド併用タイプ シールドタイプ 呼び径 到達立坑 発進立坑 到達立坑 発進立坑 ϕ 1000mm \sim ϕ 1200mm 5.0 m 7.5 m 5.0 m6.5 m 7.0 m ϕ 1350mm \sim ϕ 1650mm 4.5 m 6.0 m 4.5 m 4.5 m ϕ 1800mm $\sim \phi$ 2400mm 7.0 m 4.5 m 6.5 m

表2-10. 改良範囲

2. シールド工法区間

2-1. スチールセグメント

スチールセグメントは、軽量で取り扱いやすい構造なので、施工の効率化が図れる。 また、さや管として使用する場合、経済性にも優れている。

スチールセグメントは、施工条件に応じて仕様の決定を行うが、一般的な仕様を、表 2-1 1 に示す。

表2-11. スチールセグメント諸元

呼び径	直線部内径	曲線部内径	外径	厚さ	幅	シールホ	才 (mm)	八中山北
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	主シール	コーナーシール	分割数
					750			
1,000	$1,000$ $\sim 1,040$	1,040	$1,140$ $\sim 1,240$	70	600	15×3.5	40×1	4
	1,040		1, 240		300			
					750			
1, 100	$1,100$ $\sim 1,140$	1, 140	$1,250$ $\sim 1,290$	75	600	15×3.5	40×1	4
	1, 140		1, 230		300			
	1 000		1 050		750			
1,200	$1,200$ $\sim 1,240$	1, 240	$1,350$ $\sim 1,390$	75	600	15×3.5	40×1	4
	1,210		1,000		300			
			1 = 10		1,000			
1, 350	$1,350$ $\sim 1,410$	1, 410	$1,540$ $\sim 1,600$	95	500	15×3.5	40×1	5
	1, 110		1,000		375			
	1 500		1 500		1,000			
1,500	$1,500$ $\sim 1,560$	1,560	$1,700$ $\sim 1,760$	100	500	15×3.5	40×1	5
	1,000		1, 100		375			
	1 050		1 050		1,000			
1,650	$1,650$ $\sim 1,710$	1,710	$1,850$ $\sim 1,910$	100	500	15×3.5	40×1	5
	1, 110		1,010		375			
	1 000		0.050		1, 200			
1,800	$1,800$ $\sim 1,860$	1,860	$2,050$ $\sim 2,110$	125	500	15×3.5	40×1	5
	1,000		2, 110		300			
	0.000		0.050		1, 200			
2,000	$2,000$ $\sim 2,060$	2,060	$2,250$ $\sim 2,310$	125	500	15×3.5	40×1	5
	2, 000		2, 010		300			
					1, 200			
2, 200	$2,200$ $\sim 2,260$	2, 260	$2,450$ $\sim 2,510$	125	500	15×3.5	40×1	5
	2, 200		2, 510		300			
					1, 200			
2, 400	2, 400	2, 460	2,650	125	500	15×3.5	40×1	5
2, 100	\sim 2, 460	2, 100	\sim 2,710	120	300	10,70.0	10 / 1	3
					500			

表2-12. セグメント種別一覧表

HT. 44	セグ	メント	種別	テーパー		さや	管呼び径((mm)							
呼称 番号	夕	称	幅	オーハー 種別	1,000	1, 100	1, 200	1, 350	1,500						
田力	7	42) ,	(mm)	144/3/3		テー	-パー量(1	ım)							
			750		_	_	_								
1		標準	1,000	S	_	_	_	_	_						
			1,200					_							
			750	上工	13	14	15								
2			1,000	片 T (左)				21	24						
		}			1,200	(/ユـ/									
			750	上工	13	14	15								
3			1,000	片 T (右)				21	24						
	スチ		1,200	(/H/											
4	アー	異形	600	両T	26	28	30								
4)	ル	共心	500	(左)				42	48						
(5)	セグ		600	両T	26	28	30								
0											500	(右)			
6	メン		600	両T	48	54	58								
<u> </u>	+		500	(左)				42	88						
7			600	両T	48	54	58								
			500	(右)				42	88						
8		標準	300	S	_		_								
0		/示平	375	3				_	_						
9			300	両T	48	54	58								
		異形	375	(左)				80	88						
10		74 /17	300	両T	48	54	58								
10			375	(右)				80	88						

注)テーパー種別の「片」は、片テーパーを示し、「両」は両テーパーを示す。 テーパー種別の「(左)」は、左カーブ用を示し、「(右)」は右カーブ用を示す。 片テーパーセグメントは、全て先利きである。

次頁に続く

HT. 14	セグ	メント	種別			きち	管呼び径((mm)	
呼称 番号	名	称	幅	テーパー 種別	1,650	1,800	2,000	2, 200	2, 400
ш.,	711	باراب	(mm)	122/4		テー	ーパー量(』	nm)	
			750						
1		標準	1,000	S					
			1, 200			_	_		_
			750	比 不					
2			1,000	片 T (左)					
			1,200	,,	34	37	41	45	49
			750	片 T (右)					
3	_		1,000						
	スチ		1, 200		34	37	41	45	49
4	Ì	異形	600	両T					
	ル	共ル	500	(左)	68	74	82	90	98
(5)	セグメン		600	両T					
	ノメ		500	(右)	68	74	82	90	82
6			600	両T					
	<u>۲</u>		500	(左)	96	84	92	98	108
7			600	両T					
			500	(右)	96	84	92	98	108
8		標準	300	S			_		
			375						
9			300	両T		84	92	98	108
		異形	375	(左)	96				
(10)		,,,,	300	両T		84	92	98	108
) } }\ =	0	1£IIII a	375	(右)	96).L== .0	2 - 1	

注)テーパー種別の「片」は、片テーパーを示し、「両」は両テーパーを示す。 テーパー種別の「(左)」は、左カーブ用を示し、「(右)」は右カーブ用を示す。 片テーパーセグメントは、全て先利きである。

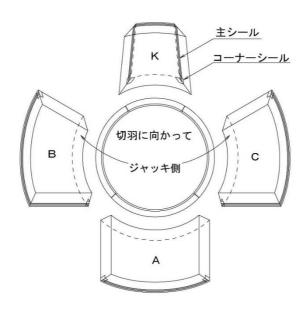


図2-13. シール材施工展開図

2-2. シール材

シール材は、主シール(W= $1.5\,\mathrm{mm}\times$ t= $3.5\,\mathrm{mm}$)とコーナーシール(W= $4.0\,\mathrm{mm}\times$ t= $1\,\mathrm{mm}$)で構成され、セグメントのリング間およびピース間の接合面に止水性を有するシール材を使用し、セグメント組立後の漏水を防止する。

また、内水圧が作用する場合、シール材の仕様を別途検討する。

1) 使用量の算定

使用量は、次式により算出する。

①主シール

リング間 (m) = (セグメント外径-シール幅) × πピース間 (m) = セグメント幅×セグメント分割数

②コーナーシール

コーナー部 $(m) = 0.04 \times セグメント分割数×2 (呼び径1,000~1,200mm)$ = $0.05 \times セグメント分割数×2 (呼び径1,350~2,400mm)$

表2-13. シール材使用量一覧表 (m/1 リング)

シール材	セグメ	ント	さや管呼び径(mm)						
シール材 種 別	種別	幅 (mm)	1,000	1, 100	1, 200	1, 350	1,500		
		300	4. 73	5. 08	5. 39	_	_		
		375			_	6. 29	7. 17		
主シール	スチール セグメント	500			_	6. 79	7. 79		
主ジール		600	5. 93	6. 28	6. 59	_	_		
		750	6. 53	6.88	7. 19	_	_		
					_	8. 79	10. 29		
コーナーシール				0.40	0. 50				

シール材 種 別	セグメ	ント	さや管呼び径(mm)						
	種別	幅 (mm)	1,650	1,800	2,000	2, 200	2, 400		
		300	_	7. 89	8. 52	9. 15	9. 78		
		375	7. 64	_	_	_	_		
主シール	スチール セグメント	500	8. 26	8.89	9. 52	10. 15	10.78		
土ノール		750			1		_		
		1,000	10.76	_	_	_	_		
			_	12. 39	13. 02	13.65	14. 28		
Ξ	ューナーシーノ	レ	0.50						

3. 推進・シールド工法区間

3-1. 推進・シールド切替え位置の設定

推進・シールド併用工法における推進・シールド切替え位置の設定は、公益社団法人 日本推進技術協会「泥濃式推進工法編」に準じ、推進延長の検討を行い、シールド工法切 替え位置として、必要な条件、線形条件および発進坑口部の推進管停止位置等を考慮して 設定する。

(1) 推進・シールド切替え位置の条件

推進・シールド切替え位置は、特別な場合を除き、 $\mathbf{Z} - \mathbf{1} \mathbf{4}$ に示す位置を基本とする。

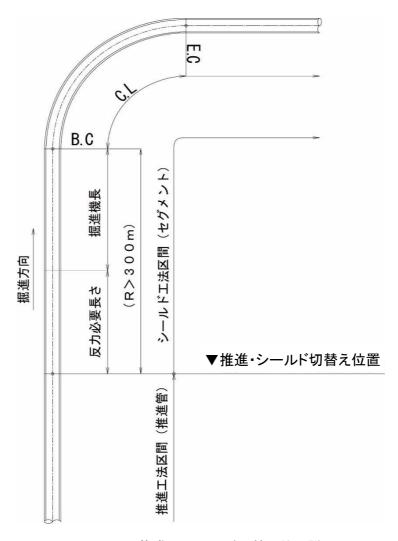


図2-14. 推進・シールド切替え位置説明図

3-2. 切替え必要長さ

(1) 切替え必要長さ(推進・シールド併用工法)

推進・シールド併用工法では、後方の推進管を反力とすることができるため、反力 必要長さは、10.0mとする。

切替え必要長さ = 掘進機長 + 反力必要長さ

さや管呼び径 掘進機長 反力必要長さ 切替え必要長さ (m) (mm) (m)(m)9.9 10.0 **⇒** 20 1,000 1, 100 9.9 10.0 **⇒** 20 1,200 9.9 10.0 **⇒** 20 1,350 9.9 10.0 **⇒** 20 1,500 9.9 10.0 **⇒** 20 **⇒** 20 1,650 9.9 10.0 10.0 **⇒** 20 1,800 9.9 2,000 9.9 10.0 **⇒** 20 **≒** 20 2,200 9.9 10.0 2,400 9.9 10.0 **⇒** 20

表2-14. 切替え必要長さ(推進・シールド併用工法)

3-3. 発進立坑

発進立坑寸法は、さや管の施工に必要な寸法と本管の施工に必要な寸法の長さ(L) と幅(W)の各々を比較して、大きい方の値を選定する。

(1) さや管の施工に必要な発進立坑標準寸法 表2-15に発進立坑標準寸法を示す。

	表 2 一 1 5 . 発達	進立坑標準寸法表	単位(mm)
さや管呼び径 (mm)	長さ(L)	幅(W)	深さ(H)
1,000	7, 200	4,800	1, 205
1, 100	7, 200	5, 200	1, 265
1, 200	7, 200	5, 200	1, 325
1, 350	7, 200	5, 200	1, 405
1, 500	8, 400	5, 200	1, 545
1,650	8, 400	5,600	1,630
1,800	8, 400	5,600	1, 715
2,000	8, 400	5, 600	1,830
2, 200	8, 400	5,600	1, 965
2, 400	8, 400	5,600	2, 080

注) 両発進は、別途検討を要する。

これ以下の場合は、別途検討を要する。

(2) 本管の施工に必要な発進立坑標準寸法

本管の押込工法に必要な発進立坑標準寸法を表 2-1 6 に示す。押込工法は、1000 (kN)元押しジャッキ (ストローク500mm)を使用し、本管を押し込む。

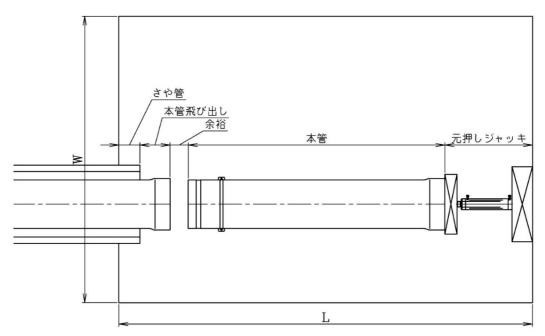


図2-15. 発進立坑標準寸法図〔本管の押込工法〕

表2-16. 発進立坑標準寸法表〔本管の押込工法〕 単位(mm)

さや管			長さ	(L)			幅 (W)	鋼矢板
呼び径 (mm)	さや管飛出し			待機線幅	立坑寸法鋼矢板中心			
1,000	450	500	300	4,000	1, 450	6, 700	4, 300	7.2×4.8
1, 100	450	500	300	4,000	1,450	6, 700	4,600	7.2×5.2
1, 200	450	500	300	4,000	1,450	6, 700	4, 900	7.2×5.2
1, 350	450	500	300	4,000	1,450	6, 700	4, 900	7.2×5.2
1,500	450	500	300	4,000	1,450	6, 700	4, 900	7.2×5.2
1,650	450	500	300	4,000	1,450	6, 700	5, 100	7.2×5.6
1,800	450	500	300	4,000	1,450	6, 700	5, 100	7.2×5.6
2,000	450	500	300	4,000	1,450	6, 700	5, 100	7.2×5.6
2, 200	450	500	300	4,000	1, 450	6, 700	5, 100	7.2×5.6
2, 400	450	500	300	4,000	1, 450	6, 700	5, 100	7.2×5.6

注) 両発進は、別途検討を要する。

本管は、4mを標準とするが、6mを使用する場合は、別途検討を要する。

本管の持込工法に必要な発進立坑標準寸法を表 2-1 7に示す。図 2-1 6に示すようにダクタイル鉄管を搭載した管運搬台車を人力等により、さや管内に押し込んだ後、トラバーサーを使用し、バッテリーカーを横方向にスライドさせて、管運搬台車と接続させるための寸法が必要である。

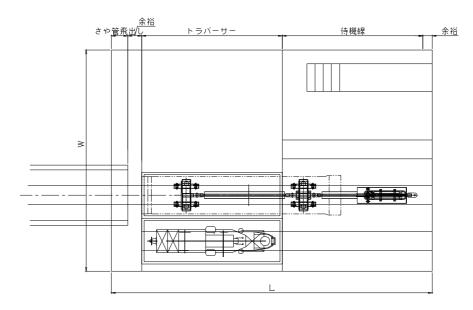


図2-16. 発進立坑標準寸法図〔本管の持込工法〕

表 2 - 1 7. 発進立坑標準寸法表 [本管の持込工法] 単位(mm)

さや管				幅 (W)	鋼矢板			
呼び径 (mm)	さや管 飛出し	余裕	トラハ゛ーサー	待機線	余裕	計	待機線幅	立坑寸法鋼矢板中心
1,000	450	300	3,000	3, 000	200	6, 950	4, 300	7.2×4.8
1, 100	450	300	3,000	3,000	200	6, 950	4,600	7.2×5.2
1, 200	450	300	3,000	3,000	200	6, 950	4, 900	7.2×5.2
1, 350	450	300	3,000	3,000	200	6, 950	4, 900	7.2×5.2
1,500	450	300	3,000	3,000	200	6, 950	4, 900	7.2×5.2
1,650	450	300	3, 500	3, 500	200	7, 950	5, 100	8.4×5.6
1,800	450	300	3, 500	3, 500	200	7, 950	5, 100	8.4×5.6
2,000	450	300	3, 500	3, 500	200	7, 950	5, 100	8.4×5.6
2, 200	450	300	3, 500	3, 500	200	7, 950	5, 100	8.4×5.6
2, 400	450	300	3, 500	3, 500	200	7, 950	5, 100	8.4×5.6

注) 両発進は、別途検討を要する。

本管は、4mを標準とするが、6mを使用する場合は、別途検討を要する。

(3) さや管および本管の施工に必要な発進立坑標準寸法 表2-18にさや管および本管の施工に必要な発進立坑標準寸法を示す。

	衣2一18. 完美	E 工机保华寸法衣	単1 型(MM)
さや管呼び径(mm)	長さ(L)	幅(W)	深さ(H)
1,000	7, 200	4,800	1, 205
1, 100	7, 200	5, 200	1, 265
1, 200	7, 200	5, 200	1, 325
1, 350	7, 200	5, 200	1, 405
1, 500	8, 400	5, 200	1, 545
1,650	8, 400	5,600	1,630
1,800	8, 400	5,600	1,715
2,000	8, 400	5,600	1,830
2, 200	8, 400	5,600	1, 965
2, 400	8, 400	5, 600	2, 080

表 2 一 1 8 . 発進立坑標準寸法表

単位(mm)

これ以下の場合は、別途検討を要する。

本管は、4mを標準とするが、6mを使用する場合は、別途検討を要する。

3-4. 到達立坑寸法

到達立坑寸法は、直線到達し、掘進機を回収する場合の最小スペースとしている。 また、立坑深さ(管芯~立坑底版)は、引上用受台に必要な深さを標準とする。 但し、到達立坑内の配管は、考慮していない。

(1) 到達立坑標準寸法〔鋼矢板〕

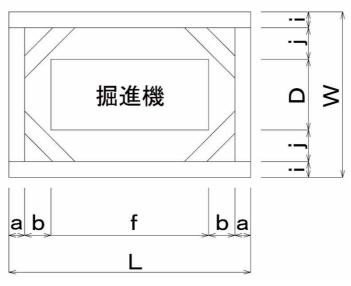


図2-17. 到達立坑標準図〔鋼矢板〕

注) 両発進は、別途検討を要する。

		長さ	(L)			幅	(W)			
さや管 呼び径 (mm)	支保工幅	作業スペース	掘進機長	計	支保工幅	作業スペース	掘進機外 径	計	深さ (H)	鋼矢板 立坑寸法 鋼矢板中心
	a ×2	b ×2	f		i×2	j ×2	D			
1,000	300×2	500×2	2, 700	4, 300	300×2	600×2	1, 340	3, 140	970	4.8×3.6
1, 100	300×2	500×2	2, 700	4, 300	300×2	600×2	1, 450	3, 250	1,025	4.8×3.6
1, 200	300×2	500×2	2, 700	4, 300	300×2	600×2	1,560	3, 360	1,080	4.8×4.0
1, 350	300×2	500×2	2, 700	4, 300	300×2	600×2	1,730	3, 530	1, 165	4.8×4.0
1,500	300×2	500×2	2, 700	4, 300	300×2	600×2	1,910	3, 710	1, 305	4.8×4.0
1,650	300×2	500×2	2, 700	4, 300	300×2	600×2	2,080	3,880	1, 390	4.8×4.4
1,800	400×2	500×2	2, 700	4, 500	400×2	600×2	2, 250	4, 250	1, 490	4.8×4.8
2,000	400×2	500×2	2, 700	4, 500	400×2	600×2	2, 460	4, 460	1, 615	4.8×4.8
2, 200	400×2	500×2	2, 700	4, 500	400×2	600×2	2,660	4,660	1, 730	4.8×5.2
2, 400	400×2	500×2	2, 700	4,500	400×2	600×2	2,860	4,860	1,845	4.8×5.6

注) 使用する掘進機により、立坑寸法を変更する場合がある。

掘進機は、分割到達を標準とし、分割最大長を掘進機長とする。

両到達は、別途検討を要する。

これ以下の場合は、別途検討を要する。

(2) 到達立坑標準寸法〔円形〕

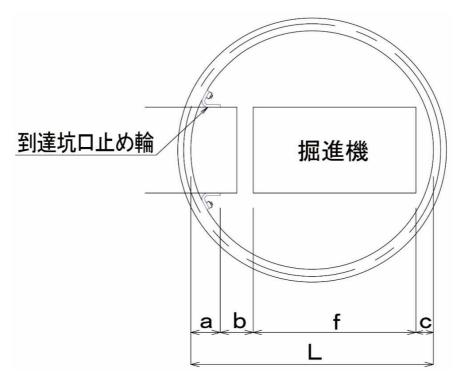


図2-18. 到達立坑標準平面図〔円形〕

表 2 - 2 0. 到達立坑標準寸法表 [円形] 単位(mm)

			長さ(L)		
さや管 呼び径 (mm)	坑口	余裕	掘進 機長	余裕	計	円形
	a	b	f	С		
1,000	400	300	2,700	300	3, 700	ϕ 3, 700
1, 100	450	300	2, 700	350	3,800	ϕ 3, 800
1, 200	450	300	2,700	350	3, 800	φ 3, 800
1, 350	500	300	2,700	400	3, 900	ϕ 3, 900
1,500	550	300	2,700	450	4,000	ϕ 4, 000
1,650	600	300	2, 700	500	4, 100	φ 4, 100
1,800	650	300	2, 700	550	4, 200	ϕ 4, 200
2,000	700	300	2,700	600	4, 300	ϕ 4, 300
2, 200	800	300	2,700	700	4, 500	ϕ 4, 500
2, 400	900	300	2,700	700	4,600	ϕ 4, 600

注) 使用する掘進機により、立坑寸法を変更する場合がある。

掘進機は、分割到達を標準とし、分割最大長を掘進機長とする。 両到達は、別途検討を要する。

これ以下の場合は、別途検討を要する。

表 2 - 2 1. 到達立坑寸法表

単位(mm)

さや管呼び径 (mm)	鋼矢板	円形	深さ (H)
1,000	4.8×3.6	φ 3, 700	970
1, 100	4.8×3.6	φ 3, 800	1,025
1, 200	4.8×4.0	φ 3, 800	1,080
1, 350	4.8×4.0	φ 3, 900	1, 165
1, 500	4.8×4.0	φ 4, 000	1, 305
1,650	4.8×4.4	φ 4, 100	1,390
1,800	4.8×4.8	φ 4, 200	1, 490
2,000	4.8×4.8	φ 4, 300	1,615
2, 200	4.8×5.2	ϕ 4, 500	1,730
2, 400	4.8×5.6	ϕ 4, 600	1,845

注) 使用する掘進機により、立坑寸法を変更する場合がある。

掘進機は、分割到達を標準とし、分割最大長を掘進機長とする。

両到達は、別途検討を要する。

これ以下の場合は、別途検討を要する。

3-5. 中間立坑 (ビット交換用)

ビット交換用立坑寸法は、岩盤、硬質土および砂礫等の掘進で摩耗したカッタビットを 中間立坑で交換する場合の最小スペースとしている。

また、立坑深さ(管芯~立坑底版)は、引上用受台に必要な深さを標準とする。 なお、カッタヘッドの形状によって、立坑寸法が異なる場合がある。

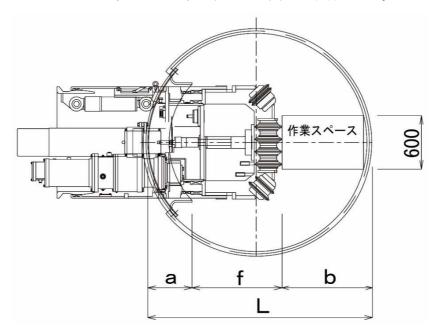


図2-19. ビット交換用立坑標準平面図

表2-22. ビット交換用立坑標準寸法表 (mm)

		長さ	(L)		
さや管 呼び径 (mm)	坑口	掘進 機長	余裕	計	円形
	a	f	b		
1,000	550	800	950	2, 300	φ 2, 300
1, 100	600	800	1,000	2, 400	φ 2, 400
1, 200	650	800	1,050	2, 500	φ2, 500
1,350	700	800	1,000	2, 500	φ2, 500
1,500	750	1,000	1,050	2,800	φ 2, 800
1,650	800	1,000	1, 100	2, 900	φ 2, 900
1,800	900	1,000	1, 100	3,000	φ3,000
2,000	1,000	1,000	1, 100	3, 100	φ3, 100
2, 200	1, 200	1,000	1, 100	3, 300	φ 3, 300
2,400	1,300	1,000	1, 100	3, 400	φ 3, 400

表 2 ー 2 3	ビット交換用立坑寸法表	(mm)
1 2 2 0 .		\ IIIIII /

さや管呼び径 (mm)	円形	深さ (H)
1,000	φ 2, 300	970
1, 100	φ 2, 400	1,025
1, 200	φ 2, 500	1,080
1, 350	φ 2, 500	1, 165
1, 500	φ 2, 800	1, 305
1,650	φ 2, 900	1, 390
1,800	φ 3, 000	1, 490
2, 000	φ 3, 100	1,615
2, 200	φ 3, 300	1,730
2, 400	φ 3, 400	1,845

注)使用する掘進機により、立坑寸法を変更する場合がある。 深さは、管芯から立坑底版までとする。 これ以下の場合は、別途検討を要する。

3-6. 発進・到達坑口

発進・到達坑口は、掘進機の発進・到達により土留壁切断面と掘進機、またはセグメントおよび推進管との隙間から地下水や裏込材等が立坑内に漏れるのを防止する目的で設置する。

(1) 発進坑口標準寸法

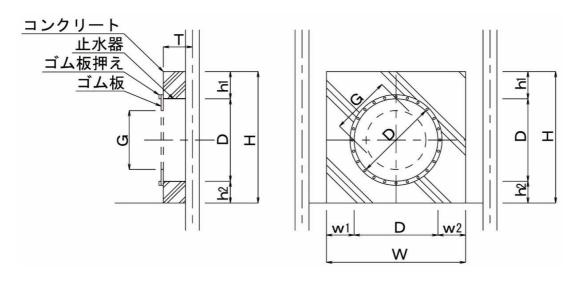


図2-20. 発進坑口標準図

表 2 - 2 4. 発進坑口標準寸法表

(mm)

さや管呼び径		各部寸法(mm)									
(mm)	D	h 1	h 2	Н	w1	w2	W	Т			
1,000	1,510	500	450	2, 460	500	500	2,510	475			
1, 100	1,630	500	450	2, 580	500	500	2,630	475			
1, 200	1,750	500	450	2,700	500	500	2,750	475			
1, 350	1,910	500	450	2,860	500	500	2,910	475			
1, 500	2,090	500	500	3,090	500	500	3,090	475			
1,650	2, 260	500	500	3, 260	500	500	3, 260	475			
1,800	2, 400	500	500	3, 400	500	500	3, 400	475			
2,000	2,610	500	500	3,610	500	500	3,610	475			
2, 200	2,810	500	520	3,830	500	500	3,810	525			
2, 400	3,010	500	520	4,030	500	500	4,010	525			

(2) 到達坑口標準寸法

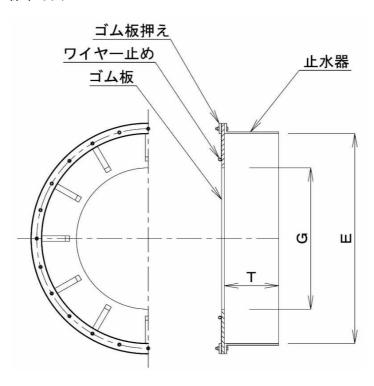


図2-21. 到達坑口参考図〔鋼矢板〕

表 2 - 2 5. 到達坑口標準寸法表

(mm)

さや管呼び径(mm)	1,000~1,350	1,500~2,400
Е	$D \phi + 220$	$D \phi + 220$
G	$D \phi - 280$	$D \phi - 380$
T	650	700

注) D:掘進機外径を示す。

円形立坑の場合は、別途検討を要する。

3-7. 支圧壁

(1) コンクリート製(推進・シールド併用タイプ)

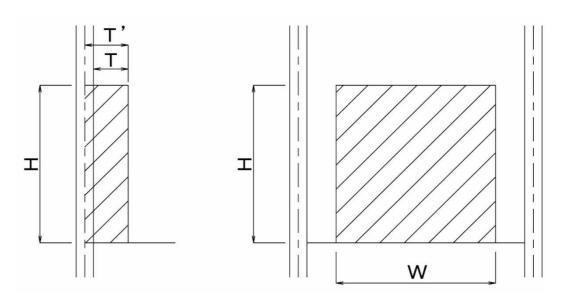


図2-22. 支圧壁標準図(コンクリート製)

7	長2−26.	支灶壁	(コンクリ	リート製)	寸法	表(参考)	(mm)
₹		十分+	()			マンタル 1月	刑劫。具

さや管呼び径		寸法 (mm)				型枠量
(mm)	W	Н	Т	Т'	(V) (m ³)	(F) (m ²)
1,000	3, 100	2,800	800	925	8.03	13.86
1, 100	3, 200	3,000	800	925	8.88	15. 15
1, 200	3, 300	3, 200	800	925	9. 77	16. 48
1, 350	3, 500	3, 400	800	925	11.01	18. 19
1,500	3,600	3,600	800	925	11. 99	19.62
1,650	3,800	3,800	800	925	13. 36	21. 47
1,800	4, 200	4,800	1,000	1, 125	22. 68	29. 04
2,000	4, 400	4, 900	1,000	1, 125	24. 26	30.63
2, 200	4,600	5, 200	1,000	1, 125	26. 91	33. 54
2, 400	4, 900	5, 500	1,000	1, 125	30. 32	37. 13

- 注) 1. T'=T+(※250/2) ※鋼矢板の種類により異なる。
 - 2. $V = W \times H \times T$
 - 3. $F = (W \times H) + (2 \times H \times T')$
 - 4. 支圧壁の検討は、お問合せ下さい。

3-8. 発進・引上用受台

(1) 発進用受台標準寸法

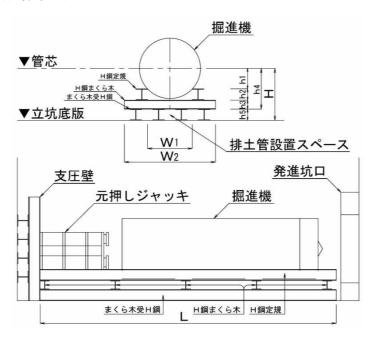


図2-23. 発進用受台標準図

表 2 - 2 7. 発進用受台標準寸法表 (mm)

	衣 2 一 2 7 .								(11111)		
さや管呼び径		各部寸法(mm)									
(mm)	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h_{5}	Н	W_1	W_2	L		
1,000	455	250	250	955	250	1, 205	984	4, 400	5, 700		
1, 100	515	250	250	1, 015	250	1, 265	1,021	4, 800	5, 700		
1, 200	575	250	250	1, 075	250	1, 325	1, 054	4, 800	5, 700		
1, 350	655	250	250	1, 155	250	1, 405	1, 130	4,800	5, 700		
1, 500	695	300	300	1, 295	250	1, 545	1, 310	4, 800	6, 900		
1, 650	780	300	300	1, 380	250	1,630	1, 376	5, 200	6, 900		
1,800	865	300	300	1, 465	250	1,715	1, 439	5, 200	6,800		
2, 000	980	300	300	1, 580	250	1,830	1, 487	5, 200	6,800		
2, 200	1, 115	300	300	1,715	250	1, 965	1, 450	5, 200	6, 750		
2, 400	1, 230	300	300	1,830	250	2, 080	1, 459	5, 200	6, 750		

表 2 - 2 8. 発進受台鋼材質量表

さや管呼び 径(mm)	部材名	断面寸法 (mm)	長さ (m)	本数 (本)	質量 (t)	総質量 (t)
	①H鋼定規	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	5. 70	2	0.819	
1,000	②H鋼まくら木	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	4. 40	5	1. 580	4. 036
	③まくら木受H鋼	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	5. 70	4	1. 637	
	①H鋼定規	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	5. 70	2	0.819	
1, 100	②H鋼まくら木	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	4.80	5	1. 723	4. 179
	③まくら木受H鋼	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	5. 70	4	1. 637	
	①H鋼定規	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	5. 70	2	0.819	
1, 200	②H鋼まくら木	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	4.80	5	1. 723	4. 179
	③まくら木受H鋼	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	5. 70	4	1. 637	
	①H鋼定規	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	5. 70	2	0.819	
1,350	②H鋼まくら木	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	4. 80	5	1. 723	4. 179
	③まくら木受H鋼	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	5. 70	4	1. 637	
	①H鋼定規	H-300×300×10×15	6. 90	2	1. 283	
1,500	②H鋼まくら木	H-300×300×10×15	4. 80	5	2. 232	5. 497
	③まくら木受H鋼	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	6. 90	4	1. 982	
	①H鋼定規	H-300×300×10×15	6. 90	2	1. 283	
1,650	②H鋼まくら木	H-300×300×10×15	5. 20	5	2. 418	5. 683
	③まくら木受H鋼	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	6. 90	4	1. 982	
	①H鋼定規	H-300×300×10×15	6.80	2	1. 265	
1,800	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	5. 20	5	2. 418	5. 636
	③まくら木受H鋼	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	6.80	4	1. 953	
	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	6.80	2	1. 265	
2,000	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	5. 20	5	2. 418	5. 636
	③まくら木受H鋼	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	6.80	4	1. 953	
	①H鋼定規	H-300×300×10×15	6. 75	2	1. 256	
2, 200	②H鋼まくら木	H-300×300×10×15	5. 20	5	2. 418	5. 613
	③まくら木受H鋼	$H-250 \times 250 \times 9 \times 15$	6. 75	4	1. 939	
	①H鋼定規	H-300×300×10×15	6. 75	2	1. 256	
2, 400	②H鋼まくら木	H-300×300×10×15	5. 20	5	2. 418	5. 613
	③まくら木受H鋼	$H-250 \times 250 \times 9 \times 15$	6. 75	4	1. 939	

(2) 引上用受台標準寸法〔鋼矢板〕

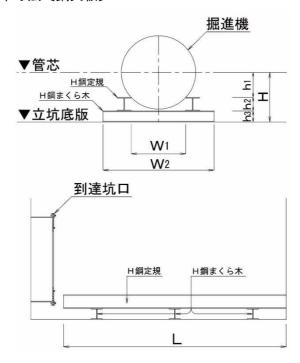


図2-24. 引上用受台標準図〔鋼矢板〕

表2-29. 引上用受台標準寸法表〔鋼矢板〕

さや管呼び径		各部寸法(mm)								
	h ₁	h_2	h ₃	Н	\mathbf{W}_1	W_2	L			
1,000	470	250	250	970	955	2, 000	4,000			
1, 100	525	250	250	1, 025	1,000	2, 000	4, 000			
1, 200	580	250	250	1,080	1, 043	2,000	4,000			
1, 350	665	250	250	1, 165	1, 106	2, 500	4,000			
1,500	705	300	300	1, 305	1, 288	2, 500	4,000			
1,650	790	300	300	1, 390	1, 353	2, 500	4,000			
1,800	890	300	300	1, 490	1, 376	3, 000	4,000			
2,000	1,015	300	300	1,615	1, 389	3, 000	4,000			
2, 200	1, 130	300	300	1,730	1, 403	3, 500	4,000			
2, 400	1, 245	300	300	1,845	1, 407	3, 500	4,000			

(3) 引上用受台標準寸法〔円形〕

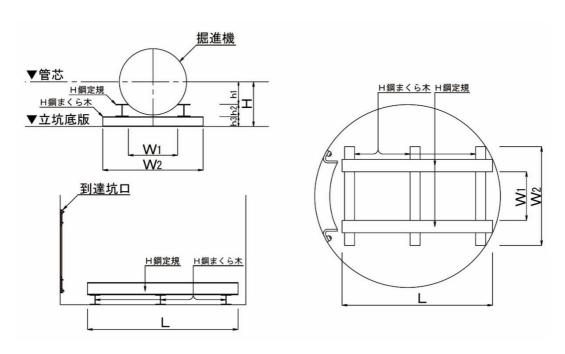


図2-25. 引上用受台標準図〔円形〕

表2-30. 引上用受台標準寸法表〔円形〕

さや管呼び径		各部寸法(mm)							
(mm)	h ₁	h_2	h_3	Н	W_1	W_2	L		
1,000	470	250	250	970	955	2,000	3,000		
1, 100	525	250	250	1,025	1,000	2,000	3, 000		
1, 200	580	250	250	1,080	1, 043	2,000	3, 000		
1, 350	665	250	250	1, 165	1, 106	2, 500	3,000		
1,500	705	300	300	1, 305	1, 288	2, 500	3, 000		
1,650	790	300	300	1, 390	1, 353	2, 500	3,000		
1,800	890	300	300	1, 490	1, 376	3, 000	3,000		
2, 000	1,015	300	300	1, 615	1, 389	3, 000	3,000		
2, 200	1, 130	300	300	1, 730	1, 403	3, 500	3,000		
2, 400	1, 245	300	300	1, 845	1, 407	3, 500	3,000		

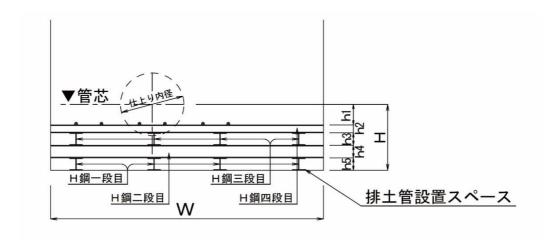
表 2 - 3 1. 引上用受台鋼材質量表〔鋼矢板〕

呼び径 (mm)	部材名	断面寸法 (mm)	長さ (m)	本数 (本)	質量 (t)	総質量 (t)
1 000	①H鋼定規	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	4.00	2	0.574	1 005
1,000	②H鋼まくら木	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	2.00	3	0.431	1. 005
1 100	①H鋼定規	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	4.00	2	0.574	1. 005
1, 100	②H鋼まくら木	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	2.00	3	0.431	1.005
1, 200	①H鋼定規	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	4.00	2	0.574	1, 005
1, 200	②H鋼まくら木	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	2.00	3	0.431	1.005
1 250	①H鋼定規	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	4.00	2	0.574	1 119
1, 350	②H鋼まくら木	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	2.50	3	0.539	1. 113
1,500	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	4.00	2	0.744	1. 442
1, 500	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	2.50	3	0.698	1.442
1,650	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	4.00	2	0.744	1, 442
1,000	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	2.50	3	0.698	1.442
1,800	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	4.00	2	0.744	1. 581
1,000	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.00	3	0.837	1. 561
2,000	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	4.00	2	0.744	1. 581
2,000	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.00	3	0.837	1. 561
2, 200	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	4.00	2	0.744	1, 721
۷, ۷۰۰	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3. 50	3	0.977	1. (41
2, 400	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	4.00	2	0.744	1, 721
4,400	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.50	3	0.977	1. (41

表 2 - 3 2. 引上用受台鋼材質量表〔円形〕

呼び径	部材名	断面寸法	長さ ()	本数	質量	総質量
(mm)		(mm)	(m)	(本)	(t)	(t)
1,000	①H鋼定規	$H-250\times250\times9\times14$	3. 00	2	0.431	0.718
1,000	②H鋼まくら木	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	2.00	2	0. 287	0.718
1, 100	①H鋼定規	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	3.00	2	0.431	0.718
1, 100	②H鋼まくら木	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	2.00	2	0. 287	0.716
1, 200	①H鋼定規	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	3.00	2	0.431	0.718
1, 200	②H鋼まくら木	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	2.00	2	0. 287	0.718
1, 350	①H鋼定規	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	3.00	2	0.431	0. 790
1, 550	②H鋼まくら木	$\text{H-}250\times250\times9\times14$	2.50	2	0.359	0. 790
1 500	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.00	2	0.558	1. 023
1, 500	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	2.50	2	0.465	1.023
1,650	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.00	2	0.558	1. 023
1,000	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	2.50	2	0.465	1.023
1,800	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.00	2	0.558	1, 116
1,000	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.00	2	0.558	1. 110
2,000	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.00	2	0.558	1. 116
2,000	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.00	2	0.558	1. 110
2 200	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.00	2	0.558	1. 209
2, 200	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.50	2	0.651	1. 209
2 400	①H鋼定規	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3.00	2	0.558	1. 209
2, 400	②H鋼まくら木	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	3. 50	2	0.651	1. 209

3-9. 発進立坑作業床



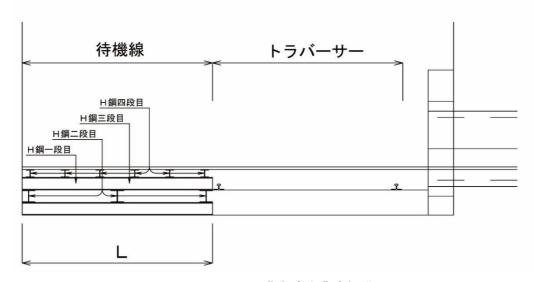


図2-26. 発進立坑作業床標準図

表 2 - 3 3. 発進立坑作業床標準寸法表

呼び径				各部	祁寸法(m	m)			
(mm)	h ₁	h_2	h_3	h ₄	h_{5}	h ₆	Н	W	L
1,000	330	125	200	250	300	_	1, 205	4,800	3,000
1, 100	390	125	200	250	300		1, 265	5, 200	3,000
1, 200	300	125	200	200	200	300	1, 325	5, 200	3,000
1, 350	380	125	200	200	200	300	1, 405	5, 200	3,000
1,500	395	150	200	250	250	300	1, 545	5, 200	3, 500
1,650	480	150	200	250	250	300	1,630	5,600	3, 500
1,800	565	150	200	250	250	300	1,715	5,600	3, 500
2,000	580	150	200	300	300	300	1,830	5,600	3, 500
2, 200	665	150	250	300	300	300	1, 965	5, 600	3, 500
2, 400	780	150	250	300	300	300	2,080	5,600	3,500

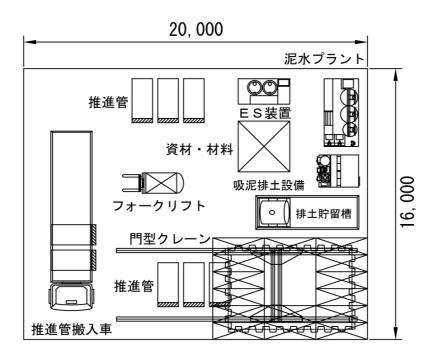
表 2 - 3 4. 発進立坑作業床鋼材質量表

呼び径		数 Z 一 S 4 . 光 是 立 机 断面 寸 法	長さ	本数	質量	総質量
mm)	部材名	MED (MED)	(m)	(本)	貝里 (t)	心貝里 (t)
(IIIII)	①H鋼一段目	H-300×300×10×15	3. 00	4	1. 116	(0)
	②H鋼二段目	$H-250\times250\times9\times14$	4. 40	3	0. 948	
1,000	③H鋼三段目	$H-200\times200\times8\times12$	3. 00	4	0. 599	3. 286
	④H鋼四段目	$H-125\times125\times6.5\times9$	4. 40	6	0. 623	
	①H鋼一段目	$H-300\times300\times10\times15$	3. 00	4	1. 116	
	②H鋼二段目		$H-250\times250\times9\times14$ 4.40 3		0. 948	
1, 100	③H鋼三段目	$H-200\times200\times8\times12$	3. 00	4	0. 599	3. 286
	④H鋼四段目	$H-125 \times 125 \times 6.5 \times 9$	4. 40	6	0. 623	
	①H鋼一段目	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	4. 80	3	1. 339	
	②H鋼二段目	H-200×200×8×12	3. 00	4	0. 599	
1, 200	③H鋼三段目	H-200×200×8×12	4. 80	3	0.719	3. 936
,	④H鋼四段目	H-200×200×8×12	3.00	4	0. 599	
	⑤H鋼五段目	$H-125\times125\times6.5\times9$	4. 80	6	0.680	
	①H鋼一段目	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	4.80	3	1. 339	
	②H鋼二段目	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	3.00	4	0.862	
1, 350	③H鋼三段目	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	4.80	3	1.034	4. 514
	④H鋼四段目	$H-200 \times 200 \times 8 \times 12$	3.00	4	0. 599	
	⑤H鋼五段目	$H-125\times125\times6.5\times9$	4.80	6	0.680	
	①H鋼一段目	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	4.80	3	1. 339	
	②H鋼二段目	$H-250\times250\times9\times14$	3. 50	4	1.005	
1,500	③H鋼三段目	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	4.80	3	1.034	4.973
	④H鋼四段目	$H-200 \times 200 \times 8 \times 12$	3. 50	4	0.699	
	⑤H鋼五段目	$H-150\times150\times7\times10$	4.80	6	0.896	
	①H鋼一段目	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	5. 20	3	1.451	
	②H鋼二段目	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	3. 50	4	1.005	
1,650	③H鋼三段目	$H-250 \times 250 \times 9 \times 14$	5. 20	3	1. 120	5. 245
	④H鋼四段目	H-200×200×8×12	3.50	4	0.699	
	⑤H鋼五段目	$H-150 \times 150 \times 7 \times 10$	5. 20	6	0.970	
	①H鋼一段目	$H-300 \times 300 \times 10 \times 15$	5. 20	3	1.451	
	②H鋼二段目	$H-250\times250\times9\times14$	3.50	4	1.005	
1,800	③H鋼三段目	$H-250\times250\times9\times14$	5. 20	3	1. 120	5. 245
	④H鋼四段目	$H-200\times200\times8\times12$	3.50	4	0.699	
	⑤H鋼五段目	$H-150 \times 150 \times 7 \times 10$	5. 20	6	0.970	
	①H鋼一段目	$H-300\times300\times10\times15$	5. 20	3	1.451	
	②H鋼二段目	$H-250\times250\times9\times14$	3. 50	4	1.005	
2,000	③H鋼三段目	$H-250\times250\times9\times14$	5. 20	3	1. 120	5. 245
	④H鋼四段目	$H-200\times200\times8\times12$	3.50	4	0.699	
	⑤H鋼五段目	$H-150\times150\times7\times10$	5. 20	6	0.970	
	①H鋼一段目	$H-300\times300\times10\times16$	5. 20	3	1.451	
	②H鋼二段目	$H-250\times250\times9\times14$	3. 50	4	1. 302	
2, 200	③H鋼三段目	$H-250\times250\times9\times14$	5. 20	3	1.451	6. 179
	④H鋼四段目	$H-200\times200\times8\times13$	3.50	4	1.005	
	⑤H鋼五段目	$H-150\times150\times7\times11$	5. 20	6	0.970	
	①H鋼一段目	$H-300\times300\times10\times16$	5. 20	3	1.451	
	②H鋼二段目	$H-250\times250\times9\times14$	3. 50	4	1. 302	
2, 400	③H鋼三段目	$H-250\times250\times9\times14$	5. 20	3	1.451	6. 179
	④H鋼四段目	$H-200\times200\times8\times13$	3. 50	4	1.005	
	⑤H鋼五段目	$H-150\times150\times7\times11$	5. 20	6	0.970	

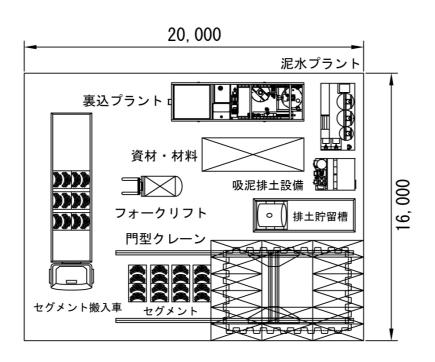
3-10. 発進基地 (参考)

(1)敷地内(借地)の場合 呼び径1,000mm (参考)

<推進工法区間>

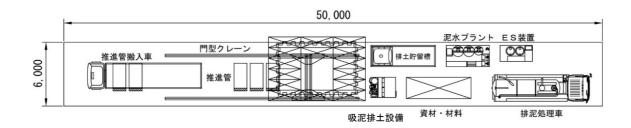


<シールド工法区間>

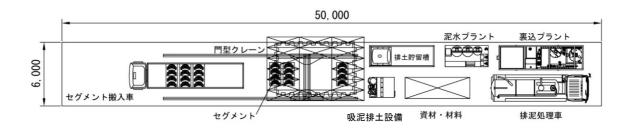


(2) 道路上の場合 呼び径1,000mm (参考)

<推進工法区間>



<シールド工法区間>



(3) 発進基地面積(概算)

表 2 - 3 5. 発進基地面積 (概算) (m²)

さや管呼び径 (mm)	敷地内(借地)	道路上
1,000~1,100	320	300
1,200~1,650	420	380
1,800~2,400	500	450

注) 施工規模により設置台数の増減等の検討を要する。

3-11. ビット磨耗による許容推進延長

(1) 標準タイプ

スポークタイプのため、ビットの磨耗は考慮しないが、推進延長や土質条件により、 別途検討を要する場合がある。

(2)破砕タイプ

ビットの磨耗は、地山の硬度や礫率、礫径および土質全般の粒度分布により異なっており、損耗の判断は非常に困難であるが、これまでの施工経験から標準ビットの参考値を、表2-36に示す。

表 2 一 3 6.	ビット磨耗によ	る許容推進延長	(参考値)	(m)

さや管呼び径	Α	Α	C	C 1	C 0	C 0	C 4	C [C
(mm)	粘性土	砂質土	С	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6
1,000	1,000	800	1,000	500	400	300	200	150	100
1, 100	1,000	800	1,000	500	400	300	200	150	100
1, 200	1,000	800	1,000	500	400	300	200	150	100
1, 350	1,000	800	1,000	500	400	300	200	150	100
1, 500	1,000	800	1,000	500	400	300	200	150	100
1,650	1,000	800	1,000	500	400	300	200	150	100
1,800	1,000	800	1,000	500	400	300	200	150	100
2,000	1,000	800	1,000	500	400	300	200	150	100
2, 200	1,000	800	1,000	500	400	300	200	150	100
2, 400	1,000	800	1,000	500	400	300	200	150	100

さや管呼び径 (mm)	B-1	B - 2	B - 3	B - 4	B - 5	B - 6	B - 7	B-8	備	考
1, 000	700	600	500	400	550	500	400	300		
1, 100	700	600	500	400	550	500	400	300		
1, 200	700	600	500	400	550	500	400	300		
1, 350	700	600	500	400	550	500	400	300		
1, 500	700	600	500	400	550	500	400	300		
1,650	700	600	500	400	550	500	400	300		
1,800	700	600	500	400	550	500	400	300		
2,000	700	600	500	400	550	500	400	300		
2, 200	700	600	500	400	550	500	400	300		
2, 400	700	600	500	400	550	500	400	300		

注) これより距離を延ばす場合は、ビット交換が必要である。

全ての土質にて、ビット補修費を計上する。

4. 基本仕様

4-1. PN形管 (JDPA G 1046-2017)

当工法に用いるPN形管は、パイプ・イン・パイプ工法で用いていたPN形管をさや管内に持ち込んで継手接合できるように改良した管である。また、さや管が推進工法区間で、PN形管の直管(呼び径800mm以上)のみの場合、発進立坑内で継手接合およびキャスターの取り付けを行い、さや管内に挿入する押込工法が可能である。

PN形管は、 $3 \, \mathrm{D\,k\,N}$ (D: 呼び径mm) の離脱防止性能と管有効長の $1 \, \%$ の継手伸び量および許容曲げ角度までの継手屈曲性能を有している。継手構造を図 $2-2 \, 7$ に示し、継手性能を表 $2-3 \, 7$ に示す。

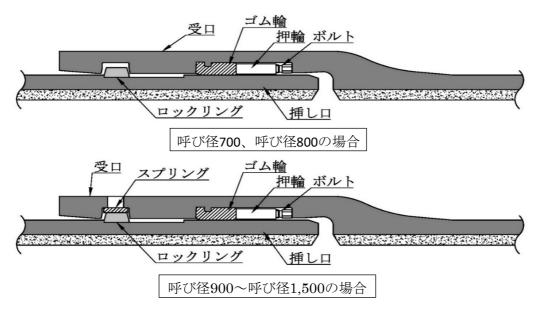


図2-27. PN形継手構造図

本管呼び径 伸び量 (mm) 許容曲げ角度 離脱防止力(kN) 700 3° 2, 100 45 800 50 3° 2,400 900 3° 55 2,700 1,000 3° 3,000 55 2° 45′ 1, 100 55 3,300 1,200 60 2° 45′ 3,600 2° 25′ 4,050 1,350 60 1° 50′ 1,500 55 4,500

表 2 - 3 7. 継手性能

PN形管の管種を表 2-38に示す。直管は、4 m管を標準とし、6 m管の製造も可能である。また、直管の管厚は、1 種管~4 種質の4 種類である。

異形管は、曲管(3°、5 5/8°、11 1/4°)、継ぎ輪および受挿し短管がラインナップされている。なお、呼び径700mm \sim 1,100mmのPN形管はNS形等、他の継手形式のダクタイル鉄管の外径と異なるため、受挿し短管を用いて接続する。

表2-38. 管種(PN形)

本管呼び径	700~1,500				
直管	有効長	標準4m(6m管も製造可能)			
	管厚	1種、2種、3種、4種			
	曲管	3° , $5.5/8^{\circ}$, $11.1/4^{\circ}$			
異形管	継ぎ輪	700~1,500			
	受挿し短管	本管呼び径700~1,100のみ			

表 2 - 3 9. PN形直管諸元一覧

呼び径	※1 管厚	外径		各部寸法							※2 質量 (kg)	_	ルライ ゲ(参)
D (mm)	T (mm)	D´2 (mm)	D3 (mm)	D5 (mm)	P (mm)	M (mm)	V (mm)	X (mm)	Y (mm)	L (mm)	鉄部 DP	厚さ t1	質量 (kg)
700	9. 0	711. 2	715. 2	759. 2	253	70	2.5	130	15	4000 6000	645 929	8	163 245
800	10.0	812.8	816.8	862.8	265	75	2.5	130	15	4000 6000	817 1180	8	187 281
900	11.0	914. 4	918. 4	966. 4	275	80	2.5	135	15	4000 6000	1010 1460	8	211 316
1,000	12.0	1016.0	1020.0	1070. 0	275	80	2.5	135	15	4000 6000	1220 1760	10	292 439
1, 100	13. 0	1117.6	1121.6	1173. 6	288	85	3.0	135	15	4000 6000	1460 2100	10	322 484
1, 200	13. 5	1246. 0	1250. 0	1304. 0	298	90	3.0	140	15	4000 6000	1700 2450	10	360 540
1, 350	15. 0	1400.0	1404.0	1461. 0	298	90	3.0	140	15	4000 6000	2110 3040	12	485 728
1, 500	16.5	1554. 0	1558. 0	1620. 0	298	90	3.0	140	15	4000 6000	2580 3720	12	539 810

- ※1 4種管の管厚を示す。
- ※2 4種管の質量を示す。

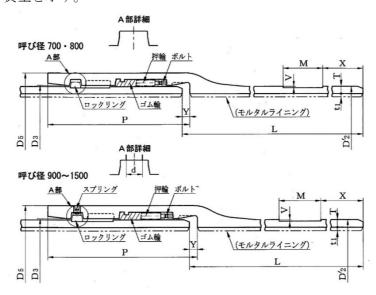


図2-28. PN形直管構造図

表2-40. PN形曲管諸元一覧

呼び径	管厚		1	1 1/4°				į	5 5/8°		
呼い往	百字	í	各部寸沒	占	管心長		各部寸法			管心長	
D (mm)	T (mm)	R (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	(mm)	質量 (kg)	R (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	(mm)	質量 (kg)
700	17.0	6000	661	844	1501	469	12000	660	843	1502	469
800	18.0	6000	661	856	1513	575	12000	660	855	1514	575
900	19.0	6000	661	866	1523	692	12000	660	865	1524	693
1000	20.0	6000	661	866	1523	810	12000	660	865	1524	811
1100	21.0	6000	661	879	1536	948	12000	660	878	1537	948
1200	22.0	6000	661	889	1546	1120	12000	660	888	1547	1120
1350	24. 0	6000	661	889	1546	1370	12000	660	888	1547	1370
1500	26. 0	6000	661	889	1546	1650	12000	660	888	1547	1650

呼び径	管厚	3°								
中し作	日子	í	各部寸海	去	管心長					
D (mm)	T (mm)	R (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	(mm)	質量 (kg)				
700	17. 0	22500	659	842	1501	468				
800	18.0	22500	659	854	1513	575				
900	19.0	22500	659	864	1523	692				
1000	20.0	22500	659	864	1523	810				
1100	21.0	22500	659	877	1536	947				
1200	22.0	22500	659	887	1546	1120				
1350	24. 0	22500	659	887	1546	1370				
1500	26.0	22500	659	887	1546	1650				

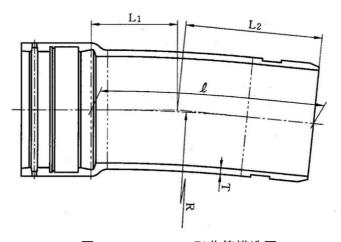


図2-29. PN形曲管構造図

4-2. バッテリーカー

PN形管 $(4m + \nu p \nu p - 1 + \nu p \nu p - 1 + \nu p \nu p - 1 + \nu p \nu p - 2 + 2 - 4 1 \nu p \nu p - 2 + 2 \nu p \nu p - 2 + 2 \nu p \nu p - 2 \nu p$

管長が4m以外の場合は、検討する長さでの牽引質量を算出して、必要な牽引力を求め、バッテリーカーを選定する。

 $F = W \cdot 9. 8065/1000 \cdot (\mu \cdot S + i/100)$

ここで、F:牽引力(kN)

W:管+管運搬台車の総質量(kg)

μ:管運搬台車車輪の転がり抵抗係数 (=0.06とする)

S:安全率(=1.2)

i : 勾配 (%)

表 2 - 4 1. 牽引質量表 (参考)

-			
重量本管呼び径	PN形管 [※] (kg)	管運搬台車 (kg)	総質量 (牽引質量) (kg)
700	808	240	1,048
800	1, 004	240	1, 244
900	1, 221	240	1, 461
1,000	1, 512	250	1,762
1, 100	1, 782	250	2,032
1, 200	2, 060	260	2, 320
1, 350	2, 595	260	2,855
1,500	3, 119	260	3, 379

※4m直管、4種管、内面モルタルライニング

表2-42. バッテリーカーに必要な牽引カー覧表(参考) 単位(kN)

										<u> </u>	,
勾配 (%) 本管呼び径	0.0	0.5	1.0	1.5	2. 0	2.5	3. 0	3. 5	4. 0	4. 5	5. 0
700	0.74	0.79	0.84	0.89	0.95	1.00	1.05	1.10	1. 15	1. 20	1. 25
800	0.88	0.94	1.00	1.06	1. 12	1. 18	1. 24	1.31	1.37	1. 43	1.49
900	1.03	1. 10	1. 17	1. 25	1.32	1. 39	1.46	1.53	1.60	1.68	1.75
1,000	1.24	1. 33	1.42	1.50	1.59	1. 68	1.76	1.85	1.94	2.02	2.11
1, 100	1.43	1.53	1.63	1.73	1.83	1. 93	2.03	2. 13	2. 23	2. 33	2. 43
1, 200	1.64	1. 75	1.87	1.98	2.09	2. 21	2.32	2.43	2.55	2.66	2.78
1, 350	2.02	2. 16	2.30	2.44	2.58	2. 72	2.86	3.00	3. 14	3. 28	3. 42
1, 500	2.39	2.55	2.72	2.88	3.05	3. 21	3.38	3.55	3.71	3.88	4.04

備考: 4 mモルタルライニング管を運搬する場合の計算結果を示す。

5. 検討事項

5-1. 曲線半径の検討(直管の通過検討)

(1) 平面における直管通過検討

本管運搬において、さや管の曲線部が通過可能であるかを、本管の外径、管長、さや 管内径、管運搬台車のホイールベース等の値を用いて検討する。

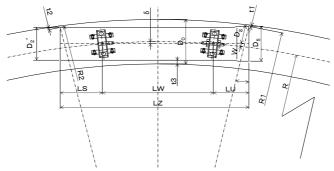


図2-30. 平面における直管通過検討図

検討条件

R : 曲線半径 (m) R1 : 受口外側の曲線半径 (m)

D2':本管挿し口外径 (m) R2 :挿し口外側の曲線半径 (m)

D5 : 本管受口外径 (m) θ1: R1の線と受口端面との角度 (°)

Ds : 受口外側から本管中心までのR1上の斜辺長 (m) t1 : 受口外側とさや管内面との離隔 (m)

DO : さや管内径 (m) t2 : 挿し口外側とさや管内面との離隔 (m)

LZ : 本管全長 (m) t3 : 本管中央部とさや管内面との離隔 (m)

LW :ホイールベース長 (m)

LU :本管受口側飛び出し量 (m)

LS : 本管挿し口側飛び出し量 (m)

σ : 本管中心とさや管中心とのずれ量 (m)

検討条件に基づき、さや管内面と本管との離隔は、下記計算式で求める。

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

$$t3 = D0/2 - \sigma - D2'/2$$

$$t1 = (R + D0/2) - R1$$

$$= (R + D0/2) - \sqrt{\{(LU + LW/2)^2 + (R - \sigma + D5/2)^2\}}$$

$$t2 = (R + D0/2) - R2$$

$$= (R + D0/2) - \sqrt{\{(LS + LW/2)^2 + (R - \sigma + D2'/2)^2\}}$$

$$w = R1 - R - DS$$

$$= R1 - R - \{(D5/2) / \cos(\theta 1)\}$$

$$= C \subset R1 \cdot \sin(\theta 1) = LU + LW/2 / D^2 C$$

$$\theta 1 = \sin^{-1} \{(LU + LW/2) / R1\}$$

本管の通過検討の可否判断は、さや管内面と本管との離隔が30mm程度を目安とする。

(2) 断面における直管通過検討

管運搬時において、さや管の曲線部が通過可能であるかを、本管の外径、管長、さや管 径、管運搬台車のホイールベース等の値を用いて検討する。

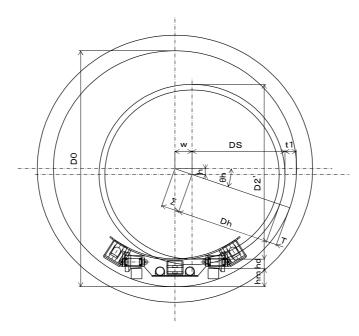


図2-31. 断面における直管通過検討図

検討条件

T:本管受口とさや管内面との断面最小離隔 (m)

Σ:本管とさや管中心の断面ずれ量 (m)

h:本管とさや管中心の高さの差(m)

w:平面における検討でのw(m)

hd:管運搬台車高さ (m)

hm:レール上面までの高さ(m)

DS: 平面における検討でのDS (m)

Dh:DSの斜辺長(m)

検討条件に基づき、さや管内面と本管との離隔は、下記計算式で求める。

$$h = D2'/2 + hd + hm - D0/2$$

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

 $T = D0/2 - \Sigma - Dh$

 $Dh = D5/2 + (DS - D5/2) \cdot cos (\theta h)$

ここで、 θ h=tan⁻¹ (h/w)

本管の通過検討の可否判断は、さや管内面と本管との離隔が30mm程度を目安とする。

直管 $(4\,\mathrm{m}$ 管) で、 $R=1\,5\,\mathrm{m}$ の通過検討を表 $2-4\,3$ に示す。平面における通過判定では、t1、t2、t3の値を、断面における通過判定はTの値を、それぞれ $3\,0\,\mathrm{mm}$ $(0.0\,3\,\mathrm{m})$ 以上であることを確認し、通過可能と判断する。

表2-43. 平面および断面における直管通過検討結果

項目	呼び径	700	800	900	1,000	1, 100	1, 200	1, 350	1,500
計算条件	R	15	15	15	15	15	15	15	15
	LW	2. 500	2.500	2.500	2. 500	2.500	2. 500	2. 500	2. 500
	LU	0. 788	0.800	0.810	0.810	0.823	0.833	0.833	0.833
	LS	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
	D2 ´	0.711	0.813	0.914	1. 016	1. 112	1. 246	1. 400	1. 554
	D5	0.760	0.863	0. 967	1. 070	1. 174	1. 304	1. 461	1.620
	LZ	4. 238	4. 250	4. 260	4. 260	4. 273	4. 283	4. 283	4. 283
	DO	1.040	1. 140	1. 240	1. 410	1.580	1.710	1.860	2.060
	hm	0.092	0.088	0.085	0.097	0.093	0. 121	0. 116	0.111
مل≎	hd	0.042	0.046	0.049	0.047	0.077	0.059	0.062	0.090
	σ	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052
	R1	15. 463	15. 515	15. 568	15. 619	15. 673	15. 738	15. 816	15.895
	R2	15. 461	15. 511	15. 561	15. 612	15.659	15. 725	15.802	15.878
	θ 1	7. 574	7. 593	7.604	7. 579	7.601	7.606	7. 568	7. 530
	W	0.079	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.079	0.078
	DS	0.383	0.435	0.488	0.540	0.592	0.658	0.737	0.817
計算結果	h	-0.030	-0.030	-0.029	-0.053	-0.054	-0.052	-0.052	-0.052
結果	Σ	0.085	0.085	0.085	0.096	0.097	0.096	0.095	0.094
*	Dh	0.383	0.435	0.488	0. 539	0. 591	0.657	0.736	0.816
	θ h	-20.956	-20. 296	-19. 701	-33.673	-33. 971	-32.863	-33. 296	-33. 738
	t1	0.057	0.055	0.052	0.086	0. 107	0. 117	0. 114	0. 135
	t2	0.059	0.059	0.059	0.093	0. 121	0. 130	0. 128	0. 152
	t3	0. 112	0. 111	0. 111	0. 145	0. 172	0. 180	0. 178	0. 201
	T	0.052	0.050	0.047	0.070	0.092	0. 102	0.099	0. 121
判定	0	0	0	0	0	0	0	0	0

備考 長さの単位はmとし、角度の単位は(°)とする。

5-2. 曲線区間における管割の検討

前項の通過検討結果を基に、さや管の曲線部におけるPN形管の割付を決定する。 また、配管の管割条件は、下記事項を基本とする。

- ① 本管継手部の平面中心をさや管の平面中心線と合わせる。
- ② 本管継手部の曲げ角度は、各呼び径の許容曲げ角度の1/2以下とする。
- ③ 継手接合時の管挿入は、角度をつけず、まっすぐに挿入する。
- ④ 直管(定尺管)(4 mまたは 6 m)での管割が困難な場合は、曲管や甲切管を使用する。

(1) 直管のみで曲線部を配管する場合

さや管中心の曲線半径から本管の有効長Lと継手曲げ角度 θ を下記の計算式により、検討する。

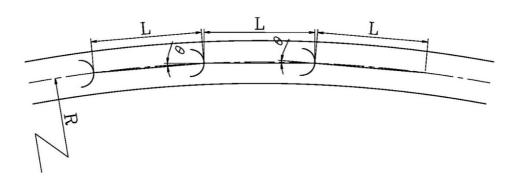


図2-32. 曲線部での直管の管割図

 $L=2 \cdot R \cdot \tan (\theta / 2)$

ここで、R: さや管中心の曲線半径 (m)

L:本管有効長(m)

θ:継手曲げ角度(°)≦(継手許容曲げ角度/2)

(2) 直管と曲管を組合せて配管する場合

曲管受口の平面中心をさや管の平面中心線上に配置し、条件に基づき、下記の計算式により、甲切管有効長(L9)を求める。

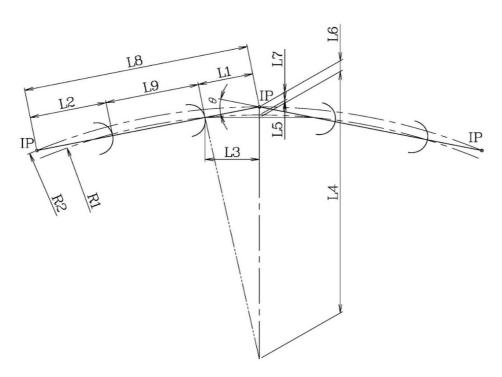


図2-33. 曲線部での曲管と直管の管割図

検討条件

 $L3=L1 \cdot \cos (\theta/2)$

$$L4 = \sqrt{(R1^2 - L3^2)}$$

L5=R1-L4

 $L6=L1 \cdot \sin(\theta/2)$

L7 = L6 - L5

R2=R1+L7

L8=2 • R2 • $\sin(\theta/2)$

L9 = L8 - (L1 + L2)

ここで、R1: さや管中心の曲線半径 (m)

R2:曲管IPの曲線半径(m)

L1:曲管受口長さ (m)

L2:曲管挿し口長さ (m)

θ:曲管角度(°)

L9:甲切管有効長(m)

5-3. 曲線部の不平均力および中込め材一軸圧縮強度の検討

曲管の背面方向には、管内水圧による不平均力が作用する。さや管と本管の間隙にはエアモルタル等の中込め材を充填するため、不平均力は曲管の背面の中込め材を介して、さや管および地山に伝達され、支持される。そこで、中込め材の一軸圧縮強度が不平均力に耐えられる強度以上に設定しておかなければ、本管が移動する可能性がある。そのため、充填するエアモルタル等に求められる一軸圧縮強度を下記の計算式で算出する。なお、直管部の背面でも不平均力を支持するが、安全のためこれを無視し、異形管のみで不平均力を支持するものとして検討を行う。

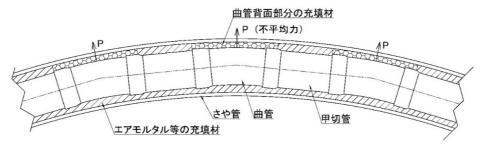


図2-34. 曲線部の配管と不平均力

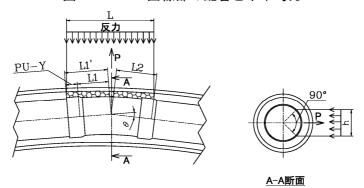


図2-35. 曲管背面のエアモルタル等による不平均力の支持

計算式

 $P = 2 \cdot p \cdot \pi / 4 \cdot D2'^{2} \cdot \sin (\theta / 2)$ $L = (PU - Y + L1 + L2) \cdot \cos (\theta / 2) + 2 \cdot D2' / 2 \cdot \sin (\theta / 2)$ $h = 2 \cdot D2' / 2 \cdot \sin (90^{\circ} / 2)$ $\sigma = P / (L \cdot h)$

ここで、P: 不平均力

θ:曲管角度(°)

h:曲管背面の投影高さ (m)

PU: 受口飲み込み寸法 (m)

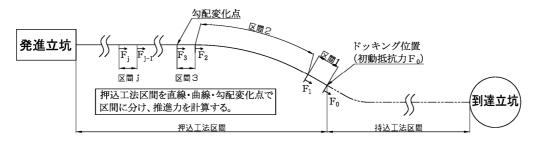
L1:曲管受口長さ (m)

 σ :エアモルタル等に求められる一軸圧縮強度 $(k N/m^2)$

エアモルタル等の中込め材の一軸圧縮強度を上記 σ 以上としておけば、水圧による不平 均力によって曲管が移動することがなく安全である。

5-4. 押込工法の場合の推進力および押込可能距離の検討

管重量およびサドルバンド重量とキャスターの転がり抵抗力から推進力を算出する。 また、継手の許容抵抗力から挿入可能距離を算出する。なお、曲線区間については、曲線 抵抗力を考慮する。以下に計算式を示す。



① 直線区間

F j = F j -1+w・L j (μ ・S + i) ここで、

Fj:最終のドッキング位置からj番目の区間始点(発進立坑側)における推進力 (kN)

j=1のとき、F0は、初動抵抗力 (1 k N) とする。

w:管+付属品の単位長さ重量(kN/m)

L j : 区間長 (m)

 μ : キャスターの転がり摩擦係数 (表 2 - 4 4)

S:安全率(1.2とする)

i : 勾配

表2-44. キャスターの転がり摩擦係数

本管呼び径	800	900	1,000	1, 100	1, 200	1, 350	1,500
キャスターの転 がり摩擦係数 μ	0.07	0.07	0.08	0.09	0. 10	0. 11	0. 12

表2-45. PN形管+付属品の単位長さ重量

本 管 呼び径	4 m管の重量 (k N)	継手付属管重量 (k N)	サドルバンド重量 (k N)	管+付属品の 単位長さ重量 (k N/m)
800	9.85	0.13	0. 23	2.55
900	11. 97	0.14	0. 24	3.09
1,000	14. 83	0.16	0. 27	3.82
1, 100	17. 48	0. 19	0. 32	4.50
1, 200	20. 20	0. 22	0. 34	5. 19
1, 350	25. 45	0. 24	0. 43	6. 53
1,500	30. 59	0. 29	0. 47	7.84

備考 鉄管は、4種モルタルライニング管の重量である。これ以外の管種、管長の場合、 管の重量から単位長さ重量を計算して、推進力を計算する。

② カーブ区間

$$F j = \frac{F j - 1}{\alpha^{n}} + w \cdot L p (\mu \cdot S + i) \frac{(1 - \alpha^{n})}{\alpha^{n} (1 - \alpha)}$$

ここで、

Fj:最終のドッキング位置からj番目の区間始点(発進立坑側)における推進力(kN)

j=1のとき、F0は、初動抵抗力 (1 k N) とする。

w : 管+付属品の単位長さ重量 (kN/m)

Lp:管長(m)

 μ : キャスターの転がり摩擦係数 (表 2 - 4 4)

S : 安全率 (1.2とする)

i : 勾配

 α : 推進力伝達率 ($=\cos\theta - \mu\sin\theta$)

 θ : 継手曲げ角度(=2・ \sin^{-1} (Lp/2R))

R : 曲線半径 (m)

n : カーブ区間の管の本数 (= C L / L p)

C L:カーブ区間長 (m)

③ 押し込み時の許容抵抗力

PN形管押し込み時の許容抵抗力を表2-46に示す。

算出した推進力が、許容抵抗力を超える場合、押し込み距離を減らすか、挿し口に溶接 突起を設ける等の対策が必要である。

表2-46. 押し込み時のPN形管の許容抵抗力

本 管 呼び径	許容曲 げ角度		許容抵	抗力 Ra((k N)	
.1017	(θa)	0	0. 15 θ a	0. 25 θ a	0. 40 θ a	0. 50 θ a
800	3°	1, 200	945	775	520	350
900	3°	1, 350	1,067	878	594	405
1,000	3°	1,500	1, 185	975	660	450
1, 100	2° 45′	1,650	1, 364	1, 173	887	697
1, 200	2° 45′	1,800	1, 488	1, 280	968	760
1, 350	2° 30′	2,020	1,687	1, 461	1, 122	897
1,500	1° 50′	2, 250	1,860	1,600	1, 210	950

④ 許容押し込み延長

発進立坑からの線形が全て直線の場合と全て曲線の場合を想定し、推進力を計算する。 継手の許容抵抗力と推進力を比較し、直線の場合および曲線の場合の許容押し込み延長を 求める。計算過程を表2-47~表2-49に示し、計算結果を表2-50に示す。 但し、表2-50では、許容押し込み延長が600mを超える場合、600m以上と表記して いる。

継手許容抵抗力による直線での押し込み可能距離を表2-47に示す。

$$F = F0 + w \cdot L (\mu \cdot S + i)$$
 より
 $L = (F - F0) / \{w (\mu \cdot S + i)\}$
ここで、

F:推進力(=継手の許容抵抗力 kN) (表2-48)

F0は、初動抵抗力(1kN)とする。

w : 管+付属品の単位長さ重量 (= k N/m)

L :推進長 (m)

 μ : キャスターの転がり摩擦係数 (表 2 - 4 4)

S : 安全率 (1.2とする) i : 勾配 (=0とする)

表2-47. PN形管の押し込み可能距離

本 管呼び径	F (k N)	F 0 (k N)	₩ (kN/m)	μ	S	i	L (m)
800	1, 200	1	2. 55	0.07	1.2	0	5, 597
900	1,350	1	3. 09	0.07	1.2	0	5, 197
1,000	1,500	1	3.82	0.08	1.2	0	4, 087
1, 100	1,650	1	4. 50	0.09	1.2	0	3, 393
1, 200	1,800	1	5. 19	0.10	1.2	0	2,888
1, 350	2,020	1	6. 53	0.11	1.2	0	2, 348
1,500	2, 250	1	7.84	0.12	1.2	0	1,992

備考 4種モルタルライニング管での計算とする。

発進立坑から直ぐに曲線区間となる場合の推進力計算を各n数に対し、計算結果を表 2-47に示す。網掛けしたnの値の範囲に許容抵抗力と推進力とが釣り合う本数が存在する。このように範囲を絞って計算を繰り返し、nの値を決定する。

決定した結果を表2-48に示す。

$$F j = \frac{F j - 1}{\alpha^{n}} + w \cdot L p \left(\mu \cdot S + i\right) = \frac{(1 - \alpha^{n})}{\alpha^{n} (1 - \alpha)}$$

ここに、

F : 推進力 (kN)

F0は、初動抵抗力(1kN)とする。

w : 管+付属品の単位長さ重量(k N/m)

Lp:管長(=4m)

 μ : キャスターの転がり摩擦係数 (表 2 - 4 4)

S : 安全率 (1.2とする)

i : 勾配 (0とする)

 α : 推進力伝達率 ($=\cos\theta - \mu\sin\theta$)

θ :継手曲げ角度 (=0.5θ a)n :カーブ区間の管の本数

Ra:継手の許容抵抗力(kN)

表2-48. PN形管の曲線推進時の推進力計算

	計算条件									
本 管呼び径	F 0	μ	θ	α	w · L p (k N)	S	i	R a (k N)		
800	1	0.07	1.50	0. 99782	10. 12	1.2	0	350		
900	1	0.07	1.50	0. 99782	12. 24	1.2	0	405		
1,000	1	0.08	1.50	0. 99756	15. 16	1.2	0	450		
1, 100	1	0.09	1. 38	0. 99754	17. 88	1.2	0	697		
1, 200	1	0.10	1. 38	0. 99730	20. 64	1.2	0	760		
1, 350	1	0.11	1. 25	0. 99736	25. 96	1.2	0	897		
1, 500	1	0.12	0.92	0. 99794	31. 20	1.2	0	950		

推進力計算結果 (k N)										
本管	n (本)									
呼び径	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
800	46	97	154	217	287	365	453	550	659	780
900	56	117	186	262	347	442	547	665	796	943
1,000	79	167	267	380	507	651	813	997	1, 204	1, 438
1, 100	105	222	354	504	673	864	1,080	1, 324	1,601	1, 913
1, 200	135	288	462	663	892	1, 153	1, 453	1, 796	2, 188	2, 637
1,350	185	394	632	902	1, 208	1, 556	1, 952	2, 401	2, 911	3, 490
1,500	239	503	795	1, 119	1, 477	1,875	2, 315	2,803	3, 343	3, 942

表2-49. 曲線推進時に押し込みできる最大本数と押し込み距離

本 管	PN形管			
呼び径	n (本)	距離(m)		
800	290	1, 160		
900	281	1, 124		
1,000	228	912		
1, 100	256	1, 024		
1, 200	222	888		
1, 350	199	796		
1, 500	174	696		

備考 曲線推進時は、継手許容曲げ角度 θ a の 1/2 の角度で曲がっているとする。

表2-50. さや管への押し込み可能距離 (m)

	C (
本 管	PN形管				
呼び径	直線	曲線(0.50θa)			
800					
900					
1,000					
1, 100	600以上	600以上			
1, 200					
1, 350					
1, 500					

6. 施工フロー

施工概要図を図2-36に示し、施工フロー図を図2-37に示す。

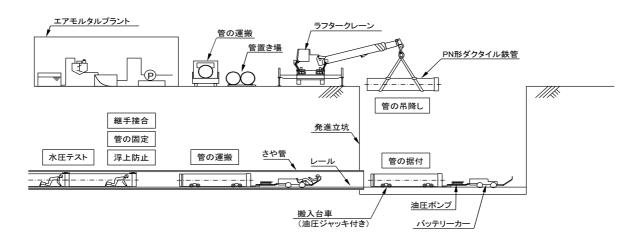


図2-36. 施工概要図

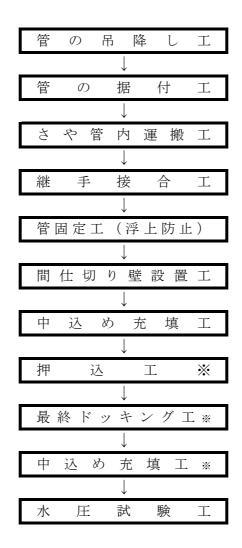


図2-37. 施工フロ一図

※は、押込工法の場合のみ実施

6-1. 管の吊降し工

管の質量および重心位置を確認する。適切なナイロンスリング等を用いて、管を2点吊りし、ラフタークレーン等で管置き場から発進立坑内に吊降す。

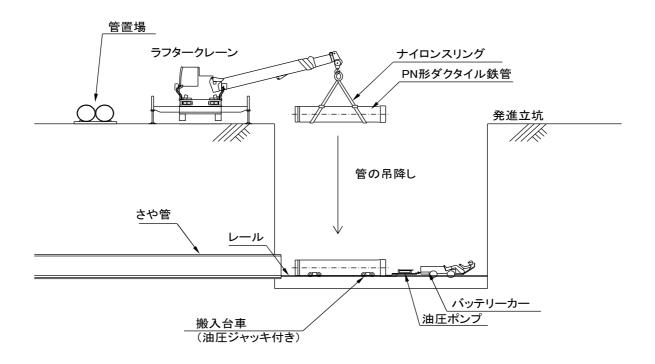


図2-38. 管の吊降し作業図

6-2. 管の据付工

図2-39に示すように管のメーカーマークを天側にし、所定の位置に静かに吊降す。 但し、曲管の場合は、配管する姿勢で運搬するので、メーカーマークが天側とならない場合がある。

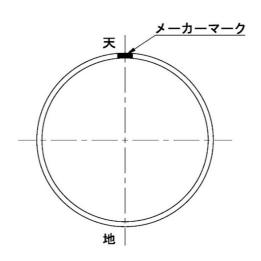


図2-39. 直管の据付位置図

6-3. さや管内運搬工

管の運搬は、さや管内にシールド施工時のレールから管運搬用の低床レールへの布設替えを行い、低床レール上を油圧ジャッキ付の管運搬台車とバッテリーカーを走行させることを基本とする。

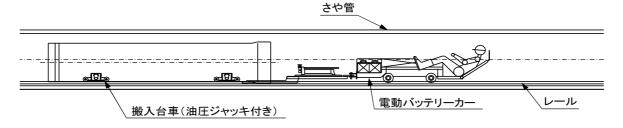


図2-40. 本管の運搬作業図

6-4. 継手接合工

継手接合は、接合要領書に準拠する。

① 管清掃、ゴム輪セット、ロックリング(スプリング)セット、滑材塗布

持込管の挿し口と先行する管の受け口との間隔が約1mになったところで、管の運搬を一時停止する。ブレーキが利いているなど、安全を確認した後、この間隔に作業員が入り、管の清掃、ゴム輪のセット、スプリングのセット(呼び径 900mm以上のみ)、ロックリングのセット・拡大、挿し口外面およびゴム輪部への滑材塗布を行う。

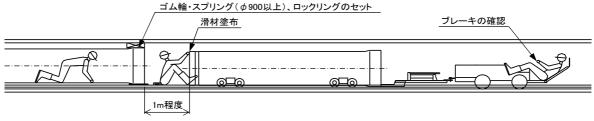


図2-41. 継手接合準備作業図

② 心出し

挿し口と受口が近接するまで管運搬台車を前進させる。油圧ジャッキを操作し、持ち込み管の管心高さを接合相手の受口の管心高さに合せる。

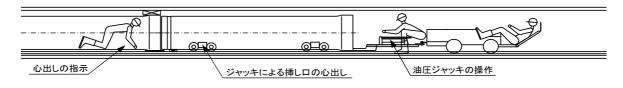


図2-42. 挿し口の心出し図

③ 挿し口の預け入れ

挿し口の先端がゴム輪に接触するまで挿し口を受口に預け入れる。

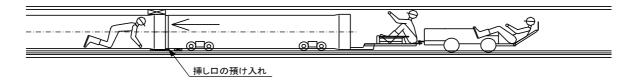


図2-43. 挿し口の預け入れ図

④ 挿し口の挿入

レールにジャッキ、反力受けを設置し、レールから反力をとり、受口内に設置したディスタンスピースに持込管の挿し口が当たるまでジャッキによって挿入する。

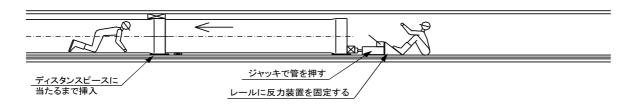


図2-44. 挿し口挿入図

⑤ 管運搬台車の引き抜き

持込管の受口を持ち上げ、管運搬台車を引き抜く。



図2-45. 管口の持ち上げ、管運搬台車の引き抜き図

⑥ 管受台の設置

持込管の受口の下に管受台を設置し、その管受台に管受口を載せる。

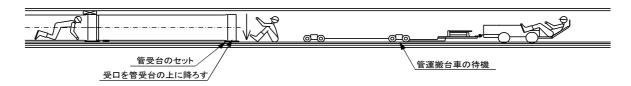


図2-46. 管受台設置図

⑦ ゴム輪のチェック

管内から薄板でゴム輪の位置にずれのないことを全周にわたりチェックする。挿し口端面からゴム輪までの距離Bを円周8ヶ所測定し、チェックシートに記入する。

ゴム輪が正常にセットされていることを確認したら、管運搬台車を発進立坑に戻し、次の管の運搬作業の準備を行う。

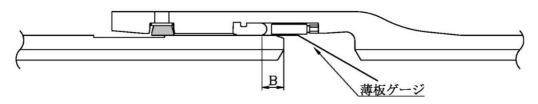


図2-47. ゴム輪の位置チェック図

⑧ 押輪用ボルトのねじ出し

押輪にねじ込んだボルトのねじ出しを行う。押輪と受口の間隔が全周均等となるように ねじ出しを行い、10N-mの締付けトルクで締付ける。

円周4箇所について、押輪と受口の間隔Cを測定し、チェックシートに記入する。

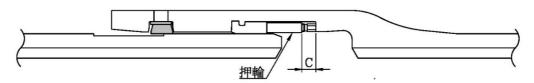


図2-48. 押輪と受口の間隔測定図

⑨ 挿し口の再挿入

胴付間隔が15mm程度になるまで挿し口を挿入する。

6-5. 管固定工(浮上防止)

鋼材で管受け台を、木材で回転防止材、浮上防止材を製作し、管の固定および中込め材 充填時の浮上防止措置を施す。

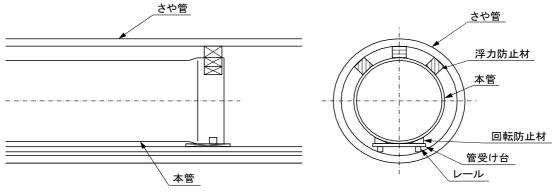
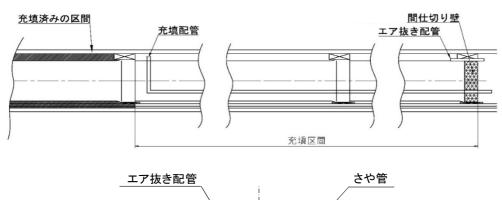


図2-49. 管固定(浮上防止)方法図

6-6. <参考>間仕切り壁設置工

本管の配管完了後、さや管と本管の空隙に中込め材を充填する。充填用配管の設置状況や中込め材の流動性によって1スパンで注入可能な距離が異なる。本工法では本管とさや管の隙間が少なく、充填用配管数を十分に確保できないことから、エアモルタルを中込め材とした場合、100m程度配管するごとに間仕切り壁を構築することを標準とする。間仕切り壁には、エア抜き用および中込め充填用の配管を貫通させておく。



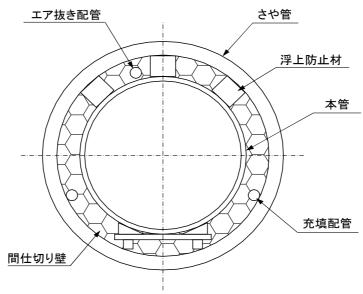


図2-50. 間仕切り壁設置工図(参考)

6-7. <参考>中込め充填工

持込工法の場合、1回で打設できる距離ごとに間仕切り壁を設置し、中込め材を充填する。

管にサドルバンドとキャスターを取り付けてパイプ・イン・パイプ工法による押込工法を併用する場合は、持込配管最後管の1本前の管周囲を充填するように間仕切り壁を設置し、中込め材を充填する。最終接合が完了した後、パイプ・イン・パイプ工法で実施している方法と同様に発進立坑のさや管坑口を閉塞し、中込め材を充填する。

中込め材は、エアモルタル、エアミルク、スーパーフロー™・セメントミルク(遅延型)などを用いる。

表2-51. エアモルタル標準配合

(m³当り)

高炉セメント	特殊混和材	気泡剤	水
(kg)	(kg)	(kg)	(0)
350.0	22. 0	1.5	524. 0

表2-52. スーパーフローTM標準配合

(m³当り)

高炉セメントB種	流動化材	水	練上げ量	設計圧縮強度
(kg)	(kg)	(kg)	(ϱ)	(N/mm^2)
240	50	901	1,000	0.2~0.5
300	50	881	1,000	0.5~1.0
400	50	848	1,000	1.0~1.5
500	50	815	1,000	2

表2-53. セメントミルク(遅延型)標準配合

(m³当り)

セメント	フルロックⅡ	水	練上げ量	設計圧縮強度
(kg)	(kg)	(kg)	(ϱ)	(N/mm^2)
375	50	861	1,000	0.95~1.25

備考 セメントミルク (遅延型) は、硬化するのを約2日間遅らせてることにより、 長距離の中込め注入作業の効率を上げる。また、一般的なポンプとミキサーが 使用でき、作業スペースを広く必要としない。

6-8. 押込工

さや管が推進管(推進工法区間)であること、かつ呼び径 800以上の直管での配管が可能な線形である場合、PN形管にサドルバンドとキャスターを取り付けて発進立坑内で継手接合を行い、パイプ・イン・パイプ工法による押込工法とすることができる。

① サドルバンドの構成例

サドルバンドの一例を図2-51に示す。

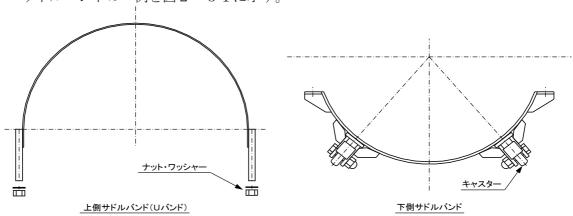


図2-51. サドルバンドの一例

② サドルバンドの取り付け工

下側サドルバンドにキャスターを取り付ける。メーカーマークが天になるように置いた PN形管の挿し口から 500 mm程度の位置にサドルバンドを図 2-52 のように取り付ける。

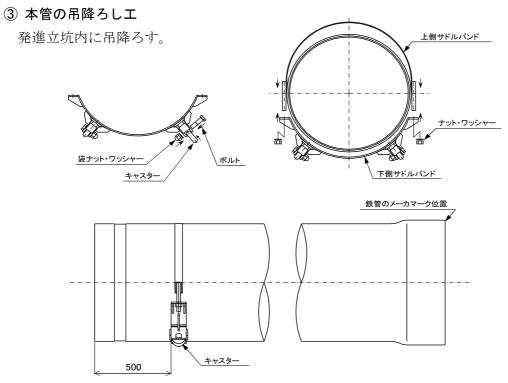
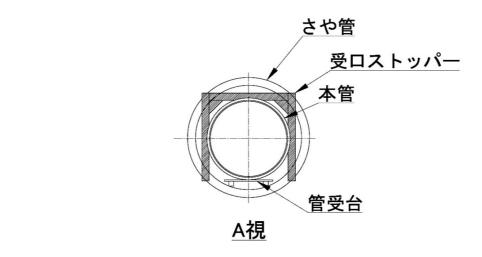


図2-52. サドルバンドの仮組方法図

④ 継手接合工

発進立坑内で継手を接合する場合、先行する管の受口に挿し口を挿入する際に、さや管から反力をとる方法が必要となる。図2-53にその反力材となる受口ストッパーの例を示す。

接合時には、先行する管の受口に受口ストッパーをセットし、継手挿入時の反力をさや 管から取れるようにする。次に、接合する管を吊り降ろし、心出しを行う。その他、継手 接合工は、接合要領書に準じて施工する。



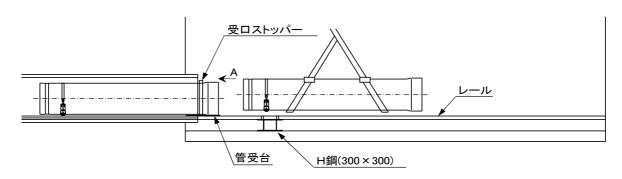


図2-53. 継手接合前の受口ストッパーの設置および管の心出し作業図

⑤ サドルバンドの最終締付け工

継手接合が完了した後、サドルバンドを表2-53の締付けトルクで締め付ける。 推進力をロックリングで伝達するので、サドルバンドをずらして受口に当てる必要はない

ボルトサイズ	M 2 0	M 2 4	M 3 0
締付けトルク	100 N-m	140 N-m	200 N-m

表2-54. サドルバンドのボルト締付けトルク

⑥ さや管押込工 (押込工法の場合)

発進立坑から本管をさや管内に挿入する際には、発進立坑に設置されたレールの上で管受口を載せた受台を滑らせて、油圧ジャッキとストラットを用いて管をさや管内に挿入する。図2-54に押込方法の例を示す。油圧ジャッキとストラットは、発進立坑内でレールの架台としているH鋼の上、かつレールの間に設置する。さや管の入り口の近傍には、管受台を設置し、キャスターがさや管内面に載るまで、鉄管の受口がその上を滑るようにしている。

また、さや管内でのキャスターを取り付けた管の状況を合せて図2-54に示す。

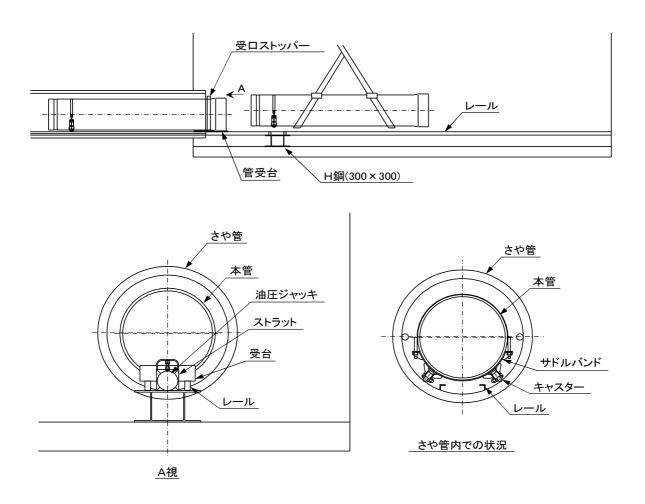


図2-54.パイプ・イン・パイプ工法の押込方法およびさや管内での状況図の一例

6-9. 最終ドッキングエ(押込工法の場合)

押込工法の場合には、持込工法で布設した本管の最後管と押込工法でさや管内に挿入した本管の先頭管をさや管内でドッキングさせる必要がある。

最終ドッキング位置は、さや管が推進管かつ直線区間であり、直管が2本以上推進管内に持込工法により配管されている箇所とする。このとき、持込工法の最後管は、曲げ配管されておらず、レールと平行に配置されている状態とする。

最終ドッキングの手順を以下に示す。継手接合は、接合要領書に準拠する。

- ①受口一挿し口の隙間が1 m程度の状態で一度停止し、その後、隙間が7 0 cm程度になるまで元押しジャッキでゆっくりと押し込む。
- ②受口一挿し口間隔保持治具をセットする。
- ③受口側、挿し口側を持ち上げ、それぞれの管底に接合用台車を挿入する。 (持込工法の 最後管側は、配管時にセットしておいてもよい。)
- ④受口、挿し口の管心位置のずれ量が上下左右で許容ずれ量3mm以内であることを確認する。ずれ量が大きい場合、受口側の位置調整を行う。
- ⑤継手接合の準備を行う。
- ⑥受口一挿し口間隔保持治具を取り外し、作業員は管内に退避する。
- ⑦トランシーバーなどで発進立坑に合図を送り、元押しジャッキで挿し口を受口に挿入する。油圧ポンプは、インチング操作等を行い、ゆっくりと押し込むようにする。
- ⑧ディスタンスピースまで挿し口が挿入されたら、元押しジャッキを止め、接合要領書に 準拠し、継手接合を行う。
- ⑨押輪のボルトのねじ出しが完了したら、発進立坑に合図を送り、元押しジャッキで胴付間隔が15mm程度になるまで挿し口を押込み、作業を終了する。

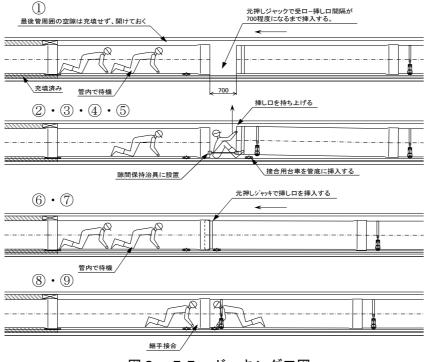


図2-55. ドッキング工図

6-10. 水圧試験工

本管呼び径 900mm以上の場合は、一般的にテストバンドにより、継手ごとに水圧試験を実施する。また、本管呼び径 700mm~ 800mmの場合には、管路布設後に充水による水圧試験を実施する。

① 充水・水圧負荷による水圧試験工

水道施設設計指針(2012)の水圧試験に関する記述を以下に抜粋する。「水圧試験は、管路に充水後一昼夜程度経過してから行うことが望ましい。試験は、設計水圧以下で行い、試験水圧まで加圧した後、一定時間保持し、その間の管路の異常の有無および圧力の変化を調査する。試験水圧、保持時間および許容圧力低下量については、使用水圧、管種、継手構造、管路延長、付属設備の状況および施工条件等を考慮して適切な数値を設定する。」

水圧試験の方法は、事業体により判定基準が定められており、一概に示すことができないが、一例を示すと、24時間水圧保持後、水圧低下が初期水圧の30%以下であれば合格としている。

② テストバンドによる水圧試験工

呼び径 900mm以上のダクタイル鉄管の場合には、直管の継手部にテストバンドを設置して、止水性能を確認する。ただし、直管と異形管の継手では、管厚が異なり、段差が生じるのでテストバンドを取り付けることができない。発注者に事前に説明し、了解を得ておく必要がある。

水道施設設計指針(2012)の水圧試験に関する記述のうち、テストバンドでの水圧試験の合格条件に関する記述を以下に抜粋する。

「中大口径のゴム輪を用いた継手管については、テストバンドで継手の水密性を検査することにより、管路の水圧試験の代わりとする場合がある。この場合、水圧によるテストバンドのなじみを考慮し、通常は、水圧0.50MPaを負荷して5分後に0.40MPa以上保持すれば合格とする。」

第3章 参考資料

第3章 参考資料

1. はじめに

ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法は、交通事情や輻輳する地下埋設物がある等の理由で道路掘削が困難な場合、既設老朽管の中にダクタイル鉄管を挿入する管路更新工法として、昭和50年代後半から数多く用いられてきた。また、新設の鉄筋コンクリート管を推進施工し、その中にダクタイル鉄管を挿入して、新たな管路を構築する非開削工法の一つとしても用いられている。

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

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

2. パイプ・イン・パイプ工法の概要

2. 1 工法の概要

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

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

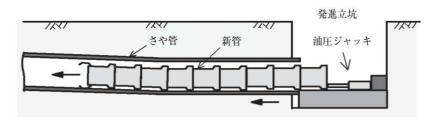


図1 押込工法の概要

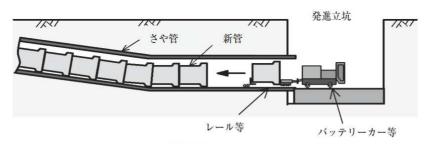


図2 持込工法の概要

3.3 管の仕様(押込工法時の挿入力伝達構造)

図 6 に管の仕様(挿入力伝達構造)を示す。

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

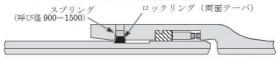
施工時の許容抵抗力は、フランジ・リブタイプ、溶接リングタイプ、標準タイプの順に高い。

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

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

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

【標準タイプ】 … ロックリングで挿入力を伝達する。



【補強タイプ】

① 溶接リングタイプ … 挿し口に溶接された溶接リングで挿入力を伝達する。



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



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



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

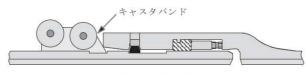


図6 管の仕様(挿入力伝達構造)

※引用文献:ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法設計と施工(JDPA T 36) 一般社団法人 日本ダクタイル鉄管協会



ハイブリッドシステム工法協会

〒550-0014

大阪府大阪市西区北堀江1丁目1番18号 四ツ橋イーストビル6F(ヤマトガワ(株内) ハイブリッドシステム(HyW)工法協会 事務局

TEL: 06-4395-5014 FAX: 06-6533-5997

URL : http://www.hyw.jp

2019年10月 第10版発行 2023年 5月 第11版発行