

1.1.4 推進工の施工方法の決定

工事形態としては、先述の1.1.3章で決定した推進区間約222mの線形で、全線一括する案と、2工区に分割する案と2つの施工方法が考えられる。

(1) 一括推進工事案（1工区）

大中口径管推進工ならば、発進基地の配置も可能であり一括での工事は可能である。

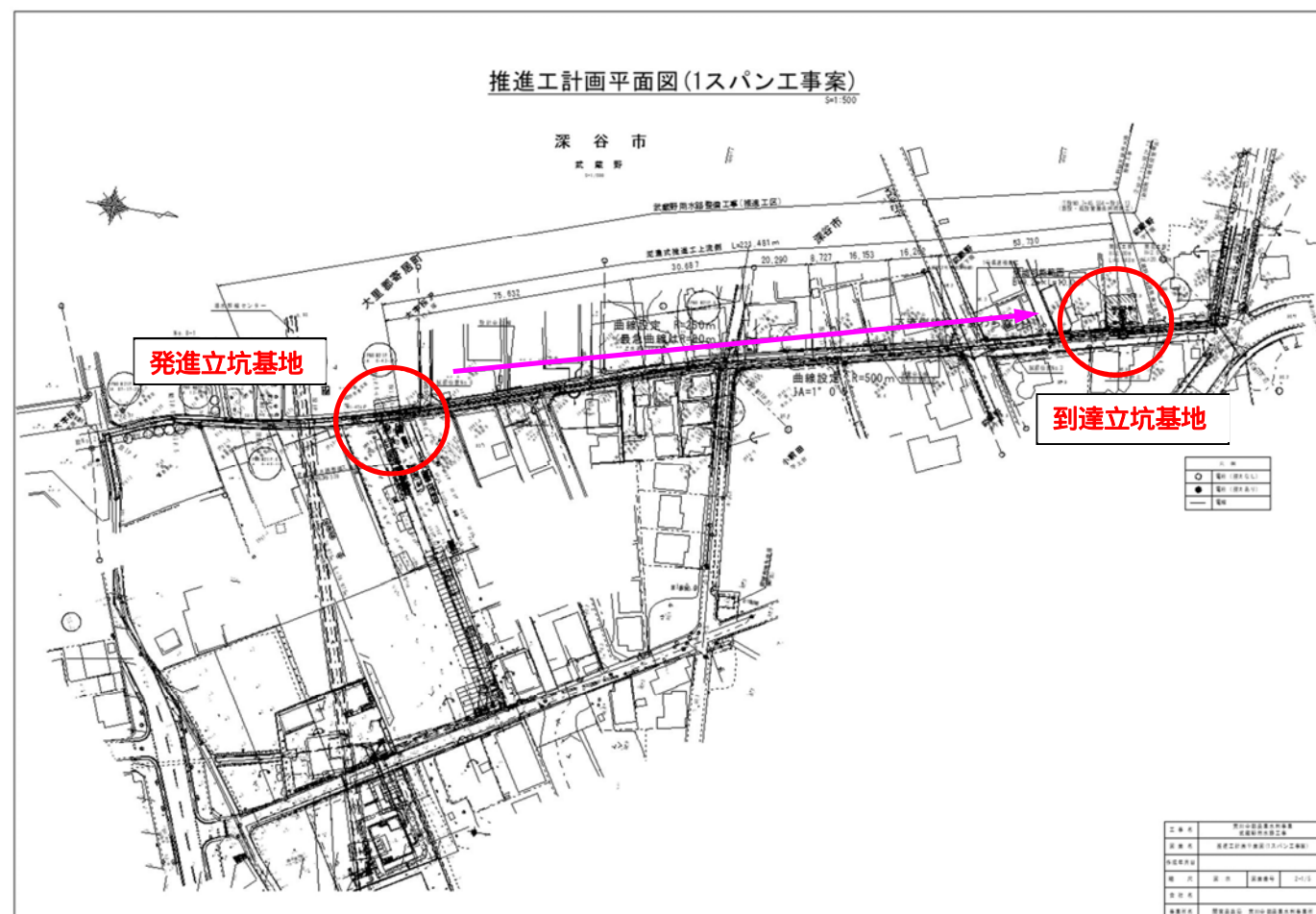


図-1.1.4.1 1工区案配置全体平面図

工事概要

- ・工区延長：221.462m、1工区
- ・延長が長いため大中口径管推進工法の呼径800mmを採用する。
- ・発進立坑の可能場所は1箇所（発進基地設置可能）

(2) 2工区推進工事案

立坑が3か所あり、工区も2工区あることから、推進工の施工方法を検討する。

考え方としては、2か所において発進立坑、到達立坑としても採用可能なため土地利用状況と工事費を含めて総合的判断で施工方法を決定する。

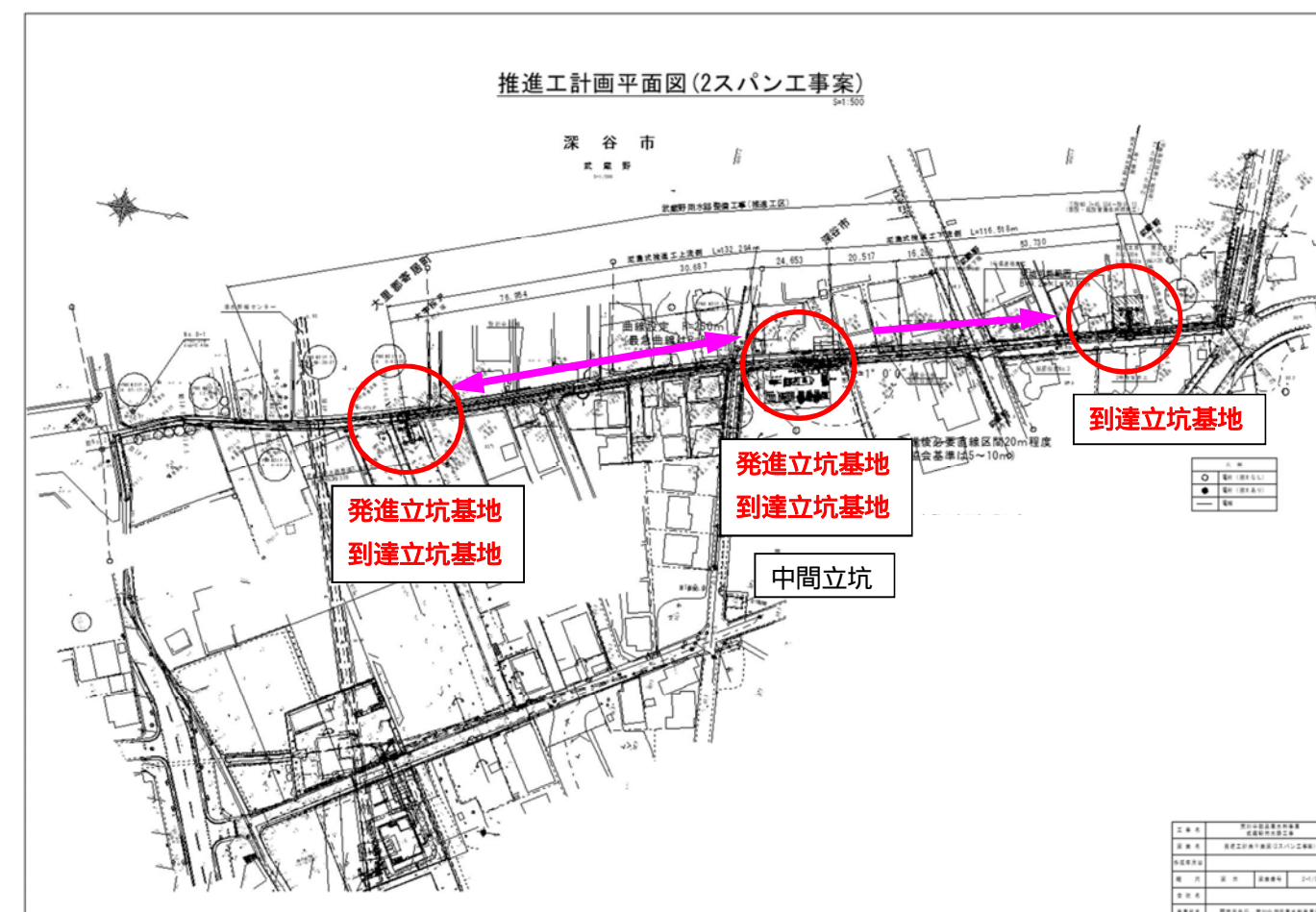


図-1.1.4.2 2工区案配置全体平面図

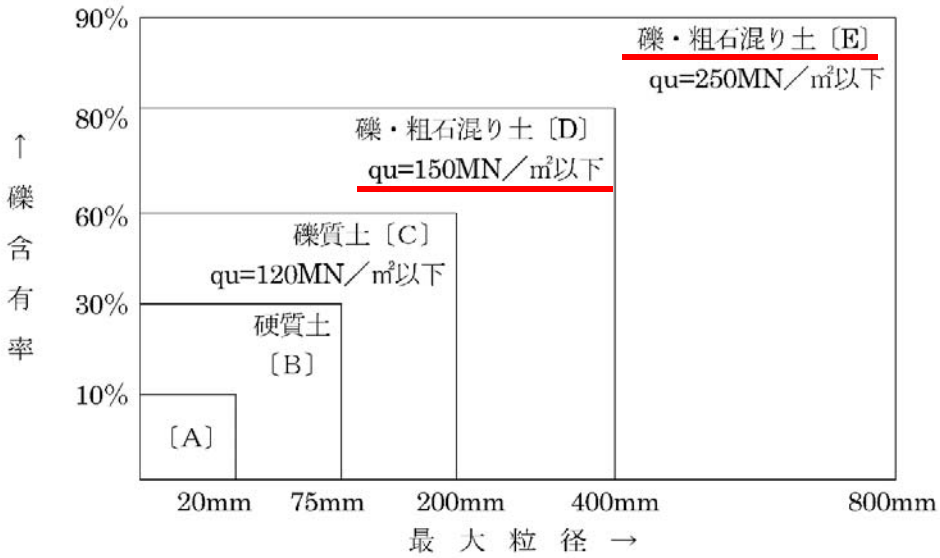
工事概要

- ・工区延長：132.294m、90.509mの2工区
- ・小口径管推進工法（高耐荷力管推進工法）600mmの採用は不可となった（後述参照）。
よって、大中口径管推進工法の呼径800mmを採用する。
- ・発進立坑の最大設置可能場所は2箇所（発進基地設置可能）
- ・発進立坑は、中間のみ両発進とすることが出来る。

(3) 小口径管推進工法（高耐荷力推進工法）呼径 600mmが採用不可について
今回の地質調査と試掘により、石英の含有した礫、チャートなどの硬質な礫など混在していたことから、当初計画していた小口径管推進工法の適否を再度確認した。
特に小口径管推進工法では、掘削口径が小さく、掘削する礫の硬度、材質、礫径において掘進不能となるケースが多い。これは、口径が小さいため排土する管の口径も小さいことから、礫など小割にする必要があるためである。
小口径推進工の礫などの硬質地盤対応の場合の採用不可の条件を述べる。
掘削地盤の概要(地質調査と試掘結果)は下表の通りである。

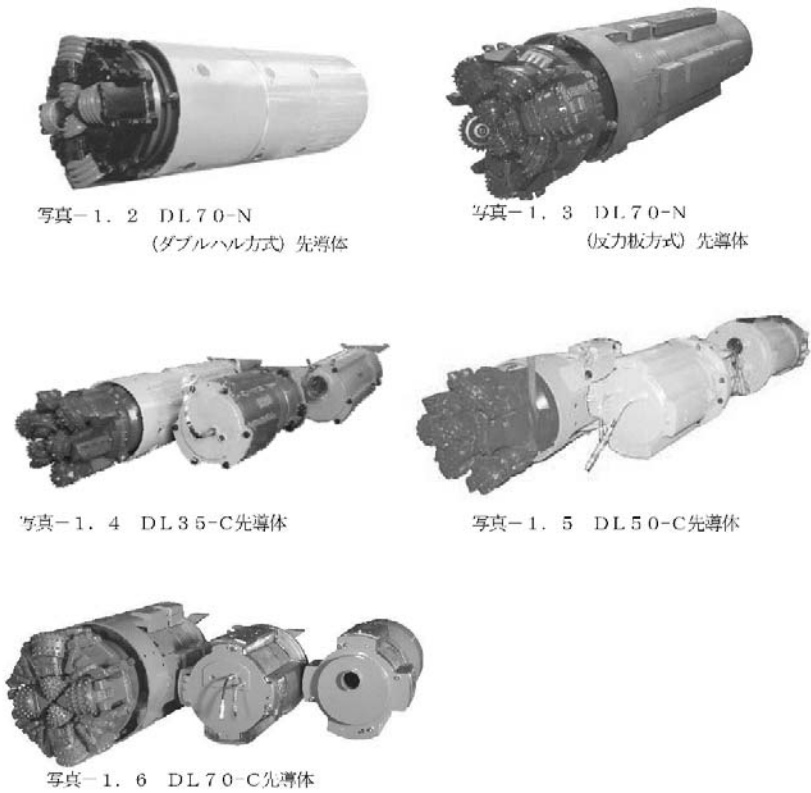
2) 地質概要 (Dg2層)		
項目	数値	単位
土質	玉石混じり砂礫	
土被り	3～4.5	m
地下水位GL-	4～5	m
N値	33～50以上(平均50以上)	回
内部摩擦角	40	度
透水係数	1～7E-03	cm/sec
土の単位体積質量(湿潤)	21	kN/m3
土の単位体積質量(水中)	-	kN/m3
最大礫径(実径)	300	mm
礫の含有率	70	%
石英の含有率	42	%
地盤反力係数	-	kN/m3
一軸圧縮強度	チャート：51.81 花崗閃緑岩：120.94	MN/m2

小口径管推進工法 硬質地盤検討
試掘前の採用工法：R4 過年度設計の「泥土圧送排土・泥土圧吸引排土」について
1) 泥土圧先導体駆動式 エースモールの場合
礫径による機種選定



図ー 2. 2 礫質土・粗石混り土における土質区分

機種は、礫・礫石混じり D・E 対応機種を選択する。参考にエースモールの礫対応先導体を示す。



上記-「泥土圧吸引排土 エースモール工法資料」より抜粋

対応機種の掘進可能

2. 3 標準推進延長

標準推進延長は、個々の工事箇所において土質、カッタービットの摩耗及び推進力等を勘案して決定する。標準推進延長の目安を表-2. 2に示す。
なお、標準推進延長を超える場合は、個別検討とする。

表-2. 2 標準推進延長の目安

機種	管径	適用土質	軸圧縮強度 (MN/m ²)	推進延長 (m)						
				0	50	100	150	200	250	300
DL35 -N	250~ 350	普通土 [A] 硬質土 [B]								
		礫質土 [C]	qu ≤ 120							
		礫・粗石混り土 [D]	qu ≤ 150							
		礫・粗石混り土 [E]	qu ≤ 150							
			qu ≤ 200							
			qu ≤ 250							
		岩盤 [G]	10 < qu ≤ 20							
		岩盤 [H]	20 < qu ≤ 40							
		岩盤 [J]	40 < qu ≤ 60							
		岩盤 [K]	60 < qu ≤ 80							
DL50 -N DL70 -N	400~ 500 600~ 700	普通土 [A] 硬質土 [B]								
		礫質土 [C]	qu ≤ 120							
		礫・粗石混り土 [D]	qu ≤ 150							
		礫・粗石混り土 [E]	qu ≤ 150							
			qu ≤ 200							
			qu ≤ 250							
		岩盤 [G]	10 < qu ≤ 20							
		岩盤 [H]	20 < qu ≤ 40							
		岩盤 [J]	40 < qu ≤ 60							
		岩盤 [K]	60 < qu ≤ 80							
		岩盤 [L]	80 < qu ≤ 100							

- 注1 標準範囲内であっても、諸条件により推進延長・位置検知技術が異なりますので、協会までお問合せ下さい。
- 注2 標準範囲を超える施工実績もあるため、採用にあたっては個別検討が必要となることから、協会までお問合せ下さい。(実績につきましては参考資料を参照して下さい。)
- 注3 直線推進延長が100mを越えた場合、レーザ・ターゲットによる位置検知精度維持のため、オイル冷却装置等を使用する必要があります。

上記-「泥土圧吸引排土 エースモール工法資料」より抜粋

計画上は、2 工区案の場合の距離ならば掘進可能な選定である。この場合は、まだ石英による掘進可能な判断は行っていない。

2) 泥土圧先導体駆動式 ラムサス-S の場合

礫径・地盤による機種選定

φ400～φ600

土質区分	土質	条件		ヘッドタイプ
普通土〔A〕	粘性土	N 値 30 未満	最大礫径が 20mm 以下 礫含有率 10%以下	RMS-S ノーマルヘッド
	砂質土	N 値 50 未満		
硬質土〔B〕	粘性土	N 値 30 以上	最大礫径が 20mm 以下 礫含有率 10%以下	
	砂質土	N 値 50 以上		
砂礫土〔C〕	礫・粗石混り土	最大礫径が管呼び径の 30%以下 礫含有率 60%以下		
礫・粗石 混り土〔D〕	礫・粗石混り土	最大礫径が管呼び径の 50%以下 礫含有率 80%以下 一軸圧縮強度 100MN/m2 以内		RMS-S MXヘッド
礫・粗石 混り土〔E〕	礫・粗石混り土	最大礫径が管呼び径の 80%以下 礫含有率 80%以下 一軸圧縮強度 200MN/m2 以内		RMS-S LXヘッド
礫・粗石 混り土〔F〕	礫・粗石混り土	最大礫径が管呼び径の 120%以下 礫含有率 80%以下 一軸圧縮強度 200MN/m2 以内		RMS-S GXヘッド
軟岩〔G〕	軟岩	一軸圧縮強度 40MN/m2 以内		

- ※1. N 値=0 は協会にご相談下さい。
先導体自沈およびノーズダウンする可能性があります。
- ※2. 礫率 80%以上の地山は、崩落の危険性が高く薬液注入等の補助工法の検討が必要になります。
- ※3. 上記適用範囲外のものについては協会にご相談ください。
- ※4. 特に礫・粗石混り土においては、1 m 当りの玉石の出現個数などにより施工が困難な場合があります。施工の可否につきましては協会までご相談ください。

上記-「ラムサス-S 工法資料」より抜粋

ラムサス-S 工法は掘進延長可能距離の記載はない。協会打診による。礫・硬質地盤対応の先導体はカタログより以下のとおりである。

フルラインナップ			
RMS-S GXタイプ		RMS-S LXタイプ	
【最大粒径】 120%以下(呼び径) 【礫・粗石の含有率】 90%以下 【礫の一軸圧縮強度】 200MN/m² 以下 【軟岩 一軸圧縮強度】 40MN/m² 以下		【最大粒径】 80%以下(呼び径) 【礫・粗石の含有率】 70%以下 【礫の一軸圧縮強度】 200MN/m² 以下	
※土質条件について細かな制約があります。協会までご相談ください。			
RMS-S MXタイプ		RMS-S ノーマルタイプ	
【最大粒径】 50%以下(呼び径) 【礫・粗石の含有率】 50%以下 【礫の一軸圧縮強度】 100MN/m² 以下		A: 【粘性土】N1以上30以下 【砂質土】N1以上50以下 【最大粒径】20mm 以下 【礫の含有率】10% 以下 B: 【粘性土】N1以上30以下 【砂質土】N1以上50以下 【最大粒径】75mm 以下 【礫の含有率】20% 以下 C: 【最大粒径】30% 以下(呼び径) 【礫の含有率】30% 以下	

上記-「ラムサス-S 工法資料」より抜粋

3) 前回設計採用「泥土圧圧送排土・泥土圧吸引排土」の今回の土質に対する適否について各工法協会確認（小口径推進 600mm の採用は不可）
採用不可のは後述 聞き取り時の計画延長は暫定で、現設計工区延長：132.294m、90.509m の 2 工区となる。

工法	施工可否 判断項目								総合判断	備考	
	口径	施工延長 L=135m または L=95m	曲線 R=100m	地質条件※							実績
				N値 50以上	最大粒径 300mm	礫率 70%	一軸圧縮 強度 qu=121MN/m2	石英 含有率 42%			
アイアンモール工法	○ (φ600まで)	× (適用土質Dで110m)	× (曲線は不可)	― (記載なし)	○ (呼び径の50%以下 300mmまで)	× (35%まで)	○ (適用土質D: qu=147 以下)	記載なし	― (実績なし)	×	
プレストーン工法	○ (φ1000まで)	× (適用土質なし)	× (曲線は不可)	― (記載なし)	○ (呼び径の1/2以下)	× (礫率60%以下)	― (礫質土の記載なし)	記載なし	― (実績なし)	×	
エースモール工法	○ (φ700まで)	× (適用土質の検討の結果 70mまで)	○ (適用土質Dで75m)	― (記載なし)	○ (適用土質Dで 400mmまで)	○ (適用土質Dで 80%まで)	○ (適用土質D: qu=200 以下)	記載なし	― (実績なし)	×	
サクセスモール・ω工法	○ (φ700まで)	○ (適用土質C: 目安250m)	○ (φ600で50m)	― (記載なし)	○ (適用土質C-2で 呼び径の120%まで 720mm)	○ (適用土質C-2で 90%未満)	× (適用土質D: qu=5 以下)	記載なし	― (実績なし)	×	
ドルフィン工法	○ (φ600まで)	× (適用土質Eで85m)	○ (φ600で80m)	― (記載なし)	○ (適用土質Eで呼び径の 80%以下480mmまで)	○ (適用土質Eで 80%まで)	○ (適用土質E: qu=200 以下)	記載なし	― (実績なし)	×	
ラムサス-S工法	○ (φ600まで)	○ (適用土質E: qu=200 以下で150m)	○ (φ600で70m)	― (記載なし)	○ (適用土質Eで呼び径の 80%以下480mmまで)	○ (適用土質Eで 70%まで)	○ (適用土質E: qu=200 以下)	記載なし	― (実績なし)	×	
※協会の見解 適用土質では施工可と考え れるが、今回の地質条件で は徳山の実績が多いエース モール工法を推奨する											

※適用土質の区分(D、C-2、E)は各工法により若干異なる。

なお、上記の工法は「推進工法用設計積算要領 小口径管推進工法 高耐荷力管推進工法編 2022 年改訂版」(公社)日本推進技術協会 P888 に示された全ての工法を対象としている。

4) 小口径推進の採用不可理由の聞き取り結果(抜粋・調整)

ラムサス工法協会
ご質問の件、下記の通り回答致します。
宜しくお願い致します。
φ600 mm
土質 (E)
最大礫径 80%以下 (480mm)
礫率 70%以下
一軸圧縮強度 200MN/m²以内
玉石出現数
今回の現場データなし。回答不可能。
L=135m の施工
施工可能。推進管が、総推力に耐えられるか同課の判断になります。
設計勾配 2%
施工可能。
どうしても心配であれば、エースモール工法の採用を推奨します。
礫山には、エースモール工法の方が、実績あります。

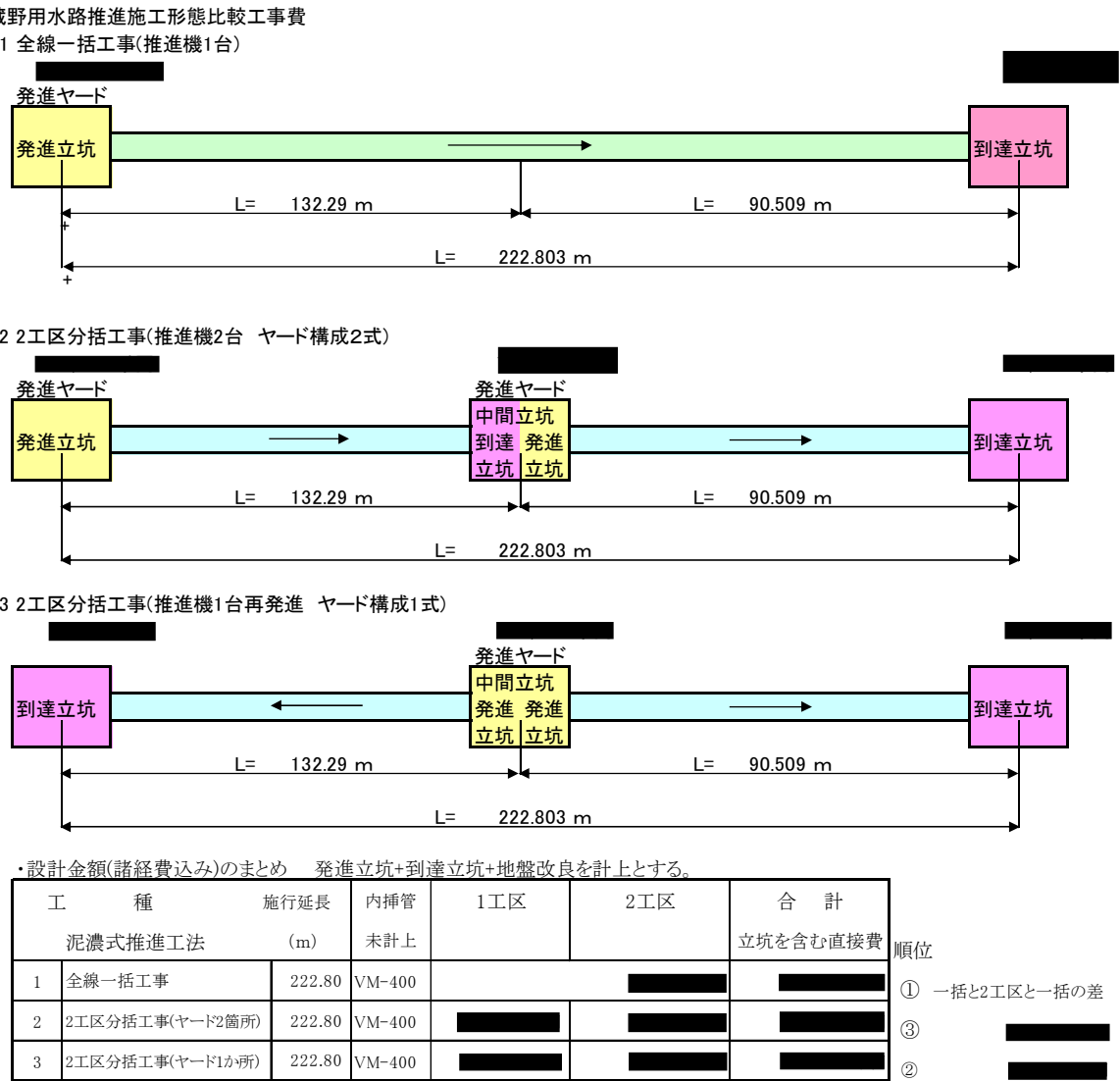
エースモール工法(アイレック技建株式会社 非開削推進事業本部 営業部)
お世話になっております。
石英の実績についてご報告いたします。
石英含有率：36.7%、一軸圧縮強度：122MN/m²
の岩盤を 72m推進した実績がございます。
こちらの土質・推進長によりビットの摩耗量は 1.8mm でした。
ビットの限界摩耗量は 2.5mm としております。
今回ご検討の深谷市は、石英 42%ですが、礫質土（礫率 70%）であり
過去実績については岩盤での石英 36.7%でしたので、
石英含有率は若干少なめですが、過去実績のほうが厳しい土質と言えます。
以上のことから、70m程度は推進可能と判断いたしますので、
最長 70mのスパン割にしていただければ幸いです。
ご確認のほど宜しくお願いいたします。

エースモール工法は 70mを掘削保障延長としているが、前回設計の延長も含め 2 工区分割延長の約 100 m、135mには届かないため採用は不可となる。

ゆえに、設計工区延長：132.294m、90.509m の 2 工区となる。

(4) 推進施工形態の検討

下記に施工パターンを 3 案示す。配管 VM 管-400 は計上せず推進工事費である。
各立坑築造費、薬液注入費、ヤード造成費を計上している。



上表の工事費は内挿管は未計上である。

図-1.1.4.3 推進施工形態及び工事費

下記に施工パターンを 3 案の比較選定表を示す。

	1 案 一括施工	2 案 2 工区分割施工	3 案 2 工区分割施工	備 考
施工形態	発→到	発→到・発→到	到→発・発→到	
発進ヤード	1 箇所 判定：○	2 箇所 判定：	1 箇所 判定：○	配置可能な案
2 工区推進工事の競合	なし 判定：○	なし 判定：○ 2 業者施工可能	あり 判定： 1 業者施工前提	2 案のみ 2 業者施工可能
借地の規模	発進ヤード 1 か所 判定：○	発進ヤード 2 か所 判定：	発進ヤード 1 か所 判定：○	了解済みで計画
施工の自由度	良 好 判定：○	到達時の競合を外す 判定：	1 業者施工前提 判定：	
積算時の問題	一括予算計上 判定：○	中間立坑の鋼材 2 業者に跨るため買取・スクラップ計上 判定：	1 業者施工前 判定：○	
シールド工事 概算直接工事費	計 (100) 順位：1	計 (112) 順位：3	計 (111) 順位 3	内挿管除く 推進工事費は見積
工期(3.2m/日)と仮定 不稼働係数 1.7 で計算	一括施工 $221\text{m} \div 3.2 \times 1.7 = 118 \text{ 日}$ 判定：○	上流工区に支配 $132\text{m} \div 3.2 \times 1.7 = 71 \text{ 日}$ 判定：	全工区に支配 $221\text{m} \div 3.2 \times 1.7 + \text{段取替 } 10 \text{ 日} = 128 \text{ 日}$ 判定：	
二次覆工 VM400 施工性	片押し施工 1 か所 判定：○	発進立坑 2 箇所 判定：	発進立坑 1 箇所 判定：○	
総合判定	工事費は安い、施工期間が長い。	発進立坑が 2 か所となり近隣住民への影響が大きい。工期は短くできる。但し、施工 2 業者対応も可能。	中間立坑が競合するが他の条件は最も良い	
	判定：○(採用)	判定：×	判定：	

1.1.5 推進工区間の工法選定

(1)推進工法選定

1)選定手順

管推進工法の選定は、路線計画をもとに、施工区間の管種・呼び径，延長，地山及び地下水の状況，地上の状況，地下埋設物の状況等を考慮し，安全で効率的に，かつ経済的に施工できる工法を選定する。また、補助工法が必要な場合は、これとの適合性も考慮して選定する。

管推進工法は、密閉型推進工法は施工途中での工法変更や施工不可能時の対応が困難なので、個々の選定条件に対し選定手順に従って適用性を判定し、特に土質に対して適切な工法を選定することが重要である。

以下に、推進工法の工法選定フローを示す。

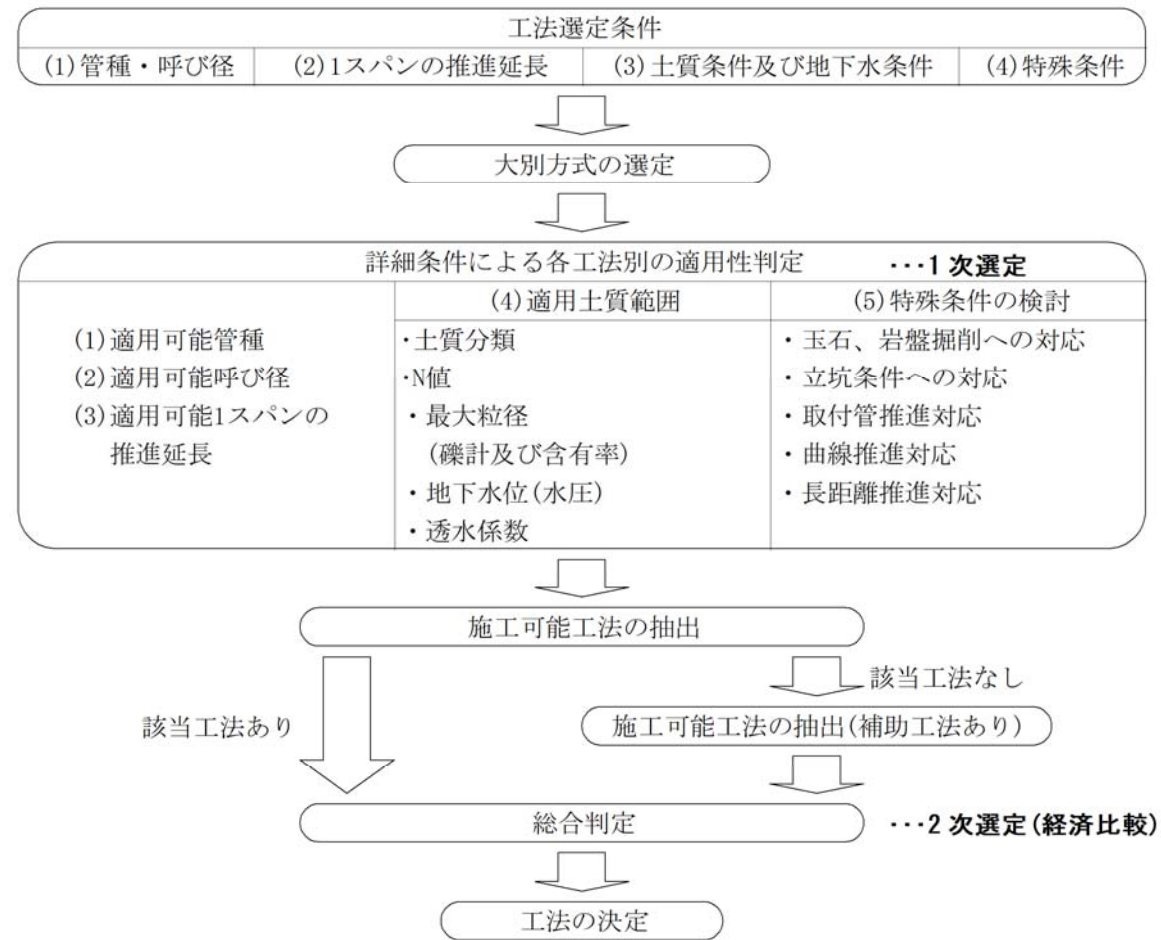


図-1.1.5.1 推進工法の工法選定フロー

『下水道推進工法の指針と解説 - 2010 年版 - 』に加筆

2)分類

推進工法は、使用する推進管の呼び径 800～3,000mm までを「大口径管推進工法」、呼び径 150～700mm までを「小口径管推進工法」とする。

特殊な工法を除いた推進工法の分類は下図のとおりである。先の線形・工法適用で小口径管推進工法（径高耐荷力推進工法）は適用外である。

本設計における推進工法は以下に該当する。

- ・武蔵野用水路
 - 内 挿 管：VM φ 400
 - さや管推進：推進用鉄筋コンクリート管 呼び径 800mm(大口径管推進工法の最小口径)

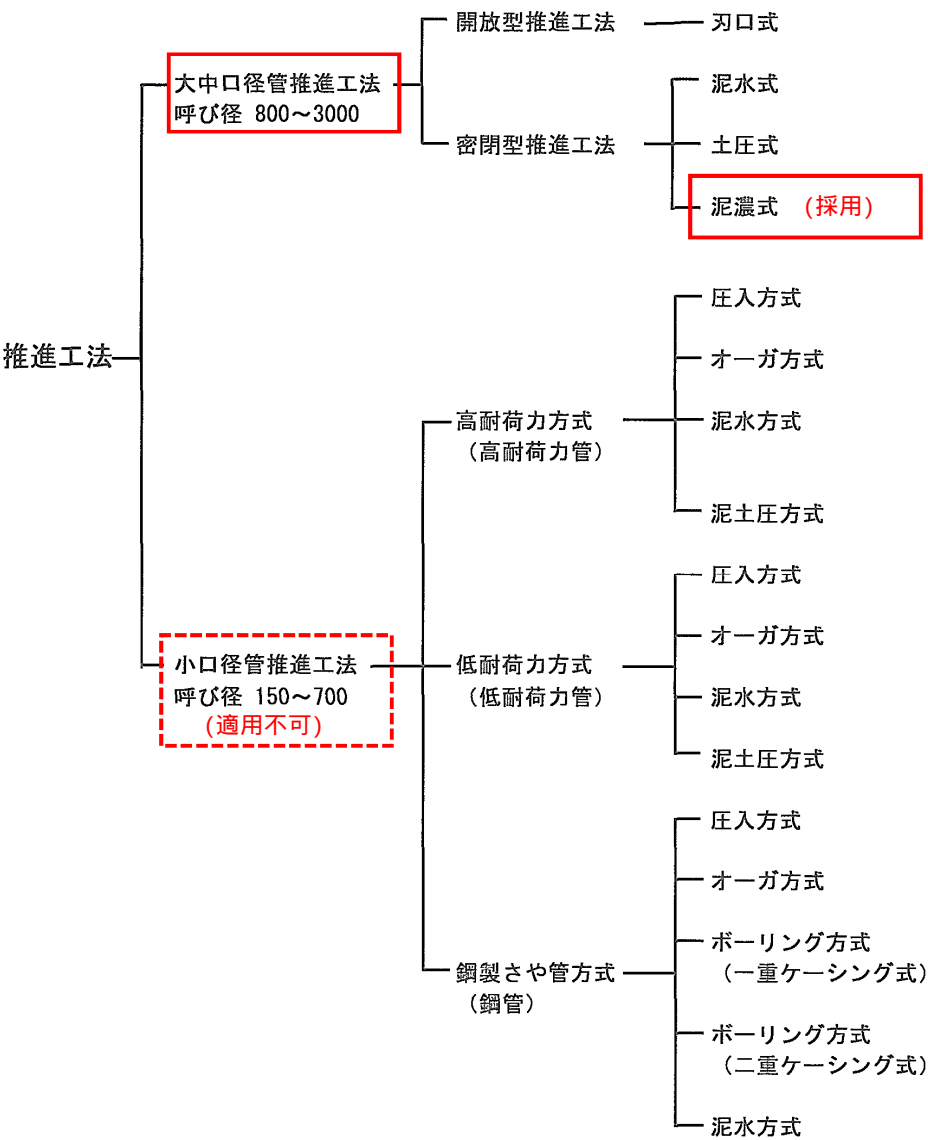


図-1.1.5.2 推進工法の分類

出典：推進工用機械器具等損料参考資料 損料参考資料内とりまとめ
- 日本推進技術協会 -

(2) 初期段階で選定対象から外れる工法

推進工法の選定において、下記の工法は現場状況にそぐわない為、選定対象から除外するものとする。

大中口径管推進工法 刃口推進工法・泥土圧式を除外

理由は次のとおりである。

刃口推進工法、

切羽が開放されているため、緩い地盤の場合は切羽の安定確保が困難である。もし、推進工の影響による陥没が発生した場合、県道で交通量の多い県道に対し多大な影響が生じるため、陥没が生じない工法を選定する必要がある。また、長距離の施工は困難である。

また、本現場では地下水の存在が確認されており開放型の刃口推進工では地下水低下工法及び薬液注入工法による遮水を行う必要がある。

よって、本推進では開放型の推進工法となる、刃口推進工法は選定から除外する。

「都市部鉄道構造物の近接施工マニュアル」(平成 19 年 1 月)P161

泥土圧式推進工法

泥土圧式は、積算基準が日本推進技術協会の基準しかないことから、基本的に、泥濃式、泥水式の地質に適応できない地質条件(透水係数が大きすぎる地盤など)の場合に最終的に採用される工法である。

したがって、国土交通省の積算基準に記載のある工法を優先し、泥土圧式は二次基準とする。今回の地質条件では、泥水式、泥濃式で充分施工が可能であるため、泥土圧式は除外する。

表-1.1.5.1 推進工法の検討工法

推進方式			適用の可否	備考
大中口径管	開放型	刃口式	×	地下水以下・距離が長距離
	密閉型	泥水式	○	適用可能
		土圧式		積算基準が推進協会基準 施工条件が泥水・泥濃式が該当しない場合に適用
		泥濃式	○	適用可能

(3) 工法概要

前頁にて選定した工法の概要を下記に示す。

1) 中大口径 密閉型推進工法

密閉型推進工法は、切羽掘削と切羽安定のため各種の機能を持った掘進機を用いるため操向性に富み、適用土質の範囲も広く、主として長距離推進に適している。

また、切羽と作業空間が掘進機の隔壁で仕切られており、掘進機のカッターヘッドで掘削する工法である。密閉型推進工法は泥水式、土圧式、泥濃式があり、土質条件や施工条件に適したものを選定する。

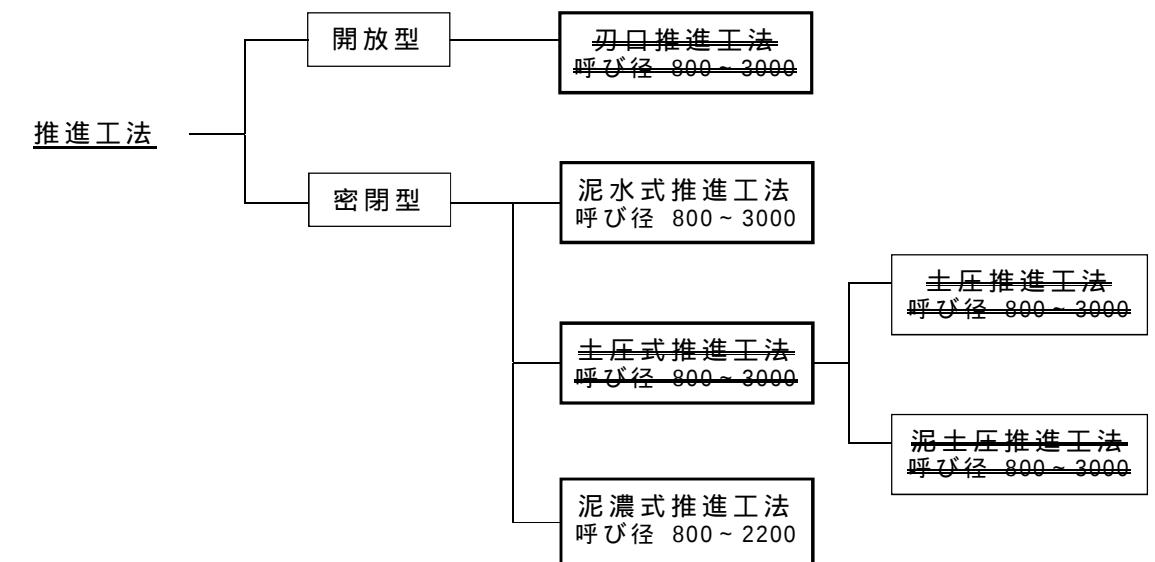
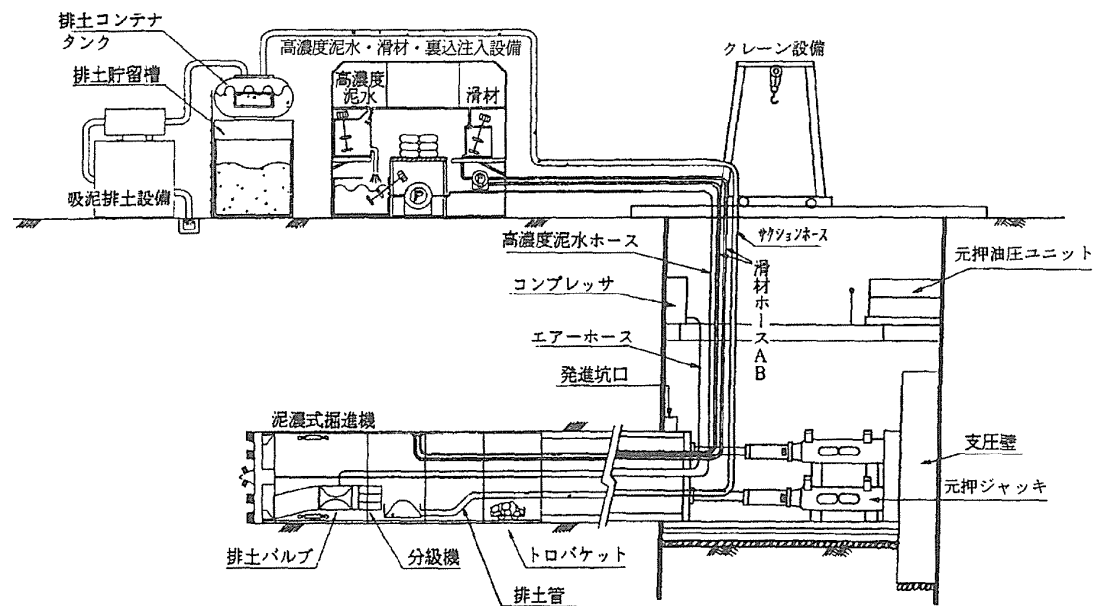


図-1.1.5.3 推進工法の分類

(出典：推進工事用機械器具等損料参考資料 損料参考資料内とりまとめ)

泥濃式推進工法の切羽の安定は、推進機のカッタチャンバ内に高濃度泥水を注入して掘削土砂と攪拌混合し、流動性を持たせた泥土をカッタチャンバ内に充満させ、泥土の圧力により切羽の安定を図る。



泥濃式推進工法概要図（参考）

図-1.1.5.4 泥濃式推進工法の概念図

泥水式推進工法

泥水式推進工法は、密閉機械式掘進機の隔壁掘削室にポンプで泥水を圧送封入して地下水を泥水圧で押さえ、切羽の安定を図る。また、カッターで切削した土砂を泥水の環流によって坑外に排出する掘進機を管の先端に装備し、発進立坑内の管体後部のジャッキ等により管を推進する工法である。

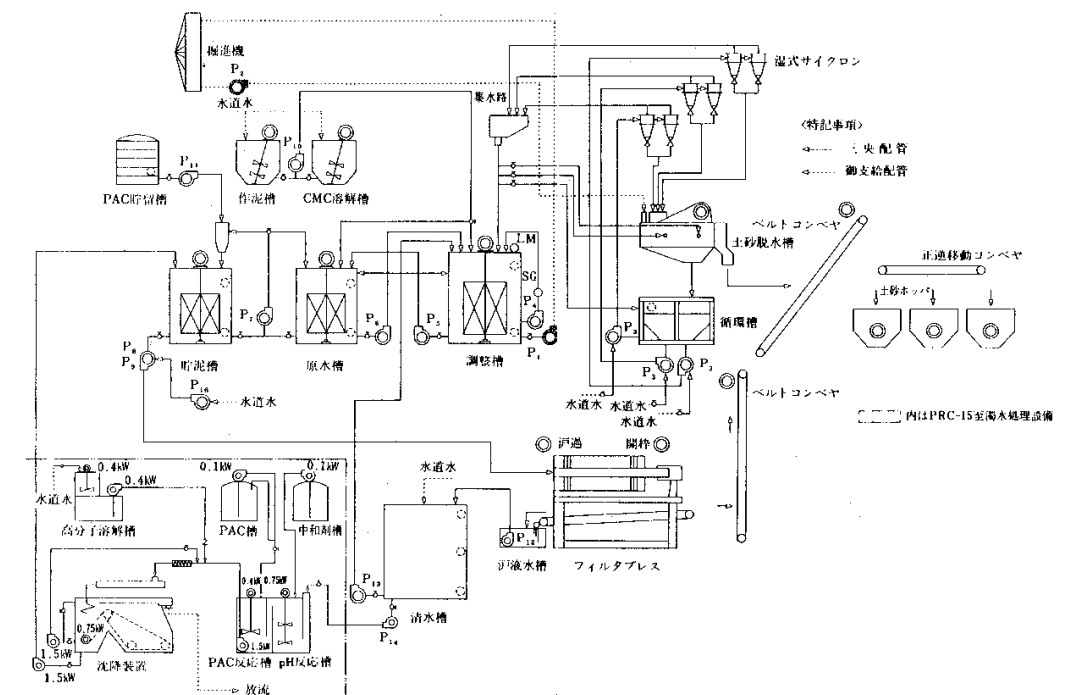
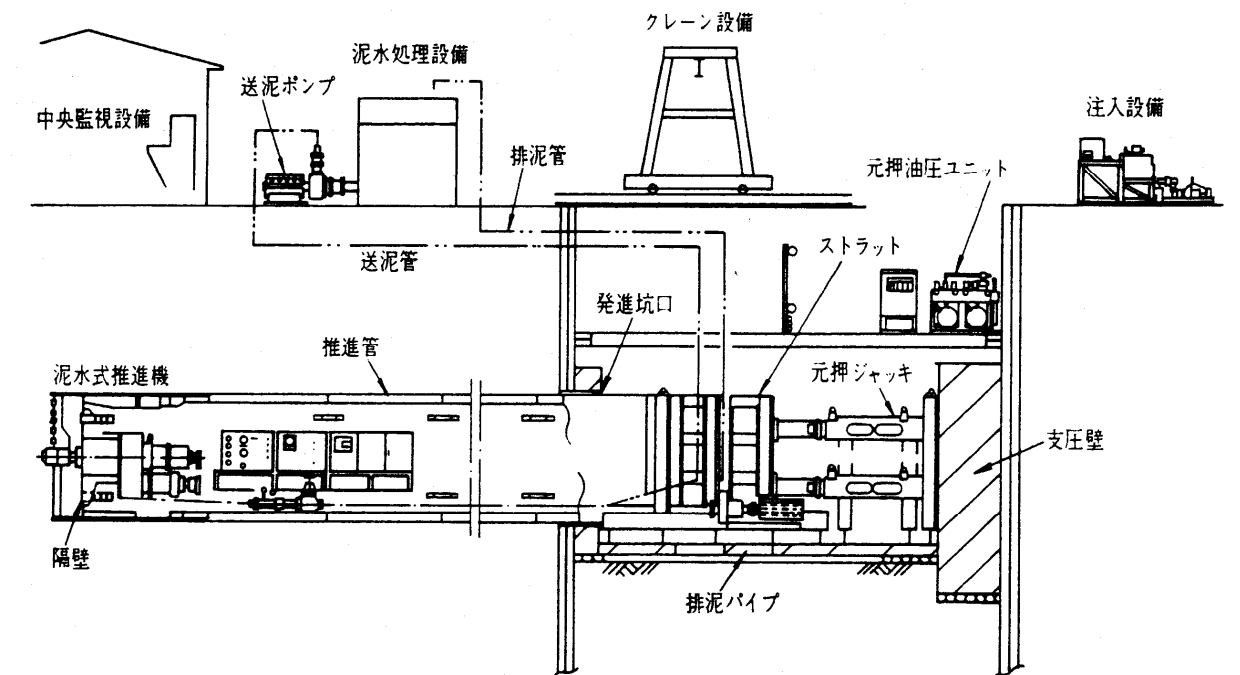
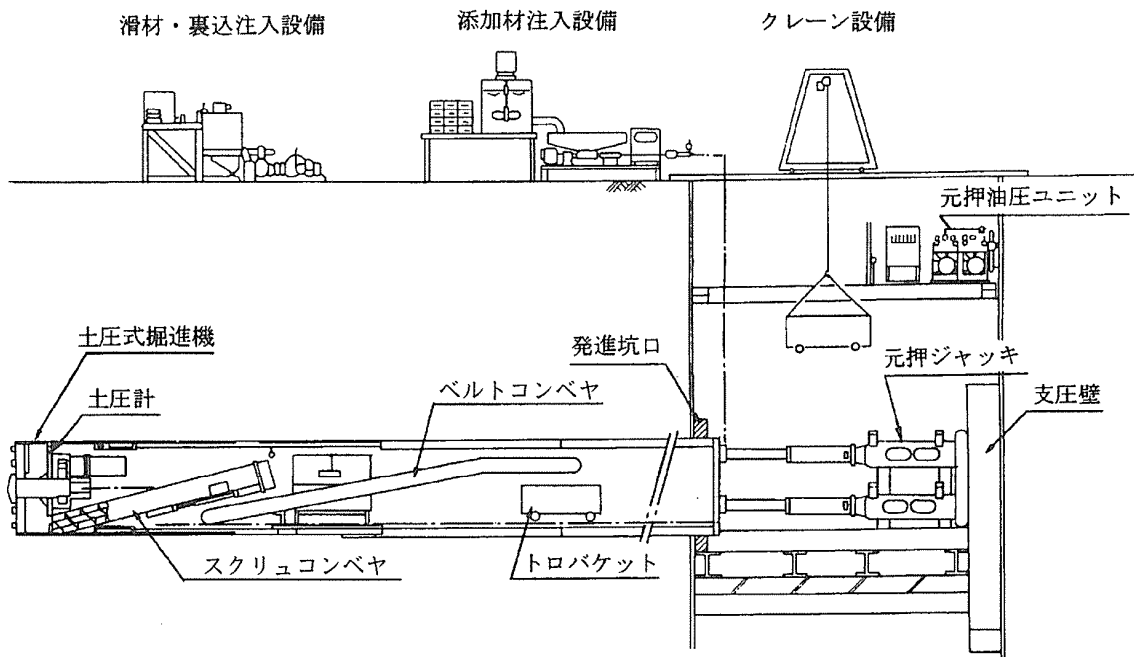


図-1.1.5.5 泥水式推進工法の概念図

土圧式推進工法（参考工法）

土圧式推進工法は、掘進機前面のカッタ後方に隔壁を設け、切羽と隔壁間のカッタチャンパ内に掘削土砂または添加材の混合された土砂（以下「泥土」という）を充填させることにより、切羽の土圧及び地下水圧に見合う圧力を保持し、カッタヘッドで掘削した土砂をスクリュコンベヤで排土量を調整しながら掘削，推進する。

土圧式推進工法の切羽の安定は、推進機のカッタチャンパ内に充填させた泥土の圧力により切羽の安定を図る。



泥土圧推進工法の概要図（参考）

図-1.1.5.6 泥土圧式推進工法概念図

(4) 推進工施工通過地質概要

R4 過年度設計の小口径管推進工法に適用した地質調査に、本業務の地質調査結果も踏まえて工法選定を行う。

地質概要は「1.1.2 設計区間の地質概要」の項を参照。

(5) 工法の抽出

推進諸元や土質条件それに適する工法を選定する。（一次選定）

先述の中大口径2工法について、管種・管径、推進延長、土質条件などから適用可能な工法を一次選定した結果は、下表のとおりである。

1) 中大口径管推進工法（φ800）

積算歩掛の出典：国営事業の費用算定根拠として（検討1）

積算歩掛は、下水道用設計標準歩掛表-国土交通省(通称白本)で各事業主体の推進工事発注は積算される。

記載がないものについては二次基準として下水道協会発行の下水道用設計積算基準、三次基準として、日本推進技術協会発行の推進用設計積算要領となる。しかし、今回の地質条件では白本の土質区分の適用外となるため、土質区分が詳細に記載してある本積算要領を主に適用する。

国土交通省の下水道用設計標準歩掛表内には土圧式は記載がない。

記載がある日本推進技術協会の土圧式 2021年版では、呼径800・900の日進量の記載がなくなり(業者聞き取り)更に工法適用には注意を要するようになった。

表-1.1.5.2 一次選定を行う工法

推進工法の種類		掘削及び排土方式
中大口径	密閉型	泥水式推進工法
		泥濃式推進工法

1 スパンの推進延長による選定（検討1）

適用可能な1スパンの推進延長について下表を参照する。なお、本設計では立坑配置よりL=221.48mとする。

表-1.1.5.3 中大口径推進工法の推進延長の目安(m)

工法分類	呼び径	元 押	中押1段	中押2段
密閉型	泥 水 式	800～ 900	150～200	—
		1000～1200	170～260	230～350
	土 圧 式	1350～1650	190～350	270～440
		1800～2200	210～370	310～480
		2400～3000	210～370	310～510
型	泥 濃 式	800～ 900	150～300	—
		1000～1100	200～400	—
		1200～1500	200～450	—
		1650～2200	300～600	—

※泥濃式は基本的に中押装置は用いない。

2) 土質条件及び地下水条件による選定（検討2）

表-1.1.5.4 大中口径(密閉型)の工法別適用土質と補助工法の関係(参考)

地 質				(参考工法)								
				泥 水 式 推 進 工 法			土 圧 式 推 進 工 法			泥 濃 式 推 進 工 法		
分 類	土 質	N 値	含水比(%)	補助工法			補助工法			補助工法		
				無	有	種別	無	有	種別	無	有	種別
沖 粘 性 積 土	有 機 質 土	0	150以上	×	△	A	×	△	A	×	△	A
	シルト・粘土	0~2	100~150	△	○	A	△	○	A	△	○	A
	砂質シルト・粘土	0~5	80以上	△	○	A	△	○	A	△	○	A
	砂質シルト・粘土	5~10	50以上	○	-		○	-		○	-	
洪 粘 性 積 土	ローム・粘土	10~20	50以上	○	-		○	-		○	-	
	砂質ローム・粘土	15~25	50以上	○	-		○	-		○	-	
	砂質ローム・粘土	20以上	20以上	○	-		○	-		○	-	
軟 岩	土 丹 ・ 泥 岩	50以上	20以下	△	-		△	-		△	-	
砂 質 土	シルト粘土混じり砂	10-15	20以下	○	-		○	-		○	-	
	ルーズな砂	10~30		○	-		○	-		○	-	
	締まった砂	30以上		○	-		○	-		○	-	
砂 礫 ・ 玉 石	緩い砂礫	10~40		○	-		○	-		○	-	
	締まった砂礫	40以上		○	-		○	-		○	-	
	玉石混じり砂礫			○	-		○	-		○	-	
	玉 石 層			△	-		△	-		△	-	

注 1. 凡例

無：補助工法を使用しない場合
有：補助工法を使用した場合

○：原則として条件に適合する。
△：適用にあっては検討を要する。
×：原則として条件に適合しない。
－：特に使用しなくてもよい。
A：葉液注入工

2. 主工法の選定は○が望ましいが、部分的に土質が異なり適用せざるを得ない場合も含めて表示してある。

(6) 推進工法の決定

各工法の概算工事費は下記資料に基づき算出した。

『下水道用設計標準歩掛表 令和5年第1巻 管路』(公社)日本下水道協会

『推進工法用設計積算要領』各工法 2021 年版 (公社)日本推進技術協会

比較の結果、最も経済的となる工法を採用するものとする。

本設計における採用推進工法は、

泥濃式推進工法：推進工法用鉄筋コンクリート管φ800

章末に比較表を添付する。また、各方式の代価表は参考資料に添付する。

1)工法選定根拠のまとめ

先述の（施工延長、地質条件）をまとめると以下のとおりとなる。

推進工選定：県道横断推進工 φ800 N>50 程度：Dg 砂礫土主体

表-1.1.5.5 大中口径管推進工法の検討工法

大中口径推進工法		一次選定 積算出典	検討 1 施工距離	検討 2 土質条件	総合判定	備 考
大中口径管	泥水式	○	○	○	○	
	土圧式 (参考工法)	×	○	○	×	土圧式とあるが、現在は泥土圧式が主流
	泥濃式	○	○	○	○	

なお、補助工法の採用は推進工時に追加する工種である。

礫混入率：地質調査記事より多い

礫口径比率 HP:800 管外径 960mm 想定礫径:300mm(今回の地質調査より)

透水系数 7.27 ~ 5.57E-05(m/s) 7.27 ~ 5.57E-03(cm/s)

2) 推進工法の決定

県道横断推進工 φ800 N>50 程度：Dg 砂礫土主体の工区では、泥土圧の 2 工法が適用
できるため、経済比較を行い、工法を決定する。

概算工事費を算出すると下記のとおりであり、採用工法は「泥濃式」を選定する。

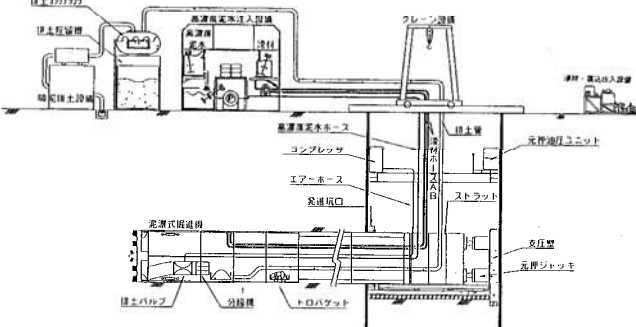
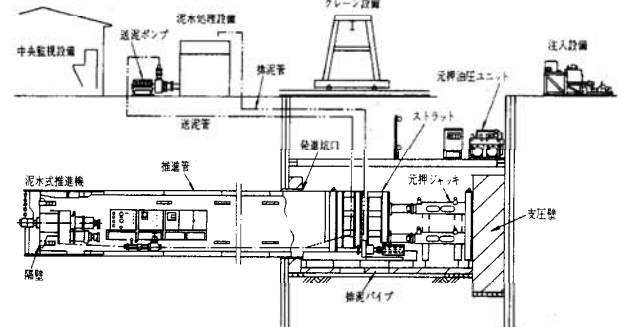
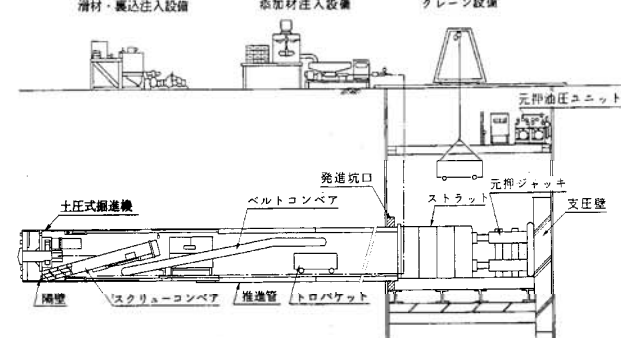
表-1.1.5.6 推進管種比較検討結果（ 1～ 3）

推 進 工 法	直接工事費 L=230.0m	m 当り工事費	判 定
・ 泥濃式推進工法			○採用
・ 泥水式推進工法			次点工法
・ 土圧式(泥土圧式)推進工法 （参考工法）			× 市場性が無い

工事費の傾向

- 1 上記工法比較工事費には内挿管・立坑・坑口の薬注は含まない。推進工事費（管材含む）のみ。
 - 2 泥土圧方式が最も高い理由は、礫径の 300mm 適用の工法を採用すると日進量が小さくなること、推進機の基礎価格が高く施工日数が多くなり工事費を増大させる要因となった。
 - 3 石英含有のため、推進機がほぼ岩盤掘削対応機になる。ローラービットなどを装着する。
- 各工法とも、ビット交換までには至らない。
- 以降に、上記の工事費算出根拠である工事費が比較できる日本推進技術協会発行の推進工法編 2021 年版と実施工に向けた見積もりを利用した概算工事費を添付する。

表-1.1.5.7 武蔵野用水路推進工（推進工法用コンクリート管：呼径φ800） 推 進 工 法 比 較 検 討 表

工 法		① 泥 濃 式 工 法	② 泥 水 式 工 法	③ 土 圧 式（泥土圧）工法：参考工法
工 法 概 要		泥濃式推進工法は前部が隔壁で密閉された泥濃式掘進機のカッタチャンパ内に高濃度の泥水を圧送充滿し、切羽の安定をはかりながらカッタにより掘削し、立坑に設けた元押しジャッキによって推進管の圧入布設を行う。掘削した土砂は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、真空力により搬出する。なお真空吸引不可能な大きな礫はトロバケットにより搬出する。 	泥水式推進工法は、前部が隔壁で密閉された泥水式掘進機のカッタチャンパ内に満たされた泥水の圧力を切羽の土圧及び地下水圧に見合う圧力に保持することにより、切羽を安定させる。また、カッタヘッドの回転により切削した土砂に混入して坑外へ流体輸送しながら、立坑に設けた元押しジャッキによって推進管の圧入布設を行う。流体輸送された排泥水は坑外に設けた泥水処理装置により土砂と泥水に分離し、泥水は再び切羽へ送られ、送泥水、排泥水の管路系統は循環式になっている。 	土圧式推進工法は、前部が隔壁で密閉された土圧式掘進機のカッタチャンパ内に掘削土砂あるいは掘削土砂と添加材の攪拌混練り土砂（泥土）を充滿させ、充滿させた土砂の圧力を切羽の土圧及び地下水圧に見合う圧力に保持することにより、切羽の安定をはかり、カッタヘッドの回転により切削した土砂をスクリーコンベアで排土量を調整しながら、立坑に設けた元押しジャッキによって推進管の圧入布設を行う。 
本 工 区 の 土 質 条 件	土質試験結果	地区大別：砂礫地盤：最大 300mm、石英含有 42%、礫強度 51～120MN/m ² 適用土質判定 ○ ※塑性流動のために添加剤を多用する。	同 左 適用土質判定 ○ ※泥水式の適用粒度分布は砂分 60%以上が適	同 左 適用土質判定 ○ ※塑性流動のために添加剤を多用する。
	推進対応土質区分	通過断面 N=50 以上の洪積砂礫層の硬質地盤 砂礫対応より岩盤対応に近い機種を選定する。	同 左 石英含有のため、破碎を前提に岩盤(石英 70%対応型)機を選定。	同 左 人力排土の例が最近は少ない。岩盤対応機を利用する。
	地下水位	推進位置は地下水位以下となるが、密閉式であるため問題なし。	推進位置は地下水位以下となるが、密閉式であるため問題なし。	推進位置は地下水位以下となるが、密閉式であるため問題なし。
	透水係数	1×10 ⁻¹ cm/sec 程度までなら通常掘進は可能。：(1～7×10 ⁻³ cm/sec)	10 ⁻² のオーダーでも高品質の泥水材用いることにより掘進は可能。但し逸泥には注意を要す。1×10 ⁻² ～10 ⁻³ cm/sec の地山では閉塞効果が劣るため逸泥防止材を使用する。：(1～7×10 ⁻³ cm/sec)	透水係数に問題なく掘進が可能。：(1～7×10 ⁻³ cm/sec)
施 工 計 画	日進量	3.2m/日（8 時間施工：実日数） △	4.0m/日（昼 8 時間施工：実日数） ○	2.8m/日（8 時間施工：実日数） ×
	沈下管理	構造が単純(排泥バルブのみ)で行う。砂礫の場合は分級も可能である。 ○	切羽管理は最も優れている。 ○	切羽管理が的確に対応できる。スクリーコンベアも止水性に留意すれば問題なし。 △
	ヤード占用	作泥、汚泥吸引プラント等占有が大きく広いヤードが必要。 △	1 次処理機と処理泥水槽等占有が大きく泥土圧式より広いヤードが必要。土質により 2 次処理を使用。 △	泥水式に比して小さいヤードで施工可能である。 ○
	騒音振動対策	泥土圧式より騒音振動が大きい。プラント占用が小さい。(200 m ²) 従って排土設備には防音ハウスがセットになっている。 △	泥土圧式より騒音振動が大きく、またプラント占用が広いため泥土圧式より施設規模が大きくなる。 △	ズリトロ方式は坑内であり騒音規模は小さい。3 工法の中で最も小さい。 ○
評 価	本工区への採用の適否	工法においては共に採用が可能であり、工法毎の経済比較を行い、本地区の推進工法の採用を行う。 (特殊な泥土圧は参考である)		
概算工事費（直工） 管材込み 主要工法		■■■■■（立坑・内挿管工事費は除く）	■■■■■（立坑・内挿管工事費は除く）	■■■■■（立坑・内挿管工事費は除く）
推進全体工事費及び m 当り比率		■■■■■ ○	■■■■■ △	■■■■■ ×
工 期		運転日数 72 日 共用日数 94 日（仮設工、内挿管施工は含まない）	運転日数 58 日 共用日数 75 日（仮設工、内挿管施工は含まない）	運転日数 83 日 共用日数 107 日（仮設工、内挿管施工は含まない）
評 価		・ 泥濃式は実績が多い。礫などの硬質地盤にも対応できる。 φ 800mm 程度の中小口径を中心としており、実績が多い。 ○	・ 実績が多いが、本工事の砂礫でも透水係数が小さいため採用可能である。 ・ 日進量が多いため、施工日数が少ないが、礫を破碎して流体輸送するため機器のコストが高む。 △	・ 最近では、泥濃・泥水式が採用できない地区で実績がある。 ・ 日進量が小さく小口径での施工では泥濃式に劣る。 ×

泥水式

概算直接工事費				スパン数 2 スパン				
土圧式（トロバケット）推進工				φ 800 mm 区間延長 231.00 m				
工区名 武蔵野				日進 2.80 m/日 管体延長 231.00 m				
区 間 推進工				昼間施工 推進延長 231.00 m				
名 称		形状寸法		単位	数 量	単 価	金 額	摘 要
推進用鉄筋コンクリート管		50N管		本	96			
		HP φ 800 L=2.43m						
		70N管						
		HP φ 800 L=2.43m		本	0			
		中押し管						
		HP φ 800 L=0.00m						
小 計								
管推進工	切羽作業工		m	231.00	B-1			
	坑内作業工		m	231.00	B-2			
	坑外作業工		m	231.00	B-3			
	機械器具損料		式	1	B-4			
	裏込注入工		m	231.00	B-5			
	目地モルタル工		箇所	94	B-6			
	発生土処分工		m3	234.08	B-7			
	管布設工	HP φ 800 360 ° 基礎	m	0.00	B-8			
小 計								
推進仮設備工			式	1	B-9			
通信配線設備工			式	1	B-10			
換気設備工			箇所	2	B-11			
注入設備工			箇所	1	B-12			
添加材注入設備工			箇所	1	B-13			
発生土固化処理設備工			箇所	1	B-14			
小 計								
薬液注入工			箇所	4				
合 計								
1 m当り					推進延長当り 路線延長当り			

(7)工法採用の注意事項

硬質地盤で石英含有という砂礫層のため掘削機のビット摩耗には十分配慮する必要がある。
また、礫破碎・流体化するため、排土管の閉塞が起こりやすい傾向があるが、各泥濃式工法では、このような施工実績も多く見受けられるため特殊な工法では無い。

(8)泥濃式吸引排土システム

先の「推進工法選定根拠」において工法が泥濃圧方式に集約される事となった。

施工ヤードが狭いため施工占用がコンパクトな泥濃式の排土システムは有効である。

しかしながら、吸引排土機械の音が大きいため、工事実施時の騒音苦情が出た場合には、直接音を遮れば対策可能であり、簡易の防音（遮音シート）を民家方面に単管パイプなどで張っても効果は大きい。

また、泥濃式は都市の密集した箇所でも施工されており、一般的な昼間の工事騒音基準内で納まっている。

1) 一般的な工法選定条件の補足

施工延長と1スパンの推進延長

推進延長は、管の耐力、推進反力、排土等の条件を考慮して決定している。

また、ビット交換が無いように予め推進機の仕様を決めておく必要がある。

土質状態と地下水の関係

ほぼ管路の縦断線形は地下水位以下であるが、透水係数が小さく、地山には保水が少ないと考える。

泥土化には加水を多く必要とする傾向である。

路線の線形

緩曲線主体であり、地山反力も硬質地盤で十分確保できている。

立坑土砂搬出及び管の搬入等に対する用地の関係

発進立坑は、通行止め施工を標準とする。到達立坑は夜間は覆工板で通行を補償するが、立坑の施工時・推進機回収時・配管施工時等には通行止めとなる。

立坑選定位置の交通及び周囲の環境

借地可能な範囲内で計画を行っている。夜間工事を行わないため騒音・振動規制は昼間の工事の基準に準ずる。

埋設物その他架空線等の関係

現地で支障となる物件の管理者と立会い指示を受ける。架空線、水道管、下水管の移設は必要である。

環境保全対策：騒音・振動

昼間の公共工事で採用される騒音・振動規制の範囲内で施工が可能である。

2)採用工法の協会他資料
採用工法の連絡先など

問合せ先一覧

《 泥濃式推進工法 工法協会 》

工 法 名	問合せ先	電話番号	備考
エスエスモール工法	ジオリード協会		
超泥水加圧推進工法	超泥水加圧推進協会		
超流バランスセミシールド工法	超流セミシールド協会		
ツーウェイ推進工法	ツーウェイ推進工法協会		
ハイブリッドモール工法	ハイブリッドモール 工法協会		
ヒューム管推進工法	ヒューム管&ベルスタ推進 工法協会		
ベルスタモール工法	ヒューム管&ベルスタ推進 工法協会		
ラムサス工法	ラムサス工法協会		
サクセスモール工法	ジオリード協会		
コスミック工法	コスミック工法協会		
ユニコーン M 工法	ユニコーン協会		
コマンド工法	コマンド工法協会		
ECO SPEED SHIELD 工法	ECO SPEED SHIELD 工法協会		
デュアルシールド工法	デュアルシールド工法協会		

上記-「推進工法用設計積算要領 泥濃式推進工法編 2021 年改訂版」(公社)日本推進技術協会 P217 より抜粋

採用工法協会の本推進工事の聞き取り結果

工 法 名		問合せ先	電話番号	問合せ先一覧		備考
				判定	施工可否 理由	
1	エスエスモール工法	ジオリード協会		×	巨礫破砕型が採用となるが、実径30cmの礫は対応径に余裕がなく採用が難しい。 また、到達立坑のヤードの広さが必要であるため、今回の現場条件は採用は難しい。	
2	超泥水加圧推進工法	超泥水加圧推進協会		×	最大礫径が300mmは適応範囲外。 (φ800掘進機の排土口径は250mmのため)	
3	超流バランスセミシールド工法	超流セミシールド協会		○	推進上は問題なし。 到達部では掘進機回収作業に使用する16～25tラフテレーンクレーンおよび10t車を配置。 リターン回収の場合は4tユニックの配置が必要。	
4	ツーウェイ推進工法	ツーウェイ推進工法協会		×	適応範囲外。 岩質対応外。	
5	ハイブリッドモール工法	ハイブリッドモール 工法協会		○	対応可。 立坑での標準重機はラフテレーンクレーン 25t吊。分割回収の場合、ラフテレーンクレーン16t吊。	
6	ヒューム管推進工法	ヒューム管&ベルスタ推進 工法協会		×	ビット交換のため2区が前提となるため、判定は×とする。(一気通貫は不可)。	
7	ベルスタモール工法	ヒューム管&ベルスタ推進 工法協会		○	対応可。 但し、到達立坑で重機(16tラフター)が必要。	
8	ラムサス工法	ラムサス工法協会		○	対応可。 但し、リターン回収は不可、分解回収も不可である。	
9	サクセスモール工法	ジオリード協会		×	エスエスモール工法と同様。	
10	コスミック工法	コスミック工法協会		×	施工不可。 機径、機率、一軸圧縮強度より施工不可。	
11	ユニコーンM工法	ユニコーン協会		×	泥濃式は対応不可。 (泥濃式は推進業者向けに掘進機の質と改造を主業務としている)	
12	コマンド工法	コマンド工法協会		○	対応可。 但し、発進立坑は25tクレーン、到達立坑は16tクレーンの配置が必須。	
13	ECO SPEED SHIELD 工法	ECO SPEED SHIELD 工法協会		○	対応可。 内部機器は、発進立坑で回収可能。その場合の到達立坑には4tユニック車が必要。	
14	デュアルシールド工法	デュアルシールド工法協会		×	φ1100以上の対応によりφ800の採用は不可。	

採用可能な工法の見積もり結果（直接工事費 比較一覧表）

項目		単位	1案	2案	3案	4案	5案	6案	備考
			超流バランス セミシールド工法	ハイブリッドモール 工法	ベルスタモール 工法	ラムサス 工法	コマンド 工法	ECO SPEED SHIELD 工法	
			超流セミシールド協会	ハイブリッドモール 工法協会	ヒューム管&ベルスタ 推進工法協会	ラムサス工法協会	コマンド工法協会	ECO SPEED SHIELD 工法協会	
スパン			1	1	1	1	1	1	
推進管径		mm	800	800	800	800	800	800	
推進延長		m	220.120	220.118	221.120	221.118	221.118	221.118	
直接 工 事 費 （ 円 ）	泥濃式推進工	式							管材費、発生土処理費は 未計上
	先導管設置作業工	式							
	仮設備工	式							
	通信・換気設備工	式							
	送排泥設備工	式							
	注入設備工	式							
	推進水替工	式							
	特殊現場条件工	式							
	管清掃工	式							
	E S シ ス テ ム 工	式							
	計								
	1m当たり								
	経済性順位								安価順とする
	機械器具損料	円							
	電力料	円							単価27円/kWで統一
	計								
	経済性順位								安価順とする
日進量		m/日							
日進量順位									日進量が多い順とする
概算工事費おける石英の影響 （鉱物の対応）		-	玉石の大きさにクローズアップして検討しているため、特に石英の含有率は考慮していない。 また、協会としても石英の含有率を考慮した検討は行っていないが、今回はその他の土質条件で施工可能と判断している。	ビットの摩耗について 石英含有率42%、一軸圧縮強度120MN/m2ですとビットの摩耗が懸念されますが、最大礫径300mm(3倍径は未考慮)であれば、ビット刃先は開口部から取り込み可能な粗割程度ですむため、ビット負担は比較的少なく、ビットは摩耗限界に耐え得るのではと推測します。 最大礫径、礫・石英の含有率に変更がある場合、ビットの摩耗の関係から再度施工可否検討が必要になるかと思います。	石英の含有率の影響について ① ビットの摩耗 ② 作泥材及び排泥への影響 の2点が考えられますが一軸圧縮強度が高いほうで70%全量だとしてもビットは問題ありません。 また石英の成分が作泥材や排泥に影響することはありません。	石英専用の計算式は、有りません。 通常の計算です。	硬質鉱物（石英）の含有率42%は日進量の補正をしました。 補正日進量は3.2×85%＝2.7としております。	巨礫・玉石を破碎しますが、泥水式のように、粉々にせずに、大割で取り込みを行います。100～150mmの玉石を取り込むことになると思いますので、日進量に影響はないと考えています。 実施工では、通常よりビットを多く配置するなどの対策は講じると思いますが、積算上は根拠がないので、同額です。	
曲線施工		m	64	記載なし	23	40	40	記載なし	

主要材料メーカー

《 主要材料 》

工 種	品 名	問合わせ先	電話番号	備考
裏込め注入	裏込め材			
	目詰材			
	分散材			
滑材注入	滑材			
作泥材他	作泥材、泥水調整材、 添加材および固化材料			
特殊推進管	外殻鋼管付きコンクリート管			
	曲線推進工法用 鉄筋コンクリート管			
	可とう性鉄筋コンクリート管			
支圧壁	プレキャスト支圧壁			
推進力伝達材	推進力伝達材			

1.2 構造計画

1.2.1 鞘管方式の採用

(1)管種

本区間の推進工法について、道路管理者へ管種の指定について確認した結果、特に管種の指定は無いとの返答であった。

そのため、本設計では経済的な配管として鞘管方式を採用とする。

推進管---HP φ800（大中口径管推進工法の最小口径）

内挿管---VM φ400（武蔵野用水路の採用管種、口径）

管材費のみの比較となるが、鞘管方式と直押し方式の比較結果を下表に示す。

表-1.2.1.1 管材費比較表

管材費比較結果（推進延長L=222m当たり）				
ケース	方式	金額 （円）	比率	備考
1-1案	鞘管方式 （鞘管：HP φ800、内挿管：VM φ400）		1.00	採用
1-2案	鞘管方式 （鞘管：HP φ800、内挿管：DCIP-PN形 φ500）		1.22	
2案	直押し方式 （推進管：DCIP φ800-U形）		2.76	

推進延長	222 m
------	-------

1-1案 鞘管方式（鞘管：ヒューム管 φ800、内挿管：VM管 φ400）						
項目	規格	数量	単位	単価 （円）	金額 （円）	備考
鞘管方式	鞘管 鉄筋Co管 1種-JA、φ800、L=2.43m	92	本			
	内挿管 VM φ400、L=4.0m	56	本			
	ラチスペーサー、1本につき2本設置	112	本			
	ラチスペーサー用ゴムシート、1本につき2本設置	112	本			
	計					
	改め					

1-2案 鞘管方式（鞘管：ヒューム管 φ800、内挿管：ダクティル鑄鉄管PN形 φ500）						
項目	規格	数量	単位	単価 （円）	金額 （円）	備考
鞘管方式	鞘管 鉄筋Co管 1種-JA、φ800、L=2.43m	92	本			
	内挿管 ダクティル鑄鉄管PN形3種、φ500、L=4.0m	56	本			
	内挿管 PN形接続部品、φ500	56	本			
	計					
	改め					

2案 直押し方式（推進管：ダクティル鑄鉄管U形 φ800）						
項目	規格	数量	単位	単価 （円）	金額 （円）	備考
直押し方式	推進管 ダクティル鑄鉄管U形5種、φ800、L=4.0m	56	本			見積もり
	推進管 U形接続部品、φ800	56	本			見積もり
	計					
	改め					

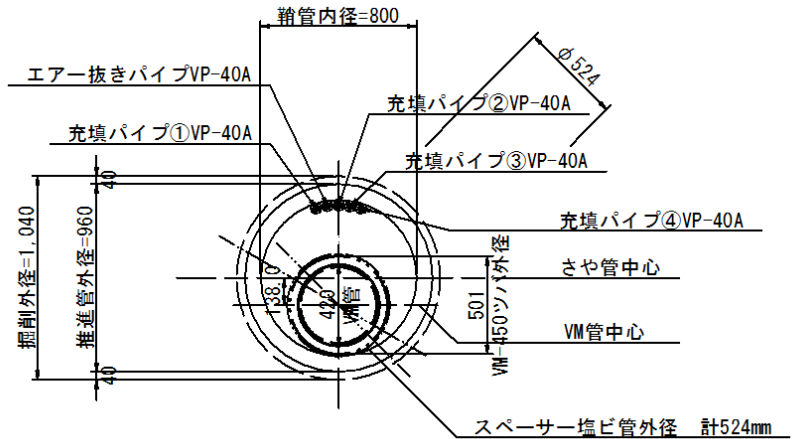


図-1.2.1.1 鞘管方式 採用断面図

(2)HP 管に塩ビ管挿入の工法的な妥当性や施工計画

1)HP 管に塩ビ管挿入の工法的な妥当性

農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（パイプライン編）(案)の適用管種

上記マニュアルにおいて、塩ビ管も適用管種とされている。また、このマニュアルの P4-27 では施工延長を 200m 程度とされているが、本延長は 220m であるため、管体の安全性を下記の 2) で確認している。

鋼製さや管推進工法の内挿管の適用管種

「推進工法設計積算要領 鋼製さや管推進工法編 2022 年改訂版」(公社 日本推進技術協会)に記されているとおり、内挿管に塩ビ管を適用することは一般的とされている。そのため、鞘管が HP 管の場合であっても、鋼管と同様に外圧や推力に耐えうる管級を適用するため、内挿管の塩ビ管の使用に影響はない。

推進区間（武蔵野用水路）の耐震設計

本路線は耐震設計を行わない方針であり、道路管理者からも管種や耐震性の指定をされていないため、経済的な塩ビ管の採用が可能である。

2)施工計画

塩ビ管の挿入力による管体応力の検討

塩ビ管の挿入力による計算は、記載文献が無いことから「ダクティル鉄管によるパイプインパイプ工法の設計と施工」を参考にした。

計算の結果、総推進力に対して塩ビ管の耐力が上回ることから、本延長による塩ビ管の使用は可能である。(以降に計算書を示す)

表 4. 1-2 対策工法別の施設変状や設計・施工条件に対する適用範囲

適用条件		補 修	改 修
		ライニング管（鞘管工法）	自立管（鞘管工法）
R C 管	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
	鉄筋露出、腐食	適用不可	適用可
	管厚の減少	適用不可	適用可
P C 管	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
	鉄筋露出、腐食	適用不可	適用可
	管厚の減少	適用不可	適用可
	カバーコート摩耗・中性化	適用不可	適用可
	P C 鋼線の腐食	適用不可	適用可
	土壌に腐食性物質が存在 （硫化物の含有等）	適用不可	適用可
	地下水に腐食性物質が存在 （浸食性遊離炭酸、各種イオン（塩酸、硝酸、硫酸）の含有）	適用不可	適用可
S P 管・D C I 管	たわみ量	5 %以下	適用可
	内面塗装の損傷・腐食	適用可 （耐荷性に影響しない管厚の減少に限る）	適用可
	外面塗装（塗覆装）の損傷・腐食	適用不可 （塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	発錆・孔食	適用不可 （発錆因子の遮断等の防食対策を別途講じる場合を除く） （孔食部は銅板補強等の対策を別途行う場合を除く）	適用可
	管厚の減少	適用不可 （発生因子の遮断等の防食対策を別途講じる場合を除く）	適用可
	C/S マクロセル腐食の可能性 （メタルタッチ、塗覆装の不良）	適用不可 （塗覆装の修繕やメタルタッチの遮断等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	通気差マクロセル腐食の可能性 （塗覆装の不良、土壌性質の変化点等）	適用不可 （塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	異種金属接触腐食の可能性 （塗覆装の不良、絶縁されていない鋼製管同士の接続）	適用不可 （塗覆装の修繕や絶縁対策等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	電食の可能性 （電鉄の速走電流、塗覆装の不良）	適用不可 （塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
F R P M 管	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
	たわみ量	5 %以下	適用可
P V C 管	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
	たわみ量	5 %以下	適用可

※既設管としての P E 管はφ300 以下の小口径で使用されているため上表に記載していないが、鞘管工法の適用を制限するものではない。P E 管（既設管）に適用する場合は P V C 管を参照してよい。

上記-「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（パイプライン編）（案）」P4-3 より抜粋

ラチ・スパーサーの使用による滑から挿入と塩ビ管の保護

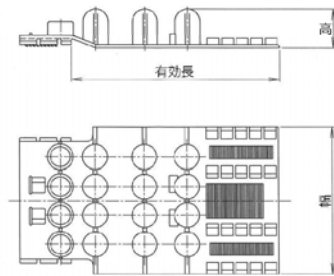
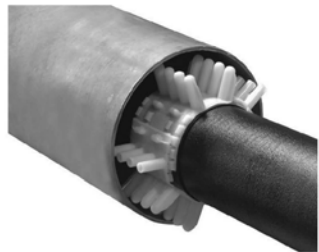
ラチ・スパーサーは挿入管保護用スパーサーである。このラチ・スパーサーを使用することで、挿入する塩ビ管を傷つけず、かつ滑らかに挿入でき、塩ビ管と鞘管との間に隙間を保つことが可能となるため、延長の長い鞘管内への挿入にも有効な資材である。

ラチ・スパーサー
プラスチック製

ラチ・スパーサーは挿入管保護用スパーサーです。管の布設工事も多様複雑化し道路、住宅密集地域、交差点、河川、軌条部等での下部横断においては、さや管を圧入後、パイプを挿入したり、また管更生のための従来管へのいわゆるパイプ・イン・パイプ工事において、挿入する新管を傷つけず、かつ滑らかに挿入しなければなりません。そのためには挿入管とさや管との間に隙間を保つスパーサーが必要です。ラチ・スパーサーは、このような問題を解決するためにイタリアのラチ社で開発されました。

特長

- すべてプラスチック製です。
- 摩擦抵抗が小さく管挿入作業が滑らかに、スピーディーにできます。
- 組立て、締め付けが容易で、ボルトは不要です。
- 腐食に対して半永久的に使用できます。
- 電氣的に絶縁を確実にします。



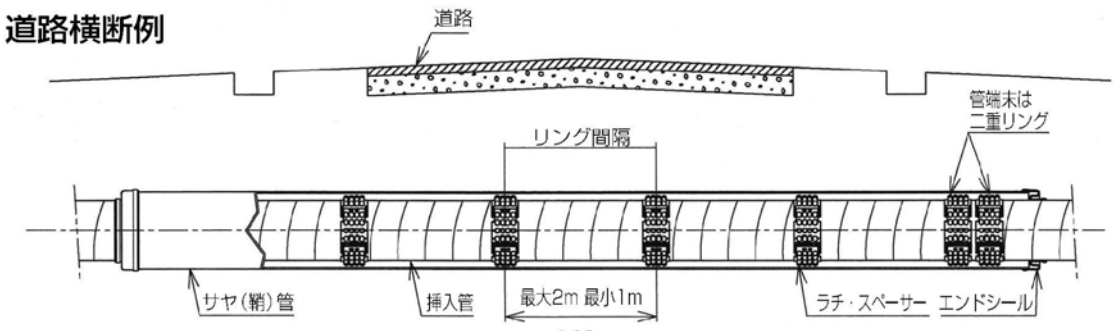
タイプ	有効長×幅×高	価格(円)
C	180~250× 63× 15	700
D	240~310× 63× 15	700
I	130~160× 63× 15	700
S	94~110× 85× 20	700
T	119~135× 85× 20	700
F25	197~237×130× 25	1,140
F41	197~237×130× 41	1,290
F60	197~237×130× 60	1,360
G25	91~129×130× 25	1,060
G41	91~129×130× 41	1,140
G60	91~129×130× 60	1,200
M36	265~320×180× 36	3,230
M50	265~320×180× 50	3,470
M75	265~320×180× 75	3,780
M90	265~320×180× 90	4,170
N36	185~240×180× 36	2,710
N50	185~240×180× 50	2,830
N75	185~240×180× 75	3,040
N90	185~240×180× 90	3,170
E25	280~335×225× 25	3,780
E41	280~335×225× 41	4,240
E60	280~335×225× 60	4,750
E90	280~335×225× 90	5,960
E130	280~335×225× 130	7,400
H25	130~185×225× 25	2,950
H41	130~185×225× 41	3,420
H60	130~185×225× 60	3,710
H90	130~185×225× 90	4,440
H130	130~185×225× 130	5,630

■ラチ・スパーサー用ゴムシート

呼び径	価格(円)	寸法(mm)
50	300	85× 180× t2
65 ~ 80	450	85× 230× t2
100 ~ 125	590	85× 350× t2
150 ~ 175	1,050	130× 500× t2
200 ~ 250	1,490	130× 670× t2
300 ~ 400	1,940	130× 980× t2
450 ~ 500	2,960	130× 1410× t2
550 ~ 700	7,400	180× 1730× t2
800 ~ 1100	10,520	180× 2530× t2
1200 ~ 1500	16,280	180× 3800× t2

※管には必ずゴムシートを巻き、ラチ・スパーサーを締め付けてご使用ください。

道路横断例



上記-メーカーカタログより抜粋

1. 挿入力の算出方法

挿入力の算出方法は、JDP A T 36 「ダクティル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法設計と施工」により、算出する。（＝詳細な記載文献が無いことから準用）

以下に、抜粋を添付する。
基本的に塩ビ管もこの考えを踏襲して照査を行う。

日本ダクティル鉄管協会技術資料

ダクティル鉄管による
パイプ・イン・パイプ工法
設計と施工

JDP A T 36

JDP A

一般社団法人
日本ダクティル鉄管協会

上記-「ダクティル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の設計と施工 JDP A T36
日本ダクティル鉄管協会」より抜粋

5. 4 挿入力の算出

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

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

- ここに、
- f_0

f_j

j

e

μ

S'_f

θ_j

W_j

F_j

: 初期抵抗 (通常は 0 とする) (kN)

: 到達側から j 番目のさや管の継手部での挿入力 (kN)

: さや管の本数 (到達側より $j=1, 2, \dots, s$)

: 自然対数の底 (=2.718...)

: 摩擦係数 (さや管の種類により異なる。安全率 2 を含む)

: 段差などを考慮した安全率 (表15参照、P.25)

: 調査結果によるさや管の屈曲角 (°)

: 到達側から j 番目のさや管内にある新管の重量 (kN)

: 到達側から j 番目までのさや管の継手部における設計挿入力 (kN)

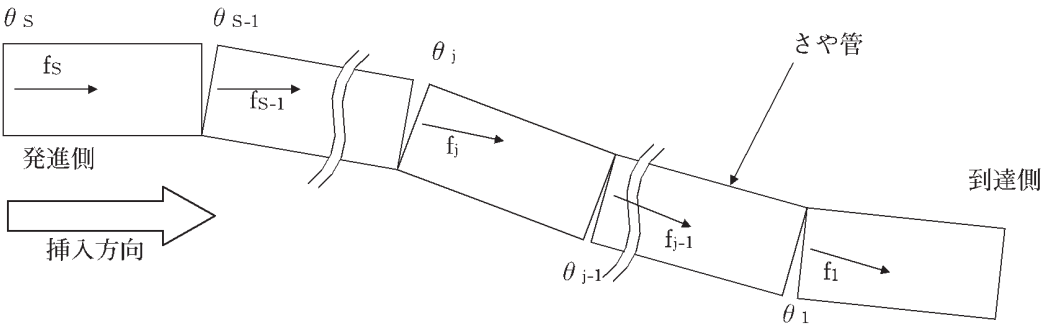


図24 挿入力算出のモデル

表 15 摩擦係数と安全率

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

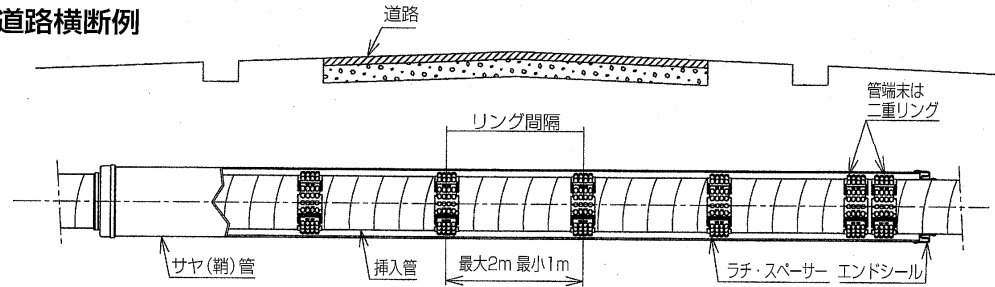
※表中の値は規格JDP A G 1046 附属書C (参考) に示されているキャストバンドを使用する場合。
キャストバンドタイプとその他のタイプ (溶接リングタイプなど) を併用する場合、摩擦係数は小さい値を採用する。

上記-「ダクティル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の設計と施工 JDP A T36
日本ダクティル鉄管協会」P24より抜粋

ここで、挿入管のソケット部保護と、内挿管の挿入力低減で実績(水道関連)のある大成機工の「ラチスパーサー」を使用する。
 この資材は、管の口径、ソケット外径に合わせて材料を選択でき、また突起が全周にあるため、管の曲線区間で内挿管がローリングしてもソケット部の損傷がない。
 また、挿入管を浮かせるため、推進工事の蛇行で出来た継手屈曲点でも管が当たることなく通過が可能である。

下記にラチスパーサーのカタログ抜粋と、推力計算に使う摩擦係数を記した資料を添付する。

道路横断例



ラチ・スパーサー編

問 ラチ・スパーサーとさや管内部との摩擦係数は。

管 種	摩擦係数
コンクリート管	0.5
内面セメントライニング管	0.5
鋼 管	0.4

(注) 内面および継手の状態によって適宜割りましてください。

引込み時の牽引力(押込み力)の計算例

φ800の鋼管をコンクリート管に挿入する場合の牽引力Fは、挿入する鋼管の長さが30mとすると。
 鋼管のmあたりの質量は、141Kgf/m であるから
 $F = 141 \times 30 \times 0.5 = 2115 \text{ Kgf}$
 挿入管がホーバパイプの場合は、単重が96.7Kgf/m ゆえ
 $F = 96.7 \times 30 \times 0.5 = 1450 \text{ Kgf}$

上記-ラチスパーサー メーカーから入手

検討区間は縦断勾配*i*=3.34149%で、屈曲していない線形であるので、式(9)は次式となる。

$$\left. \begin{aligned} f_0 &= 0 \\ f_j &= f_{j-1} + \mu \cdot W \cos \alpha - W \sin \alpha \\ F_i &= f_i \cdot S_f \end{aligned} \right\} (9)'$$

ここに、

α : 管軸と水平面がなす角度(°)
 $\tan \alpha = i$ (=縦断勾配)
 $\alpha = 1.913819^\circ$
 $\sin \alpha = 0.033396$
 $\cos \alpha = 0.999442$

W : 到達側から*j*番目のさや管内の挿入管の重量(鉛直方向)(kN)

$$\begin{aligned} W &= w \times (L / \varnothing) \\ &= 1.33 \times 2.43 / 4.00 \\ &= 0.81 \text{ kN} \end{aligned}$$

w : 挿入管 1本の重量

$$\begin{aligned} w &= 136 \text{ kgf} \\ &\quad (\text{「クボタカタログ」より}) \\ &= 136 \times 9.8 / 1000 \\ &= 1.33 \text{ kN} \end{aligned}$$

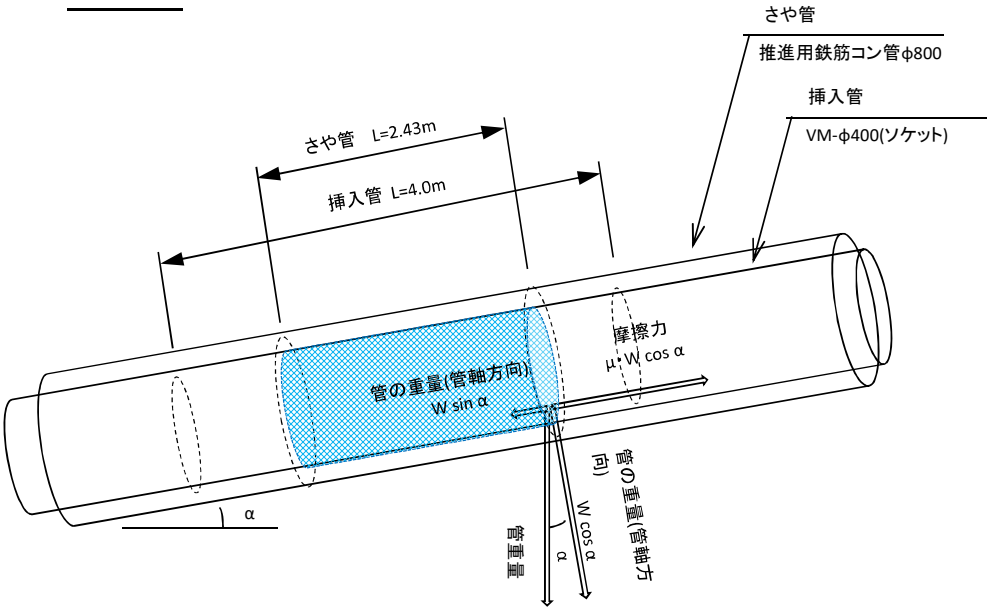
L : さや管の長さ(m)

$$L = 2.43 \text{ m}$$

$\varnothing$: 挿入管の長さ(m)

$$\varnothing = 4.00 \text{ m}$$

模式図



1本毎の挿入力は、次の通りとなる。

1本目挿入時

$$\begin{aligned} f_1 &= f_0 + \mu \cdot W \cos \alpha - W \sin \alpha \\ &= \mu \cdot W \cos \alpha - W \sin \alpha \end{aligned}$$

2本目挿入時

$$\begin{aligned} f_2 &= f_1 + \mu \cdot W \cos \alpha - W \sin \alpha \\ &= 2 \mu \cdot W \cos \alpha - 2 W \sin \alpha \end{aligned}$$

3本目挿入時

$$\begin{aligned} f_3 &= f_2 + \mu \cdot W \cos \alpha - W \sin \alpha \\ &= 3 \mu \cdot W \cos \alpha - 3 W \sin \alpha \end{aligned}$$

同様に、*j*本目挿入時

$$f_j = f_{j-1} + j \cdot \mu \cdot W \cos \alpha - j \cdot W \sin \alpha$$

2. さや管各継手部での挿入力計算結果

j	m	f_{j-1}	μ	w	α	$\mu w \cos \alpha$	$w \sin \alpha$	f_j
		(kN)		(kN)	(°)	(kN)	(kN)	(kN)
1	4.00 m	0	0.5	1.33	1.913819	0.665	0.044	0.621
2	8.00 m	0.621	"	"	"	"	"	1.242
3	12.00 m	1.242	"	"	"	"	"	1.863
4	16.00 m	1.863	"	"	"	"	"	2.484
5	20.00 m	2.484	"	"	"	"	"	3.105
6	24.00 m	3.105	"	"	"	"	"	3.726
7	28.00 m	3.726	"	"	"	"	"	4.347
8	32.00 m	4.347	"	"	"	"	"	4.968
9	36.00 m	4.968	"	"	"	"	"	5.589
10	40.00 m	5.589	"	"	"	"	"	6.210
11	44.00 m	6.210	"	"	"	"	"	6.831
12	48.00 m	6.831	"	"	"	"	"	7.452
13	52.00 m	7.452	"	"	"	"	"	8.073
14	56.00 m	8.073	"	"	"	"	"	8.694
15	60.00 m	8.694	"	"	"	"	"	9.315
16	64.00 m	9.315	"	"	"	"	"	9.936
17	68.00 m	9.936	"	"	"	"	"	10.557
18	72.00 m	10.557	"	"	"	"	"	11.178
19	76.00 m	11.178	"	"	"	"	"	11.799
20	80.00 m	11.799	"	"	"	"	"	12.420
省略								
30	120.00 m	18.009	"	"	"	"	"	18.630
省略								
40	160.00 m	24.219	"	"	"	"	"	24.840
省略								
50	200.00 m	30.429	"	"	"	"	"	31.050
51	204.00 m	31.050	"	"	"	"	"	31.671
52	208.00 m	31.671	"	"	"	"	"	32.292
53	212.00 m	32.292	"	"	"	"	"	32.913
54	216.00 m	32.913	"	"	"	"	"	33.534
55	220.00 m	33.534	"	"	"	"	"	34.155
56	224.00 m	34.155	"	"	"	"	"	34.776
57	228.00 m	34.776	"	"	"	"	"	35.397
58	232.00 m	35.397	"	"	"	"	"	36.018
59	236.00 m	36.018	"	"	"	"	"	36.639

3. 挿入力の検討

挿入力が最大となるのは、発進側から1番目（到達側から56番目）のさや管内にある挿入管である。

$$\begin{aligned} F_{\max} &= F_{56} \\ F_{56} &= f_{56} \cdot S_f \\ &= 34.776 \quad \times \quad 1.0 \\ &= 34.780 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

$$F_{\max} (= 34.78 \text{ kN}) < F_a (= 289 \text{ kN}) \quad \text{OK!}$$

ここに、
Fa: 挿入施工時の許容抵抗力 (kN)
Fa= 289 kN
(標準タイプ、呼び径800、継手の最大屈曲角=0°)

4. 挿入力による管体応力 VM-400
Fa=(3/4*πDm*t*σca) 推進鋼管の管端部耐荷力計算式 WSP-2001 P.38準用
管端部の支圧力(ジャッキ推力)が材料の許容応力内に収まる可否を計算する。
鋼管許容応力を塩ビ管の応力度に置換えて、ジャッキ推力による管耐力の照査をする。

ここに Fa: 許容耐力(kN)
D: 管外径(mm) 420.00 mm
Dm: 管厚中心径(mm) 403.80 mm
t: 管厚(mm) 16.20 mm
σca: 許容圧縮応力度(kN/mm2) 12.50 N/mm2 巴設基準P.312
施工時仮設割り増し1.5倍 18.75 N/mm2
Fa= (3/4*π*403.80*16.20*18.75)/1000
= 289 kN

従って推進力関係をまとめると以下の通り

総推進力(抵抗力)	35 kN	推進力計算
ジャッキ推力	300 kN	
推進管体の耐力	289 kN	

現在のt=16.20mmで対応可能。

$$\text{総推進力(抵抗力)} \quad 35 \text{ kN} < \text{管体耐力} \quad 289 \text{ kN} \quad \text{---- ok}$$

管耐力とジャッキ推力の小なる数値で比較する。
(管耐力を超過するジャッキ推力を与えると、管端部が座屈する)

4. 滑動に対する検討

到達側からj番目のさや管内の挿入管に対する滑動を検討する。

管軸挿入方向に作用する滑動力

$$\begin{aligned}\Sigma H &= W \sin \alpha \\ &= 0.81 \quad \times \quad 0.033396 \\ &= 0.030 \quad \text{kN}\end{aligned}$$

管軸挿入方向に作用する摩擦力

$$\begin{aligned}\mu \Sigma V &= \mu W \cos \alpha \\ &= 0.50 \quad \times \quad 0.81 \quad \times \quad 0.999442 \\ &= 0.400 \quad \text{kN}\end{aligned}$$

滑動に対する安全率

$$F_s = \frac{\mu \Sigma V}{\Sigma H} > F_a$$

ここに、

W : 到達側からj番目のさや管内の挿入管の重量(鉛直方向)(kN)

$$\begin{aligned}W &= w \times (L / \ell) \\ &= 1.33 \quad \times \quad 2.43 \quad / \quad 4.00 \\ &= 0.81 \quad \text{kN}\end{aligned}$$

w : 挿入管 1本の重量

$$\begin{aligned}w &= 136 \quad \text{kgf} \\ &\quad (\text{「クボタカタログ」より}) \\ &= 136 \quad \times \quad 9.8 \quad / 1000 \\ &= 1.33 \quad \text{kN}\end{aligned}$$

L : さや管の長さ(m)

$$L = 2.43 \quad \text{m}$$

ℓ : 挿入管の長さ(m)

$$\ell = 4.00 \quad \text{m}$$

W sin α : 到達側からj番目のさや管内の挿入管の重量(管軸方向)

W cos α : 到達側からj番目のさや管内の挿入管の重量(管軸直角方向)

α : 管軸と水平面がなす角度(°)

$$\tan \alpha = i \quad (= \text{縦断勾配})$$

$$\alpha = 1.913819 \quad ^\circ$$

$$\sin \alpha = 0.033396$$

$$\cos \alpha = 0.999442$$

μ : 摩擦係数

$$\mu = 0.5 \quad (\text{コンクリート管の場合})$$

F_s : 滑動に対する安全率

F_a : 滑動に対して必要安全率 常時=1.50

$$F_s = \frac{\mu \Sigma V}{\Sigma H} = \frac{0.400}{0.030} = 13.33 > F_a (=1.50)$$

よって、滑動安全率が1.0以上のため、内挿管が自重で滑動しない。

1.2.2 推進工上下流の管種

推進工上下流の配管については、推進区間の管心高と開削区間との接続となるため、45°相当の斜め配管となる。

本現場は砂礫層(D_g)の地盤で不同沈下など配管に与える影響は低いと考えるが、斜め配管で急勾配であることや不測の事態を考慮し、塩ビ管ラインで使用する離脱防止機構内蔵継手の異形管(下記参照)を用いて、上下流ともに武蔵野用水路と同一管種(塩ビ管)を採用とする。

農業用硬質ポリ塩化ビニル管継手

FRP製異形管 **エスロン** FT-N形継手

受注生産品

適用	継手	
内水生 高	塩ビ製継手	FT形継手 ポリエステル樹脂とガラス繊維で成形した継手。高い信頼性を必要とする農業用水管路のなかで塩ビ管路用継手として優れた性能を発揮します。
	FRP製異形管	FT-N形継手 FT形継手に抜け止めリングを内蔵した離脱防止継手。接合するだけで止水効果と離脱防止効果を得ることができ、配管工事のスピードアップと材料費・施設費のコストダウンが図れます。
	鋳鉄製異形管	
	鋼製異形管	

■ 特 長

1. 耐内圧、耐外圧性ともに優れており、管路の安全性が保たれます。
2. 管の偏平、曲げに対して十分な止水性能を有し、漏水の心配はありません。
3. 内面は滑らかで、塩ビ管と同等の水理性を有します。
4. 軽量なため、運搬・配管などが容易に行えます。
5. 強化プラスチック材料のため、腐食の心配がありません。
6. 工事費、維持管理費、耐久性ともに優れ、経済的です。

■ FT-N形継手(離脱防止機構内蔵継手)

共通寸法

受口部

● 抜け止め付き

● 抜け止め無し

※FT形継手「共通寸法」(P.33)のゴム輪受口を参照してください。

注 1. []内寸法は兼管・片落ち管・受付け短管の受口に使用します。
2. 一体化長さの確認を行ってからお使いください。

抜け止めリング

フランジ部

上記・農業用塩ビ管メーカーカタログより抜粋

内挿管・斜め配管・一般部 VM φ450（採用）

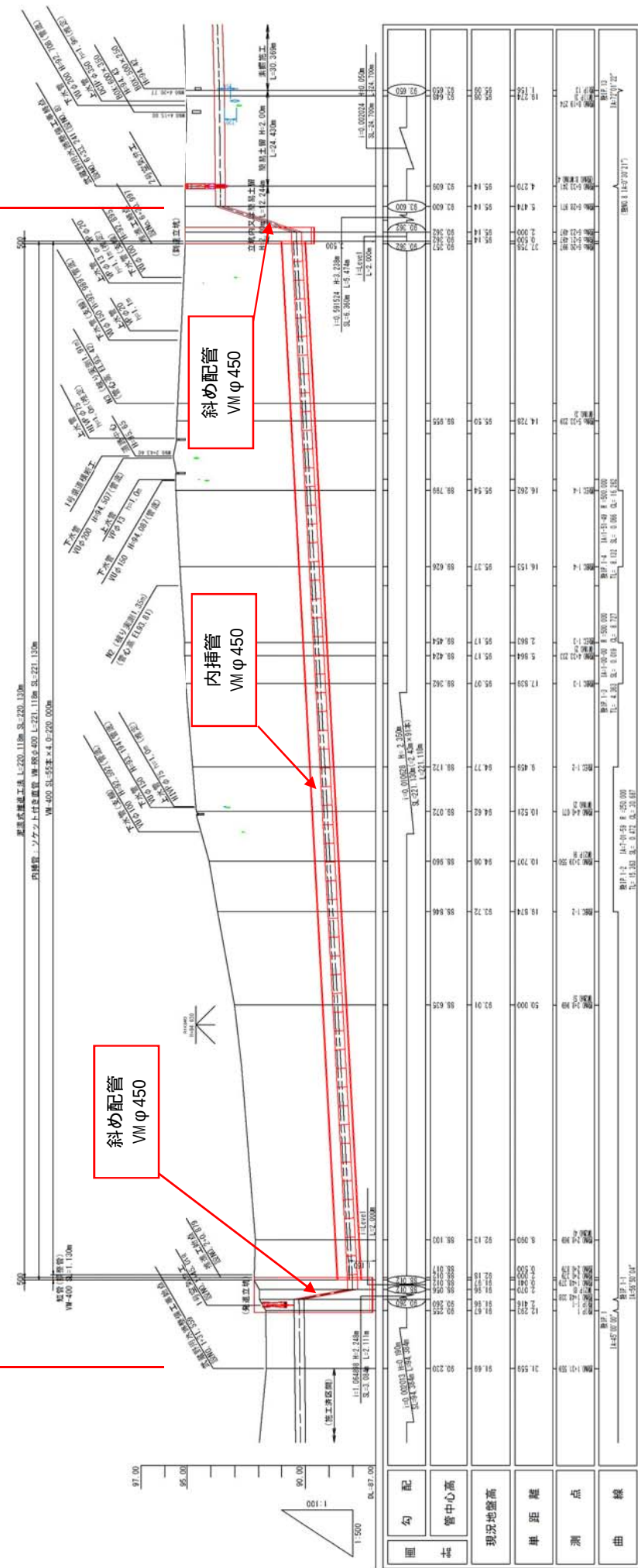


図-1.2.1.2 内挿管及び上下流配管縦断面図

1.3 施工計画及び仮設計画

1.3.1 施工方法の検討

(1)工事車両

本工事で使用する主要な工事車両を下表に示す。

表-1.3.1.1 主な工事車両一覧表		
項目	規格	備考
ラフテレーンクレーン	油圧伸縮ジブ型 25 t 吊 ~ 16 t 吊	採用工法により異なる
ラフテレーンクレーン	油圧伸縮ジブ型 4.9 t 吊	
10tトラック		
4tトラック		
汚泥吸引車	8t	
クレーン付きトラック	2.9t 吊	
油圧クラムシェル	テレスコピック式 平積 0.4m3	
バックホウ(クレーン機能付き)	山積 0.45m3、2.9t 吊	
ダンプトラック	10t 積	

(2)推進工の施工方法

推進工は「1.1 設計路線の推進工計画」の項で検討したとおり、大中口径管推進工法（推進工法用鉄筋コンクリート管 φ800）の泥濃式にて施工を行う。

発進立坑は必要な仮設ヤードの確保が可能な上流側に配置し、到達立坑は下流側に配置する。立坑の規模は「1.3.3 立坑の設計」の項に示す。

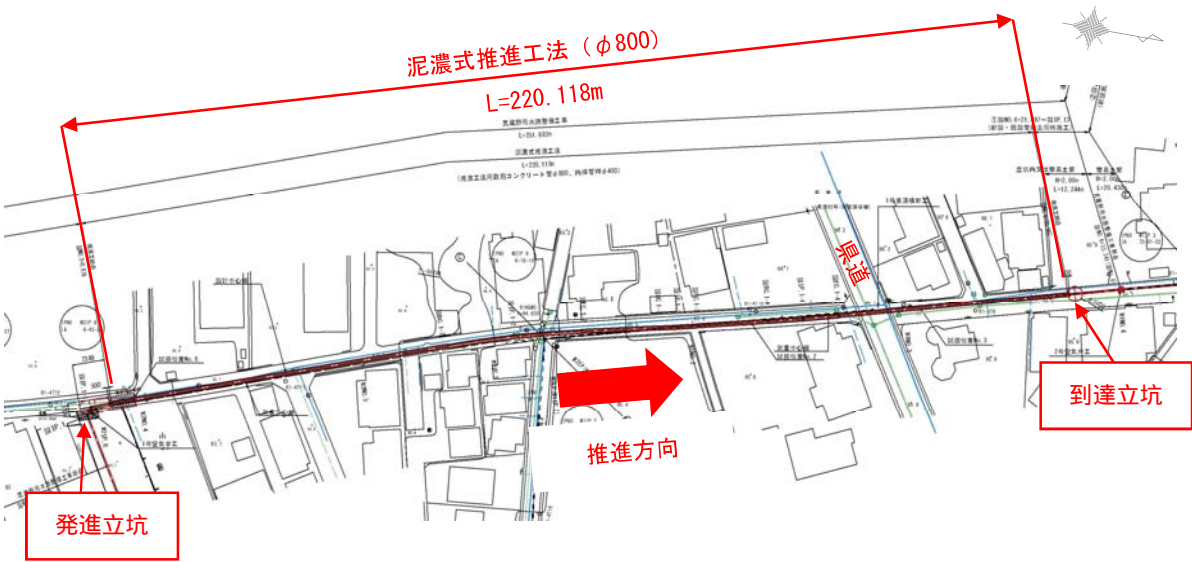


図-1.3.1.1 平面図

(3)内挿管の施工方法

1)標準断面の決定根拠

内挿管は塩ビ管 VMφ400 を使用し、決定した標準断面は以下のとおりである。

なお、塩ビ管の採用については「1.2.1 鞘管方式の採用」の項を参照。

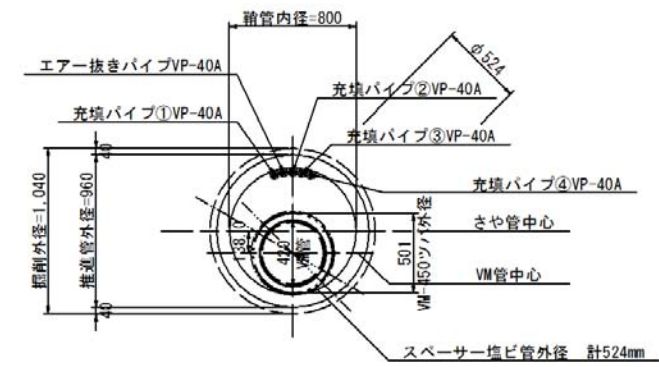


図-1.3.1.2 VM 管挿入時 標準断面図

2)内挿管 VMφ400 の保護

塩ビ管である VM 管をそのまま、鞘管である鉄筋コンクリート管内に挿入すると、ソケット部が摩耗してしまうため、対策を講じる必要がある。

VMφ400 の場合のソケット外径(ツバ最大外径)は、規格により 501mmとなっている。このソケット外径を保護するためには別途、装置・器具が必要となる。

しかしながら、この対応する装置・器具はほとんどないことから、今回は水道資材の中で「ラチ・スペーサー」を提案する。

このラチスペーサーを使った場合の規格を下記に示す。

VM 管 400 の直管部分の外径 420mm

ゴムシート 2mm (ラチ・スペーサーの仕様)

ラチスペーサーの必須高さ

$(501\text{mm} - \text{管外径 } 420\text{mm} - \text{ゴム } 2\text{mm} \times 2) \div 2 = 38.5\text{mm}$

従って 38.5mm以上のスペーサーを選定する。

3)スペーサー資材の決定

先述の計算により 38.5mm以上の資材を選定する。

桁高 41mmの場合のラチ・スペーサー外径は

$(\text{管外径 } 420\text{mm} + \text{ゴム } 2\text{mm} \times 2 + \text{スペーサー } 41\text{mm} \times 2) = 506\text{mm} < 501\text{mm}$

上記の場合スペーサーの摩耗、曲線部の管蛇行の場合に余裕がない。

従って、口径差が少ないので、

スペーサーは一つ上位の 50mmとなるように計画する。

$(\text{管外径 } 420\text{mm} + \text{ゴム } 2\text{mm} \times 2 + \text{スペーサー } 50\text{mm} \times 2) = 524\text{mm} > 501\text{mm}$

資材の周長は、 $L = (\text{管外径 } 420\text{mm} + \text{ゴム } 2\text{mm} \times 2) \times \pi = 1332\text{mm}$

スペーサー4 枚の場合 333mm : 該当なし

スペーサー5 枚の場合 266.4mm タイプ M50 (265 ~ 320mm対応)

スペーサー6 枚の場合 222mm : 該当なし

従って、M50 タイプを選定する。

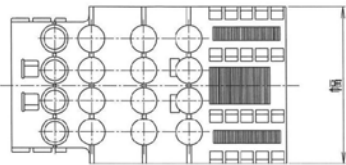
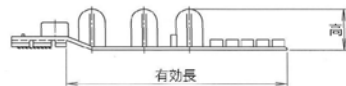
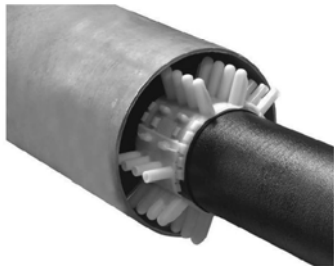
次頁にメーカーカタログを示す。

ラチ・スペーサー プラスチック製

ラチ・スペーサーは挿入管保護用スペーサーです。管の布設工事も多様複雑化し道路、住宅密集地域、交差点、河川、軌条部等での下部横断においては、さや管を圧入後、パイプを挿入したり、また管更生のための従来管へのいわゆるパイプ・イン・パイプ工事において、挿入する新管を傷つせず、かつ滑らかに挿入しなければなりません。そのためには挿入管とさや管との間に隙間を保つスペーサーが必要です。ラチ・スペーサーは、このような問題を解決するためにイタリアのラチ社で開発されました。

特長

- すべてプラスチック製です。
- 摩擦抵抗が小さく管挿入作業が滑らかに、スピーディーにできます。
- 組立て、締め付けが容易で、ボルトは不要です。
- 腐食に対して半永久的に使用できます。
- 電氣的に絶縁を確実にします。



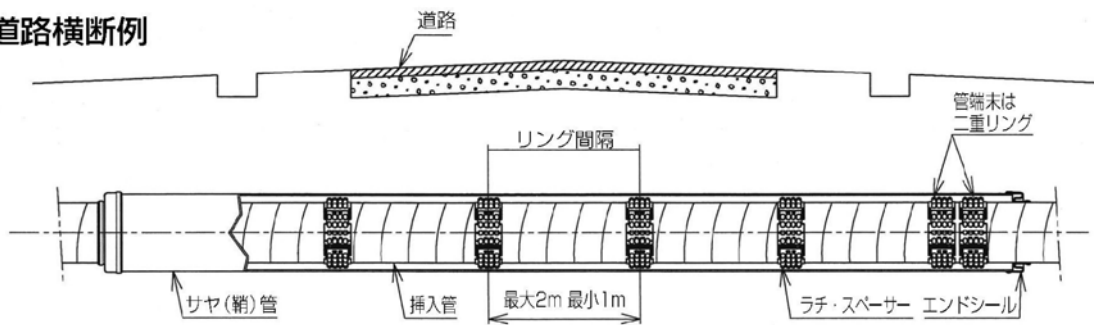
タイプ	有効長×幅×高	価格(円)
C	180~250× 63× 15	700
D	240~310× 63× 15	700
I	130~160× 63× 15	700
S	94~110× 85× 20	700
T	119~135× 85× 20	700
F25	197~237×130× 25	1,140
F41	197~237×130× 41	1,290
F60	197~237×130× 60	1,360
G25	91~129×130× 25	1,060
G41	91~129×130× 41	1,140
G60	91~129×130× 60	1,200
M36	265~320×180× 36	3,230
M50	265~320×180× 50	3,470
M75	265~320×180× 75	3,780
M90	265~320×180× 90	4,170
N36	185~240×180× 36	2,710
N50	185~240×180× 50	2,830
N75	185~240×180× 75	3,040
N90	185~240×180× 90	3,170
E25	280~335×225× 25	3,780
E41	280~335×225× 41	4,240
E60	280~335×225× 60	4,750
E90	280~335×225× 90	5,960
E130	280~335×225× 130	7,400
H25	130~185×225× 25	2,950
H41	130~185×225× 41	3,420
H60	130~185×225× 60	3,710
H90	130~185×225× 90	4,440
H130	130~185×225× 130	5,630

■ラチ・スペーサー用ゴムシート

呼び径	価格(円)	寸法(mm)
50	300	85× 180× t2
65 ~ 80	450	85× 230× t2
100 ~ 125	590	85× 350× t2
150 ~ 175	1,050	130× 500× t2
200 ~ 250	1,490	130× 670× t2
300 ~ 400	1,940	130× 980× t2
450 ~ 500	2,960	130× 1410× t2
550 ~ 700	7,400	180× 1730× t2
800 ~ 1100	10,520	180× 2530× t2
1200 ~ 1500	16,280	180× 3800× t2

※管には必ずゴムシートを巻き、ラチ・スペーサーを締め付けてご使用ください。

道路横断例



上記-メーカーカタログより抜粋

4)内挿管の挿入方法

パイプインパイプには、各種の管種が存在するが、小口径での内挿管方法を示した資料は、少ない。

従って、本設計では「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル(パイプライン編)(案)」と「ダクティル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の設計と施工 J DPA T36 日本ダクティル鉄管協会」を参考にする。

a)パイプインパイプ工法（鞘管工法）概要

パイプインパイプ工法（鞘管工法）の概要を下記に示す。

本設計では、図 4.1-2 の方法で発進立坑より内挿管を挿入する。

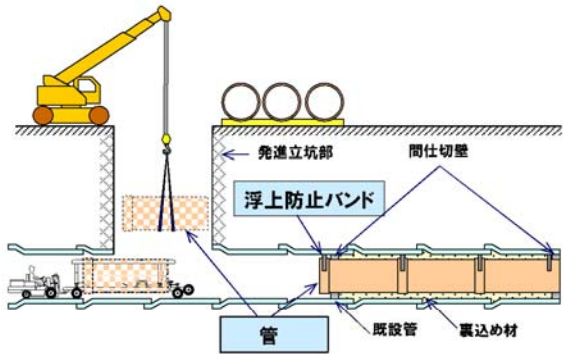


図 4.1-1 鞘管工法施工概要図（搬入・接合）（FRPM管、DCI 管例）

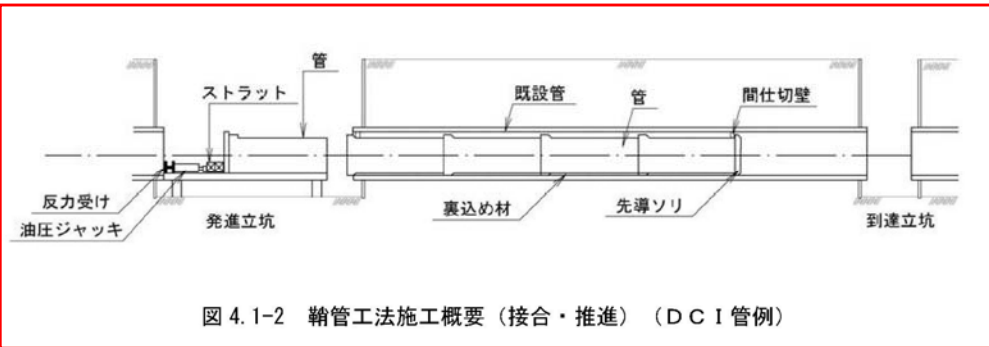


図 4.1-2 鞘管工法施工概要（接合・推進）（DCI 管例）

(本設計で適用)

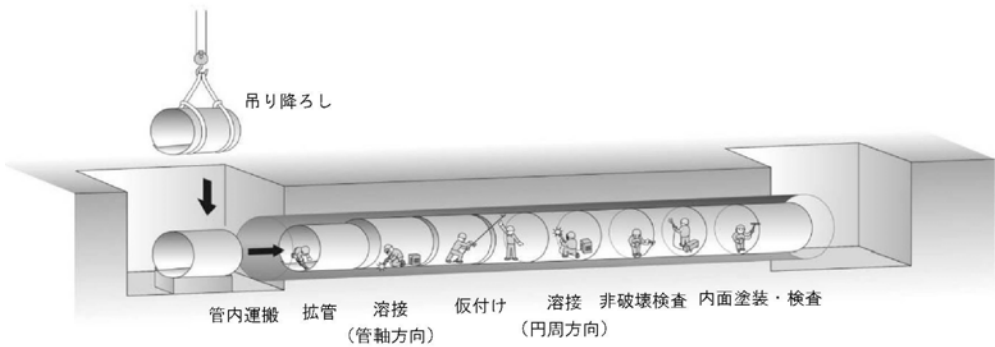


図 4.1-3 鞘管工法施工概要（巻き込み・溶接）（鋼管例）

上記-「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル(パイプライン編)(案)」P4-4 より抜粋

b)管内調査

今回の内挿管の挿入は、推進工の後に連続して行うため、施工時の蛇行管理を使用すればカメラ調査までは必要はない。参考として鞘管工法の事前調査を「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（パイプライン編）(案)」より抜粋を示す。

(2) 施工前管路内調査工

施工に先立ち既設管内のTVカメラ調査、又は目視調査を行い、施工に支障のある障害物の有無を確認し、事前処理工の必要がある場合には処理方法の検討を行う。

【実施内容及び留意点】

- ① 分岐・空気弁等の位置の計測
管路端部（管口等）から分岐・空気弁等までの距離を実測し、既設管への接続角度を記録する。
- ② 段差、隙間、管ズレ、屈曲等の確認
施工適用範囲内であることを確認する。適用範囲外である場合は、施工方法を検討する。
- ③ 事前処理工の検討
事前処理を行う必要のある、モルタルや錆こぶ等の堆積物、鉄筋の突出、浸入水等の有無を確認し、それらが認められた場合は、事前処理方法等の検討を行う。

(3) 事前処理工

施工前管路内調査の結果に基づき、必要に応じて事前処理工を行う。
施工に支障を来す要因の内容に基づいて処理方法を決定し、作業を行う。

【実施内容及び留意点】

- ① 堆積物の除去（口径 800mm 未満の場合）
管路内の堆積物は、高圧洗浄水や管内ロボットを用いて完全に除去する。
- ② 管路内に人が入っての事前処理作業（口径 800mm 以上の場合）
管路内に人が入って堆積物除去等の作業が可能な場合は、流水の水量、流速等に十分注意して行う。また、使用する機器は感電のおそれのない圧縮空気や高圧水を用いたものとする。
- ③ 浸入水の仮止水
更生材の性能に支障を来すような浸入水がある場合は、仮止水を行う。
仮止水の方法については、パッカー注入、部分補修等による止水の方法を検討し、当該現場に最も適した方法で行う。

(4) 施工前管路内洗浄工

鞘管工法の直前に既設管内の洗浄を十分に行い、出来形に悪影響を及ぼす可能性のある土砂、小石、管壁破損片等を完全に除去する。

洗浄後にTVカメラ又は目視にて、既設管内が十分に洗浄されているかどうかの確認を行い、既設管内に施工に支障を来しそうな異物が残留している場合は、再度管路内洗浄を行う。

管路内に人が入って作業をする場合は、酸素濃度、硫化水素濃度等、安全面に十分注意して作業を行う。

上記-「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（パイプライン編）(案)」P4-28、29 より抜粋

c)立坑設備

立坑規模を「ダクトイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の設計と施工 J DPA T36 日本ダクトイル鉄管協会」を参考に確認した。

確認の結果、立坑規模の長さは反力受の必要が無いセンターホールジャッキ方式を採用し、下記のとおり寸法を満足する。

発進立坑の長さ（L）

- (a) 新管最大延長 4.258m
 - (b) 油圧ジャッキ 0.44m（センターホールジャッキ）
 - (c) 反力受け -（不要）
 - (d) 鞘管突出延長 0.5m（推進管の管割から）
 - (e) 接合余裕 0.5m（接合が容易なことから）
- 合計 = 5.698m < 7.439m（発進立坑長さ） ---ok

発進立坑の幅（B）

$B = 0.40 + 1.5 = 1.9m$ 3.20m（発進立坑幅） ---ok

(2) 立坑の形状・寸法

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

の長さが図60のL寸法以上となるときはその長さで決定される。一方、到達立坑の大きさは連絡配管ができる大きさがあればよいことになる。

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

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

$B = \text{呼び径} + 1.5m$

(例) 呼び径700の場合

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

発進立坑の幅 $B = 0.7 + 1.5 = 2.2m$

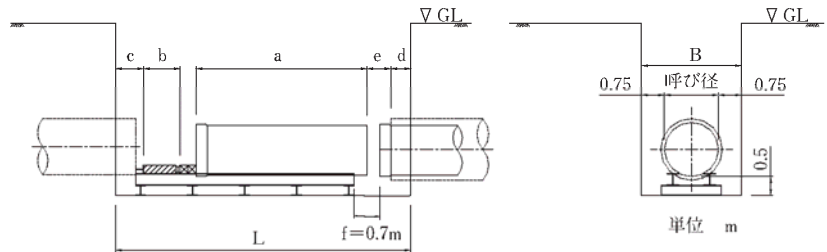


図60 発進立坑の形状・寸法

上記-「ダクトイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の設計と施工 J DPA T36 日本ダクトイル鉄管協会」P48、P49 より抜粋

次頁に本設計の発進立坑構造図を示す。

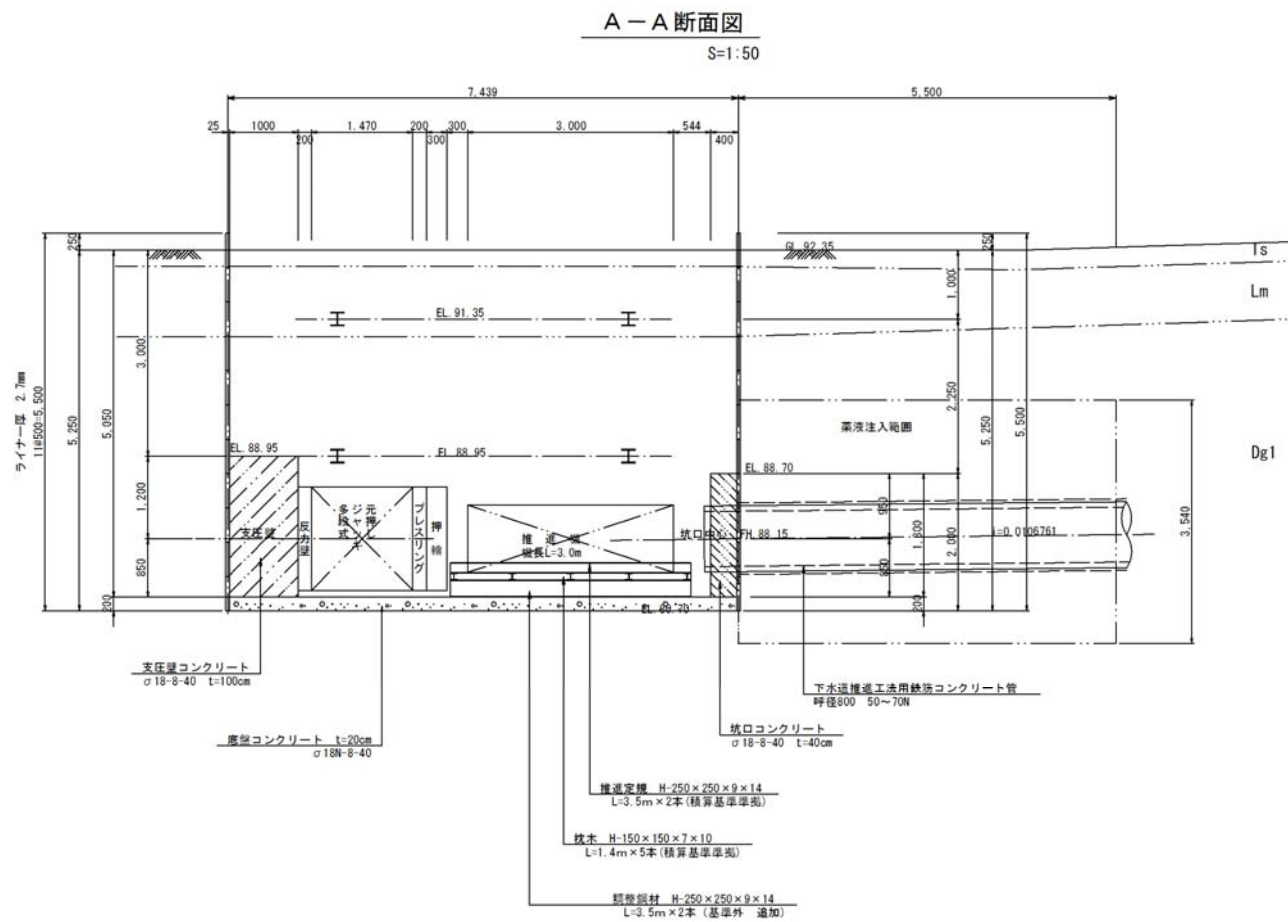
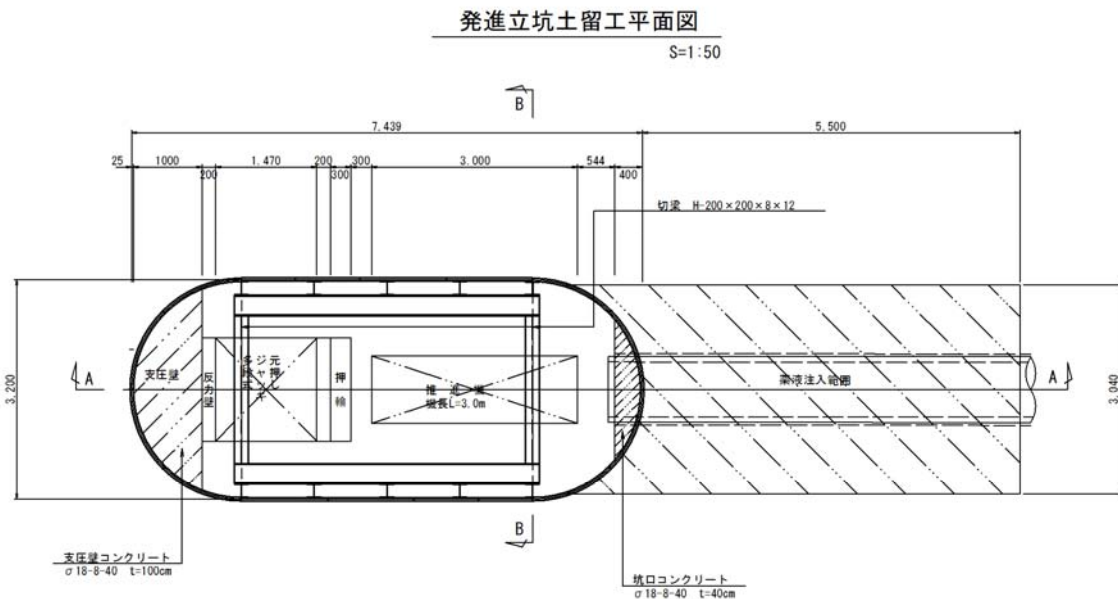


図-1.3.1.3 発進立坑構造図

d)管内充填工

1)注入方法

内挿管背面の充填方法は外面注入と内面注入の2つの方法が存在する。

本設計では、内挿管がφ400で人の進入が不可であることから、外面注入を採用とする。

注入の順序は空気溜まりの排除を考慮し、発進立坑から150m区間を手前から3回に分けて注入し、残りの71mは到達立坑より注入を行う。また、プラントは注入量(V=80m³)より車上プラントとする(図-1.3.1.4参照)。

なお、注入の管理は発進立坑からの注入は注入量により行い、到達立坑からの注入はエア抜きパイプからの充填材の溢水により終了とする。

下記に充填工の概要を示す。

(6) 充填材注入工

充填材注入工については、充填材の性状確認、注入圧力、注入量等について管理を行う。

充填材の注入方法については、管内面にグラウト孔を設置(開口)して注入を行う内面注入と既設管と内挿管の間に注入用の配管(塩ビ管口径50mm等)を設置して充填を行う外面注入の2つがある。注入方法の選定は注入量や注入延長、注入プラントの設置条件を考慮して行う必要がある。

【実施内容及び留意点】

① 充填材注入施工条件

外気温等が規定の範囲内であることを確認する。

② 充填材性状の管理方法

充填材の配合比、フロー値や圧縮強度試験値等が規定内であることを確認する。

③ 注入圧力の管理方法

注入圧力は圧力計を用いて随時測定し、記録する。

④ 注入量の管理方法

実際の注入量を計画注入量と対比し、大きな差異がないことを確認する。

充填材が管口の空気抜き等から溢流することを確認する。

⑤ 充填確認パイプの設置間隔

内面注入におけるグラウト孔(注入と空気抜き兼用)の設置間隔は鋼管では20m程度、ダクタイル鋳鉄管・強化プラスチック複合管では、打設1スパン当たり3か所の設置を標準としているが、打設量や配管線形等から個別に検討が必要である。

外面注入では、端部までモルタルが充填できるよう、内挿管路の線形を考慮して注入用配管の配置・本数を検討する。

充填材注入工では、充填中に生じる空気溜まりにより内挿管が破裂するおそれがあることから、空気が確実に排除できるよう空気抜きを配置する。

また、充填材注入時に内挿管が浮上する場合は適切な対応を検討する。

上記-「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル(パイプライン編)(案)」P4-30より抜粋

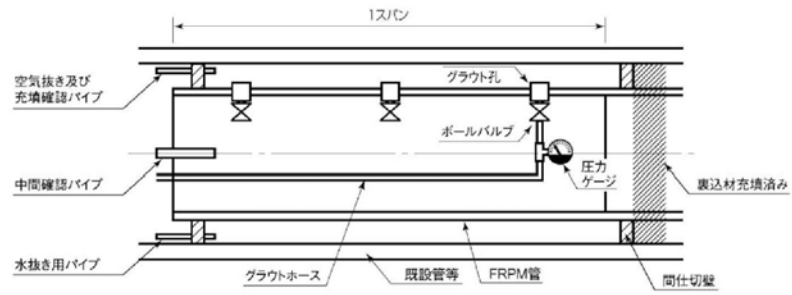


図 4.5.2-3 充填材注入工（内面注入の場合・FRPM管）

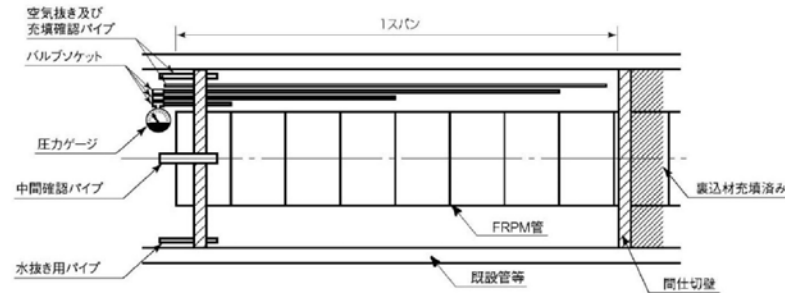


図 4.5.2-4 充填材注入工（外面注入の場合・FRPM管）

上記-「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（パイプライン編）(案)」P4-31 より抜粋

0)注入材

注入材は、エアモルタルとエアミクルが考えられるが、本設計では注入の最長距離を 150m と設定しているため、施工可能なエアミルクを採用とする。

項 目	非可塑性注入材 (エアモルタル エアミルク)	可塑性注入材
材 料	モルタル又はセメントミルクに 30～70%のエアを混入したもの。	セメント系固化剤に可塑剤を混入したもの。エアを混入するタイプと混入しないタイプがある。
硬化時間	数時間	1 時間程度から数時間
材料の分離	水があると分離しやすい。	水中であつても分離しない。
流動性	流動性は良好である（特にエアミルク）。反面、ライニングの継目等からリークしやすい。	地山の亀裂やライニングの継目等の微小な空隙にはリークしにくい。長距離圧送が可能なタイプもある。
注入区間端部の処理	注入区間の端部にリーク防止の為のストッパーが必要。	加圧しなければ流動性がないので限定注入が可能。したがって、ストッパーは不要。
材料費単価	安い	高い(特許が設定されている工法がある)

上記-設計基準「水路トンネル」P273 より抜粋

次頁に充填工計画図を示す。

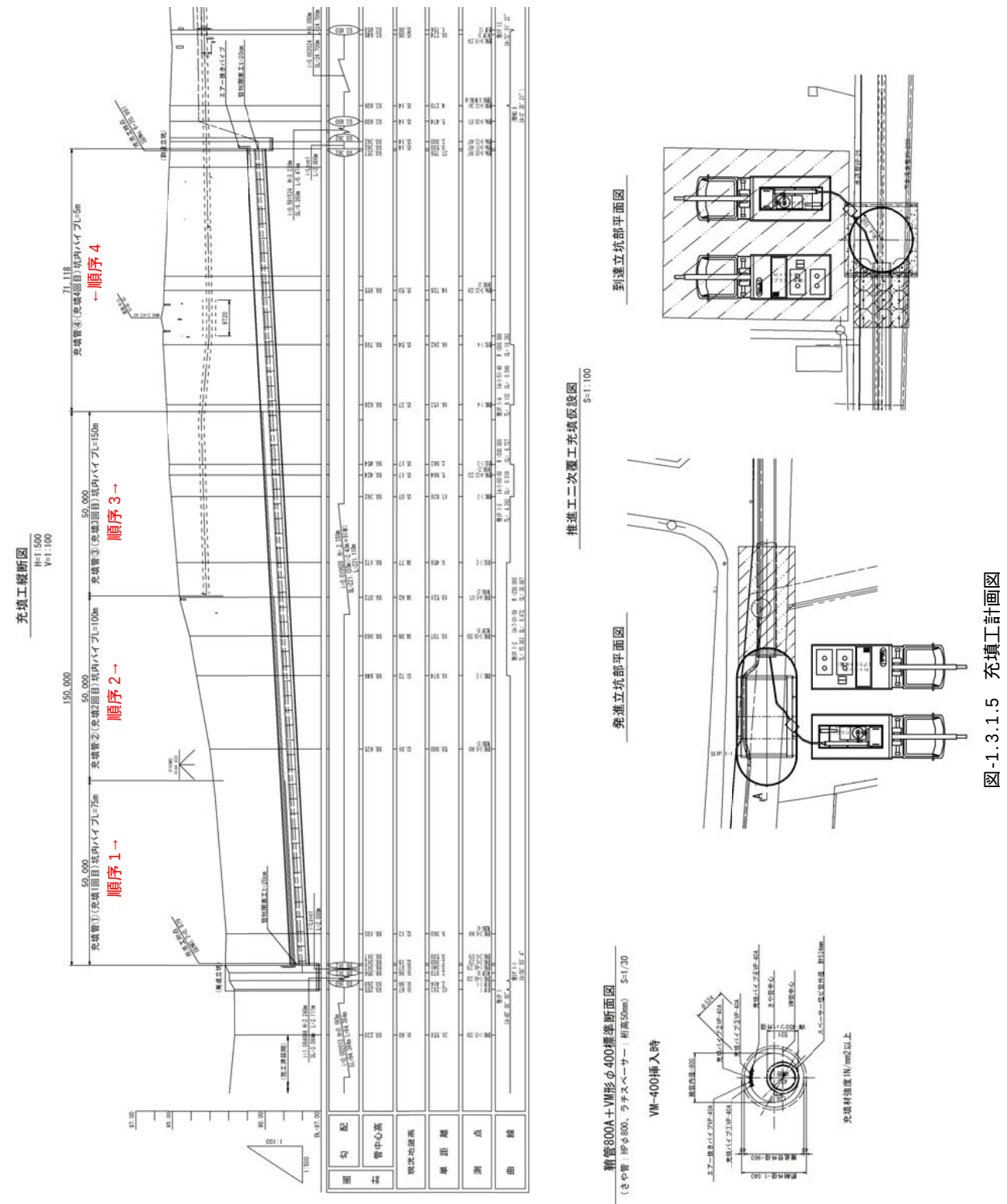


図-1.3.1.5 充填工計画図

1.3.2 仮設計画

(1) 仮設ヤード

仮設ヤードは、前項の「1.1.3 推進工区間の線形計画」で述べたとおり、借地可能な下記の位置とする。

発進側

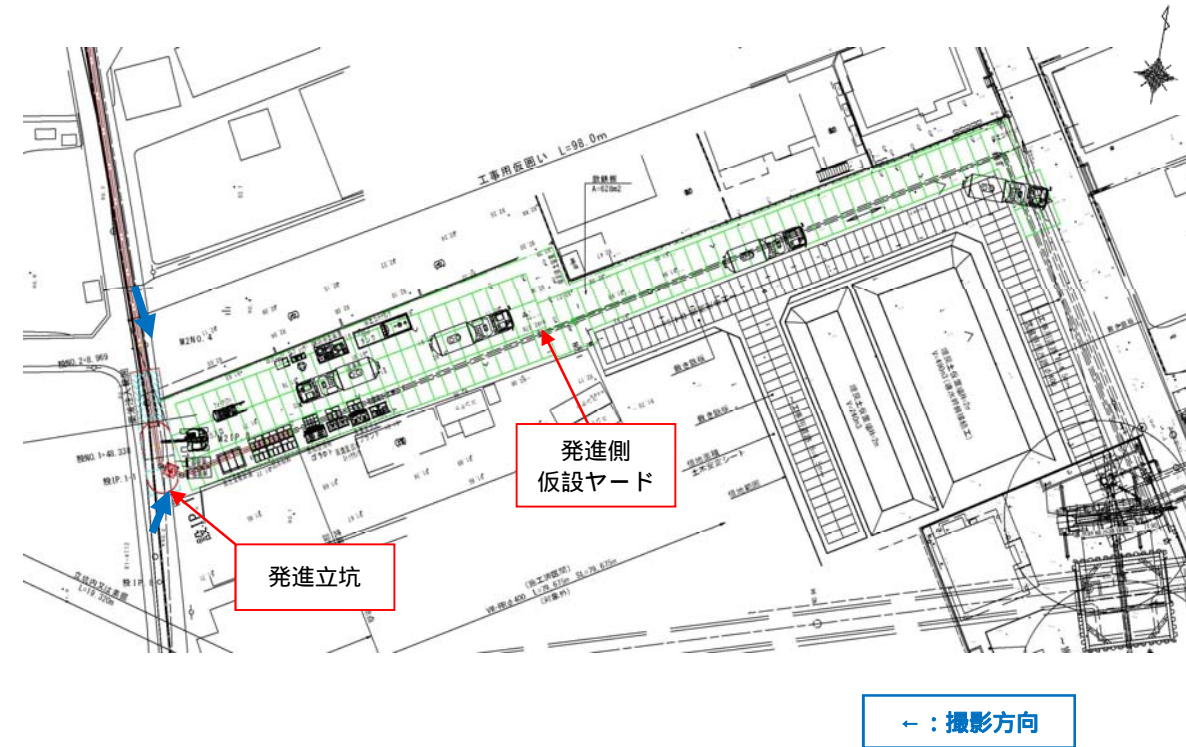


図-1.3.2.1 発進側仮設ヤード



写真-1.3.2.1 発進側仮設ヤード



写真-1.3.2.2 発進側仮設ヤード

到達側

道路境界のブロック塀については、工事用進入路や本体工事の支障となるため撤去復旧の計画である。

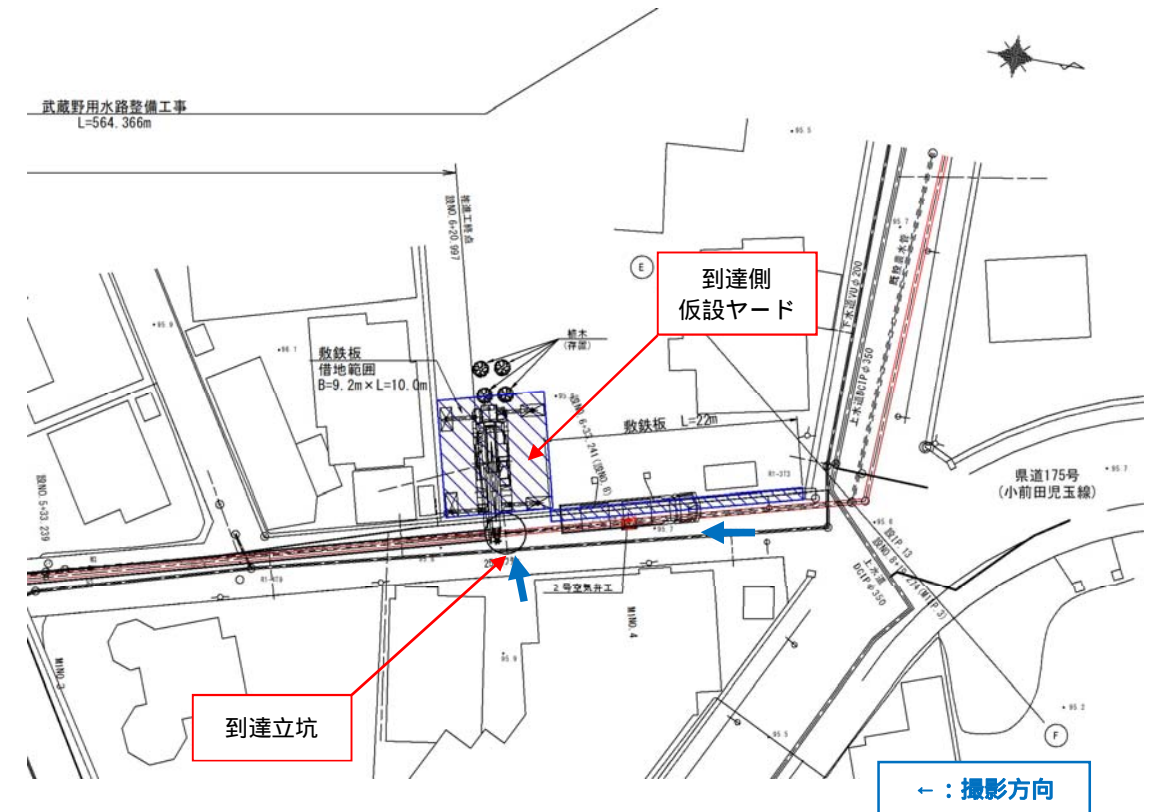


図-1.3.2.2 到達側仮設ヤード



写真-1.3.2.3 到達側仮設ヤード



写真-1.3.2.4 到達側仮設ヤード

(2)工事用進入路

各仮設ヤードへの工事進入路は下記のとおりとする。

発進側

花園揚水機場と同じ工事用進入路を走行し、発進側仮設ヤードに進入する。



図-1.3.2.3 発進側進入路



写真-1.3.2.5 発進側工事用進入路



写真-1.3.2.6 発進側工事用進入路

到達側

県道 175 号より到達側仮設ヤードへ進入する。

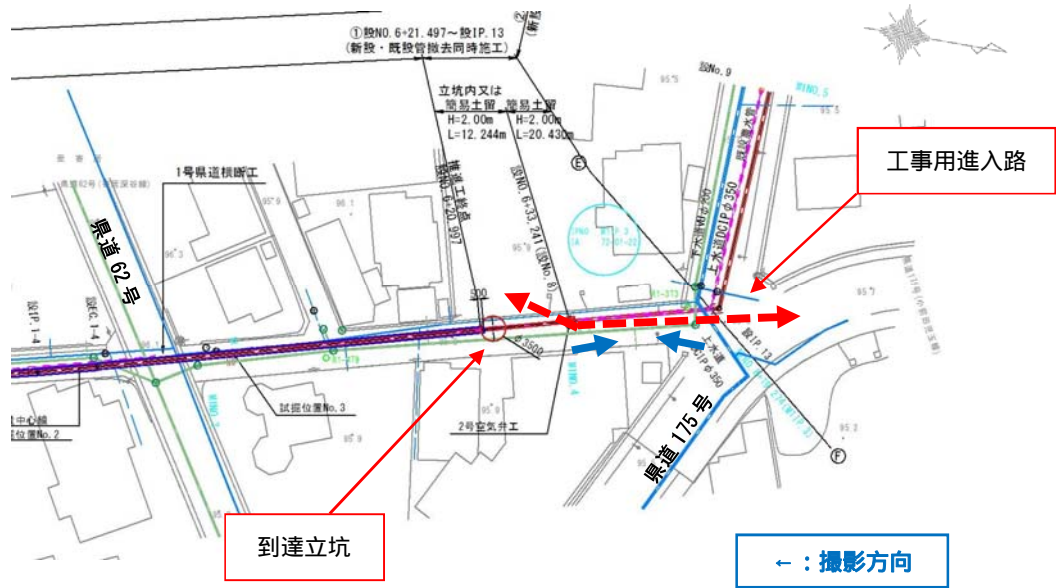


図-1.3.2.4 到達側進入路



写真-1.3.2.7 到達側工事用進入路



写真-1.3.2.8 到達発進側工事用進入路

(3)交通規制

立坑の位置は道路内に配置するため、交通規制を必要とする。
交通規制を必要とする箇所は下記のとおりである。

発進立坑

全面通行止め（夜間開放なし）設 No.1+43.852（設 IP.1）～設 No.2+0.879
交通規制の区間は下記のとおりである。



図-1.3.2.5 発進側交通規制

到達立坑

全面通行止め（夜間開放あり）設 No.6+20.997～設 No.6+24.497
なお、夜間は立坑に覆工板を設置し車両の通行を可能にするが、この道路は一方通行であり、
日中の車両の通り抜けは困難であるため、工事開始時間や終了時間には配慮が必要である。
交通規制の区間は次頁のとおりである。

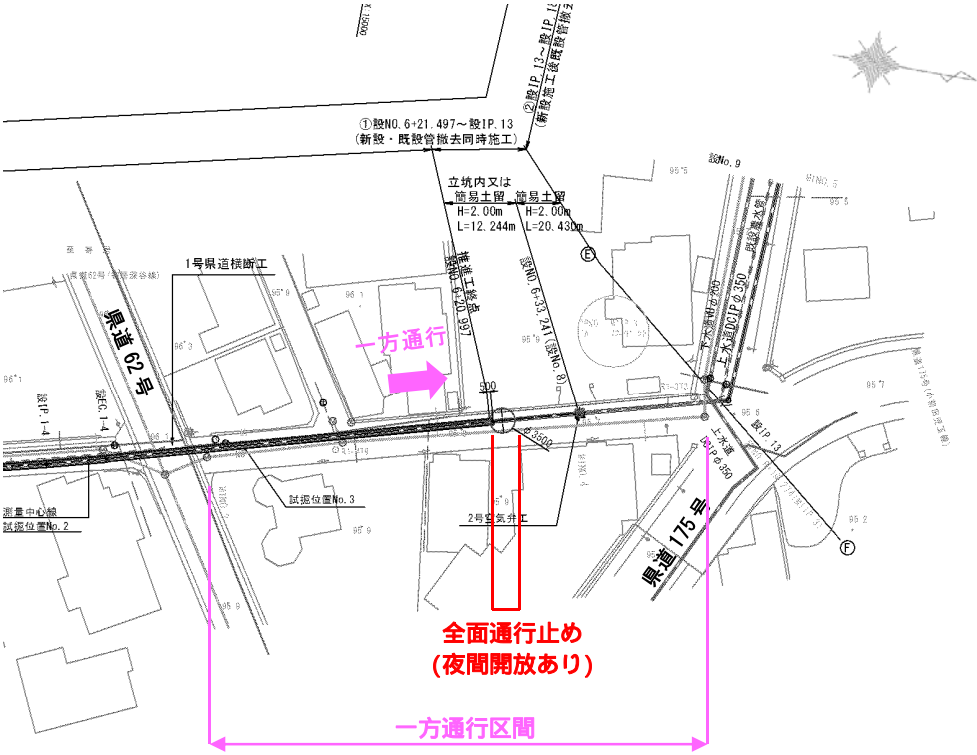


図-1.3.2.6 到達側交通規制

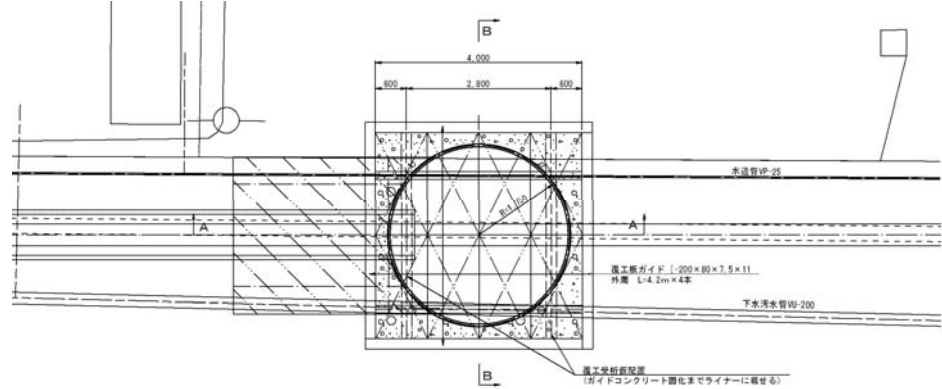


図-1.3.2.7 到達立坑平面図

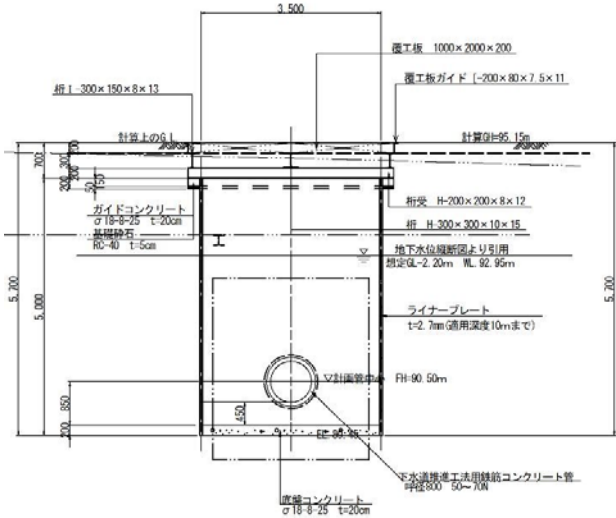


図-1.3.2.8 到達立坑断面図（設置後）

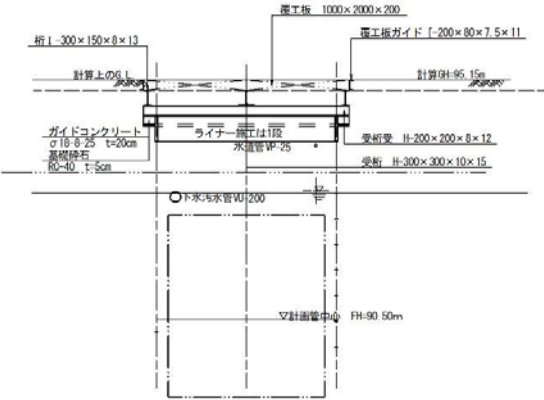


図-1.3.2.9 到達立坑断面図（施工中）