

線路陥没を招く

「伏び」（鉄道線路横断 埋設管） メンテナンスの新しい挑戦

<伏び維持管理トータルサービス>



FCR工法協会

事務局長

渋谷 弘

< 内 容 >

1.線路陥没を招く

「伏び」のメンテナンスは必須

2.FCR工法協会の今までの取り組み

3.新しい挑戦

①伏び位置計測装置

②FCR途中推進工法

4.今後の挑戦

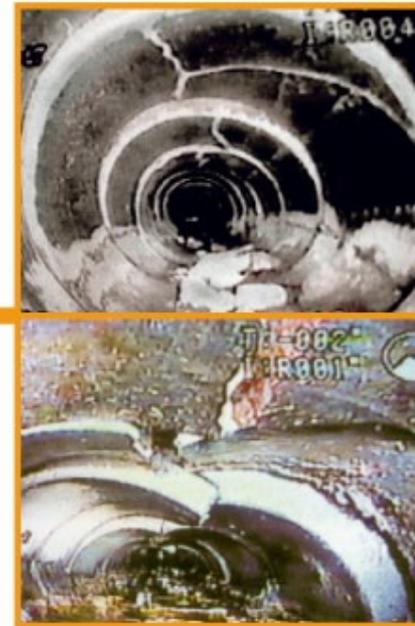
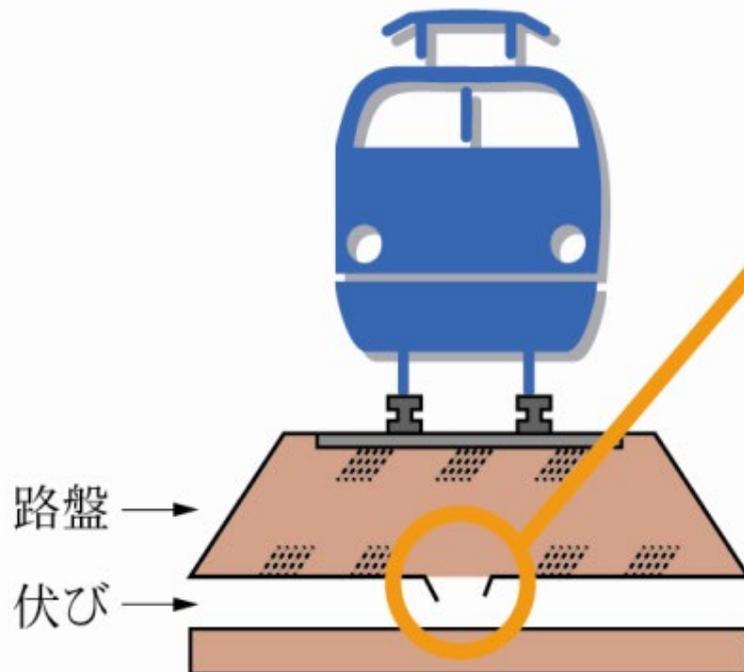
1.線路陥没を招く

「伏び」のメンテナンスは必須



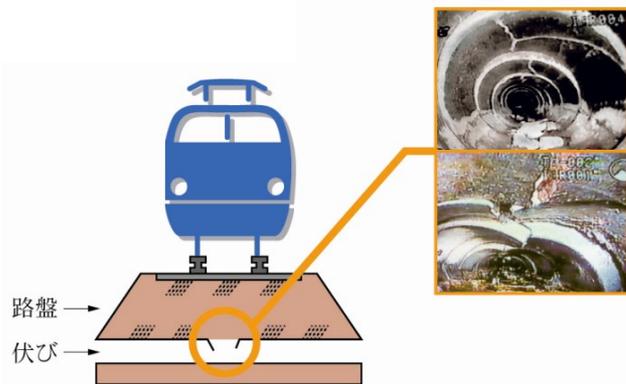
伏びとは

鉄道建設時に主に農業用水を流すために布設された横断管路
建設後100年以上の陶管が50%



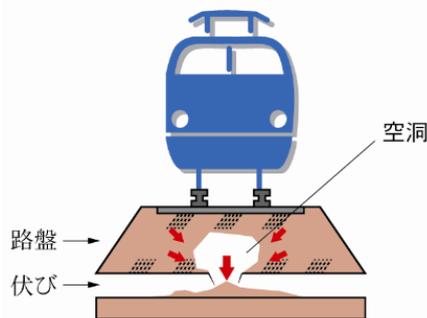
伏びの危険性

①
伏び上部の破損



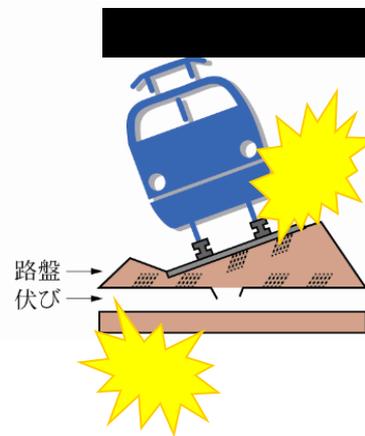
②
伏びへの土砂の流入

空洞の発生 ⚠



③
路盤陥没

事故につながる ⚠



従って

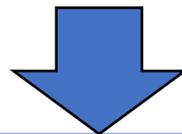
伏びの維持管理は、
安全で安定した輸送を確保する上で必要不可欠！

2.FCR工法協会の今までの取り組み



FCR工法協会の取り組み

伏びと下水道の相異点を分析し、研究開発を進め、伏びについてのコンサルティングから1次調査、しゅんせつ、カメラ調査、補修、改築、台帳構築までトータルにサービス提供。



全国の会員 組織

伏び調査・補修

JR

北海道・東日本・東海・西日本・四国・九州・トータルで

75%

「伏び」と「下水道管路」の相異点

伏 び

変状 (大)

施工車が横付け (不可)

延長平均15m (短) (小)
管径150~600mm



施工車遠方操作



← 農業用水

下水道管路

変状 (小)

施工車が横付け (可)

延長平均50m (長) (大)
管径150~1000mm



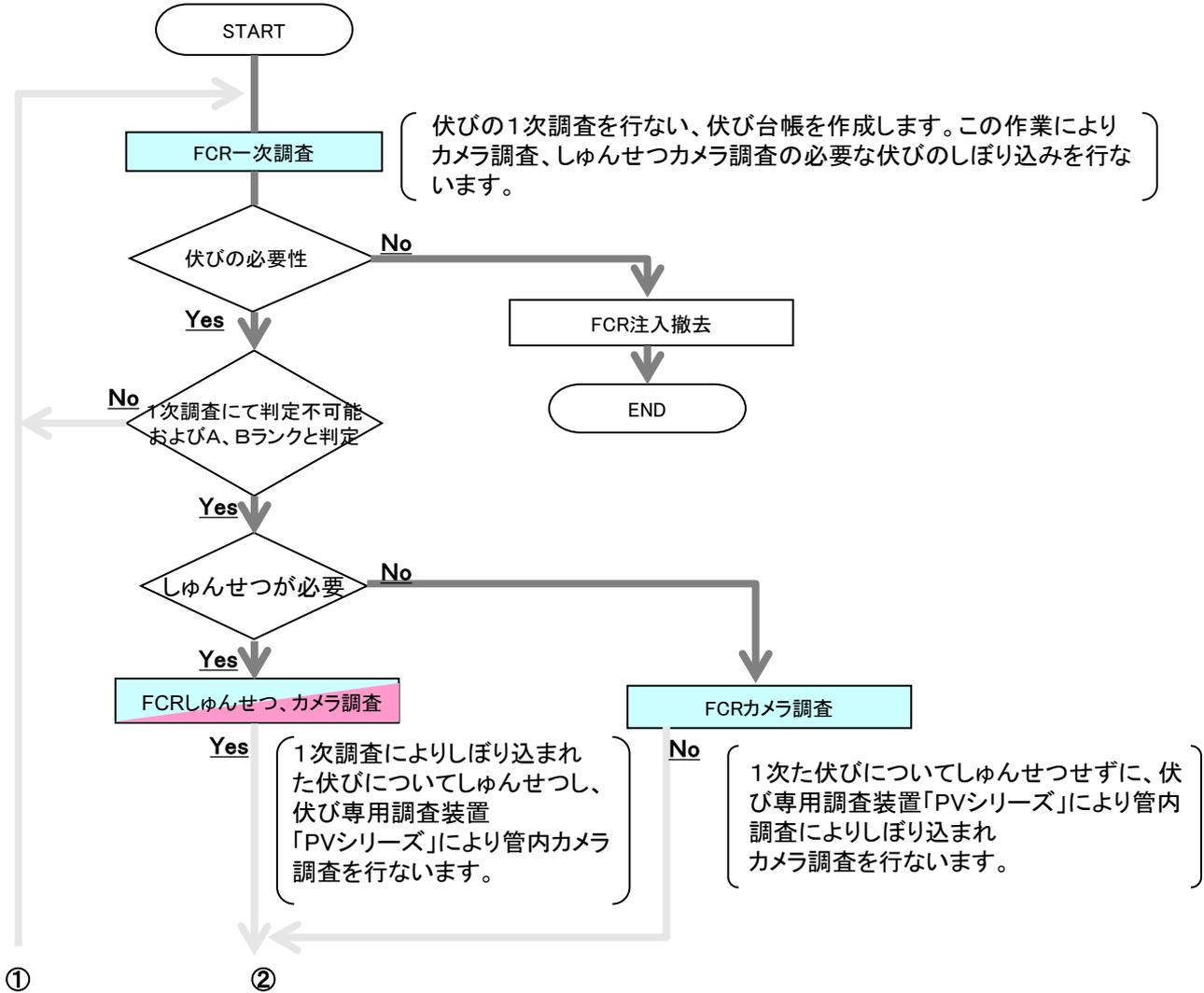
施工車横付け

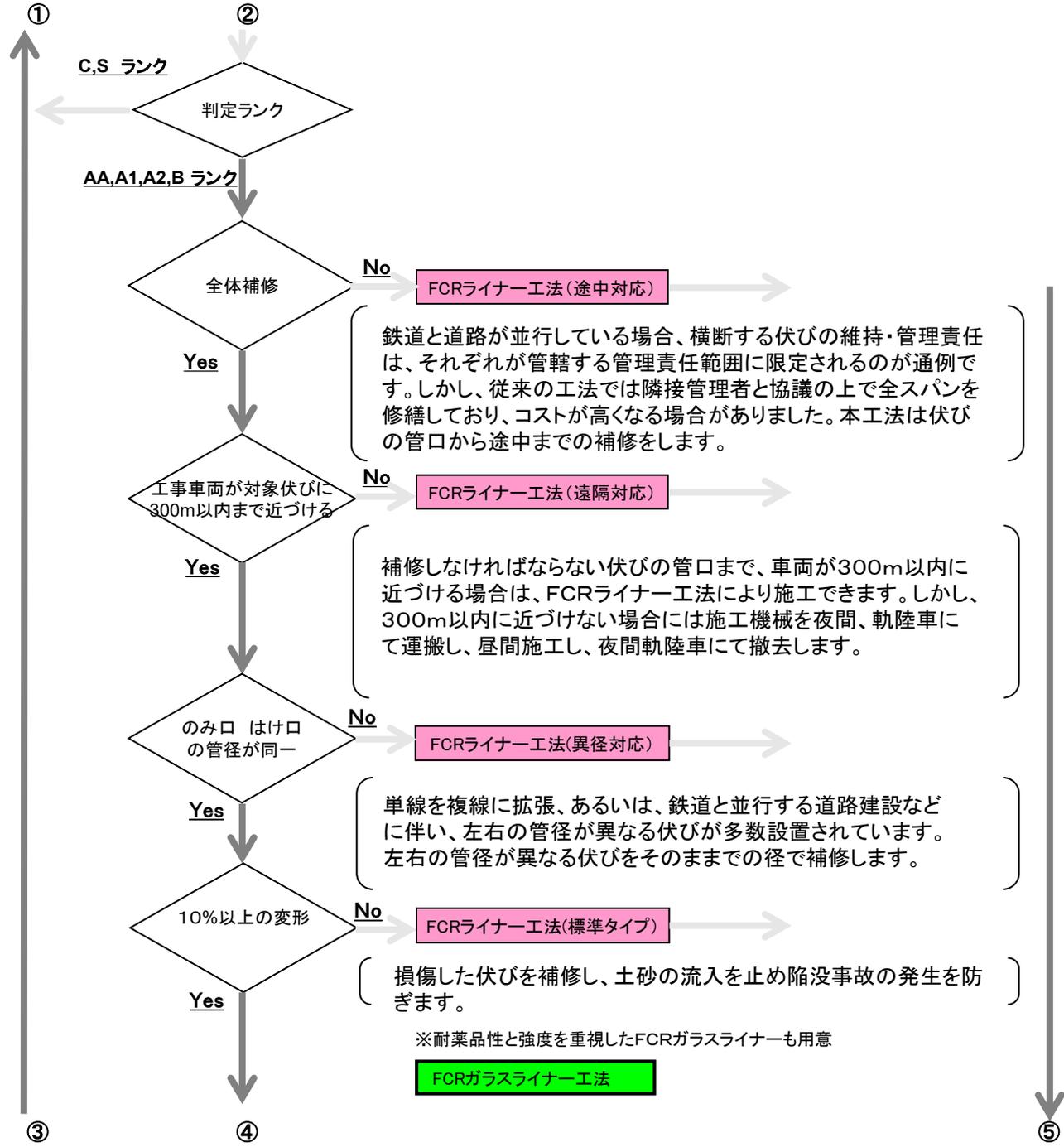


← 下水

伏び維持管理についての考え方

伏びの維持管理方法は鉄道と下水道では異なる点が多いにもかかわらず、これまで同じ方法で行なっていました。このため、私たちFCR工法協会では、この相異点を分析し、鉄道に適した伏び維持管理の方法をご提案致します。





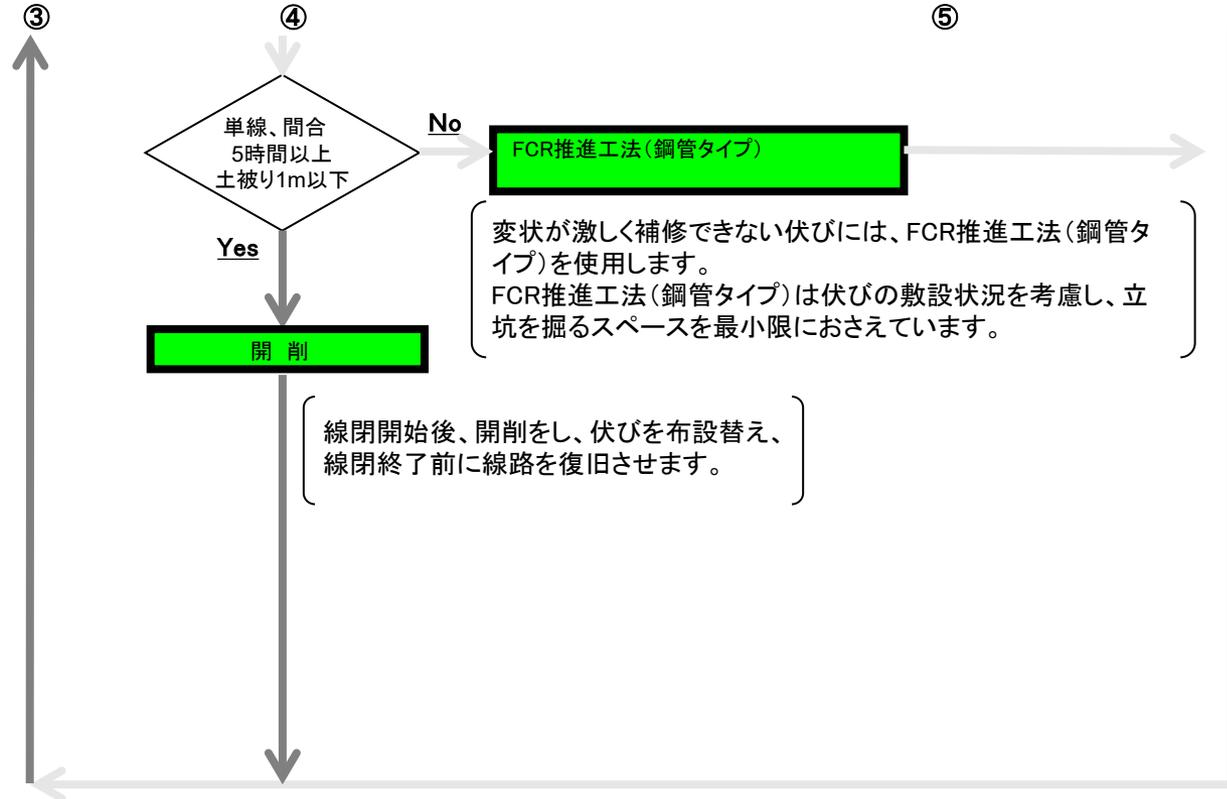
鉄道と道路が並行している場合、横断する伏びの維持・管理責任は、それぞれが管轄する管理責任範囲に限定されるのが通例です。しかし、従来の工法では隣接管理者と協議の上で全スパンを修繕しており、コストが高くなる場合があります。本工法は伏びの管口から途中までの補修をします。

補修しなければならない伏びの管口まで、車両が300m以内に近づける場合は、FCRライナー工法により施工できます。しかし、300m以内に近づけない場合には施工機械を夜間、軌陸車にて運搬し、昼間施工し、夜間軌陸車にて撤去します。

単線を複線に拡張、あるいは、鉄道と並行する道路建設などに伴い、左右の管径が異なる伏びが多数設置されています。左右の管径が異なる伏びをそのままの径で補修します。

損傷した伏びを補修し、土砂の流入を止め陥没事故の発生を防ぎます。

※耐薬品性と強度を重視したFCRガラスライナーも用意





FCRしゅんせつ・カメラ調査

1次調査により絞り込まれた伏びについて、しゅんせつ後またはそのままの状態
で伏び専用携帯タイプFCRカメラ「PV-1560J,730J」によりカメラ調査

全体構成



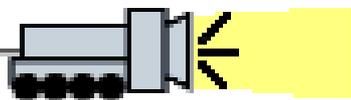
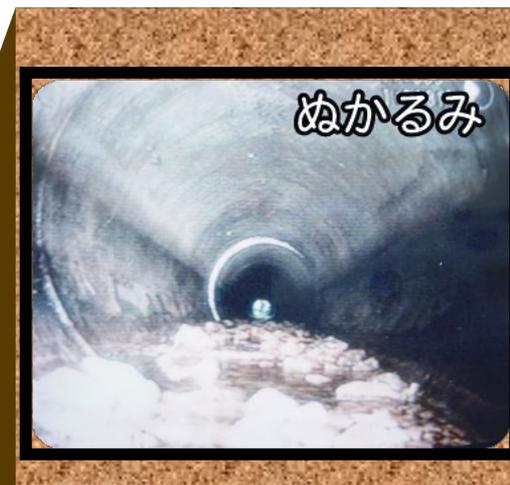
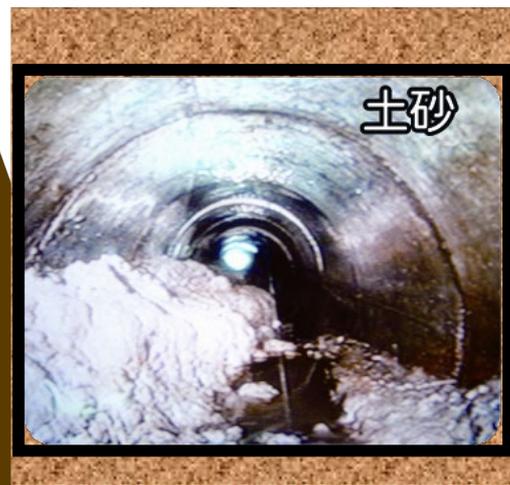
運搬状況





FCRしゅんせつ・カメラ調査

伏び内の状況



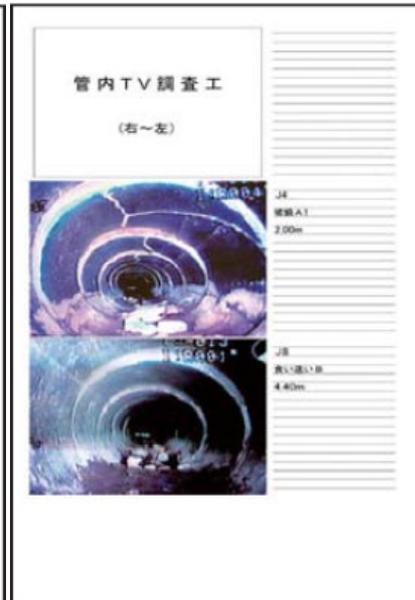
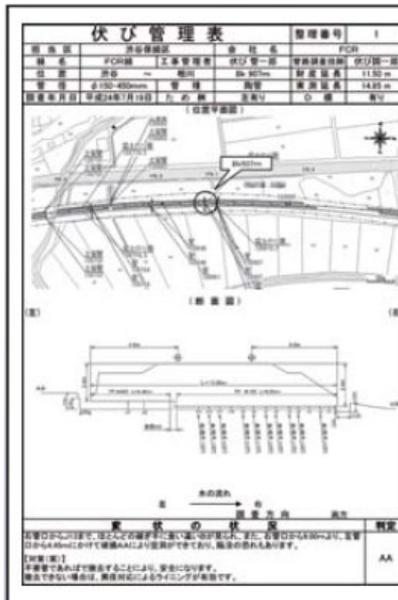


FCRしゅんせつ・カメラ調査

◆FCRしゅんせつ・カメラ調査報告書◆

カメラ調査結果集計表

№	線名	駅間	キロ程	管径 (mm)	財産 延長 (m)	実測 延長 (m)	管種	判定 区分	伏び管内の状況	備考
1	FCR線	渋谷～相川	3k907m	φ150・ 450	11.50	14.85	陶管	AA	右管口からJ13まで、ほとんどの継ぎ手に食い違いが見られ、また、右管口から8.00mより、左管口から4.45mにかけて継ぎAAにより定規ができており、陥没の恐れもあります。	
2	FCR線	渋谷～相川	5k703m	φ230・ 150	18.80	18.50	陶管	A1	所々に食い違いA1・目が見られ、今後さらに変状の進行が予想されます。	
3	FCR線	渋谷～相川	6k806m	φ180・ 320	10.80	20.55	陶管・ ヒューム管	A1	管全域を通してたるみが多く見られ、また、軌道下には食い違いA1も見られます。	
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										





FCRしゅんせつ・カメラ調査

◆FCRカメラと下水道用カメラの比較◆

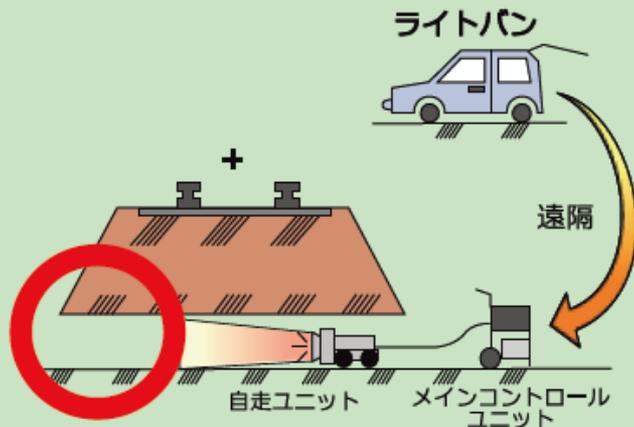
条件

FCRカメラを使用

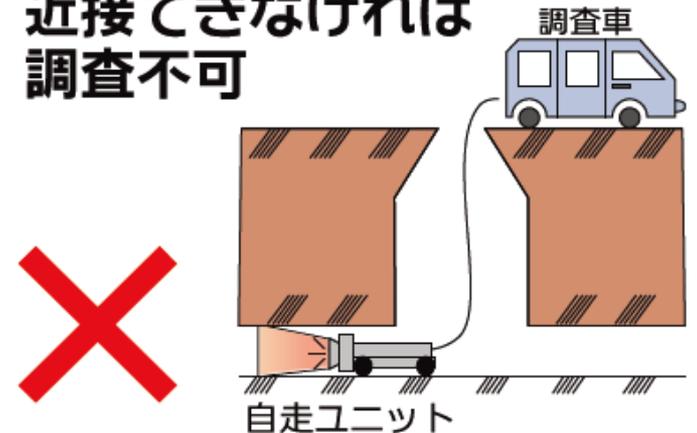
下水道用カメラを使用

施工車両の
進入路
がない

コンパクトで施工車両
から降ろして携帯可能



施工車両に搭載された装置
のため施工車両が伏びに
近接できなければ
調査不可





FCRしゅんせつ・カメラ調査

◆ FCRカメラと下水道用カメラの比較◆

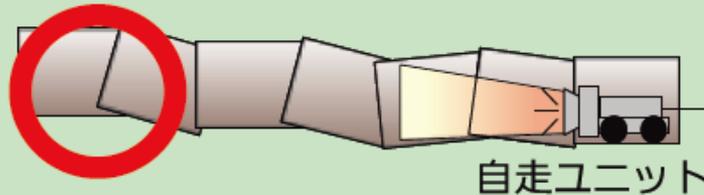
条件

FCRカメラを使用

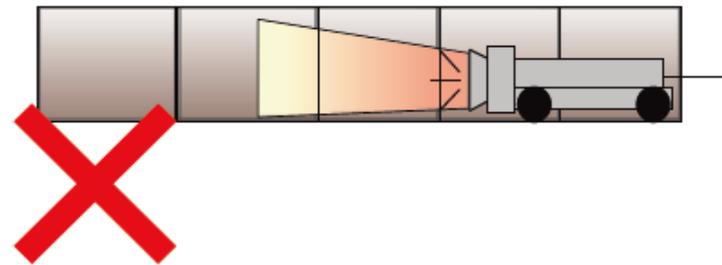
下水道用カメラを使用

段差

2台のモーターで
独立駆動
により
走行可。



段差があると走行不可





FCRしゅんせつ・カメラ調査

◆FCRカメラと下水道用カメラの比較◆

条件

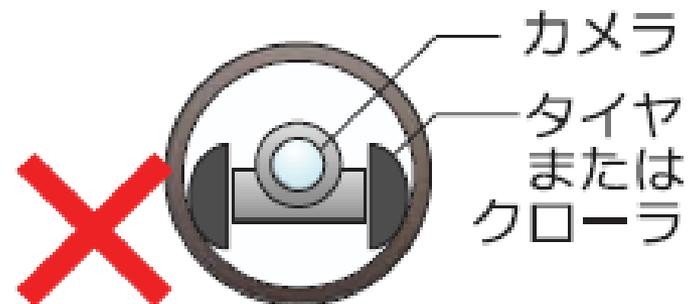
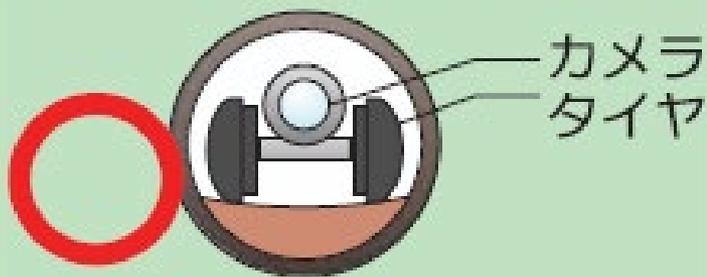
FCRカメラを使用

下水道用カメラを使用

2台のモーターで独立駆動、
車高が高いことにより
土砂、ぬかるみ走行可
しゅんせつ費用0で
調査可能な場合あり

土砂、ぬかるみの上
では走行不可

土砂
ぬかるみ



自走式 伏びカメラ 「PV-1560J」

伏び管カメラシステム系統

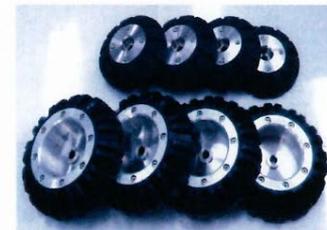
型名:PV-1560J



電源ユニット



自走カメラ本体



アタッチメントによりφ600mm まで対応

自走式 伏びカメラ 「PV-1560J」



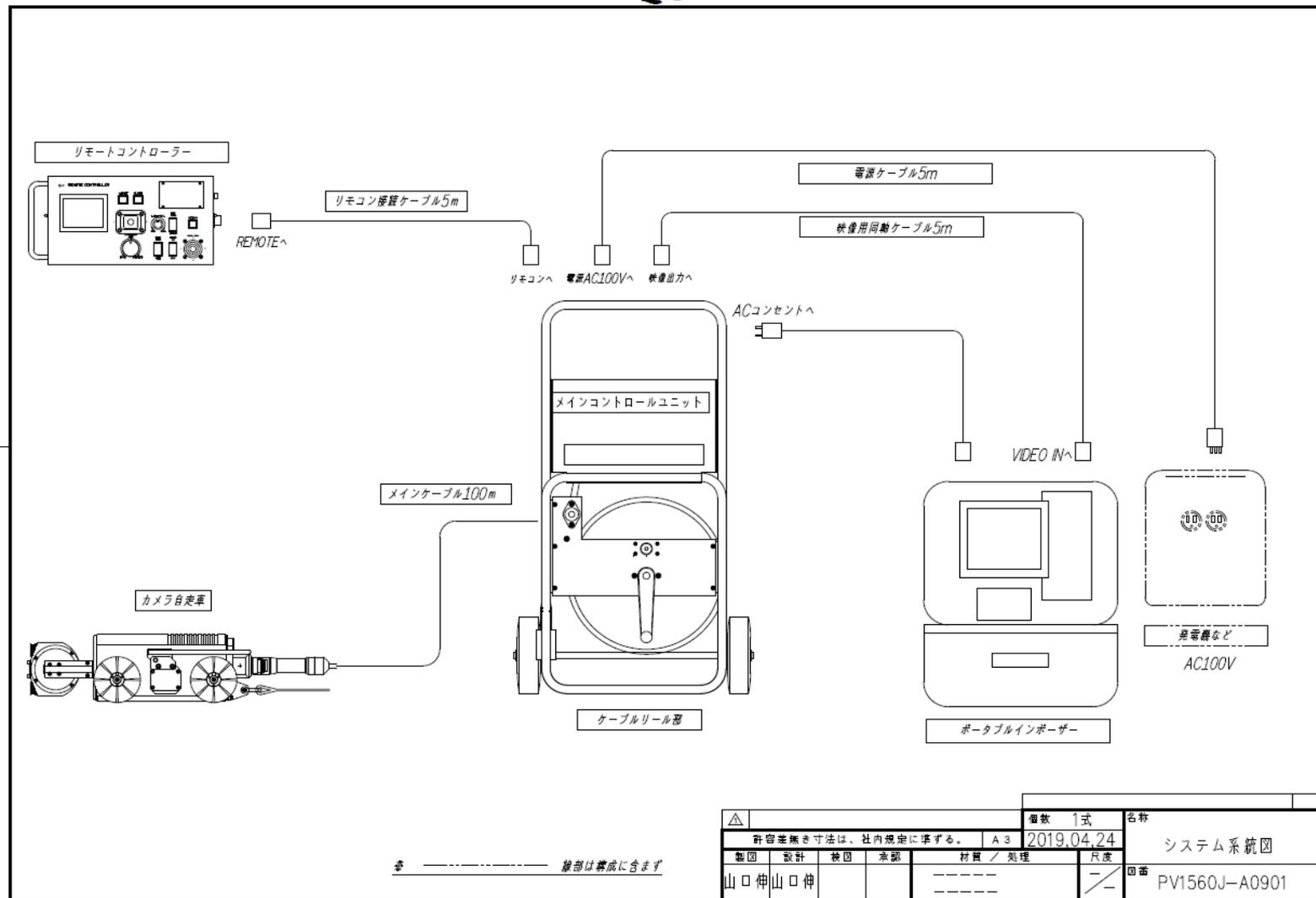
カメラ制御ユニット

自走式 伏びカメラ 「PV-1560J」



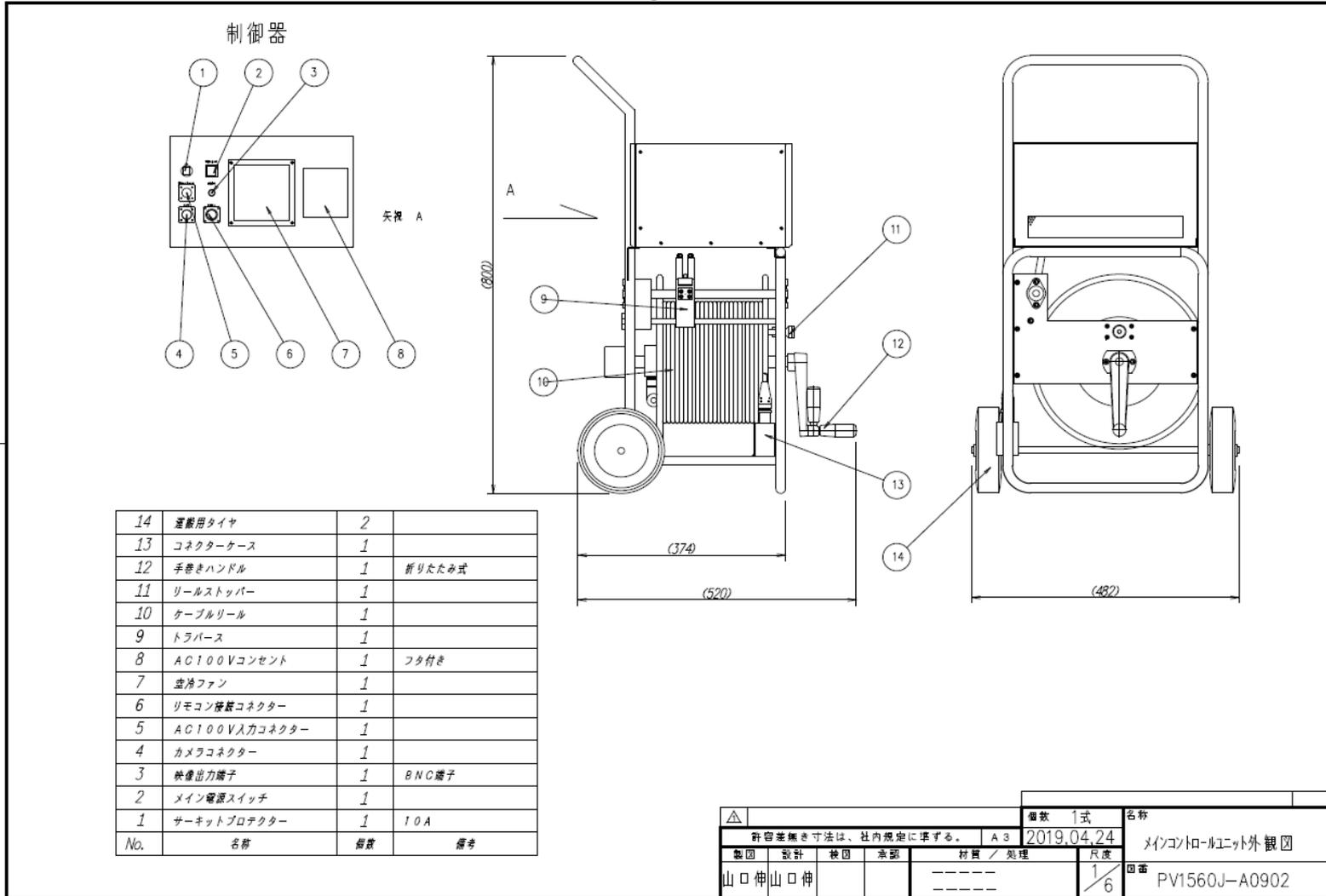
自走式 伏びカメラ「PV-1560J」

Q-I



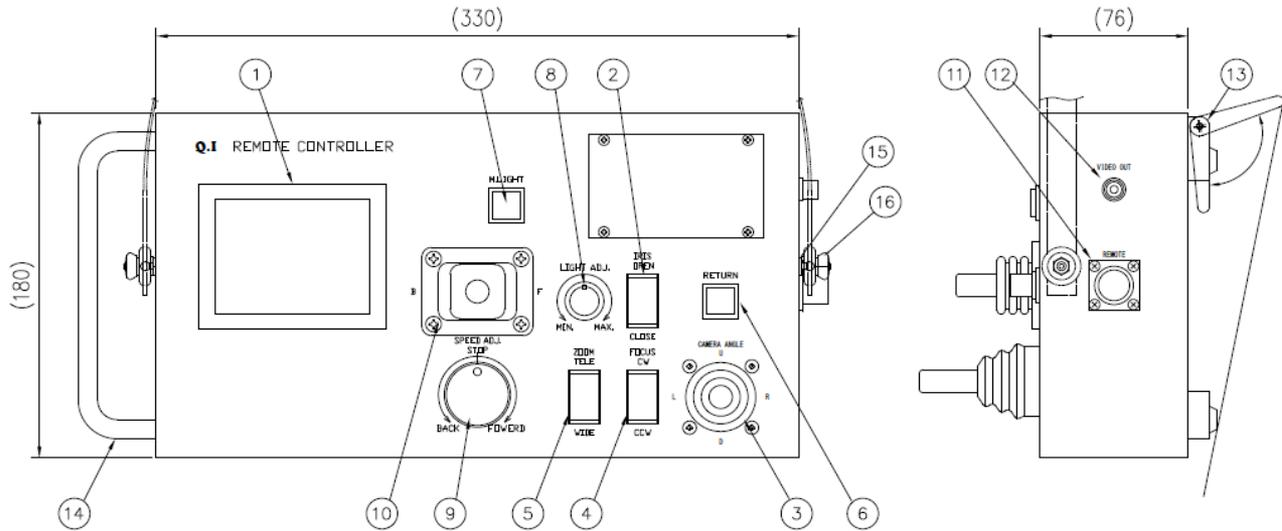
自走式 伏びカメラ「PV-1560J」

Q-I



自走式 伏びカメラ「PV-1560J」

Q-I

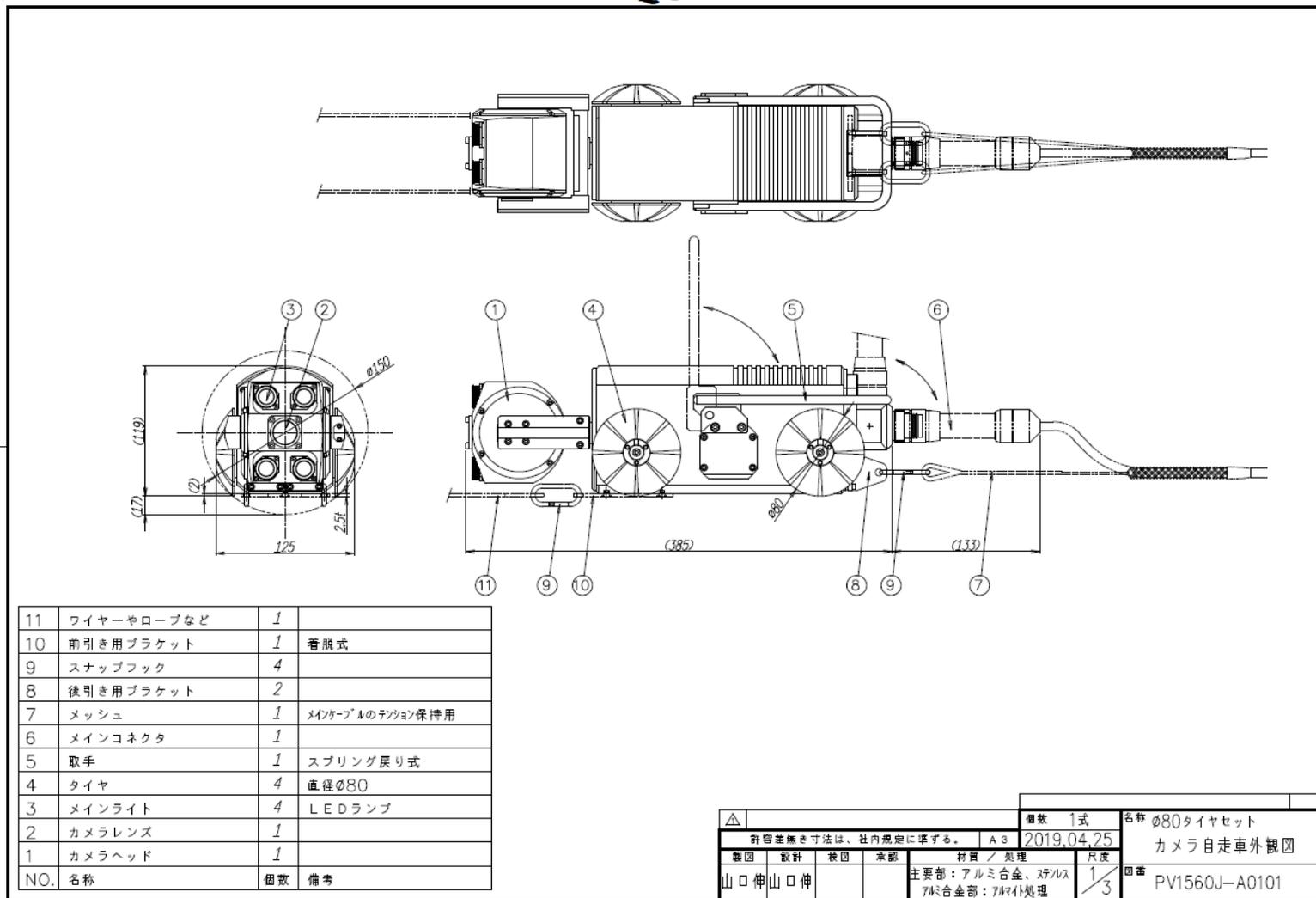


16	バンド	1	
15	バンド取付け金具	2	ワンタッチ脱着式
14	取手	1	
13	チルト付ゴム足	2	
12	映像出力滑子	1	VIDEO OUT (BNC滑子)
11	リモートケーブルコネクタ	1	REMOTE
10	自走車操作レバー	1	B / F
9	自走車操作ツマミ	1	SPEED ADJ. BACK / STOP / FORWARD
8	メインライト露光ツマミ	1	LIGHT ADJ. MIN/MAX
7	メインライトスイッチ	1	M. LIGHT
6	カメラ原点復帰ボタン	1	RETURN
5	ズーム調整スイッチ	1	ZOOM, TELE/WIDE
4	フォーカス調整スイッチ	1	FOCUS, CW/CCW
3	カメラ角度調整レバー	1	CAMERA ANGLE, U-D, L-R
2	アイリス調整スイッチ	1	IRIS OPEN-CLOSE
1	4型カラー液晶モニター	1	
NO.	名称	個数	備考

許容差無き寸法は、社内規定に準ずる。		A 3	2019.04.25	名称	リモートコントローラー
製図	設計	検図	承認	材質 / 処理	尺度
山口伸	山口伸			主要部	銅板
					N2.5キツヤ
				1/2	図番
					PV1560J-A0903

自走式 伏びカメラ「PV-1560J」

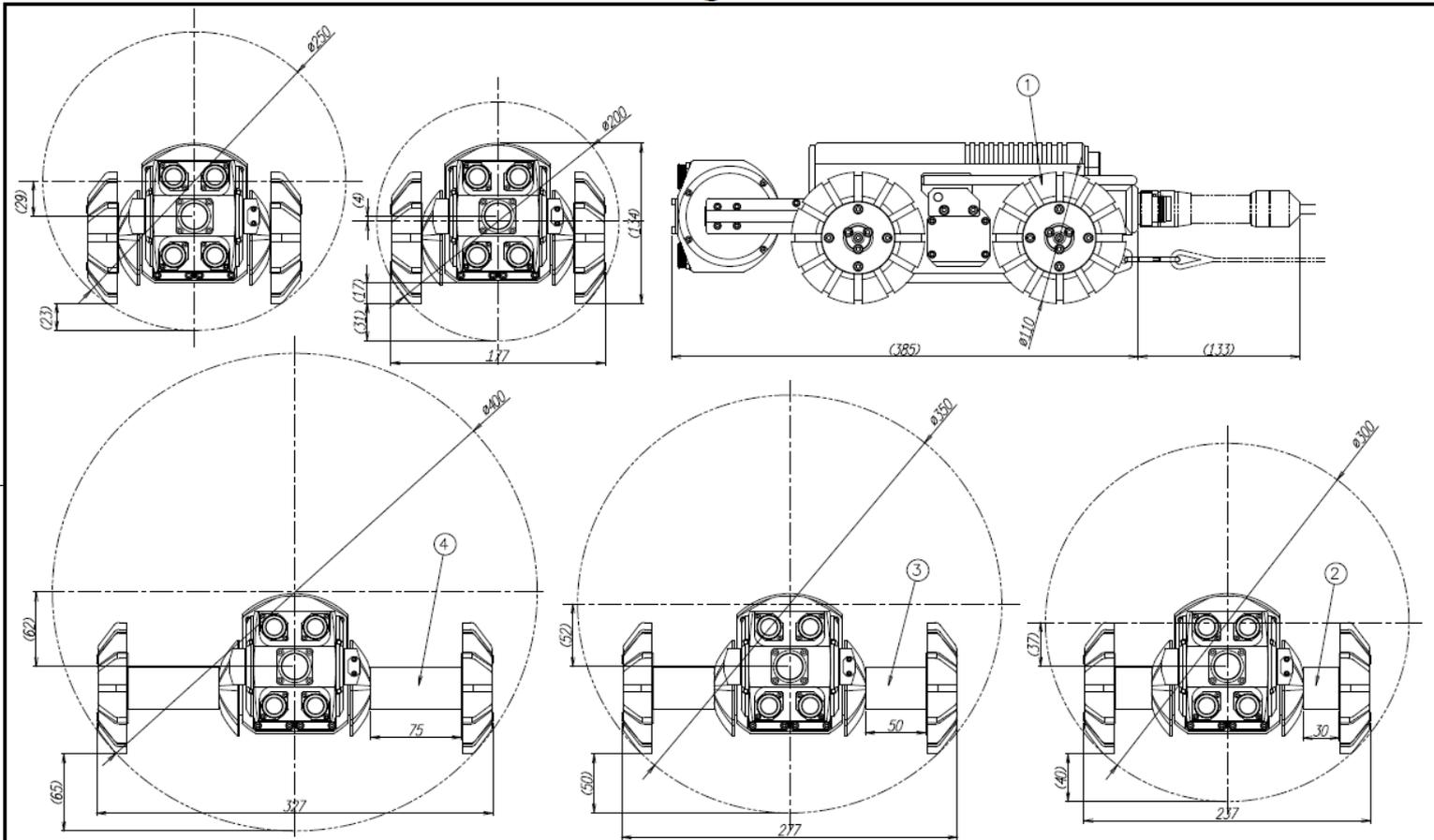
Q-1



許容差無き寸法は、社内規定に準ずる。				A3	2019.04.25	仕様 1式	名称 φ80タイヤセット
製図	設計	検図	承認	材質 / 処理		尺度	カメラ自走車外觀図
山口伸	山口伸			主要部：アルミ合金、ステンレス 7A5合金部：7A21処理		1/3	図番 PV1560J-A0101

自走式 伏びカメラ「PV-1560J」

Q-1

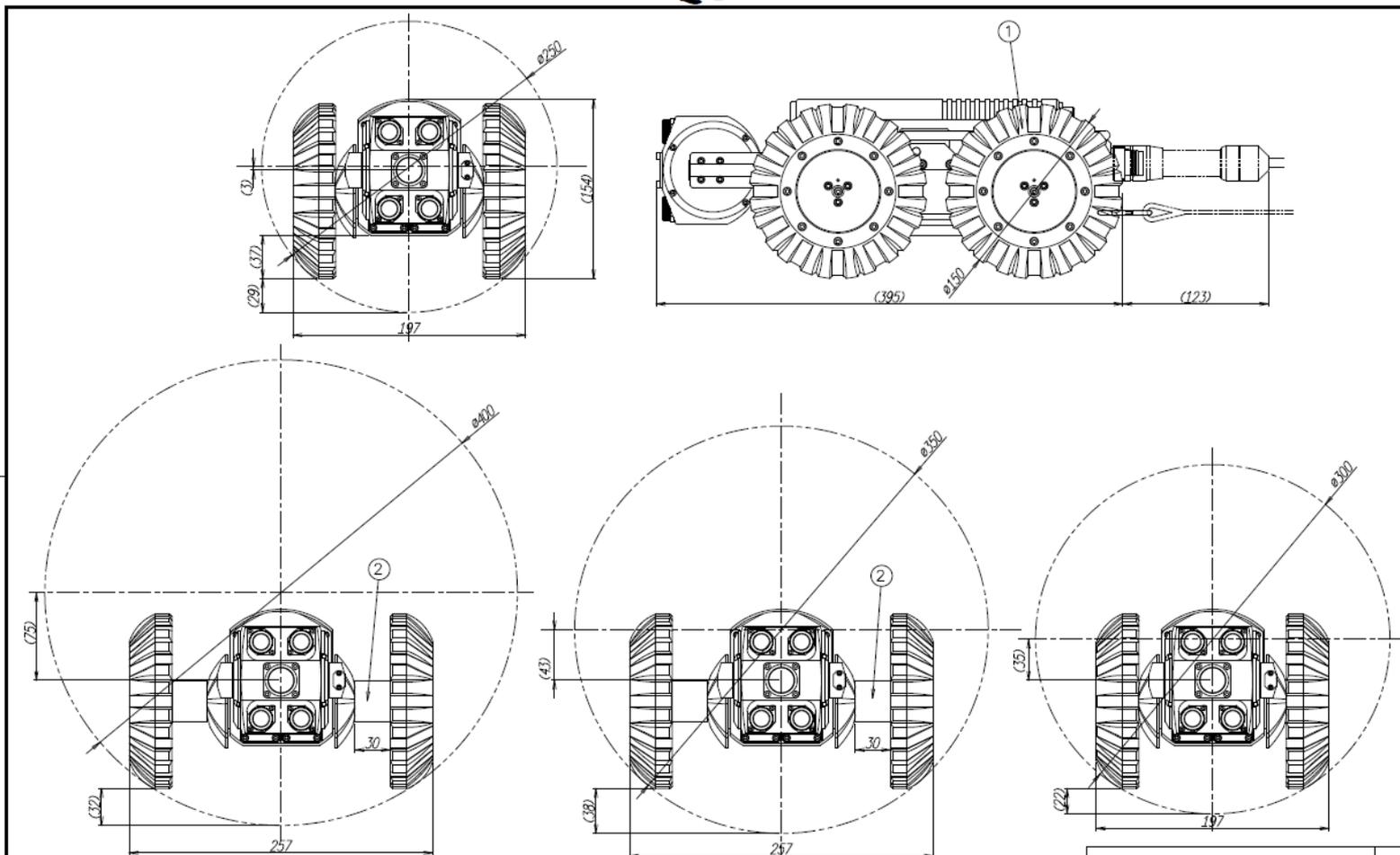


4	L75スペーサー	4	
3	L50スペーサー	4	
2	L30スペーサー	4	
1	タイヤ	4	直径$\phi 110$
NO.	名称	個数	備考

許容差無き寸法は、社内規定に準ずる。 A3				個数 1式	名称 $\phi 110$タイヤセット カメラ自走車外観図
製図 山口伸 設計 山口伸	検図 承認	2019.04.25	材料 / 処理 主要部：アルミ合金、ステンレス 7ö合金部：7öT4処理	尺度 1/3	回番 PV1560J-A0102

自走式 伏びカメラ「PV-1560J」

Q-1

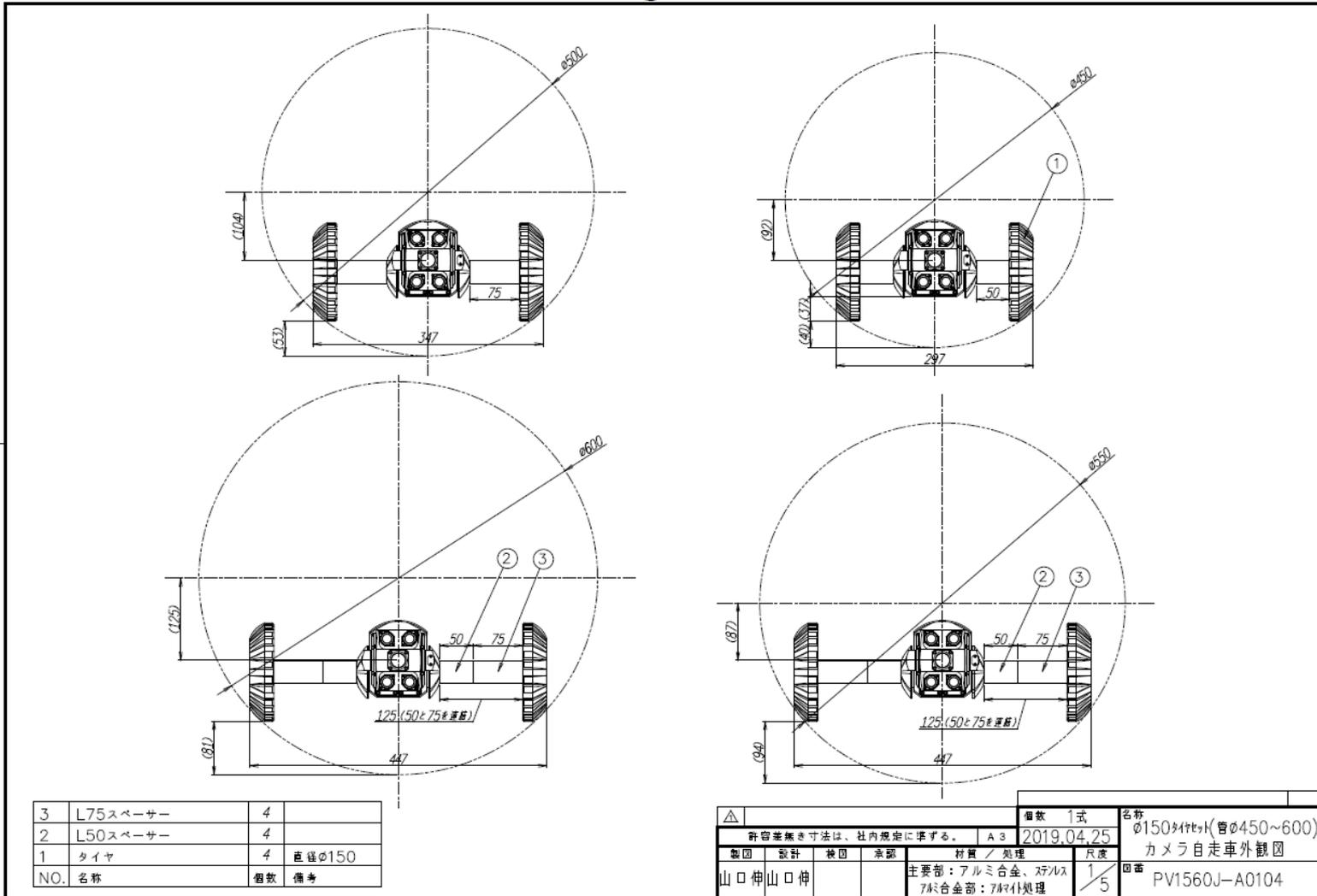


2	L30スペーサー	4	
1	タイヤ	4	直径 $\phi 150$
NO.	名称	個数	備考

許容差無き寸法は、社内規定に準ずる。 A3				2019.04.25	個数 1式	名称
製図	設計	検図	承認	材質 / 処理	尺度	$\phi 150$ タイヤ(管 $\phi 250 \sim 400$)
山口伸	山口伸			主要部: アルミ合金、スチルス 7M合金部: 7M処理	1/3	カメラ自走車外観図
						回番 PV1560J-A0103

自走式 伏びカメラ「PV-1560J」

Q-1



押し込み式 伏びカメラ「PV-730J」(狭隘部用)

特長

- ①カメラ先端から**エア**放出、付着物を除去
- ②画像は常に上向き
- ③**カメラ**を前方、側方(上、左、右)に設置
- ④カメラ本体 $\phi 60\text{mm}$ **長さ300mm**
- ⑤ $\phi 70 \sim \phi 300\text{mm}$ 、**狭隘部**に対応
- ⑥**軽量 総重量 約15kg**



FCRライナー工法(標準タイプ)

300m以内に施工車が
近接できれば補修可能

伏びの補修を行う場合は、FCRライナー工法(標準タイプ)を使用。損傷した伏びをたった1日で補修し、土砂の流入を止め陥没事故の発生を防止。

ライニング材引込み



加熱硬化



補修完了



伏び内



施工前

破損A



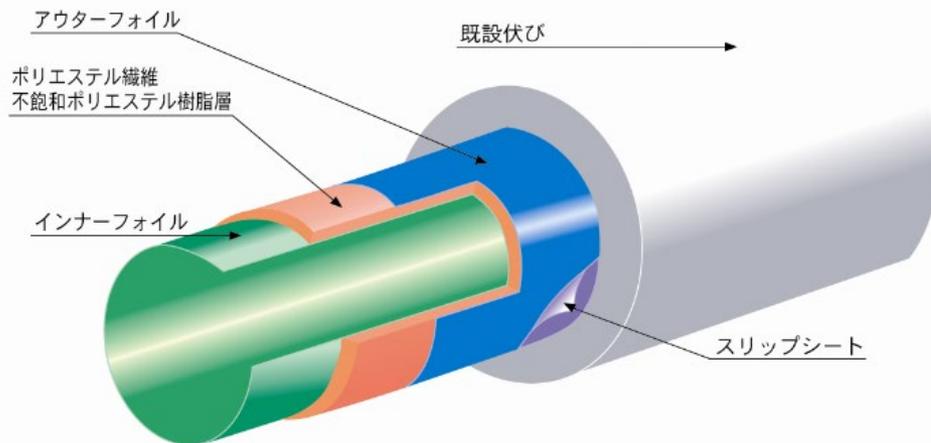
施工後



FCRライナー工法(標準タイプ)

300m以内に施工車が
近接できれば補修可能

材料断面図



仕様

材 質	主な繊維材	ポリエステル繊維
	樹脂	不飽和ポリエステル樹脂
性	曲げ弾性率 (短期値)	2,800N/mm ²
施 工 性	挿入方法	引込み
	硬化方法	蒸気による高温短時間 硬化(2~3時間)
	ライニング工程 施工機材	3t車以下の2台 (簡易蒸気ボイラー、ミキサー等 を搭載)



FCRライナー工法(標準タイプ)

300m以内に施工車が
近接できれば補修可能

◆ FCRライナー工法(標準タイプ)と下水道管路用工法との比較 ◆

FCRライナー工法(標準タイプ)

下水道管路用工法

○ FCR施工車は**3t車**
伏びに近接しやすい

✗ 施工車は**4~8t車**
伏びに近接困難

小型!



大型





FCRライナー工法(標準タイプ)

300m以内に施工車が
近接できれば補修可能

◆ FCRライナー工法(標準タイプ)と下水道管路用工法との比較 ◆

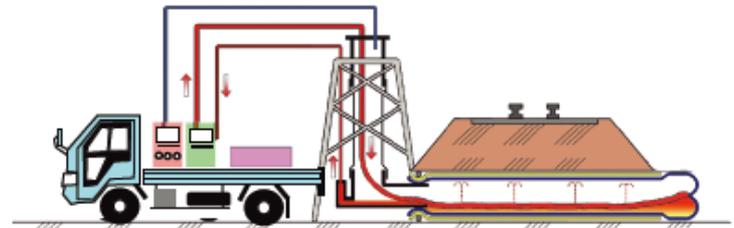
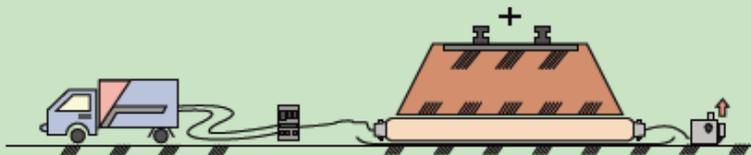
FCRライナー工法(標準タイプ)

下水道管路用工法

○ ホースを伸ばして
300m離れて遠隔補修



70m離れると
補修不可能





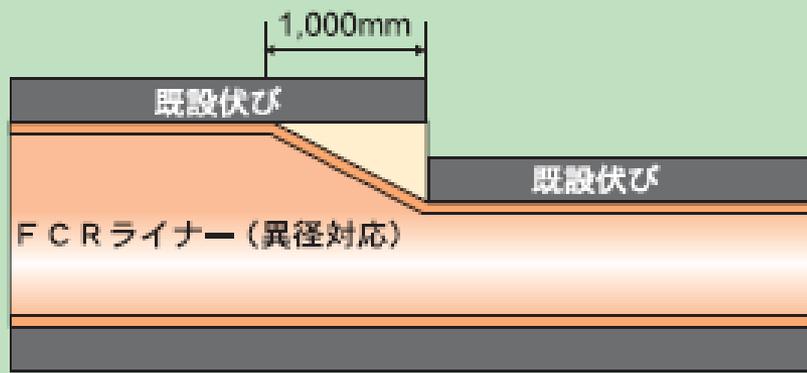
FCRライナー工法(異径対応)

左右の管径が異なる伏びを
そのままの径で補修

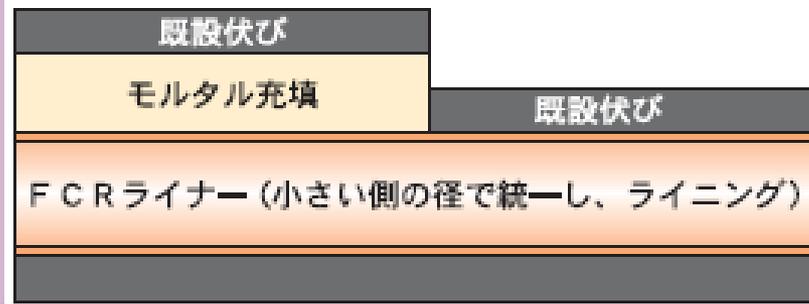
単線を複線に拡張、あるいは鉄道と並行する道路建設などに伴い、左右の管径が異なる伏びが多数設置されています。従来の工法では、小さい径に合わせてライニングし、隙間にモルタルを注入し、完成させていました。

◆FCRライナー工法(異径対応)とFCRライナー工法(標準タイプ)の比較◆

FCRライナー工法(異径対応)



FCRライナー工法(標準タイプ)





FCRライナー工法 (短時間硬化タイプ)

線路閉鎖間合の中で補修



都市圏駅構内等の数時間の線路閉鎖間合しかとれない箇所
の排水管に浸入水・漏水・変状があり補修を行う場合、短時
間で施工を完了させることは困難でした。

特長

数時間の線路閉鎖間合で伏び補修可能



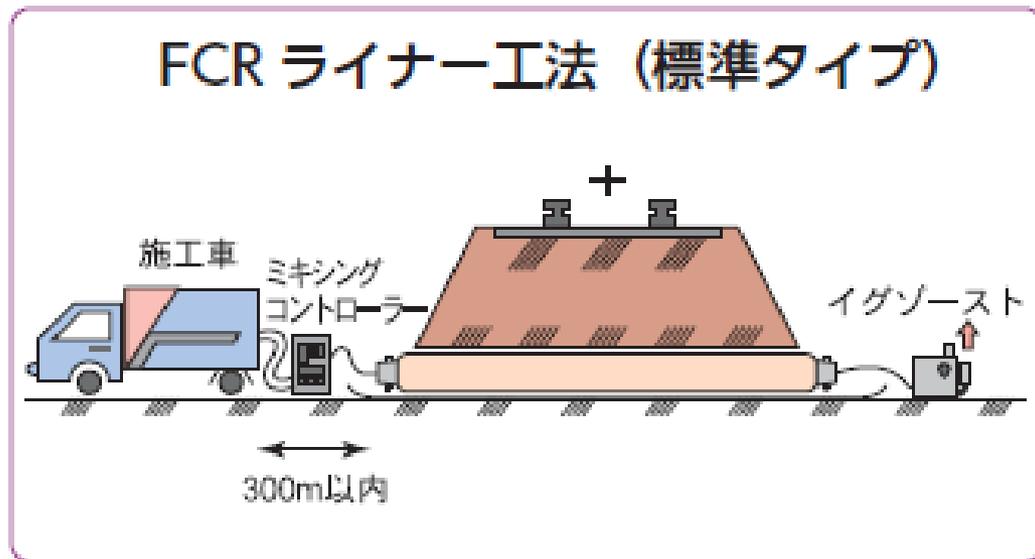
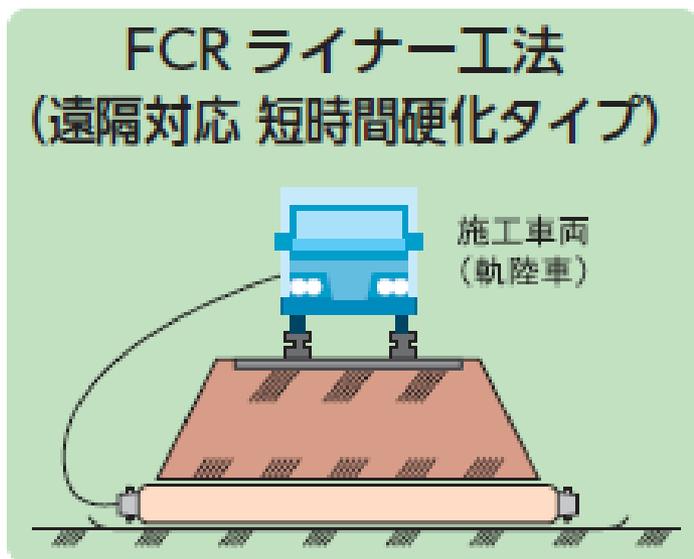
FCRライナー工法(遠隔対応 短時間硬化タイプ)

施工車両が300m以内に
近接できない伏びの補修

300m以内に近づけない場合は、仮設道路の布設等の大掛かりな事前準備をしなければ施工できませんでした。

◆FCRライナー工法(遠隔対応 短時間硬化タイプ)と

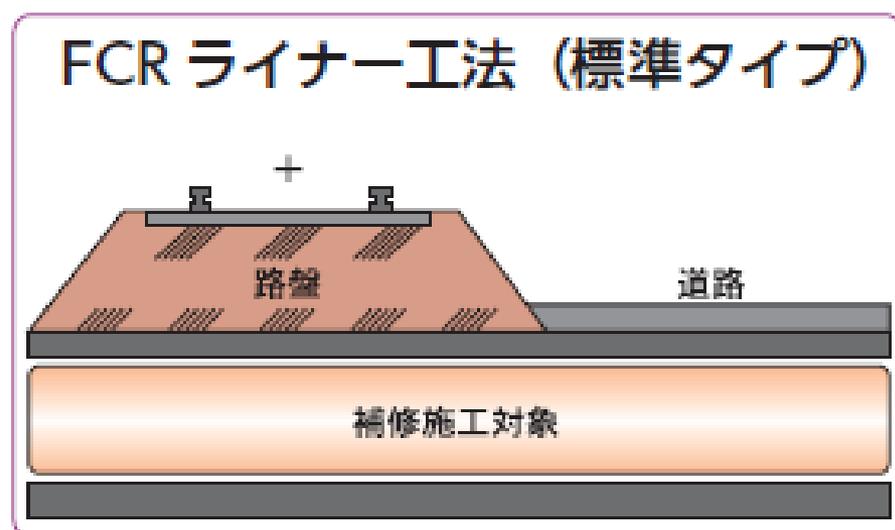
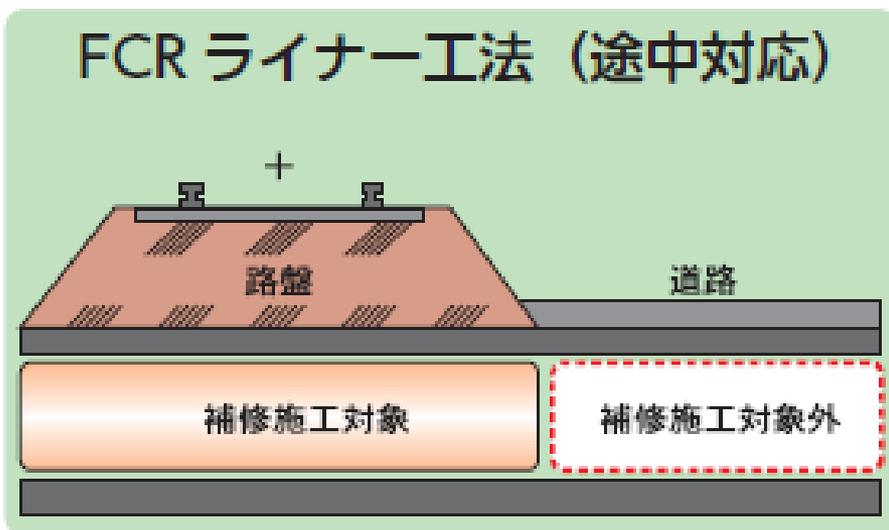
FCRライナー工法(標準タイプ)の比較◆



鉄道と道路が並行している場合、横断する伏びの維持・管理責任は、それぞれが管轄する管理責任時範囲に限定されるのが通例です。

◆FCRライナー工法(途中対応) と

FCRライナー工法(標準タイプ)の比較◆

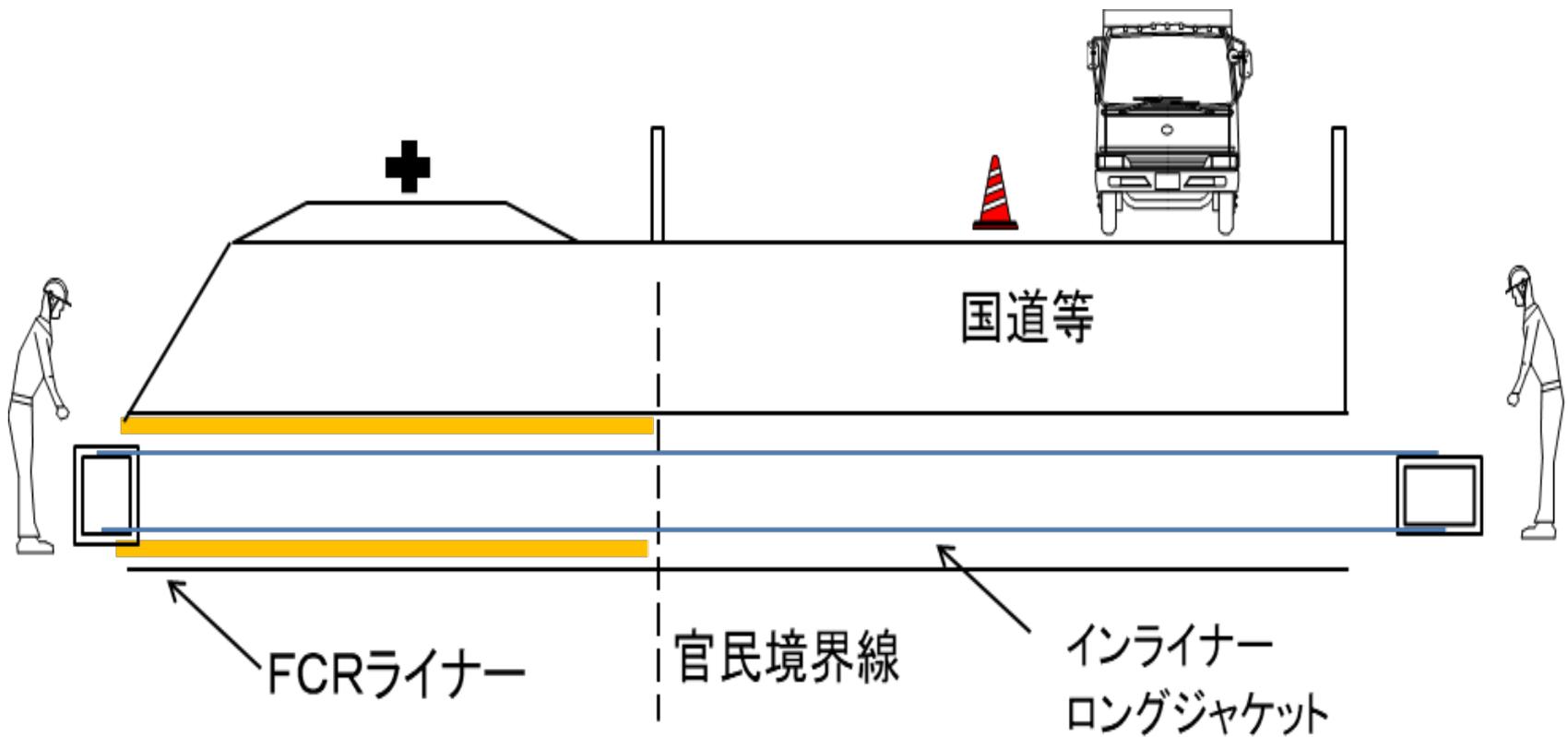




FCRライナー工法 (途中対応)

伏びの管口から
途中までの補修

※道路側の管口を使用できる場合





FCRライナー工法(大口径対応)

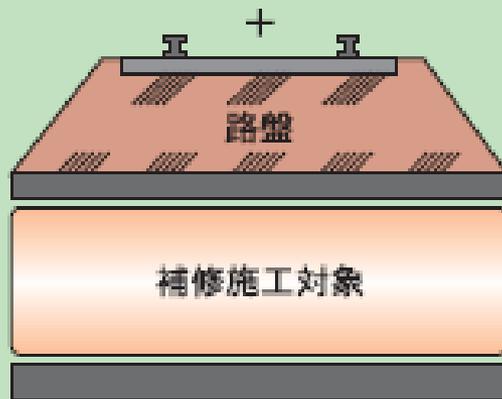
管径 ϕ 800以上の伏び、
橋梁の補修

FCRライナー工法(標準タイプ)は伏びの95%を占めている管径 ϕ 750までを対象にしていました。しかし、新幹線・在来線の一部にはそれ以上の管径の伏び・橋梁があります。

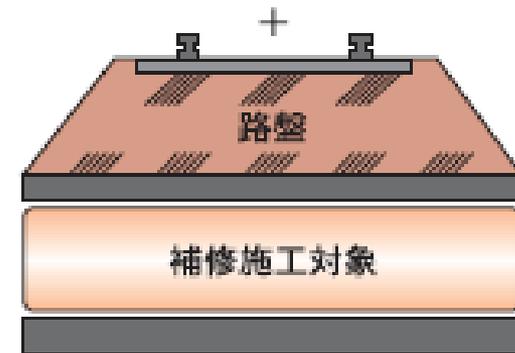
◆FCRライナー工法(大口径対応)と

FCRライナー工法(標準タイプ)の比較◆

FCRライナー工法(大口径対応)



FCRライナー工法(標準タイプ)

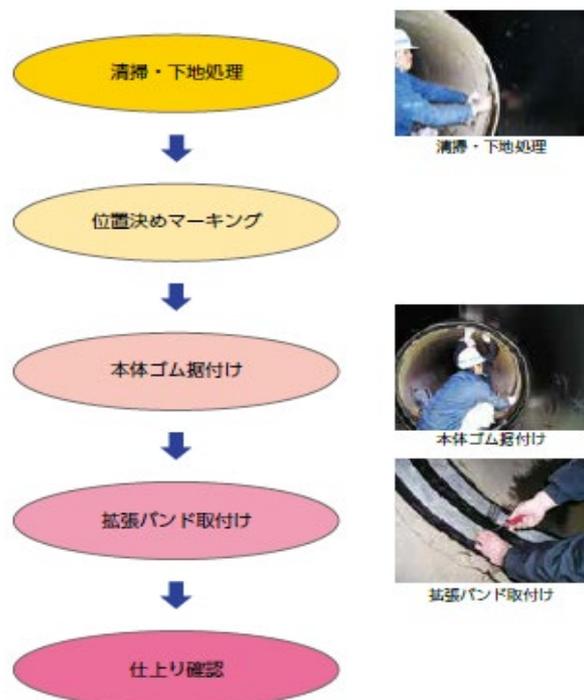




FCR INジョイント工法

大口径伏びの
ジョイント補修

■ 施工工程 ■



■ 施工例 ■



適用管径は800mmから2000mmで本体ゴムと拡張バンドにより構成。



FCR内圧ライナー工法

内圧管の補修

鉄道構内、発電所、融雪設備等に布設されている送水管等の内圧管に漏水や変状があった場合、管路の調査（腐食調査、漏水等の履歴調査等）により、その損傷や劣化に応じた補修をします。

※樹脂 ビニルエステル樹脂またはエポキシ樹脂使用。

特長

非開削で補修が行え、短時間施工が可能

曲管施工、長スパン施工が可能



FCR 応急措置工法

調査後すぐ応急措置

伏び調査を行った際、陥没の恐れがある場合、すみやかにFCR 応急措置をすることで通水を確保し、路盤陥没を防止します。
補修機材がコンパクトなため、どんな場所でも補修可能です。

調査後、通水を確保し **すぐ** 応急措置





FCRガラスライナー工法

破損した伏びの補修

カメラ調査の状況により破損した伏びの補修を行います。

※繊維材 ガラス・ポリエステル繊維使用。

特長

伏びの強度アップ

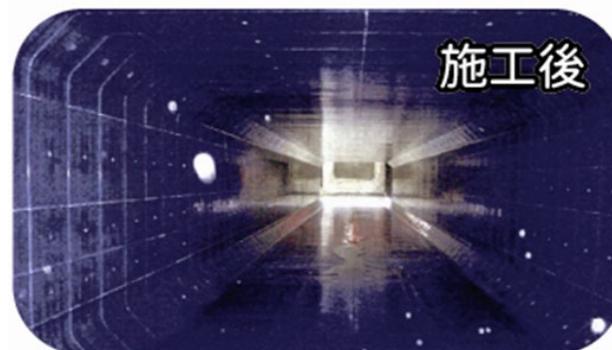


FCR 3Sセグメント工法

特殊大型機械が不要、
小スペースで施工可能

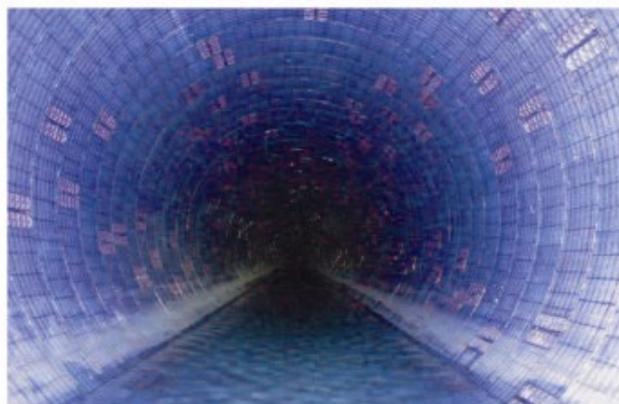
FCR3Sセグメント工法は、大型機械を必要とせず、小スペースで大口径伏びおよび橋梁の補修を可能にした工法です。

■ 施工状況 ■



■ 施工例 ■

φ 1,500 施工例



1,000×1,000施工例





FCR推進工法(鋼管タイプ)

発進側立坑のみで
施工可能

変状が激しく補修出来ない伏びには、FCR推進工法を使用します。
FCR推進工法は伏びの特長を充分考慮し、さらに安全な施工を最優先 課題
として現存工法を改善しました。

■ 施工状況 ■

掘進機設置



削進



排土



鋼管溶接



方向修正



刃先到達



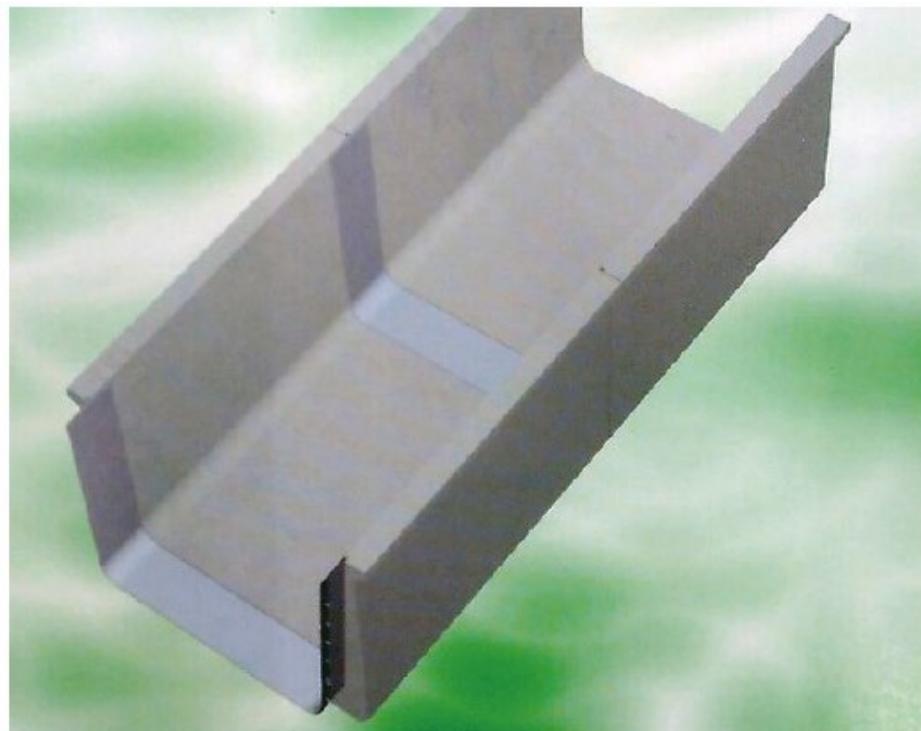
内管引抜・掘進機撤去



FCR IB-Mジョイント工法

開水路の目地補修

FCR IB-Mジョイント工法は、開水路の継手部からの漏水を防止する目地補修工法です。目地部に特殊繊維を積層したゴムシートを取付け止水します。水路の段差、目開きに対応可能で施工後の開水路の変位にも追従し、十分な止水性を維持します。

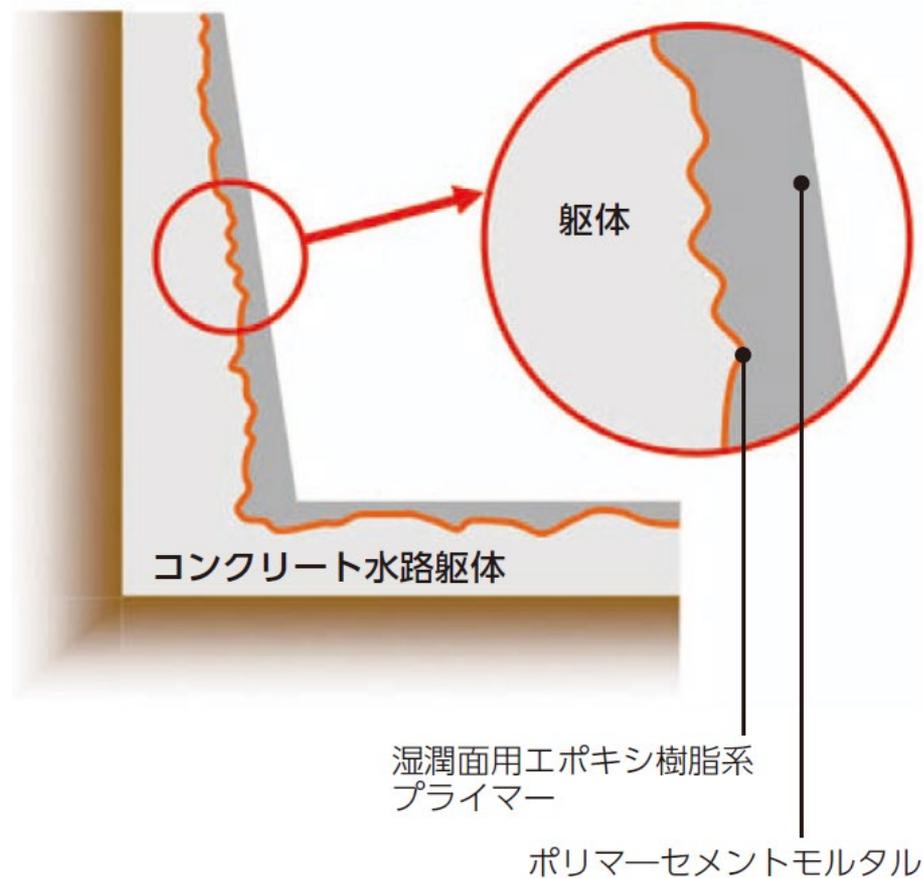




FCR水路再生モルタルライニング工法

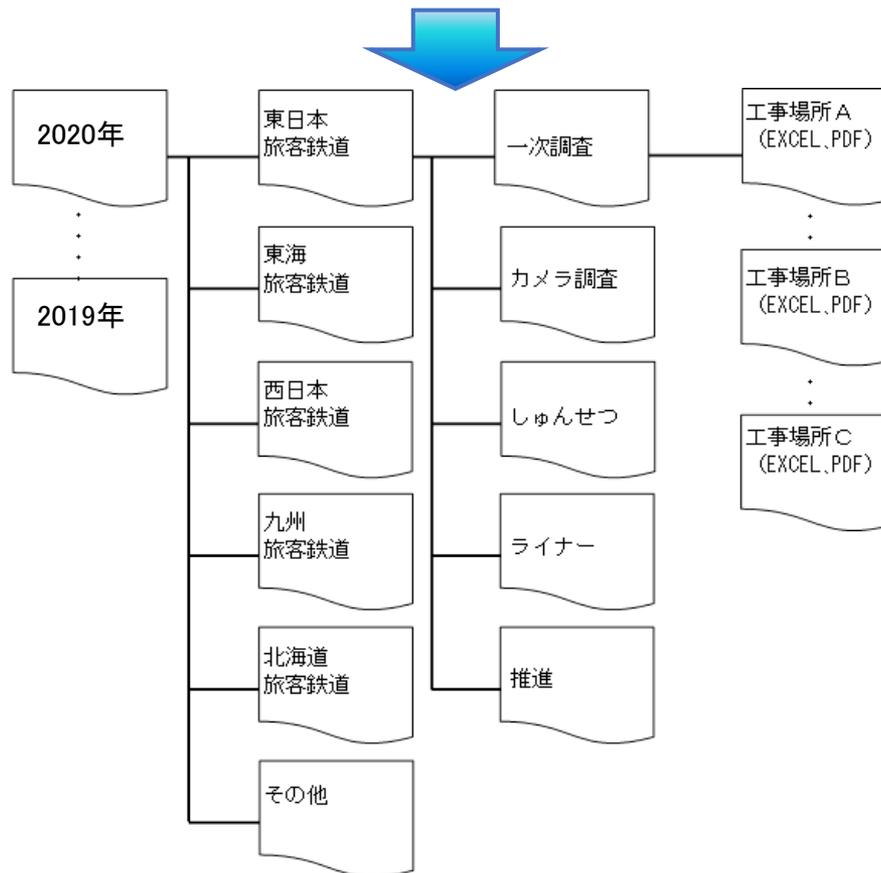
水路の補修

FCR水路再生モルタルライニング工法は、コンクリート水路の摩耗や浸食を受けた躯体表面に高耐久性を有するポリマーセメントモルタルを塗布し、平滑性、水密性などの機能の回復・向上を図る工法です。



報告書集のデータベース化

	報告書集ファイルの現状			
	標準報告書集 1 (エクセル)	標準報告書集 2 (写真集)	写真	ビデオ
一 次 調 査	○	○ (カラー)	○	—
カ メ ラ 調 査	○	○ (カラー)	○	○
し ゅ ん せ つ	○	○ (カラー)	○	○
ラ イ ナ ー	○	○ (カラー)	○	○
推 進	○	○ (カラー)	○	○



管路・水路関連事例

土木

建築

1. 車両センター／車両工場排水管補修

車両センター



管内



管路・水路関連事例

土木

建築

2. 駅構内 排水管補修

—線路閉鎖間合の中で補修—

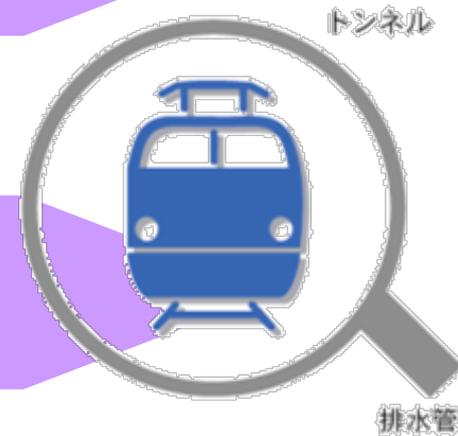
土木

3. トンネル内 排水管補修

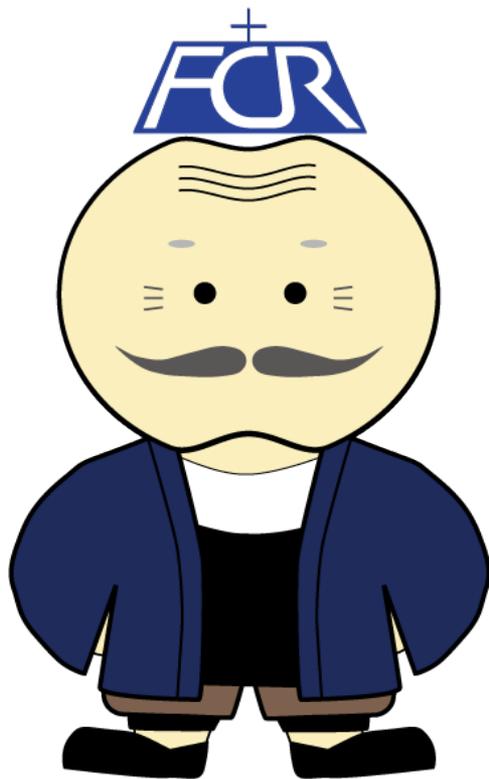
—線路閉鎖間合の中で補修—

土木

4. 線路下空洞探査



伏び講座



伏び講座のキャラクター
伏び爺さん



3.新しい挑戦

①伏び位置計測装置



伏び管内位置計測 2019年9月より

FCRライナー工法
施工困難な場合

開削



開削箇所の特定が必要



伏び位置計測装置
(管口からの管内経路と変状箇所を算出)

FCR推進工法 (高価)

FCR途中推進工法

伏び管内位置計測

計測原理

計測器に搭載したMEMS 3軸角速度センサからの角速度、ウインチに搭載したワイヤ巻き取り量検出用エンコーダから取得した移動距離をもとに位置計算。

MEMS角速度センサ

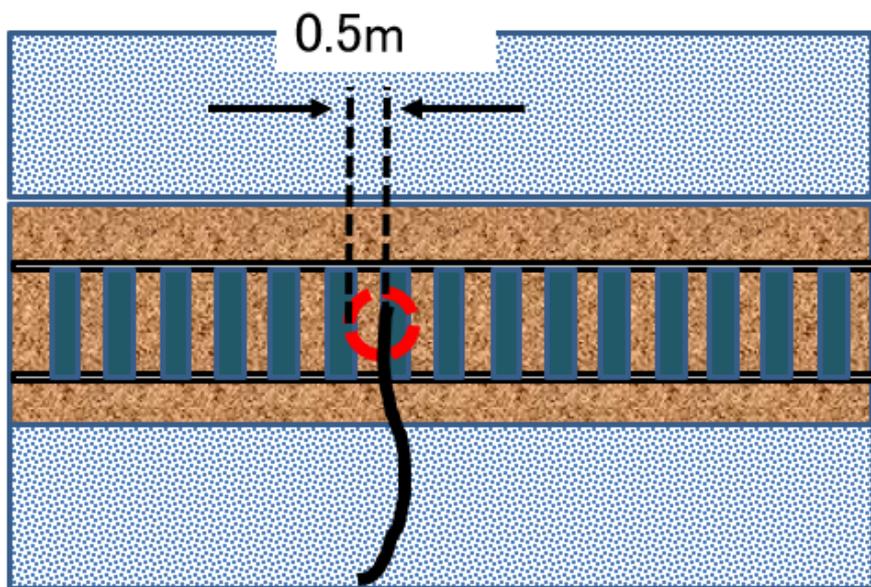


- ・ 深さ方向は気圧センサを使用

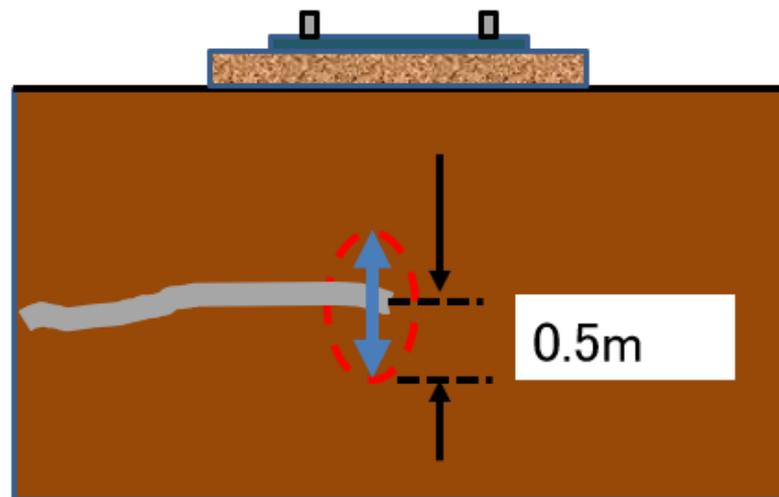
伏び管内位置計測

計測精度(伏び延長25mの時)

位置

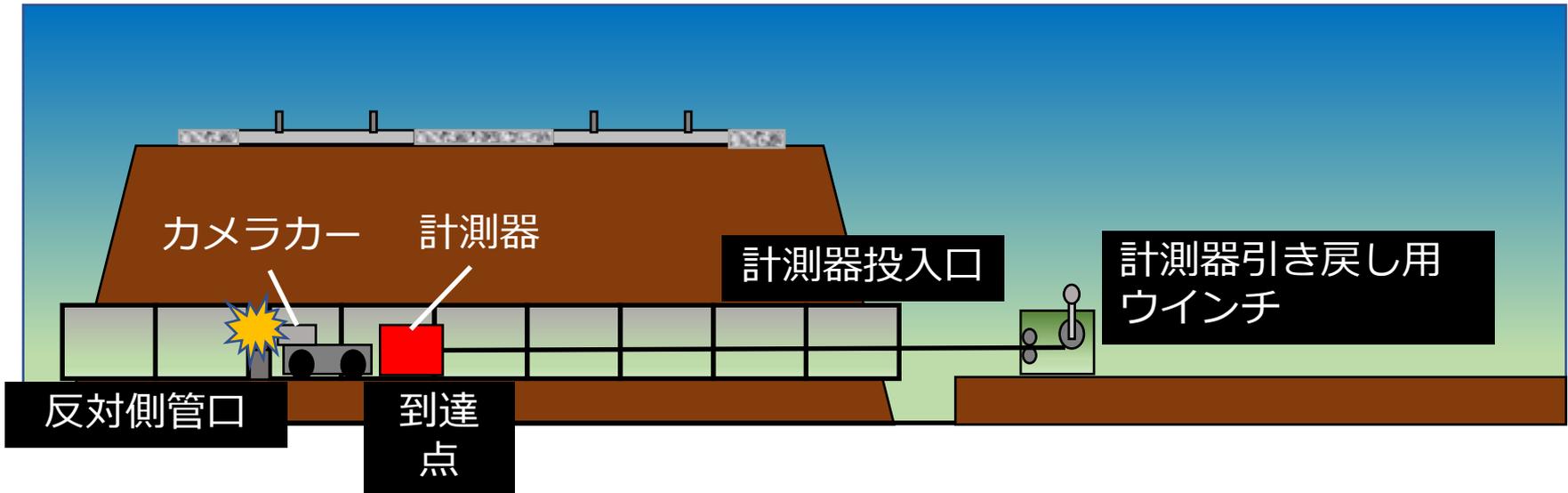


深さ



伏び管内位置計測

施工手順

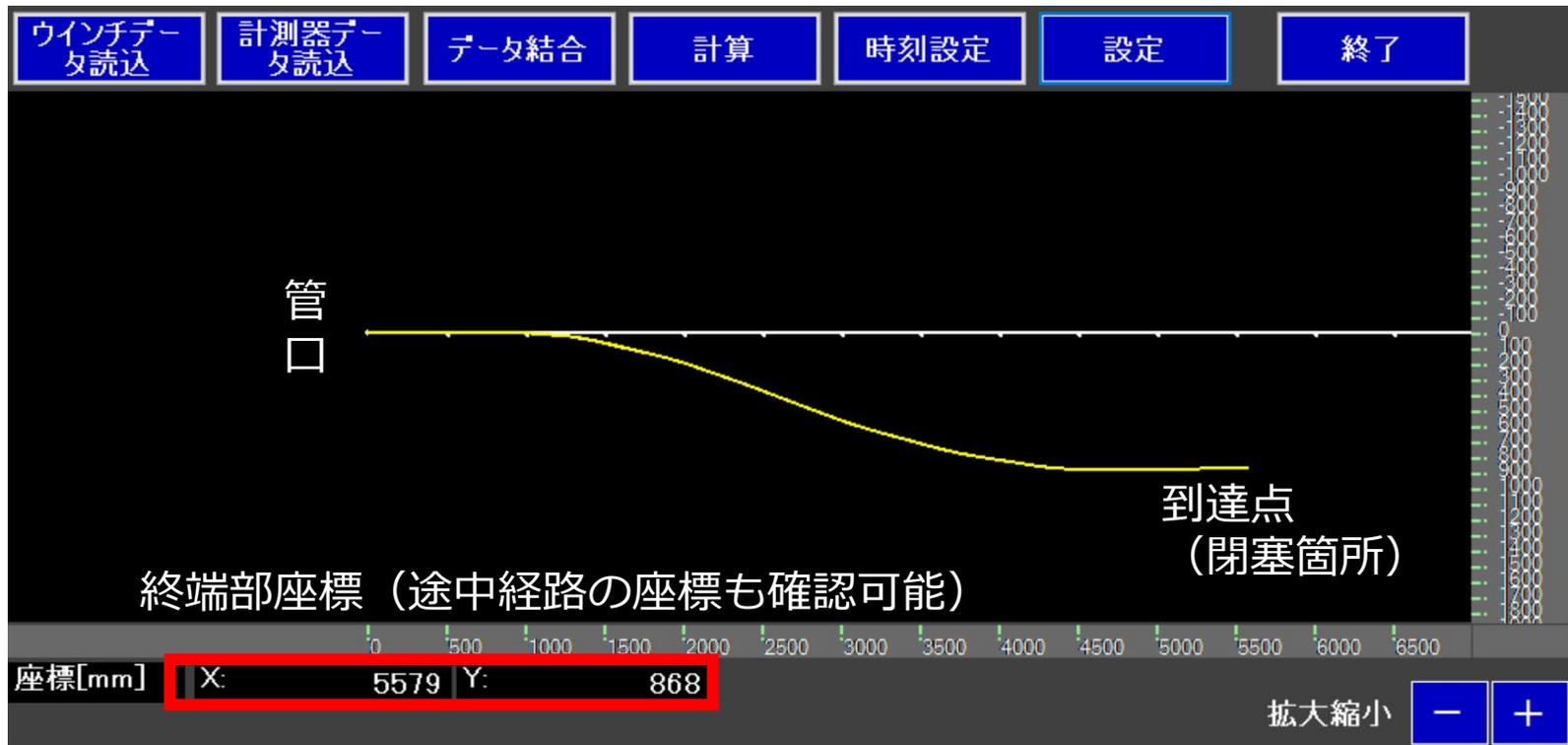


- ・ 計測器を反対側管口から通したワイヤで引き込む、またはカメラカーと連結させ、到達点へ移動
- ・ ウインチにより管口へ引き戻しながら計測

伏び管内位置計測

本装置の活用例

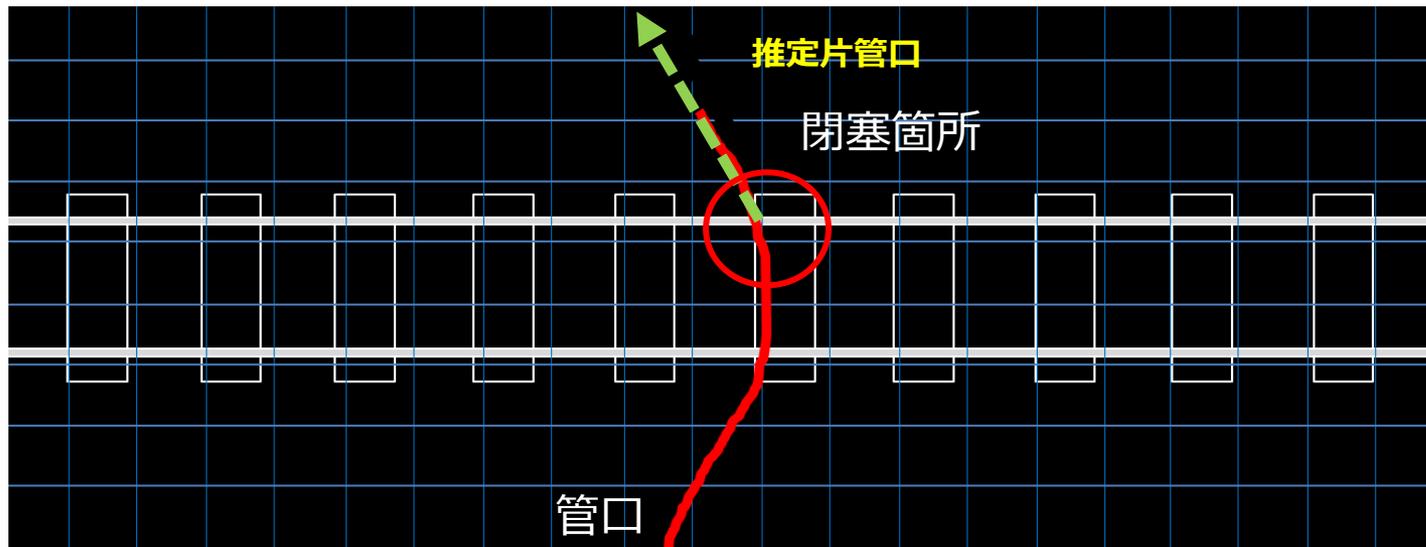
(1) 閉塞箇所の特特定 (X,Y)座標、例



伏び管内位置計測

本装置の活用例

(2) 不明片管口の推定



(3) 経路の特定

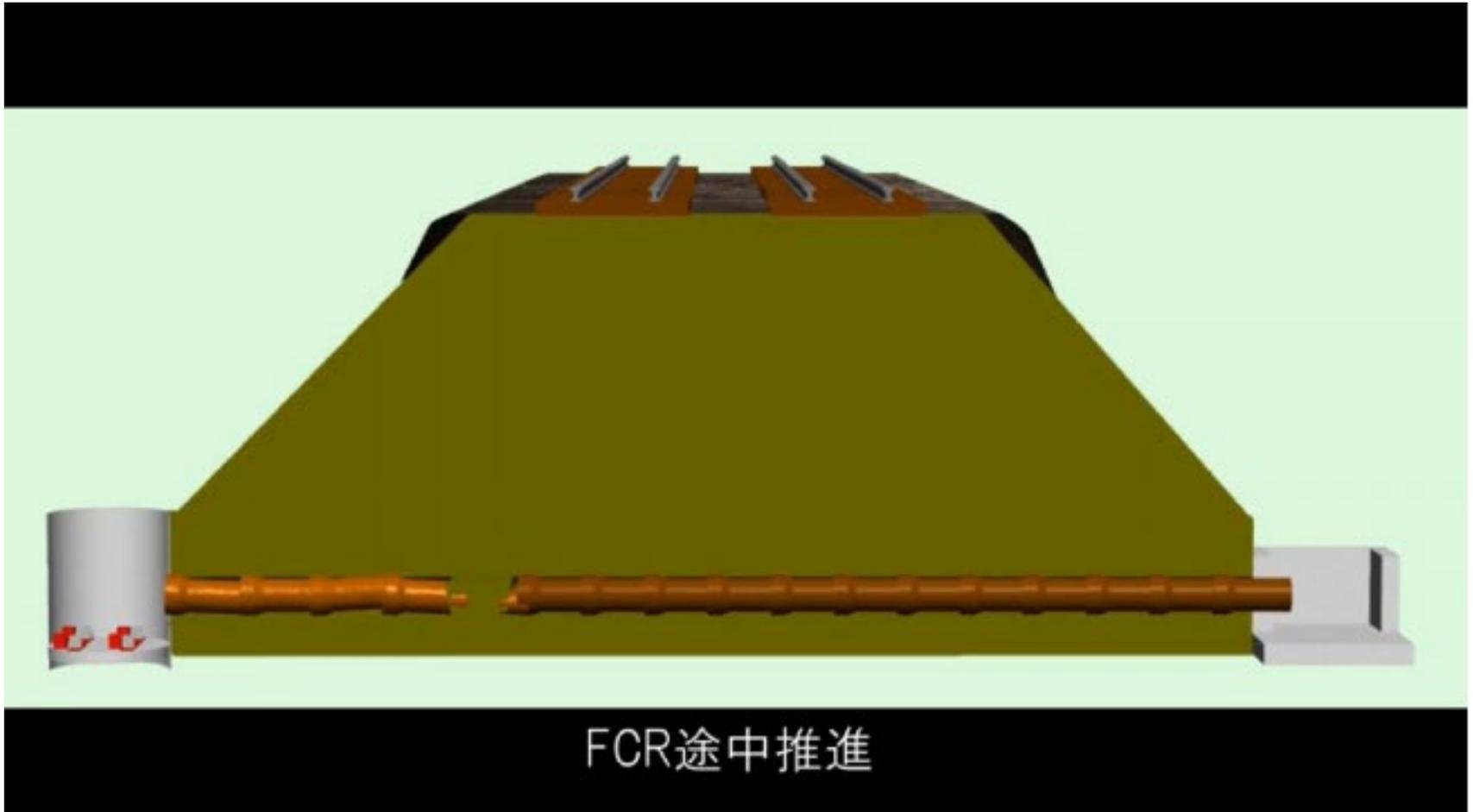
- ・ 導水管、水道管、下水管、ガスパイプ、ダクト等



4.新しい挑戦

② F C R途中推進工法

FCR途中推進工法



FCR途中推進工法

施工例

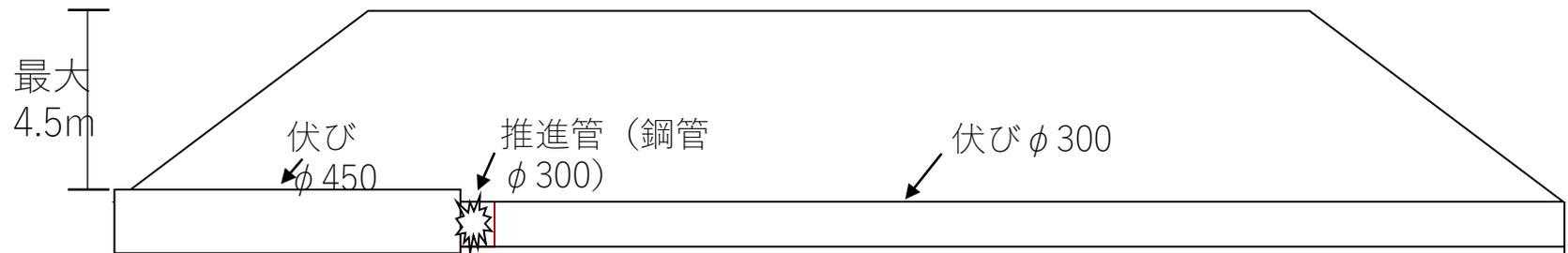
φ450とφ300の接続部で閉塞



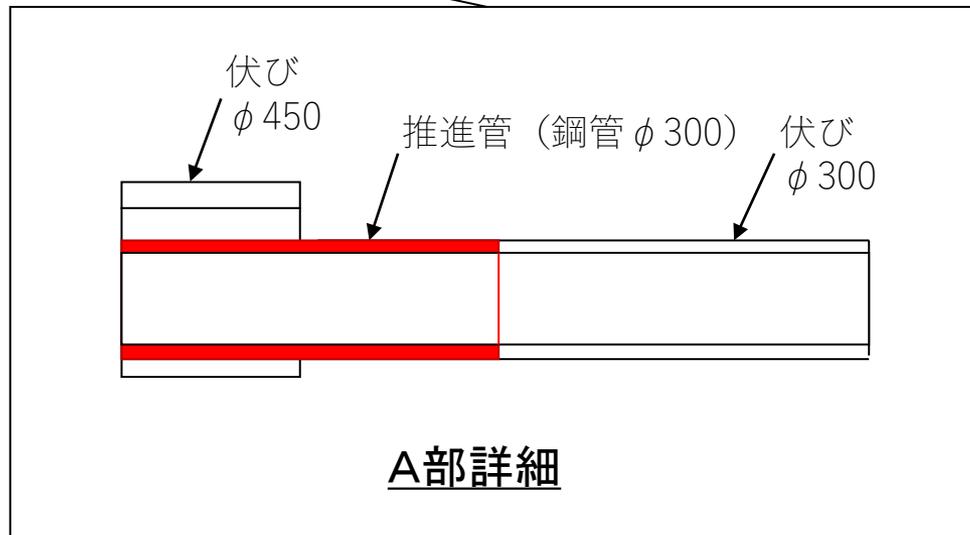
FCR途中推進工法

1. 伏び補修手順

(1) 推進工 ■



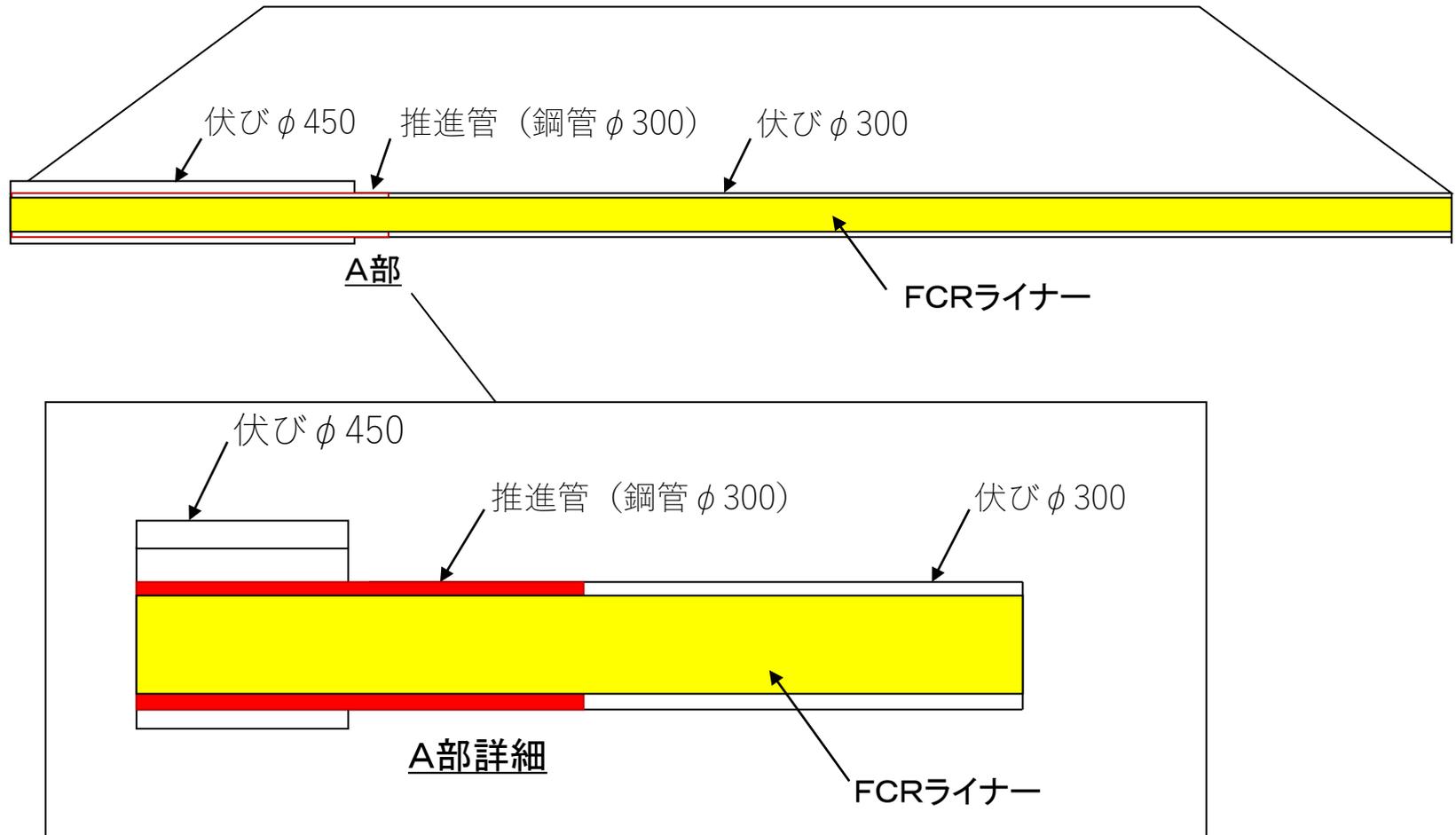
A部



A部詳細

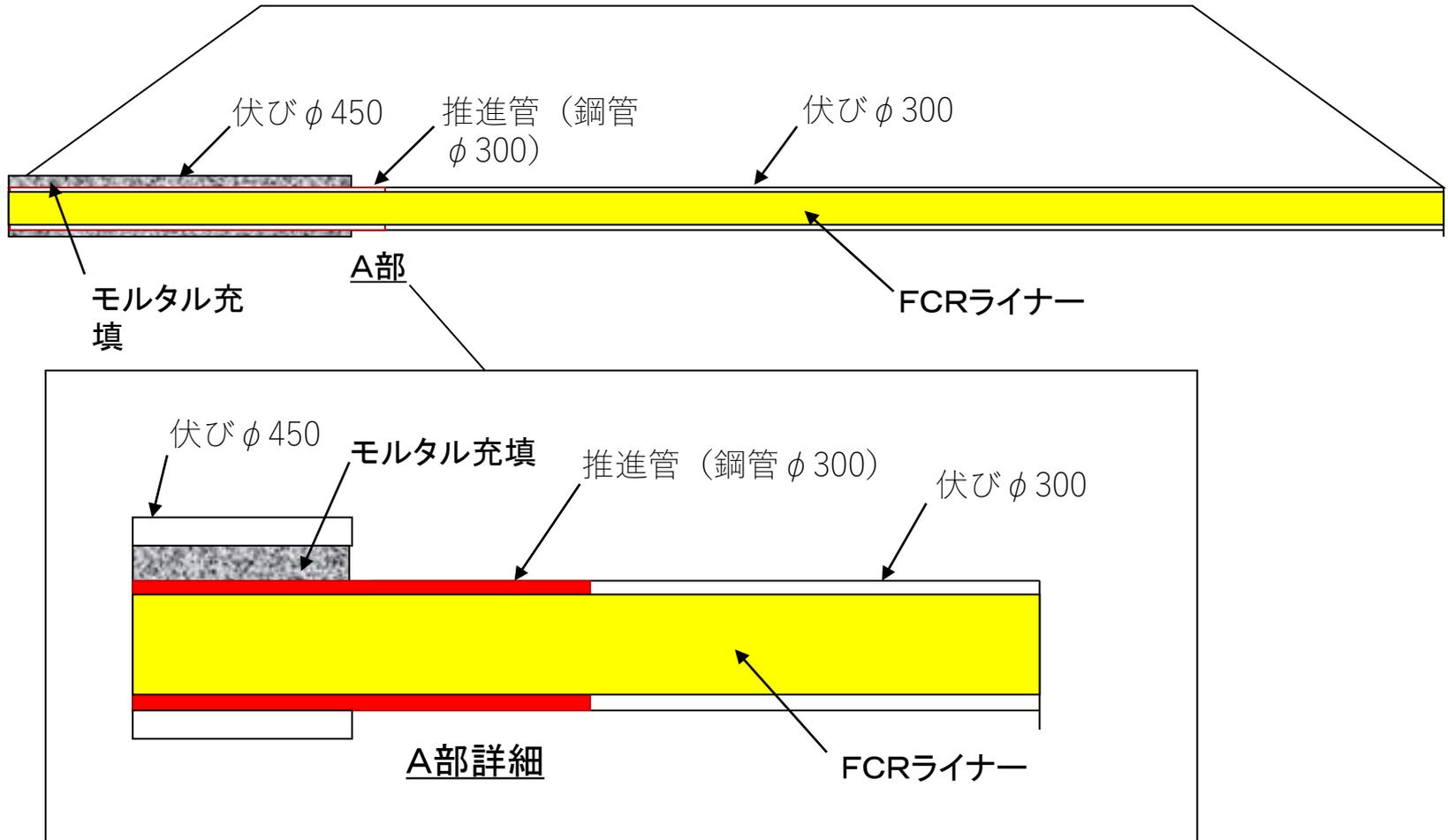
FCR途中推進工法

(2) FCRライナー工



FCR途中推進工法

(3)モルタル充填工



FCR途中推進工法

2. 特殊機材 特殊スペーサー



推進時の既設伏び
φ450mmと推進鋼管
φ300mmの振れ止め
および
モルタル注入時の
推進鋼管の浮上防止
用スペーサー

FCR途中推進工法

スパーサー取付け



FCR途中推進工法

3. 特長

- ・ 大口径側から大口径管路内を空押し
- ・ 閉塞部を貫通
- ・ 健全な伏びに到達するまで推進



大口径側が短く、閉塞部までの
距離が短ければ低コスト補修

FCR途中推進工法

4. 今回の工期

途中推進（今回）

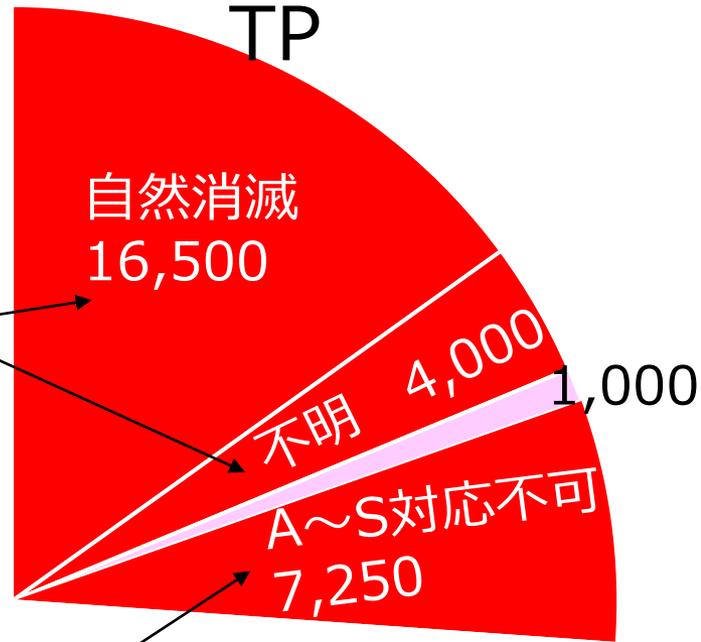
全長推進

立坑工	3日	3日
推進準備	1日	2日
推進工	4日	14日
搬出	1日	1日
ライニング	1日	1日
	1日	1日
埋戻し、整地	11日	22日

4. 今後の挑戦



残された伏び



突然線路陥没となって現れる
→空洞探査による
空洞、管路発見の精度向上

大型機材を運搬できないため、
簡易的な補修しか不可能
→人力で運べる機材での簡易補修工法の開発

対応可能
13,000

対応不可
27,750

残40,750

**F C Rは鉄道の安全、安定輸送を支える
伏びのメンテナンスを追求して行きます。**

