

寝屋川流域下水道 門真守口増補プロジェクト －魅力溢れる施工と空間利用－

2023年度 土木学会関西支部技術賞候補発表会

大阪府東部流域下水道事務所
株式会社ニュージェック
大成建設・村本建設・中林建設共同企業体

目次

はじめに(事業概要・工事概要)

1. 新しい技術

2. 使える技術

3. 成し遂げた技術

4. 喜ばれる技術

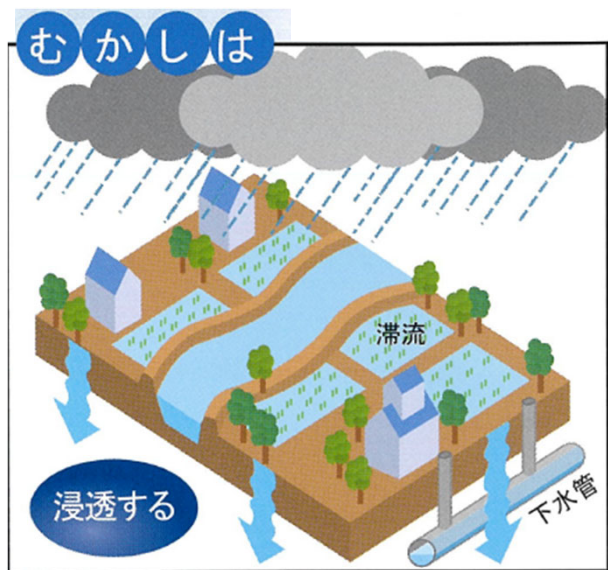
おわりに

寝屋川流域総合治水対策

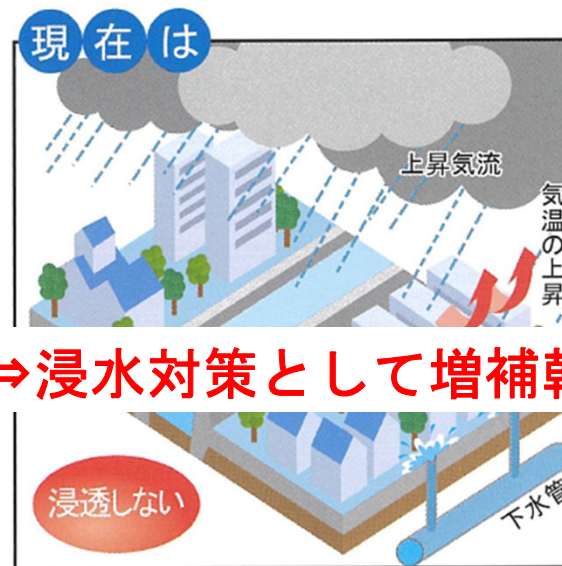
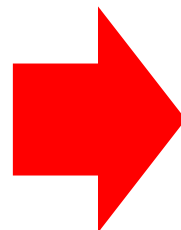
- ・ 地球温暖化による局地的な集中豪雨
- ・ 都市化の進展による下水道への雨水流出量の増大



浸水被害の危険性 (大)



昔は、田んぼや畑が多かったので、雨が降っても下水道へ雨水が入る前に、地面に浸透していた。



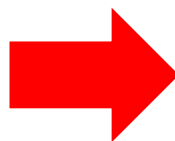
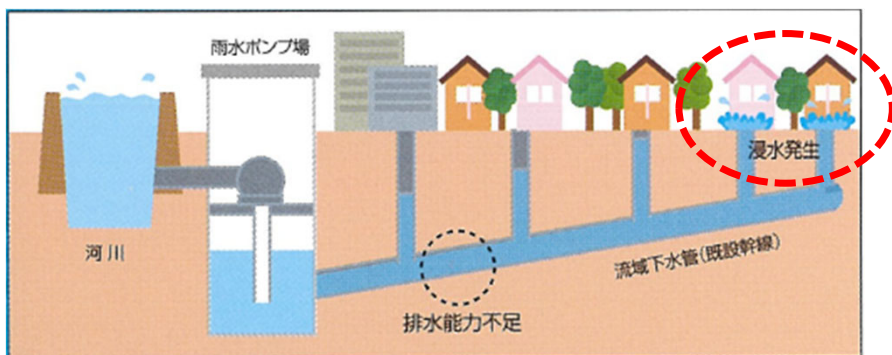
⇒浸水対策として増補幹線の整備を実施

現在では、家やビルが増え地面がアスファルトなどで覆われたため、降った雨が、一気に下水道へ流れ込み、浸水被害が起こりやすくなっている。

増補幹線とは

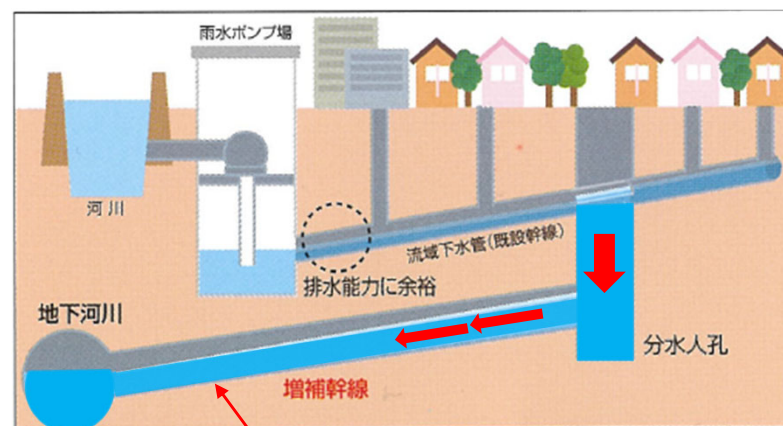
増補幹線のない場合

寝屋川流域の雨水ポンプ場・既設流域下水管は、おおむね3年に1度の大雨にしか対応できない。よって、流域下水管上流部の浸水発生の危険性が高くなる。



増補幹線ができると

排水能力を超える雨水を分水人孔(立坑)を介し、途中で**増補幹線**に落とすことで流域下水管上流部の浸水発生の可能性を低く抑える。



増補幹線

路線平面図

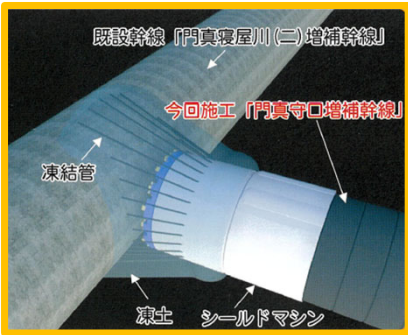


※写真は国土地理院より引用

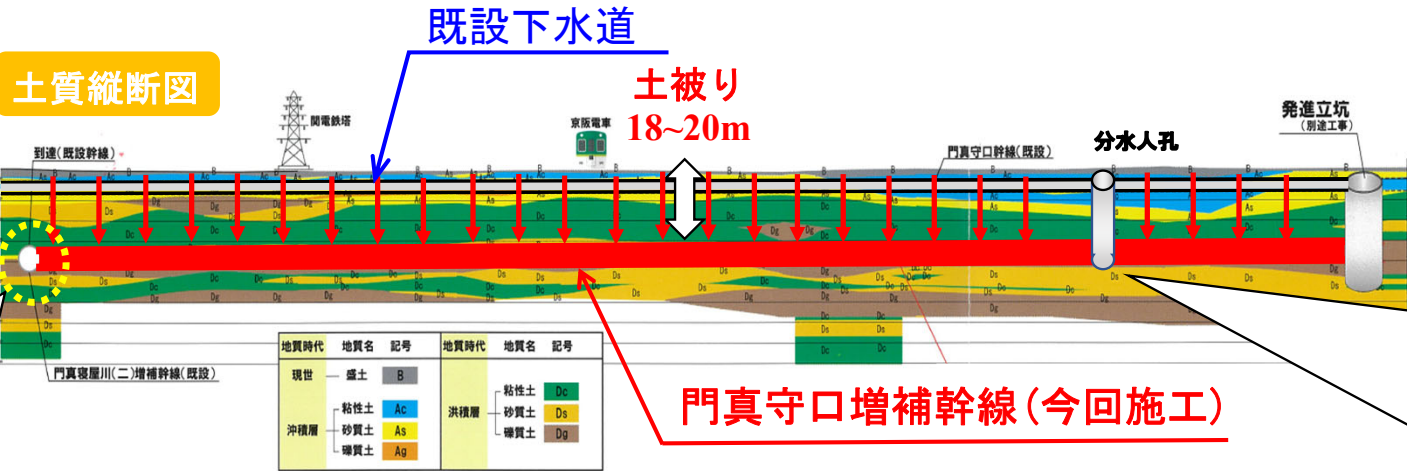
工事概要

| | |
|-------|---------------------------|
| 仕上り内径 | φ4200mm |
| 工事延長 | 1934.2m |
| シールド機 | 外径4.84m泥水式シールド機 (防爆仕様) |
| 土被り | 約18~20m |
| 土質 | 粘性土、砂礫土層 |

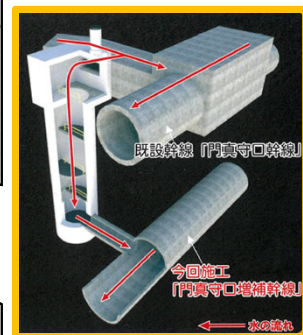
到達部(凍結工法)



土質縦断面図



分水人孔



目次

はじめに(事業概要・工事概要)

1. 新しい技術

2. 使える技術

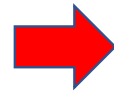
3. 成し遂げた技術

4. 喜ばれる技術

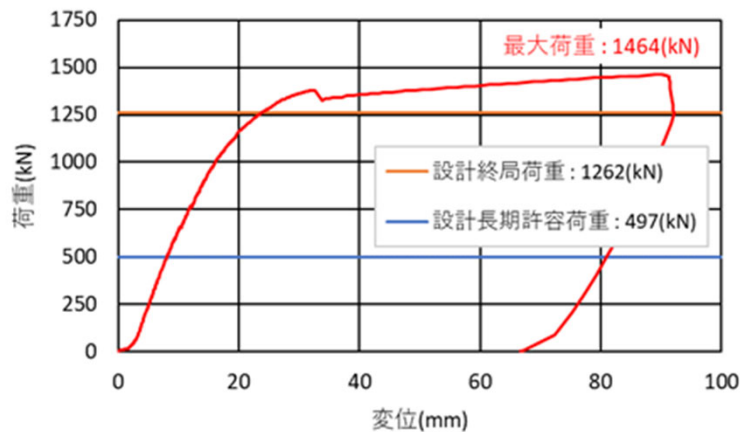
おわりに

合成セグメントの採用

- ・耐震基準（レベル2地震動対応）を満足すること
- ・内水圧への対応
- ・浸水対策の重要性による早期の供用開始



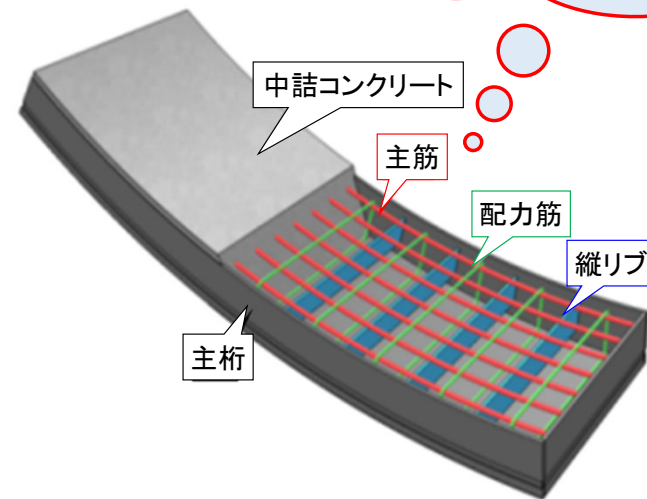
高い耐荷性能を有し、二次覆工を省略可能な合成セグメントの採用を決定



合成セグメントの単体曲げ試験を実施

- ・最大荷重が設計終局荷重1262kNを上回る
- ・靱性も要求性能を満たす

一部のセグメントに環境配慮コンクリートを採用（環境配慮型セグメント）



1. 新しい技術 合成セグメントの採用・環境配慮型セグメントの採用

環境配慮コンクリートの採用

セメント・ゼロ型 ⇒セメントを全く使用せず、高炉スラグと特殊な反応剤を用いて固める



同一強度レベルのコンクリートと比較して約1/4のCO₂排出量(83.3kg/m³)



600mm幅セグメントを5リング分(延長3m)に使用：コンクリート量=10m³
⇒削減した総CO₂排出量は約2.5t

※令和4年度土木学会技術開発賞を賜り
評価を得ることができた新しい技術です。

目次

はじめに(事業概要・工事概要)

1. 新しい技術

2. 使える技術

3. 成し遂げた技術

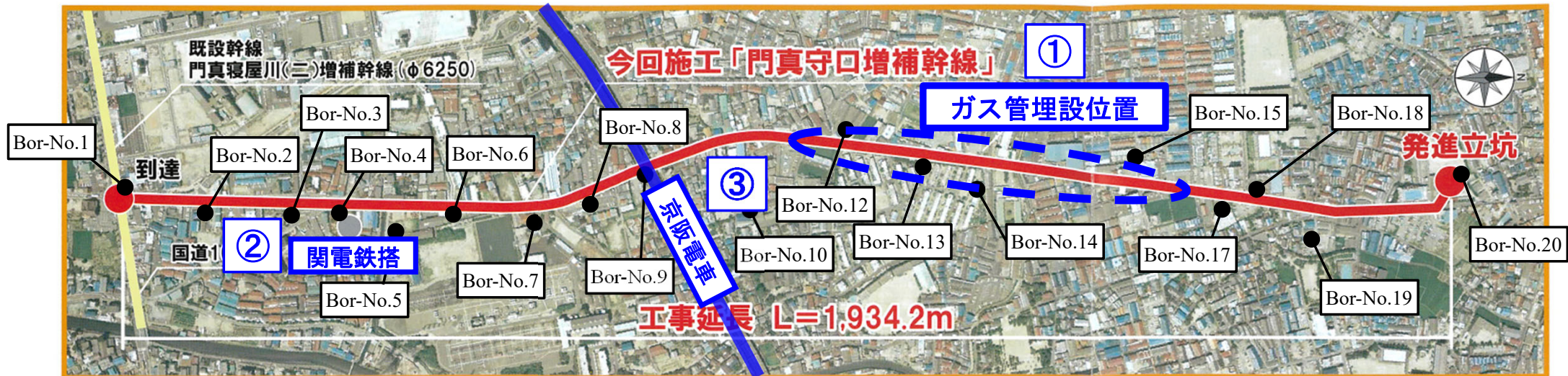
4. 喜ばれる技術

おわりに

近接構造物の存在

シールド路線において複数の近接構造物が存在

- ① 路線1.9kmのうち、約1/3程度において既設ガス管
- ② 関西電力鉄塔
- ③ 京阪電鉄高架

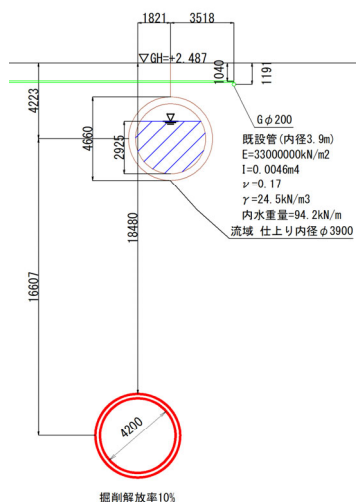


※写真は国土地理院より引用

ボーリング調査箇所20断面全てにおいてFEM解析を実施
⇒シールドトンネル掘削による影響を確認し、掘削時の対策工を判断

FEM解析結果と対策

- Bor-No. 15地点における地表面沈下の予測値は3.7mm
- ガス管の沈下予測値3.8mm（管理基準値15mm）



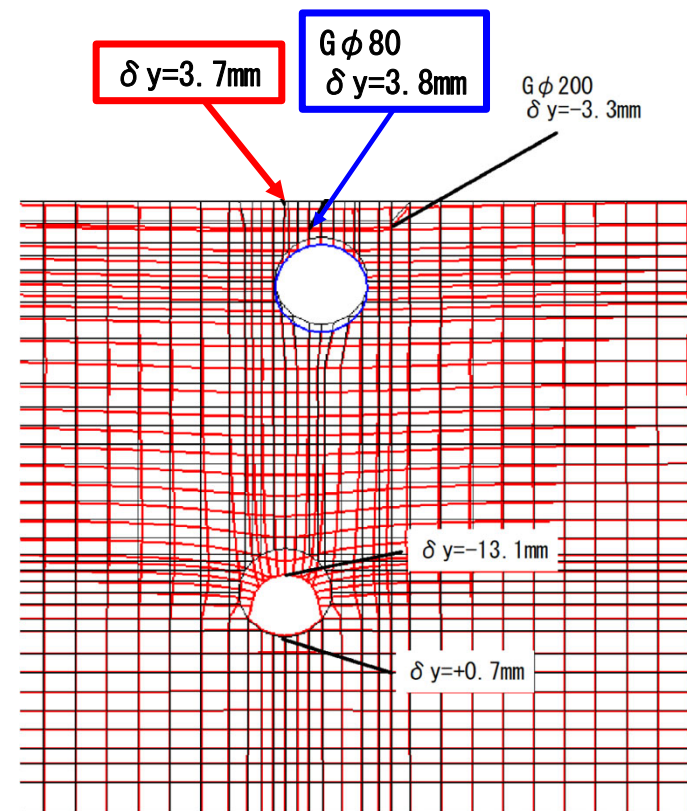
軟弱な地盤

No. 15
 $\text{FEM} \text{ } \gamma=24.5 \text{ kN/m}^3$
 $\text{E}=33000000 \text{ kN/m}^2$
 $I=0.0046 \text{ m}^4$
 $\nu=0.17$

| 設計モデル | | | | | | |
|-------|----|-------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| 土層 | N | γ (kN/m ³) | Φ (度) | C(kN/m ²) | E(kN/m ²) | ν |
| B | 14 | 18 | 29 | 0 | 39200 | 0.34 |
| As1 | 2 | 14 | 0 | 13 | 5600 | 0.45 |
| As2 | 4 | 17 | 25 | 0 | 11200 | 0.37 |
| AsAc2 | 1 | 14 | 0 | 6 | 2800 | 0.45 |
| As | 8 | 17 | 26 | 0 | 22400 | 0.36 |
| Dc1 | 3 | 14 | 0 | 19 | 8400 | 0.45 |
| Dg1 | 54 | 20 | 43 | 0 | 151200 | 0.24 |
| Ds2 | 49 | 19 | 42 | 0 | 137200 | 0.25 |
| Dc2 | 16 | 18 | 0 | 100 | 44800 | 0.45 |
| Ds2 | 49 | 19 | 42 | 0 | 137200 | 0.25 |
| Ds2 | 60 | 20 | 45 | 0 | 168000 | 0.23 |

▽計画基礎面

※変形係数は標準貫入試験より、 $E=2800\text{ N}$ として推定



大きな沈下予測ではなかった



シールド掘進における管理強化
 (スピード・ジャッキ推力・切羽水圧他)

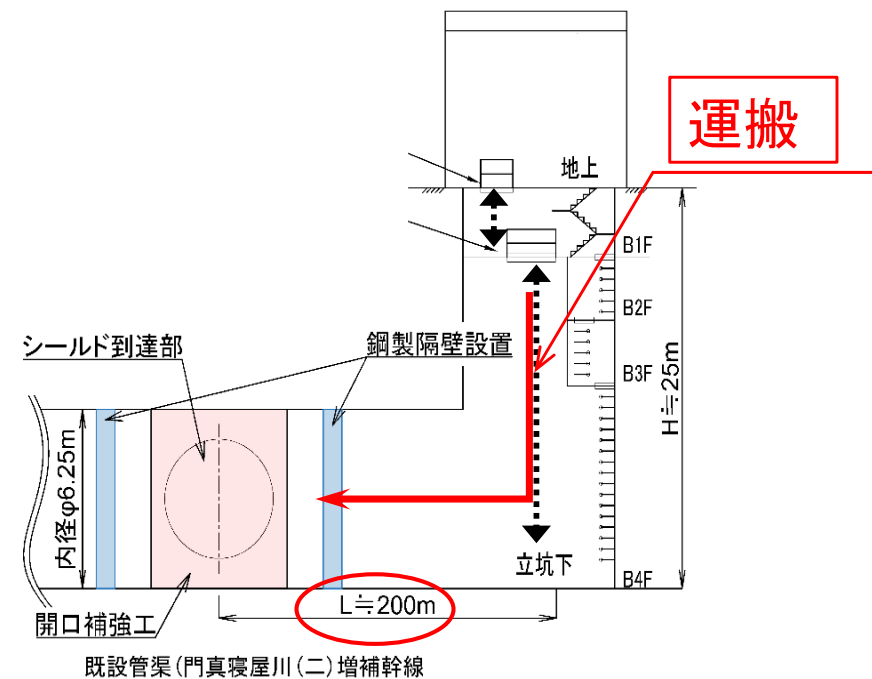
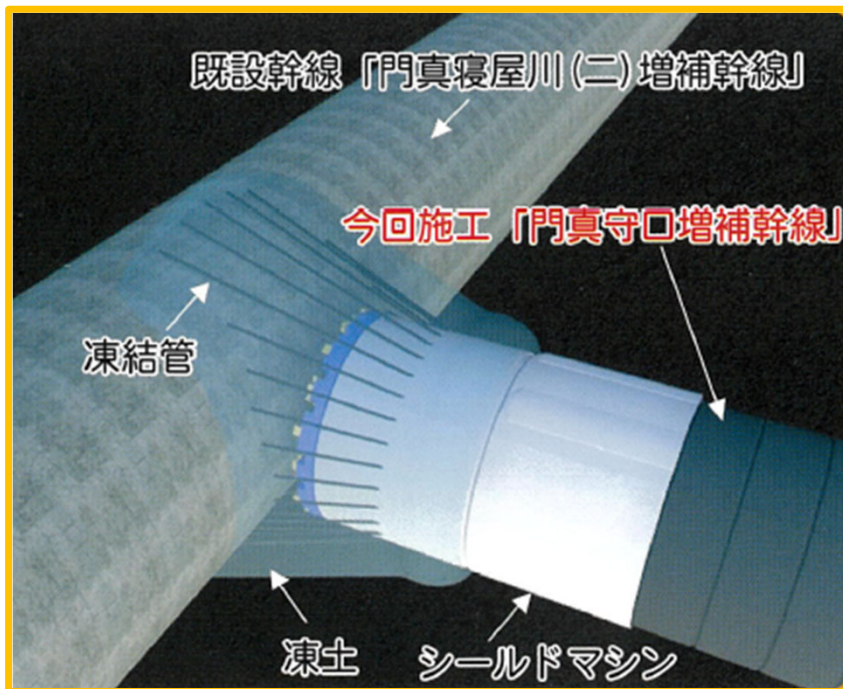


地表面沈下計測値は
 -2mmで完了

2. 使える技術 狭隘な既設管渠内におけるモノレール技術の採用

モノレール導入背景

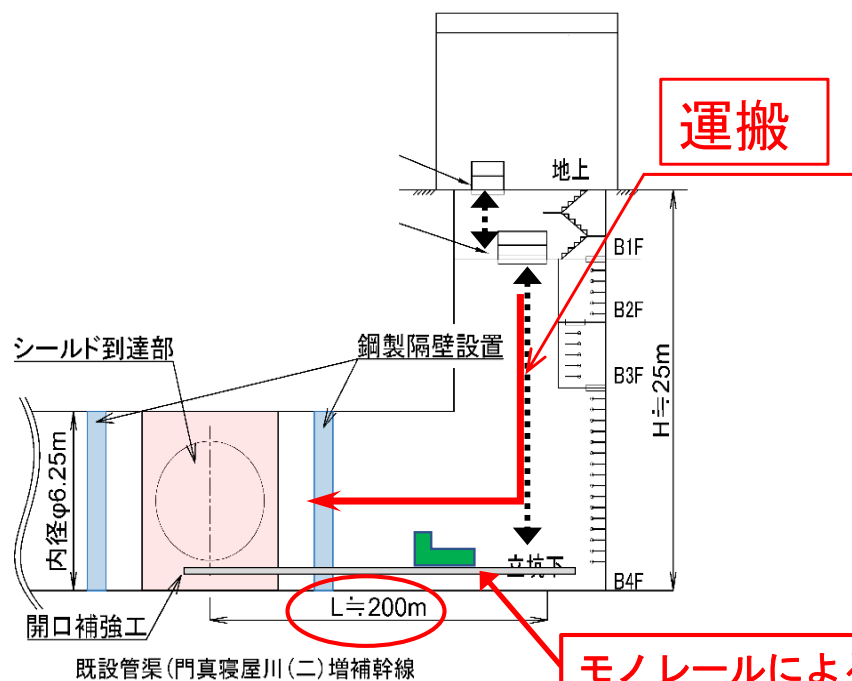
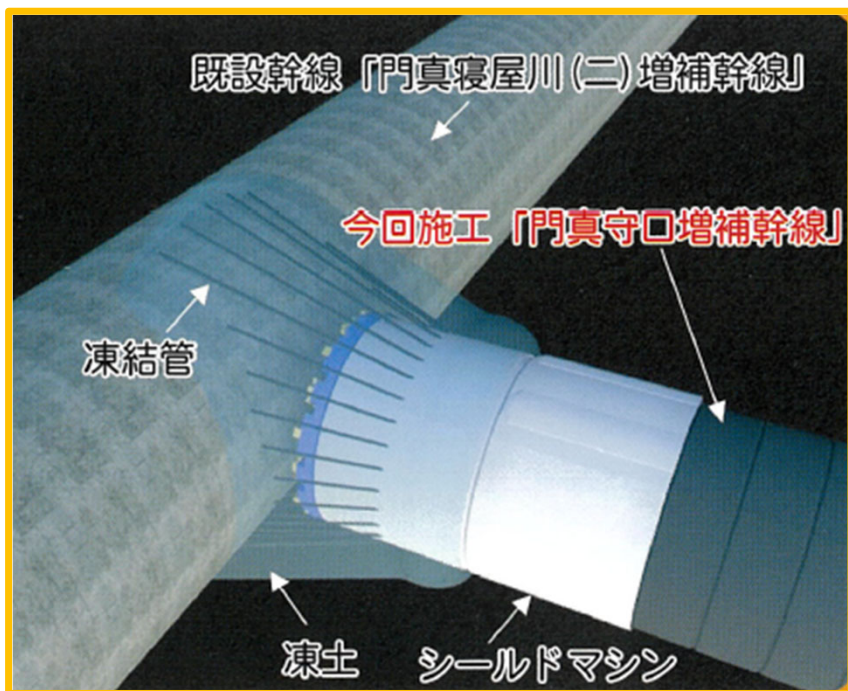
- ・ シールドトンネル到達部は、既設管渠に直接接続するため、開口補強などの事前施工が必要
⇒ 既設管渠の人孔から資機材を投入し、狭い管渠内を接続部まで約200m運搬



モノレール導入背景

狭隘な空間で、安全かつ既設管渠を傷つけずに資材運搬できるかが課題

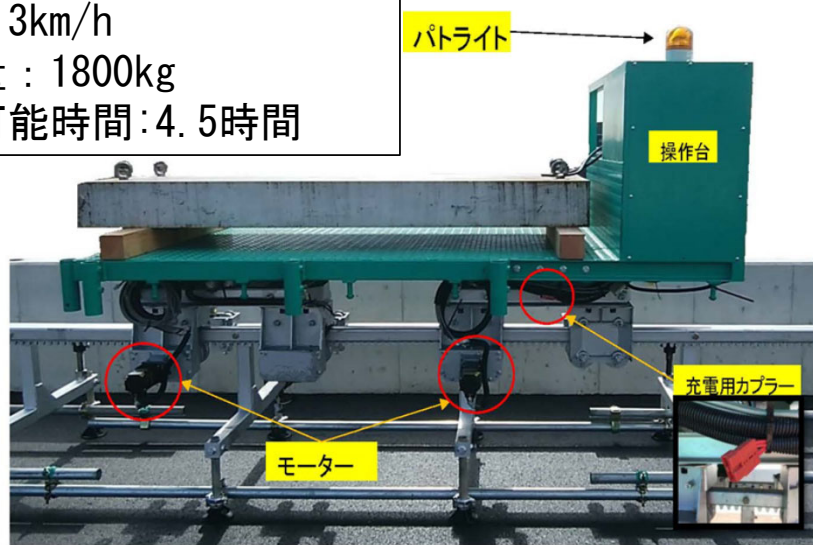
モノレールによる運搬方法を採用



モノレールによる資材運搬

モノレール仕様

- ・ 動力：バッテリー式
- ・ 走行速度：3km/h
- ・ 最大積載量：1800kg
- ・ 連続走行可能時間：4.5時間



効果

- ① 既設管渠内での資材運搬を効率化。
- ② 動力をエンジン式から電動バッテリー式へと変更し坑内の作業環境を改善。
- ③ 既設管渠を損傷する品質トラブルを回避。

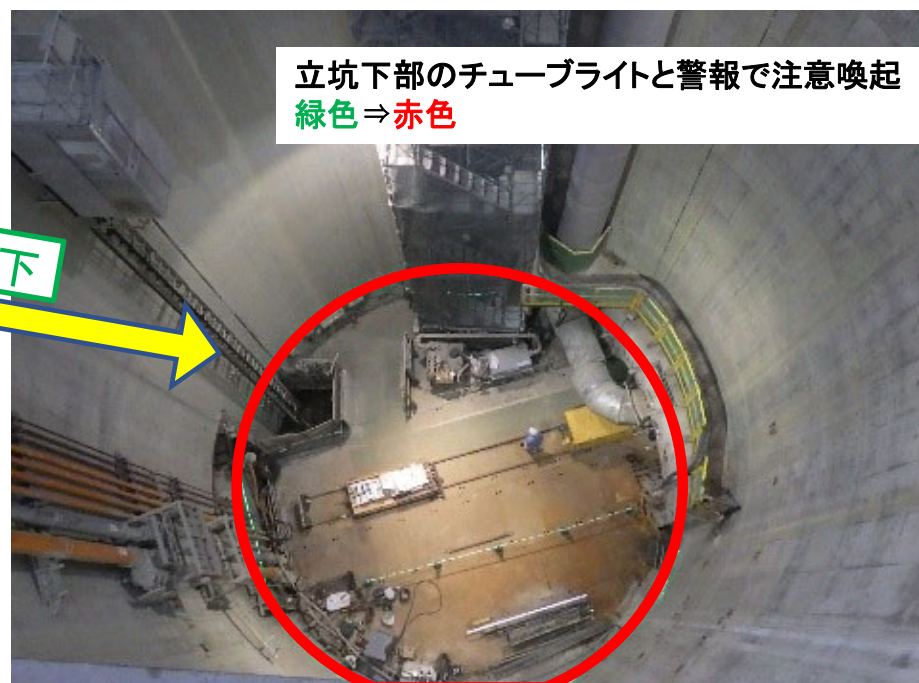
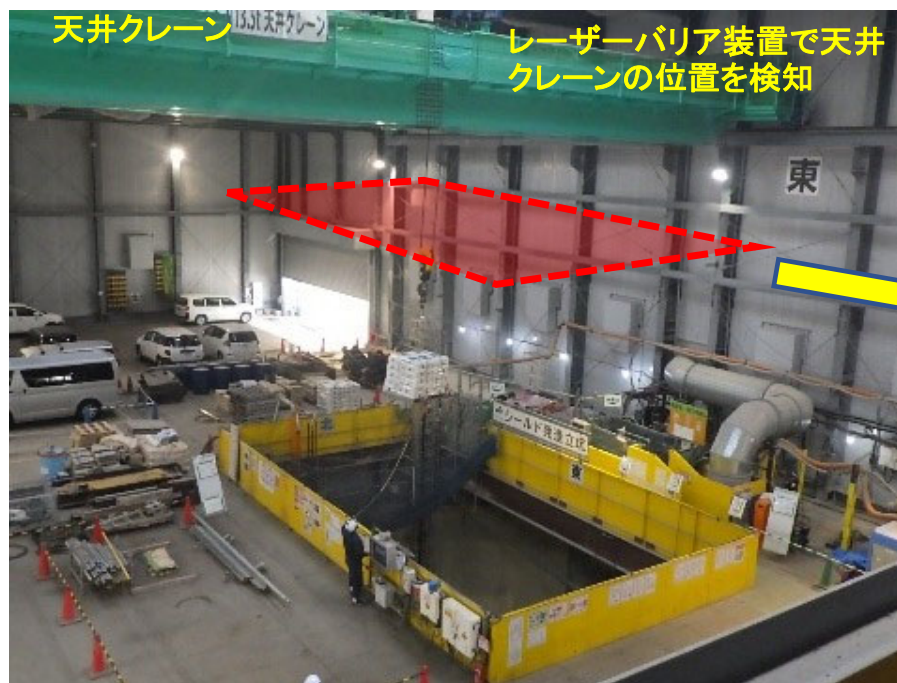
2. 使える技術 発進立坑における上下作業撲滅技術

15

立坑資材揚重作業へのレーザーバリアシステム導入

シールド工事では立坑揚重作業が多く吊荷下に人が入ってしまうリスク→重大災害へつながる恐れ
※多くの現場では、オペレータによる警報合図で人払いを実施

レーザーバリアシステムとチューブライトを組合せた警報システムを構築



オペレーターによる警報合図+チューブライトにより、立坑下で聴覚+視覚の注意喚起ができ、安全に揚重作業を実施できた。

目次

はじめに(事業概要・工事概要)

1. 新しい技術

2. 使える技術

3. 成し遂げた技術

4. 喜ばれる技術

おわりに

3. 成し遂げた技術 シールド掘進時に泥水機構技術を採用

- ・土質調査にて可燃性ガスの発生（メタン:最大33%LEL）
⇒泥土圧式シールドとポンプ圧送による工法



発進立坑施工中(他社)に、**レキ分(最大径240mm)が多く、ポンプ圧送に適さない土質**であることが判明
⇒配管閉塞しやすく、解除時に**メタン噴出リスク**



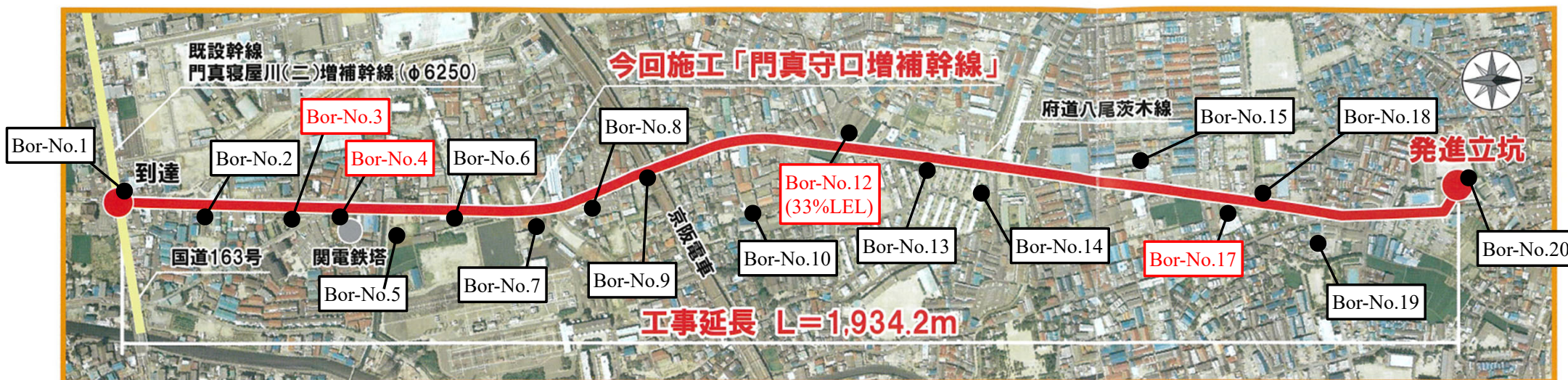
後続台車にクラッシャーを装備した
泥水式シールド工法へ変更

【変更に伴うデメリット】

- ・地上設備が多くなる ⇒設備配置計画の見直し
- ・振動ふるいによる振動⇒減振対策
(基礎コン体積を大きく、防振矢板等)

【変更に伴うメリット】

- ・配管閉塞時の解除作業に伴う、**メタン噴出リスク排除**
⇒**トラブル無く掘進完了**できた

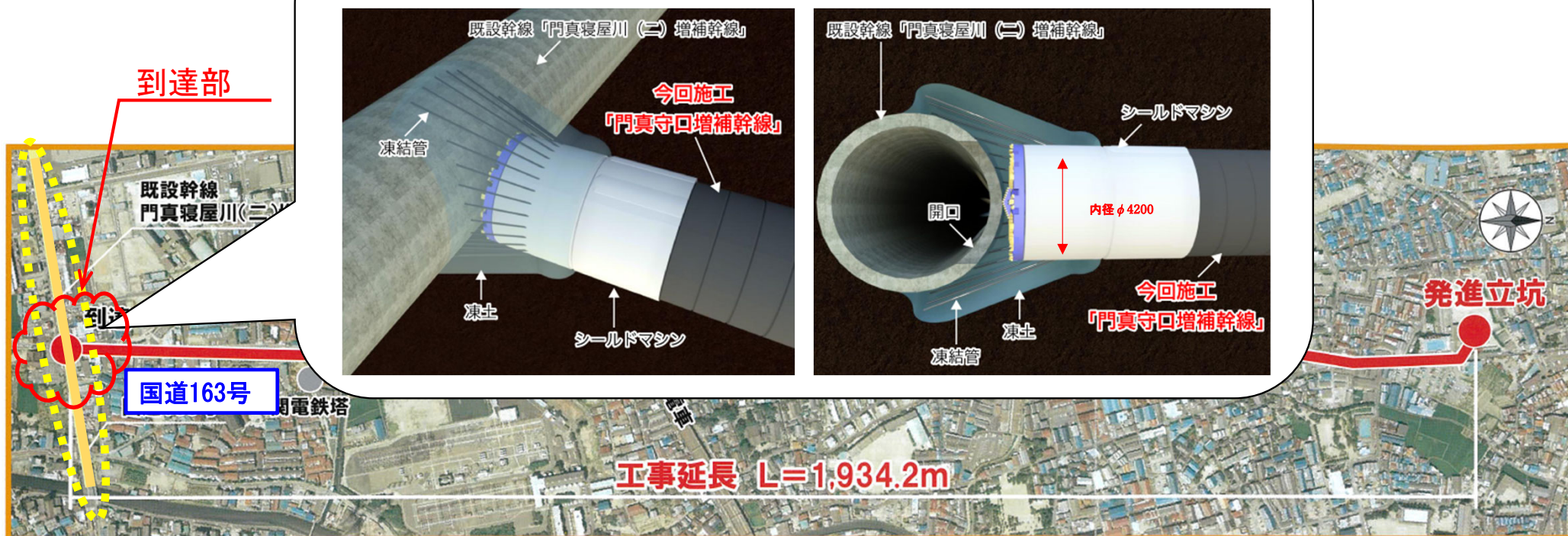


※写真は国土地理院より引用

接続箇所での地盤改良工における課題

- ① 接続部直上は国道163号であり、交通量が多く、夜間でしか施工できない
 - ② 各種埋設管が多数存在
- ➡ 地表面からの地盤改良工は、工期と品質の面で課題が多い

シールド機内からの凍結工法を採用



※写真は国土地理院より引用

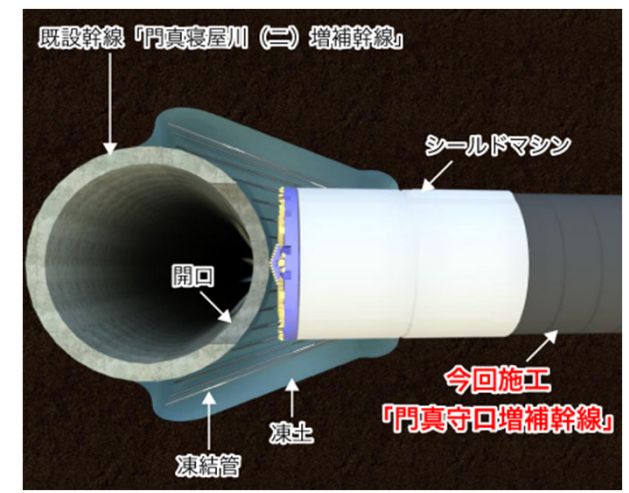
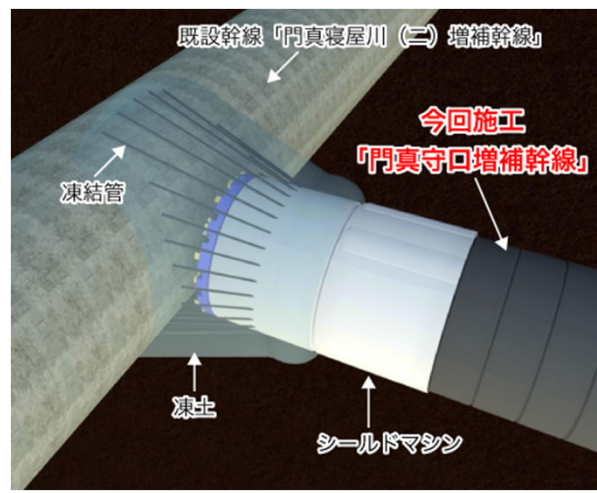
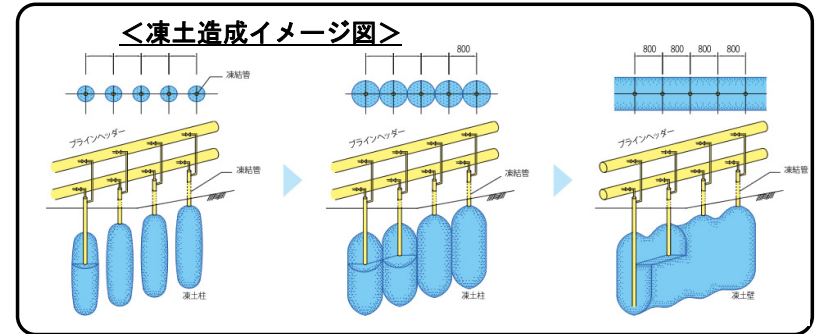
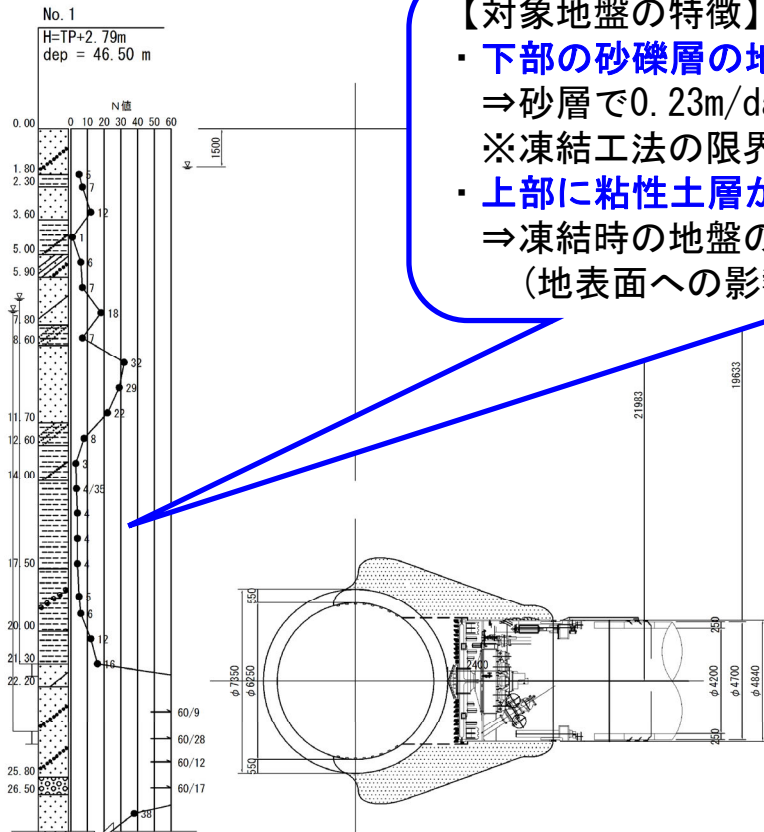
3. 成し遂げた技術 国道直下における接続補助工に凍結技術を採用

凍結工法施工計画

- ・地盤中に冷却液を循環するパイプ（凍結管）を埋設。
- ・冷却液（約-30℃）を流して土中の間隙水を年輪状に氷結させ、遮断・耐力壁を造成。
- ・凍土を解凍する際は、温水（約60℃）を流して強制解凍。

【対象地盤の特徴】

- ・下部の砂礫層の地下水流速測定
⇒砂層で0.23m/day、砂礫層で0.45m/day
※凍結工法の限界流速3.67m/day以下を確認
- ・上部に粘性土層が存在
⇒凍結時の地盤の膨張と解凍時の収縮
(地表面への影響大)

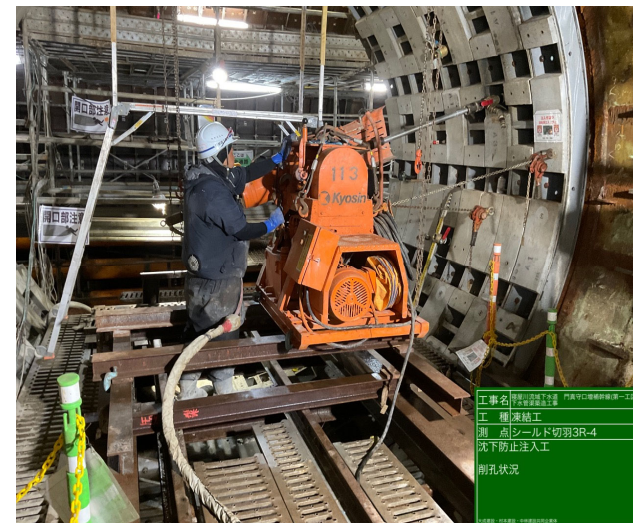
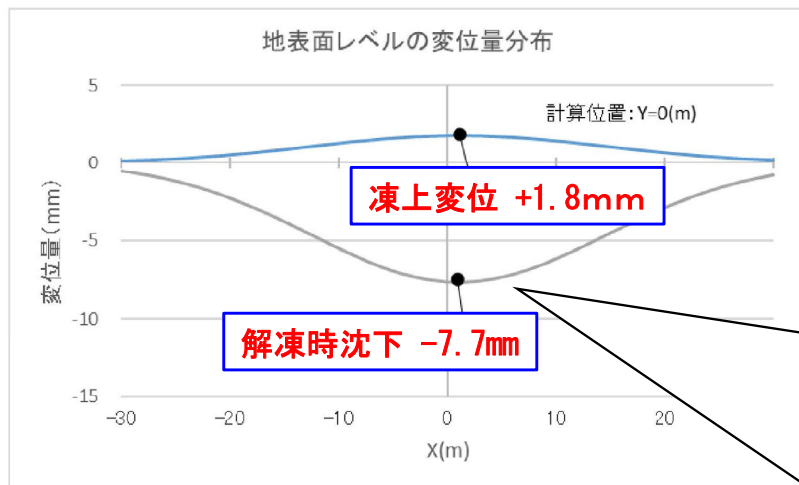


3. 成し遂げた技術 国道直下における接続補助工に凍結技術を採用

粘性土層の収縮・膨張に伴う地表面変位対策

地表面変位対策を検討するため、3次元凍上変位計算式を用い解析。

⇒解析結果は、凍上変位+1.8mm、解凍時変位は-7.7mm。



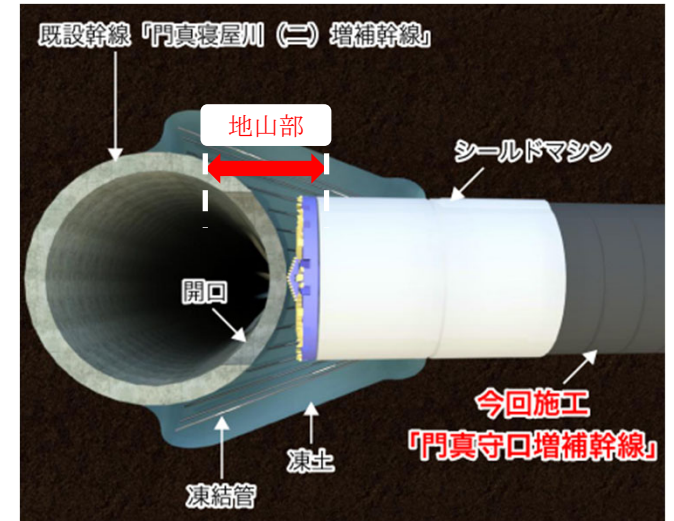
解凍時には、凍土の解凍に合わせ既設管変位・地表面変位計測を行いながら、接合箇所よりセメントベントナイトを注入した（総注入量35.6m³）。

3. 成し遂げた技術 国道直下における接続補助工に凍結技術を採用

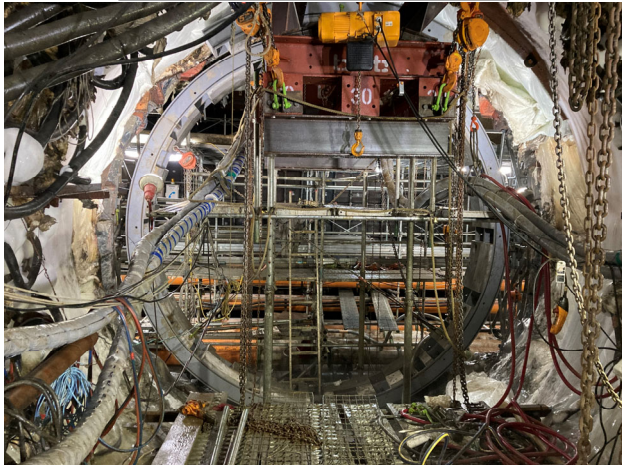
凍土造成



シールド機解体・既設管鏡切



セグメント組立(地山部)



凍土解凍後



セグメント組立(シールド機内)



凍結～接続完了までにおいて、地表面・既設管の変位を確認しながら施工し、無事に施工を完了

目次

はじめに(事業概要・工事概要)

1. 新しい技術

2. 使える技術

3. 成し遂げた技術

4. 喜ばれる技術

おわりに

4. 喜ばれる技術 防音壁の設置による騒音対策の強化

- ・住宅と近接した立地
- ・泥水機構を用いたシールド仮設備となり防音ハウスが大きく、さらに近接

➡ 工事開始時に、先行して**防音壁**を設置し、シールド機の組立や防音ハウス設置時の騒音対策を行った。



トンネル掘削中も車両出入りにおける騒音を低減するため、二重の対策。

4. 喜ばれる技術

【交通公衆災害対策の実施】



「交通対策優秀賞」
 一般社団法人日本建設業連合会関西支部

【下水道幹線坑内モデル撮影会への協力】



「地下20mの空間へ誘う」
 全日本写真連盟大阪本部

【人気歌手に施工現場を提供しMV制作協力】



MINMI - essence 【Official Music Video】

周辺住民の方々に最大限配慮した現場運営を行うとともに、普段なかなか接点のないシールドトンネルについて一般の方々に関心を持ってもらったことで、事業に対して理解と協力を頂くことができた。

新しい技術

・高い耐震性能を有したシールドトンネルにおける環境配慮型セグメント
⇒合成セグメントへの環境配慮型セグメントの導入

使える技術

・既往技術を応用・工夫した施工計画の立案
⇒シールド路線全線のFEM解析、既設管渠内モルタル導入、立坑警報システム

成し遂げた技術

・施工計画時の徹底的な調査・検討と施工管理の実践
⇒シールド掘削への泥水機構の採用、凍結技術の採用

喜ばれる技術

・地域住民を考慮した現場運営
⇒防音壁の設置、清掃活動、交通公衆災害対策、各種撮影協力

- ・多くの課題に対し、一つ一つ検討し、技術を駆使したことで、無事に工事を完了することができた。
- ・地域住民の方々に配慮した施工計画を心掛けたことで、良好な関係を築くことができた。

ご清聴、ありがとうございました。