

覆工コンクリートにおける 品質確保の取り組み

令和2-5年度 窪川佐賀道路不破原トンネル工事

西松建設株式会社

令和5年11月27日

未来を創る現場力

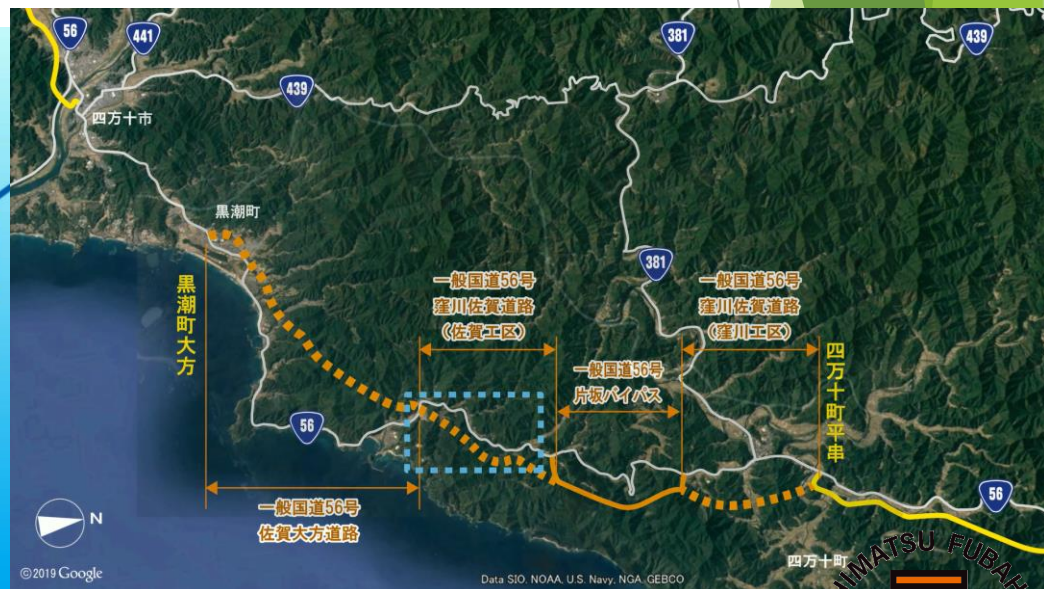
目次

1. 工事概要
2. 覆工コンクリートにおける施工課題
3. 品質確保の取り組み背景
4. 施工状況把握チェックシート
5. 表層目視評価
6. 不破原トンネルでの取り組み
7. 今後の課題

1. 工事概要

- 【工事名称】 令和2－5年度 窪川佐賀道路不破原トンネル工事
- 【工事箇所】 高知県幡多郡黒潮町小黑ノ川～黒潮町佐賀地先
- 【発注者】 国土交通省 四国地方整備局
- 【工期】 令和3年3月4日～令和6年1月31日
- 【請負者】 西松建設株式会社
- 【工事内容】
 - ・トンネル工(NATM) 発破工法 L=1,831m
 - ・インバート工 L=456.4m
 - ・坑門工 2箇所

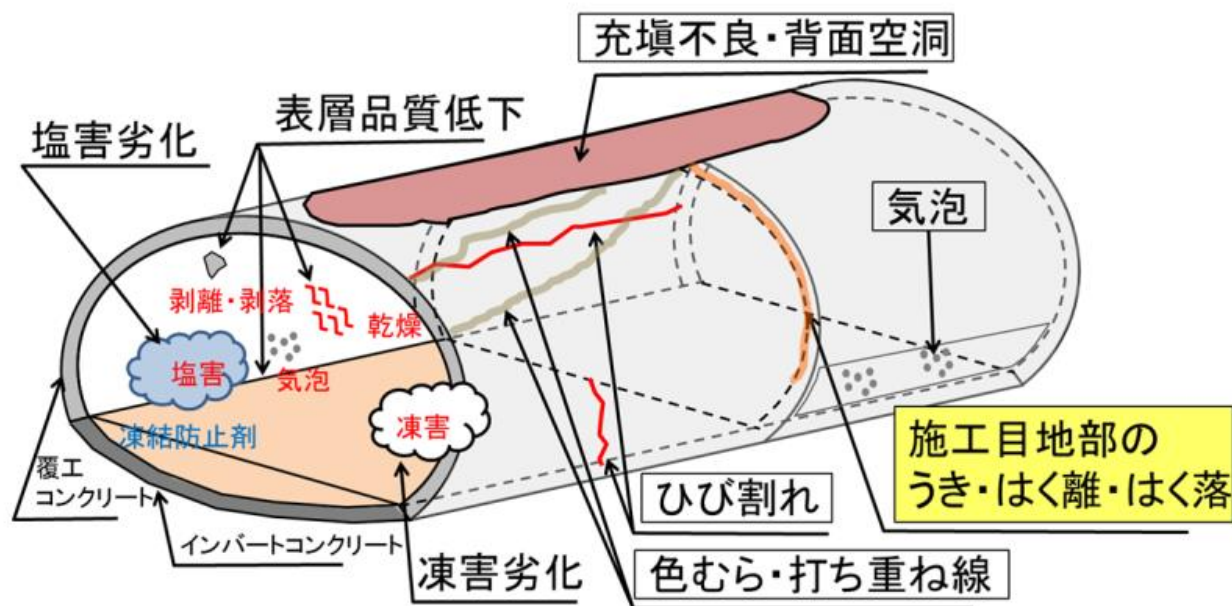
8の字ネットワークの進捗状況



2. 覆工コンクリートにおける施工課題

■ 覆工コンクリート施工の特徴

- ・ 吹付け面と型枠（セントル）に挟まれた狭小な空間での締固め
- ・ 打込み状況の目視確認が困難
- ・ 1回/2日の打設サイクル



※コンクリートの打込み・締固め時等の施工に起因する不具合が散見される。
⇒ 施工中に生じる不具合を抑制し、覆工コンクリートの品質を確保

3. 品質確保の取組み背景

3-1. 国土交通省からの指示内容

■ 特記仕様書（受注後に追加指示）

令和2-5年度 窪川佐賀道路不破原トンネル工事
特記仕様書
 (変更・追加)

第〇条 トンネル覆工コンクリート品質確保対策の試行について

1. 本工事は、施工由来のひび割れに代表されるコンクリートの施工中に生じる不具合の抑制と、コンクリートの表層品質向上を目的として、「表層目視評価シート(以下、「目視評価」という)」、「コンクリート施工状況把握チェックシート(以下、「チェックシート」という)」を用いる試行対象工事である。
2. 試行対象打設区間は、1区間とする。
3. 受注者は試行対象の全てのスパンで、「チェックシート」を用いて、コンクリート打込み時の施工状況をチェックする。(様式1「施工状況把握チェックシート(トンネル)」参照) 改善すべき事項があった場合には、次のスパンで改善を行うものとする。なお、受注者は、次スパン以降の対応等がわかる資料を提出すること。(様式自由)
4. 監督職員が、チェックシートを用いる場合には、1トンネルあたり2回以上をスパン毎に行い、改善すべき事項があった場合は、次スパンでの改善措置を、監督職員が通知する。なお、延長が2km以上となる場合は、1kmあたり1以上を目安に実施回数の追加を検討すること。
5. 受注者は、試行対象の全てのスパンで「目視評価」を行うものとし、改善すべき項目があった場合には、次のスパンで施工方法の改善を行い、施工中に生じる不具合の抑制を図るものとする。(様式2「表層目視評価シート(トンネル)」参照) 受注者は、実施した全てのスパンの目視評価の結果がわかる資料を提出すること。
6. 発注者が行う「目視評価」は、受発注者間で調整の上、「チェックシート」でチェックしたスパンと同一スパンで、監督職員を含む発注者が2名程度で行うものとし、実施時期及び回数については、別途監督職員が通知する。
7. 「目視評価」を行う項目については、以下のとおり。
 - ①剥離
 - ②気泡
 - ③水はしり・砂すじ
 - ④色むら、打重ね線
 - ⑤施工目地不良
 - ⑥検査窓枠段差
8. 発注者が行った「目視評価」の結果については、評価後、速やかに監督職員より通知し、改善すべき事項があった場合は、監督職員と受注者と協議の上、必要に応じて対応を検討する。
9. 「チェックシート」「目視評価」の詳細については、「コンクリートの品質向上に向けた試行工事实施要領」によるものとする。
10. 受注者は本試行について、見学会等の申し出があった場合には、これに協力するものとする。
11. 監督職員より、実施状況や改善点等を把握するためのアンケート等を求められた場合は、これに協力するものとする。

3. 品質確保の取組み背景

3-2. 西松建設における標準管理

- 覆工施工マニュアル ⇒ 品質向上のための**施工プロセス**（PDCAサイクル）
 - **覆工セミナー**（職員・作業員さんを対象にした教育）を2回（打設前および10SP程度打設後）開催
 - 『**トンネル覆工施工状況把握チェックシート**』に準じた施工管理を徹底
 - 『**覆工コンクリート目視調査評価表**』による定量的な評価の実施

トンネル覆工施工マニュアル
(山岳工法編 第一版)

平成27年 6月

西松建設株式会社 トンネル委員会

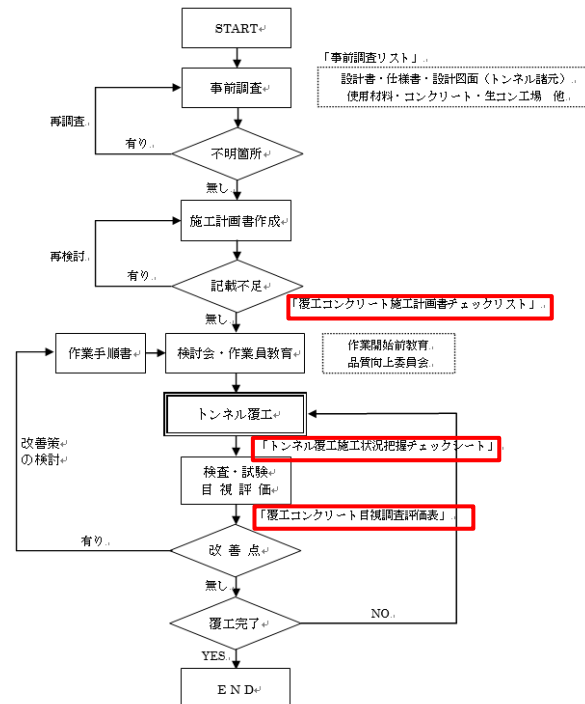


図-2-1 施工プロセス（PDCAサイクル）

4. 施工状況把握チェックシート

- トンネル特有の施工条件を勘案して、**施工の各段階における基本事項を抽出したシート**
- **コンクリート標準示方書通りの施工の実践を客観的に証明**

記録様式①案 トンネル覆工コンクリート施工状況把握チェックシート

事務所名	四国地方整備局	工事名	令和2-5年度 窪川佐賀道路不破原トンネル工事
トンネル名称	不破原トンネル	打設位置	打設番号: 88 BL
受注者	西松建設	確認者	竹内 梓
配合	21-15-20N	確認年月日	令和5年11月6日
打込み開始時刻	8:29	打込み時坑内温度	23℃
打込み終了時刻	15:02	打込み作業人員	7名
昼休憩時間	-	打設数量(m)	113.0 m
		パイプ台数	8台(予備含む)
		平均打設量	17.3m ³ /h

施工段階	チェック項目	記述	確認 シ点	なぜ(それを)チェックするのか	出来映えの影響						第三者被害防止に関する事項		
					①	②	③	④	⑤	⑥			
準備工	1.打設底盤に水たまりは無い、打設底盤の締固めは十分か		✓	・コンクリートの品質低下、不等沈下によるひび割れを防止する				○					
	2.既設コンクリートのラップ部に、セントルの過度の押上げによるひび割れはないか		✓	・半月状ひび割れが、うきからはく落となる懸念有り。第三者への被害防止を図る								○	
	3.型枠の設置場所は、敷均し良好な地盤で不等沈下の懸念はないか		✓	・不等沈下により、有害ひび割れの発生(半月状・横断ひび割れ等)						○			
	4.防水シートのたるみは適当であるか(張りすぎても不相当)		✓	・張りすぎると背面空洞及び漏水の発生につながる									○
	5.型枠表面状況は(ケレン残しは無い)		✓	・覆工表面の緻密性の低下(はく離付着により豆板の発生)	○	○							○
	6.剥離剤の塗布状況の確認(塗布もれは無い)		✓	・覆工表面の緻密性の低下(はく離付着により豆板の発生)	○	○			○				○
	7.施工目地材の固定は確実か、曲がりはないか		✓	・目地材の遊動により付着モルタルがはく落→第三者被害を防止する							○		○
	8.箱抜き型枠、セントルヒンジ部(縦断方向)に加工誤差による隙間は無い		✓	・モルタル分の流出による砂すじ・豆板の発生、緻密性の低下を防止	○	○							○
運搬	1.練混ぜてから打設終了までの時間は適切か	打設時間管理表 モクリ	✓	・長いと材料分離、スランプ低下、エア量の変動による施工性の低下を防止	○	○	○						○
	1.受入検査結果はコンクリートの規格を満足しているか	規格値OK	✓	・色むら・打重ね繰、豆板等が発生し、コンクリートの密実性が確保出来ない	○	○	○	○					○
打設	1.つま部のブリージングの排出は十分に行っているか	圧入透明型枠設置	✓	・施工目地部の強度低下による早期劣化、うき、はく離、はく落が発生するため				○	○				○
	2.締固め中にパイプレータを鉄筋に接触させていないか、鉄筋被りは適切か		✓	・鉄筋とコンクリートの付着不足、被り不足は鉄筋露出の原因となる				○					○
	3.左右対称に打設しているか		✓	・偏荷重による型枠変形や押出しによる施工目地部に不具合が発生					○	○			○
	4.コンクリート吐出口から打込み面までの高さは1.5m以下となっているか		✓	・材料分離による過大な気泡、豆板、ジャンカの発生及び品質低下を招く	○	○			○				○
	5.コンクリートの一層あたりの打込み高さは50cm以下か		✓	・締固め不足や材料分離を発生させない					○	○			○
	6.天端の吹上げ口周辺に、打込み当初の残留コンクリートはないか	残コン除去	✓	・打重ね繰、うき、はく離、はく落の発生防止	○	○							○
	7.打設口(検査窓)の閉鎖状況(締め付け)は十分か	打設後再確認	✓	・段差の発生とノロ漏れによる砂すじ発生、緻密性の低下	○	○					○		○
	8.パイプレータをコンクリートを横移動させるために使用していないか		✓	・材料分離およびブリージングの発生を助長させるため							○		○
特記事項 ※													

5. 表層目視評価

- 覆工コンクリート表層状態を5範囲に分けて6項目4段階で定量評価
- 施工方法の妥当性の検証や施工方法改善のためのPDCAに活用

トンネル覆工コンクリート表層目視評価シート												
工事名	令和2-5年度 窪川佐賀道路不破原トンネル工事			打込み番号	88 BL	スパン長(m)	12.5	打込み回数	78	調査者	村田 真史	
トンネル名称	不破原トンネル	測点	自	No. 151 + 79.65	打込み日	R5.11.6		初期養生終了日	-		確認者	原
			至	No. 151 + 69.15		脱型日	R5.11.7		調査日	R5.11.7		
配合	21-15-20N			センター打設システム等	エレファントノズルシステム			養生の工夫等	SL下の側壁のビニールシートを用いた長期養生			

終点側 ← → 起点側

左側壁 左アーチ 天端 (吹上げ方式) 右アーチ 右側壁

CL SL SL SL SL

打設方向 →

目視調査項目

項目	表面剥離	気泡	水はしり・砂すじ	色むら	打重ね線	施工目地不良	ヒンジ・検査窓枠・箱抜き型枠のノロ漏れ	点数計
記号	h	a	s	i	u	m	d	
左側壁	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	19.0
左アーチ	4.0	3.5	3.5	3.5	2.5	4.0	3.0	20.5
天端※	4.0	4.0	4.0	3.5	4.0	4.0	3.0	18.5
右アーチ	4.0	3.5	4.0	3.5	3.0	4.0	3.0	21.5
右側壁	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	19.0
点数平均	4.0	3.5	3.7	3.5	3.1	4.0	3.7	25.2

注) 評価点は4段階(4~1)中間点も可とする
 天端※: 天端は吹上げ方式による打込み範囲
 左右: 打設進行方向に対して

◆全体記事

右アーチ部は打込み回数が多い。

◆改善策(施工状況把握チェックシートの関連性を記載)

アーチ部は水、ノロを看板の方へ流し、剥離防止の工夫をする。

■調査時期: 脱型直後から初期養生開始前にかけて実施
 ■調査方法: 天端部からアーチ、側壁へと覆工表面を目視調査

5. 表層目視評価

5-1. 不破原トンネルでの改善事例

■ 水はしり、砂すじ

【対策】

- ・ バイブレーターのかけ過ぎを制限



■ 色むら

【対策】

- ① 剥離剤の変更 (4種類)



G-MAX改



コンクリートモールドオイルE-1改



ハクオール



M3-800U

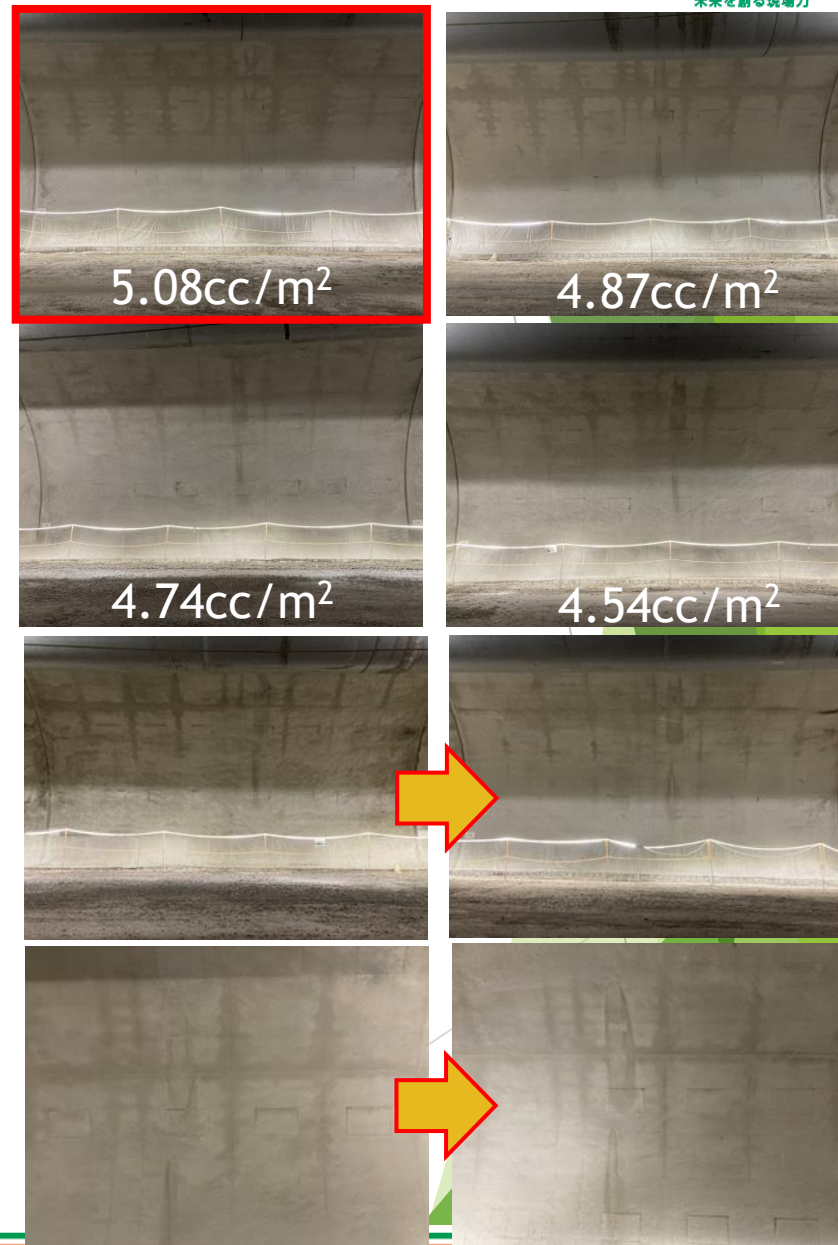
5. 表層目視評価

5-1. 不破原トンネルでの改善事例

■色むら

【対策】

②剥離剤塗布量の変更 (4段階)



【対策】

③ヒンジ部にマグネットシートを設置



【対策】

④ヒンジ部に高粘度グリスを塗布

5. 表層目視評価

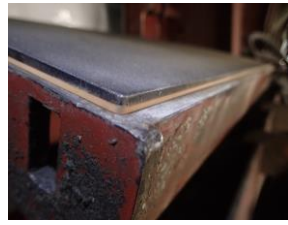
5-1. 不破原トンネルでの改善事例

■ 検査窓枠

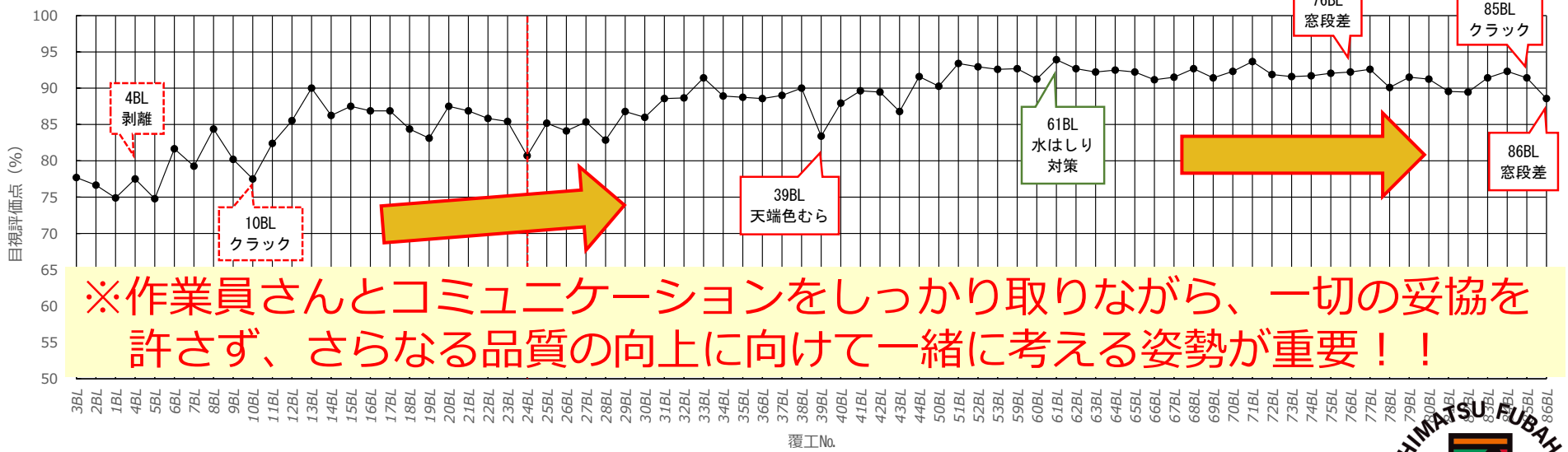
【対策】

① 繰り返し指導の徹底

② 窓枠に輪ゴムを設置



5-2. 目視評価点の推移



※作業員さんとコミュニケーションをしっかりと取りながら、一切の妥協を許さず、さらなる品質の向上に向けて一緒に考える姿勢が重要！！

6. 不破原トンネルでの取り組み

6-1. 配合、打設

① 配合変更

※設計配合：18-15-40

⇒現場配合：21-15-20

■目的：圧送性の向上

② エレファントノズルの採用

■目的：配管切替作業の短縮化による
省力化、品質の向上

③ コンクリートポンプ車の遠隔操作

■目的：遠隔化による省力化



6. 不破原トンネルでの取り組み

6-2. 型枠

①長尺化スライドセントル（1スパン長10.5m⇒12.5m）

- 目的：生産性向上
弱点（劣化要因）となる打継ぎ箇所削減

②セントルの強度向上

- 目的：打設速度の上昇による生産性向上（1.8m/h⇒2.75m/h）
覆工打設の効率化、省人化

③セントルの表面処理（セラミック加工）

- 目的：コンクリート表面品質の向上
耐久性の向上

④検査窓の大型化（ダンパー装備）、 各種ジャッキに油圧シリンダー

- 目的：作業員さんの負担軽減、省人化
施工性、安全性の向上

6. 不破原トンネルでの取り組み

6-3. 評価

① AI覆工評価システム

× スコア編集

基礎情報

工事名 令和2-5年度 窪川佐賀道路不破原トンネル工事	BL NO. 15	スパン長(m) 12.5	打設回数 15	打設日 2023/03/09	設置日 2023/03/10
トンネル名称 不破原トンネル	確認者 確認者	調査者 浜田真克	調査日 2023/03/10	初期養生終了日 年/月/日	
測点 自 160	+27	測点 至 160	+14.5		
セントル、打設方法等 エレファントノズルシステム	養生方法 SL下の側壁のビニールシートを用いた長期養生	コンクリート配合 21-15-20N	その他		

記事

人による目視評価：21.2点

ユーザースコア / エリアの推定値

項目/記号	剥離	観測窓段差	気泡	色むら、打 重ね線	水はしり・ 砂すじ	施工目地不 良
左SL下部	4.0	3.0	1.0	3.0	4.0	4.0
左側壁	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0
天端	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0
右側壁	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0
右SL下部	4.0	3.0	1.0	3.0	4.0	4.0

通常

AIによる評価：19.4点

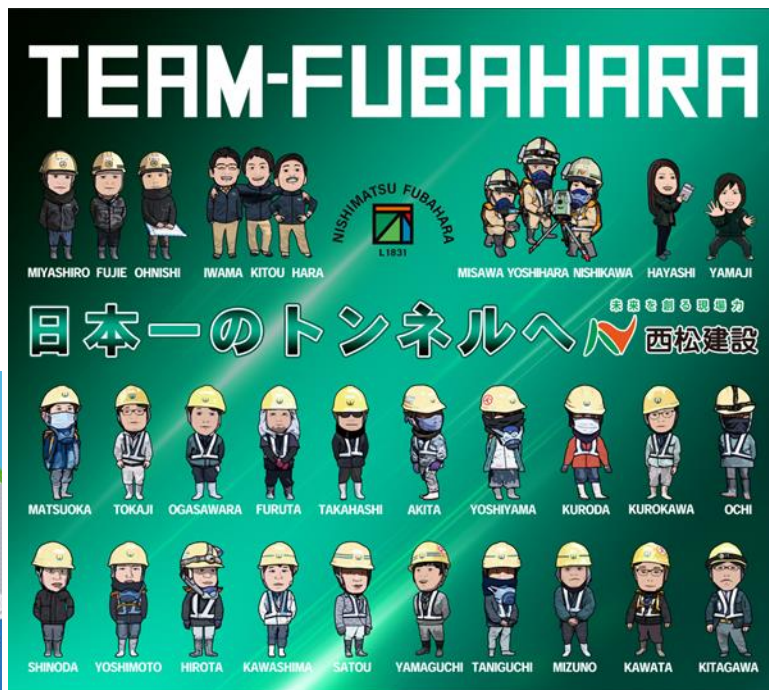
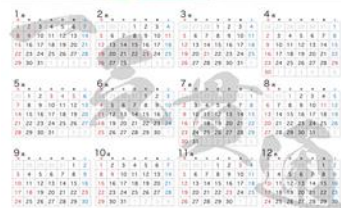
視認性

項目/記号	剥離	観測窓段差	気泡	色むら、打 重ね線	水はしり・ 砂すじ	施工目地不 良
左SL下部	4.0	1.0	2.0	3.5	3.0	4.0
左側壁	4.0	1.0	4.0	4.0	3.5	4.0
天端	4.0	1.0	4.0	4.0	3.5	4.0
右側壁	4.0	1.0	4.0	3.5	3.5	4.0
右SL下部	4.0	3.0	2.0	3.5	4.0	4.0

6. 不破原トンネルでの取り組み

6-4. その他（楽しく仕事を行うために・・・）

① 各種ポスターの制作、掲示



日本一のトンネルへ

6. 不破原トンネルでの取り組み

6-4. その他（楽しく仕事を行うために・・・）

② パロディポスターによる職員紹介



③ 作業員さんと若手職員が主役となる オリジナル現場動画



④ オリジナル作業着 （現場ロゴの刺繍）



7. 今後の課題

試行工事の展開やチェックシートの活用により、全国的に覆工コンクリートにおける品質の向上が図られていると思われる。
ここでは、将来的な課題について私見を述べる。

① 技術者の高齢化、技術者不足

- 省力化（自動化）や遠隔化の技術革新が求められる。

② 残業時間の上限規制

- 施工速度の向上、簡易な施工方法の開発が求められる。

③ 品質の均一化

- 将来的にはプレキャストの採用の検討も必要になると思われる。