

国道45号 田老第6トンネル工事

～覆工コンクリート品質向上 に関する取組みについて～



西松建設(株) 北日本支社
田老トンネル出張所
八 卷 大 介



1. 工事概要

- ・工事名:

国道45号 田老第6トンネル工事

(三陸沿岸道 宮古中央～田老北区間)

- ・発注者:

国土交通省 東北地方整備局

- ・場所:

岩手県宮古市田老字重津部

- ・工期:

平成25年3月23日

～平成26年10月31日(トンネルは平成26年6月30日)

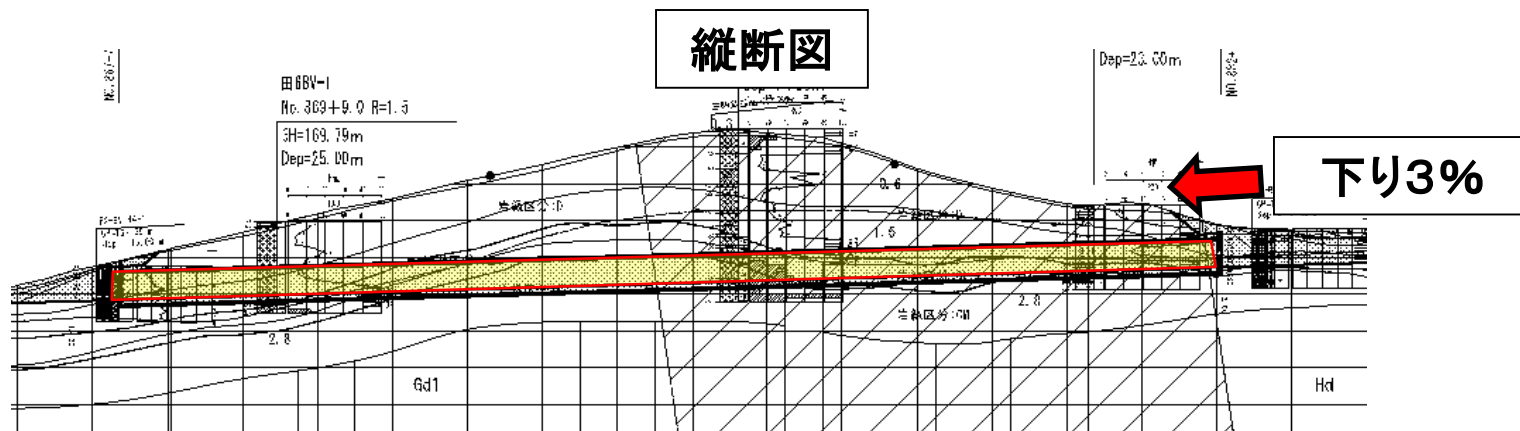
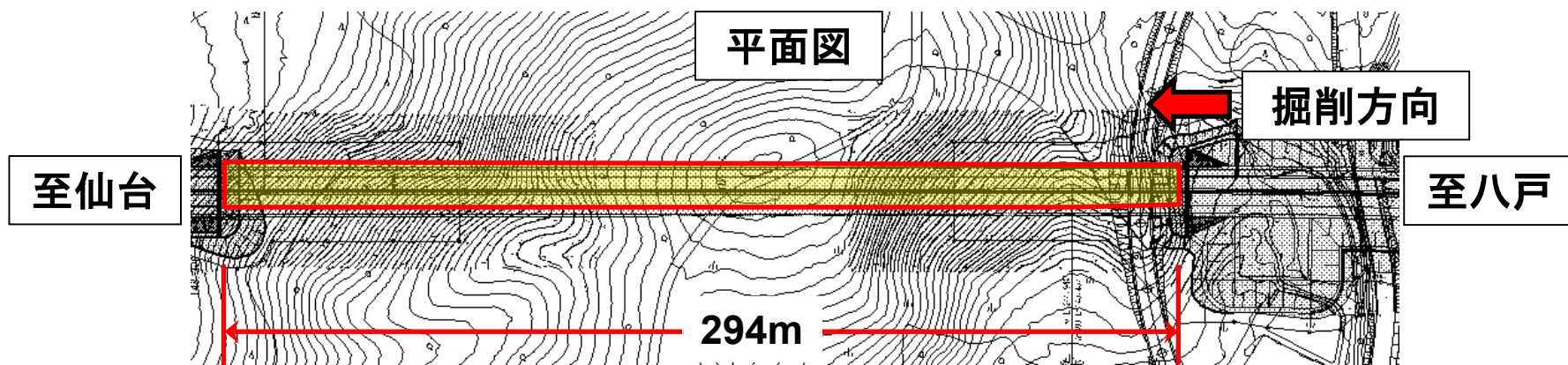
- ・トンネルデータ:

機械掘削方式、延長 294m、内空断面積 87.6m²

- ・覆工コンクリートデータ:

1スパン 10.5m(全28BL)、打設時期:11月～5月





- ・主要岩種は「(強風化した)田老花崗閃緑岩」
- ・支保パターンは全線Dパターン、さらに全体の63%が坑口パターン
- ・延長の80%で掘削補助工法実施(FIT工法)



2. 背景

①トンネルの**長期保証試行工事**であり、覆工コンクリートのひび割れを抑制しなければならない。

⇒「完成から5年以内において、覆工コンクリートに幅0.3mmを超えるひび割れが発生した場合、受注者にて補修すること」
(特記仕様書より)

②下り勾配での打設であるため、
天端部ラップ側に**最大31.5cmの空洞**ができる可能性

③復興関連事業の短期間急速施工により、
コンクリート構造物の**同時期多数完工**。
⇒将来的にメンテナンスも大多数構造物が同時期となる。



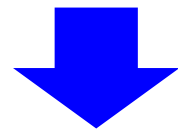
耐久性が良く、高品質な施工が求められる



2. 背景

基本方針: **コンクリート材料のバージョンアップ**
(呼び強度の増加や混和材(剤)の使用等)ではなく、
設計のコンクリート配合で施工する。

⇒設計図書に記載の範囲で施工を行う



仕様書に沿った施工(必要条件)

ひび割れは発生するのか？

- 注) ・設計配合: 18 - 15 - 40**BB**(一般区間、RC区間の33mは設計強度24N)
 $w/c=58.0\%$, $s/a=45.5\%$, $c=276\text{kg/m}^3$
・打設後の養生は実施、セントルバルーン&トンネルバルーン
(養生効果の確認)



3. 品質向上への取組み * 技術提案ではない

- ソフト対策 -

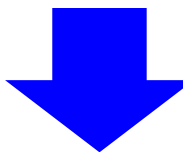
- ① 施工チェックシートの運用
- ② 目視評価シート(トンネル版)の開発

- ハード対策 -

- ③ マイスタークリート工法の適用
- ④ 追加養生の実施(バルーン養生)

(ソフト面から)

施工のレベルアップ



(ハード面から)

施工方法・養生の改善

SWAT(表面吸水試験)による
コンクリート表層品質の定量的評価
(横浜国立大学・香川高等専門学校共同研究)



3. 品質向上への取組み

①「**施工状況チェックシート**」による打設状況の確認 ⇒ **仕様書に沿った施工の実現**

* 施工状況**把握**チェックシートとは？

- ・「山口県発注工事」で運用中
- ・コンクリート**打設時の施工状況**を発注者**監督職員**がチェック

例)・生コンクリート打継ぎ時間は1.5H以内

・打設高さは50cm以内

・バイブレータ挿入間隔は50cm以内、全層に10cm以上挿入etc...

(コンクリート標準示方書より)

「本当に前場でできているか？作業員任せになっていないか？

更には、それらが**目で見て確認**できるか？」

- ・東北地方整備局発注 橋梁下部工事で試行導入

現場・西松建設技術研究所・横浜国立大学(細田准教授)と
共同研究によりトンネル版を見直し作成、運用 * 但し確認者は西松職員



施工状況チェックシート(田老第6トンネル版)

トンネル覆工施工チェックシート

支保パターン：
覆工 NO.
覆工スパン長： m

箱抜き

種類 有・無

工事名 国道45号 田老第6トンネル工事
コンクリート管理責任者 氏名

現場代理人 監理技術者

測点：〇〇+□□~〇〇+△△

工程区分	作業項目	管理項目	規格値	現場管理目標値	点検実施日	点検結果	点検者	不良内容等 不良内容等 不良内容等			管理方法			不良時の対処方法	管理履歴	備考
								確認	確認時期	確認方法	記録	確認	確認時期			
掘削前	測深	位置(センター)	設計値	10mm		良・否			良・否	掘削前	測深		修正	全線		
		高さ	設計値	±		良・否										掘削前
掘削後	断面測定	内空断面	設計値	設計寸法以上		良・否			良・否	掘削前	測深、レーザー		修正	全線		
		高さ:設計値	設計寸法以上	良・否		掘削後										支保撤去後
防水シート施工前	連結計測	内空変位・天端沈下	変位収束	—		良・否			良・否	シート施工前	NAT計測機	報告書	支保材材の増強	計画前		
	断面測定	内空断面	高さ:設計値	設計寸法以上		良・否										シート施工前
防水シート施工	打張点検	打張状況	—	—		良・否			良・否	打張後	目視	目録	目録	全線		
	シート張り	シートの固定・余部	—	—		良・否										打張後
セントル移動前	セントル移動	セントルの固定	設計値	設計寸法以上		良・否			良・否	打張前	目視	目録	目録	全線		
		高さ	設計値	±5mm		良・否										打張後
セントル移動中	セントル移動	セントルの固定	設計値	設計寸法以上		良・否			良・否	打張中	目視	目録	目録	全線		
		高さ	設計値	±5mm		良・否										打張中
セントル移動後	セントル移動	セントルの固定	設計値	設計寸法以上		良・否			良・否	打張後	目視	目録	目録	全線		
		高さ	設計値	±5mm		良・否										打張後
セントルセット	セントルセット	位置(センター)	設計値	±5mm		良・否			良・否	打張前	目視	目録	目録	全線		
		高さ	設計値	±30mm		良・否										打張前
セントルセット後	セントルセット	位置(センター)	設計値	±5mm		良・否			良・否	打張後	目視	目録	目録	全線		
		高さ	設計値	±30mm		良・否										打張後
コンクリート打設	品質管理	スランプ	規定値	—		良・否			良・否	打設前	目視	目録	目録	全線		
		空気量	規定値	—		良・否										打設中
コンクリート打設	打設	コンクリート温度	5℃≦T≦35℃	—		良・否			良・否	打設前・打設中	温度測定	報告書	目録	全線		
		塩化物総量	0.3kg/m ³ 以下	—		良・否										打設前・打設中
コンクリート打設	打設	圧縮強度	規定値	—		良・否			良・否	打設後	圧縮強度試験	報告書	目録	全線		
		単位水量	規定値±19kg	—		良・否										打設中

打設前日までの確認項目(30項目)

- ・測量確認
- ・防水シートのエアチェック
- ・セントルセット位置 etc...

打設当日の確認項目(30項目)

- ・生コン性状
- ・運搬時間、待機時間の管理
- ・コンクリート打込み高さ
- ・バイブレータ挿入間隔、深さ
- ・マスタークリート管理値 etc...

打設後の確認項目(10項目)

- ・養生状況(温度記録)

発注者が行う
施工状況把握チェックシート

3. 品質向上への取り組み

- ②コンクリート打設後「目視評価シート」による
コンクリート出来栄えの確認
⇒PDCAサイクルにより打設方法・出来栄えの改善

* 目視評価チェックシートとは？

・「山口県発注工事」で運用中

・コンクリートの出来栄えを発注者監督職員が採点チェック

⇒点数をもとに次回施工に改善策を施し、PDCAサイクルを実施することで
施工のレベルアップをはかる。

評価項目：打設しま・色むら・打ち重ね線、気泡大きさ・間隔、剥離 等

評価方法：1～4点の4段階評価 * 中間点も可

・東北地方整備局発注 橋梁下部工事で試行導入

現場・西松建設技術研究所・横浜国立大学(細田准教授)と
共同研究によりトンネル覆工版を作成、運用 * 但し確認者は西松職員



目視評価シート(田老第6トンネル版)

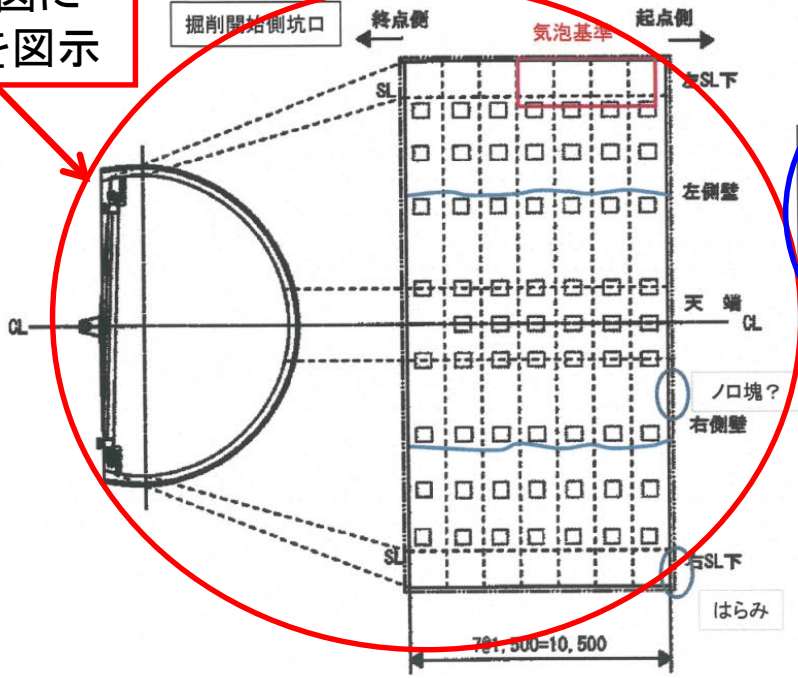
位置・項目毎
評価点を記入

覆工コンクリート目視調査評価票

(NO. /)

工事名	国道45号 田老第6トンネル工事	スパンNO.	2	スパン長(m)	10.5	打設回数	1	調査者	(現場)八巻・鈴木 (本社)佐藤・岡井
トンネル 名称	田老第6トンネル	測点	自 至	打設日	2013/11/9	調査日	2013/11/18	確認者	八巻

投影図に
状態を図示



目視調査項目

項目	剝離	気泡	水はしり・砂すじ	打設しま	施工目地不良	窓枠段差	点数計
記号	h	a	s	l	m	d	
左SL下部	4	2	4	4	4	4	22.0
左側壁	4	3	2	2	4	4	19.0
天端*	4	4	4	2	4	4	22.0
右側壁	4	4	3	2	3	4	20.0
右SL下部	4	3	4	4	3	4	22.0
点数平均	4	3.2	3.4	2.8	3.6	4	21.0

注) 評価点は4段階(4~1), 中間点も可とする

天端*: 天端は吹上げ打設範囲

左・右: 打設進行方向に向かって

打設しま-側壁: 打重ね痕

天端: 打設しま

スパン点	21.0
------	------

(満点24点)

自由コメント
記載欄

記事

- ・脱型後、青緑色のしま(模様?)が目立つ。(→高炉セメントのためか?)
- ・打設しま、砂すじが肩部吹上げ口の下部にある(両側)。
- ・上打設しまの箱抜き周辺に落ち込みがある。
- ・右側壁上部坑奥側目地部に一部ノ口塊?(→3BLセット時に撤去)
- ・右下部坑奥側目地部に一部はらみ?その他の目地は良好。
- ・右側箱抜き上端部にひび割れか?
- ・気泡の評価基準2および3を定めた。
- ・全体的には良好。

24-15-25BB

■調査時期: 初期養生終了後

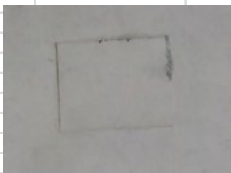
■調査方法: 覆工コンクリートのセンターに立って、懐中電灯を当てながら

覆工表面を調査



西松建設

目視評価基準表

	評価点	4	3	2	1
① 剥離		無し	50cm四方程度の大きさで見られる	1m ² 程度の大きさで見られる	2点の状態以上に広範囲に見られる
② 気泡 (1.5m×1.0m範囲で調査)		5mm以下の気泡がほぼ無し	5mm程度の気泡が10ヶ程度見られる	10mm以上が10ヶ程度または5mm以下が20ヶ程度見られる	10mm以上が20ヶ程度見られる
③ 水はしり・砂すじ		無し	一部に見られる(全体の1/10程度)	やや多く見られる(全体の1/3程度)	2点の状態以上に広範囲に見られる
④ 色むら、打重ね線		ほぼ無し	一部に見られる(全体の1/10程度)	全体の半分程度にみられる	2点の状態以上に広範囲に見られる
⑤ 施工目地不良		無し	一部に見られる(1/10程度)	多く見られる(1/3程度)	側壁全てに見られる(天端に見られたら1)
⑥ 検査窓枠段差		無し	1箇所程度見られる	2~3箇所見られる	3箇所を越える個所に発生



* 評価基準勉強会

施工改善(PDCA)が目的!

(見えなかったことが見えてくる奥深さ)

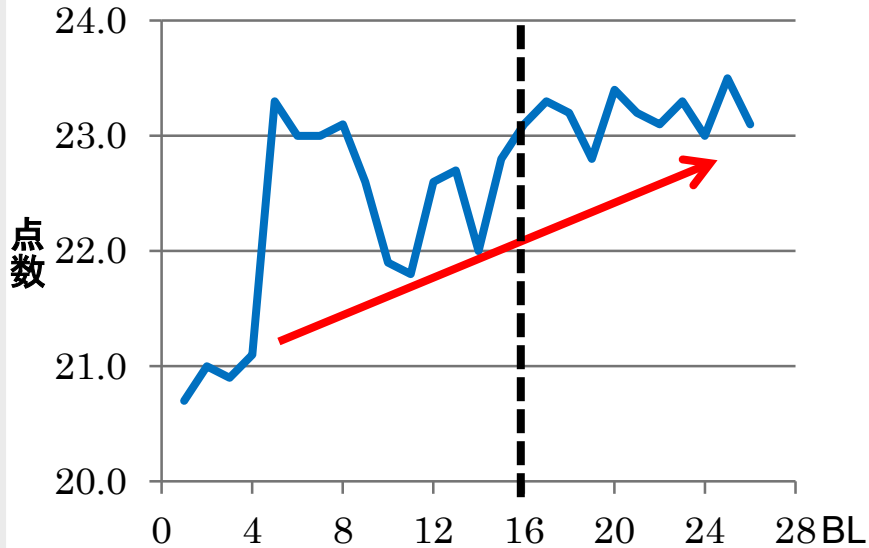
一般構造物との違い



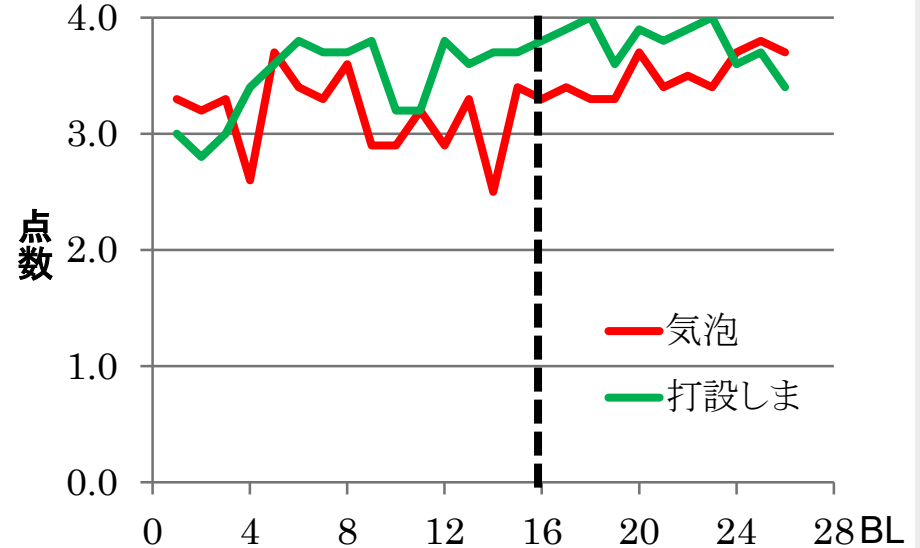
西松建設

評価点数推移

全体点(スパン点,満点24点)



項目点(満点4点)



- ・全体点は右肩上がり傾向
- ・打設しま点は4BLまでにマイスタークリート工法の確立により、以降は高評価
- ・気泡点は20BL以降改善のやや兆し
⇒貧配合につきSL下部(下げネコ)のエアの抜けが悪い
- ・全作業員参加の再打設検討会実施後(16 BL以降)の高評価は顕著

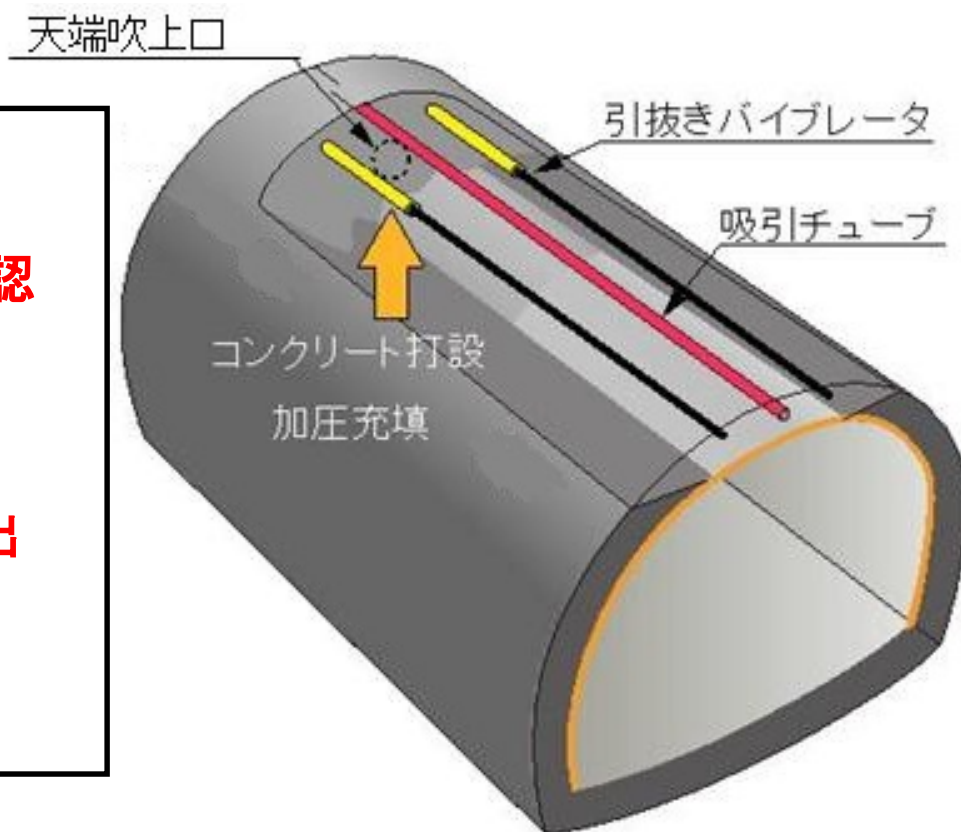


3. 品質向上への取組み

③ マイスタークリート工法 (NETIS:HK-120007-A) の採用 ⇒ 天端部打設方法の改善、空洞対策

主な装備品

- ・ 充填検知センサーによる**充填確認**
- ・ 天端吹上口での
 コンクリート加圧充填
- ・ 吸引チューブ、真空ポンプによる
 ブリーディング水の強制排出
- ・ 肩部吹上方式
- ・ 引抜きバイブレータ
- ・ 壁バイブ(振動モータ)14台設置



圧縮強度, 遮水性, 中性化抵抗性の向上実績



3. 品質向上への取組み

④追加養生の実施⇒品質の向上

- 型枠残置1週間
(両坑口から2ブロックの
21.0m区間に適用)
 - ・発注者指示による
⇒耐凍害性の向上を期待

○バルーン養生

- ・コンクリート打設～脱型まで: **セントルバルーン**
- ・セントル移動後(後方3ブロック区間)1週間以上: **コンクリート用バルーン**



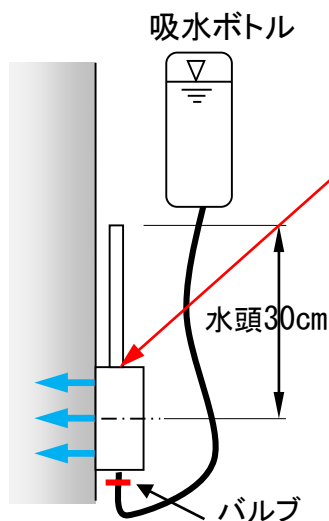
4. 品質の確認・評価

表面吸水試験機**SWAT** (Surface Water Absorption Test) による覆エコンクリートの**表層品質**確認

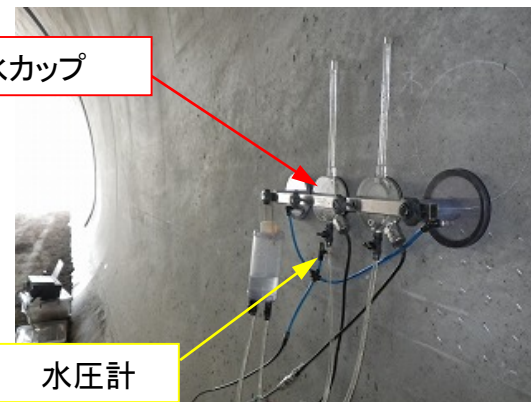
* SWATとは？

- ・横浜国立大学細田准教授の開発したコンクリート表面の吸水速度を計測し表層品質を確認する装置。
- ・吸水速度が遅いほど表面が緻密なコンクリート
⇒ひび割れが発生しにくい

- *₁ 横浜国立大学、香川高等専門学校、西松建設技術研究所共同研究
- *₂ トンネル現場で初めて計測



測定イメージ図

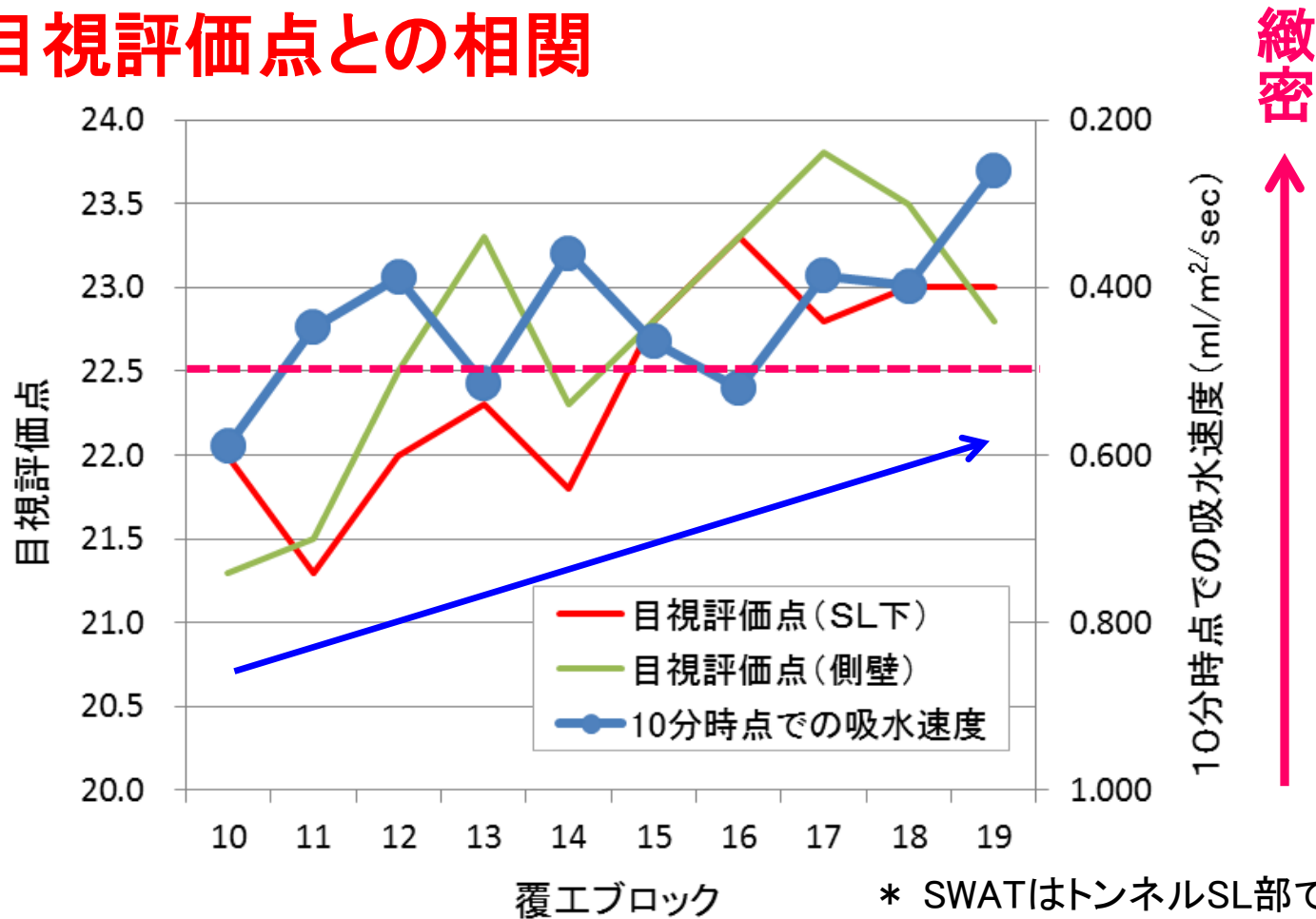


測定状況写真:(左)SL付近、(右)天端部



SWAT測定結果からの考察

I. 目視評価点との相関



結論①: 目視評価点の向上に合わせ、吸水速度も減少(緻密)
⇒ 目視評価法により出来栄だけでなく表層品質も向上

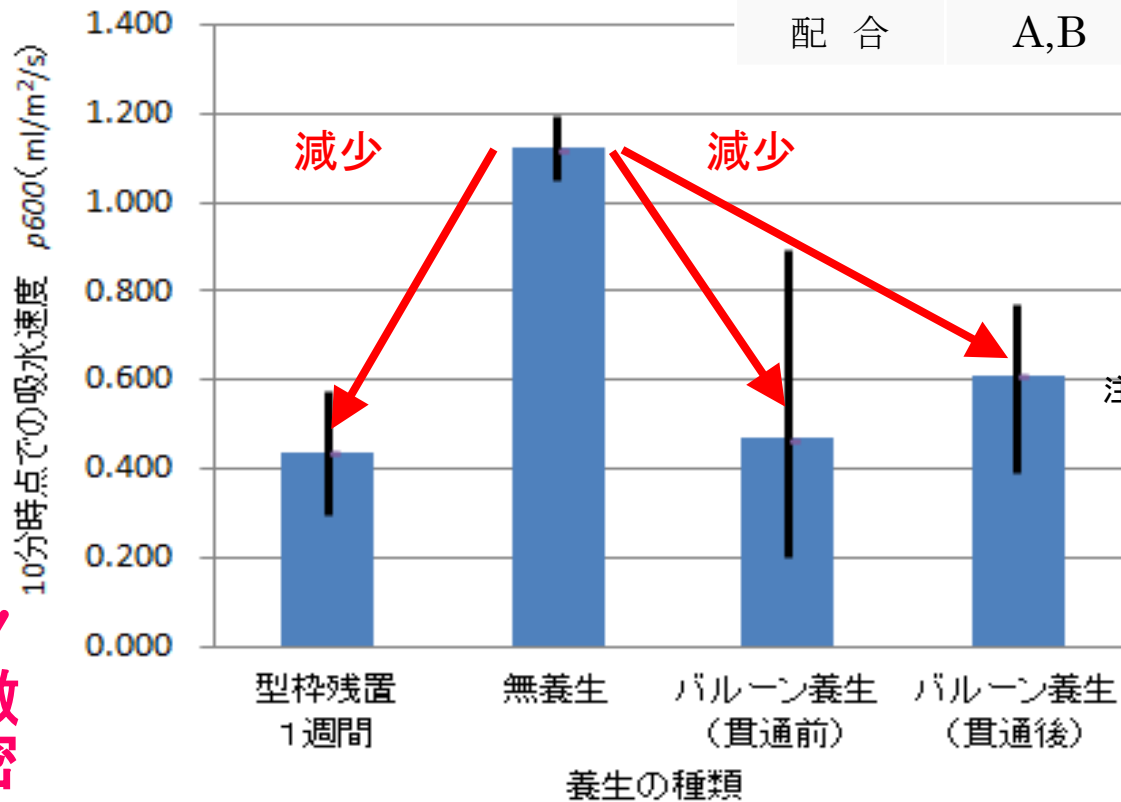
* ほとんど0.5ml/m²/sec(優良ライン)を下回る



SWAT測定結果からの考察

Ⅱ.養生による 吸水速度の比較

	1BL・2BL	3BL	6~20BL	21~24BL
養生	型枠残置 1週間	なし	バルーン 貫通前	バルーン 貫通後
配合	A,B	A	C	C



注) 配合 A:30-18-25BB
B:24-15-25BB
C:18-15-40BB
(C:覆工コンクリート標準配合)

注) SWAT測定は覆工コンクリートの強度が十分発現し、
コンクリート水分率が定常化した材齢4週以上とする

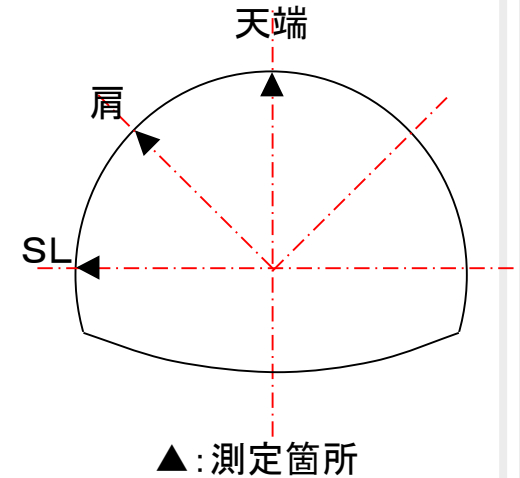
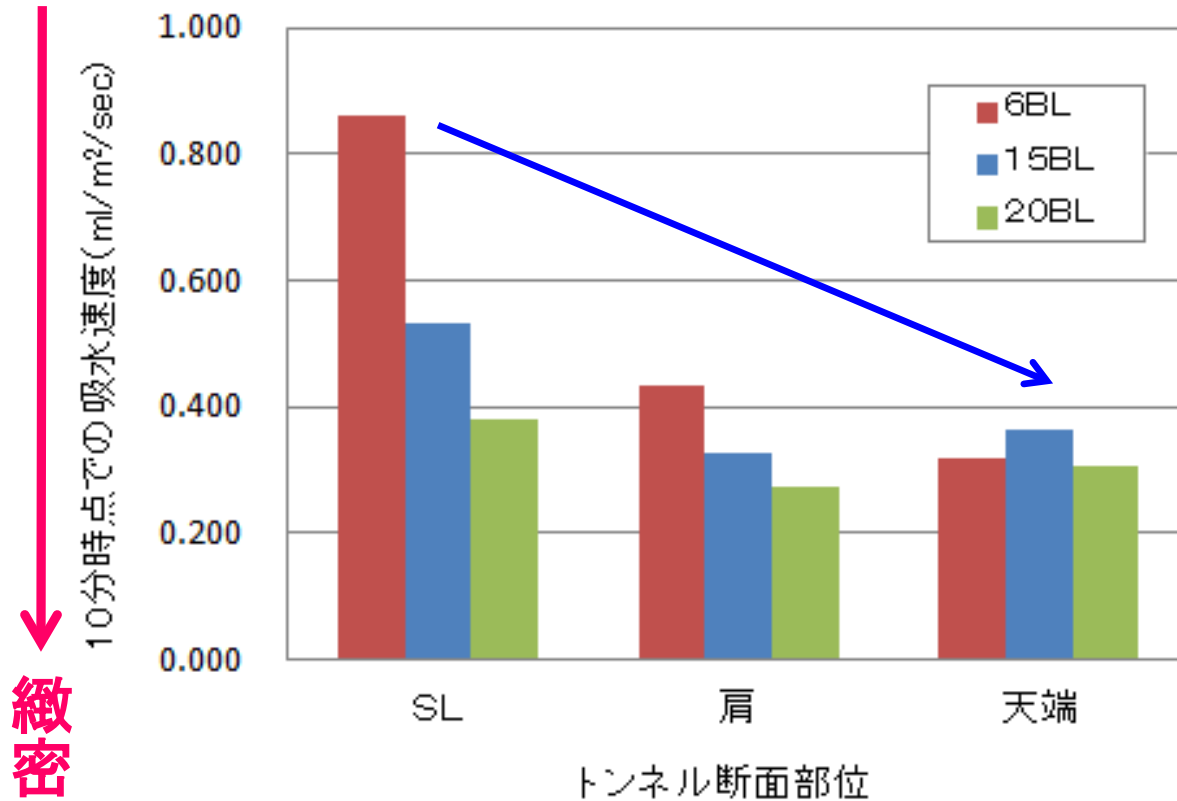
* SWAT測定はトンネルSL部

結論②: 無養生より追加養生を実施した場合数値が改善
バルーン養生は型枠残置1週間と同等以上の効果
⇒追加養生による表層品質の向上



SWAT測定結果からの考察

Ⅲ.トンネル各部位における吸水速度の比較



結論③: SL付近より**肩・天端部の数値が良好**

⇒マイスタークリート工法の**加圧充填効果**

打設～脱型までセントル上部の方が**高温多湿**

天端部表面は重力により骨材分が多く、ブリーディングが少ない



5. 結論

「マイスタークリート工法」、「施工状況把握チェックシート」及び「目視評価シート」により、貧配合ながら高品質な覆工コンクリートの施工が実現でき、その成果はSWATによる表層品質の確認からも証明された。

また、当初懸念された「天端部の空洞」は全線空洞探査(技術提案)を実施したが発見されず、「ひび割れの発生」に関しても10月末時点で一般施工区間で確認されていない。

最後に

「施工状況把握チェックシート」及び「目視評価シート」は、打設担当職員や作業員一丸となり、真剣に「良いコンクリート」を施工するためのきっかけとするツールである。単純に「チェックをつける」「点数をつける」だけでは全く意味を成さない。

施工のレベルアップは「コンクリート構造物の品質向上」「ひび割れ防止」につながる。設備や材料への投資だけではなく、施工の基本に立返った今回の取組が、トンネル覆工コンクリートの長寿命化への一石を投じる結果になるのではないかと。



6. 注意点

- **施工チェックシート**は目で見て確認できなければ意味がない
(⇒なんとなく一生懸命バイブをかけてるではダメ!)
各々の**項目を達成するためにどう準備・実践するか**が重要
例: 50cmピッチで目印、バイブに印、生コン車の時間管理 等
- **目視評価法**は点数が大事ではない、
重視すべきは**点数の改善へ努力**をすること
例: 打設手法の改善、点数が低い箇所担当作業員の指導 等
- **両シートの活用に欠かせないことは**
 - i) 職員・作業員の**意識改革**
⇒仕様書通り・丁寧な打設する大切さを植えつける
 - ii) 作業員と**コミュニケーション**をとる
⇒押し付けではなく、引き出す
 - iii) 良いところは**褒める**
⇒やる気を駆り立てる

御清聴ありがとうございました

八巻

細田先生

協力会社 覆工班

H26. 6月撮影