



コンクリート構造物の品質確保の 試行工事に関する講習会

3.1 河津トンネル

(コンクリートの配合選定、覆工コンクリートの品質確保)

平成31年度 河津下田道路河津トンネル小鍋地区工事

令和3年11月26日(金)

株式会社 安藤・間



1-1. 河津トンネル小鍋地区の工事概要

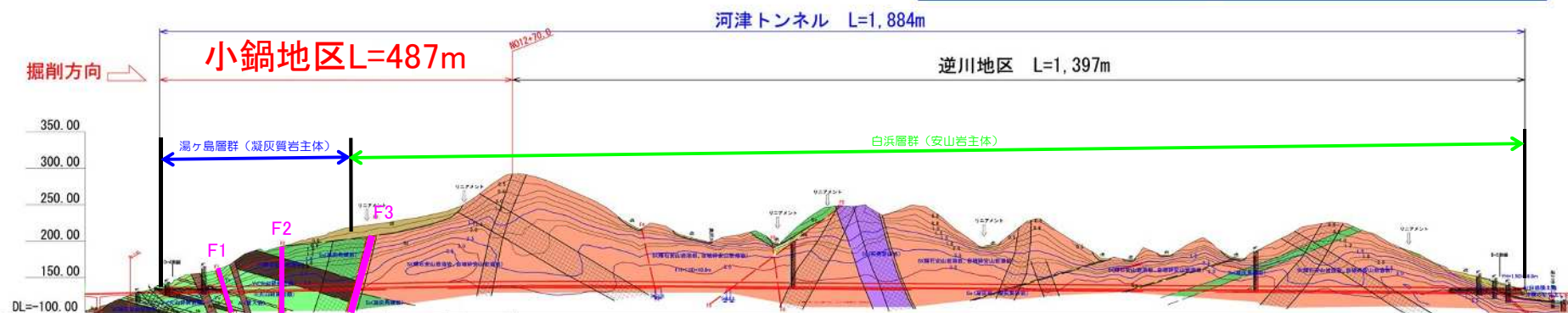
1. 工事概要

工事名：平成31年度 河津下田道路河津トンネル小鍋地区工事
発注者：国土交通省 中部地方整備局
請負者：株式会社 安藤・間
工事場所：静岡県賀茂郡河津町小鍋
工事内容：工事延長 L=770m
トンネル掘削延長 L=487.0m (トンネル全長 L=1,884m)
トンネル工 (NATM) 1式、道路土工1式、仮設工1式
工期：令和1年9月6日～令和4年1月20日
当工事は、伊豆縦貫自動車道の一部を構成する河津下田道路 (Ⅱ期) のうち、河津IC (仮称) ~逆川IC (仮称) 間の河津トンネル (全長1,884m) の小鍋地区、トンネル掘削延長487m、工事延長770mを建設する工事です。

2. 河津下田道路位置図



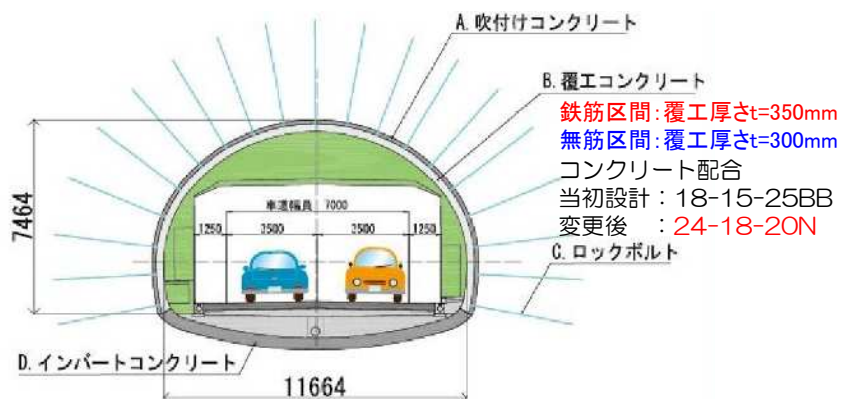
3. 地質縦断面図





1-2. 覆エコンクリートの概要

覆エコンクリート



トンネル鋼製型枠 (セントル)



起点側坑口
No. 7+83.00

【鉄筋区間】 1~5BL



【無筋区間】 6~49BL



1号トンネル $L=1884.000\text{m}$

小鍋地区 $L=487.000\text{m}$

38BL/49BLまで完了 (2021.11.26時点)

第1回覆工品質向上勉強会 (2021.6.18)

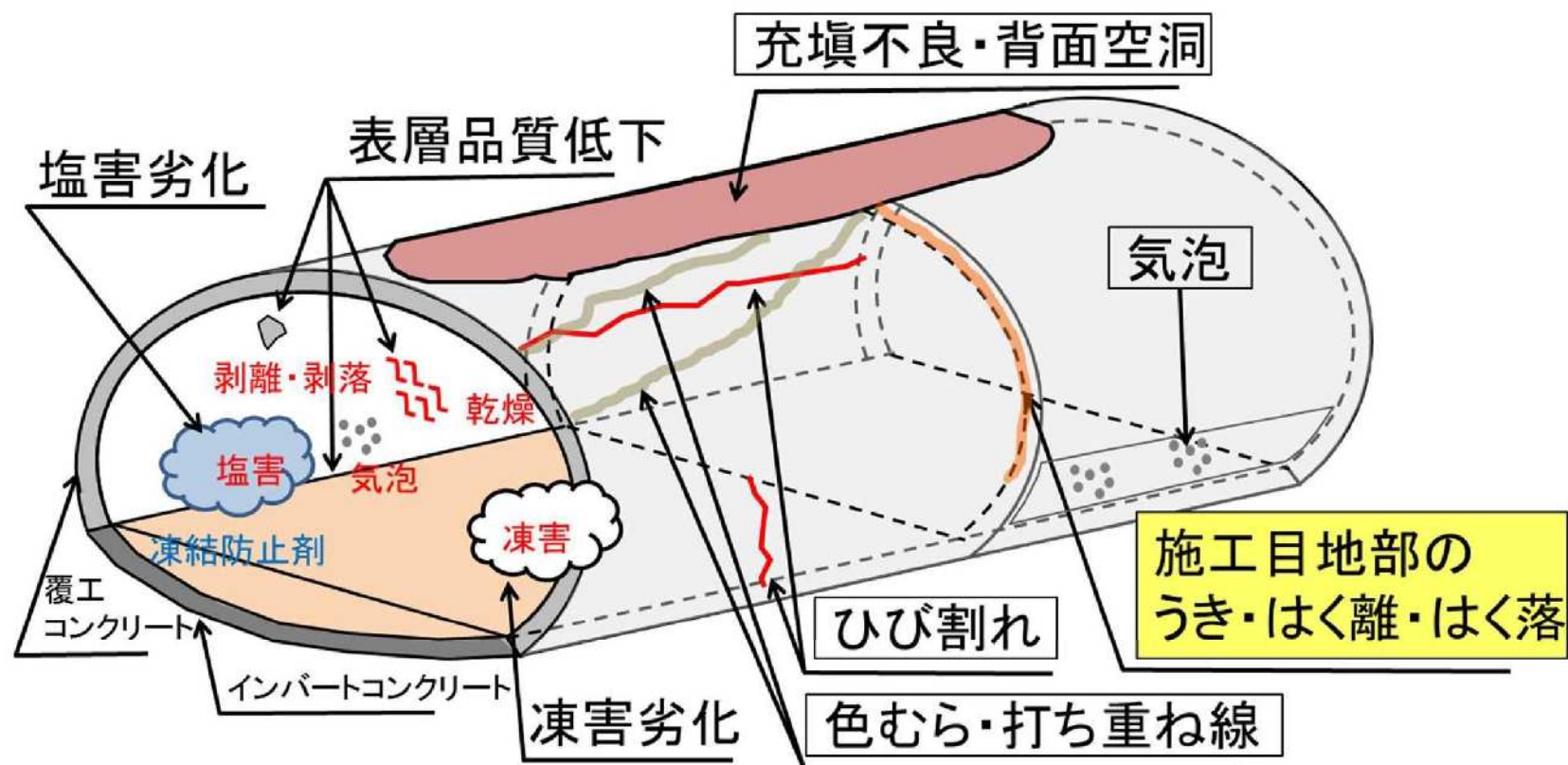
第2回覆工品質向上勉強会 (2021.11.3)

第3回覆工品質向上勉強会 (2022.2.予定) 全BL完了後



2-1. 覆エコンクリートを施工する上での課題

1. トンネル覆エコンクリートの劣化しやすい部位と不具合の発生部位について



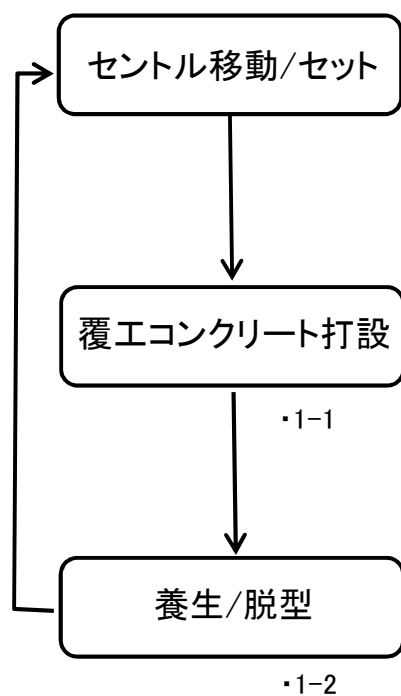
出典:国土交通省 東北地方整備局 コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(トンネル覆エコンクリート編)2021年改訂版 令和3年6月



2-2. 覆工の品質向上対策として①

1. 材料の工夫

【覆工コンクリート工施工フロー】

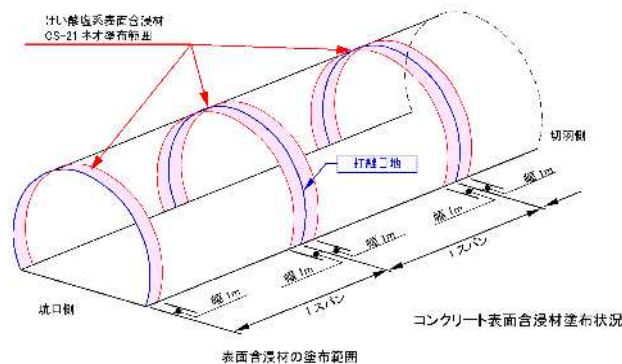


1-1. ひび割れ抵抗性向上を目的に、合成短繊維補強材(クラックバスター)を添加。

⇒クラックバスターを添加する＝スランプロスが発生する。【配合選定の必要】のちほど説明



1-2. 打継部の緻密性向上を目的に、コンクリート表面にけい酸塩系表面含浸材CS-21ネオを塗布。



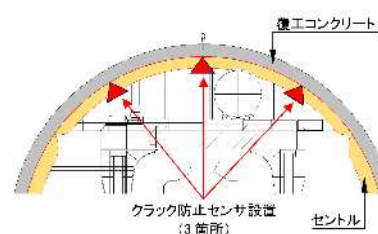
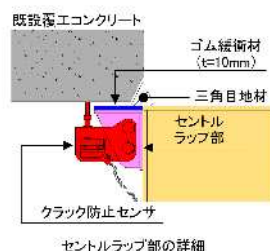
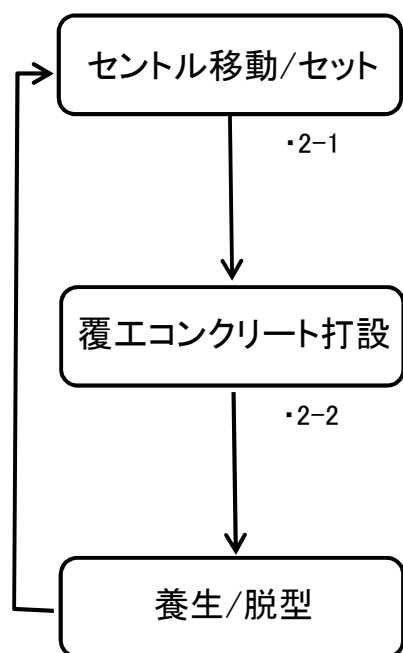


2-2. 覆工の品質向上対策として②

2. 施工の工夫

【覆工コンクリートエフロー】

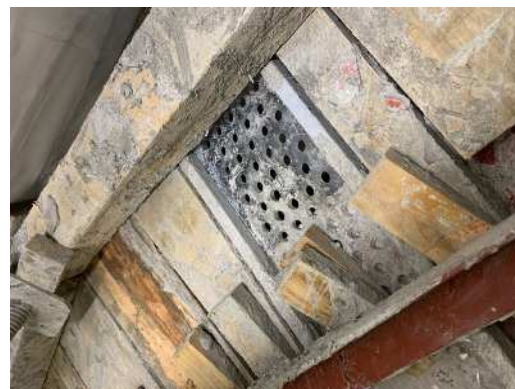
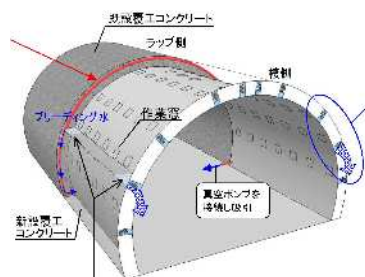
2-1. 打継部への過度な押当て防止を目的に、クラック防止センサを設置



2-2. 打継部の強度低下防止を目的に、ブリーディング水と残留エアを排出

ブリーディング水排出用型枠設置

ブリーディング水排出状況



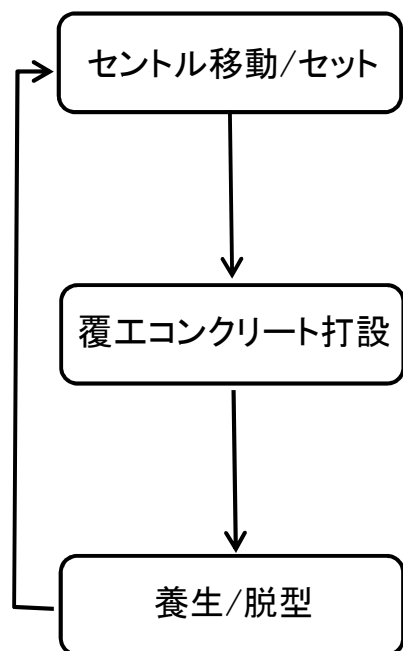


2-2. 覆工の品質向上対策として③

2. 施工の工夫

2-3. 脱型時の強度増進を目的に、セントル加温養生システムを実施

【覆工コンクリートエフロー】



- 2-3
- 2-4
- 2-5



2-4. 側壁部の長期養生を目的に、ビニールシートを設置

2-5. 施工目地の剥落・ひび割れ防止を目的に、合成樹脂塗料(タイコーペイント)を塗布し、平滑化。





3-1. 覆エコンクリートの配合選定

【背景】

現設計の配合は、**18-15-25BB**である。

- ⇒ 施工時期が主に**夏期**。コンクリートのスランプロスの懸念。
- ・**クラックバスター**を添加時のコンクリートの流動性の確保。



覆工の品質確保を目的に、室内試験練りだけでなく
現設計の配合を見直しを行う為、**実機試験練り**を実施。

室内試験練り(2021年2月25日)



実機試験練り(2021年4月9日)

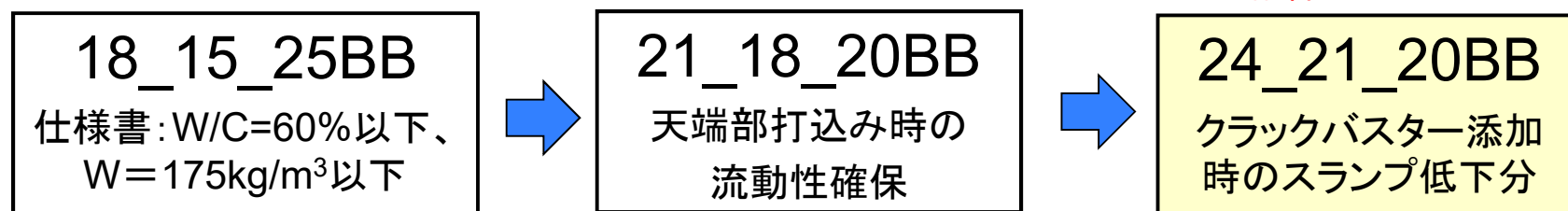




3-2.室内試験練りによる配合選定について

2021年2月25日 室内試験練り

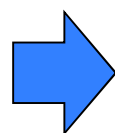
① スランプの選定



② スランプロスの確認

ベース配合

24_21_20BB
24_21_20N を選定



課題は

24_21_20BBはスランプロスが大きい。
24_21_20N はアルカリ骨材反応が懸念。





3-3.実機試験による配合選定について

2021年4月9日 実機試験練り

① 24_21_20BB⇒混和剤添加量を増加したが、スランプロスは改善されず✖

スランプ: 19.0cm (混入直後)



スランプ: 15.0cm (30分後)



スランプ: 11.0cm (60分後)



② 24_21_20N⇒室内試験練と同様スランプロスは小さい○。アルカリ骨材反応が懸念

スランプ: 20.5cm (混入直後)



スランプ: 19.5cm (30分後)



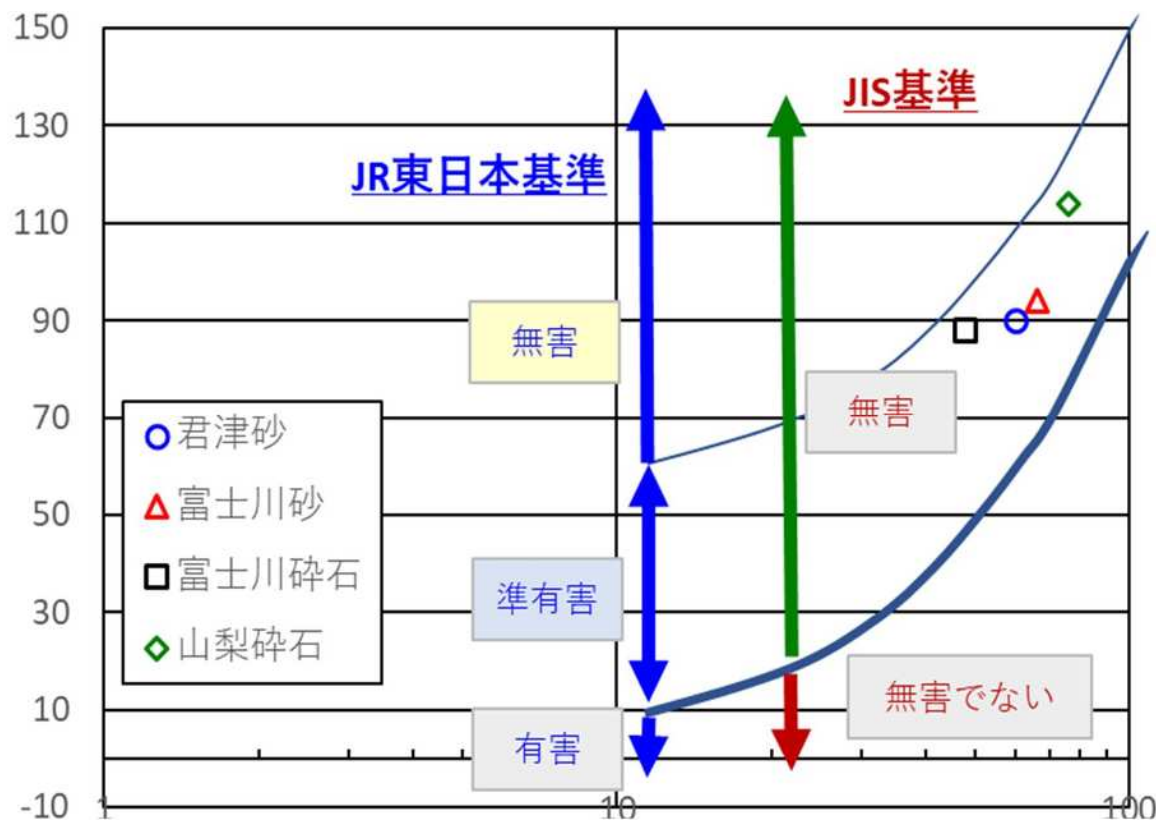
スランプ: 16.5cm (60分後)





3-4. 普通セメント(N)配合の懸念事項について【24-21-20N】

(1) JR東日本基準での厳しいアルカリ骨材反応対策の実施



JIS基準: 無害
特に対策必要なし。

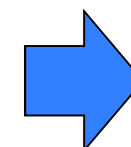
JR東日本基準: 準有害
混合セメントorアルカリ総量 2.2kg/m³以下



使用している砂・骨材は
アルカリ総量1.9kg/m³
<アルカリ総量2.2kg/m³

【室内・実機での試験練りを実施した結果】

施工時のスランプロスが小さく、流動性を有した配合である。
また 普通セメント配合で懸念されるアルカリ骨材反応に対しては、使用する骨材・砂等で問題はない。



24-21-20N



4-1. トンネル覆工コンクリートの品質確保

【施工の基本事項の遵守】

- 1) 均質かつ密実で一体性のある覆工コンクリートとなるように「**施工状況把握チェックシート**」を活用しなければならない。
- 2) セントル脱型後、「**表層目視評価シート**」を活用し、コンクリート表層の品質を評価し、必要に応じて施工の改善事項をまとめて次の施工に反映するように努めなければならない。

出典:国土交通省 東北地方整備局 コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(トンネル覆工コンクリート編)2021年改訂版 令和3年6月



当現場では、「**表層目視評価シート**」の活用し覆工コンクリート全49BLで実施。



様式2

4-3. 表層目視評価シート(トンネル)

表層目視評価シート(トンネル)										
工事名	平成31年度河津下田道路 河津トンネル小鍋地区工事	打設番号	覆工コンクリート 36BL	スパン長(m)	10.5m	打設回数	36	調査者	所属:沼津河川国道事務所	
トンネル 名称	河津トンネル(仮)	測点	自	No.11+61.7	打設日	2021.11.22	初期養生終了日	2021.11.23	確認者	所属:株安藤・間 平方 宏朋
			至	No.11+72.2	脱型日	2021.11.23	調査日	2021.11.23		
配合	24-18-20N(24-21-20N)	セントル 打設システム等	-		養生の工夫等	セントル加温養生システム 表面含浸材(CS-21ネオ)の使用 天端部分について両端部分をシートで養生(風の吹き抜け防止)、投光器による給熱処理				

打設方向 →

左側壁

左アーチ

天端

右アーチ

右側壁

□: 型枠バイブレーター設置箇所(打設中に15秒程度)

7φ1,500=10,500

■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

目視調査項目

項目	剥離	気泡	水はしり、 砂すじ	色むら、 打重ね線	施工目地 不良	検査窓枠 段差	点数計
記号	h	a	s	i	m	d	
位 置	左側壁	4	3.5	4	4	4	23.5
	左アーチ	4	4	3.5	4	4	23.5
	天端*	4	4	4	3.5	4	23.5
	右アーチ	4	4	4	4	4	24
	右側壁	4	3.5	4	4	4	23.5
	点数平均	4	3.8	3.9	3.9	4	4

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: 打設進行方向に対して
- ・色むら、打重ね線: 側壁~アーチは打重ね線
天端は色むらと称する

スパン点	23.6
------	------

(満点24点)

◆全体記事

今回も天端でかけていた型枠バイブレーターについて、打設中生コンが流れている状態で、それぞれで15秒程度振動をかけた。
SL付近は外部から振動バイブレーターを15秒程度かけた。
打設終了後は、天端部分に養生シートを設置し吹き抜け風による温度低下防止。またアイランプ・ハロゲンヒーターによる給熱養生を実施。

◆改善策(施工状況把握チェックシートとの関連性を記載)



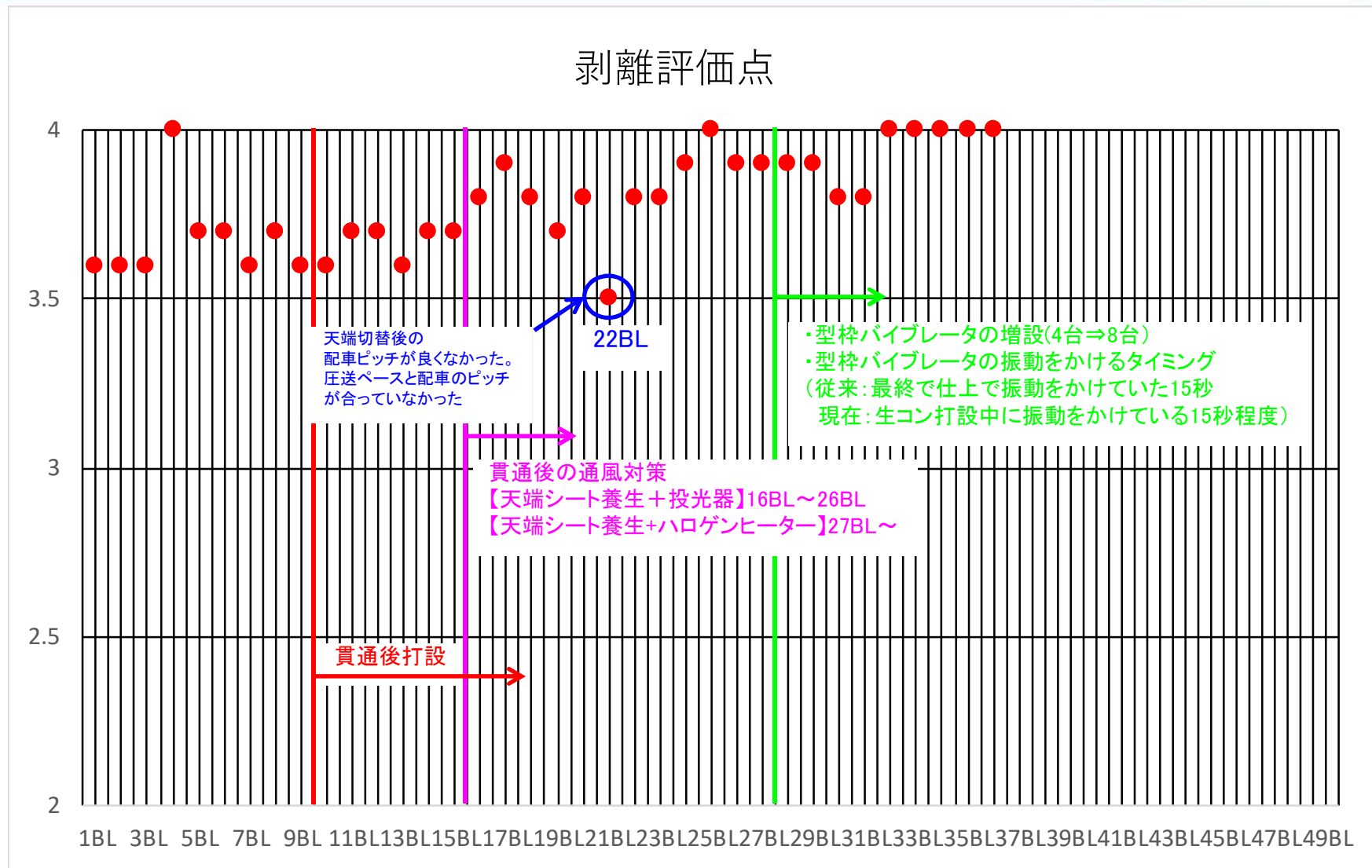
4-4. 表層目視評価シート(トンネル)推移(1BL~36BL)

調査時期	成型直後から初期養生開始前				
調査方法	・近接できない範囲は、覆工センターから照明を当てながら観察				
	評価点	4	3	2	1
①はく離		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点の状態で以上に広範囲に見られる
②気泡 (1.5m×1.0m範囲で調査)		5mm以下の気泡もほぼ無し	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点の状態で以上に広範囲に見られる
④色むら・打重ね		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点の状態で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(天端に見られなかったら)
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箇所を越える箇所が発生

	1BL	2BL	3BL	4BL	~	16BL	17BL	18BL	19BL	20BL	21BL	~	34BL	35BL	36BL	~	49BL
①剥離	3.6	3.6	3.6	4	~	3.8	3.9	3.8	3.7	3.8	3.5	~	4	4	4	~	
②気泡	3.2	4	3.6	3.8	~	3.6	3.8	3.8	3.8	3.8	3.6	~	3.8	3.8	3.8	~	
③水はしり・砂筋	3.2	4	4	4	~	3.5	3.8	4	4	4	3.8	~	4	3.8	3.9	~	
④色むら・うち重ね線	2.4	3.7	3.5	3.5	~	3.3	3.8	3.4	3.4	3.8	3.1	~	3.8	3.9	3.9	~	
⑤施工目地不良	4	4	4	4	~	4	4	4	4	4	4	~	4	4	4	~	
⑥検査窓枠段差	4	4	4	4	~	4	4	4	4	4	4	~	4	4	4	~	

*「表層目視評価シート(トンネル)」については、全49BLで実施。

4-5. 剥離評価点の推移





4-6. 剥離への対策

- ①ケレン不足の解消(自動ケレン機の導入10BL～) ケレン後目視確認。 ②貫通後の通風対策。(天端におけるシート養生)



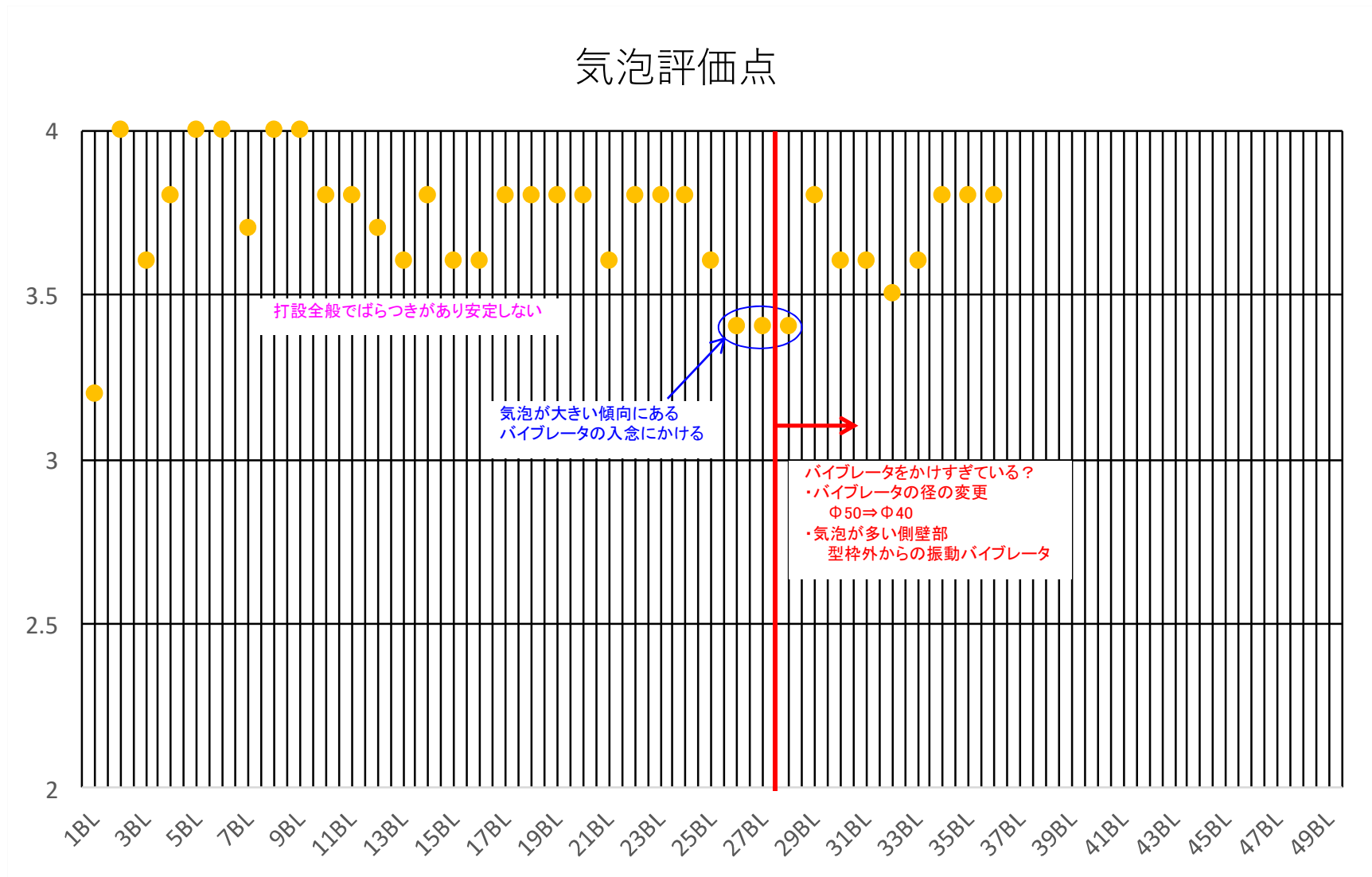
- ③セントル加温養生の面状発熱体が設置できない 剥離部分に投光器養生、ハロゲンヒーターによる給熱養生



- ④天端部の型枠パイブレータの増設(4カ所⇒8カ所)



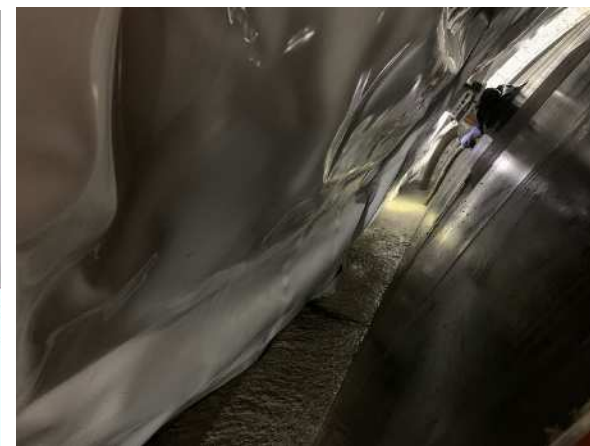
4-7. 気泡評価点の推移





4-8. 気泡への対策

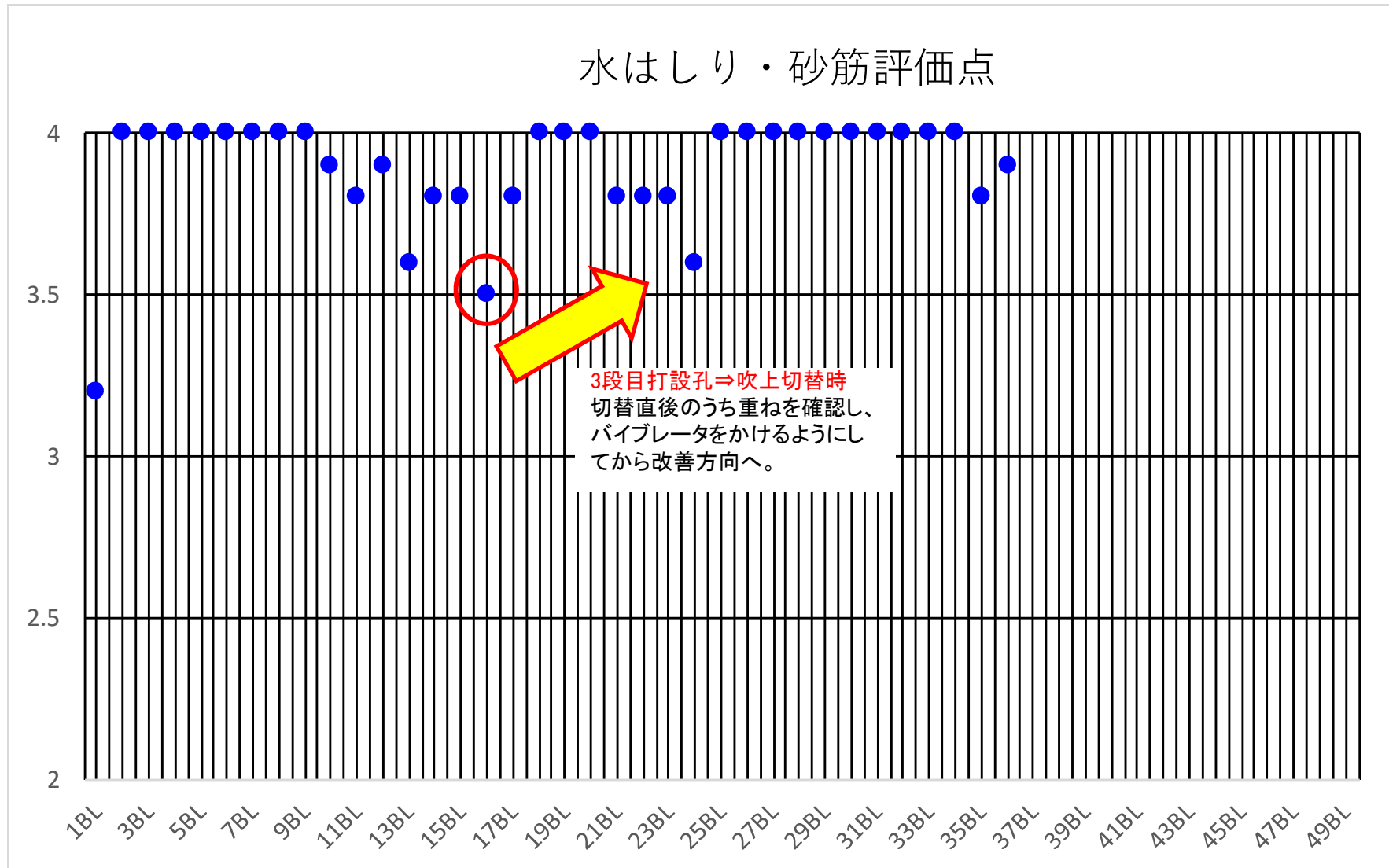
①1層の高さを50cm以下とし、挿入深さの確認。使用しているバイブレータ径の変更 $\Phi 50 \Rightarrow \Phi 40$



②セントルの外からの振動バイブレータの使用。



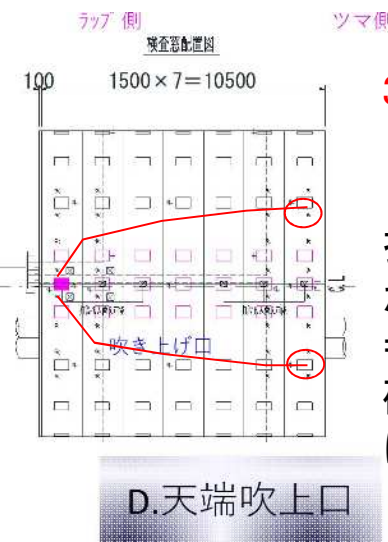
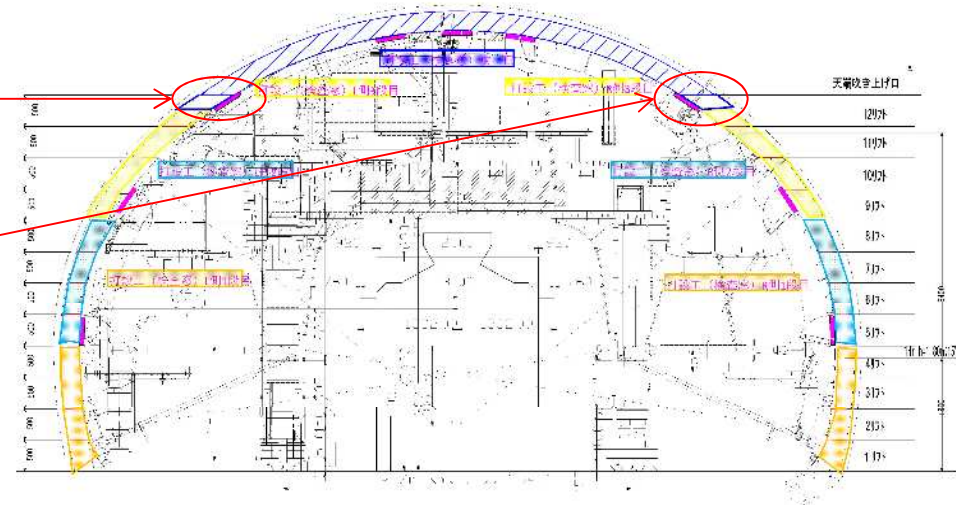
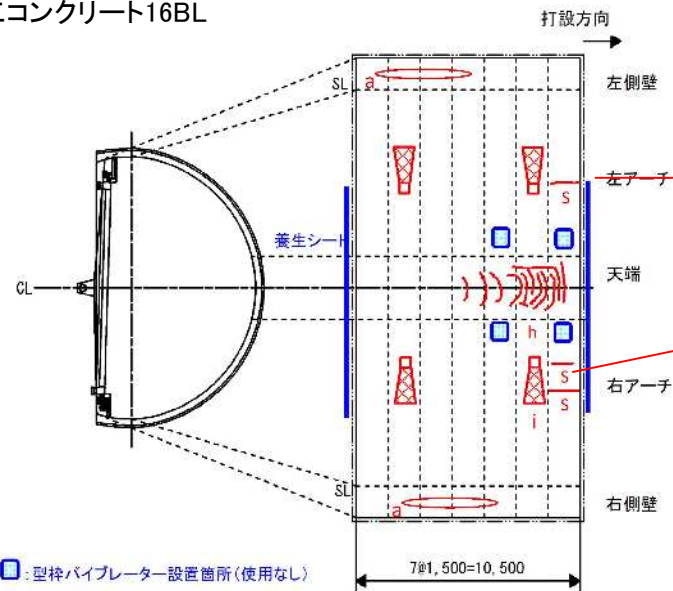
4-9. 水はしり・砂筋評価点の推移



4-10. 水はしり・砂筋への対策



覆工コンクリート16BL



3段目打設孔⇒吹上切替時

・切羽側の検査窓下部分の打継部が バイブレータのかけ方が甘い箇所がる。
⇒切替直後のうち重ねを確認し、バイブレータをかけるようにした。

D.天端吹き上げ口



まとめ

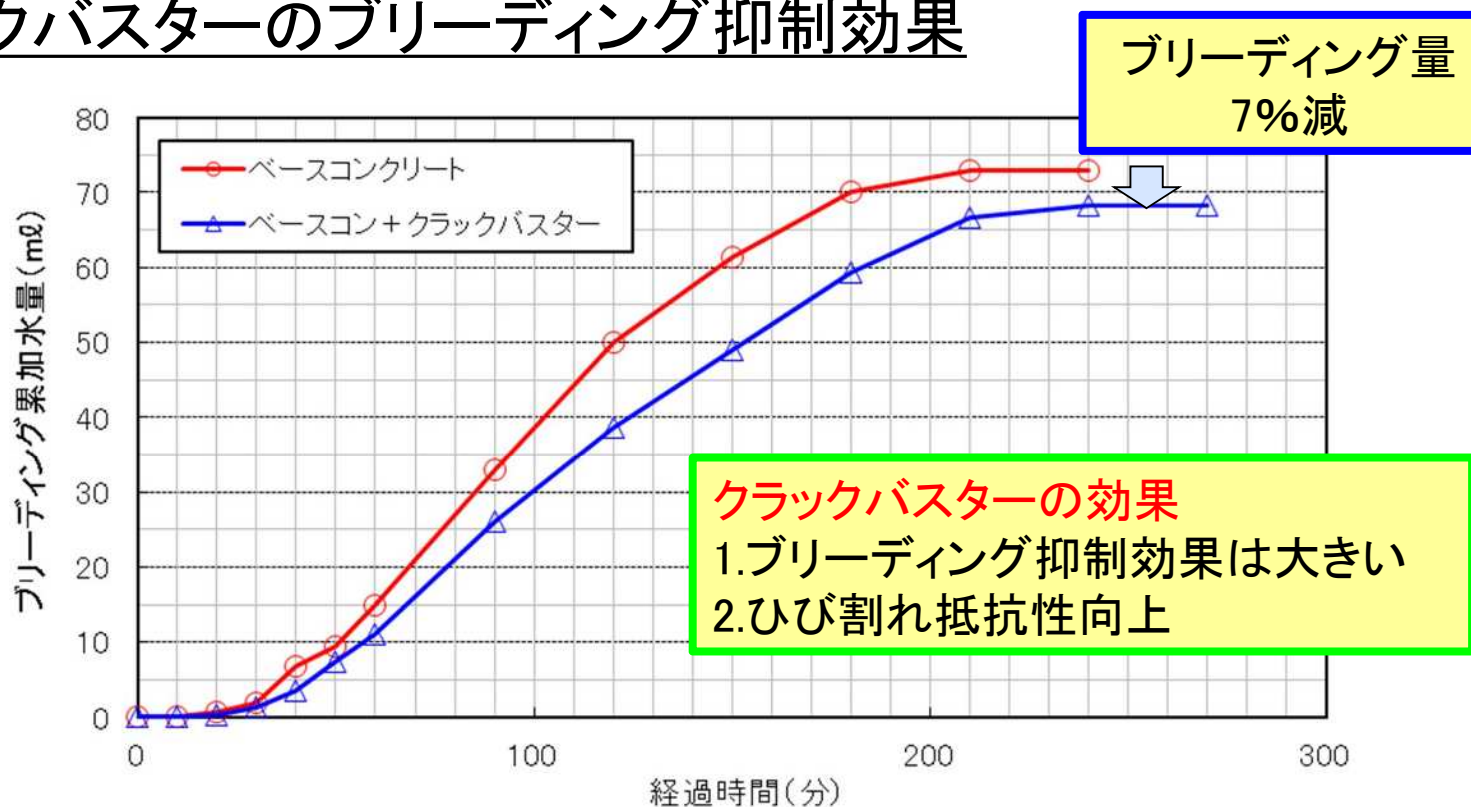
1. 事前検討で、施工時の懸案事項である天端部の充填性を考慮し、筒先のスランプを15cmから18cmに変更した。
2. 試験練りでは、室内試験に加えて実機試験を追加実施し、実際のスランプロスの確認などを行い、配合選定に反映したことは有効であった。
3. 施工時、「施工状況把握チェックシート」及び「表層目視評価シート」を活用して、協力会社と共にPDCAを実行し、施工に反映することは覆工コンクリートの品質確保に繋がっている。





【参考】クラックバスターのブリーディング抑制効果

クラックバスターのブリーディング抑制効果



ベースコンクリート

累加水量: 73.0ml
ブリーディング量: $0.15\text{cm}^3/\text{cm}^2$
ブリーディング率: 3.32%

ベースコン+クラックバスター

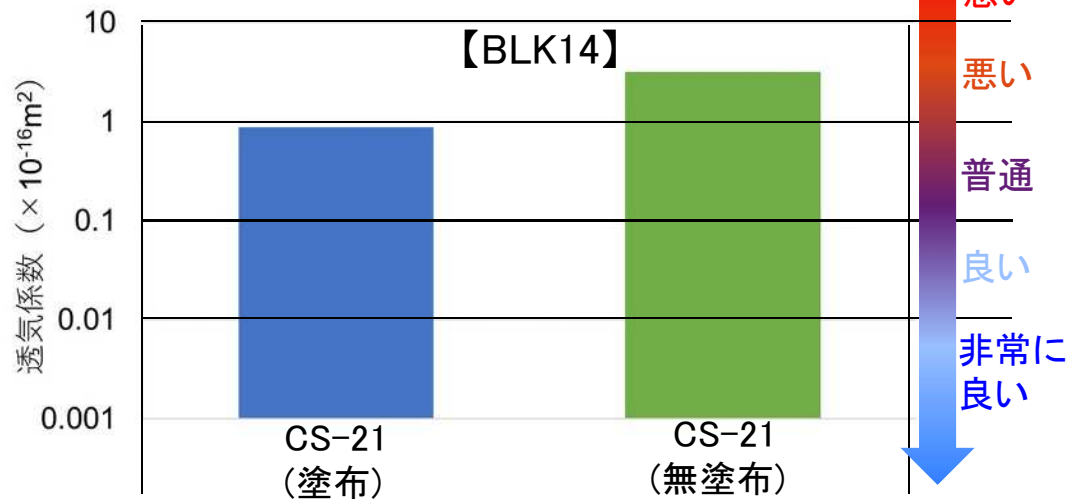
累加水量: 68.2ml
ブリーディング量: $0.14\text{cm}^3/\text{cm}^2$
ブリーディング率: 3.26%

【参考】CS-21の塗布による緻密性向上状況確認



コンクリート表層の透気係数・表面吸水試験結果

1. 透気係数試験結果(トレント法)

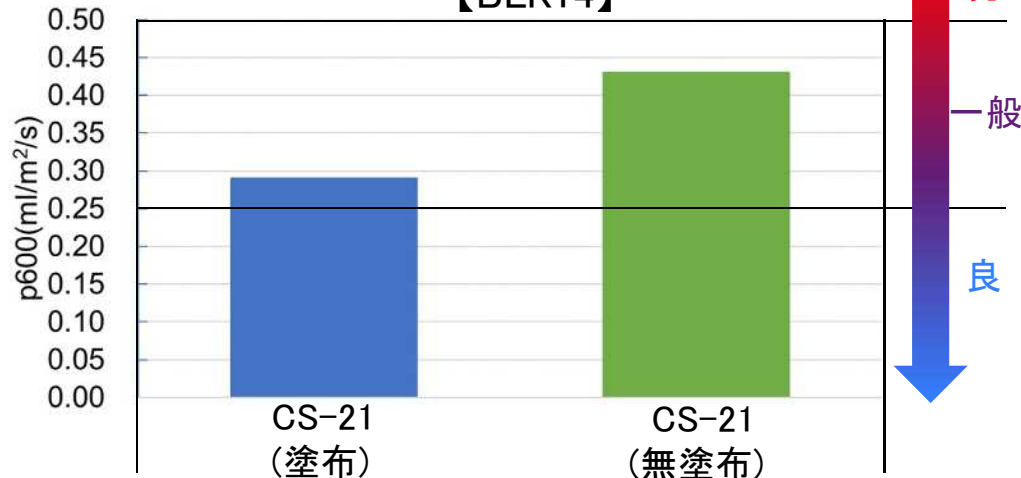


透気係数の判断基準 (S1A262/1-E)

ランク	透気係数 (10^{-16}m^2)	評価レベル
1	<0.01	非常に良い
2	0.01—0.1	良い
3	0.1—1.0	普通
4	1.0—10	悪い
5	>10	非常に悪い

- CS-21を塗布することで透気係数が改善した
- CS-21を塗布した評価は「普通」となった

2. 表面吸水試験結果



表面吸水試験の判断基準

表面吸水速度 P600(ml/m ² /s)	評価基準
≤ 0.25	良
$0.25 < p600 \leq 0.5$	一般
> 0.5	劣

- CS-21を塗布することで表面吸水速度が改善した
- 評価は「一般」となった

【参考】CS-21の塗布による緻密性向上状況確認

コンクリート表層の透気係数・表面吸水試験結果

