

寒冷地域における品質確保の 取組み ～函渠工・橋梁下部工～

八戸工業大学 阿波 稔

1

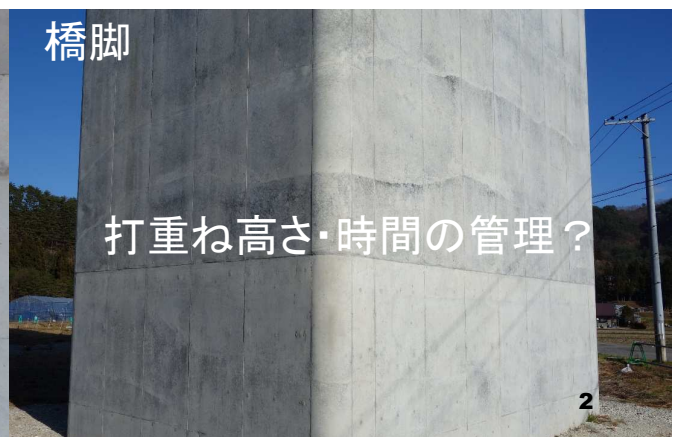
コンクリート構造物の品質確保の重要性

- 東北地方のコンクリート構造物は厳しい供用環境
⇒ 凍結融解作用, 凍結防止剤の影響...
- 施工段階において配慮が足りない構造物
⇒ 早期に劣化 ⇒ 将来の維持管理負担の増加
- 耐久性(密実性・緻密性, 空気量・質)の確保
- 施工の基本事項の遵守
⇒ 品質が確保される仕組みの見える化...

ボックスカルバート



橋脚



2

施工段階におけるコンクリート 構造物の品質確保の取組

■東北地方の復興道路等の道路構造物を中心とした展開

- ・コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(橋脚, 橋台, 函渠, 擁壁編)

■施工の基本事項の遵守(PDCAサイクルの可視化と逐次改善)

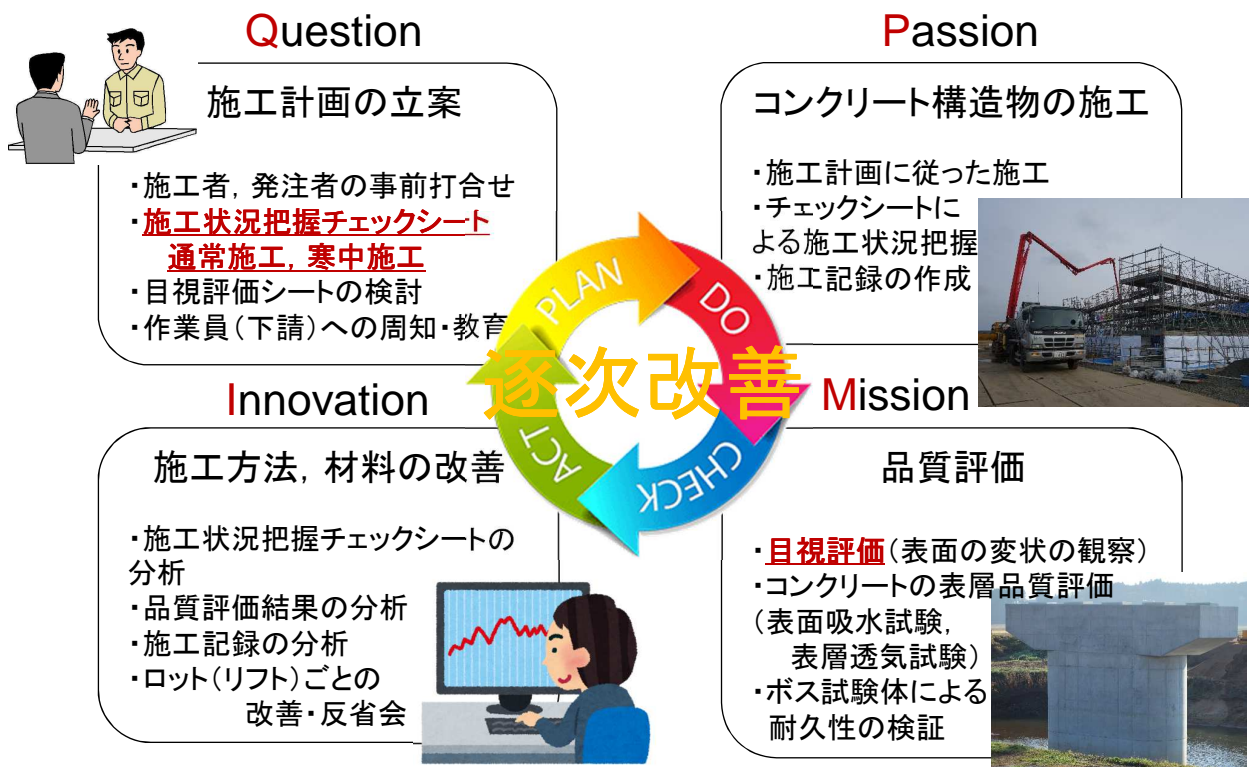
- ・施工状況把握チェックシート
- ・表層目視評価

■追加養生の推奨(緻密性の向上)

◆実践的な調査研究を通じてコンクリート構造物の品質確保の取組を検証

2

施工段階でのPDCAサイクルの実装



※各チェック項目は、現場の状況（外気温の程度や施工方法等）により不適切・不要な場合もある。よって、監督職員と施工者がコミュニケーションを図り、共通理解を得ることが大切である。

・山口県で用いられている**施工状況把握チェックシート**をベースに項目を検討

・土木学会コンクリート標準示方書「**施工編**」を参考

・発注者をはじめ関係の技術者より**寒中施工時の具体的な留意点や対策についてヒアリング**

・復興道路等の**コンクリートの表層品質調査を踏まえてファンデュアツ**

事務所・出張所名				工事名		工区		
構造物名				部位		リフト		
受注者				監督職員		確認日時		
打込み開始時刻	予定		実績	打込み開始時気温		天候		
打込み終了時刻	予定		実績	打込み量(m ³)		リフト高(m)		
養生方法	<input type="checkbox"/> 普通養生 <input type="checkbox"/> 保温養生 <input type="checkbox"/> 給熱養生			養生中の温度	雰囲気 (°C以上)、コンクリート (°C以上)			
脱型日				脱型後の養生	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり ()			
施工段階	チェック項目						記述	確認
準備	型枠面を濡らしているか。(凍結の恐れがある場合はその際でなければ凍結防止のため難くは無い) 凍結防止剤が適切に塗布されているか。 鉄筋・型枠等に氷雪が付着していないか。付着している場合は確実に取り除いているか。 目録表、時間がたつたままの型枠や、型枠面に照明が不用意に設置されているか。						-	-
打込み	打込まれたコンクリートが外気温や風雪によって急冷されない(型枠内に氷雪が入り込まない)ような対策をしているか。 アジテータトラックや輸送管の保温対策等により、コンクリートの温度低下を防いでいるか。 トラックのホースを容易に投入できるような屋根を開けているか。						-	-
養生	打込み終了後、ただちにシートやその他の適当な材料で表面を覆う等の対策により、コンクリート表面の凍結を防止しているか。 コンクリートに給熱する場合、コンクリートが急激に乾燥することや局部的に熱せられることがないようにしているか。 初期凍害を防止できる強度が得られるまでのコンクリート温度(5°C以上)とその保持期間は適切であるか。 保温養生または給熱養生を終了する際にコンクリート温度を急激に低下させていないか。 型枠および支保工の取外しは、コンクリートが必要な強度に達した後であるか。その際、コンクリート温度を急激に低下させていないか、また、 <u>表面を急激に乾燥させていないか。</u>						-	-

簡易的な表層品質評価(目視評価)

評価基準	一般的に「良」とされる範囲				不適合 E
	AAA 4点	AA 3点	A 2点	B 1点	
①沈みひび割れ					構造物のオーナーから不具合と判定される状況で、補修を要するもの
②表面気泡					
③打重ね線					

・施工の良否による表層品質の程度(表面の見栄え)を簡易的に評価
 ・施工段階での改善点を明確にし、施工の基本事項の遵守(逐次改善)を支援

- 主に打込み・締固めに起因
 - ①沈みひび割れ
 - ②表面気泡
 - ③打重ね線
 - ④型枠継ぎ目のノロ漏れ
 - ⑤砂すじ
- 主に(追加)養生に起因
 - ⑥面的な微細ひび割れ

(1~4まで0.5刻みで採点)

簡易的な表層品質評価(目視評価)

⑥面的な微細ひび割れ
(サンドペーパーで表面を軽く磨き汚れを取る, アセトンを染み込ませた布で拭き, その湯き際に評価する)



-調査対象範囲に微細ひび割れがほとんど認められない



-調査対象範囲に微細ひび割れが認められる



-調査対象範囲に微細ひび割れがくっきりと認められる



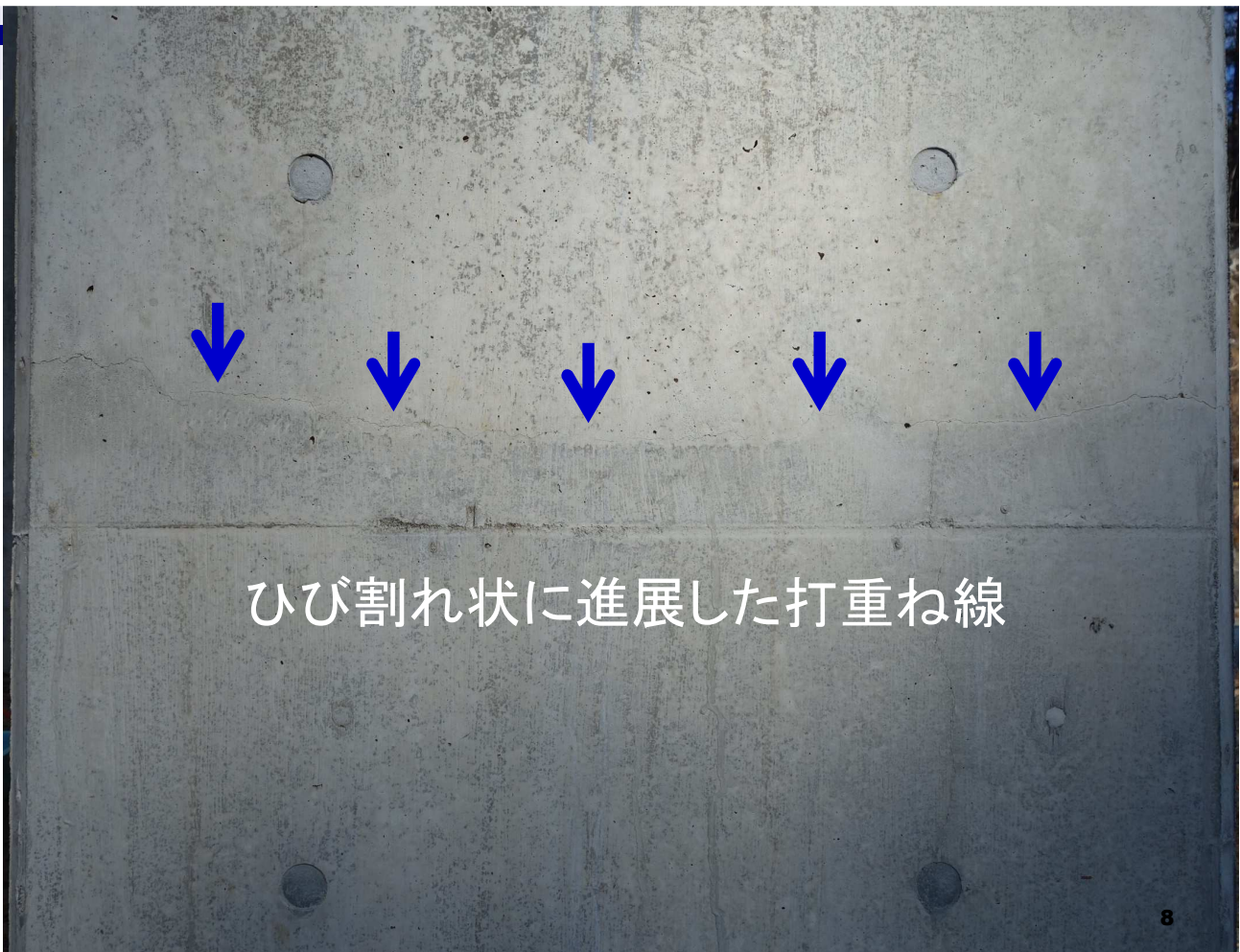
-Aよりも劣る



国道4号線バイパスの橋梁下部工
(十和田市, 昭和60年頃に施工)

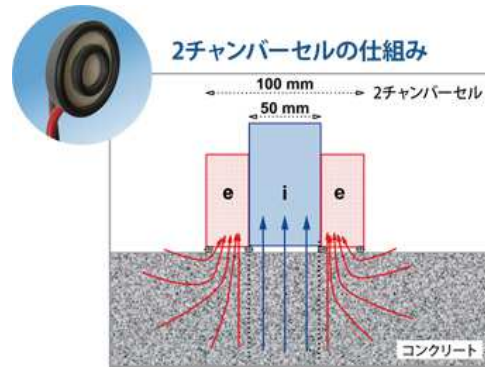


水掛かりのある部位では...



ひび割れ状に進展した打重ね線

表層透気試験



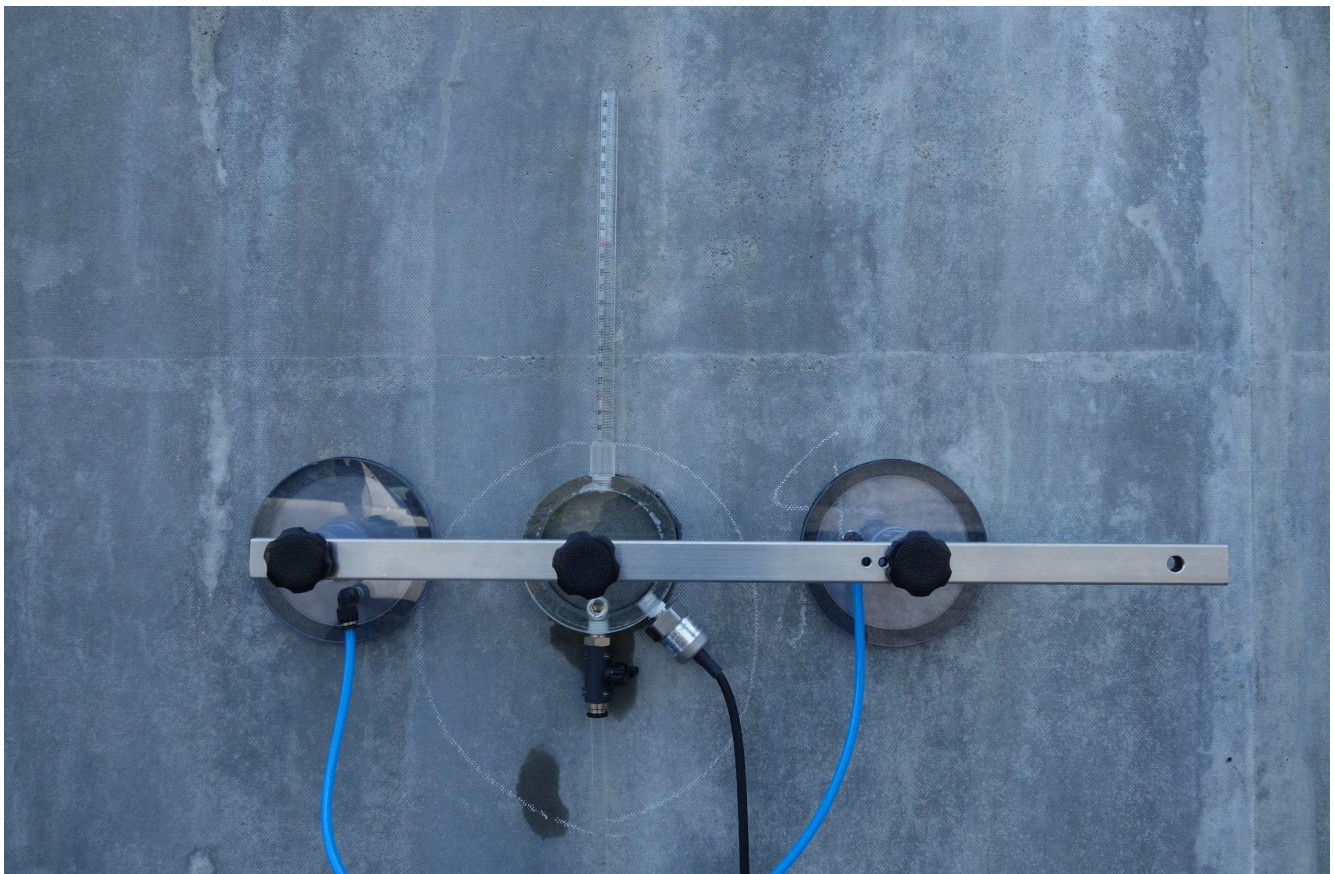
※セル周囲の影響を排除

・表層部(かぶり)コンクリートの透気係数(密実性)を測定

・透気係数・・・雨掛かり
ある部位<<ない部位
⇒表面の含水状態,
乾燥状態の影響を受ける

透気係数KT ($10^{-16}m^2$)	品質指数	品質クラス
0.001~0.01	1	優
0.01 ~ 0.1	2	良
0.1 ~ 1	3	一般
1 ~ 10	4	劣
10 ~ 100	5	極劣

表面吸水試験(SWAT)



これまでに調査した主な構造物の一覧

構造物名称	調査部位	コンクリートの仕様	施工時期	施工状況把握チェックシート	調査時期	養生日数 (型枠存置期間)	脱型後の追加養生	透水型枠
岩泉地区第6号函渠工	側壁	30-8-25BB	2013年9月～10月	—	2015年6月	7日	なし	—
岩泉地区第7号函渠工	側壁	24-8-25BB	2014年5月～6月	○	2015年6月	7日	なし	—
玉川大橋下部工	橋脚(P1,P2)	24-8-25BB	2014年1月～2月	—	2015年1月	P1:8日 P2:9日	シート養生 P1:15日 P2:11日	—
夏井地区橋梁下部工	橋台(A1, A2) 縦壁	24-8-25BB	2013年4月	—	2014年11月	A1:10日 A2:8日	養生剤塗布	—
新小本大橋下部工	橋脚(P2, P3, P4)	24-12-25N	2015年1月～2015年4月	○	2015年7月	7日	シート養生	○
新小成橋下部工	橋台(A1) 縦壁	24-8-25N	2014年10月	○	2015年6月	7日	なし	—
階上地区橋梁下部工	橋台(A1) 縦壁	24-8-25BB	2015年4月	○	2015年8月	60日	なし	○
上北道路 第5号函渠工	側壁	27-8-25BB	2010年5月	—	2010年8月	7日	湿潤養生 14日	○
六戸大橋下部工	橋脚(P2)	27-8-25BB	2009年12月～2010年2月	—	2013年11月	5日	なし	—
柳沢橋下部工	橋台(A1, A2) 縦壁	24-8-25BB	2010年6月～7月	—	2013年11月	10日	なし	—
砂土路川橋下部工	橋台(A1, A2) 縦壁・胸壁	24-8-25BB	2014年1月～2月	○	2014年6月	縦壁:14日 胸壁:7日	なし	—
七戸川左岸函渠工	側壁	24-8-25BB	2014年6月	○	2014年10月	14日・17日	なし	—

<関連文献>

- ・川邊清伸, 阿波 稔, 須藤昌二, 大森祐一: 寒中コンクリート用施工状況把握チェックシートを活用したコンクリート構造物の品質確保の取組, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.1285-1290, 2015.7
- ・阿波 稔・迫井裕樹・金濱巨晃・音道 薫: 函渠工・橋梁下部工におけるコンクリート構造物の品質確保の取組とその検証, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.1611-1616, 2016.7
- ・高橋 雅・佐伯岳洋・小穴信太郎・阿波 稔: 橋梁下部工におけるコンクリート構造物品質確保への取組み, Vol.38, pp.1605-1610, 2016.7
- ・阿波 稔: 寒中コンクリートを用いる構造物の品質確保, シリーズ「コンクリート構造物の品質確保物語」⑦, 道路構造物ジャーナルNET, 2016.3

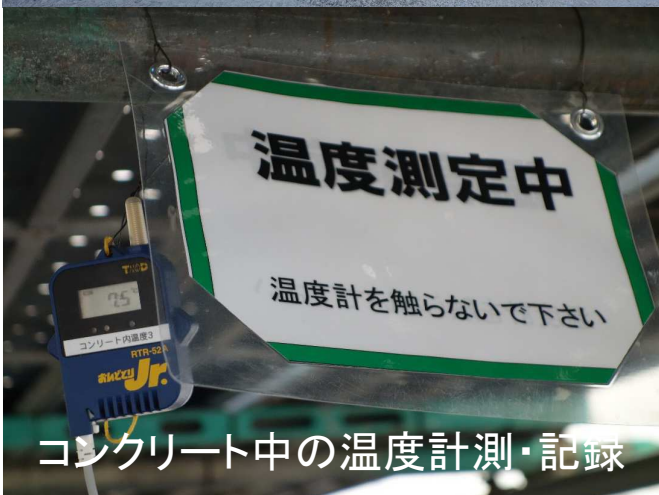
施工段階での工夫例(寒中施工)



運搬車の保温対策



圧送管の保温対策



コンクリート中の温度計測・記録



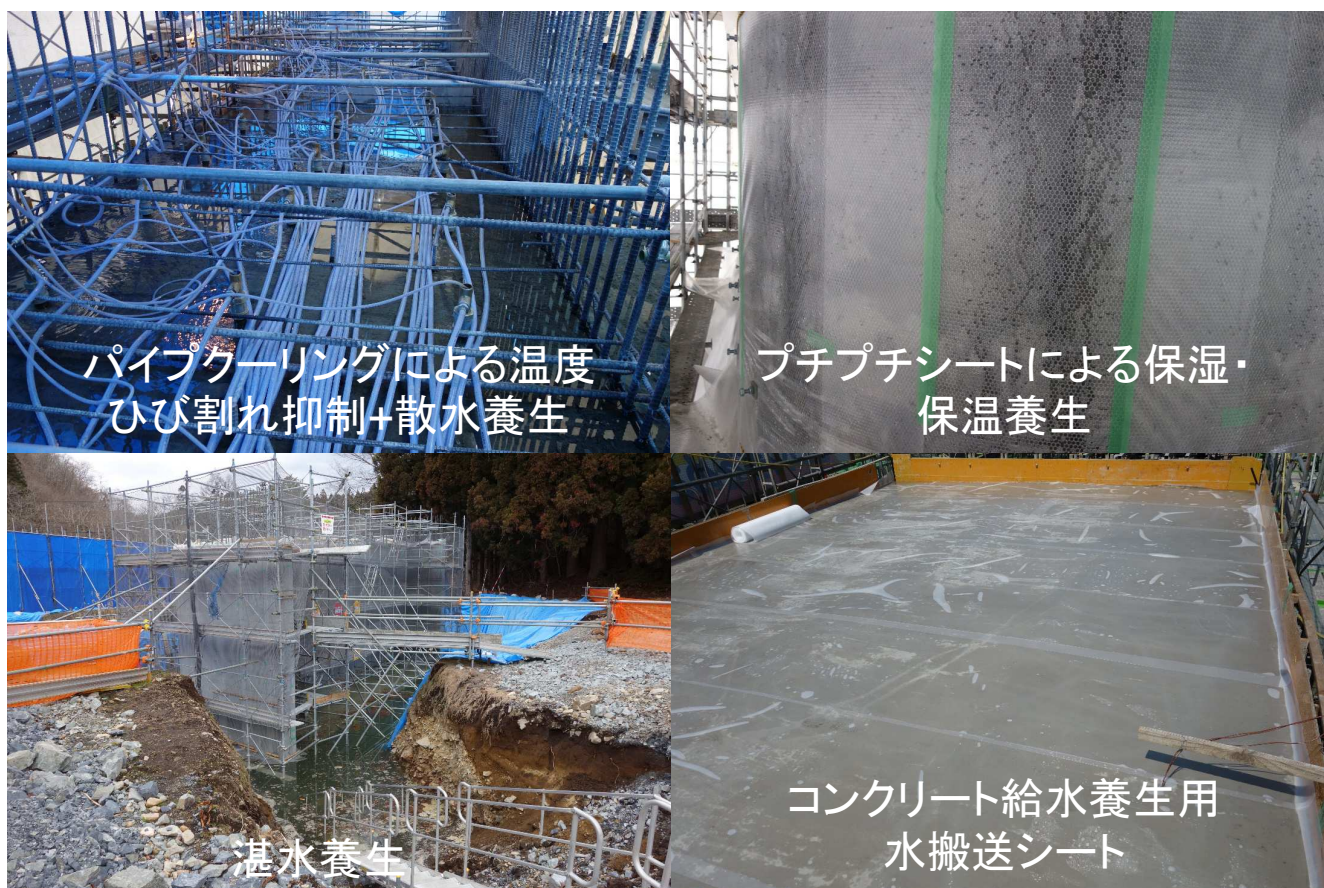
照明
ブリーディング除去用の吸引機

寒中コンクリート(橋梁下部工等)の留意点

- 初期凍害の防止, 養生温度・期間の管理
 - 外気温, 雪寒仮囲い内, コンクリート中の温度計測・記録
 - 凍結が予想される場合: 給熱養生を検討
 - ※コンクリートの急激な温度変化・乾燥を防ぐことが肝要
 - 所要のコンクリート温度が保持できない場合: 輸送設備の保温対策も検討
- 丁寧な運搬・打込み・締固めの実現
 - 通常期よりも施工時間が長くなることを想定
- ブリーディングの抑制あるいは施工時の確実なブリーディング処理
 - 冬期間は特にブリーディングが生じやすいことに配慮
- 追加養生(保温・保湿対策)の推奨
 - 標準養生+追加養生(型枠存置, シート養生等)を検討

13

施工段階での工夫例(養生)

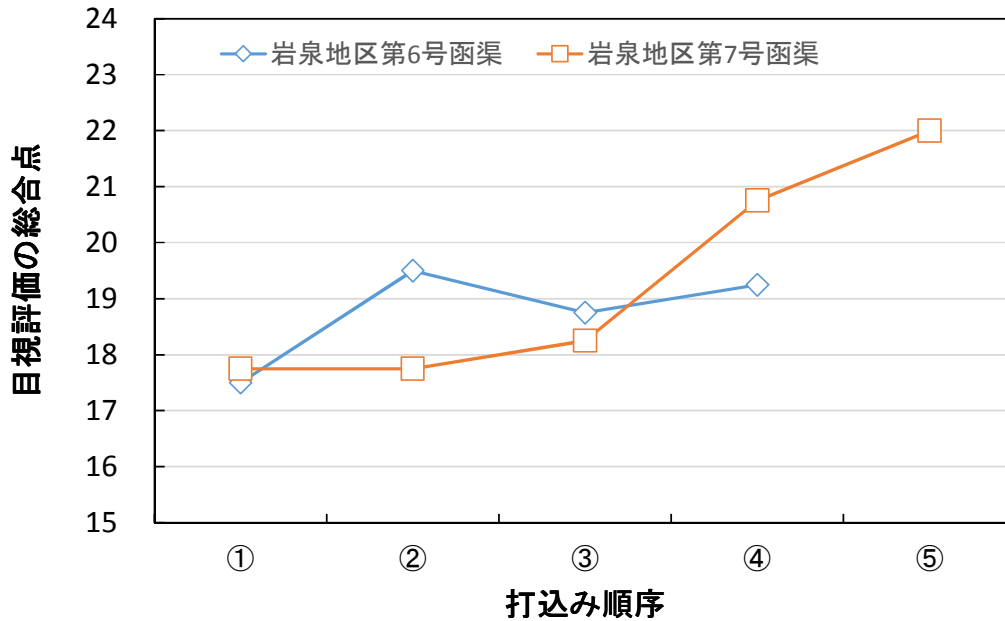




三陸沿岸道路(田老～岩泉間)



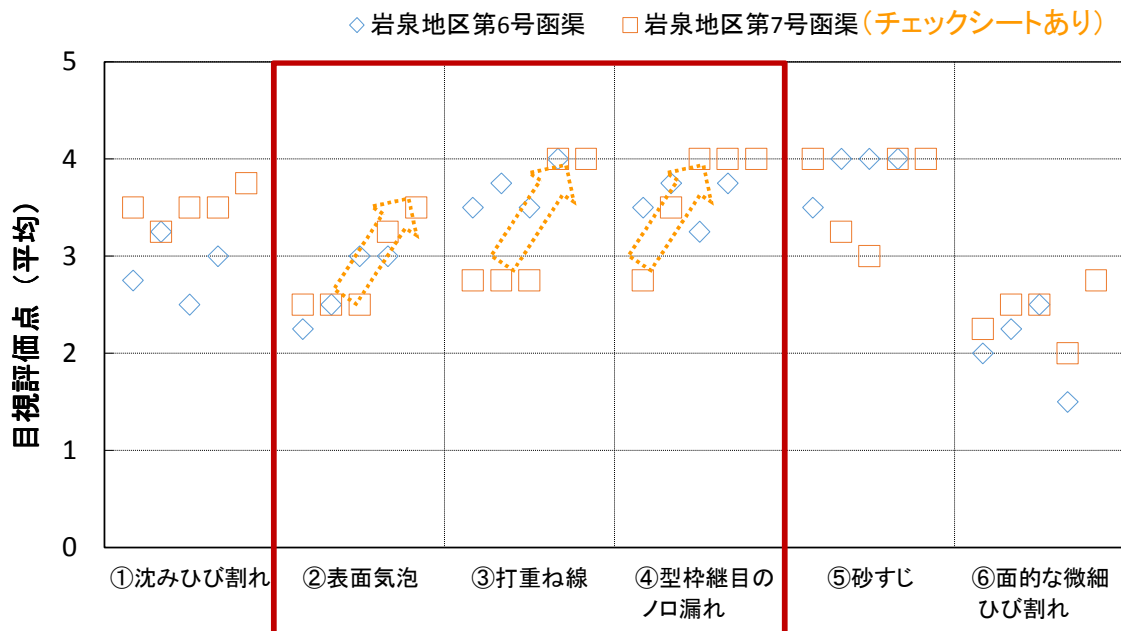
目視評価(ボックスカルバート)



- ・チェックシートによる施工状況把握の実施により総合点が大きく向上
⇒施工改善の即効性が期待できる
- ・チェックシートによる施工状況把握を実施していない場合では、改善のスピードが遅延
- ・目視評価の目標値: 個別項目で3点以上, 総合点で20点以上

17

表層目視評価(ボックスカルバート)



- ・6号函渠: 2013年9月~10月施工, 7号函渠: 2014年5月~6月施工
- ・地元の同じ施工会社が同じ生コン工場を使用して施工
- ・施工状況把握チェックシートの導入によって②表面気泡, ③打重ね線, ④型枠継目のノロ漏れの評価点が大きく改善

18

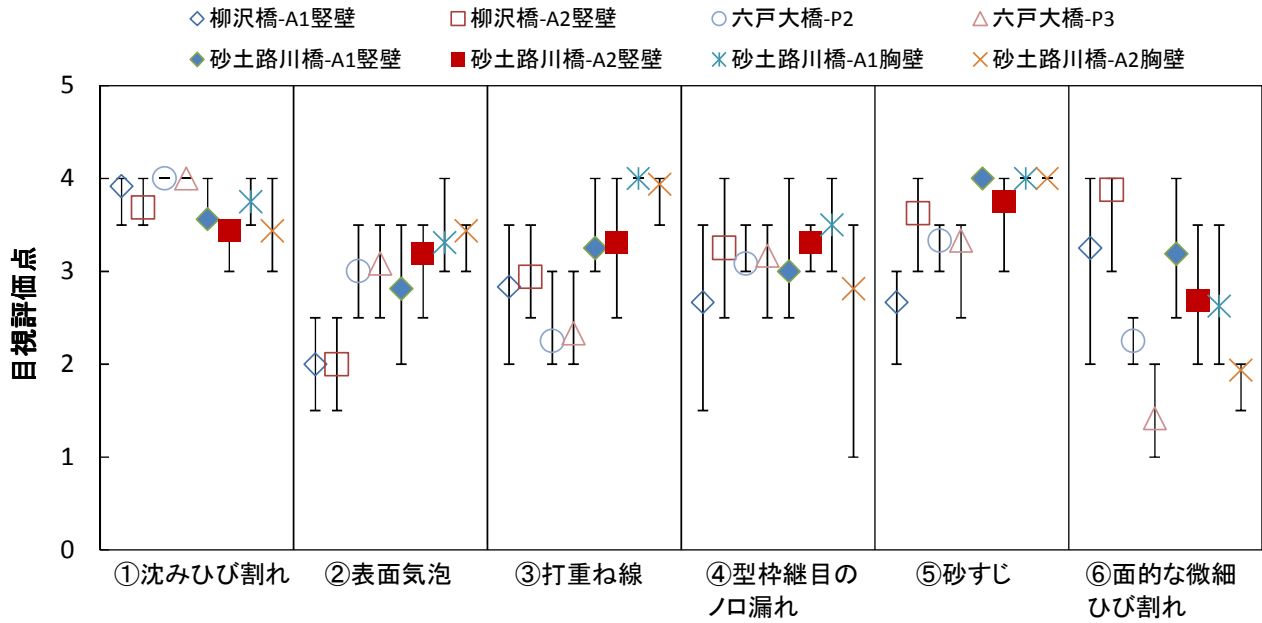
橋台高さが比較的低い下部工では・・・

A1(施工状況把握チェックシート導入後)

A2(施工状況把握チェックシート導入後)

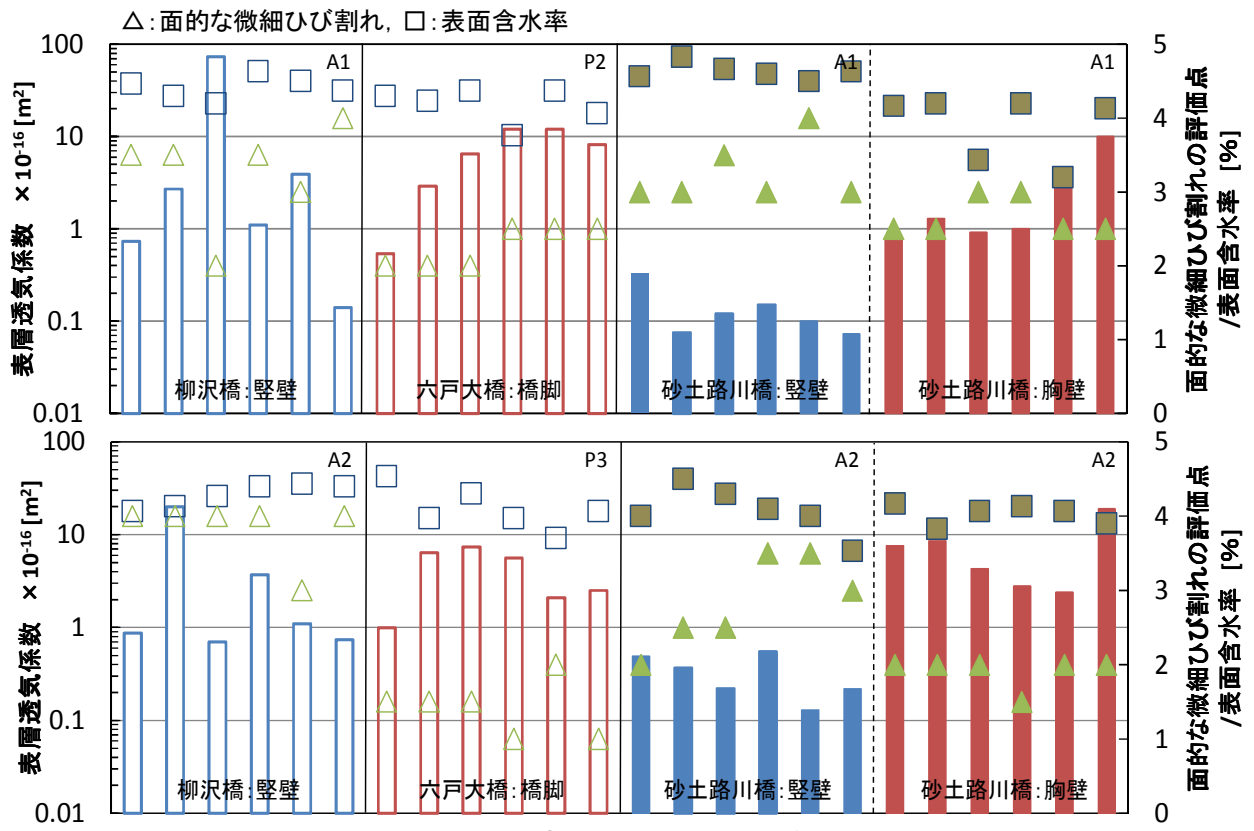
上北天間林道路 試験施工(2013-14冬)

目視評価(橋台)



- ・表面気泡, 打重ね線, 面的な砂すじは段階的(堅壁→胸壁)に改善してる。
- ・A2胸壁で型枠継目のノロ漏れの評価点が低い部位が確認された。
- ・特に胸壁で面的な微細ひび割れの評価点が低い。(型枠存置期間[堅壁:約2週間, 胸壁:約1週間], 乾燥・養生期間の影響?)

表層透気試験(橋台)





玉川大橋下部工

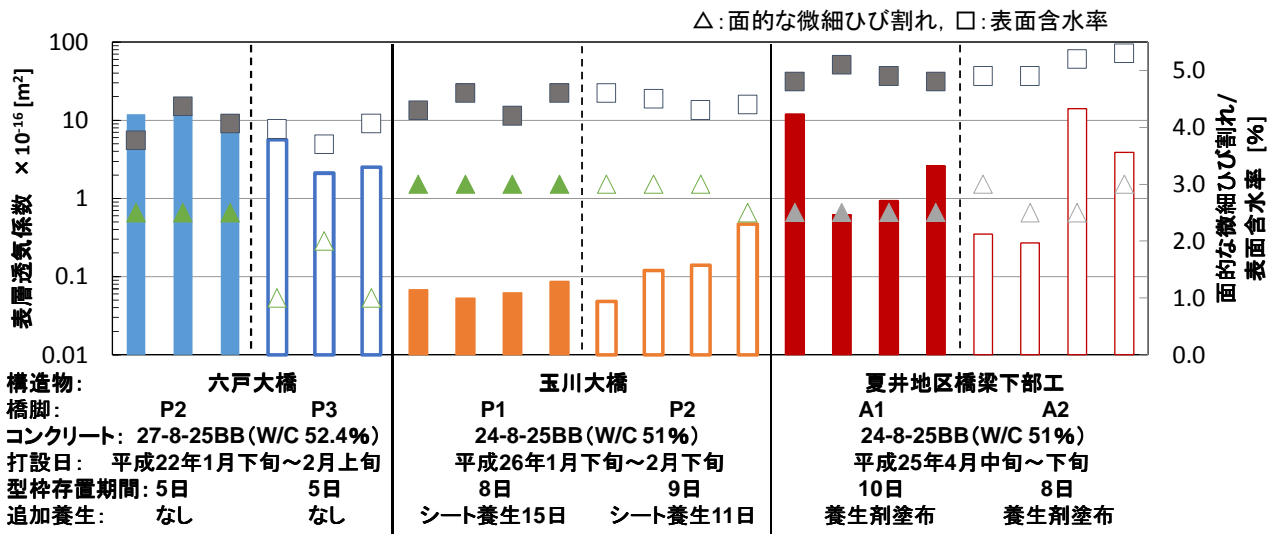
脱型後の追加養生効果の検討

- ・追加養生なし：六戸大橋
- ・シート養生：玉川大橋
- ・養生剤：夏井地区橋梁



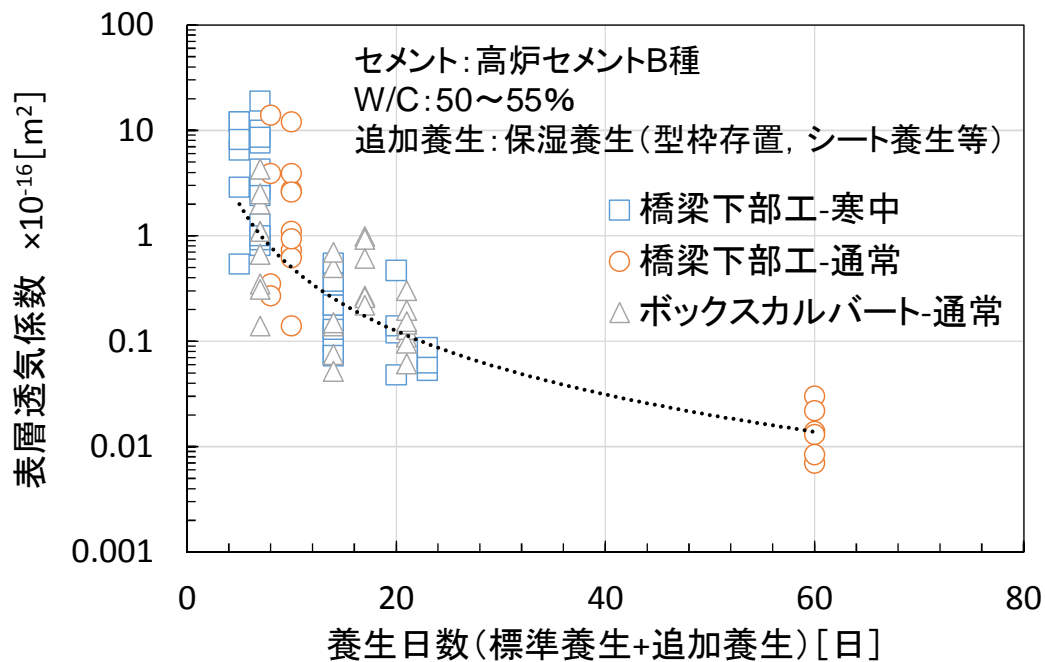
夏井地区橋梁下部工

型枠脱型後の後養生効果（橋梁下部工）



- ・玉川大橋と夏井地区橋梁下部工は、地元の同じ施工会社が同じ生コン工場を使用して施工
- ・脱型後にシート養生を実施することによって表層部の緻密性が大きく向上
⇒初期の急激な乾燥を防止，面的な微細ひび割れを抑制
- ・養生剤は面的なバラツキが大きい？、施工のムラを低減？
- ・打込み時期によっても効果が異なる，寒中施工ほど追加養生が重要

養生日数(通常の養生+追加養生)の検討例



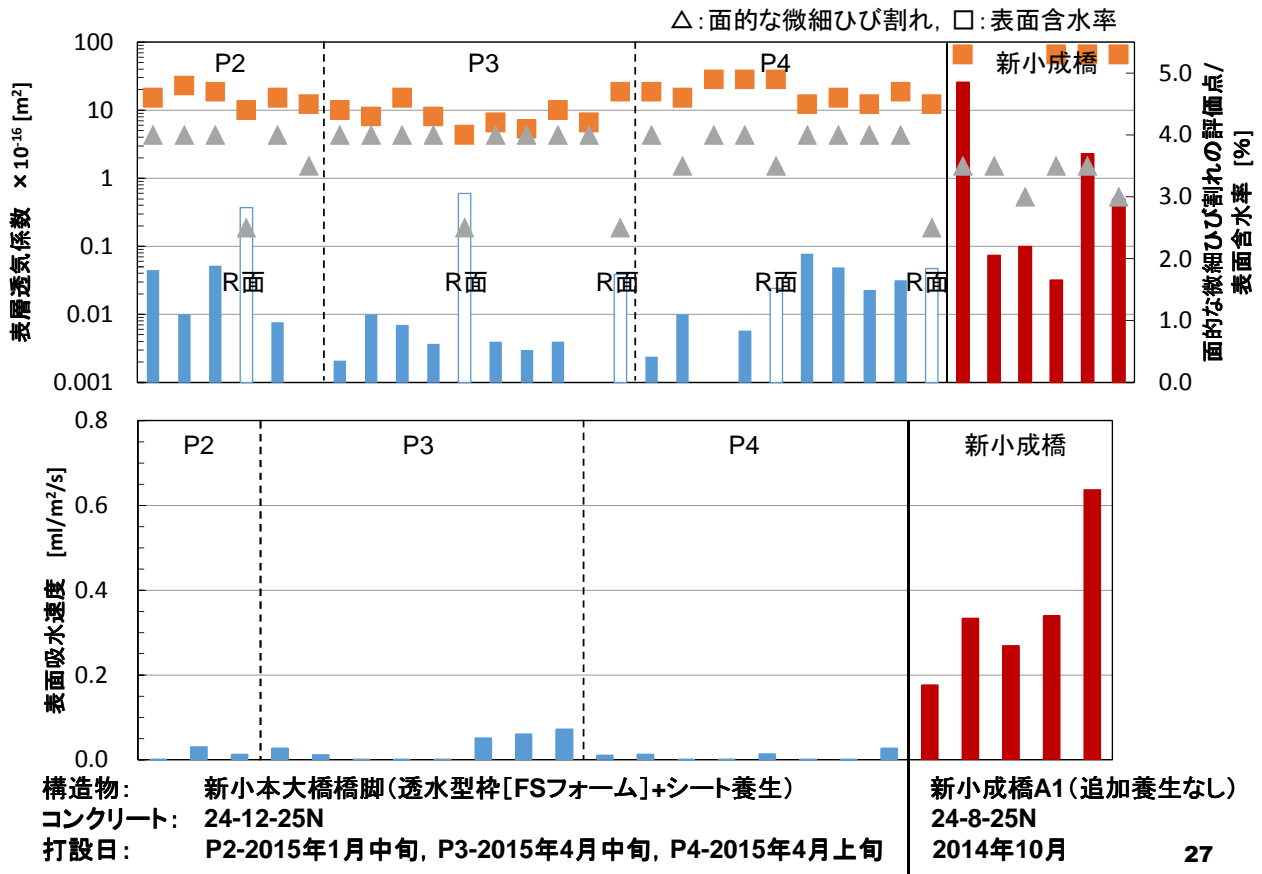
- ・養生日数が2W以下では表面透気係数のばらつきが大きい
- ・表面透気係数 $1 \times 10^{-16} m^2$ 以下, 養生日数 2W以上

23

新小本大橋下部工



新小本大橋下部工 (P2, P3, P4)

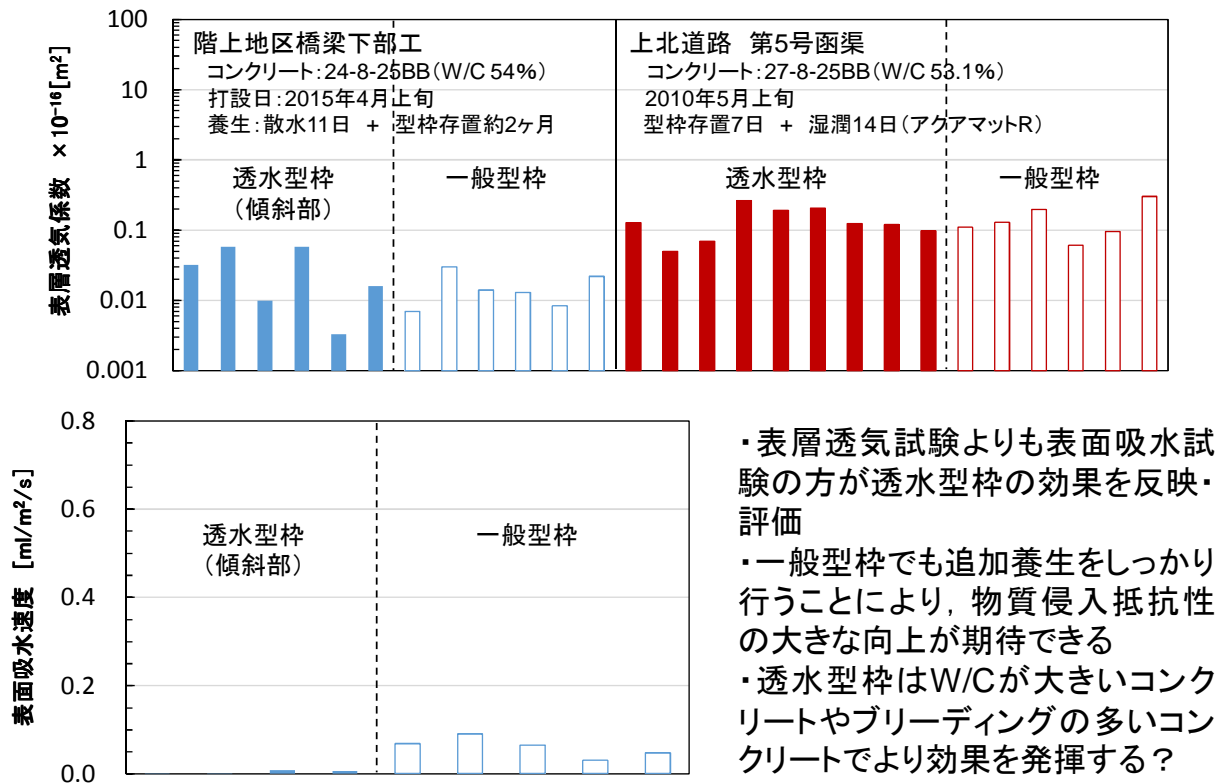


透水型枠の効果の検討

- ・階上地区橋梁下部工: 散水養生11日
+ 材齢約2ヶ月まで型枠存置
- ・上北道路 第5号函渠: 型枠存置7日
+ 湿潤養生14日(湿潤マット)



透水型枠の効果の検討



29

表層品質とスケーリング抵抗性

実験概要

- 使用型枠: 一般型枠、透水型枠
- 養生方法: 水中養生、気中養生、封緘養生、養生剤
- 試験項目: 表層透気試験、表面吸水試験、スケーリング抵抗性試験(JSCE法)
- 試験材齢: 28日、77日 (※スケーリング試験は材齢28日)

コンクリートの配合

配合	W/C [%]	s/a [%]	単位量[kg/m ³]						
			W	C	S①	S②	G①	G②	AE減水剤
24-8-25BB	51.0	40.4	162	318	504	216	1066	-	3.18
24-8-40N	53.9	41.2	153	284	531	228	679	452	2.84
24-15-25N	51.7	43.4	171	331	535	229	998	-	3.31

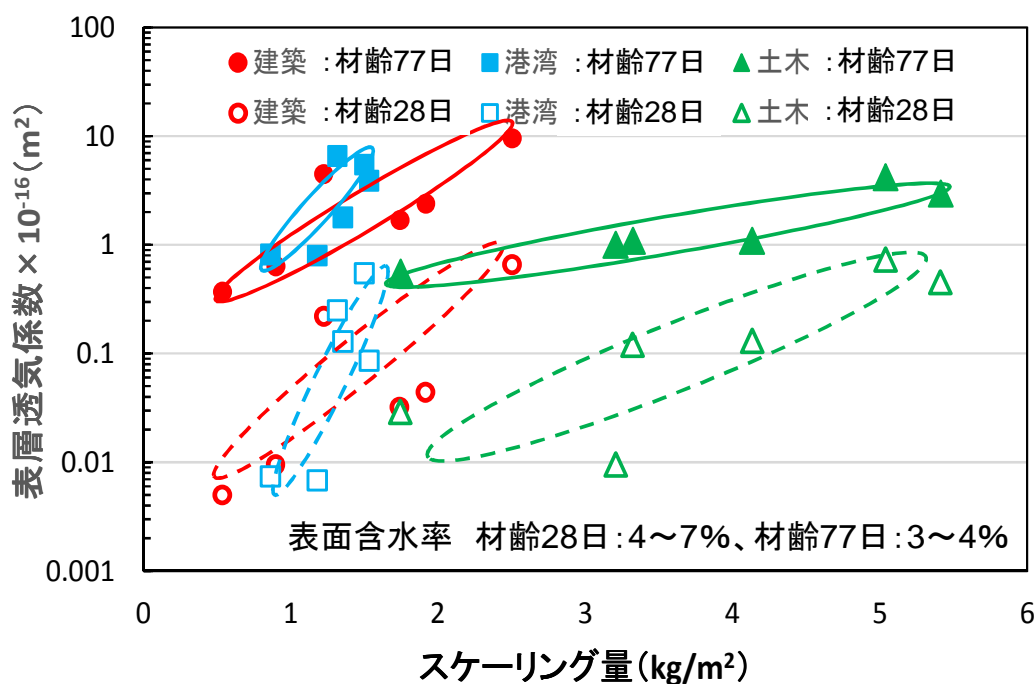
30

使用型枠と養生条件

	材齢(日)								
	1	-	7	-	14	-	28	-	77
A 一般型枠	型枠存置						測定	気中養生	測定
B シート養生	型枠存置	シート設置	封緘養生			測定	気中養生	測定	
C 透水型枠	型枠存置						測定	気中養生	測定
D 養生剤	型枠存置	塗布	気中養生			測定	気中養生	測定	
E 水中養生	型枠存置	水中養生				測定	気中養生	測定	
F 気中養生	型枠存置	気中養生				測定	気中養生	測定	

31

表層品質とスケーリング抵抗性



表層透気係数: 透水型枠 < 水中養生 < 型枠存置 < シート養生 < 養生剤 < 気中養生
 スケーリング抵抗性: 高炉BBを使用した場合, 養生方法による影響が大きい 32

ボス試験体による実構造物コンクリート (橋梁下部工)の気泡組織の調査

調査現場一覧

[橋梁下部工(フーチング)]

工事名	A工事 (岩手県)	B工事 (青森県)
施工時期	2015年8月	2015年10月
目標空気量[%]	4.5±1.5	4.5±1.5
工事名	C工事 (岩手県)	D工事 (岩手県)
施工時期	2015年8月	2015年11月
目標空気量[%]	6.0±1.0	4.5±1.5



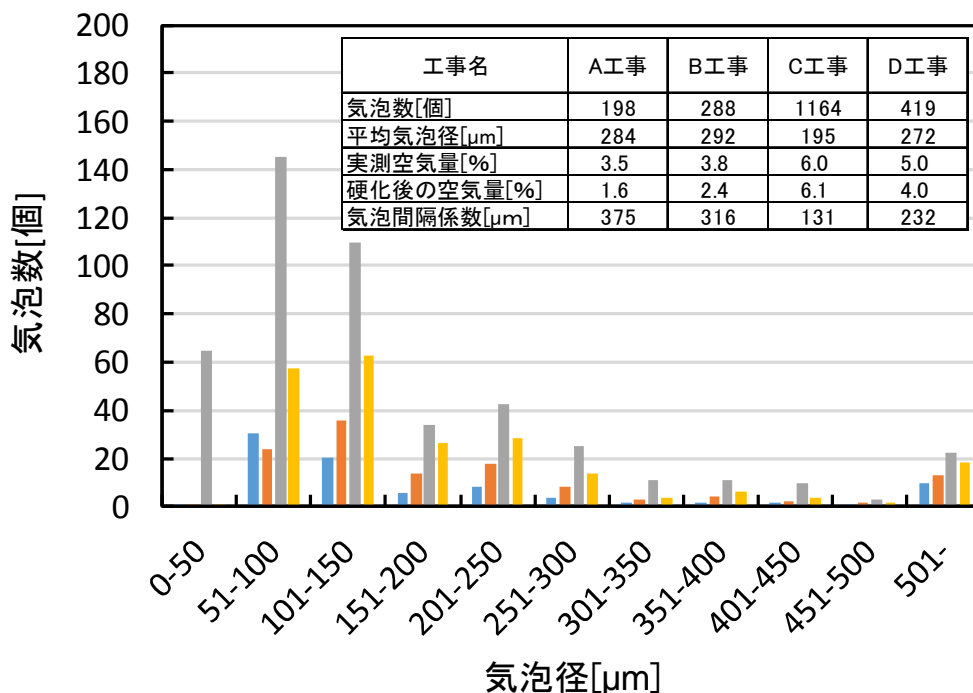
コンクリートの配合

工事名	コンクリート仕様	実測空気量 [%]	単位量[kg/cm ³]							
			W/C	s/a	C	W	細骨材		粗骨材	混和剤 AE減水剤
							陸砂	砕砂		
A工事	24-12-25BB	3.5	54.3	44.8	306	166	—	816	1,018	4.59
B工事	24-8-20BB	3.8	54.0	42.1	285	154	546	233	1,104	3.14
C工事	24-8-25BB	6.0	50.1	42.1	292	146	534	235	1,180	2.92
D工事	24-8-25N	5.0	53.2	44.9	296	157	828	—	1,020	2.96

33

気泡組織の測定結果

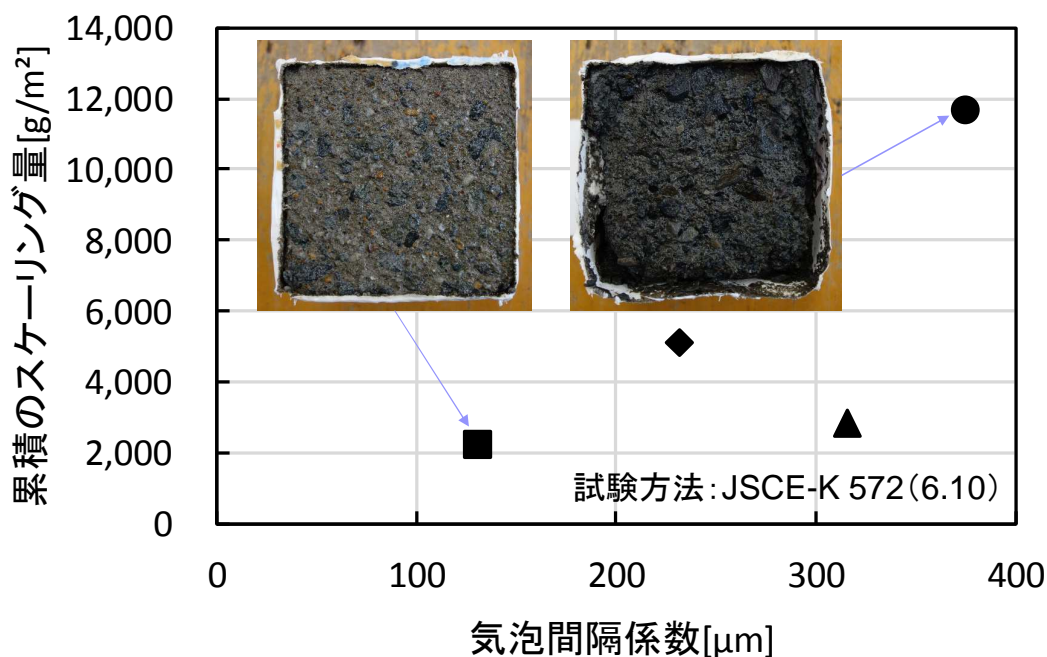
■ A工事 ■ B工事 ■ C工事 ■ D工事



現場によって硬化後の気泡組織（量と質）は大きく異なる³!

スケーリング抵抗性と気泡間隔係数

● A工事 ▲ B工事 ■ C工事 ◆ D工事



コンクリートの目標空気量を増加させることは、現場ごとの気泡組織の変動を考慮して、安全側で空気量と質を確保するための一つの方策として有効である。 35

まとめ

・産官学の目的意識の共有、

協働関係の醸成

構造物の品質確保 = 耐久性の確保

そのための仕組み

= 技術の創造・継承

= 人づくり

⇒ 品質確保の手引き

⇒ 協働体的な地域

ネットワーク

・最高品質のインフラを次世代に……

