

コンクリート構造物の施工が 品質・耐久性に与える影響 —— コンクリート構造物の高耐久化に向けて ——

 東北地方整備局
道路部 道路保全企画官
山 口 満

厳しい自然環境に曝されている道路構造物

凍結抑制剤の散布

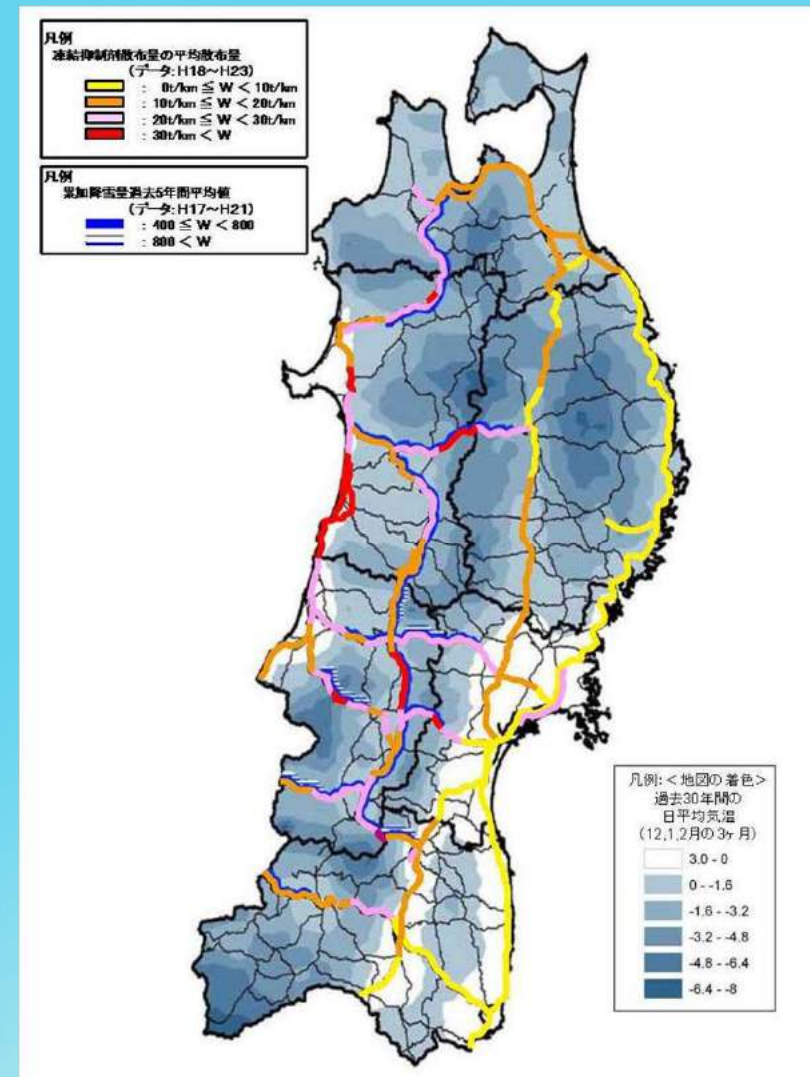
○平均散布量は
約10トン／km／年

○峠部及び日本海側では
30トン／km／年 超

○H5スパイクタイヤ禁止以降に
散布量は増加

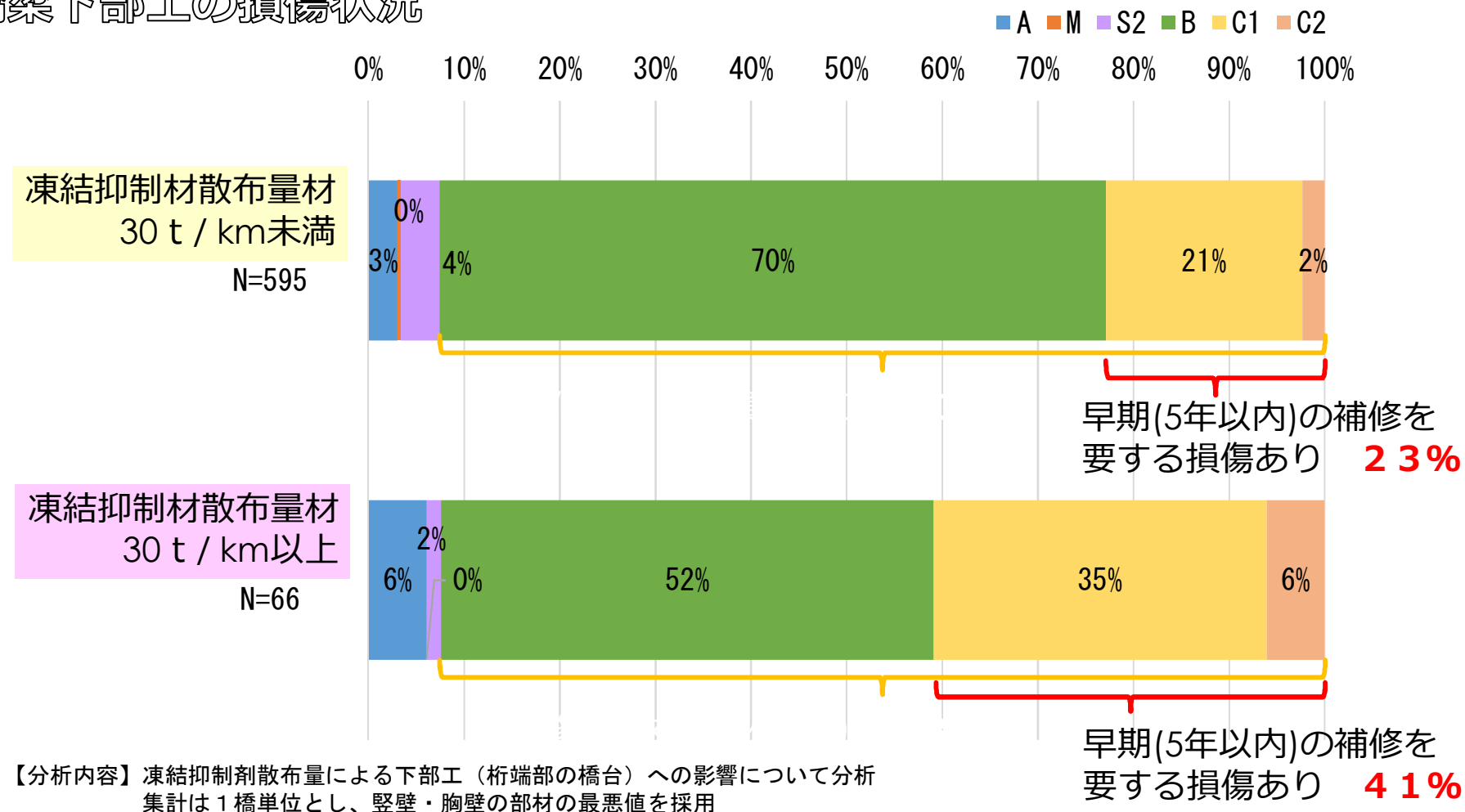
○凍結しやすい橋梁部は
重点散布区間

○コンクリート構造物には
厳しい環境



東北地方のコンクリート構造物の課題

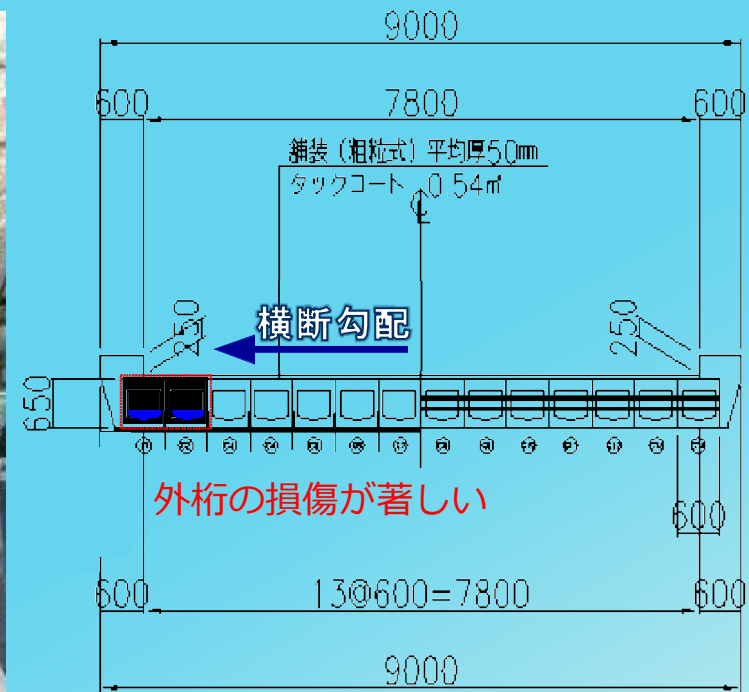
橋梁下部工の損傷状況



塩害の発生事例



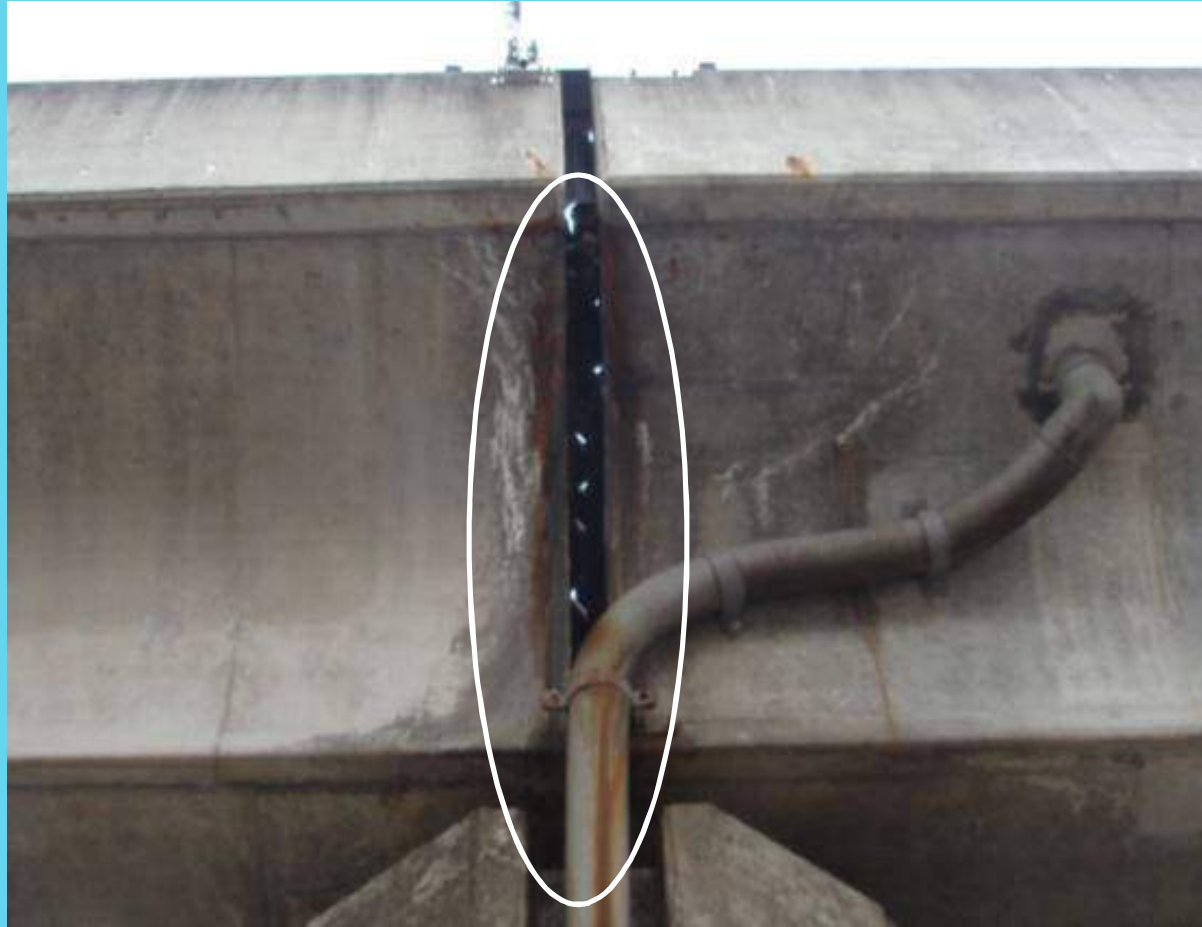
桁下面の P C 鋼材の腐食、破断状況
硬化コンクリート中の空気量はほぼ 0 %



※ 凍結制御剤による塩害と凍害の
複合劣化により損傷が著しく進行

横断勾配の低い方の外桁内に塩分を含んだ水が滞水、
内部鋼材を腐食させ、桁下面のコンクリートが剥離

塩害の発生事例



P C中空床版橋の桁端部
凍結抑制剤の影響と思われる錆汁が発生

凍害の発生事例



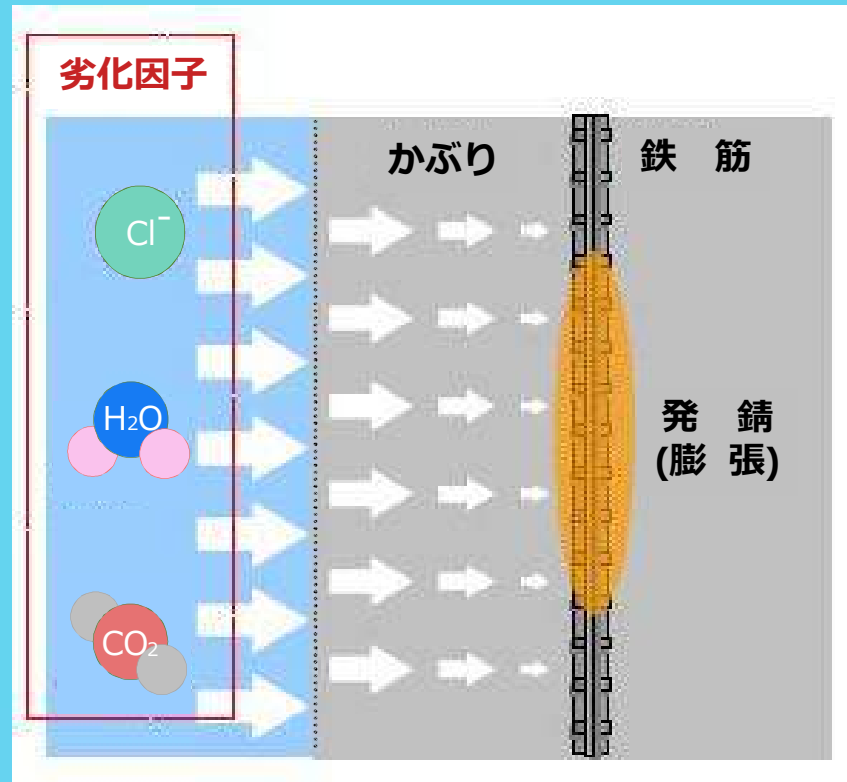
建設後 33 年経過した P C 床版橋の下部工表面の損傷状況

凍害の発生事例

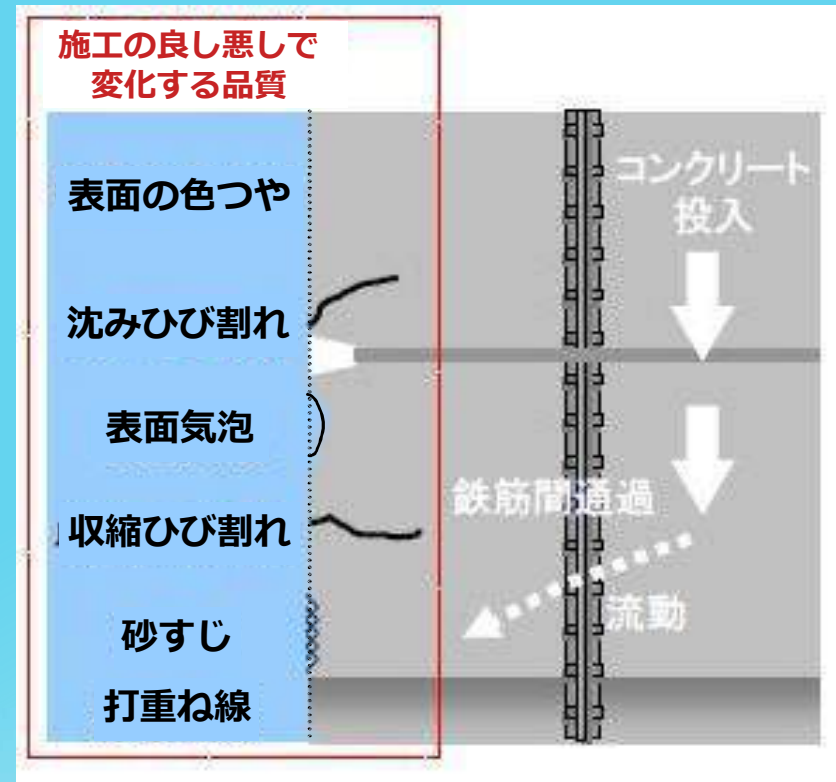


伸縮装置部から侵入した融雪水が繰り返し凍結融解したことによる損傷

コンクリートの「劣化」と「表層品質」



劣化因子の浸透（概念図）



コンクリート表面の品質

東北地方のコンクリート構造物の目指すべき方向

東北地方の**自然環境**や**構造物の供用される環境**を踏まえ、設計、施工、維持管理の各段階で丁寧に対応し、**十分な耐久性**を持つコンクリート構造物の創造を目指す！

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）

平成27年12月

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）

平成28年5月

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）」
（橋脚、橋台、函渠、擁壁編）

<http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/tebiki/kyoukyaku.pdf>

「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）

<http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/tebiki/tonnelfukoukonkurito.pdf>

「品質確保の手引き」 活用の目的

施工中に生じる
不具合の抑制



「**施工状況把握チェックシート**」

「**表層目視評価**」

により、**施工中に生じる不具合を抑制**

➤抑制のため、**関係者間によるデータの共有**が重要（問題意識の統一）

緻密性の確保



「**標準養生**」 + 「**追加養生**」

により、**緻密性を確保**

施工状況把握チェックシート

卷末資料（記録様式①）（案）記載例

サンプル

【施工状況把握チェックシート（コンクリート打込み時）】記載例

事業所名	〇〇健康事務所	工事名	〇〇病院 施設改良工事	工事	1
機室名称	〇〇病棟 A棟4機台	部位	天井等	リフト	2
担当者	〇〇健康科B	確認者	〇〇技師		
発注	平成 25 年 10月	発注日	2013(平成25)年 11月30日		
打ち込み開始時刻	予定 8:00 実績 8:10	打ち込み開始時刻	22:00	天候	曇り
打ち込み終了時刻	予定 12:00 実績 12:20	打ち込み完了	80	リフト高(実)	7.5m
項目No.	施工工程	チェック項目	記録	実測	
準備	1	作業範囲・打ち込み設備は付いているか。	—	—	
	2	安全帯は着用されているか。	—	—	〇
	3	機体内音に。本音や近接電線の音はしないか。	—	—	〇
	4	かみり内に線管はないか。	—	—	〇
	5 浮遊	機化したコンクリートの表面のライオス等を取り除き、磨らせているか。	—	—	〇
	6	コンクリート打ち込作業人員 ²⁰⁰ に安全帯を付せているか。	—	—	〇
	7	手袋のバイブレーションを準備しているか。	—	—	40分程度
	8	発電機のトラバリングをする。事前にチェックをしているか。	—	—	〇
	9	打込機は、作業員に固定されているか。	—	—	〇
打込み	1 確認	機内通てから打込むまでの時間1分程度であるか。	90秒	—	
	2	パイプが配管の下の鋼骨柱を通過する際、配管がパイプの先端の鉄筋を折ってしまうか。	—	—	〇
	1	機音が静穏は出ているか。	—	—	〇
	3	機振動が不要なような適切な位置に、コンクリートを垂直に降ろしているか。	—	—	〇
	4	コンクリートは、打ち込みが完了するまで正確に打てられているか。	—	—	〇
	5 打ち込み	コンクリートの表面が水平にならずに打込み終わる。	—	—	〇
	6	1機の高さは、50m以下としているか。	50m	—	〇
	7	機内に1人だけ打て終わるか。1機のコンクリートの打ち込みは、1層のコンクリートが完了する程度に止まっているか。機内の人が長時間居るとしているか。	—	—	〇
	8	パイプ配管等の破損から打ち込み部をのぞく際は、1.5m以上は離れる。	前1.5m	92	〇
確認	9	表面にパイプマークがある場合は、これをくり貫いてからコンクリートを打ち込む。	—	—	〇
	1	パイプマークなし。機内、機外にパイプマークはないか。	—	—	〇
	2	パイプマークの下側のコンクリートに10mm程度は打っているか。	—	—	〇
	3	パイプマークの表面に粉塵なし。押入時間は30秒以下としているか。	—	—	〇
	4	パイプマークの振動時間1分以内に移動としているか。	—	—	〇
	5	両面作業中、パイプマークを垂直等に保持できているか。	—	—	〇
	6	作業打込に対して、後進の工仕がパイプマークが打てない状態に保たれているか。	—	—	〇
	7	パイプマークコンクリートを機振動させているか。	—	—	〇
	8	パイプマークは、穴が埋らないように砕けに引かれているか。	—	—	〇
養生	1	養生をかける前に保護するおとがけする養生は、シートなどで天井や風圧柱を被せているか。	—	—	〇
	2 養生	コンクリートの養生面を保護膜に保っているか。	—	—	〇
	3	養生養生完了後には確認されているか。	—	—	〇
打込み後処理	1	打ち込み作業完了の直後は、コンクリートが不要な状況1.5m以上保たれているか。	—	—	〇
	2	養生・機内への打込み作業完了の直後は、機内が安全に保たれているか。打込み後に機内を清掃する。	—	—	〇

200 機内に1人だけ打て終わるか。1層のコンクリートの打ち込みは、1層のコンクリートが完了する程度に止まっているか。機内の人が長時間居るとしているか。

養生については、後日記入をする。

200 機内に1人だけ打て終わるか。1層のコンクリートの打ち込みは、1層のコンクリートが完了する程度に止まっているか。機内の人が長時間居るとしているか。

200 機内に1人だけ打て終わるか。1層のコンクリートの打ち込みは、1層のコンクリートが完了する程度に止まっているか。機内の人が長時間居るとしているか。

※コンクリート打込み作業人員・・・コンクリートの打込み・締固め作業時の人員のうち、直接作業に携わらない者（監理・主任技師等やポンプ・車運転手等）を除いた人員

卷末資料（記錄樣式②）（案）記載例

サンプル

【施工状況把握チェックシート（寒中コンクリート用：打込み時～養生）】**記録例**

※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・不備な場合もある。よって、管理員と施工者がコミュニケーションを図り、共通認識を養うことが本場である。

[illegible]

養生については、
後日記入をする。

※「品質確保の手引き」より抜粋

表層目視評価

巻末資料（記録様式③、④（案）記載例）

サンプル

表層目視評価結果(案)記載例

1/1 頁

構造物名: ○○橋下部工

評価者氏名: ○○

測定箇所: P1橋脚 1リフト

日時・時間: 2015/11/09(金)14時~15時

測定時天候: 晴れ

評価回数: 1 回目(設置後10日後)

測定箇所番号	1L-N	1L-S	1L-E	1L-W
①床面ひび割れ	3	3	3	3
②表面風化	3	4	4	4
③打重ね様	3	3	3	3
④型枠跡さびのノコ傷	4	4	4	4
⑤砂すじ	3	4	4	4
備 考		橋脚基部に外部拘束によると思われる、垂直なひび割れあり。		

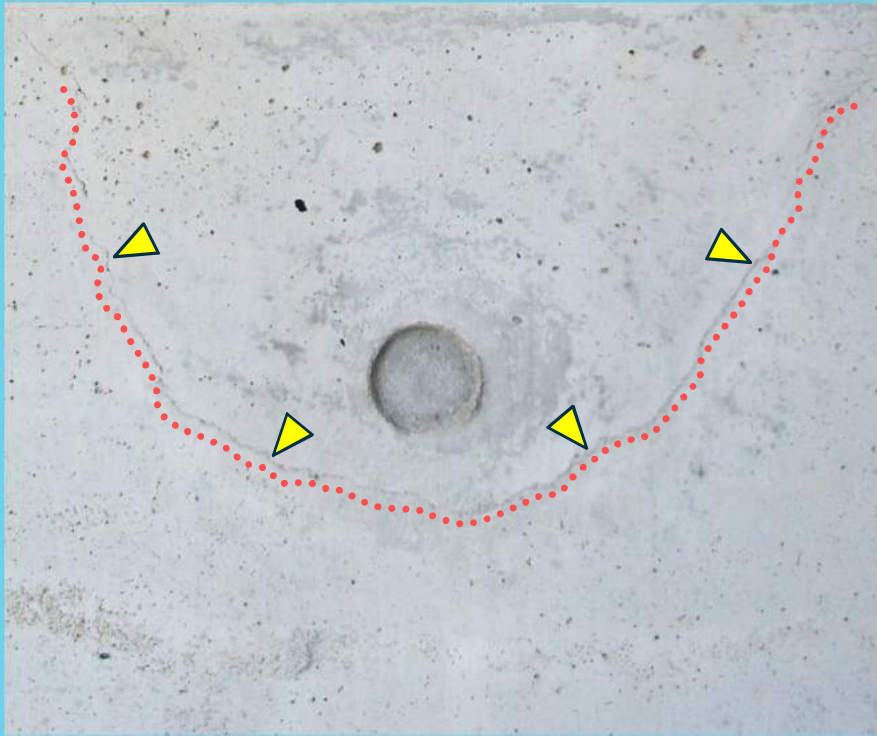
【構造物断面図】

※構造物の目視評価測定箇所が分かるよう、手書きでポン字略を記載。

評価基準	一般的に「良」とされる範囲				不適合
評価項目	4点	3点	2点	1点	
(1) 沈みひび割れ	 ・ピーコン近傍にも沈みひび割れがない	 ・目視調査範囲のピーコンの概ね1/3以上に沈みひび割れが発生 ・ピーコン直径の3倍以上の長さの沈みひび割れが発生	 ・目視調査範囲のピーコンの概ね1/2以上に沈みひび割れが発生 ・ピーコン直径の3倍以上の長さの沈みひび割れが発生	 ・2点の状態よりも劣る	検査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	 ・5mm以下の気泡がほとんどない (目安: 概ね50個以下/m²)	 ・5mm以下の気泡が認められる (目安: 概ね50個以上/m²)	 ・10mm以下の気泡が認められる (目安: 概ね50個以上/m²)	 ・2点の状態よりも劣る	
(3) 打重ね筋	 ・近傍では打重ね筋が認められるものの、約10m離れた遠方からは認められない	 ・約10m離れた遠方から、打重ね筋が認められる	 ・約10m離れた遠方から、打重ね筋がはっきりと認められる	 ・2点の状態よりも劣る	
(4) 型枠継ぎ目のノロ漏れ	 ・調査対象範囲にノロ漏れがほとんど認められない	 ・調査対象範囲の概ね1/10以上にノロ漏れが認められる	 ・調査対象範囲の概ね1/3以上にノロ漏れが認められる	 ・2点の状態よりも劣る	
(5) 砂すじ	 ・調査対象範囲に砂すじがほとんど認められない	 ・調査対象範囲の概ね1/10以上に砂すじが認められる	 ・調査対象範囲の概ね1/3以上に砂すじが認められる	 ・2点の状態よりも劣る	

※「品質確保の手引き」より抜粋

表層目視評価小項目 ①沈みひび割れ



◆沈みひび割れの評価

4点：沈みひび割れがない

3点：目視範囲のピーコンの1／5程度に沈みひび割れが発生。ピーコン直径の3倍以上の長さのひび割れが発生

2点：目視範囲のピーコンの1／2程度に沈みひび割れが発生。ピーコン直径の5倍以上の長さのひび割れが発生

1点：2点の状態よりも劣る

表層目視評価小項目

②表面気泡



◆表面気泡の評価

4点：5 mm以下の気泡がほとんど無い
概ね50個以下/m²以下

3点：5 mm以上の気泡が認められる
概ね50個以上/m²

2点：10 mm以上の気泡が認められる
概ね50個以上/m²

1点：2点の状態よりも劣る

表層目視評価小項目 ③打重ね線



◆打重ね線の評価

- 4点：近接では打重ね線が認められるが約10m離れた遠方からは視認できない
- 3点：約10m離れた遠方から打重ね線が認められる
- 2点：約10m離れた遠方から打重ね線がはっきり認められる
- 1点：2点の状態よりも劣る

表層目視評価小項目 ④型枠継目のノロ漏れ



※型枠継ぎ目の砂すじ

型枠継目からの漏水により、セメント分が流れだし、
その影響範囲で細骨材分が多く残された状態

◆ノロ漏れ (砂すじ) の評価

- 4点：調査対象範囲に砂すじがほとんど認められない
- 3点：調査対象範囲の概ね 1／10以上に砂すじが認められる
- 2点：調査対象範囲の概ね 1／3以上に砂すじが認められる。
- 1点：2点の状態よりも劣る

表層目視評価小項目 ⑤砂すじ

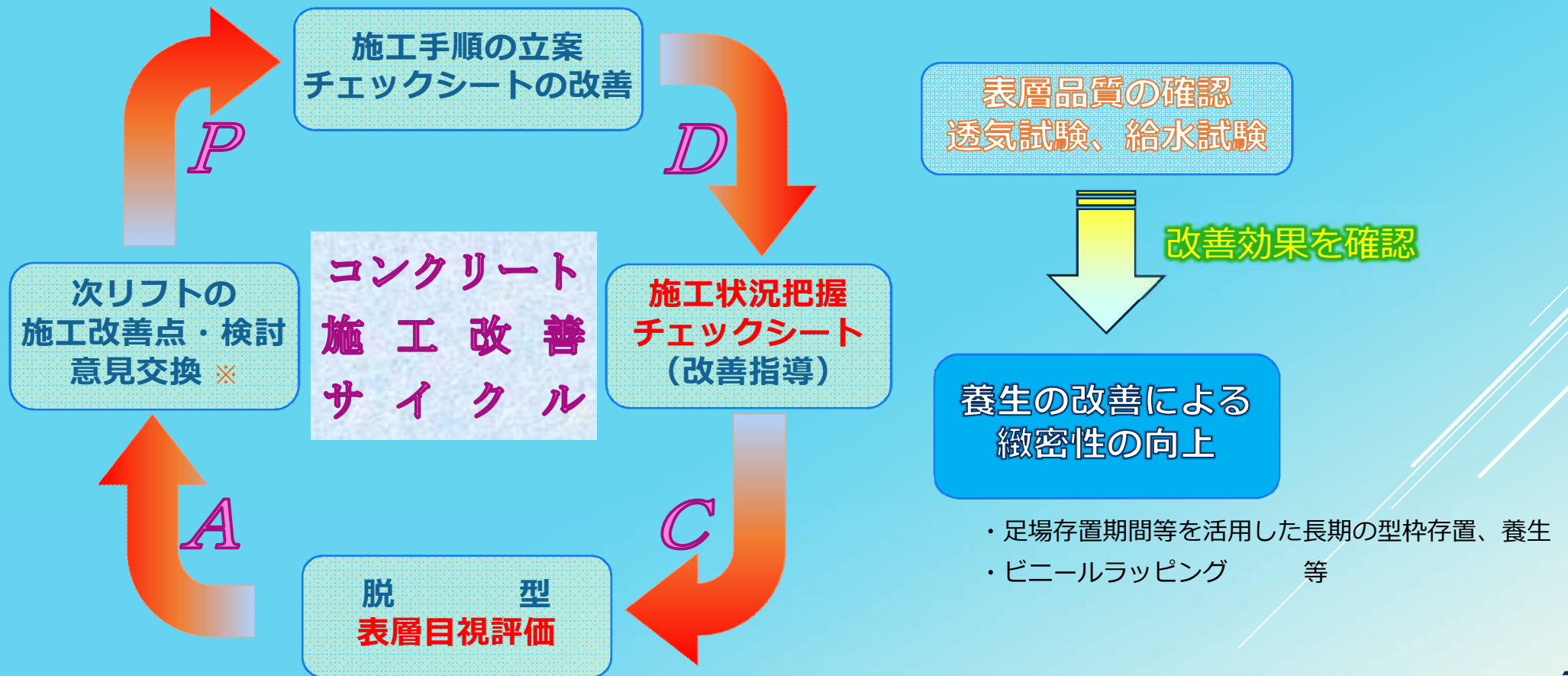


※面的な砂すじ
ブリージング水が型枠面に沿って流れた痕跡

◆砂すじの評価

- 4点：調査対象範囲に砂すじがほとんど認められない
- 3点：調査対象範囲の概ね 1／10以上に砂すじが認められる
- 2点：調査対象範囲の概ね 1／3以上に砂すじが認められる。
- 1点：2点の状態よりも劣る

「品質確保の手引き」が目指すところ



※ 施工に携わる関係者全員により実施するのが理想である

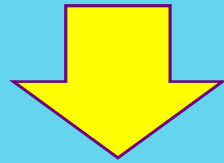
「品質確保の手引き」が目指すところは見えてきた

- 丁寧に施工することで
- 丈夫で長持ちな
- 「均質かつ密実で一体性のある
コンクリート構造物」を造ること

しかしここで、一つの疑問が.....

その疑問とは...

- 手間を掛けて「**丁寧に施工**」して得られた
- 「均質かつ密実で一体性のある
コンクリート構造物」は



- どれほど丈夫で長持ちするのか.....

⇒ その疑問を解決するには...

「丁寧に施工した構造物の**耐久性評価**」が必要

「耐久性に及ぼす施工の影響」に関する試験

①試験体を製作

- ・ 同じ作業員が、同じ材料を使用し、実際の施工現場で製作する
- ・ 施工手間（打込み・締固め、養生）で 差を付ける
⇒ 「丁寧な施工」、「標準施工 (示方書)」、「不適切な施工」の3タイプ

②耐久性評価試験方法

- | | | |
|---------------------------|---|---------|
| ・ 圧縮強度試験 | → | ・ 均質性 |
| ・ 表面透気試験、表面吸水試験 | → | ・ 表層緻密性 |
| ・ 凍結融解試験
気泡間隔係数計測（計測中） | → | ・ 耐凍害性 |
| ・ 塩分浸透試験（試験中） | → | ・ 耐塩害性 |

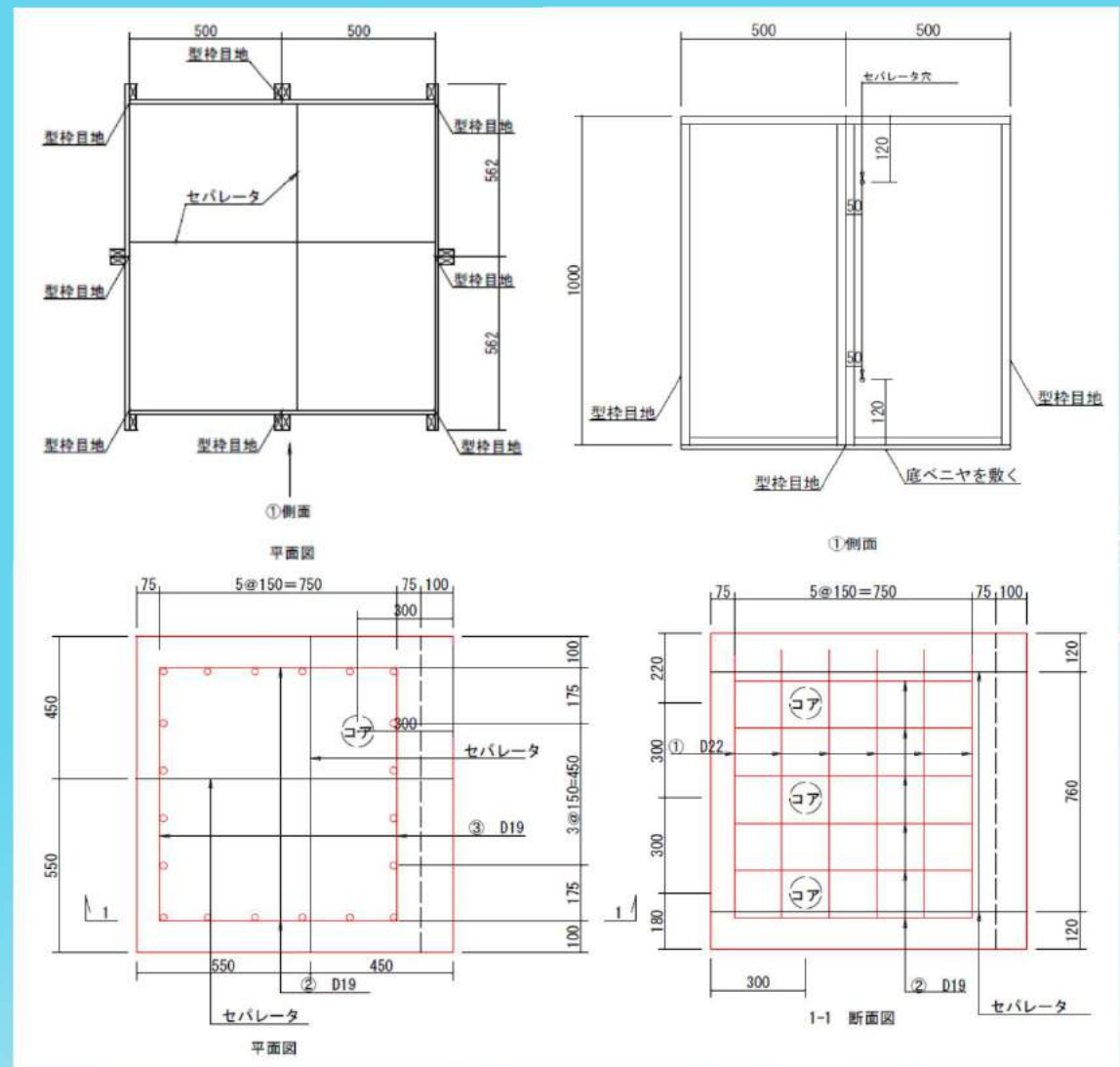
①試験体の概要

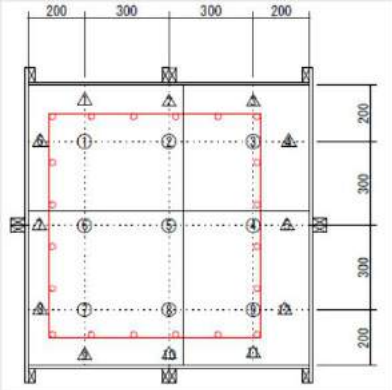
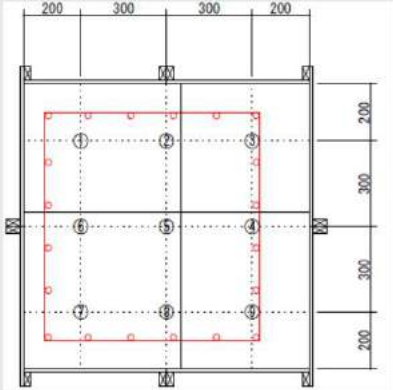
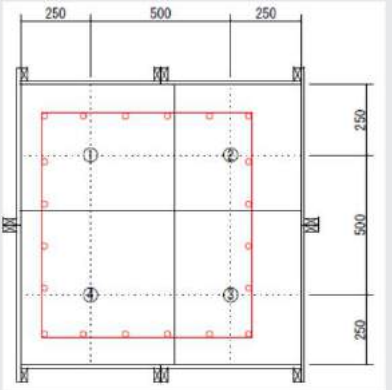
配合	24-8-25 BB
スランプ	8 cm
W/C	54.0 %
セメント量	289 kg/m ³
単位水量	156 kg/m ³
混和材	なし

- ◆形状は一辺1,000mmの立方体
- ◆3タイプ ※後述 の試験体を製作



型枠目地は隙間テープで塞いだ



項 目	タイプ①丁寧な施工	タイプ②標準施工	タイプ③不適切な施工
打込み	- 寝かせ打ち - 重ね高 上層 50cm 下層 50cm	- 寝かせ打ち - 重ね高 上層 50cm 下層 50cm	- 吊し打ち - 重ね高 上層 60cm 下層 40cm ※打ち重ね時間間隔2.0h弱
締固め ○印はφ50バイブレーター △印はφ40バイブレーター	 - 締め固め箇所：内部9箇所（φ50） 被り部12箇所（φ40） - 締固め時間：15秒 - 打ち重ね：1層目に10cm挿入 - 型枠たたき：あり	 - 締め固め箇所：内部9箇所（φ50） 被り部 なし - 締固め時間：15秒 - 打ち重ね：1層目に10cm挿入 - 型枠たたき：あり	 - 締め固め箇所：内部4箇所（φ50） 被り部 なし - 締固め時間：10秒 - 打ち重ね：1層目に挿入なし - 型枠たたき：なし
湿潤状態の保持	10日間	10日間	—
養生方法	養生マット+散水	養生マット+散水	養生マットのみ
脱型	10日目	10日目	10日目
追加養生	農業用ビニールでラッピング (材齢28日まで)	気中養生	気中養生

②試験体の製作 (9月23日打込み)

■コンクリートの受け入れ試験結果

配合	24-8-25 BB
スランプ	9.5 cm (筒先 9.0 cm)
空気量	5.5 % (筒先 4.0 %.)
単位水量	160 kg/m ³ (+ 4.0 kg/m ³)
コンクリート温度	24.0 °C (外気 22.0 °C)



③施工状況（9月23日打込み）

■打込み（コンクリートポンプ車）

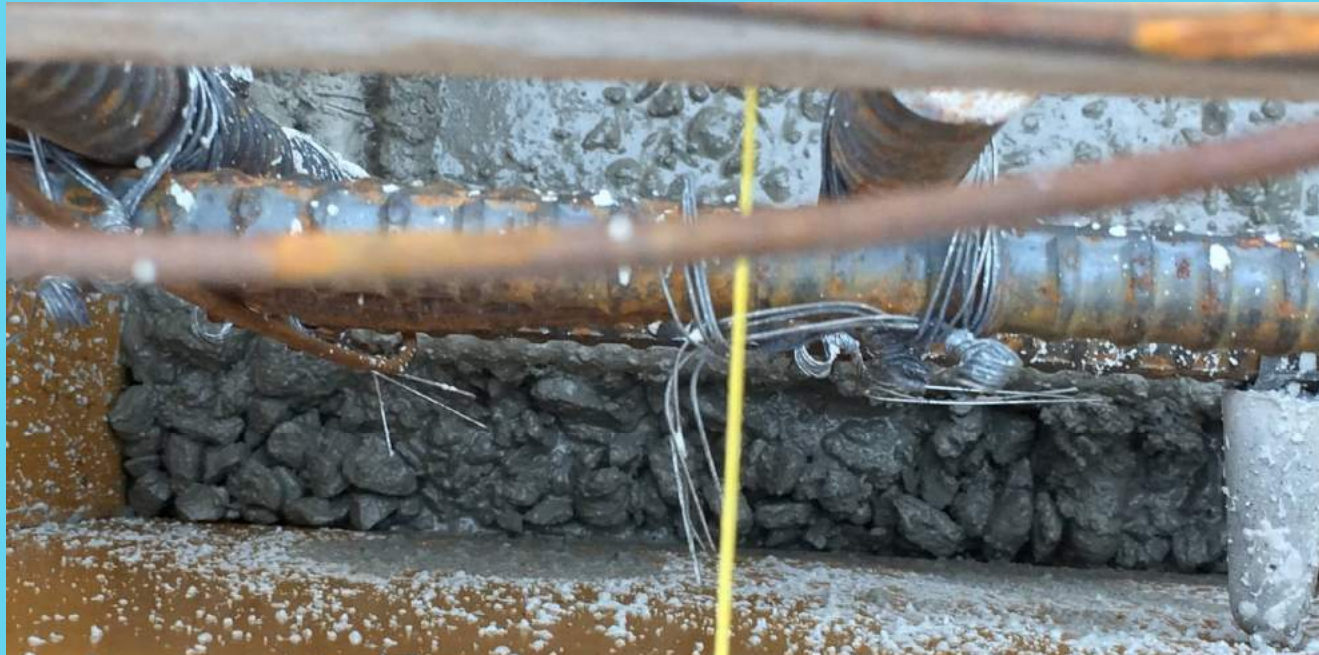


タイプ①丁寧施工・タイプ②標準施工の
寝かせ打ちの状況



タイプ③不適切施工の吊し打ちの状況
⇒ COを**自由落下**

③施工状況 (9月23日打込み)



タイプ③不適切施工で生じた事象

- ◆ 吊し打ちで生コンを自由落下させたことで材料が分離
- ◆ 打ち重ね間隔を2.0時間弱空けたことから豆板が発生
- ◆ ノロが型枠に飛散・付着し硬化

③施工状況（9月23日打込み）



タイプ①丁寧施工・タイプ②標準施工で実施した「型枠たたき」

③施工状況（9月23日打込み）



3タイプの試験体、打込み完了

④脱型直後の状況（10月3日脱型）



3タイプの試験体、脱型完了

④脱型直後の状況（10月3日脱型）

タイプ①丁寧に施工した試験体の表面



◆気泡等が少なく、きめ細かい

④脱型直後の状況（10月3日脱型）

タイプ②標準施工した試験体の表面



◆丁寧な施工よりは気泡が目立つ

④脱型直後の状況 (10月3日脱型)

タイプ③不適切な施工をした試験体の表面



- ◆表面気泡が多い
- ◆砂筋(ブリージング)発生
- ◆豆板発生
- ◆上下層の打継ぎ部に**生じた色差**
⇒**締固め度の差による**
 - 打重ねのタイムラグ... 2時間弱
 - 下層へのバイブレータ未挿入
 - 打ち重ね位置：下層40cm

⑤脱型翌日の状況（10月4日）

タイプ①丁寧に施工した試験体



◆農業用ビニールシートで養生



■農業用ビニールシートで養生した翌日の状況

左の写真では、脱型後の時間経過は僅かながら、すでに表面の乾燥は始まっている状況であったが、翌日には自身から散逸する水分でシート内は激しく結露していた。シートによる保温効果の高さがうかがえる。

⑤脱型翌日の状況（10月4日）

タイプ②標準施工した試験体の表面



◆表面は乾いている

⑤脱型翌日の状況（10月4日）

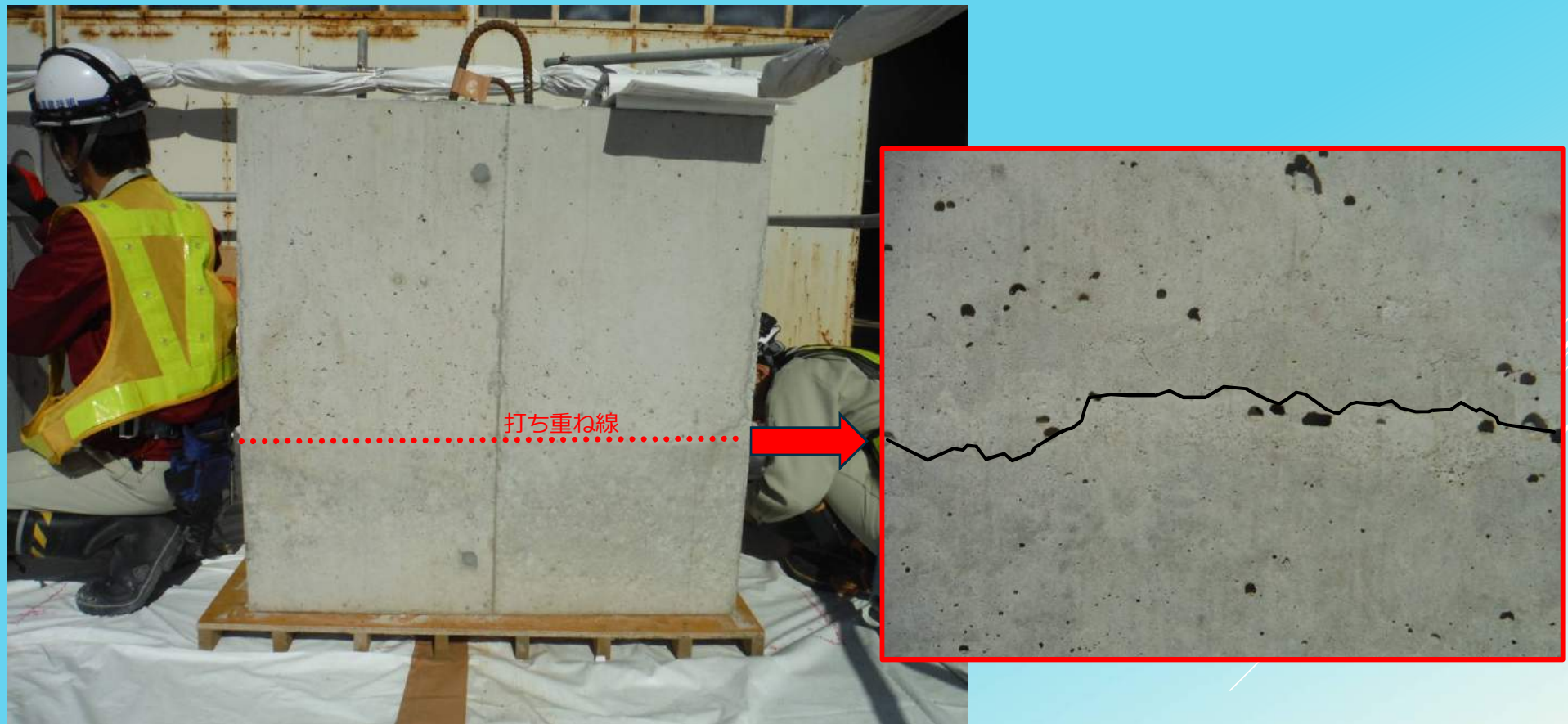
タイプ③不適切な施工をした試験体の表面



- ◆表面は乾いている
- ◆打ち継ぎ線で表面の色違いを確認

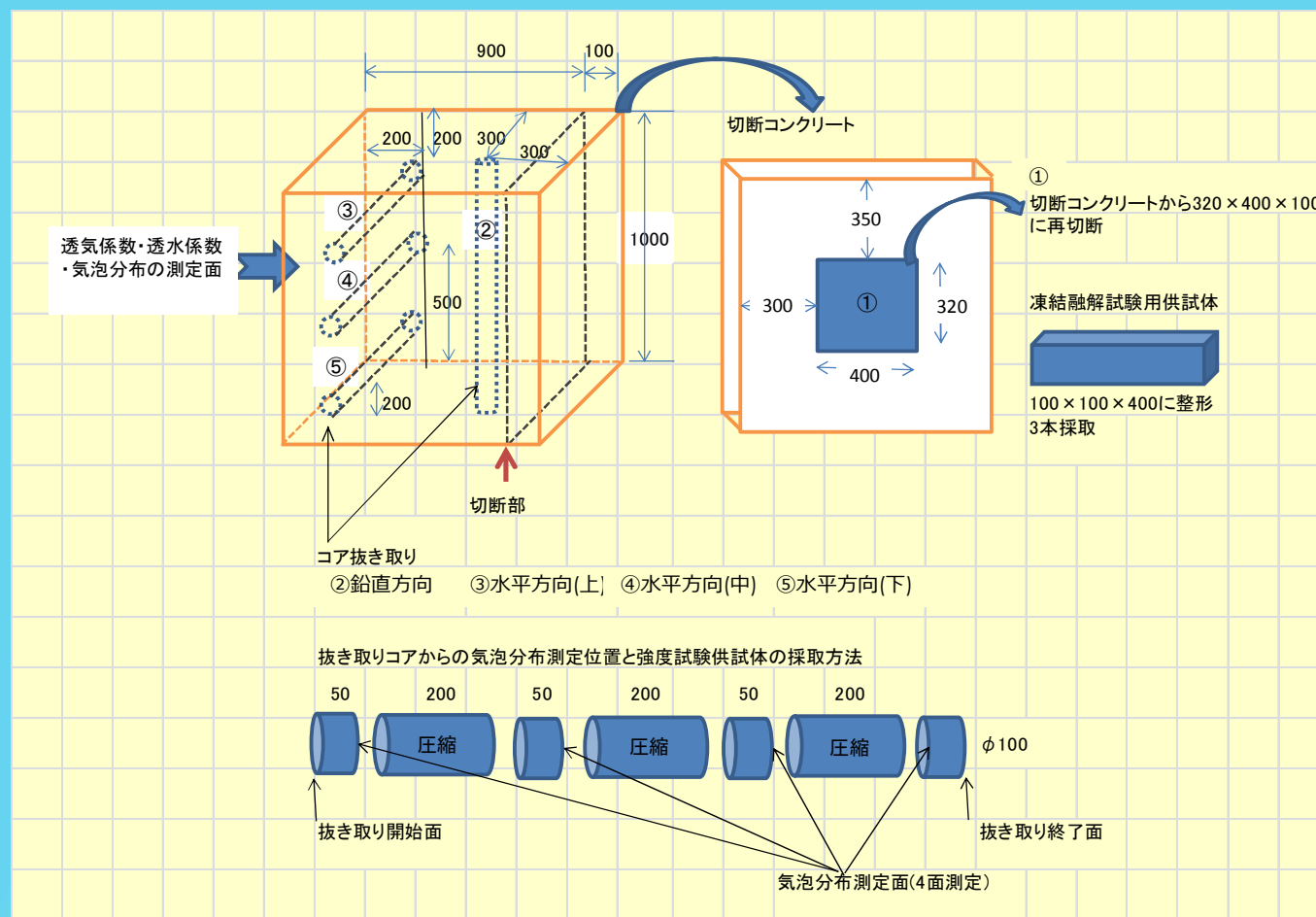
⑥施工 1 ヶ月後の状況

タイプ③不適切施工の打重ね線にコールドジョイント発生



⑦ 供試体の製作

試験体から供試体の切り出し・コア抜きおよび整形



⑦ 供試体の製作（作業状況）



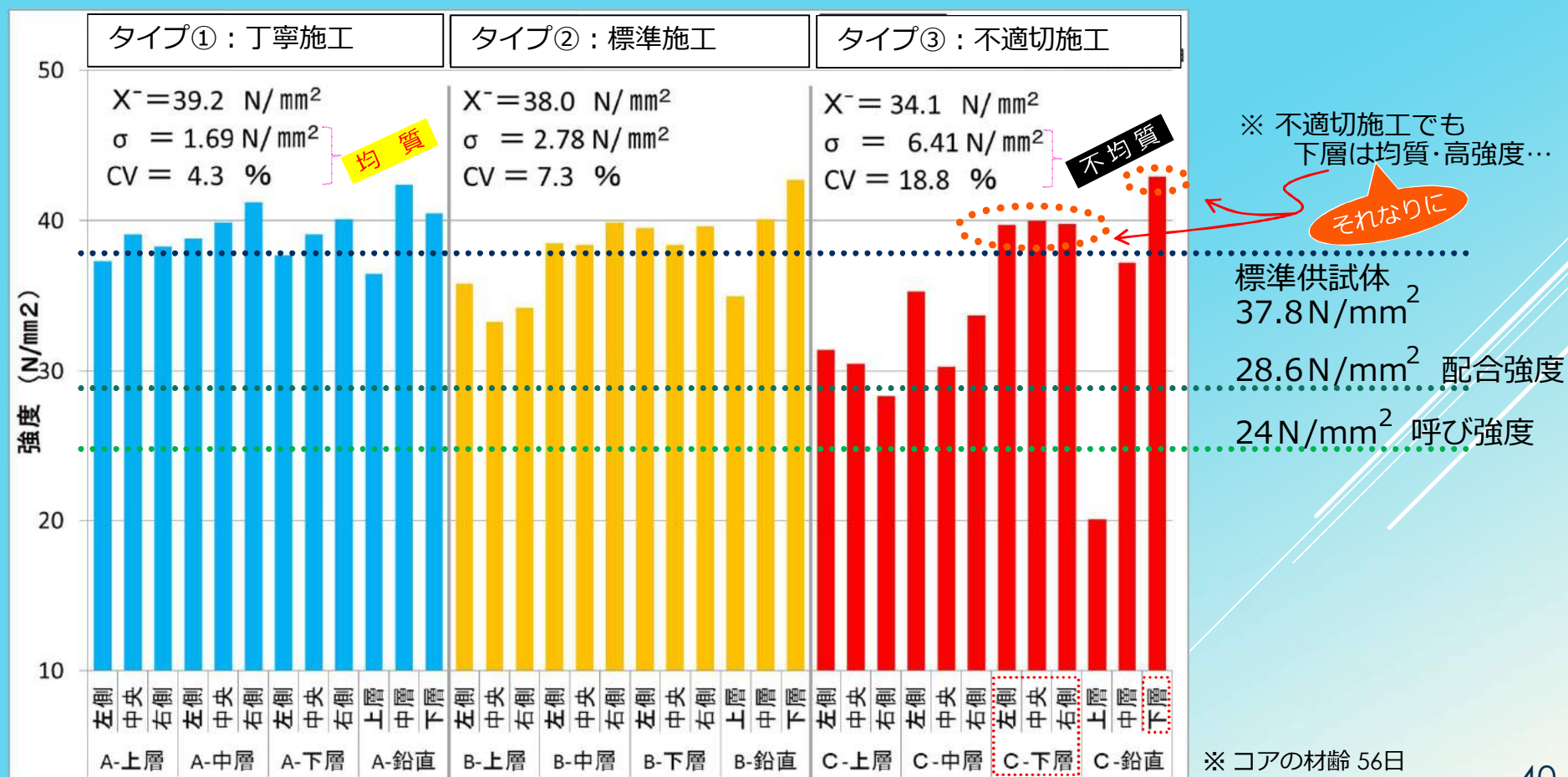
- ◆ 試験体からワイヤソーにより切出し
⇒ 凍結融解試験・塩分浸透試験用



- ◆ 試験体からコアカッターによりコア抜き
⇒ 圧縮強度試験・気泡間隔係数計測用

⑧試験

■圧縮強度試験



⑧ 試 験

■ 表面透気試験ならびに表面吸水試験の実施状況



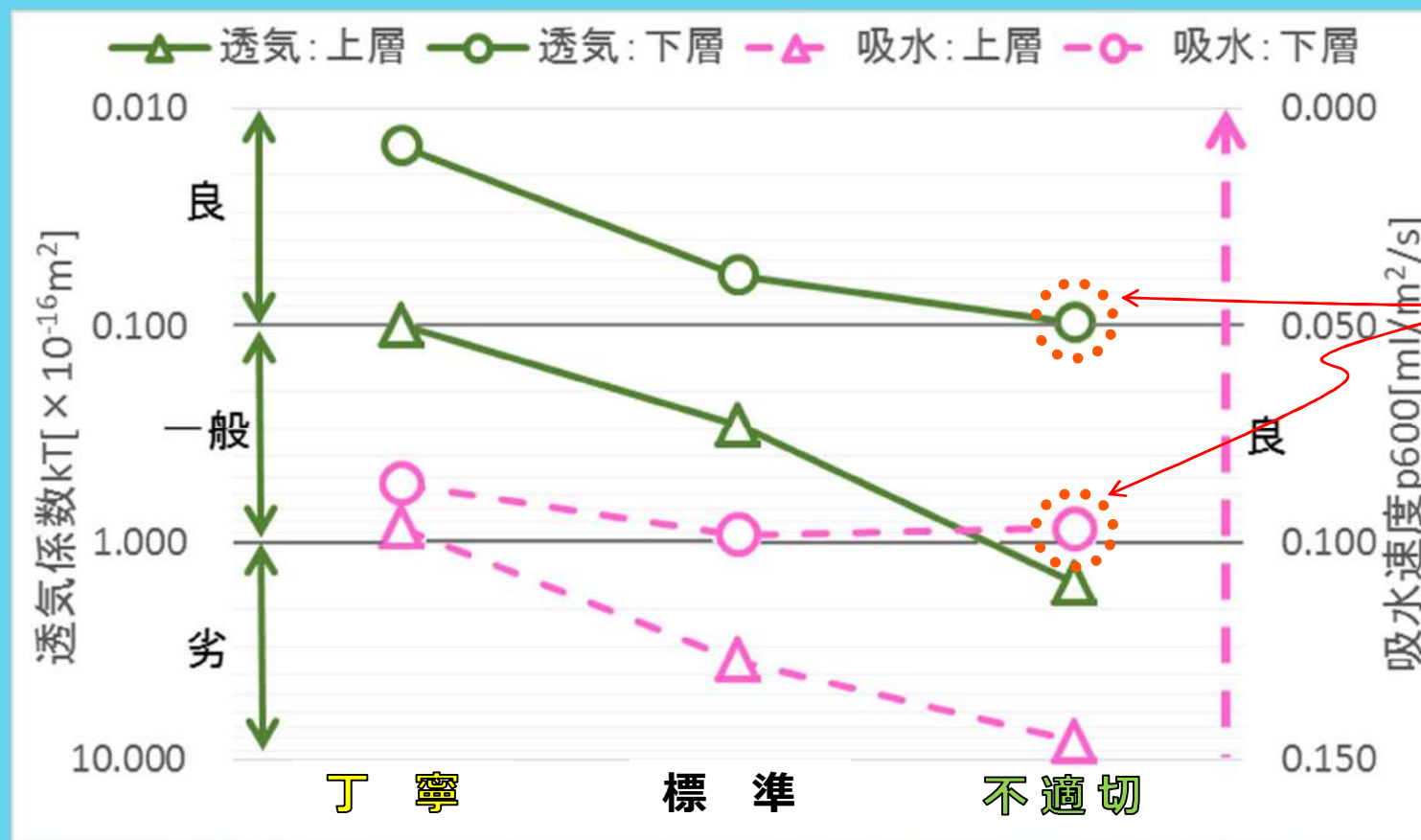
◆ 透気試験 (Trent試験)



◆ 吸水試験 (SWAT試験)

⑧ 試 験

■ 表面透気試験ならびに表面吸水試験の結果



※ 不適切施工でも
下層は良い数値...

それなりに

⑧試験

■コンクリートの凍結融解試験（JISA1148）

一般にコンクリートの耐凍害性は、凍結融解試験の結果で評価される。

今回は、作成した3タイプの供試体について凍結融解試験終了後の供試体の質量減少に着目し、耐凍害性に対する施工方法（丁寧・標準・不適切）の影響について評価した。

参考までに、JISA1148の適用範囲を記す。

この規格は、コンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性を、供試体を用いて凍結及び融解の急速な繰り返しによって試験する方法について規定する。

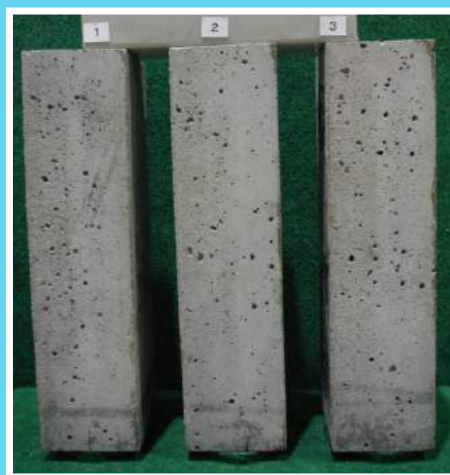
ただし、この試験方法は軽量気泡コンクリートなどには適用しない。

注記 この試験方法は、使用材料、配合などの異なるコンクリートの凍結融解抵抗性を相互に比較するためのものであって、コンクリート構造物における耐凍害性を直接的に評価したり、耐凍害性によって定まるコンクリート構造物の耐用年数を予測するためのものではない。

■ 外観...タイプ①標準養生(水中)の供試体 (現場打ち供試体と比較するため作成したもの)



0サイクル



30サイクル



90サイクル



150サイクル



210サイクル



270サイクル



300サイクル

■ 外観...タイプ①丁寧施工の供試体



0サイクル



30サイクル



90サイクル



150サイクル



210サイクル



270サイクル

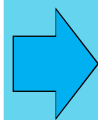


300サイクル

■ 外観...タイプ②標準施工の供試体



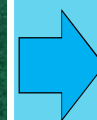
0サイクル



30サイクル



90サイクル



150サイクル



210サイクル



270サイクル

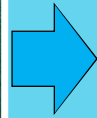


300サイクル

■ 外観...タイプ③不適切施工の供試体



0サイクル



30サイクル



90サイクル



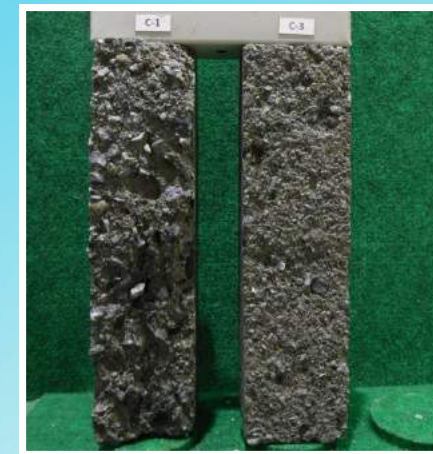
150サイクル



210サイクル

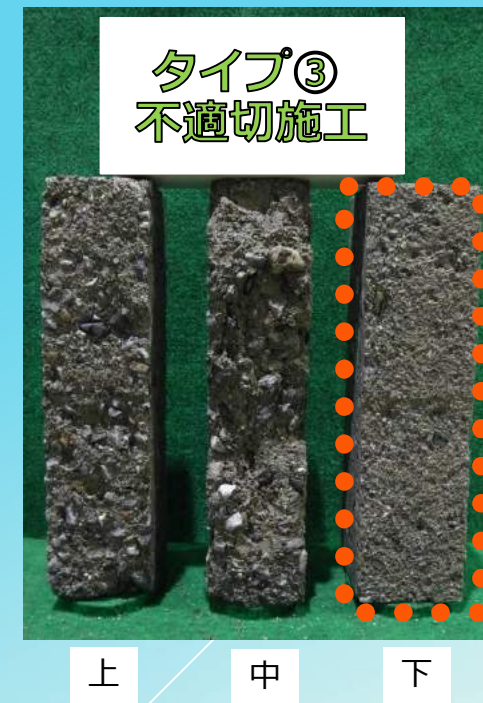


270サイクル



300サイクル

■ 質量減少「比較用供試体」全4タイプ（240サイクル）の外観

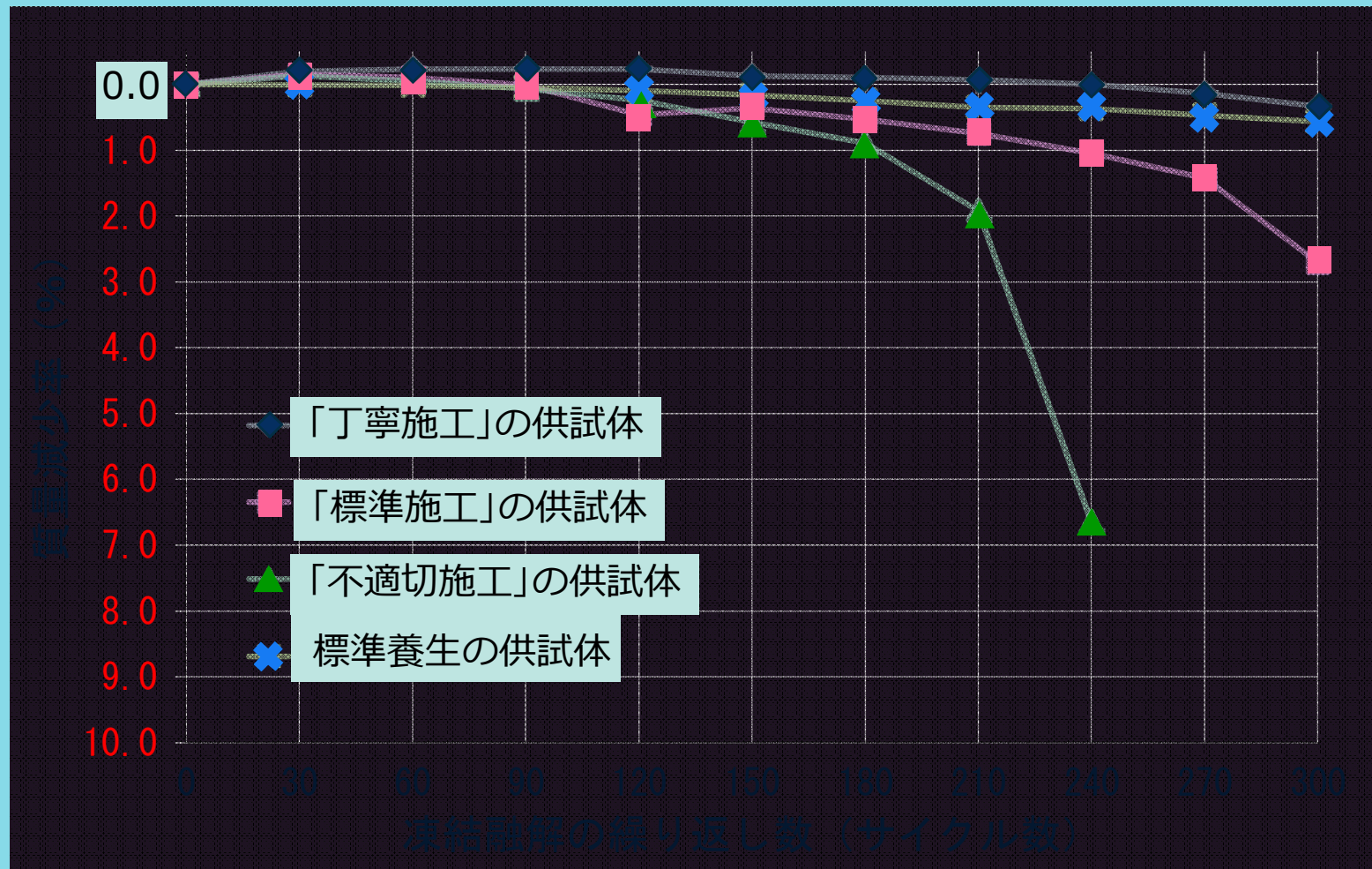


※ 不適切施工でも
下層側の見栄えは良い…

※タイプ①～③の撮影面は型枠面側

それなりに

■ 凍結融解サイクル数と質量減少率



これまでの「まとめ」

【施 工】

- ・ 吊し打ちでは、筒先高さ1.5m以下でも、自由落下による材料分離が発生
- ・ 許容時間内の打ち重ねでも、バイブレータを下の層にも作用させなければ、コールドジョイントが発生
- ・ コンクリートは、丁寧に施工するほど品質が向上する傾向を確認
 - 強度が高く、ばらつきも少ない
 - 表層の緻密性が高い
 - 耐凍害性が高い

【課 題】

- ・ 打ち重ね高さの違いによる品質への影響があるのか… 不適切施工の下層が  それなりに
- ・ 表層の緻密化向上のためにかけた被り部へのバイブレータが… 耐スケーリング性



ご清聴 ありがとうございました。。。

本資料の無断利用、転載はご遠慮ください