

「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」

東北地整での試行工事からの教訓

令和3年11月26日

道路部 道路工事課 手間本 康一

1. 東北地整の実情と課題
2. 品質・耐久性確保の取り組み
3. 試行工事の効果と今後の課題

1. 東北地整の実情と課題

2011. 3. 11 東日本大震災

東日本大震災の発生 そして余震

2011年3月11日14時46分、北緯38°06.2'、東経142°51.6' (宮城県牡鹿半島南東約130km)でマグニチュード9.0の地震が発生。(日本観測史上最大、世界観測史上第4位)
宮城県栗原市紫羅町では震度7を、宮城・福島・茨城・栃木県の広い範囲で震度6強を観測しました。
その後1ヶ月間で、岩手県沖から茨城県沖までの南北約500km、東西約200kmの広い範囲でマグニチュード5.0以上の余震は、実に400回以上も観測されました。

年代	発生場所	マグニチュード
1	1960年 チリ地震	M9.5
2	1964年 アラスカ地震	M9.2
3	2004年 スマトラ地震	M9.1
4	1952年 カムチャッカ地震	M9.0
4	2011年 東日本大地震	M9.0

出典: 気象庁

本震、余震の震源の分布地図

出典: 気象庁

40.1メートルの津波。観測史上最大の津波。

震源が走った後、北海道・東北・関東地方の太平洋沿岸を巨大な津波が襲いました。14時49分には岩手・宮城・福島に大津波警報が発令。一時は、北州日本海側を除く日本全国の海岸でも大津波警報などが発令。
地震から2日後の13日17時58分の津波注意解除までの長時間、津波に対する警戒は続きました。
遡上した津波は斜面にその痕跡を残し、岩手県大船渡市桟橋までは40.1mを観測しました。
これは明治三陸津波の際に観測されたこれまでに最も高い38.2mを上回るものでした。

出典: 気象庁

【大津波警報、警報、注意報の分布】

出典: 気象庁

岩手県高田市(日田老町) (出典: 岩手県防災課)

最大浸水深 18.3m (岩手県高心平町石角)
最大遡上高 40.1m (岩手県大船渡市桟橋)

出典: 日本気象協会資料

地震発生、津波襲来。

死者・行方不明者が2万人規模の未曾有の被災だった。
津波とその後の巨大噴火により、太平洋沿岸地域を中心に各地で甚大な被害が発生。
死者、行方不明者は合わせて2万人近く、避難者は33万人以上に達した。
また、家屋の全壊をはじめ、道路の流失や崩落、橋の落下、堤防の全壊など、広範囲に及び被害が発生した。
被災は、災害対策の司令塔となるはずの自治体庁舎にも及んだほか、太平洋沿岸の国道45号、4号、6号の各所を寸断、沿線の各所を孤立させた。

全壊 12万7,130戸
半壊 23万1,603戸

死者・行方不明者	死者15,244名 行方不明者3,488名	(平成23年11月 国土交通省発表資料)
建築物被害(住家)	全壊 12万7,130戸 半壊 23万1,603戸 一部被害 65万2,154戸	(平成23年11月 国土交通省発表資料)
避難者数	33万4,786	(平成23年11月 国土交通省発表資料)
河川の被害	2,115箇所	(平成23年11月 国土交通省発表資料)
防波堤の被害	岩手、宮城、福島3県(堤防総長300km)において、全壊・半壊が約190km	(平成23年11月 国土交通省発表資料)
港川の被害	国産炭産地及び重要港湾11港 地方港湾18港	(平成23年11月 国土交通省発表資料)
下水道施設の被災	下水道処理場の稼働停止15カ所(岩手県、宮城県、福島県及び茨城県の沿岸部に下水処理場) 管線137市町村などの下水道管66,086kmのうち、957kmで被災	(平成23年11月 国土交通省発表資料)
道路の被害箇所数	高速道路15路線 国道国道09区間 都道府県などの管理国道102区間 都道府県道など539区間	(平成23年11月 国土交通省発表資料)
津波による浸水面積	岩手県58km ² 宮城県327km ² 福島県110km ²	(平成23年11月 国土交通省発表資料)

出典: 国土交通省東北地方整備局

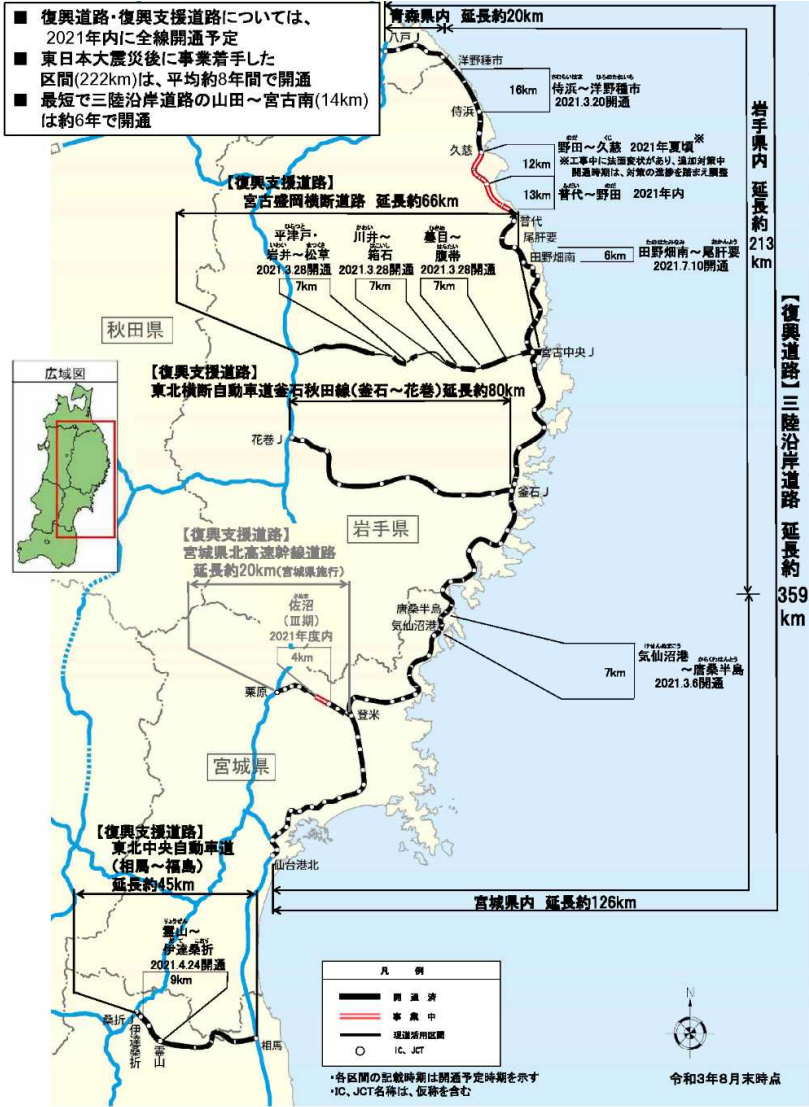
- 東日本大震災復興基本法 (平成23年法律第76号:平成23年6月24日)
- 東日本大震災からの復興の基本方針
(平成23年8月11日東日本大震災復興対策本部決定)

- 復興期間は10年
- 最初の5年を「集中復興期間」事業規模19兆円
(後に「25兆円程度」に拡大)
- 後5年の「復興・創世期間」を併せて約32兆円程度



概ね10年で被災地の一刻も早い復旧・復興を目指す

復興道路・復興支援道路



■ H23.11復興道路・復興支援道路が事業化

■ 計画延長 550km

■ 橋梁新設 258橋(48.2km)

■ トンネル新設 112箇所(109.7km)



□ 短期間に大量のインフラ整備

□ 一斉に老朽化することによる
維持管理・更新のピーク化の懸念

インフラの長寿命化を図る

復興道路・復興支援道路の総延長550km ※
 ※国土交通省が中心となって整備を進めている路線

路線名	計画延長	供用中	事業中
三陸沿岸道路	359km	334km	25km
宮古盛岡横断道路	66km	66km	0km
東北横断自動車道釜石秋田線	80km	80km	0km
東北中央自動車道	45km	45km	0km
合計	550km	525km	25km

品質・耐久性確保の必要性

～①補修を必要とする不具合の存在～



コールドジョイント



豆板



沈みひび割れ



補修事例

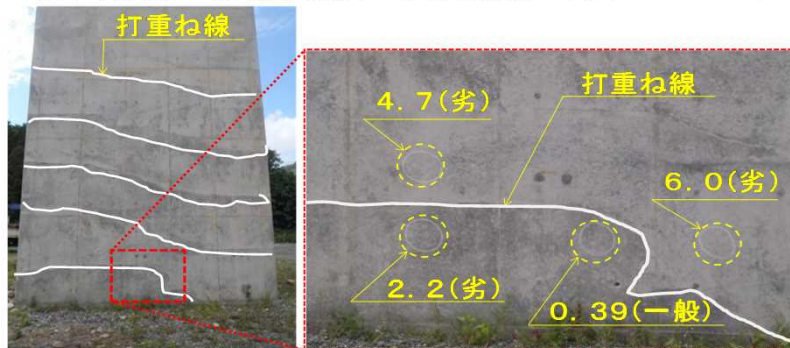
適切に補修されたとしても劣化の起点となり得る

※全て東北地整の現場での不具合事例

品質・耐久性確保の必要性

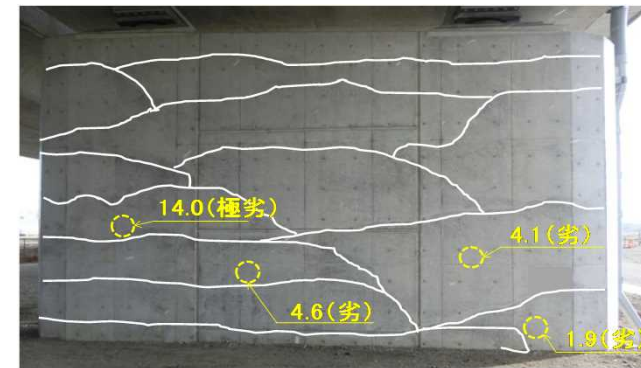
～②不十分な密実性～

打重ね線の明瞭な橋脚の透気係数 k_T (単位: $10^{-16}m^2$)



(データ提供:東北技術事務所)

透気係数 k_T ($\times 10^{-16}m^2$)	優	良	一般	劣	極劣
	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100



(データ提供:東北技術事務所)

コンクリートの強度等

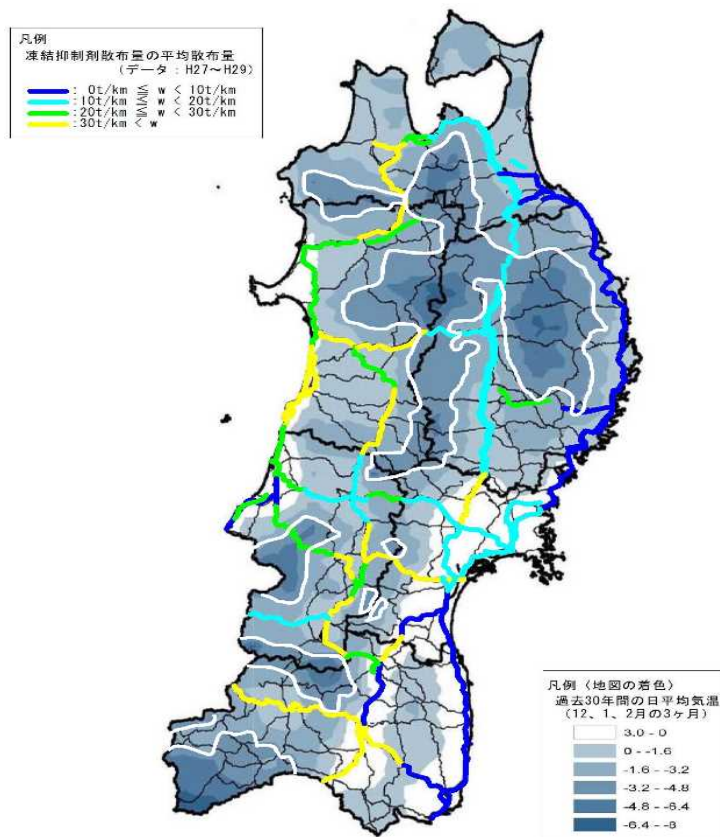
よび強度 24N/mm² スラブ 12cm 高炉B種 水セメント比 52.5%

透気係数 k_T ($\times 10^{-16}m^2$)	優	良	一般	劣	極劣
	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100

劣化因子の侵入に抵抗する密実性を有していない

品質・耐久性確保の必要性

～③厳しい自然環境と供用環境～



- 凍結抑制剤の平均散布量 約20トン/km/年
- 峠部及び日本海側では 約30トン/km/年・超
- H5スパイクタイヤ禁止以降に散布量増加
- 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

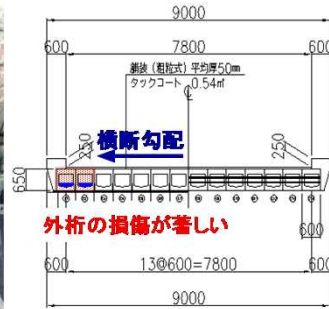
品質・耐久性確保の必要性

～④劣化の状況～

1) 塩害



桁下面のPC鋼材の腐食、破断状況
硬化コンクリート中の空気量は約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し、内部鋼材を腐食させ、桁下面のコンクリートが剥離

2) 凍害



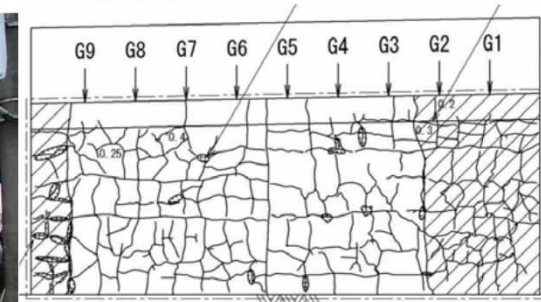
建設後33年経過。PC床版橋の下部工の剥離状況。

3) ASR

橋台は昭和52年(1977年)建設。



側壁の状況



縦壁のひび割れの状況

4) 複合劣化



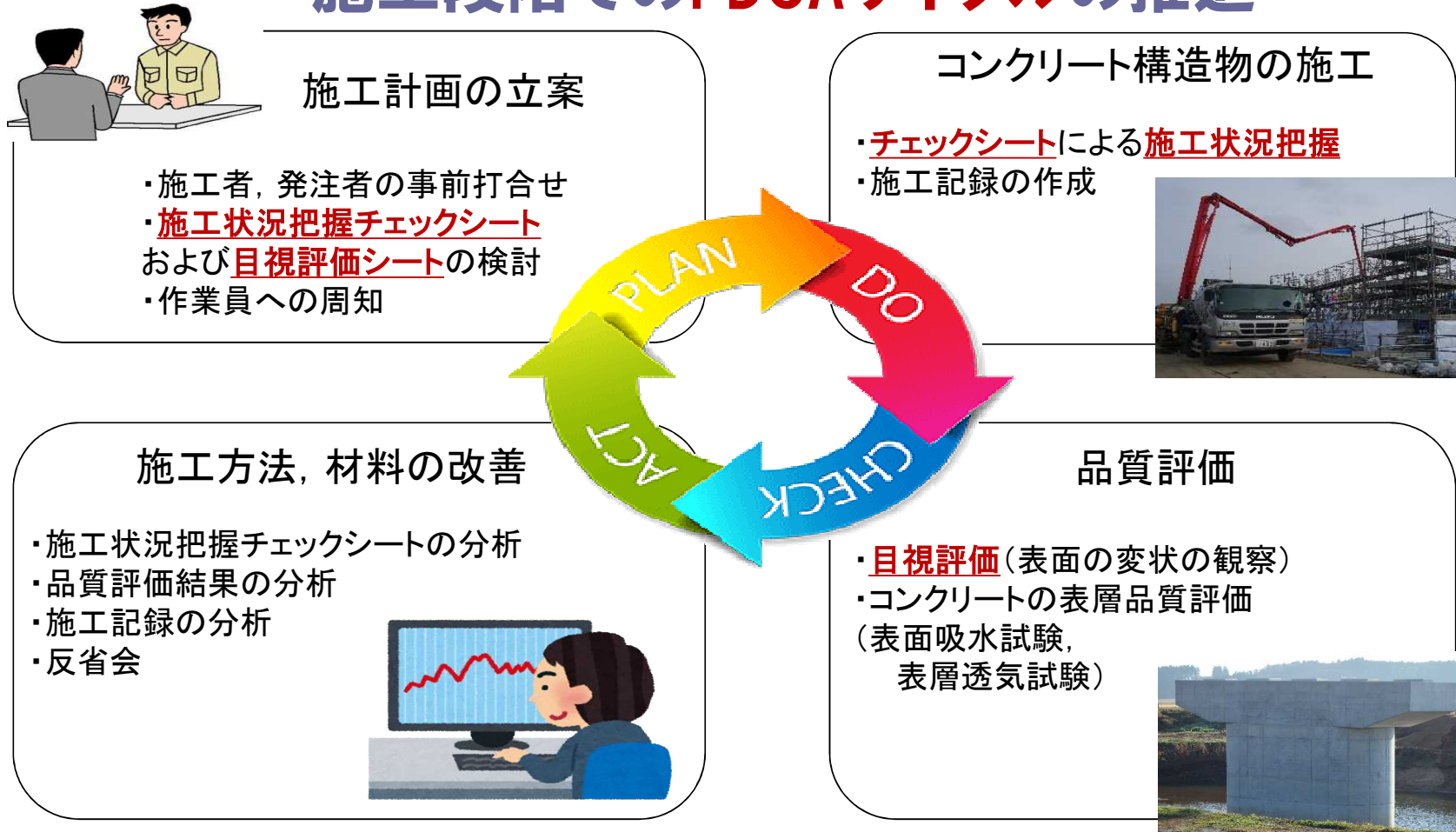
舗装から土砂が噴出している箇所の床版の状態
コンクリートの土砂化と鋼材腐食が見られる

品質・耐久性確保が喫緊の課題

- コンクリート構造物の品質・耐久性確保
 - 「施工状況把握チェックシート」「表層目視評価」を活用した
試行工事を導入
- 「施工の基本事項を遵守」を主目的
 - チェックシートと表層目視評価の目的、
チェック項目の意味、改善のための具体策などを記載

2. 品質耐久性確保の取り組み

施工段階でのPDCAサイクルの推進



施工状況把握チェックシートの活用資料(案) (資料提供:八戸工大 阿波教授)

品質確保の試行工事の実施

■試行工事はH25から開始(主に本官工事において)

□橋梁(上部工、床版、下部工) 95橋

□トンネル 57箇所

■対象工事を入札公告、特記仕様書において規定

■現在も継続中

施工状況把握チェックシートにおけるチェック項目の意味

表3.1-① 【施工状況把握チェックシート(コンクリート打込み時)】

事務所名		工事名		工区		出来映への影響					項目No.			
構造物名		部位		リフト		(表層目視評価の項目)								
受注者		確認者				沈みひび割れ	表面気泡	打重ね線	型枠目地のノロ漏れ	砂すじ				
配合		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)								
項目No.	施工段階	チェック項目		記述	確認	なぜ(それを)チェックするか					項目No.			
準備	準備	1 運搬装置・打込み設備は汚れていないか。				・泥などの異物が鉄筋に付着したり、型枠内部に落ちたりすると強度・耐久性・水密性が低下する。						1	準備	
		2 型枠面は湿らせているか。				・打込んだコンクリートの水分が型枠に吸収されないようにする。	○	○	○					2
		3 型枠内部に、木屑や結束線の異物はないか。				・木屑や結束線の異物が構造体に混じることにより、強度・耐久性・水密性が低下する。								3
		4 かぶり内に結束線はないか。				・錆汁や耐久性低下の原因となる。								4
		5 硬化したコンクリートの表面のレイタンス等は取り除き、湿らせているか。				・不十分だと強度・耐久性・水密性が低下する。打込まれたコンクリートの水分が打継部の下層コンクリートへ吸収されないようにする。								5
		6 コンクリート打込み作業員 ^(※) に余裕を持たせているか。				・必要な打込み能力、締固め能力が確保できない。	○	○	○		○			6
		7 予備のバイブレータを準備しているか。				・不慮の事態に備え締固め能力を確保する。	○	○	○		○			7
		8 発電機のトラブルがないよう、事前にチェックをしているか。				・不慮の事態に備え締固め能力を確保する。	○	○	○		○			8
		9 打設計画は、作業員に周知されているか。				・施工の基本事項を全員が認識し、今日の打設で自分が何をするかを確認する。								9
運搬	1	運搬	練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は適切であるか。			・運搬時間や打込み時間が長くなると、材料分離、温度上昇、スランプ低下や空気量減少などが生じる。施工性が低下し、コールドジョイントや豆板等の初期欠陥の生じるリスクが増大する。一方、打込み時間が短い場合には粗雑な施工となる。	○	○	○		○	1	運搬	
打込み	打込み	1 ポンプや配管内面の潤滑性を確保するため、先送りモルタルの圧送等の処置を施しているか。				・圧送中にコンクリートの水分が吸収されないようにする。	○	○	○			1	打込み	
		2 鉄筋や型枠は乱れていないか。				・乱れていると強度・耐久性・水密性が低下する。					○	○		2
		3 横移動が不要となる適切な位置に、コンクリートを垂直に降ろしているか。				・材料分離を防止する。バイブレータによるコンクリートの横流しを防止する。	○		○		○			3
		4 コンクリートは、打込みが完了するまで連続して打ち込んでいるか。				・コールドジョイントが発生し、均質で一体性のあるコンクリートとならない。	○		○					4
		5 コンクリートの表面が水平になるように打ち込んでいるか。				・上下層を一体化する締固め作業が難しくなる。また、ブリーディング水も取りにくくなる。			○		○			5
		6 一層の高さは、50cm以下としているか。				・厚く打設すると下の部分はバイブレータで十分な締固めができず、豆板やコールドジョイントの原因となる。	○	○	○		○			6
		7 2層以上に分けて打ち込む場合は、上層のコンクリートの打込みは、下層のコンクリートが固まり始める前に行っているか。				・上下層が一体化したコンクリートにならない。			○					7
		8 適切な打重ね時間間隔となっているか。				・コールドジョイントが発生し、上下層が一体化せず、均質で一体性のあるコンクリートとならない。			○					8
		9 ポンプ配管等の吐出口から打込み面までの高さは、1.5m以下としているか。				・材料分離を防ぎ豆板の発生を防ぐ。衝撃による型枠・鉄筋・スペーサーの移動を防ぐ。	○	○	○	○	○			9
		10 表面にブリーディング水がある場合には、これを取り除いてからコンクリートを打ち込んでいるか。取除く人、場所、方法を定めているか。				・打継ぎ目の一体不足、鉄筋との付着不足、水密性の低下及び沈みひび割れ発生の原因となる。過度な打重ね線を防止する。	○		○	○	○			10

表層目視評価における改善のための具体策

表3.1-② [表層目視評価(案)]

評価項目	一般的に「良」とされる範囲				不適合	評価項目	(不適合時)どんな点を改善させるべきか	
	4点	3点	2点	1点			原因	Key ワード
(1)沈みひび割れ						(1)沈みひび割れ	打込み-4 壁面の打込み速度 打込み-10 フリーディング水 締固め-1,2,3,4,5 適切な締固め	・(特に打込み高さの大きい側壁上部において)壁面での打込み速度を遅くする。 ・発生したフリーディング水は除去する。出来ればフリーディング水の少ないコンクリートを使用する。 ・(特に打込み高さの大きい側壁上部において)壁面では適切な締固めをする。
(2)表面気泡					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	締固め-4 適度な締固め 締固め-7 締固め速度 その他 「たたき」 締固め-5 丁寧な締固め 打込み-8 打重ね時間間隔 打込み-9 ポンプの吐出口の高さ 打込み-6 打込み高さ	・表面だけを過剰に振動させない。⇒ かぶり部分では、φ30mm以下のパイプレータが望ましい。 ・十分に締固めしながら、ゆっくり引揚げる ・「たたき」も含めた十分な締固めを行う。 ・粗大な気泡が抜けるよう表層付近に対して後追いの仕上げパイプレータを施す。 ・外気温が25℃以下の場合、2.5時間以内、25℃を超える場合は2.0時間以内に打設する。 ・ポンプの吐出口から打込み面までの距離をできるだけ短くする。
(3)打重ね線						(3)打重ね線	準備-1 作業人員 運搬-1 搬送後から打設前までの時間 打込み-4,5,6 一層の打設高さ 打込み-7 上下層の一体化 打込み-10 フリーディング水の処理	・必要十分な打込み能力、締固め能力を確保するため。 ・外気温が25℃以下の場合、2.0時間以内、25℃を超える場合は1.5時間以内に打設する。 ・一層の高さを50cm以下とする。 ・打重ね時間間隔を1時間程度以内とする。 ・上層のコンクリートを打込む前に取り除く。出来ればフリーディング水の少ないコンクリートを使用する。
(4)型枠継ぎ目のノロ漏れ						(4)型枠継ぎ目のノロ漏れ	締固め-1,2 上下層の一体化 締固め-5 丁寧な締固め 打込み-2 型枠の乱れ 打込み-10 フリーディング水の処理	・下層コンクリートに10cm程度挿入して締固め、上下層を一体化する。 ・表層付近に対して上下層が一体化するよう後追いの仕上げパイプレータを施す。 ・型枠の継目には隙間をつくらない。型枠・支保工に十分な強度を持たせてハラミを防止する。 ・上層のコンクリートを打込む前に取り除く。出来ればフリーディング水の少ないコンクリートを使用する。
(4)砂すじ						(5)砂すじ	締固め-5 丁寧な締固め 打込み-2 型枠の乱れ 打込み-10 フリーディング水の処理 締固め-2 締固め速度 締固め-3,4 過度な締固め	・型枠継目に沿ってパイプレータを挿入しない。パイプレータの挿入位置を明示する。 ・型枠の継目には隙間をつくらない。 ・上層のコンクリートを打込む前に取り除く。出来ればフリーディング水の少ないコンクリートを使用する。 ・十分に締固めしながら、ゆっくり引揚げる ・型枠面に近い箇所(かぶり部分)で過度な締固めを行わない。



施工状況把握チェックシート



表層目視評価

施工の基本事項を遵守(丁寧な施工)



筒先の挿入口をマーキング



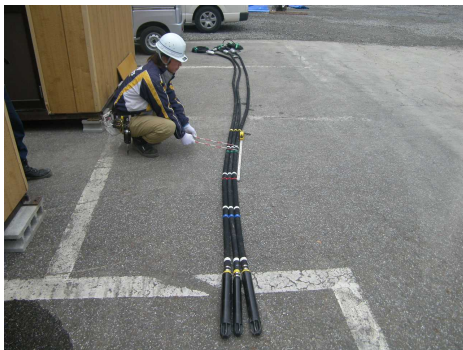
型枠継ぎ目にノロ漏れ防止テープ



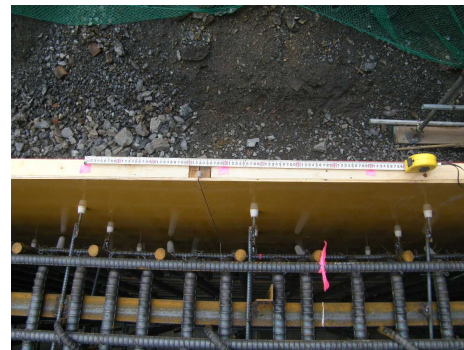
ノロ漏れ防止テープ
(ホームセンターで売っている)



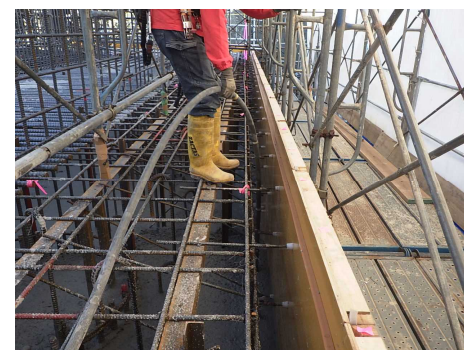
ノロ漏れ防止テープ設置状況



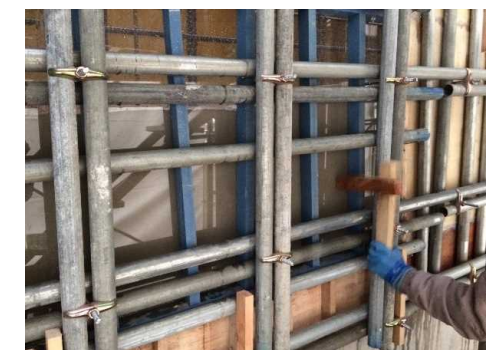
バイブレーターにマーキング



バイブレーターの挿入箇所
をマーキング



締め固め状況



透明型枠

施工の基本事項を遵守(丁寧な施工)



層厚管理のため組立架台に
マーキング



型枠たたき



脱型後→ビニールシート養生



自身から散逸する水分で
シート内は保水されている



厚さ、固定方法など各社毎
に工夫



養生シートを使用した例

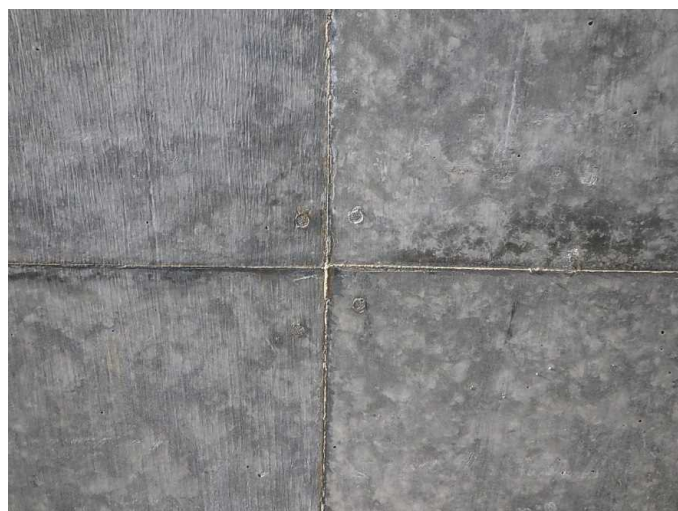


PC上部工のビニールシート
養生

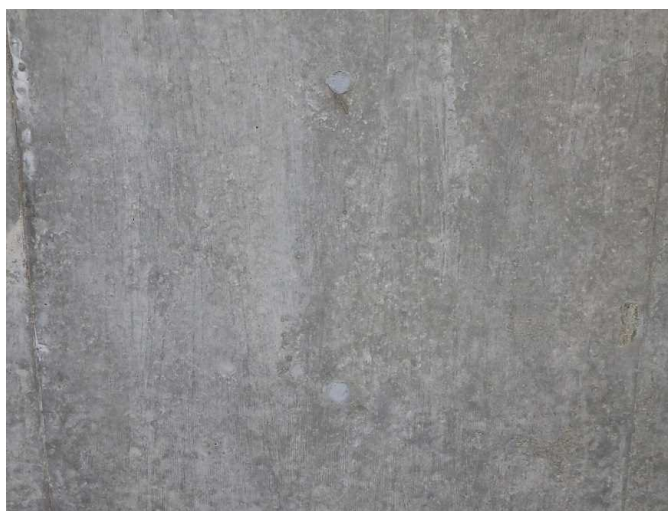


PC上部工のビニールシート
養生

試行工事の効果(出来映え)



型枠継ぎ目の砂すじは発生していない



型枠たたきによる表面気泡の低減

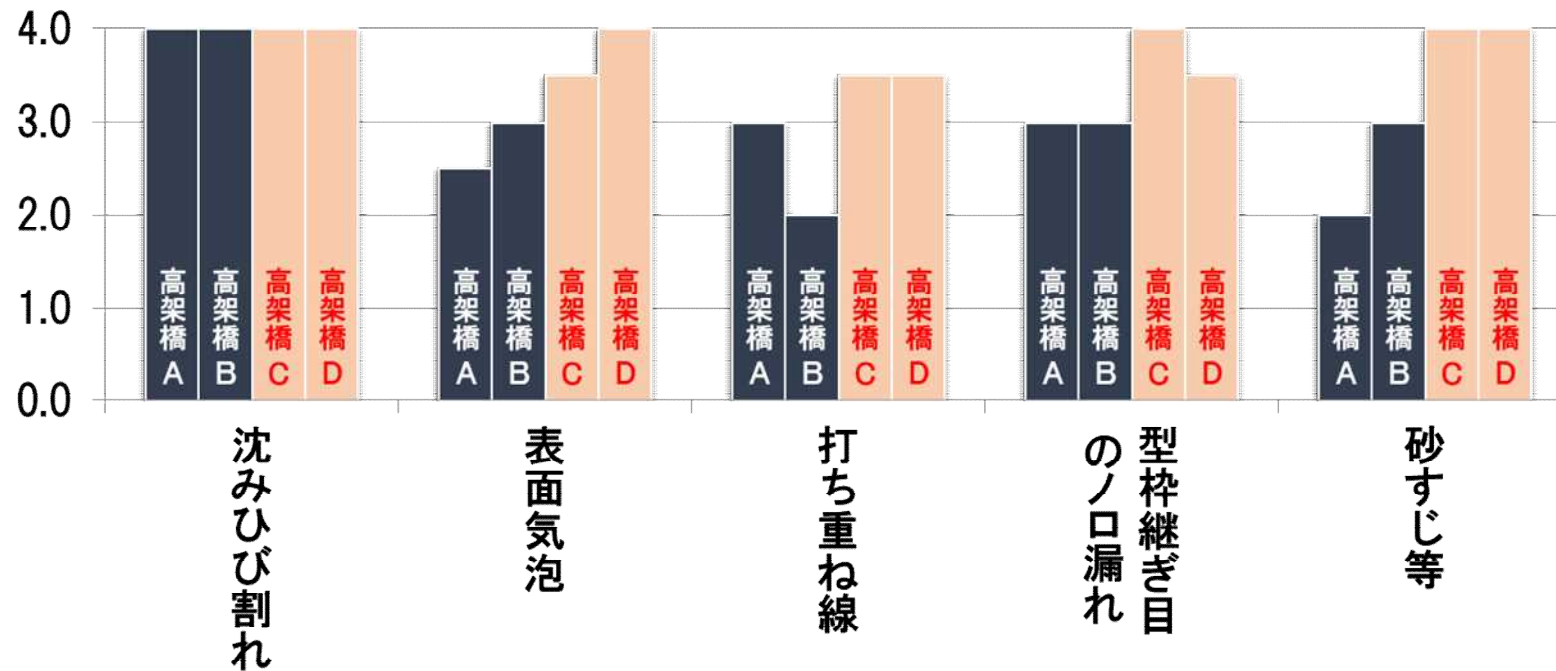


逐次改善(PDCA)の効果

試行工事の効果

～表層目視評価の結果～

■ 従前の構造物（高架橋：A、B） ■ 導入後の構造物（高架橋：C、D）



試行工事からの教訓

①「施工状況把握チェックシート」、「表層目視評価」が目的ではない

- 上記はあくまで品質確保のための「ツール」
- 「ツール」を用いてどのように品質確保するかが重要
- 主任監督員と施工者のコミュニケーションツール

②土木構造物の品質を確保するため、発注者、受注者が主体的に参加することが必須

- 請負契約であるため「工事目的物を完成させるために必要な一切の手段については（中略）…受注者がその責任において定める。」 → **施工の主体は受注者（施工者）**
- 品確法の基本理念において「公共工事の品質は、（中略）…発注者、受注者がそれぞれの役割を果たすことにより、現在及び将来の国民のために確保されなければならない。」

第7条(発注者の責務)では・・・

公共工事の品質確保の担い手の中長期的な育成及び確保

公共工事等の仕様書及び設計書の作成

予定価格の作成

入札及び契約の方法の選択

契約の相手方の決定

工事等の監督及び検査並びに工事等の実施中及び完了時の施工状況

又は調査等の状況(以下「施工状況等」という。)の確認及び評価その他の事務

例えば・・・

仕様の不足 → 適正な費用の計上

工期不足・施工調整 → 工期延長や他工事との調整

対外的な説明



発注者にしかできない

品質確保の必要性を共有し、共に考え、お互いが出来ることをする

今後の課題

品質確保を「試行」から「本格運用」するにあたり整理すべき事項

- コスト整理 → コスト増ととらえるか、
長寿命化・仕様不足のための必要経費ととらえるか
- 生産性向上 → 品質を確保しつつ、どのように生産性を向上させるか
- 評価 → 品質確保に対する施工者の評価は

試行工事の結果を分析・整理することが重要