

2021年8月6日
中日本高速道路株式会社

PC グラウト再注入工事（試験施工工事）における調査項目について

NEXCO 中日本では、「[発注見通しの追加公表](#)」のとおり、PC 構造物のグラウト再注入における試験施工工事を発注します。

この試験施工工事における調査項目について、「[PC グラウト再注入工事（試験施工工事）における調査項目（案）について](#)」のとおり、ご意見を募集しておりました。意見募集にご協力いただきありがとうございました。

みなさまから頂戴した意見を踏まえ、上記、試験施工工事で実施する調査項目および PC グラウト再注入調査票は、別紙 1、別紙 2 のとおりとしましたので、お知らせいたします。

I 桁、T 桁における調査項目

調査区分と目的	調査概要	具体的調査内容の例	調査頻度
基本調査 構造物の状態を記録することを目的	<ul style="list-style-type: none"> すべての箇所に対して実施する調査 指定書式に記入し提出予定 	<ul style="list-style-type: none"> 劣化損傷状況調査・補修履歴調査 削孔日時、天候、外気の温湿度計測 削孔後、シースの腐食状況の写真撮影 シース開削後、グラウト充填状況写真撮影 グラウト充填不足時、鋼材腐食状況の写真撮影や乾燥湿潤状態の記録 グラウト充填不足範囲が大きい場合、シース内部の状況撮影、 通気法などによる空隙量調査と実注入量調査 	全削孔箇所
詳細調査 PC グラウト再注入の施工管理基準を策定することを目的	<ul style="list-style-type: none"> 削孔調査箇所の選定方法（定着部付近2箇所）の妥当性検証 	<ul style="list-style-type: none"> 削孔後の空隙量調査の結果、上縁定着ケーブルの定着部付近の削孔箇所からウェブ厚一定区間におよぶ範囲に充填不足箇所が確認された場合、充填不足箇所の分布状況確認のため X 線撮影可能なウェブ内配置区間の X 線調査を連続して実施 [注入前] 削孔時に充填が確認された上縁定着ケーブルを対象として支間中央部付近の充填状況確認のため、支間中央部付近で削孔調査を実施 	2 ケーブル/連
	<ul style="list-style-type: none"> 注入箇所選定の妥当性検証 	<ul style="list-style-type: none"> 上記実施箇所における注入前後の X 線調査 注入材料に着色材を使用し注入後削孔調査 	2 ケーブル/連
	<ul style="list-style-type: none"> 上縁定着部からの劣化因子の侵入状況確認 	<ul style="list-style-type: none"> 既設グラウトの塩化物イオン量調査 ケース 1：空隙が認められるケーブルにおいて削孔箇所付近・支間中央部付近で実施 ケース 2：充填が確認されたケーブルの削孔箇所付近・支間中央部付近で実施 	1 ケーブル/連
個別調査 基本調査で PC 鋼材の腐食や破断が確認された場合の個別に実施する調査	<ul style="list-style-type: none"> PC ケーブルの破断調査 残存プレストレスの調査 	<ul style="list-style-type: none"> 専門家による腐食生成物調査・分析 漏洩磁束法 残存プレストレス調査 再注入後の防錆効果の確認 破断している場合の破断形態、破面確認 各種モニタリング手法 など、鋼材腐食の状況に応じて個別に判断して実施 	適宜対応
その他調査 一連の PC グラウト再注入に関する試験施工とは別に実施を予定している調査	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域超音波法以外の調査方法の検証 安全性確認モニタリング（破断モニタリングなど） PC 鋼材腐食モニタリング 	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域超音波法以外の方法による PC グラウト充填調査を実施した後に X 線調査による整合を確認。 再注入しない場合の PC 鋼材の破断モニタリング（AE など） PC 鋼材の腐食非破壊診断手法の提案 	現在検討中

【補足資料】

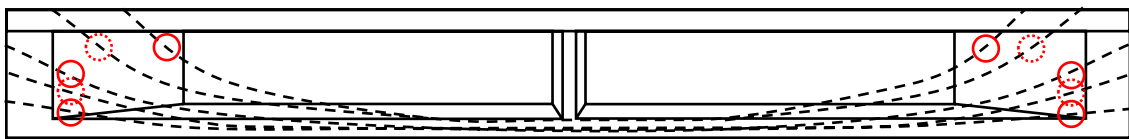
1. 削孔調査方法について

[施工概要]

- 削孔位置は、下図に示す通り可能な限り定着位置に近い位置（上縁定着の場合はハンチ下付近）とし、PC グラウト充填調査のための削孔径は $\phi 25\text{mm}$ 以下とする。すべてのシースにおいて開削を実施。なお、削孔およびシースの開削においては、鉄筋およびPC 鋼材への損傷防止対策をおこなうこと。

[基本調査]

- 過年度の点検結果、橋梁補修履歴、上縁定着部付近の舗装打換え履歴、防水工の有無及び設置時期を調査する（NEXCO が資料提供）。
- 調査時の温湿度や天候により、シース内の環境や施工条件、削孔箇所補修後のケーブル腐食条件が異なることが予想される。このため、削孔日時、天候、外気の温湿度を記録として残す。



※端部定着の最下段など鉄筋損傷が不可避な場合は別途協議

○は背面側での削孔を示す

1-1. 削孔調査の結果、空隙が認められる場合

[基本調査]

- 空隙量を通気法など（真空法、空圧法、減圧容器を用いる方法）の方法により計測。

[詳細調査]

- 本調査は、注入箇所選定の妥当性の検証にも使用するため、5. PC グラウト再注入による充填状況確認に詳述する

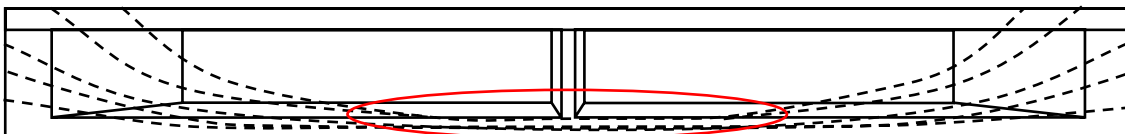
1-2. 削孔調査の結果、充填が確認された場合

[基本調査]

- シース開削後、グラウトが充填されている場合、突き棒などにより、グラウト部を叩くことで一体化を確認。

[詳細調査]

- 定着位置に近い位置での調査の結果、両端が充填と判定された上縁定着ケーブルの支間中央付近において2ケーブル/連の削孔調査を実施。この場合、支間中央部付近のケーブル配置に留意して、側面や下面から削孔が可能な最外縁に配置されたケーブルを選定する。



2. PC 鋼材の状態の確認

[基本調査]

- シースの腐食状況と鋼材の腐食状況の相関性を確認するため、削孔後、シース開削前にシースの腐食状態を全数写真撮影（以下、工業用内視鏡）し記録する。
- シース開削後、PC グラウト充填状況を全数写真撮影し記録する

- PC グラウト充填不足時、PC 鋼材の腐食状況を全数写真撮影し記録する
- シース内の状況が撮影可能であれば、工業用内視鏡を奥まで挿入し、なるべく広範囲にわたりシース内を写真撮影し記録する
- シース内の乾燥・湿潤状態（水しみの有無）の記録

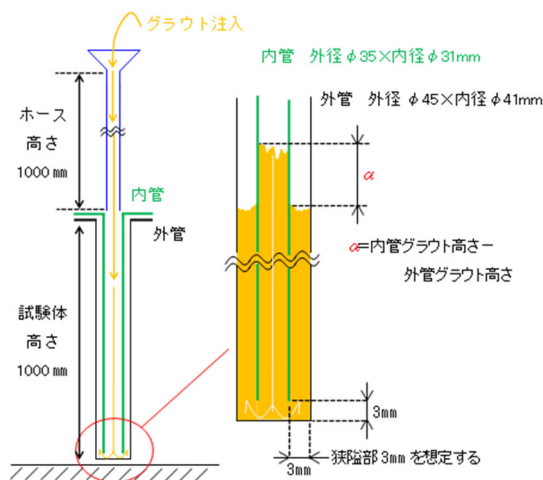
[詳細調査]

- 調査項目表のケース 1 に対して、削孔調査の結果、空隙が認められると判定された 1 連のうち、縦断勾配が低い側かつ横断勾配が低い側の桁の上縁定着ケーブル 1 箇所、端部定着ケーブル最上段 1 箇所において、劣化因子侵入状況を比較するため、定着部になるべく近い位置および支間中央付近における既設グラウト中の塩化物イオン量調査を実施する。
- 調査項目表のケース 2 に対して、削孔調査の結果、両端で充填が確認された縦断勾配が低い側かつ横断勾配が低い側の桁の上縁定着ケーブル 1 箇所、端部定着ケーブル最上段 1 箇所において、劣化因子侵入状況を比較するため、定着部付近の削孔調査箇所および支間中央付近における既設グラウト中の塩化物イオン量を調査する。

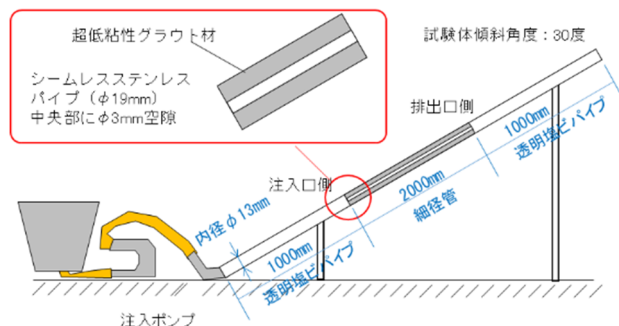
3. PC グラウト再注入における充填性能試験

[基本調査]

- グラウト材料の基準試験として、PC グラウト再注入を実施する前に、以下に示す試験方法で充填性能を試行的に確認することとする。



二重円筒管試験（自然流下工法）



細径管試験（圧入工法、真空工法）

4. PC グラウト再注入

[施工概要]

- PC グラウト充填不足が確認されたすべてのケーブルに対して再注入をおこなう。

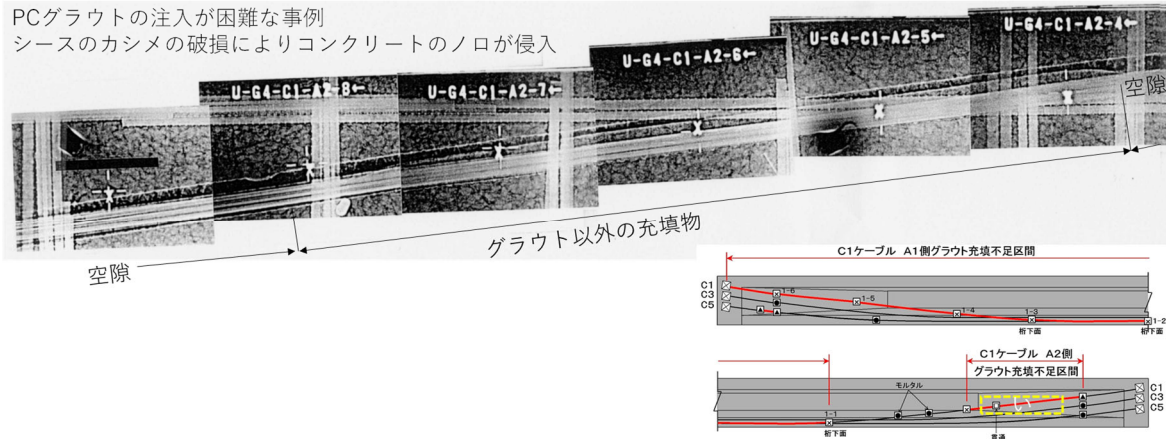
[基本調査]

- PC グラウト再注入後、1 ケーブルごとの注入量を計測し、空隙量調査の結果と比較し、出来形管理を実施する。
- PC グラウト再注入後、注入穴を修復し、施工完了時に写真撮影し記録する

5. PC グラウト再注入後の充填状況確認

[詳細調査]

- 削孔後の空隙量調査の結果、定着部付近の削孔箇所からウェブ厚一定区間におよぶ範囲に充填不足が確認されている2ケーブル/連（上縁定着ケーブル）を対象として、再注入前後に X 線撮影可能なウェブ内配置区間の X 線調査を連続して実施し、PC グラウト充填調査を実施。
- 上記ケーブルに対して、グラウト材料をベンガラなどで着色し再注入
- 上記 X 線撮影結果を参考に、再注入の確実性が疑われる箇所を中心に2か所程度、削孔調査を実施し、着色した再注入材の充填状況を確認する。




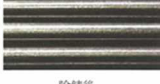


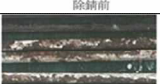
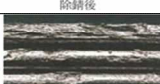

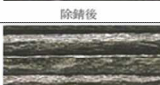

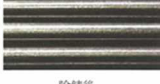


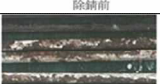
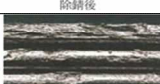

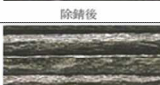

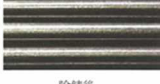


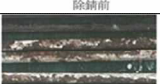
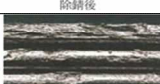

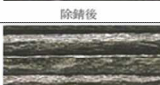
X線によるウェブ内配置区間の撮影例



再注入の状況の確認事例

PCグラウト再注入 調査票（記入要領）

基本情報（NEXCOが記載）	
支社	支社名を記載
事務所名	事務所名を記載
路線名	当該橋梁のある路線名を記載
区間	当該橋梁のある区間を記載
橋梁名	橋梁名を記載
上下区分	上り線/下り線/区分無し の区分を記載
橋梁形式	橋梁形式を記載
ルート区分	右ルート/左ルート の区分を記載
供用年次	当該橋梁が供用した年次を西暦で記載
上縁定着の有無	当該橋梁の上縁定着の有無を記載
PC鋼材種類（主ケーブル）	PC鋼線/PC鋼より線/PC鋼棒 の種類を記載
PC鋼材種別（主ケーブル）	主ケーブルの呼び名・本数を記載 12φ5/7本より15.2mm/φ32 など
PC鋼材種類（横桁横締め）	PC鋼線/PC鋼より線/PC鋼棒 の種類を記載
PC鋼材種別（横桁横締め）	主ケーブルの呼び名・本数を記載 12φ5/7本より15.2mm/φ32 など
PC鋼材種類（床版横締め）	PC鋼線/PC鋼より線/PC鋼棒 の種類を記載
PC鋼材種別（床版横締め）	主ケーブルの呼び名・本数を記載 12φ5/7本より15.2mm/φ32 など
桁当たりPC鋼材本数	1主桁あたりの主ケーブルの本数を記載
点検・補修履歴（NEXCOより資料貸与を受け添付）	
点検結果	最新の点検調書からひび割れや豆板など変状箇所の展開図を添付
橋梁補修履歴	橋梁補修（ひび割れ注入、断面修復など）の履歴を添付
舗装補修履歴	橋面舗装の全面打ち換え、部分打ち換えの履歴を添付
防水工の施工時期	床版防水工の施工年月を記載
PC鋼材配置図・ケーブル番号	
PC鋼材配置図・ケーブル番号	当該橋梁の調査対象となるPC鋼材の配置図を貼付し、ケーブル番号を付与
橋面滞水等の有無	
橋面滞水等の有無	図面より横断勾配・縦断勾配を記載し、橋面に滞水がある場合は滞水管所を記載
調査箇所の情報	
対象桁番号・鋼材番号	当該調書の対象となる桁番号とケーブル番号を記載（調書は削孔1箇所毎に作成）
調査箇所	調査箇所を起点側/支間中央/終点側を記載
対象鋼材の定着角度	上記対象ケーブルの定着角度を図面から読み取り記載
調査孔の削孔機械	調査孔の削孔に用いた機械を記載
削孔調査日の天候	削孔した日の天候を記載
削孔調査日の気温	削孔した日の気温を記載
削孔調査日の湿度	削孔した日の湿度を記載
削孔調査日	削孔調査した日付を記載
最終降雨日	直近の降雨日を記載
降雨量	上記の降雨量（mm）を記載
調査位置図	削孔調査の位置をケーブル配置図に記載。また、塩化物イオン調査の資料採取位置を記載。

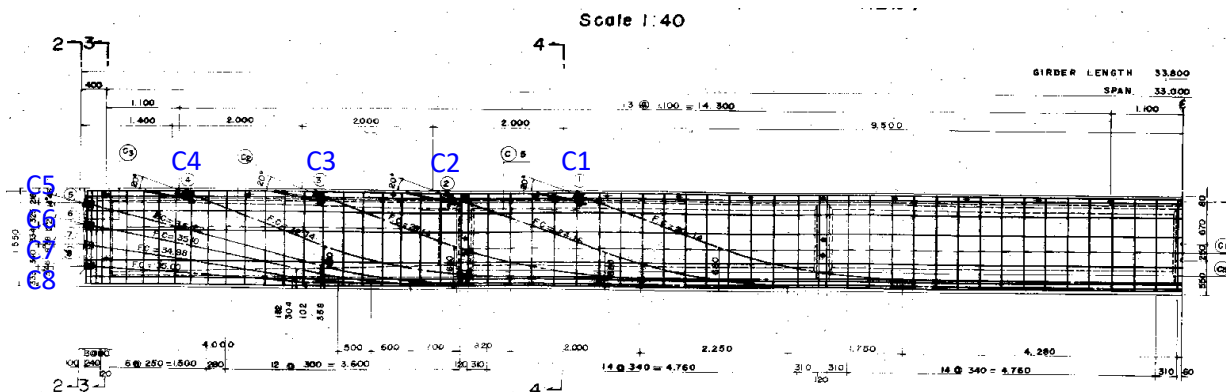
調査結果																						
写真	シースの腐食状況、シースイキ削後のグラウト充填状況、鋼材の腐食状況、シースイキ削内面の腐食状況、シースイキ削内の状況を工業用内視鏡で撮影し貼付																					
シースイキ削（外面）の腐食状況	シースイキ削の外面の腐食状況を 腐食あり／腐食なし のいずれかを記載。																					
シースイキ削（内面）の腐食状況	シースイキ削の内面の腐食状況を 腐食あり／腐食なし のいずれかを記載。																					
PC鋼材の腐食状況	PC鋼材の腐食状況を 腐食あり／腐食なし のいずれかを記載。																					
PC鋼材の健全度	<p>下図を参考にし、PC鋼材の健全度1～4で記載。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>健全度</th> <th>PC鋼材の腐食状況</th> <th>質量減少率の目安</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>錆がない</td> <td>なし</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td> 錆があるが、薄錆（表面錆）である <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div> </td> <td>1%程度 未満</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td> 点状の錆が目立つ <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div> </td> <td>1~2.5% 程度</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td> 断面欠損が目立つ <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div> </td> <td>10%程度 未満</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td> PC鋼材の径が小さくなっている <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div> </td> <td>10%程度 以上</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>PC鋼材が破断している</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">プレストレストコンクリート構造物の補修の手引き【PCグラウト再注入】PC建設業協会を準用</p>	健全度	PC鋼材の腐食状況	質量減少率の目安	0	錆がない	なし	1	錆があるが、薄錆（表面錆）である <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div>	1%程度 未満	2	点状の錆が目立つ <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div>	1~2.5% 程度	3	断面欠損が目立つ <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div>	10%程度 未満	4	PC鋼材の径が小さくなっている <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div>	10%程度 以上	5	PC鋼材が破断している	-
	健全度	PC鋼材の腐食状況	質量減少率の目安																			
	0	錆がない	なし																			
	1	錆があるが、薄錆（表面錆）である <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div>	1%程度 未満																			
	2	点状の錆が目立つ <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div>	1~2.5% 程度																			
	3	断面欠損が目立つ <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div>	10%程度 未満																			
	4	PC鋼材の径が小さくなっている <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 除錆前 除錆後 </div>	10%程度 以上																			
5	PC鋼材が破断している	-																				
グラウト充填状況	グラウト充填状況を 充填／部分充填／未充填 のいずれかを記載。																					
シースイキ削内環境	シースイキ削直後のシースイキ削内環境を 滞水／湿潤／乾燥 のいずれかを記載。																					
シースイキ削内温度	シースイキ削直後のシースイキ削内の温度を計測し記載。																					
シースイキ削内湿度	シースイキ削直後のシースイキ削内の湿度を計測し記載。																					
既設グラウト塩化物イオン濃度①	既設グラウトの塩化物イオン調査をした場合、その濃度を記載。																					
既設グラウト塩化物イオン濃度②	既設グラウトの塩化物イオン調査をした場合、その濃度を記載。																					
塩化物イオン調査試料採取位置①	塩化物イオン調査試料を採取した位置が既設グラウトと空隙の界面か否かを記載。																					
塩化物イオン調査試料採取位置②	塩化物イオン調査試料を採取した位置が既設グラウトと空隙の界面か否かを記載。																					
再注入結果																						
グラウト再注入日	再注入日を記載																					
天候	再注入日の天候を記載																					
気温	再注入日の気温を記載																					
空隙量調査方法	空隙量調査の方法 真空法/空圧法/その他 を記載。																					
漏気の有無	通気法（真空法や空圧法）で実施した場合、漏気が生じたか否かを記載。																					
漏気程度	漏気があった場合、その圧力低下の程度を記載。（例えば、1分間の圧力低下の程度）																					
グラウト漏れ対策の補修の有無	漏気があった場合、その対応としてひび割れシールや豆板補修などの対応を実施したか否かを記載。																					
グラウト漏出の有無	PCグラウト再注入を実施しグラウト漏出があったか否かを記載。																					
空隙量調査結果	空隙量調査の結果を ○○ℓ で記載。																					
注入量	PCグラウト再注入の注入量を○ℓ で記載																					
再注入方法	再注入方法を 真空法併用方法／圧入方式／自然流下方式 から選択し記載。																					
再注入工法	具体的な工法名がある場合、採用した工法名を記載。																					
穴式	再注入における注入口・排出口の穴数（1穴／2穴／3穴）を記載。																					
防錆剤の添加	再注入グラウト材料に防錆剤を添加の有無および添加した場合、防錆剤名を記載。																					

基本情報（NEXCO記載）			
支社	□□支社	事務所名	△△保全サービスセンター
路線名	××高速道路	区間	×× ~ △×
橋梁名	●△橋	上下区分	下り線
橋梁形式	単純PCT桁	ルート区分	区分無し
供用年次	1965年	上縁定着の有無	有
PC鋼材種類（主ケーブル）	PC鋼線	PC鋼材種別（主ケーブル）	12φ7
PC鋼材種類（横桁横締め）	PC鋼線	PC鋼材種別（横桁横締め）	12φ5
PC鋼材種類（床版横締め）	PC鋼線	PC鋼材種別（床版横締め）	12φ5
桁当たりPC鋼材本数	外桁8本、内桁7本		

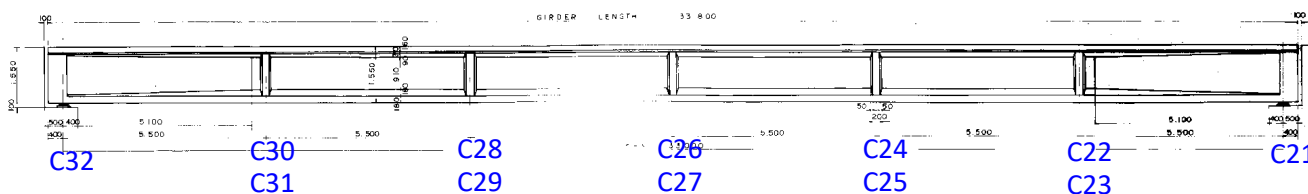
点検・補修履歴（NEXCO記載・資料を受注者貸与）			
点検結果	別紙のとおり	橋梁補修履歴	別紙のとおり
舗装補修履歴	別紙のとおり	防水工施工時期	1999年〇月
累積凍結防止剤散布量	△△t/km		

PC鋼材配置図・ケーブル番号

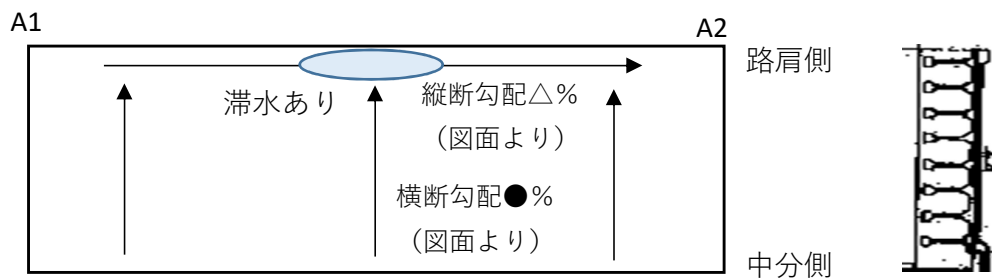
主ケーブル



横桁横締めケーブル



橋面滞水等の有無（図面から縦断勾配・横断勾配を記載。橋面上に滞水がある場合はその位置を記載）



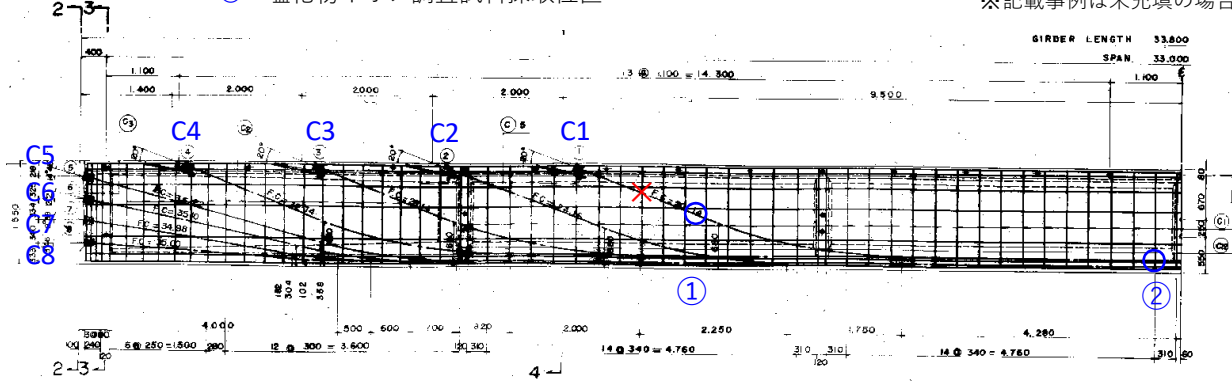
調査箇所の情報

対象桁番号・鋼材番号	G 1 桁C1	調査箇所	起点側/中央側/終点側	対象鋼材の定着角度	20°
調査孔の削孔機械	メタルセンサー付き電動ドリル/超音波ドリル/その他 ()				
削孔調査日の天候	晴れ	気温	25°C	湿度	35%
削孔調査日	2021/10/1	最終降雨日	2021/9/20	降雨量	5mm

調査位置図

- 削孔調査位置 (充填の場合) × 削孔調査位置 (未充填の場合)
- 塩化物イオン調査試料採取位置

※記載事例は未充填の場合



調査結果

シースの状態



シーソ削孔後の鋼材の状態



シーソ内の状態



シーソの内側の腐食状況



シーソ (外面) の腐食状況	腐食なし/腐食あり	シーソ (内面) の腐食状況	腐食なし/腐食あり
PC鋼材の腐食状況	腐食なし/腐食あり	PC鋼材の健全度	健全度 1
グラウト充填状況	充填/部分充填/未充填	シーソ内環境	帯水/湿潤/乾燥
シーソ内温度	23°C	シーソ内湿度	50%
既設グラウト塩化物イオン濃度①	0.80kg/m ³	既設グラウト塩化物イオン濃度②	0.50kg/m ³
塩化物イオン調査試料採取位置①	界面部/界面部以外	塩化物イオン調査試料採取位置②	界面部/界面部以外

特記事項

再注入結果					
再注入日	2021/10/15	天候	晴れ	気温	20℃
空隙量調査方法	真空法/空圧法/その他 ()				
漏気の有無	漏気あり/漏気なし	漏気の種類		0.05MPa/min	
グラウト漏れ対策の補修の有無	ひび割れシール/豆板補修 等	グラウト漏出の有無		有/無	
空隙量調査結果	〇〇ℓ				
注入量	〇〇ℓ				
再注入方法	真空ポンプ併用方式/圧入方式/自然流下方式				
再注入工法	PC-Rev工法/リパッシブ工法/KKグラウト注入工法/従来工法/その他				
穴式	1穴/2穴/3穴				
防錆剤の添加	なし/あり (防錆剤名 : 〇〇) (防錆剤主成分: △△)				
特記事項					

「PCグラウト再注入に関して試験施工を通じて確認すべき項目について（第一次案）」に対する意見と回答



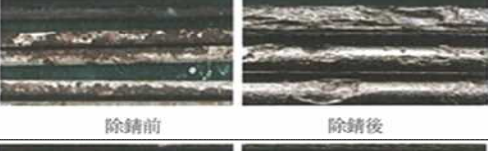

No.	項目	意見	回答
1	全般	横桁横締め、床版横締めのPC鋼材も試験施工時は対象に含まれるのか。	構造安全性を考慮し、桁におけるPCグラウト再注入を優先することとします。このため主桁と横桁を対象とします。床版横締めは、破断による第三者被害が想定される箇所が対象となりますが、PCP対策が完了している箇所は対象外と考えています。
2	全般	グラウトに関する設計施工規準の変遷（使用材料など）を踏まえて、対象橋梁の年代別選定も考えるとよいと思われる。	グラウトの施工技術の変遷を考慮し、1999年以前の橋梁を対象として選定しています。この結果、大部分のポストテンション橋がPCグラウト再注入の対象橋梁となります。
3	全般	充填不足の主原因がブリーディングの場合、桁高が低い場合などは充填不足部がケーブル全長にわたる可能性もある。このような場合、超低粘性グラウトでも通過しない空隙があることも考えられる。	再注入するグラウトの注入性能を確認するために別途実施する細径管試験などの試行を計画しています。試験法の適用性ととも現地での充填状況を試験施工を通じて確認できればと考えています。
4	I桁、T桁における調査項目の例 [基本調査]	"通気法などによる空隙量調査と実注入量調査"とあるが、実注入量とは、既存グラウトを指すのか。	実注入量とは、再注入グラウトの注入量を指します。
5	I桁、T桁における調査項目の例 [基本調査]	事前調査についての記述がありませんが、書類調査も実施したほうがよい。	ご意見の通りと思います。点検記録や上縁着部周辺の舗装補修履歴の確認、防水工の有無の確認をおこなうこととします。
6	I桁、T桁における調査項目の例 [基本調査]	基本調査には、過年度の点検、補修履歴（ひび割れ、断面修復、舗装打ち換え、防水層施工）などの書類調査も併せて実施するのがよい。	No.5と同様です。
7	I桁、T桁における調査項目の例 [基本調査]	外観変状とPCグラウトの充填度に関する相関関係が試験施工の結果から得られるかもしれない。	ご意見の通りと思います。外観変状とシーすやグラウト、PC鋼材の状態は、試験施工にてデータを蓄積し、分析することとします。
8	I桁、T桁における調査項目の例 [基本調査]	外観のひび割れの状態を調査し、グラウト充填状況やシーすおよび鋼材の腐食状況との相関性を確認することで、将来的に、事業のスクリーニングにおいて活用できる可能性があるのではないか。	No.7と同様です。
9	I桁、T桁における調査項目の例 [基本調査]	既設のPC鋼材に傷をつけてないために、シーすまでの削孔方法、シーすの穴あけ方法、穴の大きさを検討する必要がある。	調査孔およびグラウト注入孔の削孔方法については、構造物の安全性を確保するため、鉄筋やPC鋼材への損傷防止対策を規定する必要があると考えています。PCグラウト充填調査のための削孔径は、最小限の大きさとしてと考えています。実績のある工法の径を参考にφ25mm以下としてと考えています。また、シーすの開削は、PC鋼材に傷をつけぬように人力でおこなうことを考えています（例えば専用器具またはマイナスドライバの使用など）。
10	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	削孔方法の種別選定（ハンマードリル、ダイヤモンドコア、WJ）について、経済性、既設構造物への影響度、施工安全性などを踏まえた留意点を施工管理要領に盛り込む必要がある。	構造物の安全性を確保するため、鉄筋やPC鋼材への損傷防止対策を規定する必要があると考えています。WJについては、PC鋼材への影響や水処理の課題もあると考えています。
11	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	"削孔後の空隙量調査の結果、広範囲に・・・"とあるが、広範囲の定義を示してほしい。	X線による撮影が可能となるウェブ厚一定区間におよぶ空隙がある場合を指します。
12	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	広範囲に充填不足箇所が確認された場合におこなう、X線調査の必要性を、ご教授願いたい。	グラウト再注入前後のX線撮影結果を比較することにより充填性能を評価することができると考えています。
13	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	支間中央部付近での削孔調査をおこなう場合、下フランジがあり、多段多列配置されているようなケースでの内側鋼材は、削孔調査は困難となる。	対象となる上縁着部ケーブルが支間中央付近でどの位置に配置されているかにもよりますが、側面若しくは下面から削孔が可能な範囲で実施することを想定しています。
14	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	支間中央付近で削孔調査を実施とあるが、主桁の側面からなのか下面からなのかを明確にし、下面であれば後処理部分のはく落対策への記述も必要になる。	必要に応じて、後処理部分へのはく落対策を追加することがあります。
15	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	支間中央付近での削孔調査ですが、断面の外縁に配置されているシーすを対象とするのか。	No.13と同様です。

No.	項目	意見	回答
16	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	"削孔調査箇所を選定方法の妥当性確認"および"注入箇所選定の妥当性検証"を目的としているが、種々の調査を実施しても、結果、確実な削孔が可能な上方とのことにならないか。	削孔調査箇所の選定に関する検討では、どの程度上方となるかを確認することも目的の一つとしています。また実施工を通じて、定着位置に近い位置において、確実に鉄筋探査が可能で、削孔も可能であることを確認したいと考えています。 注入箇所を選定においては、上記の削孔穴を利用し確実に充填ができることを確認したいと考えています。
17	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	X線撮影が困難となる、上フランジとウェブ付け根部（ハンチ部）などは、上縁定着部の背面部で、グラウト充填不良が疑わしい場所である。妥当性検証する上で、X線撮影困難な部位の別の検査手法を考慮する必要がある。	本試験施工では、上フランジのハンチ直下付近における削孔調査により充填状況の確認を行うことにより、ハンチ部内のグラウト充填不足箇所を検出できると想定しています。 なお、充填不足が広範囲で確認された場合にX線調査をおこなうこととしています。このX線調査は、X線撮影が可能な範囲としています。
18	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	対象とする上縁定着部の防水層、舗装割れ、線形条件、地覆の境界部の有無などが塩化物量調査結果に影響を及ぼす可能性があるため留意する必要がある。	ご意見の通りと思います。No.5の回答のとおり、事前調査を追加し、事前調査結果と塩化物量調査結果の分析もおこないたいと考えています。
19	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	・シース内の腐食環境調査として、鋼材に付着した塩分調査およびシース内から出てきた水分の分析を追記したほうがよい。 ・グラウト天端のどの部分の試料を採取するかによって塩分量が大きく変わる。 ・調査項目は、「水および塩化物イオンの供給の有無」と変更したほうがよい。	・腐食環境調査としては、既設グラウト内の塩化物調査および、シース外面と内面の腐食状況の写真撮影により判断が可能と考えています。このため、PC鋼材の腐食が進行している場合など特別な場合を除いてシース内から出てきた水分の分析は行わない予定です。 ・ご意見の通りと思います。資料の採取位置を調査票に記載することとします。 ・水の供給の有無は、基本調査項目としています。また、調査の結果、塩化物イオンが含まれない場合も考えられますが、調査項目名は変更しません。
20	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	・塩化物イオン量調査は、充填部と空隙部の界面部での採取とするのか。 ・本調査は、外的環境要因に関わらず実施するのか（飛来塩分、凍結防止材の懸念が無ければ不要では）。	・グラウト内の塩化物イオン調査試料は、界面部で採取できることが理想と思いますが、実際の採取では採取可能な箇所での調査となることを想定しています。このため、界面部での採取か否かを調査票に記載することとします。 ・試験施工ですので、外的要因の有無による比較もおこないたいと思います。
21	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	採取グラウトの塩化物イオン量は、採取位置によって大きく異なる。グラウトの塩化物量のみでシース内へ塩化物の侵入の有無は判定できない可能性がある。	ご意見の通りと思います。 塩化物調査の他に別業務にて、上縁定着部への滞水・加圧試験などによる劣化因子のグラウト中への浸透状況を確認する予定です。
22	I桁、T桁における調査項目の例 [詳細調査]	PC鋼材表面やシース内滞水の塩化物調査は実施しないのか。	PC鋼材表面に対する塩化物調査の実施は考えていません。既設グラウト内の塩化物調査の実施とPC鋼材の腐食が進行している場合、専門家による腐食生成物調査・分析を実施することとします。 シース内滞水についてはNo.19と同様です。
23	全般	同一橋梁でも、路面の排水勾配により、シース内滞水の状況が桁ごとに異なっていることがあった。	No.22と同様です。
24	1. 削孔調査方法について [基本調査]	凍結防止剤散布地域は、雨天後に塩化物濃度が上昇する傾向がある。	塩化物調査の記録項目に最終降雨日の情報などを追加し、取りまとめ時の参考としたいと考えています。
25	I桁、T桁における調査項目の例 [個別調査]	PC鋼材の腐食程度を、実施の指標に加えた方がよい。今の記載では、軽微な腐食でもプレストレス調査が必要と読み取れる。	当面の試験施工では、「プレストレスコンクリート構造物の補修の手引き [PCグラウト再注入工法] プレストレスト・コンクリート建設業協会」P46表4.5.1に示された健全度1、2は腐食が軽微と判断し基本調査を実施したうえで一連の再注入作業をおこなうことを想定しています。 一方で同表の健全度3、4の場合は、専門家による腐食生成物調査・分析を実施することとします。
26	I桁、T桁における調査項目の例 [個別調査]	残存プレストレスの評価の考え方はどのようにするか。	これまで、応力開放法などによる残存プレストレスの評価や漏洩磁束法による鋼材破断検出を行ってきましたが、実際の構造物の耐荷性能に与えるPC鋼材の破断や腐食の影響は、不明な点が多いと考えています。 このため、NEXCO中日本では、PC鋼材切断実験や腐食による機械的性質の低下について引き続き実験などを実施し、評価方法を確立したいと考えています。
27	I桁、T桁における調査項目の例 [個別調査]	防錆効果の確認は、自然電位法での実橋測定もしくは模擬試験体でのモニタリングのどちらを想定しているのか。	各再注入工法による防錆効果は、既往論文などを調査する予定です。今後、模擬試験体を用いた検証も必要に応じて実施したいと考えています。

No.	項目	意見	回答
28	I桁、T桁における調査項目の例 [個別調査]	各再注入工法による防錆効果の比較を実施するのか。また、各工法の防錆性能と再注入前のPC鋼材の劣化状況を定量的に評価可能と考えているのか。	No.27と同様です。
29	I桁、T桁における調査項目の例 [個別調査]	防食効果の評価は、再注入が完了したPC鋼材の自然電位を計測し、PC鋼材の腐食状態を調査する手法を考えているのか。	No.27と同様です。
30	I桁、T桁における調査項目の例 [個別調査]	「定着後埋め部突出状況の確認」を追記したほうがよい。	破断が確認された端部定着においては、調査可能な場合は調査する旨、追加します。
31	I桁、T桁における調査項目の例 [その他調査]	【広帯域超音波法以外の調査方法の検証】 電磁パルス法による未充填調査を追加したほうがよい。 【安全性確認モニタリング】 光ファイバーによるコンクリート表面のひずみ計測を実施したほうがよい。	・電磁パルスについては、別業務にて検証を予定しています。 ・光ファイバーによるコンクリート表面ひずみの計測の目的は、破断などによるプレストレス減少との相関に関するデータが不足しているため、現段階では実施予定はありません。
32	I桁、T桁における調査項目の例 [その他調査]	(充填後のPC鋼材の腐食調査) ・再注入が完了したPC鋼材の防食管理として、自然電位計測などの調査が必要と思われる。 ・既設グラウト天端付近は、塩化物の侵入によりグラウト塩分量が多い可能性があり再注入グラウトによるマクロセル腐食調査も重要となる。	実橋におけるグラウト再注入後の自然電位モニタリングに関する論文や試験体によるマクロセル腐食に関する論文などがありますが、それらの文献調査を踏まえ、今後別業務における実施のあり方を検討します。
33	1. 削孔調査方法について [施工概要]	削孔後のあと処理対策についても明確にしてほしい。	削孔調査の削孔径はNo.9と同様です。 後処理対策については、固練りの無収縮モルタルやポリマーセメントモルタルを何層かに分け突き棒で付きながら処理することを想定しています。よって既設コンクリート表面と後処理跡に段差が生じるものと考えています（面合せは求めません）。
34	1. 削孔調査方法について [施工概要]	再注入完了後の削孔の処理方法および使用材料などの明示があるとよい。	No.33と同様です。
35	1. 削孔調査方法について [施工概要]	ハンチ部は鉄筋が密で既設鉄筋探査ができない範囲の削孔調査は、不達孔が多発し、既設橋への影響が懸念される。	ご意見の通り、鉄筋探査可能な範囲で削孔は実施するべきと考えています。このため、現状はハンチ下のウェブ面における削孔を考えています。
36	1. 削孔調査方法について [基本調査]	全ケーブル調査となっているが、X線調査をおこない異常が確認された箇所のみを削孔調査した方がよいのではないか。	X線調査では、撮影が困難な箇所もあると考えています。このため、試験施工では全ケーブルを対象とした削孔により、シーすや鋼材の腐食状況を確認することも目的としています。また、一部の箇所においてはX線撮影し整合を確認することとしています。
37	1-1. 削孔調査の結果、空隙が認められる場合 [基本調査]	検測尺挿入による空隙量推定はしないのか。	一般的に通気法の方が計測精度が高いと考えています。漏気がある場合など、必要に応じて検測尺を用いた方法も実施することを考えています。
38	1-1. 削孔調査の結果、空隙が認められる場合 [基本調査]	シーす内に通気がある場合、通気法などの計測値が不明確であるため、検測尺（ワイヤー、細径チューブなど）の挿入による未充填長計測も必要と思われる。	No.37と同様です。
39	1-1. 削孔調査の結果、空隙が認められる場合 [基本調査]	対象橋梁全体の調査で見えられたひび割れ箇所の通気の有無を併せて確認することも可能である。	ご意見の通り、通気法などにより空隙量調査をおこなうことでひび割れ箇所などからの漏気の有無が確認できると考えています。今回の試験施工を通じて漏気の程度に応じたひび割れ補修実施の判断のあり方について検討したいと考えています。
40	1-1. 削孔調査の結果、空隙が認められる場合 [基本調査]	シーす内の空隙量調査を通気法などによりおこなうとあるが、シーす内の密閉度や滞水の影響により、精度に課題があった。そのため、調査結果は概算値となると思う。	試験施工においては、空隙量調査結果と実際の注入量を比較し、その精度を調査したいと考えています。なお、今回の試験施工では空隙量調査の結果を精算数量とすることは考えていません。
41	1-1. 削孔調査の結果、空隙が認められる場合 [基本調査]	グラウト再注入の前処理としてひび割れなどの損傷部の処理が必要となるが、その処理が確実に行われたかの確認が必要と思う。	No.39と同様です。
42	1-1. 削孔調査の結果、空隙が認められる場合 [基本調査]	真空度が達成できない場合には、再注入時に空気侵入箇所からのグラウト漏れに繋がるリスクが高まる。既設橋の狭隘部も含めたすべての調査補修は、限界もあるので、グラウト漏れのリスクが高い場合のグラウト材選定に留意が必要と思う。	ご意見の通りだと思います。 今回の試験施工を通じてグラウト漏れのリスクが高い場合のグラウト材の選定のあり方について検討したいと思います。

No.	項目	意見	回答
43	1-2. 削孔調査の結果、充填が確認された場合 [基本調査]	・打音でPCグラウトの一体性を確認することは技術的に確立されているのか。 ・シース開削後の打音検査の手法の例を写真などで示してほしい。 ・グラウト部を打音し一体化を確認とあるが、打音調査をおこなう場合はある程度の開削範囲が必要となり、構造的にその開削を問うのか。	・シース開削後、グラウトが確認された場合でも、表面に薄膜上にあることも考えられるので、突き棒などで叩くことを考えています。 (上記の主旨で実施することから、打音という表現を突き棒で叩くと表現を改めます) ・一体化調査のために削孔径を大きくすることは考えていません。
44	1-2. 削孔調査の結果、充填が確認された場合 [基本調査]	「～グラウト部を打音し一体化を確認。」について、打音で確認することは困難であると思いますので、打音⇒打撃とした方がよいと思う。	No.43と同様です。
45	1-2. 削孔調査の結果、充填が確認された場合 [基本調査]	”グラウト部を打音し一体化を調査”との記載がありますが、打音調査の為、グラウト充填調査に必要な削孔径(φ15～25)に比較して、大きな削孔径(φ80以上)が必要となり、PC桁の損傷させることとなる。	No.43と同様です。
46	1-2. 削孔調査の結果、充填が確認された場合 [基本調査]	削孔部よりの打音調査の適合性ならびに必要な削孔径については、事前検証をお願いしたい。	No.43と同様です。
47	1-2. 削孔調査の結果、充填が確認された場合 [基本調査]	打音検査による一体化・充填確認の具体的な手法とは、直接音を聴く手法もしくは弾性波などの手法を考えているのか。	No.43と同様です。
48	1-2. 削孔調査の結果、充填が確認された場合 [詳細調査]	「桁端部付近、上縁定着部付近で充填が確認できた場合においても、ケーブル中央付近で2ケーブル/連の削孔調査により充填状況を確認する」とされているが不要ではないか。なお、過去の事例でそのような事象が確認されているなら全数調査するべきではないか。	ご意見の通りと考えています。ただし、試験施工では、不要であることを確認するため、抽出調査とはなりますが、削孔箇所で充填が確認された場合の支間中央部付近における調査を実施します。なお、コンクリート打設時にシースが潰れる事例があり、中央部付近に充填不足が残る例も報告されています。
49	2. PC鋼材の状態の確認 [基本調査]	シースの腐食状態を全数写真撮影し記録するとあるが、どの程度までおこなうのか。	調査票に例示します。
50	2. PC鋼材の状態の確認 [基本調査]	グラウト充填、未充填、充填不良の境界は曖昧であるから、すべての撮影は困難では。	シースの状態、シース開削後のグラウト充填状況は、削孔箇所すべてに対して撮影をお願いしたいと考えています。ただし、撮影した写真だけからの充填状況の判定は容易ではないと考えています。
51	2. PC鋼材の状態の確認 [詳細調査]	ケース1(上縁定着付近に空隙が認められる場合)における既設グラウト中の塩化物イオン量調査箇所は定着部付近(空隙箇所付近)のみとしているが、支間中央付近も追加する。これにより、ケース2(上縁定着付近に充填が確認された場合)との比較が可能となる。	ご意見の通りです。修正します。
52	2. PC鋼材の状態の確認 [詳細調査]	本項目は、定着部よりの進化物イオン侵入に対する調査ですが、p1の表中ならびに本文中では、上縁定着と限定されており、記載内容に齟齬がある。	p1の表中の表現を修正します。
53	2. PC鋼材の状態の確認 [詳細調査]	定着部付近⇒既設グラウトと空隙部の界面部付近と修正したほうがよいと思う。	グラウト内の塩化物イオン調査試料は、界面部で採取できることが理想と思いますが、実際の採取では採取可能な箇所での調査となることを想定しています。このため、削孔調査箇所で空隙が認められる場合は、「定着部になるべく近い位置」、削孔調査箇所で充填が確認された場合は、「定着部付近の削孔調査箇所」と修正します。
54	3. PCグラウト再注入における充填性能試験 [基本調査]	別紙に示す試験方法とあるが、試験内容が確認できない。	試験法の図を追加しました。
55	3. PCグラウト再注入における充填性能試験 [基本調査]	・PCグラウト再注入に用いるグラウト材に求める性能はどのようなものか。 ・細径管試験などを満足しない場合の取扱を定めたほうがよい。	・試験施工工事においてPCグラウト再注入に用いるグラウト材は、新設材料と同じ(構造物施工管理要領4-2-3PCグラウト)グラウト試験を満足している性能を保有していることを基本としています。 ・試験施工工事において使用する材料については、試行的に細径管試験などを実施します。 ・PCグラウト再注入工事においてこれら試験などを満足することが望ましいと考えるが、試験施工工事にこれら試験を満足することは求めない予定です。 ・なお、これら試験を満足した材料へ変更する場合は、必要な費用については受発注者で協議いただくこととなります。
56	4. PCグラウト再注入 [施工概要]	「PCグラウト充填不足が確認された場合、すべてのケーブルに対して再注入をおこなう」を「PCグラウト充填不足が確認されたすべてのケーブルに対して再注入をおこなう」と記述してはどうか。	ご意見の通り、修正します。

No.	項目	意見	回答
57	4. PCグラウト再注入 [基本調査]	<ul style="list-style-type: none"> ・自然流下方式注入の場合、グラウト再充填確認は排出チューブからのグラウト排出確認により充填確認をおこなうを補足説明として追記したほうがよい（注入量の計測も可能）。 ・「空隙量調査」の結果が妥当でない限り、これを設計値として「注入量」を管理するのは不適と思われる、注入完了時の「注入圧力」を定め、これを確認する管理方法がよいと思う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・自然流下方式注入については、排出チューブからのグラウト排出確認は施工管理方法の一つとして排出チューブからのグラウト排出の確認を実施頂ければと思います。 ・No.40と同様。また、注入圧力による方法は、施工管理方法の一つと考えており精算数量の算出の方法とは考えていません。
58	5. PCグラウト再注入後の充填状況確認 [詳細調査]	<ul style="list-style-type: none"> ・グラウト材の着色においては、注入グラウトの流動性に問題がないか確認を必要とするのではないか。 	代表的な工事において細径管試験や二重円筒管試験により確認したいと考えています。実施に協力いただければと思います。
59	5. PCグラウト再注入後の充填状況確認 [詳細調査]	着色材を使用した削孔調査とは実構造物における削孔を想定しているのか、それとも試験供試体による削孔を想定しているのか。	実構造物での削孔調査を想定しています。
60	5. PCグラウト再注入後の充填状況確認 [詳細調査]	着色グラウトによる充填確認については、シース径程度の削孔をしないと、撮影での充填状況の把握は困難と思われる（削孔がシース側面のどの位置になるかわからないため）。また、切断面による確認ではないため、素線間の充填確認は困難と思われる。	X線における充填確認が困難な場合は、シース径程度の削孔径での削孔を想定しています。
61	5. PCグラウト再注入後の充填状況確認 [詳細調査]	"再注入材の充填状況を確認する"との記載があるが、この実構造に対する確認方法に対する記述がない。	この場合の確認方法は削孔調査です。
62	5.PCグラウトの再注入後の充填状況確認 [詳細調査]	X線以外の調査手法の適用も、非破壊調査手法適用可能性や精度向上を念頭に実施するとよい。	別業務において、非破壊調査の適用性の検証はおこなう予定です。

健全度	PC鋼材の腐食状況	質量減少率の目安
0	錆がない	なし
1	錆があるが、薄錆（表面錆）である 	1%程度 未満
2	点状の錆が目立つ 	1~2.5% 程度
3	断面欠損が目立つ 	10%程度 未満
4	PC鋼材の径が小さくなっている 	10%程度 以上
5	PC鋼材が破断している	-