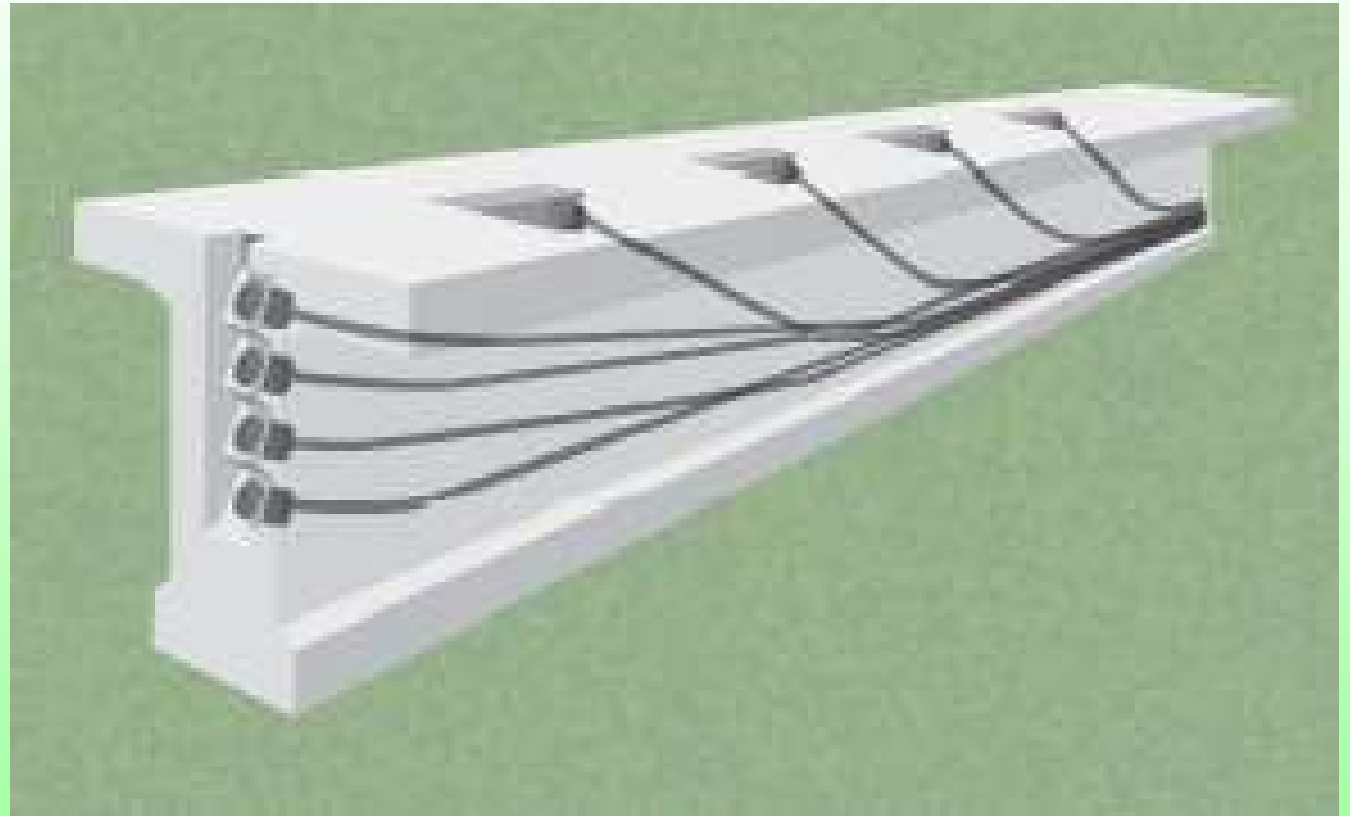


# プレストレストコンクリート構造物の補修の手引き [PCグラウト再注入工法]Q&A集



(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

2021年4月版

## 1. 2 用語の定義 (p. 4~5)

【質問】PCグラウト充填不足の定義として、模式図が示され、PC鋼材がシース内でPCグラウトから露出している状態にあることとしていますが、新設のグラウトを対象とした、PCグラウト設計施工指針改訂版(PC工学会)では残留空気をシースのリブ断面以上程度である場合を有害としています。PCグラウト再注入において、新設グラウトの水準での管理は簡単ではないと考えおります。本書が定義しているPC鋼材がシース内でPCグラウトから露出している状態で耐久性を照査した事例があれば教えてください。

- 模式図「充填不足の状態」は、鋼製シースや薄鉄板を丸めたシースではリブを定義することができないため、PC鋼材が露出している場合とさせて頂きました。
- なお、土木研究所・PC建協「撤去橋梁を用いた既設PC橋の診断技術高度化に関する共同研究報告書(第488号)－既設PC橋のグラウト充填状況に着目した解体調査－，平成28年3月」によると、模式図「充填とみなす状態」であれば、PCグラウトで覆われていることでPC鋼材は相当の防食効果を期待できることが示されています。

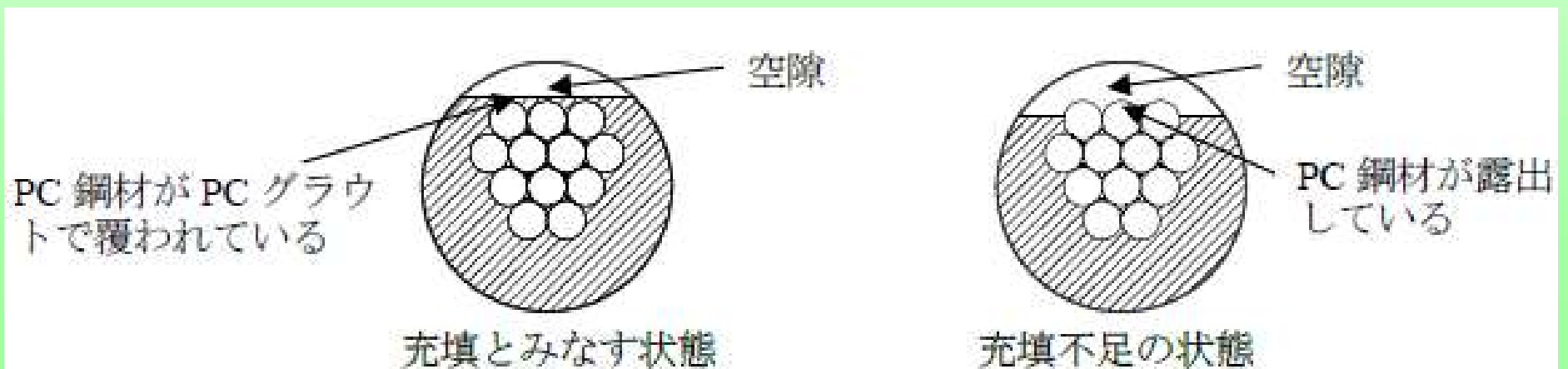
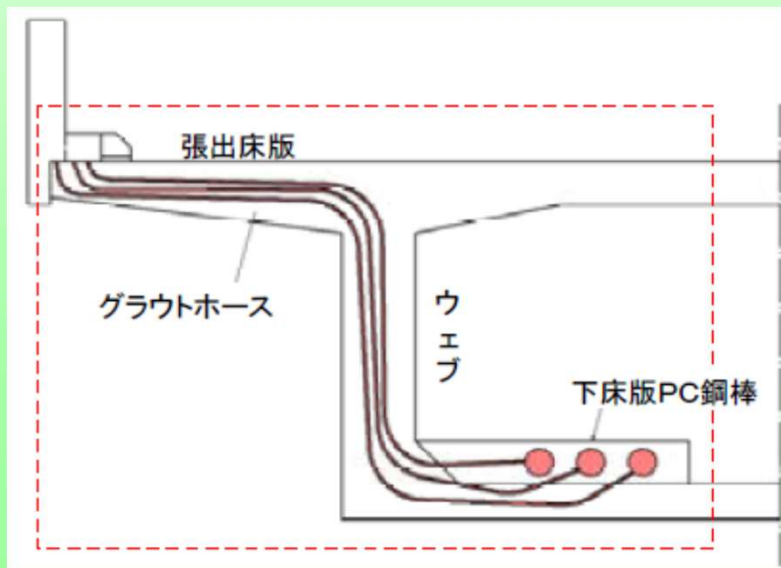


図 1. 2. 1 PC グラウト充填不足の模式図

## 2. 3 水の浸入経路の確認 (p. 11~15)

【質問】1980年代後半～1990年代中頃までのPC箱桁橋でグラウトホースを複数本束ね、地覆部まで引き出す方法について紹介されています。グラウトホースの処理が課題となる場合、PCグラウト再注入工事着手の優先度に反映させる必要があると考えています。この対象橋梁をスクリーニングするにあたって、ここに挙げられている事例以外でグラウトホース伝い水等がPC鋼材の腐食速度に影響を与えている事例があれば教えてください。

- グラウトホースと交差する主方向PC鋼材(張出し床版やウェブ等)には伝い水が作用する可能性があると考えられます。
- 例えば、コンクリートはく離などの変状が顕著な場合は、この位置に主方向PC鋼材が配置されているかを確認された方が良いでしょう。また、PC鋼材の腐食速度は、塩化物イオンの影響を受けるため、凍結防止剤散布の有無も併せて確認して頂ければと思います。



【出典】横山ら「PC箱桁橋を模擬した供試体によるグラウトホース伝い水の検証試験」  
土木学会第69回年次学術講演会, V-148, 2014.9

## 2. 4 水の浸入に対する検討 (p. 16)

【質問】 桁端部から端部定着ケーブルへの水の浸入は、一般的には生じないことが多いとされています。端部定着部への水の浸入が生じないとすれば、PCグラウト充填不足調査の対象外にするなどの対象数量の一定の削減が可能と考えております。過去に桁端部から桁端部定着ケーブルへの水の浸入について具体的に検討した事例があれば教えてください。

- 既往研究によると、後埋め部に最大 $1.33\text{kg/m}^3$ の塩化物イオン量が浸入した時に、PCグラウトが充填されている場合は、端部定着部グラウト中の塩化物イオン量が $0.07\text{kg/m}^3$ であるとの報告があります(共同研究報告書第488号pp.90-91)。
- しかしながら、本手引き解説「端部定着ケーブルのPCグラウトが充填不足である場合には、水の浸入リスクが全くないとは言いきれない。したがって、PC橋の桁端部から水の浸入があると推定された場合は、グラウト再注入を実施する前に、桁端防水の必要性を検討する必要がある。」と記載させて頂きました。
- この主旨としましては、端部定着ケーブルでPCグラウト充填不足の場合は、水の浸入リスクがゼロではありませんので、グラウト調査とグラウト再注入の優先順位を後回しにする場合におきましても、まずは水の浸入に対するフェールセーフ(桁端防水など)の対策が必要と考えたためであります。

## 3. 2 外観調査 (p. 18~19)

【質問】上縁定着部の背面と端部定着部の背面(シース角度の違い)では、ブリーディングによる空隙の発生に違いがあれば、削孔調査箇所を選定に反映できると思われます。具体的な検討事例があれば教えてください。

- 共同研究報告書第488号によれば、グラウト充填不足の発生割合は、上縁定着部の背面24.0%、端部定着部の背面5.0%であると報告されていますが、上縁定着部と端部定着部の背面で発生する空隙は、必ずしも一様でないようです(空洞サイズはケースバイケースになります)。
- 本手引きでは、まずはグラウト充填不足の発生割合が高い上縁定着ケーブルの上部を優先して調査して頂き、そこでグラウト充填不足が確認できれば、他のケーブルも充填調査を行うように記載しております。

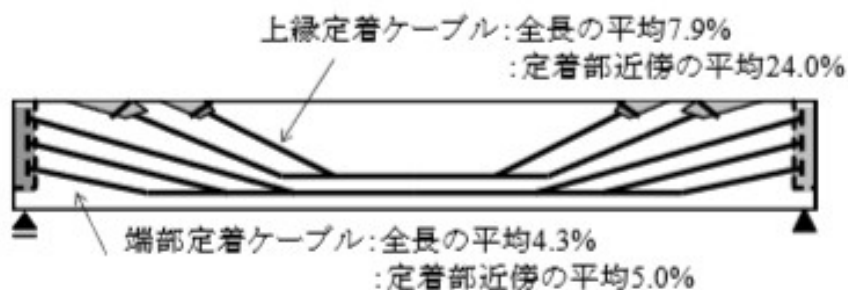


図 2.3.10 グラウト充填不足の発生状況

(上縁定着を有する PCT 桁橋の撤去析解体調査による)

【出典】共同研究報告書第488号pp.21

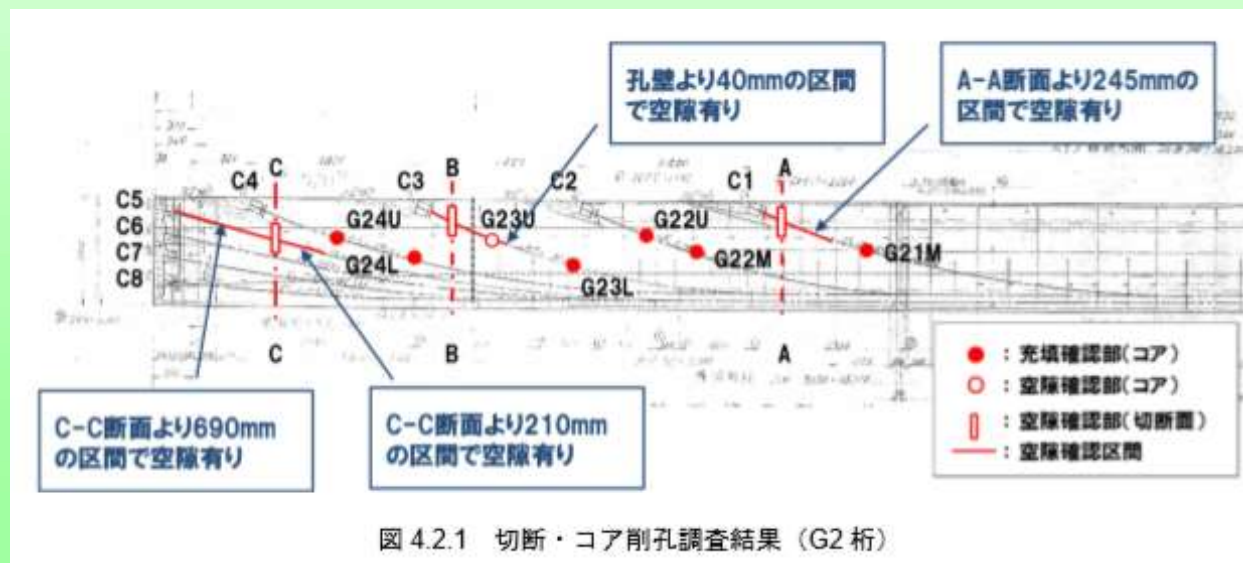


図 4.2.1 切断・コア削孔調査結果 (G2 桁)

【出典】共同研究報告書第488号pp.19

## 4. 2 PCグラウト充填調査箇所の選定 (p. 31～32)

【質問】調査箇所を最小限とした上で、未充填箇所を特定したいと考えています。図4.2.2について、調査を省略できる箇所がないかご意見を頂ければと思います。例えば、①で充填不足、②で充填である場合、③の調査を不要とすると課題は残るのでしょうか(充填不足の範囲をある程度確定する必要があるのでしょうか) また、①で充填不足、②でも充填不足の場合、③の調査を不要とすると課題は残るのでしょうか。

- ここでの調査目的は、PCグラウト充填不足の有無とその程度を把握し、工事発注資料として図面等に取り纏めることにあります。
- 工事発注に際し、再注入「箇所数」のみが必要な場合は①のみか、①と②で十分かと思われます。一方、「充填不足区間」や「注入量の設計値」が必要な場合は、①～③の調査を実施することになると思います。必要に応じて、取捨選択して頂ければ幸いです。
- なお、グラウト再注入工事の際には、別途「5. 2 充填不足区間における空洞量の推定」で充填不足区間における空洞量を推定して、グラウト注入数量を確定していきます。

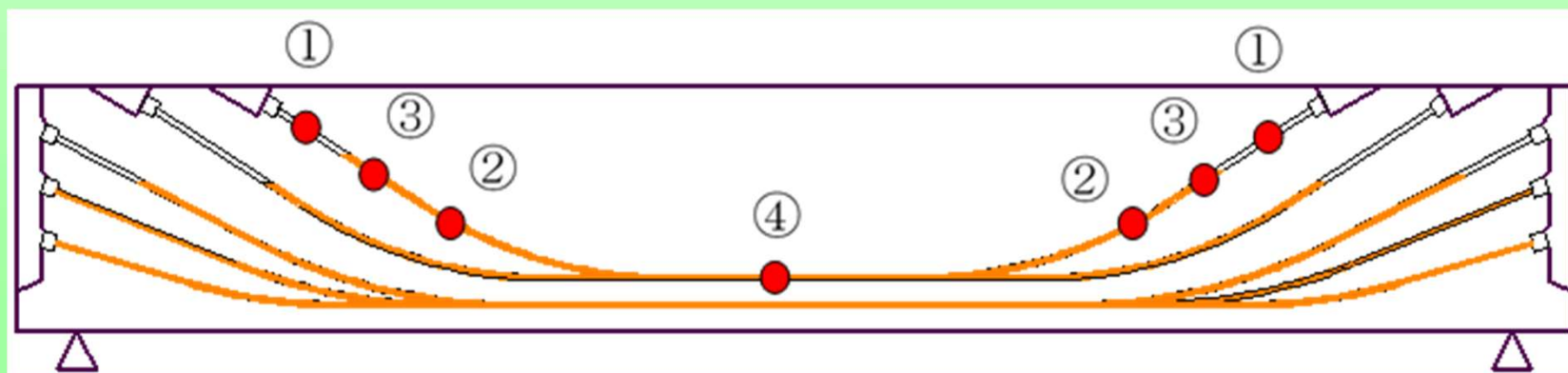


図 4.2.2 PCグラウトの充填調査の優先順位

## 4. 3. 1 PCグラウト充填調査の実施 (p. 33~39)

【質問】削孔調査をするためのPC鋼材損傷防止用の削孔方法が紹介されていますが、これらの機器は、PCグラウト再注入工事が本格化した場合、それぞれの工事箇所と比較的に準備可能と考えてよいでしょうか。

- ドリルコントローラ付き電動ドリルの準備は容易かと思えます。
- 超音波ドリルとシース検知機能付き回転式極小径ドリルは台数に限りがあります。
- なお、WJ削孔は設備が大掛かりであり、適用できないケースも想定されます。

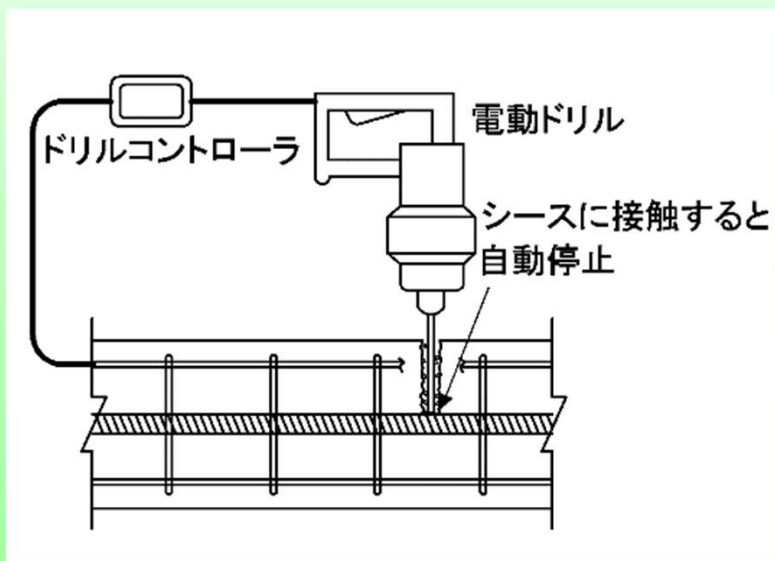


図4.3.5 ドリルコントローラ (メタルセンサ) 付き電動ドリルの概要



写真4.3.3 超音波ドリルと削孔事例(シース)

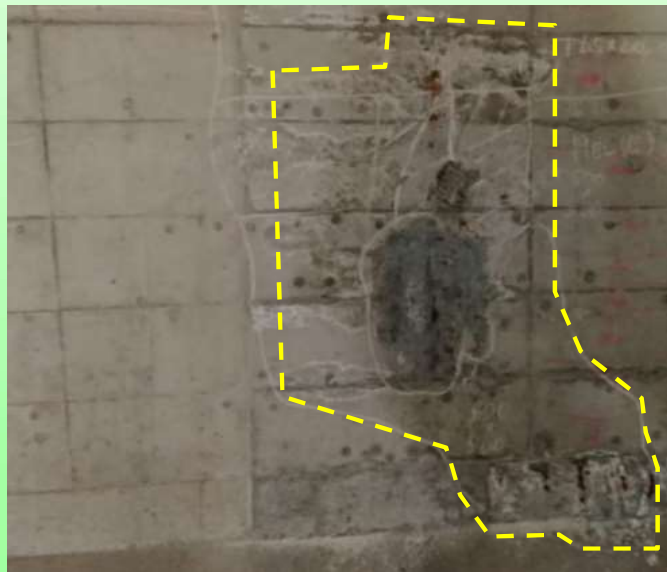


写真4.3.4 シース検知機能付き回転式極小径ドリルを用いた方法 7

## 4. 4. 2 PC鋼材の腐食・破断の調査 (p. 42～43)

【質問】PC鋼材の著しい腐食が確認された場合、必要に応じてはつり調査を実施することとしておりますが、実施事例があれば教えてください

- 近江大橋、妙高大橋などで実施事例があります。主桁ウェブに著しい浮きが確認された場合は、劣化原因の究明とともに、補修の際に劣化部を取り除く必要があるため、はつり調査を行っております。
  - 主桁コンクリートが健全であれば、直径50mm程度の単孔あるいは連続孔の削孔を行い、CCDや工具(PC鋼材が張っているか)を用いてPC鋼材の状況を確認することもあります。
- ※健全なコンクリートをはつると、既設PC桁の健全度を損なうおそれがあります。



はつり調査のイメージ



削孔調査のイメージ



## 4. 4. 2 PC鋼材の腐食・破断の調査 (p. 42~43)

【質問】調査実施後はPCグラウト再注入を実施し、削孔部を補修するとありますが、PC桁の耐久性確保の観点から、削孔部の穴埋めは重要と考えています。この補修のあり方について、例えば、穴埋めに使用する材料の例や施工上の留意点について検討事例があれば教えてください。

- 調査段階における削孔部の穴埋めは、「5. 4. 6 注入口・排出口のあと処理」と同様に、無収縮モルタルやポリマーセメントモルタルを用いて行うのが良いかと思います。
- なお、削孔を行うとシース内部に酸素が供給され、PC鋼材の腐食をかえって促進させることがあるので、PCグラウト再注入を速やかに行うことが肝要になります。

ケース	PC鋼材の腐食状況	PCグラウト再注入実施の判断例
A 水の供給がなく、シース内が乾燥している		PC鋼材は健全な状態に保たれている PCグラウト再注入を実施する。再注入するグラウトは通常グラウトでよい。
B シース内が常時水で満たされている		PC鋼材は僅かに腐食している PCグラウト再注入を速やかに実施する。また、再注入後の再劣化対策の必要性を検討する。
C シース内へ水の供給と排出が繰り返される		PC鋼材は著しく腐食している


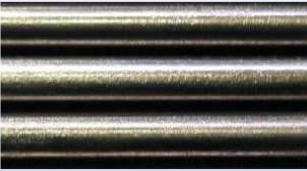






## 4. 5. 2 PC部材の耐荷力評価 (p. 47~49)

【質問】表4.5.1の健全度に基づき，表4.5.2に材料特性値の目安の記載があります。腐食したPC鋼材の機械的性質の低下に着目した耐荷力評価に関する留意点があれば教えてください。

- 本マニュアルでは，PC鋼材の腐食状況を健全度2に留めるように維持管理することを推奨しております（健全度2を超えると，孔食が生じ，PC鋼材の破断リスクが高まります）。

※PC鋼材の状況が健全度1～2であれば耐荷性能への影響はないものと見なせると考えます。

表4.5.1 PC鋼材の健全度評価

健全度	PC鋼材の腐食状況	除錆前	除錆後	質量減少率の目安
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. 2 充填不足区間における空洞量の推定 (p. 53～55)

【質問】空洞量の推定方法として、削孔法、検測法、真空法、空圧法が記載されていますが、これまでの実績で、実際の注入量との比較等による精度検証等されているのでしょうか。

- 削孔法は、PCグラウトの充填状況が複雑である場合や、充填状況を精度良く把握する場合は、多数の削孔が必要になります。
- 検測尺法は、シース内の空洞部が狭く、ワイヤーを所定の位置まで直線的に挿入できない場合や、ワイヤー挿入方向のPCグラウトの充填状態が均等でない場合は測定精度が低下することがあります。
- 真空法と空圧法は、空洞量を直接測定する方法であり、文献<sup>1)2)3)</sup>により、精度検証が報告されています。また、漏気が著しい等のケースでは、真空法および空洞法による空洞量推定の適用が困難な場合もあります。詳細は、各工法のメーカーに、お問い合わせ下さい。

### 【参考文献】

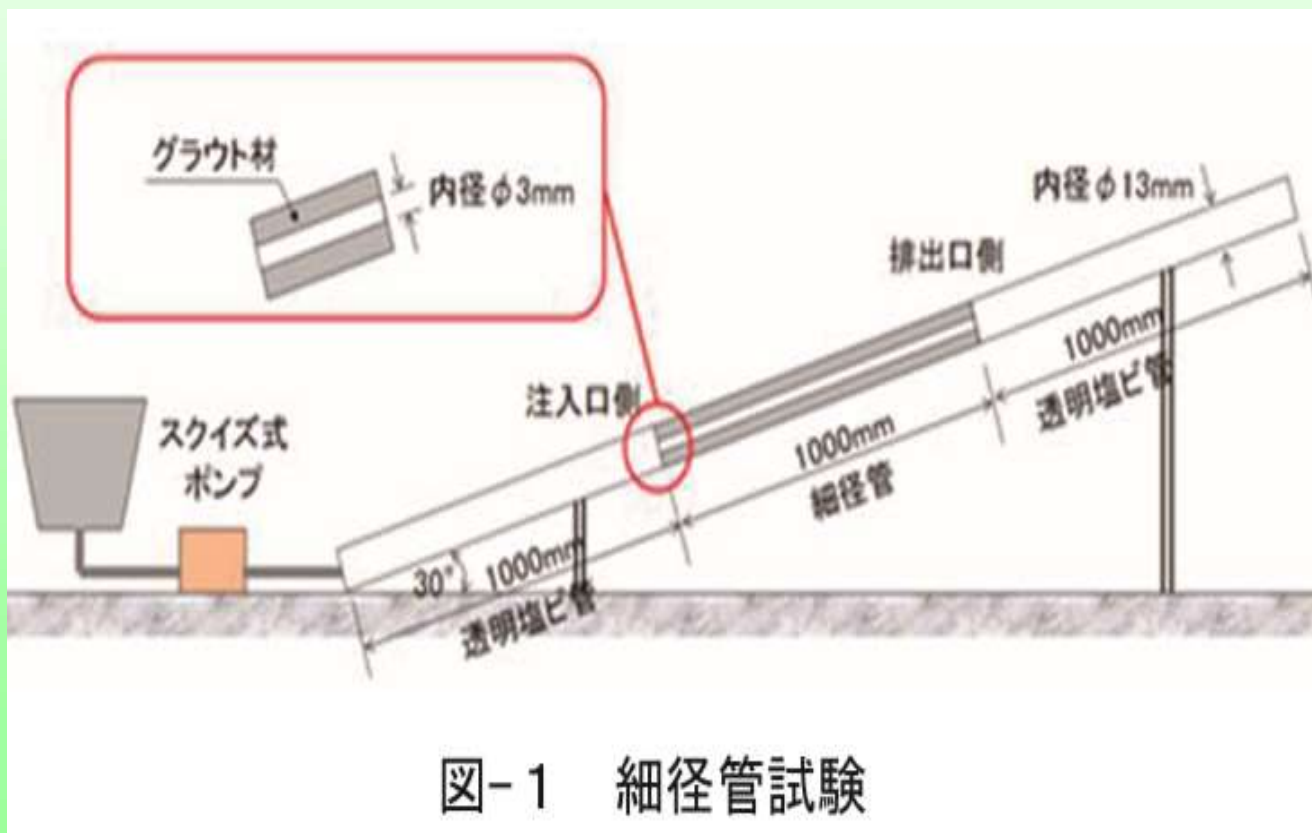
- 1)井隼俊也ら、既設ポストテンションPCT桁の補修について—グラウト再注入および支承取替え—、プレストレストコンクリートVol55, No6, Nov.2013
- 2)井隼俊也ら、既設ポストテンションPC桁のグラウト充填不足に対する補修方法の研究、プレストレストコンクリート工学会、第25回シンポジウム論文集, pp105～110, 2016.10
- 3)森山昇治ら、大阪市高速電気軌道のグラウト再充填の施工、プレストレストコンクリート工学会、第29回シンポジウム論文集, pp367～370, 2020.10

## 5. 3. 1 注入方式の選定 (p. 56～62)

【質問】図5.3.1では、通気が確認できない場合や通気が弱い場合の注入方式や使用材料を含めて試験等により確認するとあります。このような事例が相当数あると想定しておりますが、このような場合の対応事例があれば教えてください。

- 通気が確認できない場合や通気が弱い場合の対応事例は、付録ー1～2を参照願います。なお、注入方式の選定に関し、現在、細径管試験などが検討されております。

注) 細径管の長さは最終的に2.0mに変更されています。



## 5. 3. 1 注入方式の選定 (p. 56～62)

【質問】I桁やT桁の内桁の桁端部定着部付近を再注入する場合、自然流下方式の適用限界について検討事例があれば教えてください。

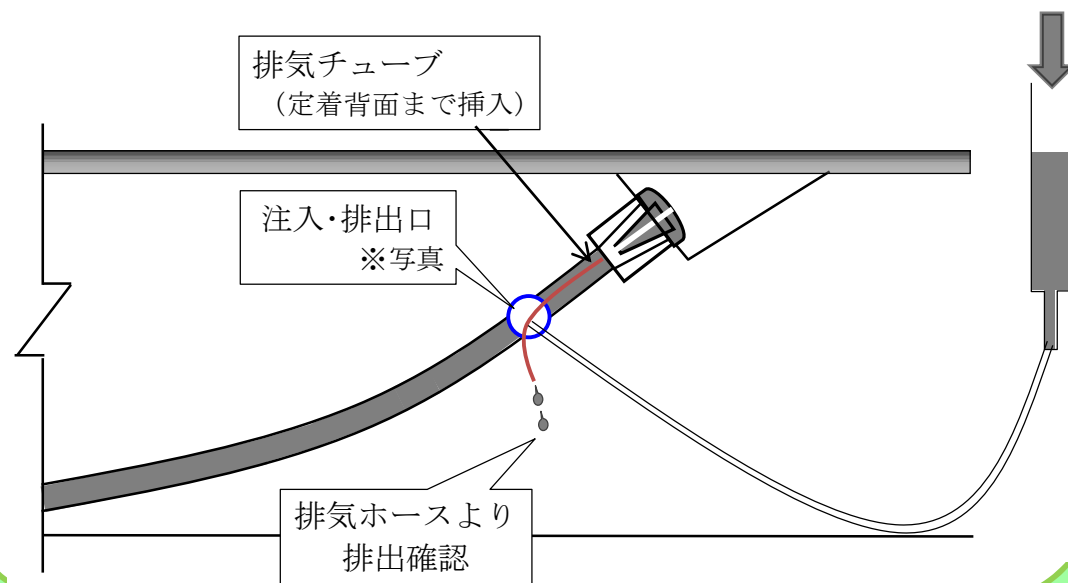
- 自然流下方式では、グラウト注入容器(注入ベッセル)を未充填定着部の高さ以上の位置に配置しヘッド圧(水頭差)をかける必要があります。したがって、注入ホースを延長し橋梁側面の地覆部付近より注入を行います。(※箱桁内等の閉所空間や、注入高さを確保できない場合は、圧入工法等を選定する必要があります。)



注入ベッセル

補修材注入状況

### 【補修材注入方法】



## 5. 3. 1 注入方式の選定 (p. 56～62)

【質問】真空ポンプ併用方式，圧入方式，自然流下方式について，吊足場上の作業が一般的と考えますが，高所作業車や橋梁点検車に必要な機器を配置しての再注入工事も想定しています。これまでの実績において，課題が明らかになっているものがあれば教えてください。

- 高所作業車や橋梁点検車での再注入工事は施工効率が低下するため，十分な工期設定が必要になります。
  - ①PCグラウト再注入は，前処理，削孔，注入口・排出口の取付け，PCグラウト再注入作業，あと処理の作業があり，また再注入箇所が点在するため，機材や材料の移動が頻繁に生じます。作業車を用いる場合は，現場条件によりますが，施工効率が大きく低下します。
  - ②必要な作業員(2名)と資機材で積載重量200kg程度となり，作業(品質)管理者が，同一の高所作業車に同乗できなくなることもあり，作業効率が低下します。
- 作業車の必要台数や配置は，注入方式により異なりますので，留意願います。なお，高所作業車は，1パーティあたり2台もしくはデッキ型(積載重量1,000kg)等で計画されることが望ましいです。
- グラウト漏れなどのリスクに関する対策を考慮する必要がある。
- 斜角を有する橋梁では，施工箇所に作業車を配置出来なくなることも想定されます。

## 5. 3. 1 注入方式の選定 (p. 56~62)

【質問】注入口・排出口の計画において1穴式, 2穴式, 3穴式を充填不足区間の長さによる使い分けが記載されております。PC桁の耐久性への配慮から削孔は最小限としたいと考えておりますが, 穴数と再注入の確実性に関する検討事例があれば教えてください。

- 穴数と再注入の確実性は, 注入する空洞部の状況や通気の有無など現場条件により異なるかと思いますので, 下表や付録-1~2を参考にして頂ければ幸いです。

### 【真空ポンプ併用方式における1~3穴式の適用】

	概要図	一般的な適用条件
2穴式 (にけつ)		充填不足区間が <b>比較的長く</b> , 注入口とは <b>別の排出口が設置可能な場合</b>
1穴式 (いっけつ)		充填不足区間が <b>比較的短く</b> , 注入口とは <b>別の排出口が設置困難な場合</b>
3穴式 (さんけつ)		充填不足区間が <b>長く</b> , 注入口 とは <b>別の排出口が2箇所設置可能な場合</b>

## 5. 3. 1 注入方式の選定 (p. 56～62)

【質問】注入口・排出口の設置位置を計画するにあたり、改めてPCグラウト充填調査を行い、注入口・排出口の設置位置を決定し、削孔を行うのでしょうか。

- 本手引きでは、施工段階で改めてPCグラウト充填調査を行うことは記載していません。
- 5. 3. 1解説に記載しますように「注入口と排出口の設置位置については、できるだけ調査用孔と兼用するものとするが、注入口は、充填不足区間の最下部付近に、排出口は、可能な限り上側に設置することを基本とし、残留空気の発生に十分留意して決定する。また、削孔を行う場合は、構造物への影響を極力小さくするため、できるだけ少数で小径とするのがよい。」との事で、予め、グラウト充填状況が明らかになっている必要があります。
- つまり、工事発注時に、グラウト充填状況が予め明らかにされていない場合は、PCグラウト充填調査を施工段階で実施する必要があります。

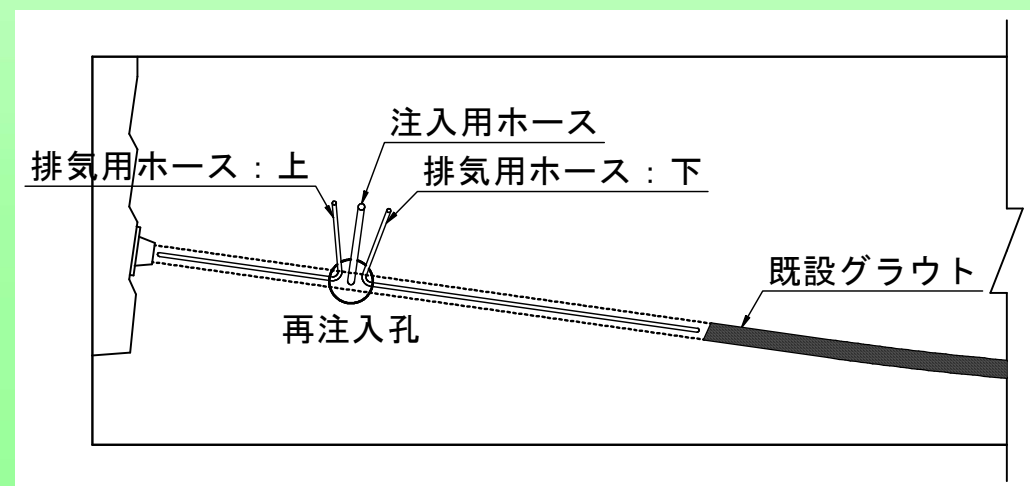


## 5. 3. 1 注入方式の選定 (p. 56～62)

【質問】細管(排気用ホース)を利用した方法が紹介されております。PC桁の耐久性への配慮から削孔数は最小限としたときに最適な方法と考えております。本方法の適用の限界(充填不足区間の長さ)などはあるのでしょうか。また、他の方法と比較して、充填後の空隙の有無に差は生じるのでしょうか。

- 本手引きでは、真空ポンプ併用式によるPCグラウト再注入を標準(「5. 4. 5 PCグラウト再注入作業」とさせて頂いております。
- 一方、細管を利用した方法は、「真空ポンプを併用しない一穴式の再注入の場合」の事例になり、解説において「排気用ホースは、再注入の際、発生する残留空気などをシース外に排出するためのものであり、原則、充填不足区間の先端まで到達するように挿入して配置する。また、再注入孔から上側および下側の両方向に配置することを基本とし、ホースから排出される空気やPCグラウトの状態を確認しやすくするため、挿入後の余長が50cm程度となるようにする。」という本方法の適用の前提を遵守するとともに、このような施工方法が遵守できない場合は真空ポンプ併用式を採用された方が良くかと思えます。
- PC鋼棒は要検討でお願いします。

図5.3.7 細管(排気用ホース)の挿入配置例



# 5. 4 PCグラウト再注入

## 5. 4. 1 一般 (p. 68~69)

【質問】PCグラウト再注入前にグラウト漏出の原因となるひび割れ等の変状は、シールなどにより事前処理するとされています。第三者への影響や環境保護等の観点から重要な処理と考えていますが、どの程度の変状まで実施するなどの検討事例があれば教えてください。

「PCグラウト充填不足  
区間の存在が起因となる  
変状や中性化，塩害  
およびアルカリ骨材反  
応などによる劣化」  
が顕在化している場合  
(ひび割れから漏水や  
漏気の状態から判断)  
は、前処理を行う必要  
があります。



写真5. 4. 1 PC鋼材に沿う  
ひび割れ (主桁側面)



写真5. 4. 2 PC鋼材に沿う  
ひび割れ (主桁底面)



写真5. 4. 3 ひび割れ注入  
工



写真5. 4. 4 断面修復工

## 5. 5 品質管理および施工管理 (p. 80-82)

【質問】PCグラウト再注入に使用するPCグラウト材料の日常的な管理は、どのように行うのでしょうか。

PCグラウト再注入に使用するPCグラウト材料の日常管理試験は、以下の項目を実施します。

- (1) 塩化物イオン含有量
- (2) 圧縮強度
- (3) レオロジー試験
- (4) 単位容積質量
- (5) その他の試験(施工者もしくは発注者が必要と考える試験)

日常管理試験の頻度は、以下の通りとなります。

- ①PCグラウト施工開始前→**全項目を実施**
- ②作業一時中断後で配合に変更がない場合→**レオロジー試験の実施**
- ③温度差対応のため配合を変更する場合→**全項目を実施**

また、試験実施者は**十分な知識を持った技術者(※)**が行うことが前提になります。

※本マニュアルにおいて、十分な知識を有する技術者とは、PC技士、またはコンクリート構造診断士の資格を有し、かつPCグラウト研修受講修了者とします。

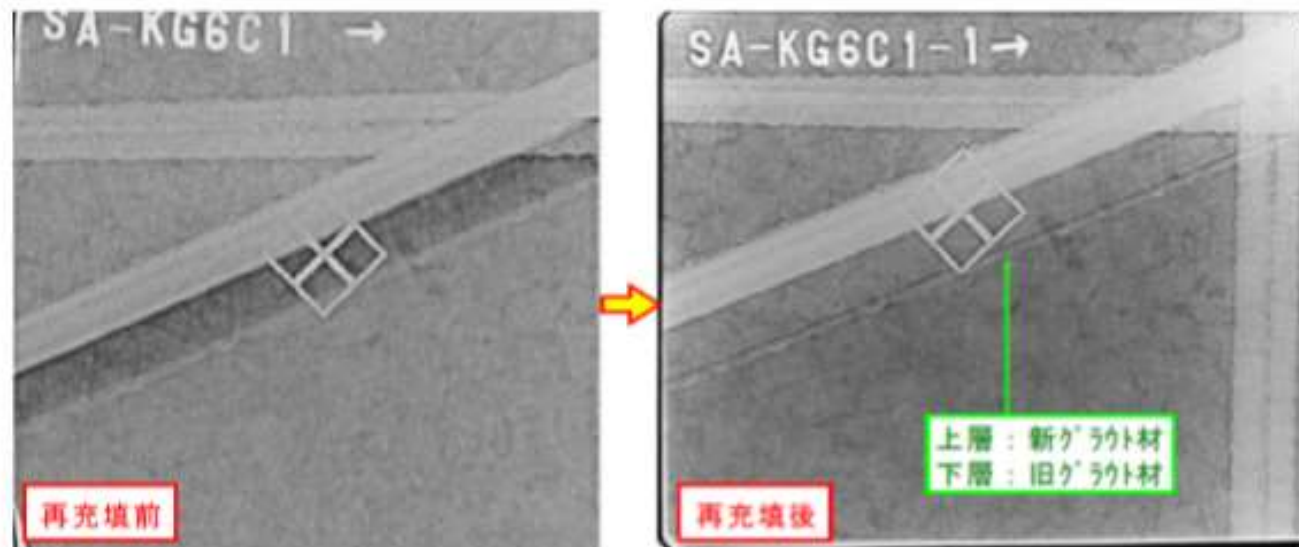
## 5. 6 PCグラウト充填状況の確認 (p. 87~88)

【質問】PCグラウト再注入後、所定の性能を確保できたかを確認することが重要と考えています。その一つとして空隙量と注入量を比較することは有効な方法であると考えますが、これに加えて再注入後に充填状況を非破壊調査(放射線透過法や広帯域超音波法)にて確認した事例があれば教えてください。

- 付録-1に以下の記載があります。

### 5. PCグラウト再注入完了後の充填確認

PCグラウト再注入の完了後、インパクトエコー法による波形データやX線透過法画像を再注入前後で比較した。その結果、補修前のPCグラウト充填不足部に確実にPCグラウトが再充填されていることが確認できた。付写真1.3に再注入前後のX線透過法画像を示す。



付写真1.3 PCグラウト再注入後の充填状況

# 付録資料

【質問】付録資料に3工法が紹介されておりますが、防錆グラウトを使用した実績や使用にあたって留意点をまとめた報告などございましたら教えてください。

- 再注入後の再劣化対策として、防錆剤(材)を添加した再注入用PCグラウト材を用いる方法(表5.3.6)などが提案されておりますが、詳細につきまして各工法ごとに問合せ願います。

表5.3.6 再注入工法で使用する材料(参考)

材 料 名	構 成	防 錆 剤 ( 材 )	粘 性	工 法 名
ギャップガードPC +パッシブガードLN	プレミックス材 (ギャップガードPC) 防錆剤 (パッシブガードLN)	亜硝酸リチウム水溶液	超低粘性型 と同程度	リパッシブ工法
レブグラウト	プレミックス材 (超微粒子セメント) A剤 B剤 (液体増粘剤)	塩素固定化材 $CA_2$ ( $CaO \cdot 2Al_2O_3$ )	超低粘性型 と同程度	PC-Rev工法
KKグラウト	プレミックス材 防錆剤 (KK防錆剤) 混和剤 (高性能AE減水材)	鉄鋼用気化性さび止め剤 (アミン類亜硝酸塩が主成分)	低粘性型	KKグラウト 注入工法

# プレストレストコンクリート構造物の補修の手引き [PCグラウト再注入工法]Q&A集

## おわり



(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

2021年4月版