PC 構造物のグラウト再注入工法

PC-Rev工法

Prestressed Concrete Revival method

NETIS登録番号 ： KT-180080-A

中日本高速技術マーケティング株式会社
Central-NEXCO Technical Marketing Company Limited

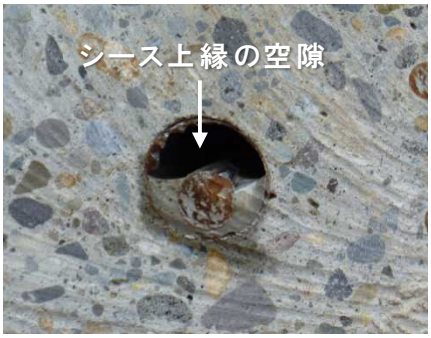
オリエンタル白石株式会社

背　景

ＰＣグラウト

ＰＣグラウトは，ＰＣ橋の耐久性に大きな影響を与える重要なもので，次の２項目が主たる目的です。

- ＰＣ鋼材の保護（防食）
- ＰＣ鋼材とコンクリート部材の一体性の確保



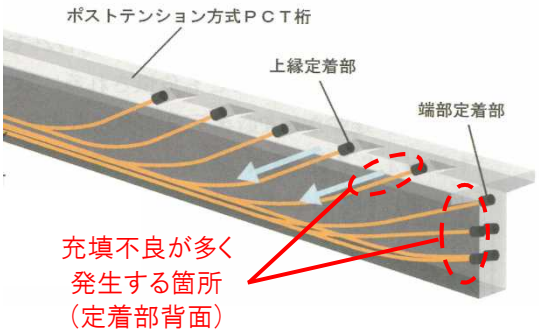
ＰＣ鋼材は，外部からの劣化因子の浸入により腐食し，腐食が進行すると，断面が減少し，破断するおそれがあります。

そのＰＣグラウトは，近年の調査や研究から，ＰＣグラウトが完全に充填されない場合があることが知られており，グラウトの充填不足による耐久性の乏しい既設構造物が存在することが懸念されています。

グラウト充填不良の主な原因

グラウトの施工管理規準が整備される以前に建設されたＰＣ構造物では，一部でＰＣグラウトの未充填が発生している危険性があります。

適用基準類の変遷を右表のとおりです。



要因		規準類の変遷
品質管理（充填管理）		1986 年　PCグラウト記録 1996 年　流量計，講習会受講義務
ブリーディングに起因する空隙		1996 年　ノンブリーディング推奨 1999 年　ノンブリーディング標準 2005 年　鉛直管試験導入
先流れ現象に起因する空隙		1996 年　粘性型PCグラウトの記載 1999 年　高粘性･低粘性型の使用
シース径に起因する空隙	PC鋼線 PC鋼より線	PC鋼より線 12S12.7 1973 年　60mm → 65mm 1980 年　65mm → 70mm
	PC鋼棒	PC鋼棒φ32mm 1994 年　38mm → 39.3mm 1998 年　39.3mm → 45mm

従来のグラウト再注入工法

ＰＣ構造物の長期間の耐久性を確保するためには，ＰＣグラウトを再注入することにより，ＰＣ鋼材を保護する必要があります。グラウト再注入工法は，新設のグラウト注入に比べ高度な技術が求められますが，従来のグラウト再注入工法は，既存の新設グラウト技術を転用している事例も多く，以下のことが課題とされています。

- 削孔時の安全性の確保が困難
  - 既設コンクリート中のＰＣ鋼材や鉄筋の損傷
  - 既設コンクリートやシース管の断面欠損
- 確実なＰＣグラウト再注入の実施および確認が困難

概　要

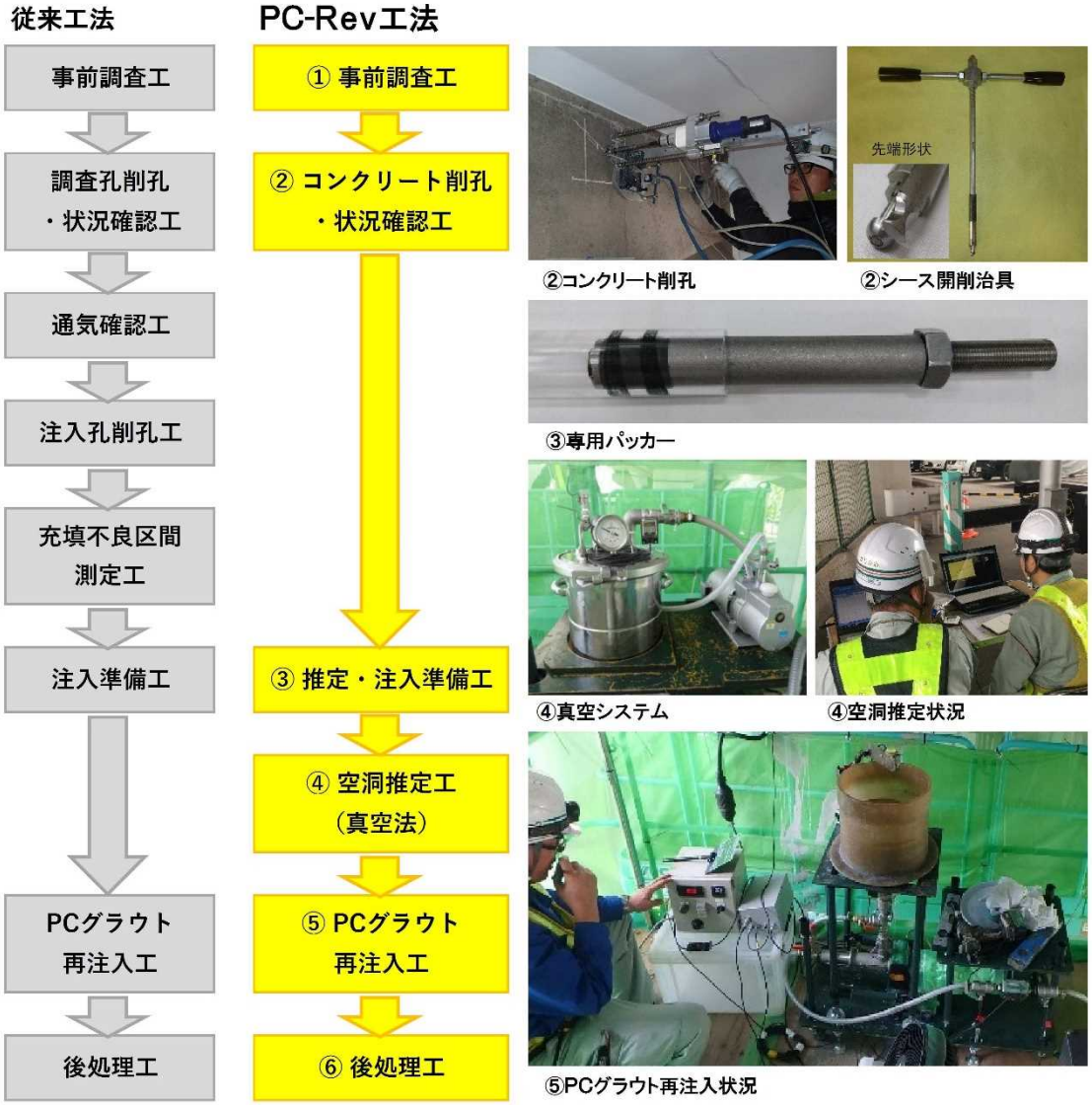
従来のグラウト再注入工法の課題を解決すべく，以下の項目に着目して，グラウト再注入に特化したＰＣ−Ｒｅｖ工法（Prestressed Concrete Revival Method）を開発しました。

１．構造物への負荷低減
２．空洞量推定方法の高精度化と注入管理の充実
３．グラウト充填性の向上
４．鋼材防錆に優れ，再注入に適したＰＣグラウト材料

ＰＣ−Ｒｅｖ工法は，**①シース検知型極小径削孔，②空洞量推定方法，③切換え式グラウト注入方法，④再注入グラウト材** の４つの要素技術で構成されています。

施工手順

標準的なＰＣ−Ｒｅｖ工法の施工手順は下記のとおりです。コンクリート削孔回数が１回のみで削孔径もφ15.5mm と小径になることから，従来工法に比べ，約４０％工程を短縮できます。また，空洞推定工，ＰＣグラウト再注入工は，自動施工システムにより，省力化と施工品質の確保（ヒューマンエラー回避）ができます。



シース検知機能付き極小径削孔システム　特許第 6170088 号

既設ＰＣ構造物のグラウト充填度を調査する検査方法はいくつかありますが，非破壊検査は一般に適用範囲や判定精度に課題があります。また，微破壊検査は振動ドリルによるコンクリートの負荷や，ＰＣ鋼材の損傷が課題です。

ＰＣ－Ｒｅｖ工法の削孔方法は，無振動ドリルによるφ15.5mm の極小径削孔技術でシース位置にて自動停止するため，ＰＣ鋼材を損傷するリスクがありません。削孔後は，専用治具でシースを開削し，内部の状況をファイバースコープで目視確認できます。

システム概要（ロングビットドリル）

極小径削孔システムは，削孔装置（ロングビットドリル），水循環装置，真空パッド，制御装置で構成されています。

水循環装置により汚水を排出しないため環境に優しいです。

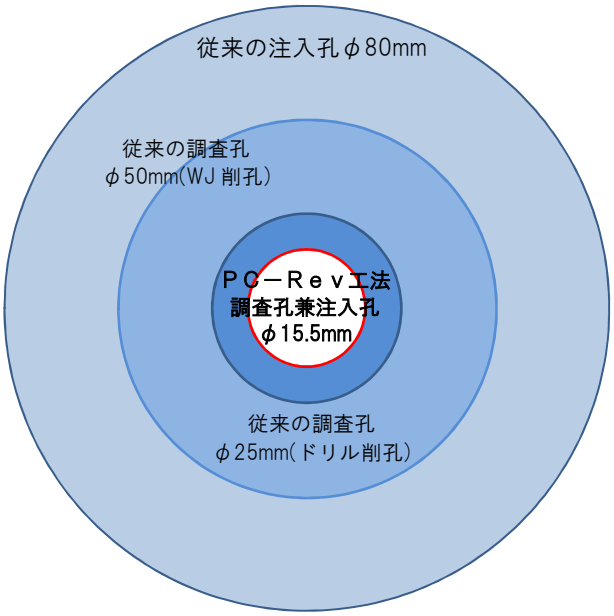
削孔装置は，真空パッドを用いて吸着固定するので，固定アンカーが不要となり，施工性に優れます。

必要最小限の削孔径

従来工法は、φ25mm～φ50mm の調査孔をあけてシース管の内部を調査した後，ＰＣグラウトを注入する時に再度φ80mm 程度の注入孔をあけ直していました。

ＰＣ－Ｒｅｖ工法は，φ15.5mm の調査孔を注入孔と併用することができるため，削孔による既設構造物への影響を必要最小限に抑えることができます。

また，開発した専用のシース開削治具により削孔部の外周に沿って切り込み開削することができます。



【削孔径の比較（実寸）】

専用シース開削治具

治具先端

開削前（孔内処理後）

開削後（未充填）

シース検知型の制御装置

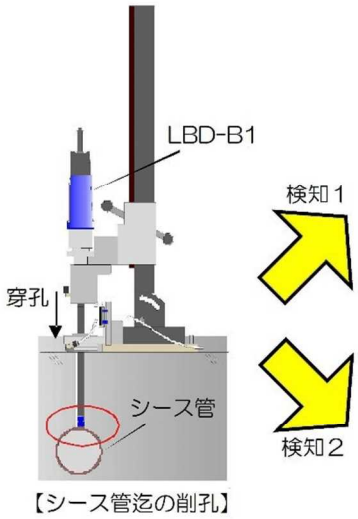
従来型のロングビットドリルにおいても，モータ負荷電流により鉄筋を検知する機能はありましたが，ＰＣ－Ｒｅｖ工法仕様に改良し，より安全，確実にドリルを自動停止できるようになりました。

◆電流検出センサ　（検知１）

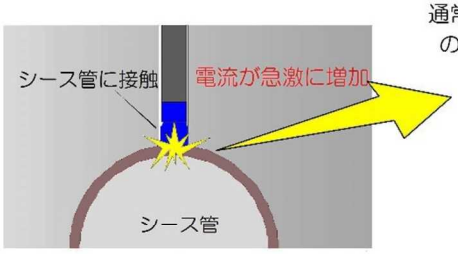
特殊ダイヤモンドビットを用いて，金属製のシース管接触時に駆動モータの急激に増加する過電流を計測制御することでドリルを停止させ，削孔を安全に管理します。

◆金属検知センサ　（検知２）

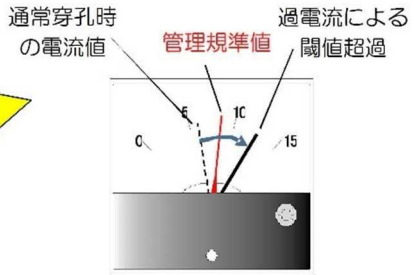
シースが腐食劣化していた場合，ビットの負荷抵抗が低くなる可能性があります。金属検知センサは，シースに接触した時に切削された鉄粉が，水循環装置の吸引時に，金属センサヘッドを通過することで検知し，ドリルを停止させます。



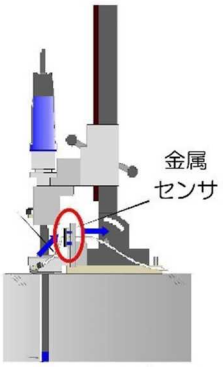
【シース管迄の削孔】



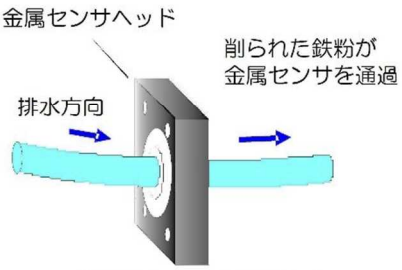
【シース管に接触】



【電流計による過電流の検出】



【排水内に鉄粉が混入】

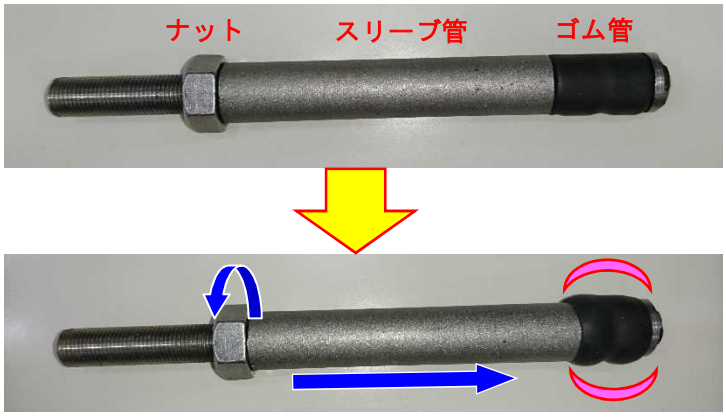


【金属センサによる検知】

パッカー（注入口取付具）

注入口のグラウトホース取付方法は，専用のパッカーを使用します。

ナットを回転させるだけで，固定することができ，従来の注入口のシーリング作業に比べ，大幅に施工性が向上しています。



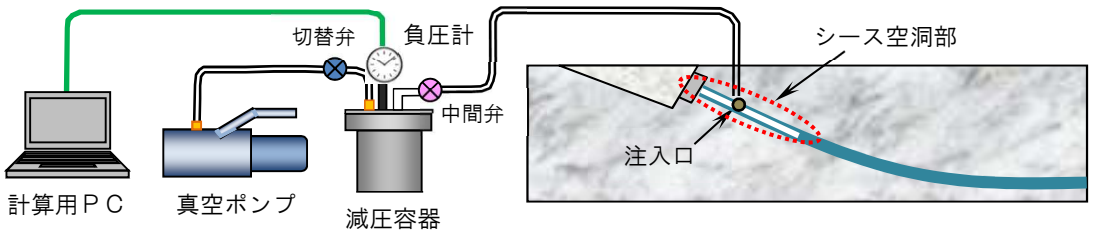
ゴム管がスリーブ管に押されて膨張

シース内の空洞推定法

特許第 5997864 号

発注時の再注入量の把握，あるいは再注入時の注入量管理において，シース内の空洞量を把握することが重要になります。

提案手法（真空法）は，減圧した規準容器をシースと繋ぎ，容器の圧力変化から，理想気体の状態方程式を解いて，空洞量を精度良く推定します。



空洞量推定システム

推定原理

理想気体の状態方程式より，中間弁の開放前後で気体の分子数は不変かつ温度を一定と仮定すると

$$P1 \times V1 \quad + \quad P2 \times V2 \quad = \quad P3\ (V1 + V2)$$

（減圧容器）　（シース空洞）　（中間弁開放後の状態）

ここで，Ｖ１（減圧容器の体積），Ｐ２（大気圧）は既知（測定済み）であるから，

Ｐ１（中間弁開放前の容器圧），Ｐ３（開放後の容器圧）を計測すれば，Ｖ２（シース空洞量）を推定できます。

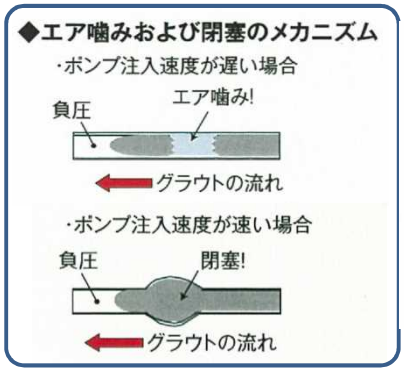
切換え式グラウト注入方法

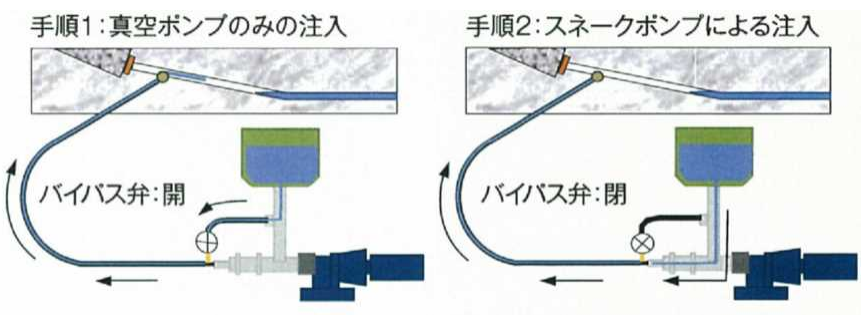
特許第 5824588 号

グラウト再注入は，シース内に既設グラウトが存在するため，狭隘部への充填となり，低速かつ圧力変動の無い，一定圧での注入が理想的です。

ＰＣ−Ｒｅｖ工法では，低速かつ圧力変動がなく，一定圧での注入が可能な小型スネークポンプを採用しています。

注入方法は，真空方式を基本として初期の注入速度制御のため，最初はポンプを経由しないで負圧を利用して吸引させます。その後，ポンプ注入に切り換えるという閉塞リスクの少ない切換え式グラウト注入方法を採用しています。



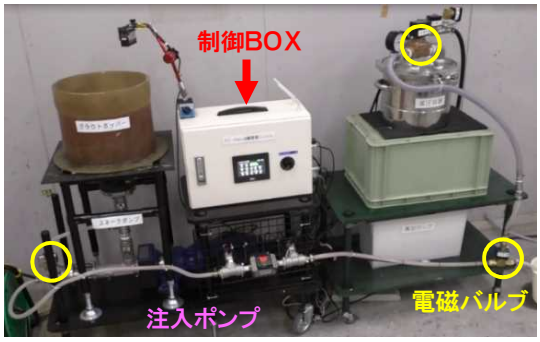


自動施工システム

特許出願中

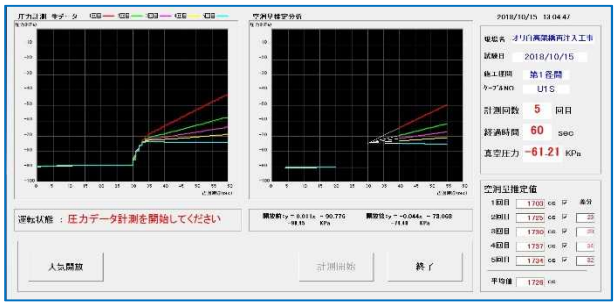
空洞量推定やグラウト再注入作業は，当初，バルブの切換えが多く，注入圧力の管理は，熟練された労務者の経験に依存していました。

制御 BOX によりバルブの自動切換え，ポンプ注入圧力の制御等を行い，施工管理アプリケーションによりそれらの設定，操作，管理ができる自動施工システムを開発したことで，省力化を実現するとともに，経験不足の労務者でも安定した施工管理が可能となります。

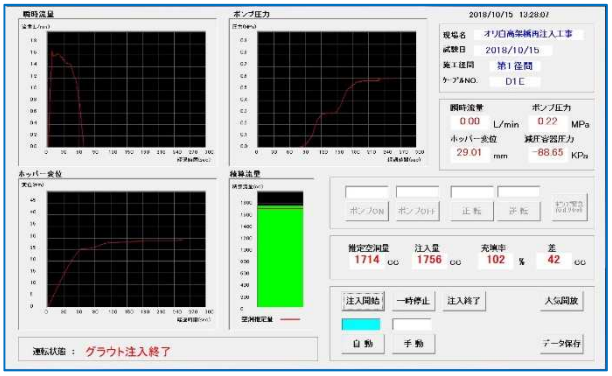


タイトル画面

メニュー画面



空洞推定管理画面



グラウト注入管理画面

施工管理アプリケーション

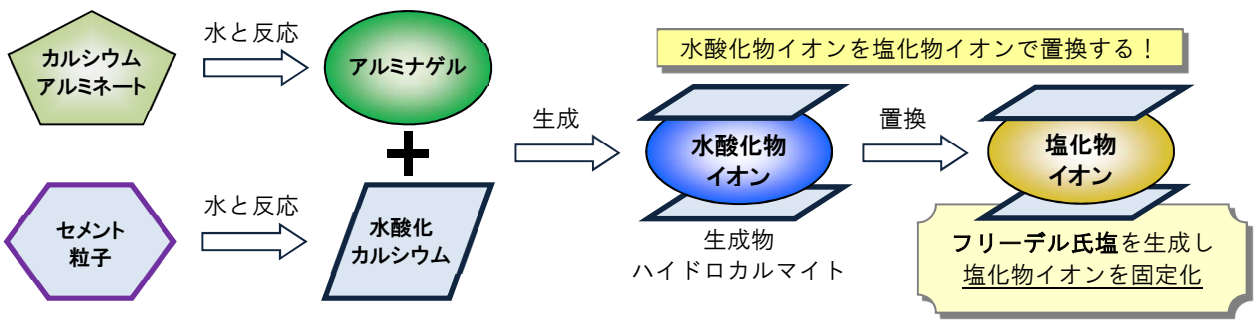
再注入用グラウト材(レブグラウト)

特許第 6262979 号

従来の再注入グラウトは、超低粘性タイプは細部充填性が良いですが、可使時間が短いものです。可使時間が長いものは材料分離を生じやすく、硬化中の沈下が大きく、強度のばらつきが大きいものでした。一方、高粘性タイプでは、注入後の変形は小さいですが、可使時間が短いので、再注入には適さないものでした。

レブグラウトは、これらの相反する要求を満足し、かつ塩化物イオンの固定化機能を高めるために、高性能減水剤や増粘剤に新材料を導入した、セメント系の超低粘性グラウト材です。標準型のレブグラウトーSと、塩化物イオンの固定を強化したレブグラウトーCの２種類があります。

細部充填試験状況



カルシウムアルミネートによる塩化物イオン固定化のメカニズム

中日本高速技術マーケティング株式会社
Central-NEXCO Technical Marketing Company Limited

〒460-0008
愛知県名古屋市中区栄2-3-31
CK22キリン広小路ビル 2F
http://www.c-nexco-tech.co.jp
本社 技術営業部
TEL 052-228-8151 FAX 052-228-8152

オリエンタル白石株式会社

〒135-0061
東京都江東区豊洲5丁目6番52号
NBF豊洲キャナルフロント 5F
https://www.orsc.co.jp
本社 技術本部 技術部 補修補強チーム
TEL 03-6220-0637 FAX 03-6220-0639

2022.08.17