

# グラウト施工の新技术

## — 充てん管理の「見える化」 —

渡部 寛文\*1・西條 龍\*2・横山 勝裕\*3

ポストテンション方式で製造される PC 構造物は、PC 鋼材の緊張後にグラウトを注入するのが一般的である。グラウトの目的は、プレストレスをコンクリート部材に確実に伝達することと、PC 鋼材自身を腐食から保護することであり、そのためにはグラウトがシース内に完全に満たされていることが不可欠である。本報告ではこのグラウトに関し、より確実な充てんを達成するための材料や注入方法の工夫について紹介する。

キーワード：グラウト、自然流下、内視鏡

### 1. はじめに

PC 桁橋や PC 床版橋に連続構造が採用される場合、PC 鋼材の配置は支間部で下面側に、支点部で上面側に偏心して配置される。この PC 鋼材にグラウトを施すには、従来よりグラウトポンプを用いた圧入が行われてきた。通常は PC 鋼材の端部より一方向に連続的に注入している。この方式では、グラウトの先端が中間支点上を乗り越して下り始める箇所（曲げ下がり部）において先流れを起し、シース内部に残留空気が生じ、充てん不良となることが懸念される。

この問題を解決する方法として、

- ① 曲げ下がり部の中間排気口より残留空気を排出する。
- ② 先流れの起こりにくいグラウト材料を使用する。
- ③ 先流れを起こさない注入方法を採用する。

といったことがあげられる。①と②については、「PC グラウト&プレグラウト PC 鋼材施工マニュアル（改訂版）2006<sup>1)</sup>」にも紹介されており、広く知られた技術である。本稿ではとくに③に着目し、超低粘性グラウトをステップに分けて注入し、各ステップにおけるグラウトの位置をビデオ内視鏡で観測するという方法（以下、自然流下方式）について、これまでに得られた知見をまとめ、管理手法として報告する。

### 2. グラウトの注入方式

#### 2.1 自然流下方式の原理

この方式の名前になっている「自然流下」とは、注入圧力をポンプの機械的な力によらず、グラウトの水頭差より得られる自然な圧力を用いることを意味する。図-1に示すとおり、橋面上に足場材などでやぐらを組み、その上にタンクを設置してグラウトを貯留しておく。注入用のグラウトホースは各支間の PC 鋼材最低部に接続し、ここか

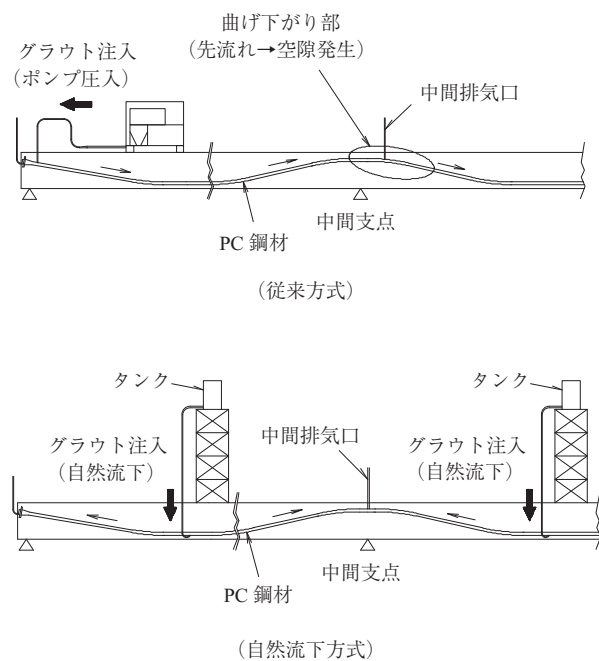


図-1 グラウト注入方式

らタンクのグラウトを注入していく。グラウトの液面は最低部から支点上の最高部へ下から上に向かって移動し、シース内の空気は順次最高部の排気口へ導かれる。グラウトの注入流量はグラウトの水頭差（タンク液面高-シース内液面高）のほか、グラウトの粘性にも依存する。スムーズな注入のために、自然流下方式で用いるグラウトは原則として超低粘性型である。なお、グラウトをタンクへ送り込むためにポンプを用いるので、本方式によりポンプが不要となるわけではない。また、グラウトをタンクに一時貯留することは、グラウト練混ぜ時に巻き込まれた空気を解放するという効果もある。

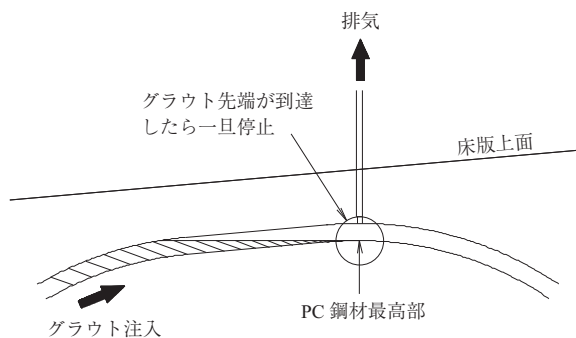
\*1 Hirofumi WATANABE：川田建設(株) 技術部 技術課 課長

\*2 Ryu SAJJO：協立エンジ(株) 技術部 技術課 課長

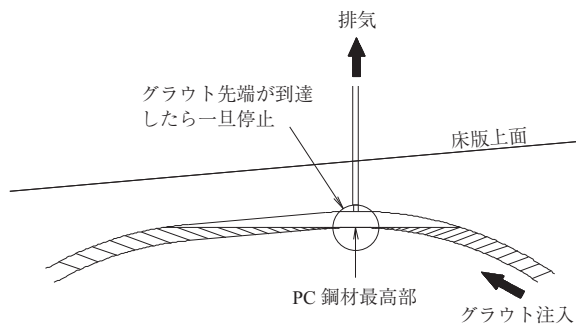
\*3 Katsuhiko YOKOYAMA：川田建設(株) 東日本統括支店 事業推進部 工事課 工事長

## 2.2 ステップ注入による先流れの防止

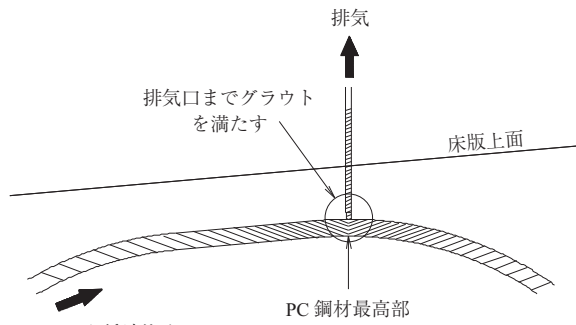
自然流下方式であっても、グラウトの液面が最高部到達後も注入し続けられ、支点を通り越して先流れを起してしまう。グラウトは、最高部到達と同時に注入を一旦停止し、先流れを防止する必要がある。この最低部から最高部までの注入過程を1ステップとし、各支間ごとにステップを踏まえつつ、排気口へ空気を追い出しながらシース内をグラウトで満たしていく。自然流下方式では各支間ごとにタンクを設置、それぞれで注入ステップを実施して最高部に到達後、最終的に排気口まで注入することにより、効率的な注入作業を行うことができる。中間支点1箇所に着目したステップ注入の手順を図-2に示す。ステップ3では、支間長や縦断勾配などを考慮してグラウトを注入する支間を決定する。



ステップ 1：左側支間の最低部よりグラウトを注入し、支点上の最高部で一旦停止する。



ステップ 2：右側支間の最低部よりグラウトを注入し、支点上の最高部で一旦停止する。



ステップ 3：左右どちらか（または両方）からグラウトを低速で空気を追い出しながら注入し、排気口（管）をグラウトで満たす。

図 - 2 ステップ注入の手順

## 3. 注入ステップの管理手法

### 3.1 最高部到達の検出方法

PC鋼材の最高部は通常コンクリート中にあり、外部から見ることはできない。グラウトの到達を感知するセンサ等も実用化されているが、本方式ではグラウトの動きを連続的かつ正確に把握する目的で、ビデオ内視鏡（写真-1）を最高部付近に設けた観測口よりシース内へ挿入し、グラウト液面を直接視認する方法をとっている。ここで使用するビデオ内視鏡は、先端の CCD 撮像素子を手元の操作部で角度調節できるタイプのものである。画像は操作部の液晶画面で確認でき、内蔵のメモリに動画・静止画ファイルとして記録することができる。



写真 - 1 ビデオ内視鏡の例

ところで、グラウト液面の先端が最高部に到達した様子は、ビデオ内視鏡を用いても実は見ることはできない。最高部付近のシース内では PC 鋼材が下側にあり、グラウト先端の到達位置を隠してしまうからである（図-3）。そのため、グラウトの先端ではなく、後端の位置をビデオ内視鏡で観測する必要がある。ただし、最高部付近のシースは勾配が小さく、グラウト液面の先端～後端距離が長くなり、後端位置の把握が困難となる。そこで、シース内の液面後端位置を示すマークを、あらかじめシース組立て時に取り付けておき、グラウトがこのマークに接した時点が最高部到達と見なし、観測者の合図により注入を一旦停止することとした。

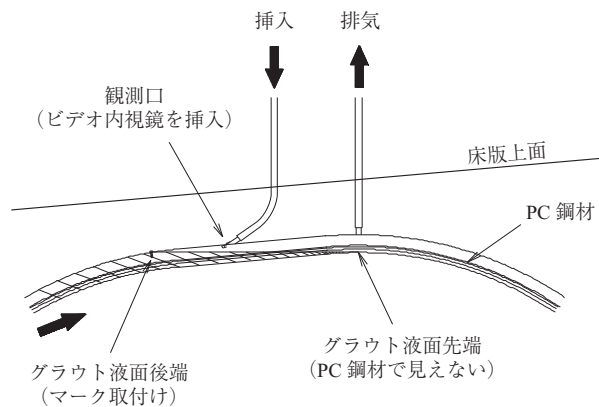


図 - 3 最高部付近の PC 鋼材位置とグラウト液面

○ 報文 ○

3.2 マークの形状と取付け位置の検討

シースが黒色ポリエチレン製や金属製の場合、シース内部は完全な遮光状態にあり、ビデオ内視鏡に内蔵されたLED照明のみにより周囲が照らされる。その照射範囲は内視鏡という性質上10～20cm程度なので、マークとビデオ内視鏡との距離は近い方がよい。一方、グラウト液面とシース上面とのクリアランスが少ないと、グラウト到達時にビデオ内視鏡がグラウトを浴びてしまい、視認できなくなるおそれがあるので、ビデオ内視鏡の観測位置をマークからある程度離す必要がある。

これら二つの条件を満たすような、マークの形状とビデオ内視鏡の観測位置について検討を行った。マークの材料として、六角ボルト M8 を使用し、下記のような加工を施し3種類の形状とした(写真-2)。

形状 A：加工なし

形状 B：先端部をねじ径の半分まで平面切削

形状 C：Bの平面部に反射シールを貼付

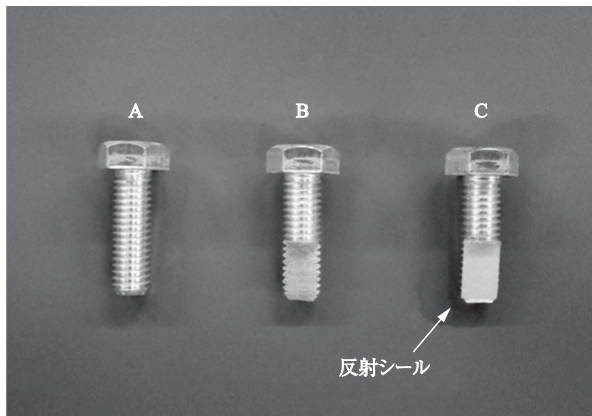


写真-2 マーク用ボルト

これらマークと観測口の付いたジョイントをシースに取り付け（観測口の取付け角度は30°、マークの取付けには専用の治具を用いる(写真-3)）、ビデオ内視鏡の観測位置をマークから10～60cmで動かしながら、マークの視認性を比較した。その結果を表-1および写真-5（マークから10～40cm）に示す。

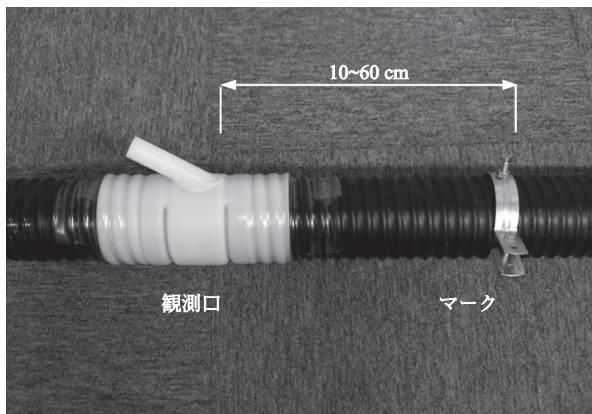


写真-3 観測口とマーク（検討用）

表-1 マークの視認性の判定結果

マークからの距離	形状 A	形状 B	形状 C
10 cm	○	○	○
20 cm	△	○	○
30 cm	×	△	○
40 cm	×	×	○
50 cm	×	×	○
60 cm	×	×	○

【記号】○：視認可，△：視認難，×：視認不可

以上の結果より、マークの形状は視認性に優れた形状 C を、観測口は液面とのクリアランスを15mm以上確保できる最短距離として、マークより30cmの位置に設定した。

実施工におけるマークの取付けタイミングは、PC鋼材をシース内に挿入、配置が完了した後となる。取付けの際は、シースにドリルで孔をあけ、治具を用いてマークを固定する。コンクリート打設時、マークと孔のすき間からノロがシース内に浸入しないよう、シール材などで止水処理を行っておく。なお、シースの配置は鉄筋等が輻輳する中にあり、ビデオ内視鏡の挿入性とマークの視認性をコンクリート打設前に確認しておくことよい。とくに、PC鋼材を複数本まとめて配置する場合、観測用のホースが折れやすいので注意が必要である。観測口とマークの配置例を写真-4に示す。



写真-4 観測口とマークの配置例

3.3 実施工の内視鏡画像

2.2に示した注入ステップに従い、実橋(写真-6および図-4)のグラウト施工時に観測したビデオ内視鏡の画像を図-5に示す。この橋梁の概要は下記のとおりで、1.5～2.5径間を1ブロックとした分割施工が行われ、グラウト注入時は1台のグラウトプラント(ミキサ+ポンプ)と、2台のタンクを使用した自然流下方式を採用した。図-4で、注入口①はタンク①より、注入口②および③はタンク②よりグラウトホースを延長して注入した。

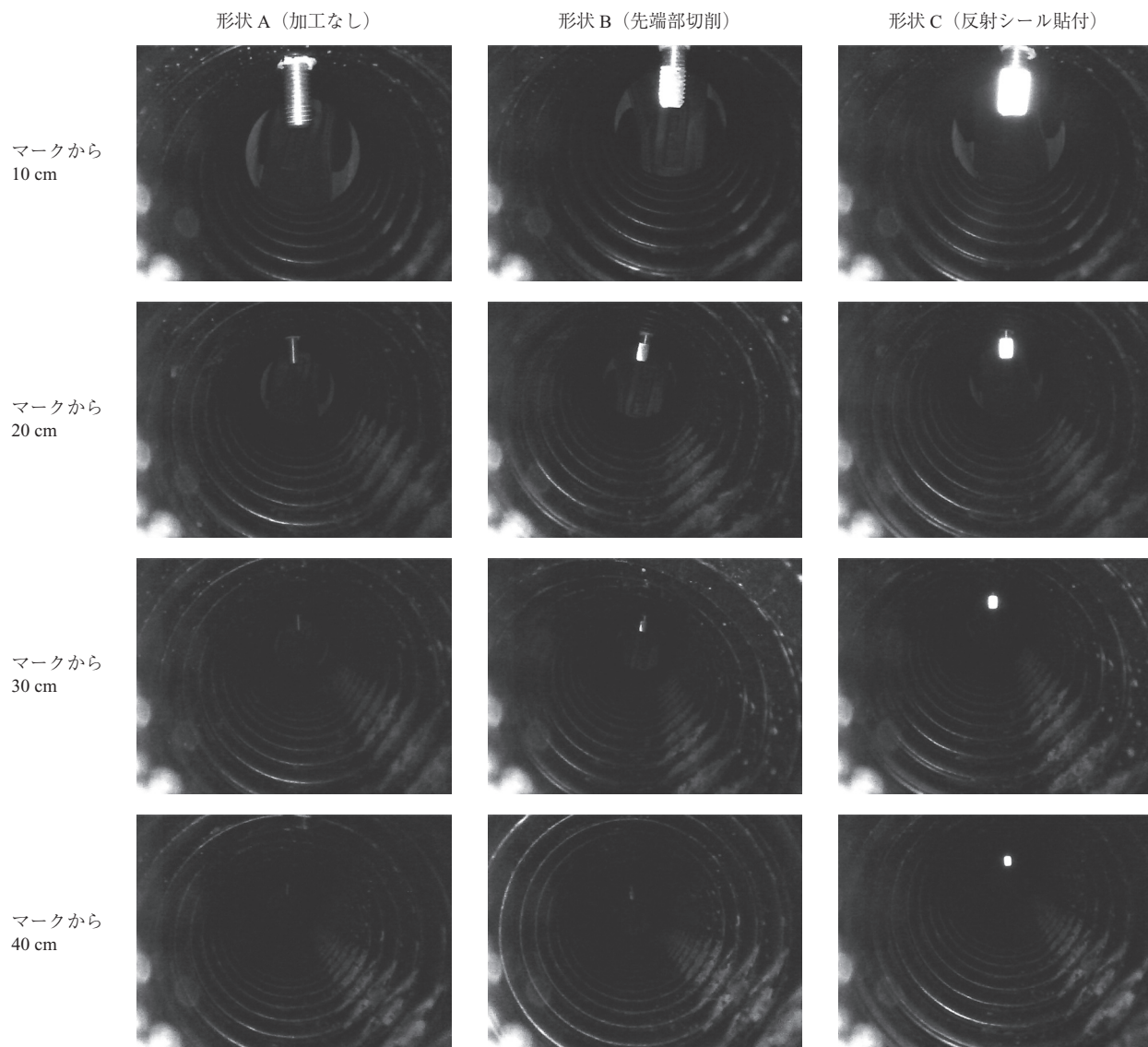


写真 - 5 マークの形状と視認性



写真 - 6 自然流下方式の施工例

橋梁概要

構造形式：6 径間連続 PRC 2 主版桁

橋 長：167.000 m

支 間：27.1 m + 28.0 m + 2@29.0 m + 28.0 m + 24.1 m

所 在 地：千葉県

### 3.4 観測された画像の出力

各注入ステップにおいて、グラウトの画像はビデオ内視鏡を操作する観測者が視認・記録する（写真 - 7）。ビデオ内視鏡を単体で使用する場合、その画像を観測者以外の人は見ることができない。立会者や他の作業員も画像をリアルタイムで見ることができるよう、ビデオ内視鏡の外部出力端子から信号を取り出し、外部出力モニタに映し出した（写真 - 8）。

外部出力のケーブルについては、径間数が多くなるとステップを終えるたびに観測位置を移動するため、その都度ケーブルを引き回すのは手間がかかり、ケーブルを痛める原因にもなる。そこで、ビデオ内視鏡とモニタの間に映像用無線送受信機を挿入し、中間のケーブルを不要にした。この送受信機は 2.4 GHz の電波帯を使用し、見通し距離で

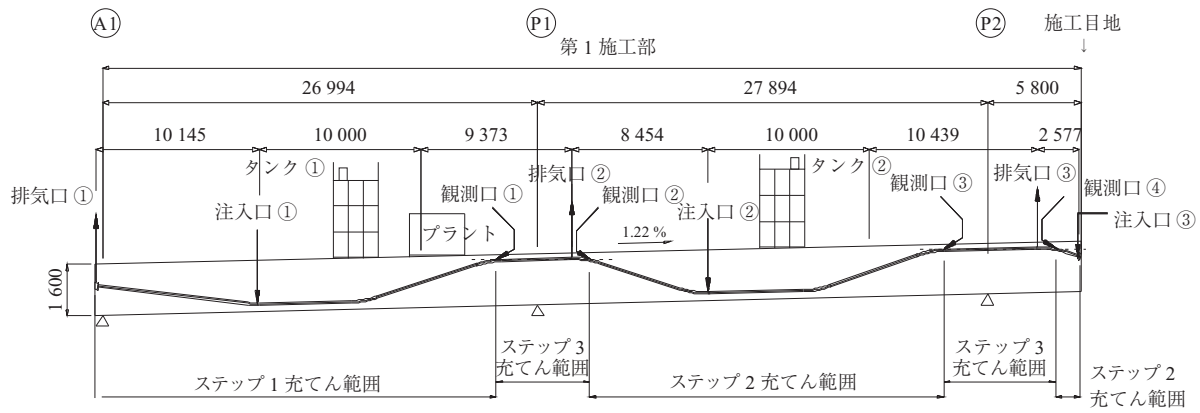


図 - 4 グラウト設備配置例

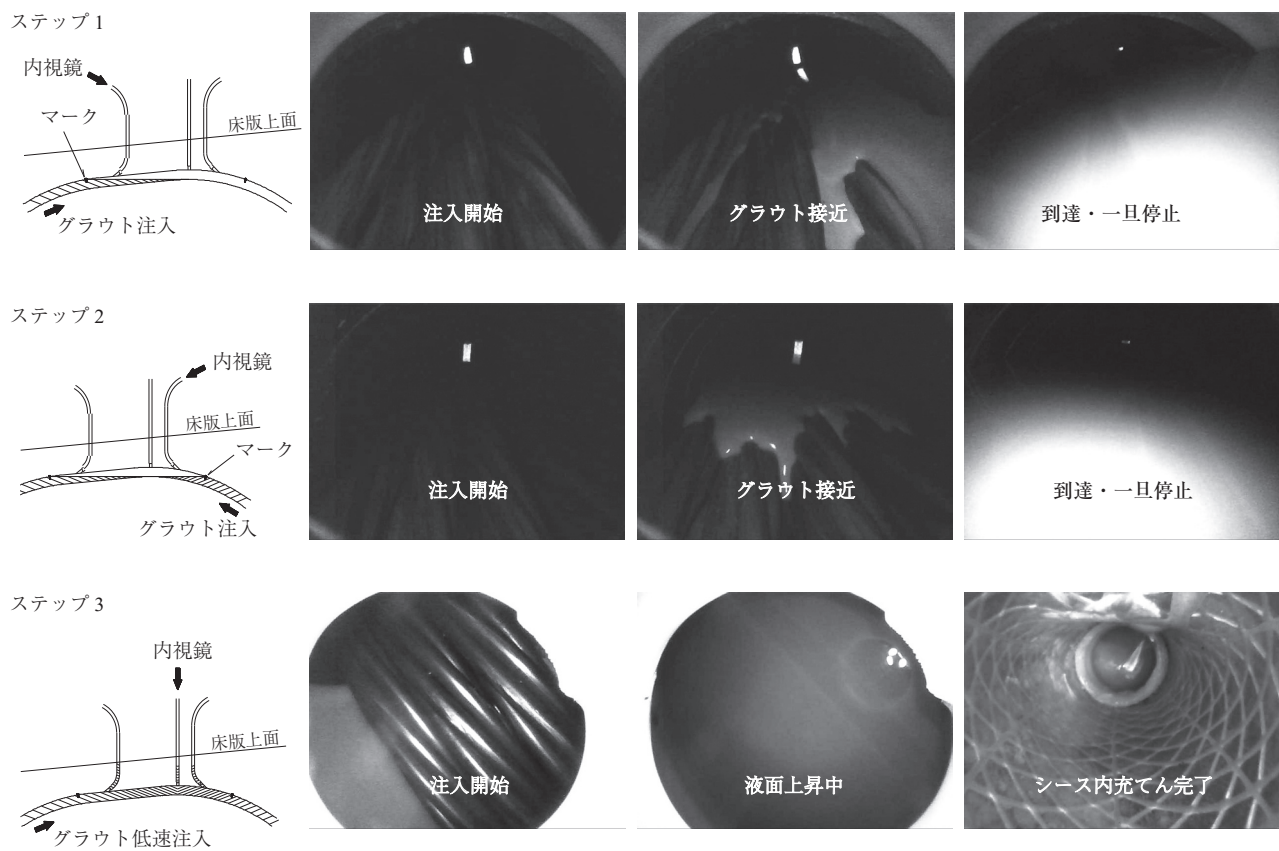


図 - 5 内視鏡画像



写真 - 7 観測状況



写真 - 8 外部出力モニタの画像（マークが映っている）

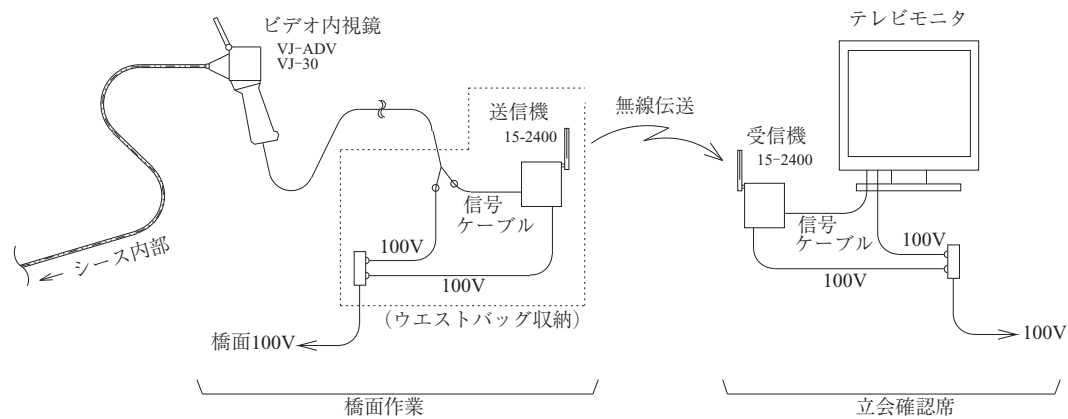


図 - 6 画像システム

約 100 m の性能を有している。システム構成を図 - 6 に示す。

#### 4. おわりに

グラウト施工の新しい手法として、超低粘性グラウトを自然流下方式により、ステップごとのグラウト液面位置をビデオ内視鏡で観測しながら注入する方法を紹介した。今後、確実なグラウト施工を約束するものとして、本手法が数多くの現場で採用されることに期待し、本報告を終える。なお、自然流下方式に関する特許を、東日本高速道路(株) および協立エンジ(株) の共同で出願中である。最後に、

本方式の実用化に際しご協力いただいた各位に対し、心より感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) プレストレストコンクリート建設業協会：PC グラウト & プレグラウト PC 鋼材施工マニュアル（改訂版）2006、平成 18 年 6 月
- 2) 岩瀬祐二，高久英彰，及川俊介，横山勝裕：自然流下方式による PC グラウトの施工報告（仮称桂橋 PC 上部工工事），第 20 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，2011.10

【2012 年 3 月 18 日受付】



刊行物案内

## PC 斜張橋・エクストラローズド橋維持管理指針

平成 23 年 4 月

定 価 4,800 円 / 送料 500 円

会員特価 4,000 円 / 送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会