

PC グラウト一元管理システムの開発

Unification System of grouting measurement and filling sensor at PC grout

角田晋相*1 告中修平*2

概 要

PC グラウトは鋼材の腐食防止やコンクリートとの一体性を確保するため、シース内にグラウトを確実に充填することが重要である。PC グラウトの注入時には、注入作業が完全に施工されたことを確認するために、注入圧力や流量などの注入データを管理・記録する必要がある。また、近年ではシース内にセンサーを取り付けて PC グラウトの充填状況を確認することも多くなってきている。

そこで、PC グラウト注入作業の品質管理システムとして、PC グラウトの注入データとシース内の充填検知データを集約して管理する一元管理システムを構築し実用化を行った。

key words : PC グラウト、一元管理システム、注入管理、充填確認

1. はじめに

プレストレストコンクリート(PC)構造物の施工では、PC 鋼材の腐食防止や部材コンクリートとの一体性を確保するため、シース内に PC グラウトを隙間無く充填することが重要である。PC グラウトの注入作業時には、確実に施工されたことを確認するため、PC グラウトの注入圧力や流量などの注入データを管理・記録する必要がある。また、近年では、シース内にセンサーを取り付けて PC グラウトの充填状況を確認しながら施工を行うことも多くなってきている。

そこで、PC グラウト注入作業の品質管理システムとして、PC グラウトの注入データとシース内の充填検知データを集約して管理する一元管理システムを構築し実用化を行った。本稿では、システム開発時において実施した室内実験と実際の PC 橋梁工事への適用事例¹⁾について紹介する。

2. システム概要

2.1 システムの構成

図-1 に PC グラウト一元管理システムの概要を示す。本システムは、PC グラウトの圧力や流量等の注入データを計測する注入管理装置とシース内に配置した充填検知センサーからの検知データを 1 台のパソコンで計測管理し、計測記録はパソコンに直接電子データとして保存することで、容易に管理帳票として出力できるようにして作業の省力化を図った。

注入管理装置には流量計、圧力計および熱電対を内蔵し、各計測器からの直流電圧信号および熱電対信号をデジタル化する測定回路を装置内部に設けることで計測システムとの通信ケーブルを 1 本にまとめ、現地での配線を簡素化した。

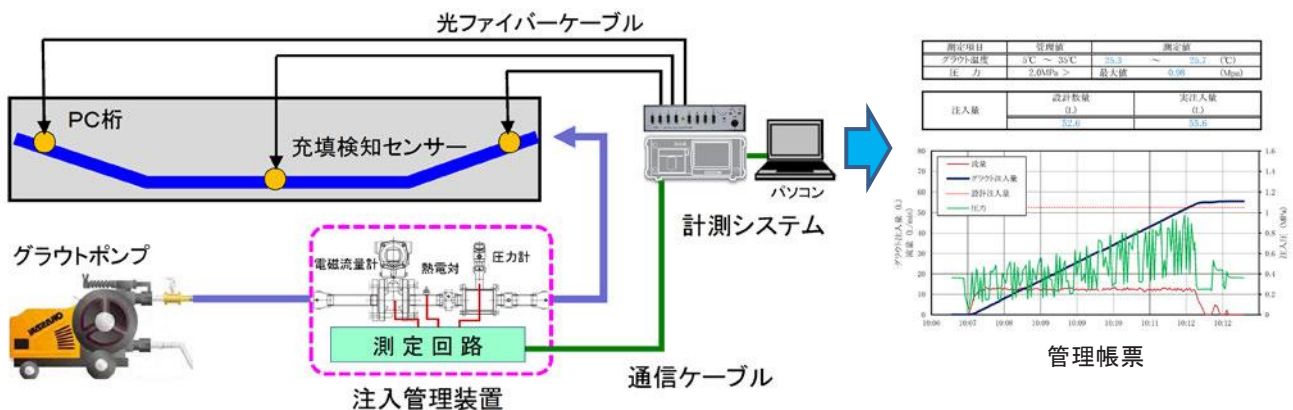


図-1 PC グラウト一元管理システムの概要

*1 Shinsuke TSUNODA

技術本部技術研究所 主席研究員

*2 Shuhei TSUGENAKA

九州支店土木部

PC グラウトの充填検知には、以前に開発した光ファイバーによる充填検知センサー^{2), 3), 4)}を採用した。

2.2 計測機器

注入管理装置に内蔵する計測機器の仕様を表-1に示す。流量計には非接液型の電磁流量計を用い、圧力計はチューブ隔膜式の圧力配管(写真-1)を介して設置することで、計測配管内の凹凸をなくして整備性を高めた。温度計測には常温域での測定精度が高いT型熱電対を採用した。

表-1 計測機器の仕様

測定項目	計測器名称	計測範囲
流量	電磁流量計	0 ~ 295 [L/min]
圧力	ダイヤフラム型圧力計	-0.1 ~ +2.5 [MPa]
温度	T型熱電対	-40 ~ +200 [°C]



写真-1 チューブ隔膜式圧力配管

2.3 計測管理

計測用パソコンの管理画面を図-2に示す。管理画面では、PC グラウトの注入データとして瞬時流量、積算流量、注入圧力、および温度を、充填検知データとしては設置した各充填検知センサーの情報をリアルタイムに数値およびグラフで表示するようにした。

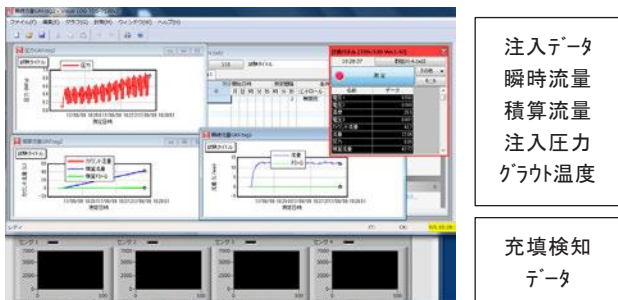


図-2 計測管理画面

3. 室内実験

3.1 実験目的および概要

本システムの開発に当たり、使用する計測機器の選定および製作する注入管理装置の性能を把握するため室内実験を実施し、注入量の計測精度と注入作業における耐圧性を確認した。

3.2 流量計測試験

注入管理装置に用いる流量計の選定と計測精度を確認するため、流量計測試験を実施した。

流量計測試験の概要を図-3に、試験の状況を写真-2に示す。流量計測試験は、手動ポンプで水を圧送し、計測配管に設置した流量計での測定値と排出された水の量を比較することで流量計の計測精度を検証した。

試験に用いた流量計を表-2に示す。試験では、非接液型の流量計として電磁流量計と超音波式流量計の2種類を使用し適用性を確認した。

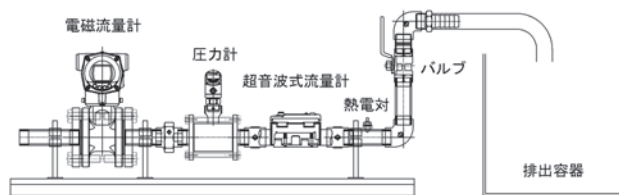


図-3 流量計測試験の概要



写真-2 流量計測試験の状況

表-2 流量計の仕様

種別	型式	計測範囲
電磁流量計	FD-UH25G	0 ~ 295 [L/min]
超音波式流量計	FD-Q32C	0 ~ 200 [L/min]

瞬時流量の計測結果を図-4に示す。実験では50/min程度の流量で計測配管内に水を圧送した。電磁流量計では概ね50/minの瞬時流量が計測出来ていたが、超音波流量計では測定値のばらつきが非常に大きかった。

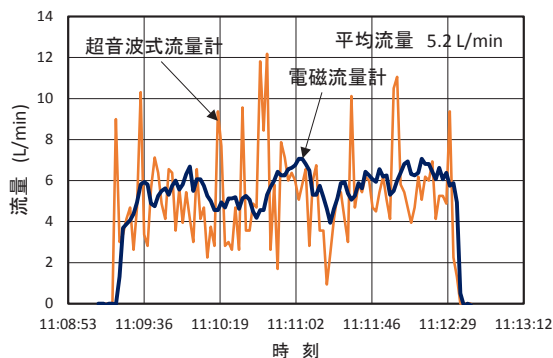


図-4 瞬時流量の計測結果

それぞれの流量計で測定した積算流量と実際に排出した水の実測値の比較を図-5および表-3に示す。

積算流量の測定値は、電磁流量計では実測値に対して誤差が1%未満に収まったが、超音波流量計では誤差が5.9%と非常に大きい結果となった。よって、注入管理装置には電磁流量計を採用した。

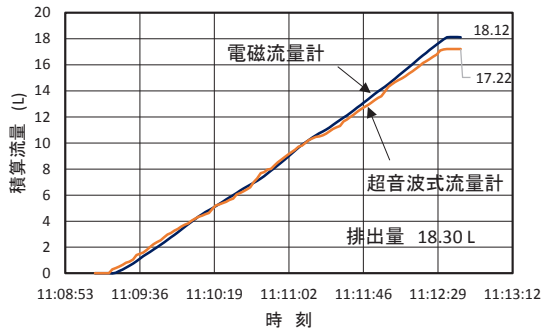


図-5 積算流量の計測結果

表-3 積算流量と実測値の比較

計測器名称	積算流量 (L)	実測値 (L)	誤差
電磁流量計	18.12	18.30	0.98%
超音波式流量計	17.22	18.30	5.90%

3.2 耐圧試験

試験はテストポンプを用い加圧を行った。試験時のテストポンプおよび注入管理装置に設置した圧力計を写真-3、写真-4に示す。

計測配管の耐圧性は、注入圧力としてPCグラウト注入における管理基準値である2.0MPaに耐えることができるように、試験では2.5MPaの圧力で30分間加圧保持し、配管からの漏水がないことを確認した。



写真-3 テストポンプ圧力計 写真-4 注入管理装置圧力計

4. 現場実証実験および適用事例

4.1 実験目的および概要

開発したPCグラウト一元管理システムをPC上部工事に導入し、実施工における実用性を検証した。

導入現場の概要を以下に示す。

- 工事名 : 第1本明川橋りょう(PCけた)工事
- 工事場所 : 長崎県諫早市本明町地先~栄田町地先
- 工事内容 : ポストテンション桁製作架設
- 発注者 : 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

現場に導入した計測システムおよび注入管理装置を写真-5、写真-6に示す。注入管理装置は小型で軽量となるように製作した。現場では、通信ケーブルの簡素化により、準備作業が容易に実施できた。



写真-5 計測システム

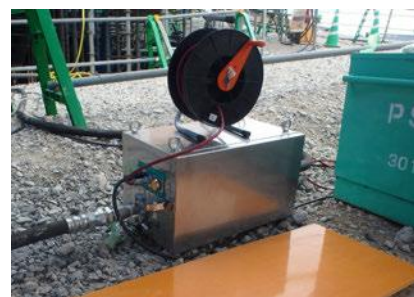


写真-6 製作した注入管理装置

PCグラウトの充填検知に用いる光ファイバーセンサーを写真-7に示す。センサーは、シースの排気管を利用して設置した。シース内への充填検知センサーの設置状況を写真-8に示す。センサーの配置は、PC桁の両端の定着部付近と中間部の計3箇所とした。

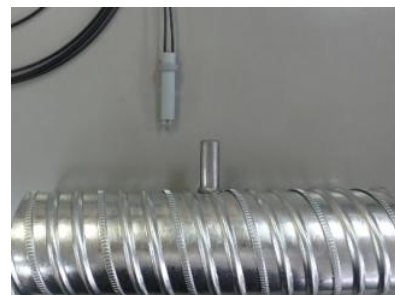


写真-7 光ファイバーセンサー



写真-8 センサーの設置状況

4.2 現場計測結果

現場でのPCグラウト注入作業の状況を写真-9に示す。計測した注入データを図-6に示す。実施工におけるグラウト注入時の流量は12~13l/min程度であり、温度・圧力とも管理基準値内に収まっていることも確認できた。



写真-9 PCグラウト注入作業状況

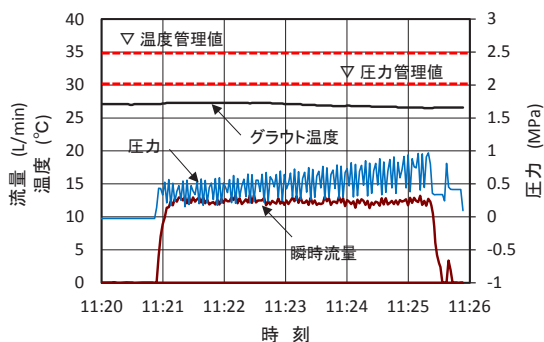


図-6 PCグラウトの注入データ

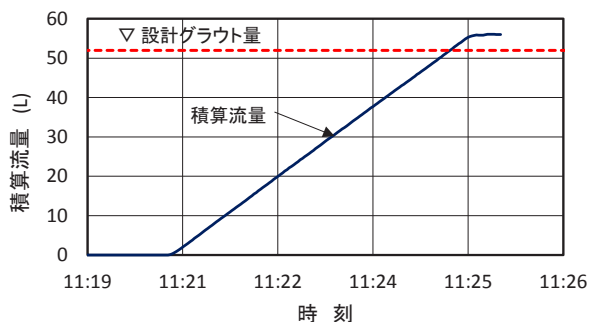


図-7 PCグラウトの注入量(積算流量)

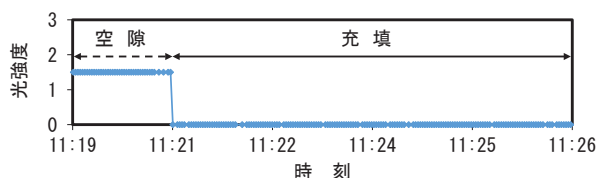


図-8 注入側センサーの記録

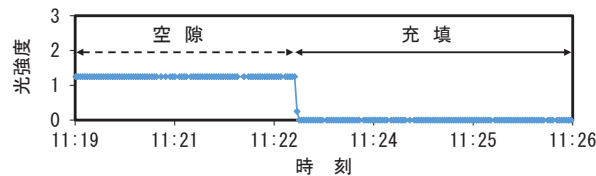


図-9 中間センサーの記録

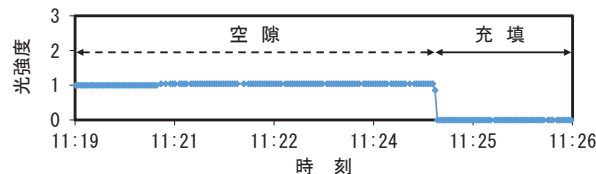


図-10 排出側センサーの記録

PCグラウトの注入量(積算流量)を図-7に示す。また、充填検知センサーによる計測結果を図-8から図-10に示す。

光ファイバーセンサーによる充填確認は、空隙時に検知していた光強度がPCグラウトの到達により光が遮断され、光強度の値がゼロに低下することで充填を判断する検知技術である。現場での注入作業では、シース内に設計グラウト量以上注入できていることが確認でき、充填検知では、注入側のセンサーから排出側のセンサーにかけて順次反応していく状況が確認できた。

6. まとめ

本システムの開発において実施した室内実験および現場実証実験の結果から、開発において製作した注入管理装置は、耐圧性・計測精度とも十分な性能であることが確認できた。

注入管理装置と充填検知センサーとの一元化を行うことで、施工時にはより詳細にPCグラウトの注入状況を把握することができた。

今後は、積極的に現場適用を行い、実績を積み重ねるとともに、課題の抽出・改善を行い、より良いシステムにしていきたい。

【参考文献】

- 1) 角田晋相、告中修平：PCグラウトの注入計測および充填計測の一元化による管理、土木学会第73回年次学術講演会、VI-477、pp.、平成30年8月
- 2) 角田晋相、白石雅嗣、岡本剛士、芥川真一：光ファイバによるPCグラウト充填確認の適用性、第69回土木学会年次学術講演会、V-038、pp.75-76、平成26年9月
- 3) 角田晋相、細野順平、渡辺淳、芥川真一：光ファイバーによるグラウト充填検知技術の開発、第24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、pp.361-364、プレストレストコンクリート工学会、平成27年10月
- 4) 角田晋相、細野順平、八若幹彦、渡辺淳：光ファイバーによるグラウト充填検知システムの開発、銭高組技報No.40、pp.3-8、2015年
- 5) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：PCグラウト&プレグラウト鋼材 施工マニュアル 2013改訂版、平成25年8月