

真空ポンプを併用したPCグラウト新工法による長大外ケーブルの施工

— 丹波綾部道路 八田川橋工事 —

(株)錢高組土木事業本部土木本部技術部 正会員 ○野永 健二
(株)錢高組土木事業本部土木本部技術部 橋本 崇
(株)錢高組大阪支社土木支店土木部 上田中 修

1. はじめに

プレストレストコンクリート構造物におけるグラウトは、PC鋼材を腐食から保護し部材の耐久性を確保する役割があり、その施工品質を確保すべく、より確実な充填方法が求められている。長大な外ケーブルのグラウトを在来の圧入工法で施工した場合、保護管の耐圧能力に限られているため、グラウト漏れなどのトラブルやそれらに伴う品質低下が特に懸念される。国土交通省発注の丹波綾部道路八田川橋(写真-1)における長大外ケーブルグラウト施工(2002年11月)にあたり、施工性の改善と品質の確保をめざして、真空ポンプを併用した新工法を採用した。最大外ケーブル施工長194m、最大注入圧0.5MPa、注入時間72分、盛り換えなし、最大連続注入長194mの円滑な施工を実現し、良好な成果を得た。ここでは本橋の外ケーブルグラウトについて報告する。

2. 八田川橋工事の概要

工 事 名：丹波綾部道路八田川橋工事
工事場所：京都府綾部市安国寺町
工 期：平成13年1月20日～平成15年2月18日
発 注 者：国土交通省近畿地方整備局
構造形式：PC4径間連続ラーメン箱桁橋
橋 長：L=245.5m 支間割：58.0+63.5+70.0+52.0
使用PC鋼材：SEEE-FUT工法(内ケーブル12S12.7
外ケーブル19S15.2)

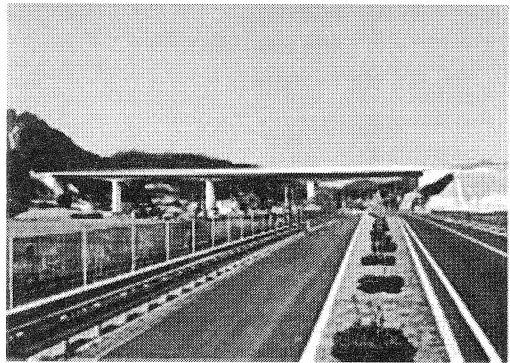


写真-1 全景写真

3. 真空ポンプ併用グラウト工法実施の経緯

八田川橋はPC4径間連続ラーメン箱桁橋であるが、PC鋼材は内外併用で配置する設計がされ、外ケーブル(SEEE-FUT19s15.2)の最長のもので3径間区間194mに及ぶ長い外ケーブルとなった。このような長い外ケーブルのグラウト施工を、これまでの圧入だけの方法で施工した場合、外套管の耐圧性の関係から何回も盛り換えて施工しなければならず、時間もかかり、途中でトラブルのおこる不安もあった。この課題に対応するために、外套管に使用するPE管の接続部には、斜張橋斜材などで使われる耐圧性能の高いEFジョイント(写真-2)を採用することにした。定着具との接続部やグラウトキャップ取付部の耐圧性なども慎重に検討し、あらかじめ、耐圧性の改善をしたが、さらに安全確実な方法についても検討することにした。この時期に、ちょうどSEEE協会の技術委員会特別分科会等が研究して、その効果を公表していた真空ポンプ併用のPCグラウト工法についても検討したところ、施工性と品質の改善に非常に期待が持てたので、これも同時に実施することにした。低圧力での大容量長尺の注入ができるために、さらに安全で効率的な施工が実現した。空隙を少なくし充填性を改善する効果もある。フランスから真空ポンプを導入した(株)エスイーやSEEE協会の協力も得

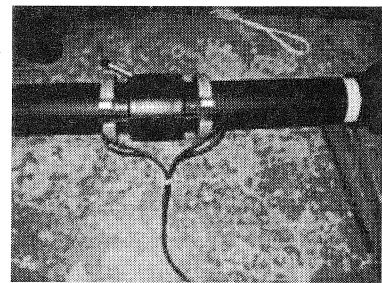


写真-2 EFジョイント

て、施工データをしっかり取りながら施工することになった。施工計画では安全側に、注入盛り換えが可能のように準備し、最初の数本の施工で安全性を確認しながら段階的に盛り替え回数を減らしていった。最終的には194mの長さを盛り替えなしで、注入時間72分の1回連続注入が実現することになった。

4. 真空ポンプ併用グラウト工法

真空ポンプ併用グラウト工法は、図-1のように、ダクト内の気圧を真空度90%（ -0.090MPa ）程度の状態に低下させて、それを保持しながらグラウトを注入する方法である。

プレストレストコンクリート部材のPCシースダクト内へのグラウト注入で従来行われた通常の注入方法では、片側から加圧してグラウト材を注入してきた。しかし、かなり高い圧力をかける必要があり、長い距離を押す場合は途中で細かく盛り変えて対処してきた。

ケーブルの起伏配置部分で、巻き込む空気を排出するための工夫も必要である。

真空ポンプ併用グラウトは、グラウトダクトの最終排出側に真空ポンプをとりつけ、ダクト内を真空状態に近づけ、その中へ反対側の注入口からグラウトをポンプ注入する。真空状態で発生した空隙は正の方向に圧力がかかる程縮小し、充填率を向上させる効果もある。

今回使用した目的としては、外ケーブル配管の耐圧性能確認上の不安を解消することと、注入圧が下がることにより、注入速度が速くなるなど作業性の向上が主なねらいであった。注入グラウト先端付近からかなりの範囲が負圧となるため注入摩擦がなくなる効果も期待できた。中間排出口も少なくなったが、注入・排出時の気密性を確保するために、しっかりしたバルブをとりつけねばならなかった。写真-3は、この工事のためにSEE工法の実施権者である株式会社エスイーが今回始めて国産装置として製作したPCグラウト用真空ポンプである。

5. 外ケーブル真空ポンプ併用グラウトの施工

八田川橋で施工した外ケーブルのうち、最も長い外ケーブル（194m）はNo.501・No.502各2本の計4本である。グラウト作業は図-2の手順で行っている。事前に低压コンプレッサーを使ったテストなどにより最大注入圧は0.5MPaを超えな

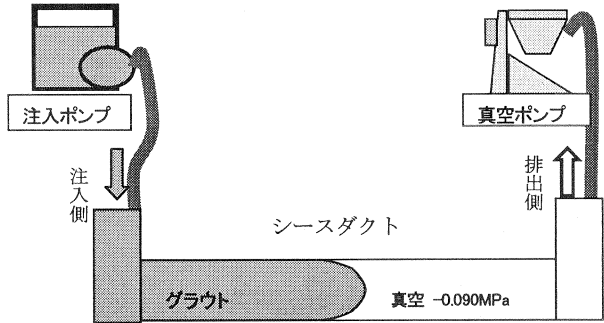


図-1 グラウト注入経路説明図

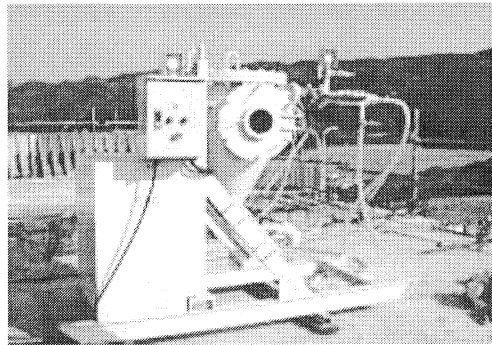


写真-3 真空ポンプ

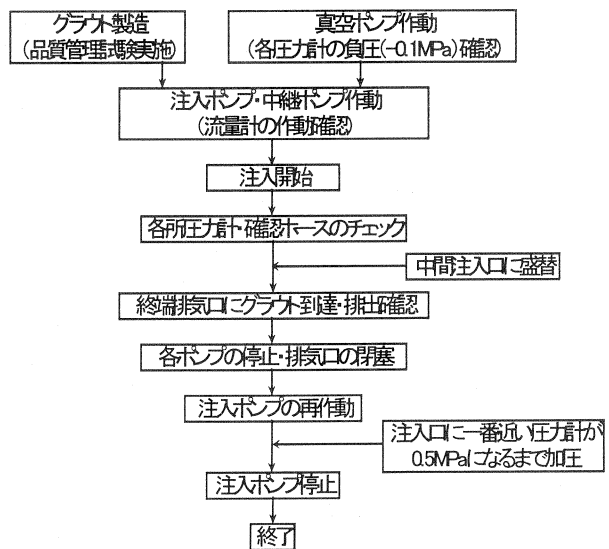


図-2 グラウト作業手順フロー

いように配慮した。使用したケーブルの仕様は 19S15.2 (鋼材面積 26.353m²)・最大鋼材長 193.944m・最大傾斜角 6.72°・保護管 PE 管 (硬質ポリエチレン管 φ114mm, t=5.5mm) であり, 接続部には EF ジョイントを採用した。使用機器としては, 真空ポンプ 1 台・グラウトプラント 1 基 (ミキサー 2 台)・グラウト注入ポンプ 2 台 (中間盛り換え注入用 1 台含む)・アジテータ 2 台・圧力計 3 個を配置した。グラウトは水セメント比 45% 混和剤 GF1720 配合の材料を使用した。

外ケーブル No. 501L・No. 502L・No. 502R の 3 本は図-3 の配置により, P3 から注入開始して途中 P2 に注入口を切り替えて施工したが, 外ケーブル No. 501R は全長 194m にわたり切り替えなしに 72 分間で一気に連続注入施工した。そのときのグラウト注入速度, 注入圧力, 注入量の経過を図-4 に示す。

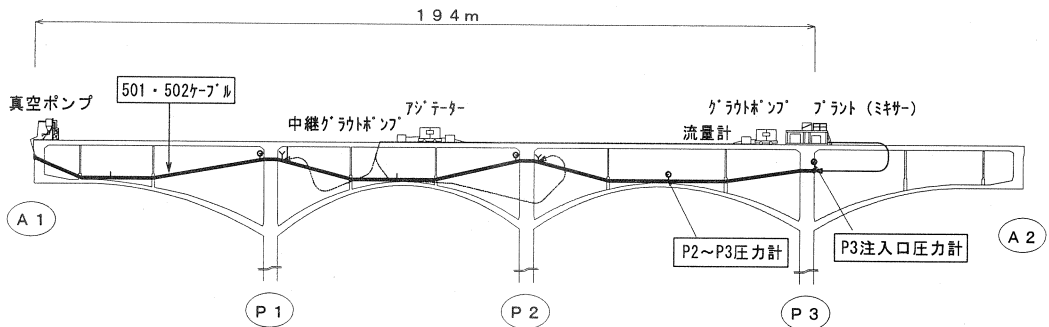


図-3 配置説明図

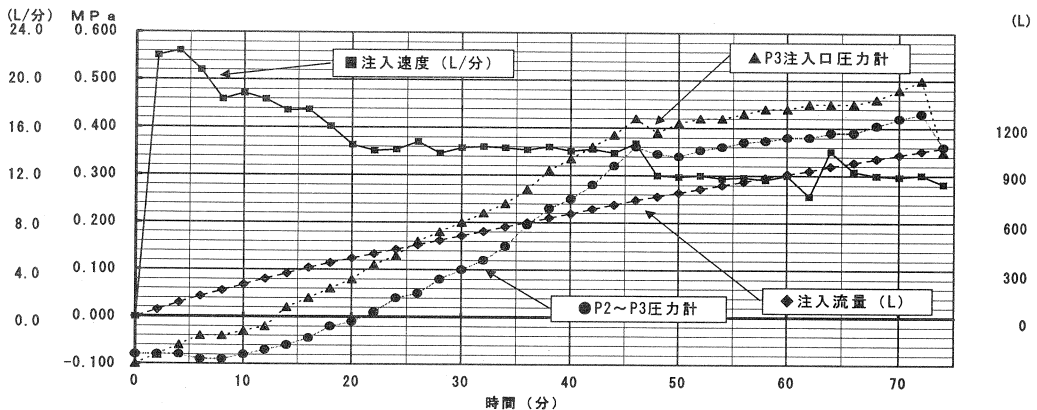


図-4 外ケーブルNo. 501R 注入経過圧力変化図

6. 注入経過

図-4 をもとに注入経過を説明する。

- ①グラウトプラントの製造能力は 15~17L/min 程度であったが, これまでの試験により流入速度を出来るだけ速くした方が先流れの影響などを小さく出来ることが予想された。供給能力と管内圧力の許容出来る範囲で出来る限り早い注入速度を確保して注入作業を進めた。
- ②最初の 15 分間は, 注入口手前のグラウトホース部まで負圧になっており, 非常に注入速度が速くなっている。アジテータにストックしたグラウトを供給出来たこともあり, 20L/min を超える速さでスタートした。
- ③そのあとは, 15L/min を一定に確保しながら注入を進めたが, 45 分経過時点で注入口付近圧力があらかじめ制限した圧力の 8 割である 0.4MPa に達したので, 注入速度を 12L/min に緩めて, 残りの注入を続けた。

注入口と P2P3 間中間部の 2 カ所の圧力計共に圧力増加勾配が変わっているのが図から明らかに解る。

- ④圧力は最終的に、72 分経過時点で 0.5MPa に達したので、最後の注入速度をさらに大きく緩めた。この時点でグラウトの注入はほとんど終了しており、真空ポンプ側のバルブを閉めて最終的に全体が 0.4~0.5MPa になるように、ゆっくり加圧して、注入を終了した。

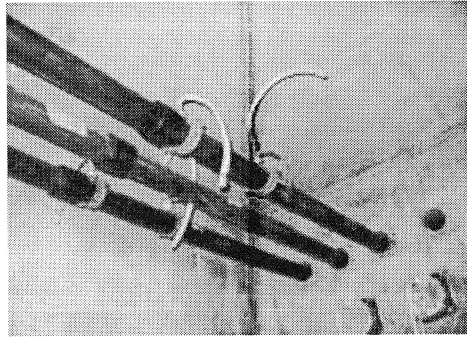


写真-4 盛り換え部グラウト注入確認口



写真-5 中間圧力確認状況

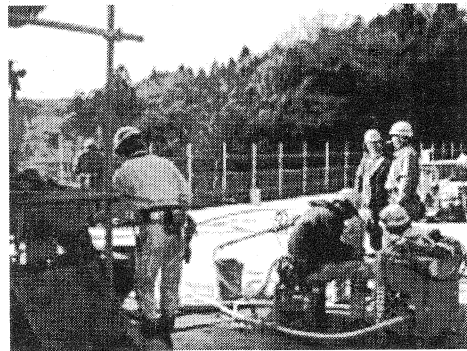


写真-6 グラウトプラント部状況

5. おわりに

八田川橋の施工は、SEE 協会グラウト特別分科会での研究¹⁾²⁾³⁾およびこの工事に先立って実施された東海環状自動車道津保川橋での実物実験（2002年9月）と施工実績等の成果⁴⁾を踏まえて実施したものである。津保川橋ではフレシネ工法外ケーブル（265m）の2回盛り替え施工で、最大注入圧 0.4MPa で連続最大注入長は 110m であった。今回さらに最大注入圧を 0.5MPa に上げて、施工外ケーブル長 194m、注入時間 72 分、盛り換えなしでの連続注入を実現している。施工時の測定に当たっては、SEE 協会のグラウト特別分科会委員の一部の皆さんにも一緒に記録をとっていただいた。今回の施工実績は記録的な内容でもあり、この施工データなどで得られた知見は、これまでの一連の研究成果とともに、PCグラウト技術の改善にまたひとつ期待が広がっている。発注・管理・指導をしていただいた国土交通省近畿地方整備局福知山工事事務所関係各位はじめ、その他ご支援いただいた各位に心より謝意を表すものである。

参考文献

- 1) SEE 協会グラウト特別分科会：真空ポンプを併用した PC グラウト注入工法について、プレストレストコンクリート, Vol. 45, No. 1, Jan. 2003
- 2) 牧, 前田, 今尾, 都倉：真空ポンプを併用した PC グラウト注入試験（Ⅰ, Ⅱ期試験）について, 土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003. 9
- 3) 大岡, 藤ノ木, 野永, 平山：真空ポンプを併用した PC グラウト注入試験（Ⅲ期試験）について, 土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003. 9
- 4) 内山, 野永, 山口：PC グラウト注入における真空ポンプと注入ポンプ併用の効果, JCI 第 25 回コンクリート工学講演会, 2003. 7