

## 超低粘性型PCグラウトの矢作川橋橋脚部への適用

矢作川橋西工事 (鹿島・三井住友・横河) JV 正会員 ○柳井 修司  
 日本道路公団 中部支社 第二建設部 山田 菊雄  
 日本道路公団 中部支社 豊田工事事務所 杉木 正喜  
 矢作川橋西工事 (鹿島・三井住友・横河) JV 正会員 山内 明夫

### 1. はじめに

第二東名高速道路矢作川橋は、塔高 109.6m、橋長 820m、最大支間 235m、主桁総幅員 43.8mの規模を有する 4 径間連続波形鋼板ウェブ PC・鋼複合斜張橋である (図-1)。本橋の P2, P4 橋脚は、鋼殻と設計基準強度 60N/mm<sup>2</sup> の高強度コンクリートを用いた SC 構造であり、ひび割れ幅の制御と終局時の破壊性状を考慮して橋軸直角方向に PC 鋼材を配置してプレストレスを導入する構造となっている<sup>1)</sup> (図-2)。PC 鋼材は内ケーブル方式で配置され、高密度 PE シースとセメントグラウトの注入によって鋼材の耐久性を確保することになるが、PC 構造物のグラウト不良が顕在化してきた近年の実情を踏まえ、グラウトを確実に充てんすることが最大の目標課題となった。そこで、実施工に先立ち、新たに開発した超低粘性型グラウトについて室内実験及び注入実験によって、その性能を評価した。また、実規模注入実験を行って、施工方法及び充てん性を確認した。本報では、これらの検討内容について記すとともに、これらを反映させた実施工の結果を紹介する。

### 2. 橋脚部の概要

P2 橋脚の PC 鋼材配置とグラウトの注入方法を図-2 に示す。PC 鋼材 (SWPR7B-27S15.2) は、12 段×10 列の合計 120 本あり、曲げ下げて設置した内径 150mm のシース内に配置される (空隙率 78.8%)。グラウトの施工に際しては、下り勾配部でのグラウトの先垂れに伴う未充てん部の発生<sup>2)</sup> を回避するため、橋脚の両側 (A, B) に注入口を設け、各々の入口から最頂部に向かってグラウトを注入する計画とした。

### 3. 検討概要

橋脚部横締め PC グラウトに関する特徴としては、27S15.2 は PC 鋼より線の本数が比較的多くより線間の充てん性にも配慮が必要となること、1 本当たりの注入量が大量 (0.67~0.75m<sup>3</sup>/本) であり、注入作業に時間を要すること等が挙げられ、これらに適した材料、施工手順、管理方法を確立する必要がある。そのため、材料選定から施工方法に関する実験を行って、これらを決定することとした。また、実規模注入実験によってその施工方法及び充てん性を照査することとした。

#### 3.1 室内実験

既存のグラウト用混和剤 (低粘性型及び高粘性型) に加え、超低粘性型混和剤について練混ぜ実験を実施

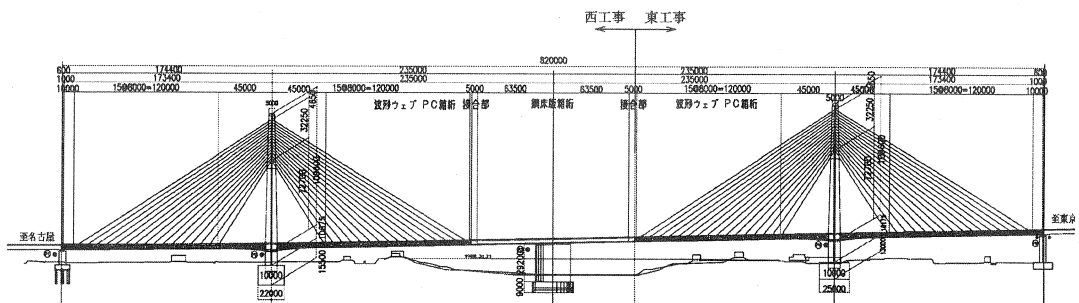


図-1 矢作川橋全体一般図

した。超低粘性型混和剤は、分離抵抗性を確保しながら、流動性・充てん性を高めようとするものである。その混和剤は分散剤と増粘剤とで構成されるが、既存混和剤の分子構造を改良し、調合比率を変化させたものである。

J14 漏斗の試験結果を図-3 に示す。従来型のグラウトは 30 分後に一時的に流下時間が増大する傾向を示した。これに対して、超低粘性型グラウトは、練上り後 90 分まではほぼ同等の流動性を示し、良好な流動性保持性能を示した。ブリーディング特性については、ポリエチレン袋を用いた試験方法では、いずれのケースもブリーディングが生じなかった。しかしながら、写真-1 に示すように、メスシリンダー試験<sup>3)</sup>では、従来型のグラウトは、より線周りからブリーディング水の浮上が確認された。これに対して、超低粘性型グラウトは、水セメント比を意図的に増加させた場合でも、ブリーディングが生じず、従来型以上の分離抵抗性を示した。

### 3.2 屋外実験

#### (1) グラウト材の選定

φ150mm シースに PC 鋼より線 (27S15.2) を配置した 12m 直線供試体に粘性の異なるグラウトを注入し、注入時のポンプ負荷やシース内の充てん状況を比較・評価した。実験に供したグラウトは、前述の 3 種類に加え、近年、実用化された超低粘性型プレミックスグラウト (以下、プレミックス型と記す) の 4 種類である。

注入実験における注入速度とポンプ吐出圧力の関係を図-4 に示す。同一注入速度で比較すると、高粘性型→低粘性型→超低粘性型≒プレミックス型の順に吐出圧力が低く、粘性が低いものほどポンプ負荷が軽減された。また、高粘性型が注入速度に比例して吐出圧力が増加したのに対して、超低粘性型は注入速度を増加させても吐出圧力がほとんど変化しなかった。1 回当たりのグラウト量が多く、シース長の長い実際の施工では、施工性の観点から、粘性の低いグラウトが適していると判断された。

グラウトの充てん状況を写真-2 に示す。充てん状況はいずれのグラウトも良好であったが、シース上縁より線間に着目すると、2 種類の超低粘性型の充てん状況が良好であった。ただし、プレミックス型については、練混ぜ時に「ダマ」が多く発生し、材料や練混ぜ方法等の改善が必要であると判断された。

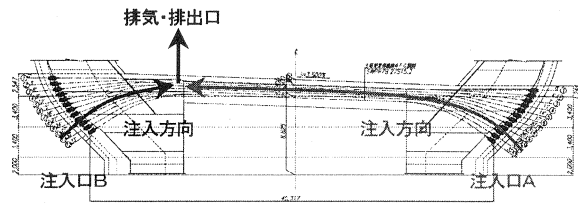


図-2 PC 鋼材の配置とグラウト注入方法

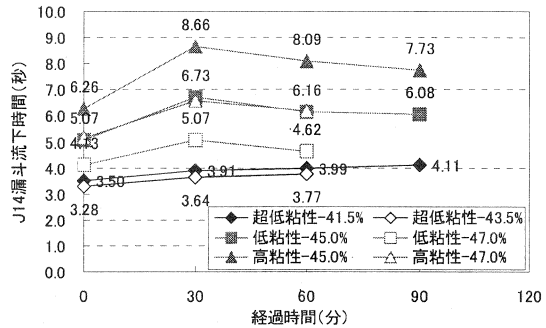


図-3 J14 漏斗流下試験の結果

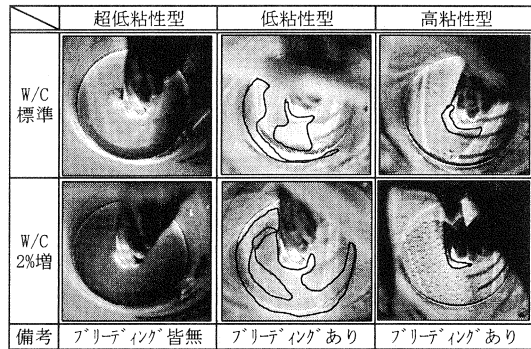


写真-1 ブリーディング発生状況 (6 時間後)

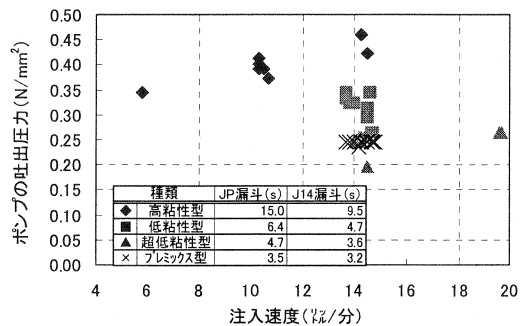


図-4 注入速度とポンプ負荷の関係

(2) 注入方法の検討

(a) 注入速度

超低粘性型グラウトについて、注入速度と充てん性の関係を把握した。実験には12m供試体を用い、試験水準は以下のとおりとした。

- ・超低粘性型グラウト：10, 15 l/分
- ・高粘性型グラウト：10, 15, 20 l/分 (比較用)

注入速度と充てん率の関係を図-5に示す。なお、充てん率は、図-6によって定義した。超低粘性型グラウトの充てん率は、注入速度の増加に伴って向上し、また、10～15 l/分の範囲では、高粘性型よりも高い充てん率が得られることが分かった。

(b) 最終加圧, 真空ポンプ

充てん率をさらに向上させる手法として、最終加圧による残留空気の圧縮化、真空ポンプの適用性について検討した。検討ケースは以下のとおりであり、超低粘性型グラウトを注入速度 10 l/分で4 mの供試体に注入した。

- ・最終加圧力：0.5N/mm<sup>2</sup>, 1.4N/mm<sup>2</sup>
- ・真空ポンプ：(注入前にシース内を0.79気圧まで減圧, 最終加圧力0.5N/mm<sup>2</sup>)

充てん状況の比較を写真-3に示す。写真に示すように最終加圧力を増加させることは、残留空気の体積減少、より線の微細な隙間への充てん性の向上に効果的であると判断された。特に超低粘性型グラウトを使用する場合には、スムーズな圧力伝達が期待でき、その効果が高くなると考えられた。真空ポンプの使用については、充てん率の向上が顕著ではなく、特殊な装置や作業が必要となることを考慮すると、今回の施工には不向きであると判断された。

(3) 実規模注入実験

橋脚部最下段(12段目)のPC鋼材を実規模で製作した供試体(シース長52.611m)を用いて、実規模注入実験を実施した。図-2に示すような両側注入を行う際に重要となるのは、グラウトが最頂部に達した後、下り勾配で先垂れするのを防止することである。そこで、ファイバースコープを用いて充てん状況をモニタリングする管理手法についてその適用性を検討した。ファイバースコープは、シース最頂部に設けた排気・排出口を利用して挿入した。注入作業の手順は、以下のとおりとした。

- ① 注入口A, Bからグラウトを注入(10 l/分)
- ② 注入口Aからのグラウト到達を確認(頂部)
- ③ 注入口Aからの注入を中断

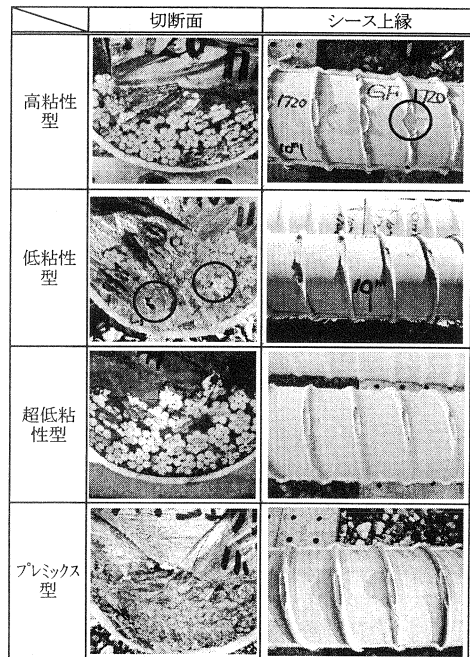


写真-2 グラウトの充てん状況

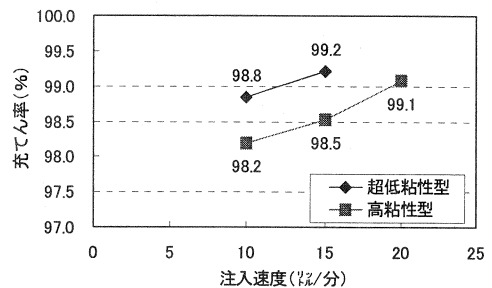


図-5 注入速度と充てん率の関係

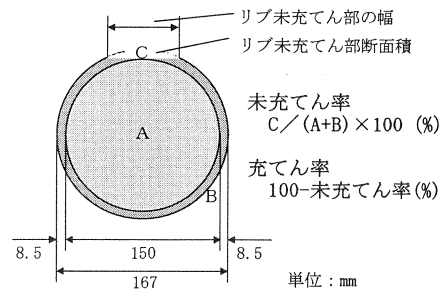


図-6 充てん率の定義

- ④ 注入口Bからのグラウト到達を確認 (頂部)
- ⑤ 注入口Bからの注入を中断
- ⑥ ファイバースコープ撤去
- ⑦ 注入口A, Bからほぼ同時に注入を再開
- ⑧ グラウト排出後, 排出口を閉鎖
- ⑨ 注入口Aから加圧 (0.8N/mm<sup>2</sup>, Bは中断)
- ⑩ 排出口を開放 (加圧されたグラウト・空気を排)
- ⑪ 排出口を閉鎖
- ⑫ 入口Bから加圧 (0.8N/mm<sup>2</sup>, Aは中断)
- ⑬ 排出口を開放 (加圧されたグラウト・空気を排出)
- ⑭ 排出口を閉鎖
- ⑮ ⑨~⑭を繰り返す (空気が排出されなくなるまで)
- ⑯ A, B両側から最終加圧 (1.0N/m<sup>2</sup>)

注入実験の結果, ファイバースコープからの映像によって頂部へのグラウトの到達状況をリアルタイムで確認することができた。また, 手順①~⑯に示す「両押し注入」と「交互からの加圧排出」, 「最終加圧」を行った結果, 排気・排出口付近でも高い充てん率が得られた (充てん率98.5%)。

4. 実施工への適用

実験結果を踏まえて, 橋脚部横締めPCグラウトを施工した。ここでは, 施工実績の一例として, P2橋脚5段目のPCグラウト (シース長52.611m) の施工について紹介する。施工結果を表-1に示す。ポンプ1台につき2台のミキサを設置したこと, 超低粘性型グラウトを使用したことにより, 注入速度を最大20 l/分とすることが可能であった。また, ポンプの吐出圧力も0.25N/mm<sup>2</sup>程度 (実験時と同等) に抑制され, 円滑な注入作業が可能であった。また, シース1本当たりの平均施工時間は54分であった。最頂部に設置したファイバースコープの映像の一例を写真-4に示す。グラウト到達時には, 写真右に示すとおり, PC鋼より線をグラウトが覆うように充てんされていく様子が確認でき, 信頼性の高い施工を行うことができた。

参考文献

- 1) 平陽兵, 垂水祐二, 忽那幸浩, 伊藤康輔: 矢作川橋の主塔へのSC構造の適用とせん断力に対する検討, 第12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. 289-292, 2003. 10
- 2) (社)プレストレスト・コンクリート: PCグラウト&プレグラウトPC鋼材施工マニュアル (改訂版), 2002. 10
- 3) POST-TENSIONING INSTITUTE : Guide Specification for Grouting of Post-Tensioned Structure, 2001

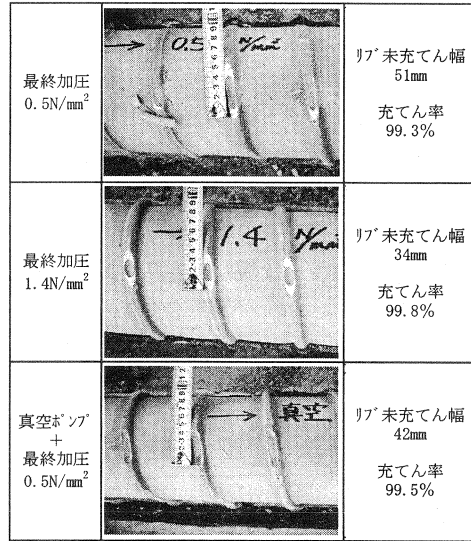


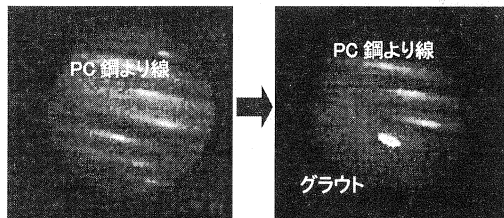
写真-3 充てん状況の比較

表-1 施工結果の一例 (5段目)

鋼材番号	設計数量 (%)	開始時刻 (:)	終了時刻 (:)	所要時間 (:)	施工数量* (kg)			最終加圧力 (N/mm <sup>2</sup> )
					A側	B側	計	
C5-1	732.6	9:10	10:06	0:56	660.9	252.5	913.4	1.02
C5-2		10:12	11:10	0:58	658.8	210.7	869.5	1.01
C5-3		12:00	12:54	0:54	622.3	232.2	854.5	1.02
C5-4		13:37	14:42	1:05	634.3	222.3	856.6	1.05
C5-5		14:48	15:44	0:56	631.0	211.3	842.3	0.95
C5-6		15:46	16:34	0:48	627.0	219.3	846.3	0.95
C5-7		16:37	17:24	0:47	612.6	241.9	854.5	0.95
C5-8		17:27	18:16	0:49	626.5	197.7	824.2	0.95
C5-9		18:17	19:10	0:53	639.9	215.0	854.9	0.94
C5-10		19:11	20:05	0:54	630.4	221.1	851.5	0.97
合計	7326.0	-	-	10:55	6343.7	2224.0	8567.7	-

\*加圧排出分のグラウト数量を含む

- ・JP漏斗流下時間: 5.6~6.9秒 (試験回数24回)
- ・グラウト温度: 19~25℃ 外気温: 5~13℃ ← 水温調整用チラーを使用
- ・圧縮強度 σ<sub>28</sub>: 63.0~75.4N/mm<sup>2</sup> (平均71.3N/mm<sup>2</sup>, n=24本)



グラウト到達前                      グラウト到達時

写真-4 ファイバースコープの映像