

中一色川橋のグラウト計画および施工

オリエンタル建設(株)・日本高圧コンクリート(株)特定建設工事共同企業体 正会員 工修 ○齊藤 大輔
 日本道路公団 関東第二支社 清水工事事務所 菅 浩一
 オリエンタル建設(株)・日本高圧コンクリート(株)特定建設工事共同企業体 櫻井 正之
 オリエンタル建設(株)・日本高圧コンクリート(株)特定建設工事共同企業体 野田 浩章

1. はじめに

中一色川橋は、第二東名高速道路の静岡県静岡市に位置する、橋長573.4m、最大支間112.0mのPC6径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋である。本橋の施工方法は、移動作業車を用いた張出し架設工法であり、架設ケーブルに内ケーブルを、完成ケーブルに外ケーブルを用いた内外併用方式を採用している。内ケーブルのグラウトは、耐久性や安全性の観点からPC鋼材の防錆およびコンクリートとPC鋼材の付着性確保のために非常に重要な要素である。しかし、グラウトの充填状況は、直接的に観察することができない。そのため、充填度の確認を行うことが困難であり、グラウトの施工不良が課題となっているのが現状である。このようなことから、日本道路公団では、グラウト注入時や硬化後の充填検査方法として、シーす内にセンサーを取り付け充填度を確認する方法¹⁾や非破壊検査による検討²⁾が行われ、近年グラウト充填性の検査方法が確立され、かつ設計および施工方法が規定された。

本橋では、上記の規定に準じて、ステップバイステップ方式を考慮したグラウトの注入・排気・排出口配置計画や内部センサーおよび外部センサーを用いたグラウト充填検査の計画を行ったので報告する。また、平成17年6月時点での施工状況も併せて報告する。

2. 中一色川橋の概要

- ・ 工事名 第二東名高速道路 中一色川橋 (PC上部工) 下り線工事
 - ・ 発注者 日本道路公団 関東第二支社 清水工事事務所
 - ・ 施工者 オリエンタル建設(株)・日本高圧コンクリート(株)特定建設工事共同企業体
 - ・ 工事場所 静岡県静岡市小河内
 - ・ 工期 H15. 11. 27~H19. 03 (40ヶ月)
 - ・ 橋長 573.4m
 - ・ 支間 62.8m+3@112.0m+110.5m+61.3m
 - ・ 線形 平面線形 R=-4000 A=1250 R=3700
 - ・ 幅員 16.5m~20.0m
- 縦断線形 i=1.992%~2.000%
 横断線形 i=-2.6496%~2.9975%

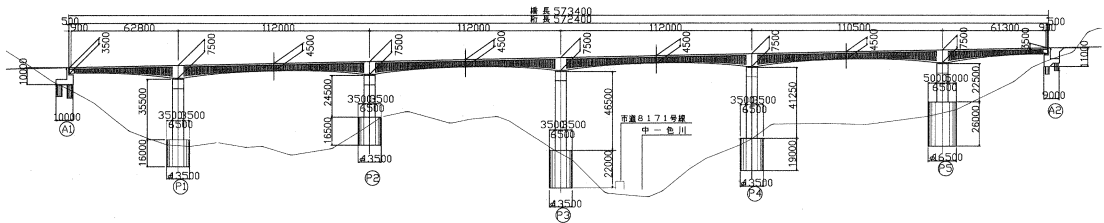


図-1 全体一般図

3. グラウトの計画

3. 1 概要

グラウトの計画は、シースへのグラウトの充填を確保するとともに、適切な検査が行えるように施工の簡易性や確実性を考慮することが必要である。そのためには、ケーブル配置やグラウトの流動性および注入・排気・排出口の位置を適切に設定することが重要である。

本橋で使用する材料を表-1に示す。シースの内径は、PC鋼材挿入時の空隙率がグラウト充填に影響を与えるため、これまでの実験³⁾により充填性が確認されている12S15.2に対応する内径80mmのものを使用した。シースは耐久性および打設時のつぶれ等を考慮して高密度ポリエチレンシースとした。また、本橋では、1ケーブルあたりのグラウト長さが最長で109mと長大であり、かつ高粘性タイプを使用していることからグラウト注入方法としてステップバイステップ方式を採用した。

3. 2 内ケーブル配置

内ケーブルは、グラウト硬化後に行う非破壊検査の精度がケーブルの配置間隔や深さに影響を及ぼすため上床版に1段配置とした。ケーブル配置角度は、充填が確認されている最大角度の10度以内で平面変化および鉛直変化させて配置している。

3. 3 グラウト注入計画

グラウトの充填確保のため、図-2に示すようなポンプやホースの圧力制限以内となる注入・排気・排出口の配置を行った。注入時の圧力制限値は、ポンプで2.0MPa以下、グラウトホースで0.6MPa以下に設定した。本橋のグラウト施工は、長大ケーブルを有するためポンプやグラウトホースに作用する圧力を算出し、制限値を超える場合にはステップバイステップ方式により圧力の制限値を下回るように計画した。グラウト注入時におけるグラウトホース、シースの注入流量と圧力損失の関係は、PC建協マニュアル⁴⁾や過去の実験結果⁵⁾から表-2に示される値を用いた。ステップバイステップ方式の中間注入口には、再注入時に連行される空気を排出するため中間注入口からグラウト注入方向の後方2.0mの位置に排気口を設けた(図-2参照)。また、計算上ステップバイステップ方式が必要ない場合においても、ポンプ能力不足で計画通りに注入が出来なくなる危険性を考え20m程度に一箇所中間注入口を設けるものと

表-1 使用材料

主桁架設ケーブル(縦縮め内ケーブル)		
PC鋼材	PC鋼材の呼び名	12S15.2
	PC鋼材の記号	SWPR7BL
	鋼材断面積	1664.6mm ²
シース	仕様	高密度ポリエチレンシース
	内径	80mm
	外径	95mm
	空隙率	66.90%
グラウトホース	呼称サイズ	19
	仕様	テトロンブレードホース
	内径	19mm
グラウト	セメント	普通ポルトランドセメント
	混和剤	ノンブリージング型非膨張タイプ

表-2 流量と圧力損失の関係

	内径 (mm)	注入流量 (l/min)	単位長さ当たり圧力損失 (MPa/m)
ポンプホース	φ25.4	10	0.022
グラウトホース	φ19	10	0.008
シース	φ80	10	0.008

表-3 圧力損失の計算結果

	各材料長(m)				圧力損失(Mpa/m)			結果	
	排出ホース	シース	注入ホース	ポンプホース	排出ホース	シース	注入ホース	累計(MPa)	ポンプホース(MPa)
	φ19	φ80	φ19	φ25.4	0.059	0.008	0.059	< 0.6	< 2.0
C101	2.000	12.663	2.000	30.000	0.118	0.101	0.118	0.337	0.660
C102H	2.000	17.498	2.000	30.000	0.118	0.140	0.118	0.376	0.660
C103H	2.000	23.917	2.000	30.000	0.118	0.191	0.118	0.427	0.660
C103T	2.000	23.899	2.000	30.000	0.118	0.191	0.118	0.427	0.660
C104T	2.000	30.318	2.000	30.000	0.118	0.243	0.118	0.479	0.660
C105H	2.000	36.736	2.000	30.000	0.118	0.294	0.118	0.530	0.660
C105T	2.000	36.737	2.000	30.000	0.118	0.294	0.118	0.530	0.660
C106H	2.000	44.755	2.000	30.000	0.118	0.358	0.118	0.591	0.660
C107H	2.000	52.774	2.000	30.000	0.118	0.422	0.118	0.658	0.660
C107T	2.000	52.765	2.000	30.000	0.118	0.422	0.118	0.658	0.660
C108T	2.000	60.784	2.000	30.000	0.118	0.486	0.118	0.722	0.660
C109H	2.000	68.802	2.000	30.000	0.118	0.550	0.118	0.786	0.660
C109T	2.000	68.803	2.000	30.000	0.118	0.550	0.118	0.786	0.660
C110H	2.000	76.820	2.000	30.000	0.118	0.615	0.118	0.851	0.660
C110T	2.000	76.831	2.000	30.000	0.118	0.615	0.118	0.851	0.660
C111H	2.000	84.839	2.000	30.000	0.118	0.679	0.118	0.916	0.660
C111T	2.000	84.850	2.000	30.000	0.118	0.679	0.118	0.916	0.660
C112H	2.000	92.858	2.000	30.000	0.118	0.743	0.118	0.979	0.660
C113T	2.000	100.869	2.000	30.000	0.118	0.807	0.118	1.043	0.660
C114H	2.000	108.877	2.000	30.000	0.118	0.871	0.118	1.107	0.660

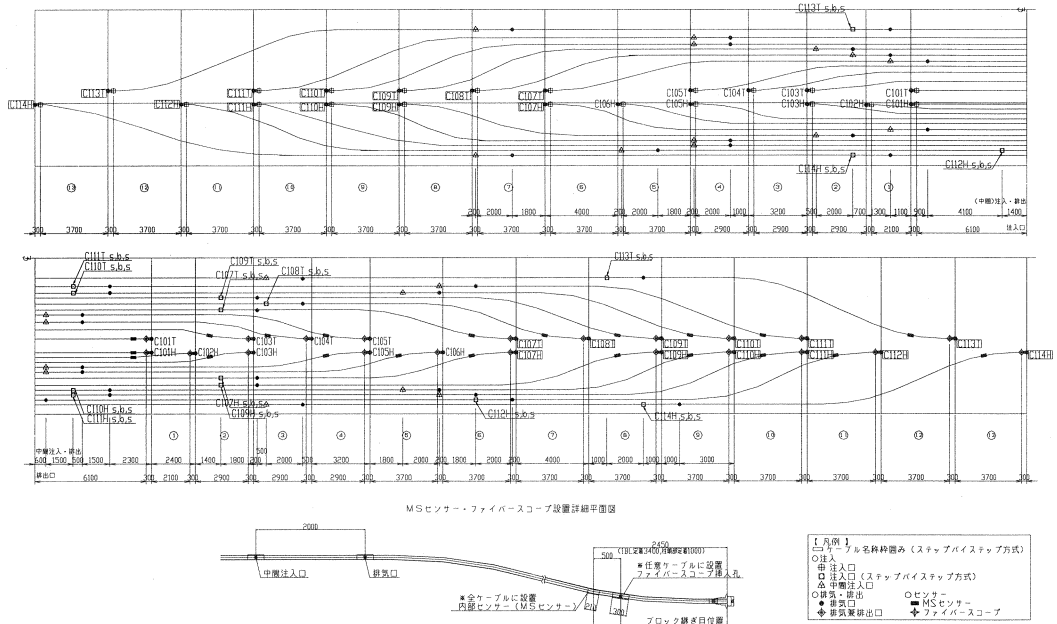


図-2 P1 グラウト注入・排気・排出口配置図

した。この場合も、ステップバイステップ方式同様注入方向の後方 2.0m の位置に排気口を設けた。表-3にP1の圧力損失の計算結果を示す。この時グラウトホースおよびシースの圧力制限を越える箇所(着色部)については表-4に示すようにステップバイステップ方式を適用し再度注入圧力損失計算を行う。その結果、中間注入口を適切に配置することでグラウトの充填性を確保する計画とした。

3. 4 充填性確認検査

本橋では、試験的な意味合いも含めて表-5に示すように注入時および硬化後の検査を2種類ずつ用いて充填性確認を行うものとした。グラウト注入時は1ケーブルに対して1箇所MSセンサーを配置し、ファイバースコープを内ケーブルの2割に配置する。硬化後は、コンクリートの表面から非破壊検査であるマルチパスアイレーダ検査や広帯域超音波検査を10m毎に測点を設けたうちの3割程度に対して行う。MSセンサーは、センサー周辺の媒質の放熱値を測定してその出力差により媒質を特定するため、電圧値を読み取ることでグラウト充填の確認を行

表-4 ステップバイステップ方式を適用した圧力損失計算結果

	各部材長(m)				圧力損失(MPa/m)			結果		
	排出グラウトホース	シース	注入グラウトホース	ポンプホース	排出グラウトホース	シース	注入グラウトホース	累計(MPa)	ポンプホース(MPa)	累計(MPa)
C107H	2.000	φ19	φ80	φ19	φ25.4	0.059	0.008	0.059	< 0.6	< 2.0
	2.000	36.587	2.000	30.000	0.118	0.293	0.118	0.529	0.660	1.189
	2.000	16.187	2.000	30.000	0.118	0.129	0.118	0.365	0.660	1.025
	合計	52.774								
C107T	2.000	36.583	2.000	30.000	0.118	0.293	0.118	0.529	0.660	1.189
	2.000	16.183	2.000	30.000	0.118	0.129	0.118	0.365	0.660	1.025
	合計	52.765								
C108T	2.000	43.092	2.000	30.000	0.118	0.345	0.118	0.581	0.660	1.241
	2.000	17.692	2.000	30.000	0.118	0.142	0.118	0.378	0.660	1.038
	合計	60.784								
C109H	2.000	44.601	2.000	30.000	0.118	0.357	0.118	0.593	0.660	1.253
	2.000	24.201	2.000	30.000	0.118	0.194	0.118	0.430	0.660	1.090
	合計	68.802								
C109T	2.000	44.602	2.000	30.000	0.118	0.357	0.118	0.593	0.660	1.253
	2.000	24.202	2.000	30.000	0.118	0.194	0.118	0.430	0.660	1.090
	合計	68.803								
C110H	2.000	40.510	2.000	30.000	0.118	0.324	0.118	0.560	0.660	1.220
	2.000	36.310	2.000	30.000	0.118	0.290	0.118	0.526	0.660	1.186
	合計	76.820								
C110T	2.000	40.516	2.000	30.000	0.118	0.324	0.118	0.560	0.660	1.220
	2.000	36.316	2.000	30.000	0.118	0.291	0.118	0.527	0.660	1.187
	合計	76.831								
C111H	2.000	44.520	2.000	30.000	0.118	0.356	0.118	0.592	0.660	1.252
	2.000	40.320	2.000	30.000	0.118	0.323	0.118	0.559	0.660	1.219
	合計	84.839								
C111T	2.000	44.520	2.000	30.000	0.118	0.356	0.118	0.592	0.660	1.252
	2.000	40.320	2.000	30.000	0.118	0.323	0.118	0.559	0.660	1.219
	合計	84.839								

表-5 充填確認検査方法

種類	検査時期	検査本数	検査箇所
MSセンサー	注入時	内ケーブル全数	ケーブル曲げ下げ頂部付近
ファイバースコープ	注入時	内ケーブルの2割	内部センサー設置付近
マルチパスアイレーダ検査	硬化後	任意のケーブル	10m毎に測点を設けたうちの3割程度
広帯域超音波検査	硬化後	任意のケーブル	

うものである。同様にファイバースコープは、予め設けた挿入孔からファイバースコープを挿入し目視にて確認を行うものである。また、マルチパスアイレーダ検査は、レーダ装置を移動することでグラウト充填不足による空隙からの反射波を捉え未充填箇所の特定制を行う方法であり、広帯域超音波検査は、シースからの反射波がグラウトの有無により性質が変化することに着目して検査を行うものである。

4. グラウトの施工

2005年6月時点の施工状況は、P1-1BL, P3柱頭部, P5柱頭部の躯体が完成済みである。グラウト施工は、緊張の翌日に行うためP1柱頭部, P1-1BL, P3柱頭部, P5柱頭部の計4回行った。グラウトのブリーディング率, 体積変化率試験は、高さ1.5mの鉛直管にPC鋼材を挿入する鉛直管試験を行った(写真-1参照)。グラウトホースは、半透明のテトロンブレッドホースを使用し、注入・排気・排出口が判別できるように色分けを行い、シースに取り付けた位置から床版上面に立ち上げた。

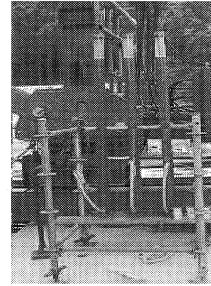


写真-1 鉛直管試験

P1-1BLで行ったグラウト注入時のMSセンサーによる計測結果を図-3に示す。グラウト注入前は、10mV程度の出力電圧であったものが、グラウト通過後に急激に変化し1mV程度となっている。その後、2mV程度まで上昇しているが、これはグラウトが充填されたことで流れがなくなり、センサーの放熱が少なくなったためである。

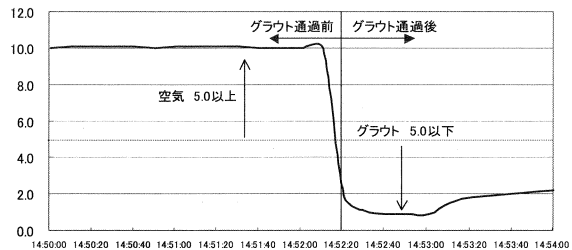


図-3 MSセンサーによる計測結果

5. おわりに

本橋の張出し施工は、平成18年9月頃まで予定している。現時点では、張出し架設区間の施工は初期の段階であるため、グラウト施工は始まったばかりであるが、これまでのところMSセンサーを用いたグラウト注入時の充填度確認により、グラウトは確実にこなされている。今後、内ケーブルのグラウト施工は益々増えることから、グラウト充填の不具合が生じないように品質や施工の管理を行っていく予定である。また、グラウト硬化後には、非破壊検査を床版上面から任意箇所を実施し、内部センサーの検査結果と併せ橋梁全体のグラウト充填性確認を行う予定である。さらに、MSセンサーを長期間経過後に測定した場合の電圧値の変化や配線の耐久性の確認することも計画しており、これらについても機会があれば報告したいと考えている。なお、本報告が同種工事の計画・設計・施工の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 正司明夫, 青木圭一, 大城壮司, 細野宏巳: センサーによるグラウト充填の確認方法に関する検討, プレストレストコンクリート技術協会 第12回シンポジウム論文集, 2003.10.
- 2) 原幹夫, 本間淳史, 青木圭一, 廣瀬正之: 広帯域超音波探査法を用いたPCグラウトの充填度測定, プレストレストコンクリート技術協会 第12回シンポジウム論文集, 2003.10.
- 3) 亀山誠人, 青木圭一, 大城壮司, 高木康宏: PCグラウトの注入実験(その1), 土木学会第58回年次学術講演会, 2003.9.
- 4) 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) 2002, 2002.
- 5) 細野宏巳, 青木圭一, 大城壮司, 奥村一彦: PCグラウトの注入実験(その2), 土木学会第58回年次学術講演会, 2003.9.