

鳥取自動車道 千代川橋 グラウト施工の報告

(株)富士ピー・エス 技術本部 正会員 ○立田 修司
 日本道路公団 静岡建設局 静岡工事事務所 能登谷 英樹
 日本道路公団 中国支社 鳥取工事事務所 木島 利行
 日本道路公団 中国支社 鳥取工事事務所 久保 謙吾

1. はじめに

千代川橋¹⁾は姫路～鳥取間を結ぶ鳥取自動車道の一部として鳥取県八頭郡河原町に位置する、PC2 径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋である。構造一般図を図-1 に示す。施工方法は固定式支保工による場所打ち工法であり、河川の制約条件などより平成 15 年 10 月～平成 17 年 9 月の間、4 期に分割し施工を行う。このうち 1 期施工区間を内外ケーブル併用構造としている。

プレストレストコンクリート (PC) 構造物におけるグラウトは、PC 鋼材の防錆および PC 鋼材とコンクリートの一体性を確保するために重要な要素である。しかしグラウト充填不良については世界的な課題となっているのが現状である。日本道路公団では、床版内に直線配置された内ケーブルについて、グラウトが完全に充填される設計・施工方法および充填を確認する検査方法の検討をおこない²⁾³⁾⁴⁾、新しくグラウトの設計および施工方法を規定している。

千代川橋において上記規定に準じ内ケーブルのグラウト計画、および施工を行ったので報告する。内ケーブル配置を図-2 に示す。

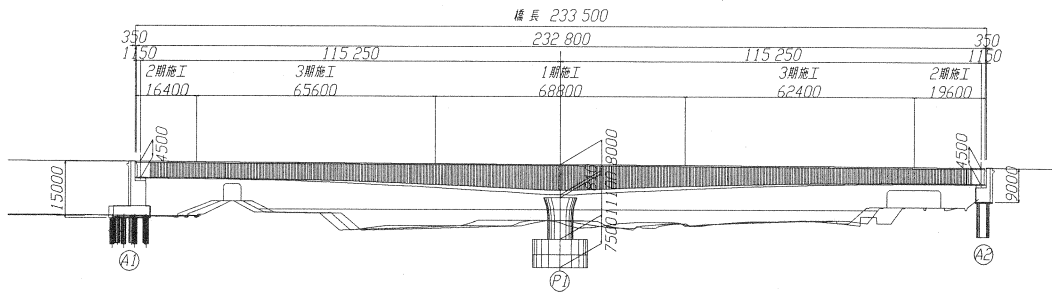


図 - 1 全体構造一般図

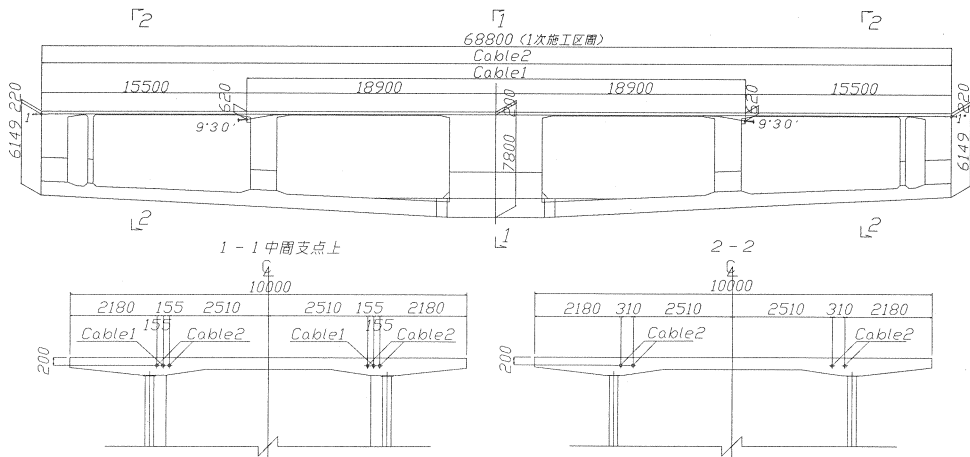


図 - 2 内ケーブル配置図

2. グラウト計画

グラウト計画は、設計段階において注入方法および品質管理を計画し、プロセスチェックとして実施することにより、グラウトの充填性を確保することである。それとともに、ダクト内のセンサーおよびグラウト施工後の非破壊検査により、充填を確認できるよう計画する。設計段階における検討項目を以下に述べる。

(1) ケーブル配置

本橋のプレストレス導入方法としては、まず外ケーブル(19S15.2)をスペース的に配置可能な量を配置し、なおかつ不足するプレストレスを内ケーブルで配置することとした。その結果、中間支点の主桁上縁側に内ケーブル(12S15.2)6本を配置する必要があった。内ケーブルの配置形状は上床版内に1段配置で直線形状とし、定着部付近の鉛直方向の配置角度は、縦断勾配を含めて10°以下とした。この角度は下り勾配におけるグラウトの充填性を確保することより決定している。

(2) グラウト注入時の圧力検討と注入、排気、排出口の配置

注入に伴うトラブルを防止するため、設計段階においてグラウト注入時のポンプホースに作用する圧力が2.0MPa以下、かつグラウトホースに作用する圧力が0.6MPa以下となるように注入方法を計画した。注入時にこれらの圧力を超える場合は中間注入口を設け、注入作業の段階に応じて注入口を移動して注入するステップバイステップ式注入方法を採用することとする。計算により求めた注入時圧力の結果を表-1に示す。各区間の単位長さ当たりの圧力損失は文献2)の値を用いている。このときグラウトは高粘性タイプ、また注入流量は毎分10リットルとし、グラウトホースおよびポンプホース長は実施工で使用する長さで計画した。各区間の長さとして単位長さ当たりの圧力損失により各区間の圧力損失を求め、それらを累計した値が各部位に作用する圧力となる。

表-1 グラウト注入時圧力損失計算結果

Cable1 ケーブル長 37.8m

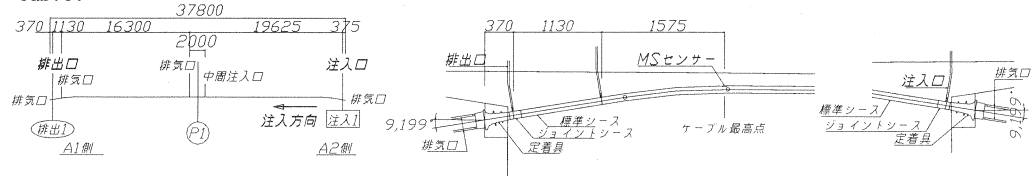
	シース・管路	内径 (mm)	長さ (m)	m当り圧力損失 (MPa/m)	注入圧力 (MPa)		制限圧力 (MPa)
					全長	累計	
連続注入	排出グラウトホース	19.0	2.000	0.059	0.118	0.118	
	シース	80.0	37.800	0.0071	0.268	0.386	
	注入グラウトホース	19.0	2.000	0.059	0.118	0.504	<0.6 OK
	ポンプホース	25.4	30.000	0.022	0.660	1.164	<2.0 OK

Cable2 ケーブル長 68.8m

	シース・管路	内径 (mm)	長さ (m)	m当り圧力損失 (MPa/m)	注入圧力 (MPa)		制限圧力 (MPa)
					全長	累計	
step 1	排出グラウトホース	19.0	1.500	0.059	0.089	0.089	
	シース	80.0	40.000	0.0071	0.284	0.373	
	注入グラウトホース	19.0	1.500	0.059	0.089	0.462	<0.6 OK
	ポンプホース	25.4	30.000	0.022	0.660	1.122	<2.0 OK
step 2	排出グラウトホース	19.0	1.500	0.059	0.089	0.089	
	シース	80.0	30.800	0.0071	0.219	0.308	
	注入グラウトホース	19.0	1.500	0.059	0.089	0.397	<0.6 OK
	ポンプホース	25.4	30.000	0.022	0.660	1.057	<2.0 OK

ケーブル長 37.8m の Cable1 を連続注入する場合、注入グラウトホース圧力は 0.50MPa、ポンプホース圧力は 1.16MPa となる。これは制限値以下であり、連続注入が可能である。ケーブル長 68.8m の Cable2 を連続注入すると想定した場合、注入グラウトホースの圧力が 0.67MPa となり制限値を超える。そこで最初の注入口から 40m の位置に中間注入口を設け、ステップバイステップ式注入を行うこととした。ただしステップバイステップ式注入の有無にかかわらず、排気口は 20m 毎に 1 箇所設け、各排気口の注入側 2.0m の位置に中間注入口を設けることとした。

Cable1



Cable2

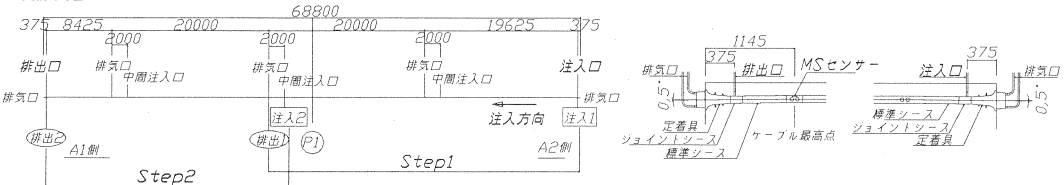


図-3 注入・排気・排出口、充填度確認センサーの位置

(3) 充填度確認センサーの配置

ケーブル形状の最も高い位置にセンサーを埋め込み、グラウト注入中の充填度を検査した。センサーは各ケーブルに1箇所配置することとし、センサーはMSセンサーを使用した(写真-1)。

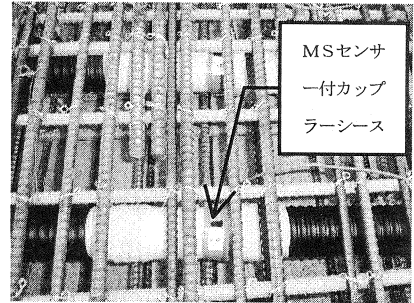


写真-1 MSセンサー設置状況

3. グラウト施工

(1) グラウトの練混ぜ

グラウトの練混ぜは回転数 1000rpm のグラウトミキサーを用い、練り混ぜた材料は1.2mmふるいを通した後、アジテータでゆるやかにかくはんした(写真-2)。

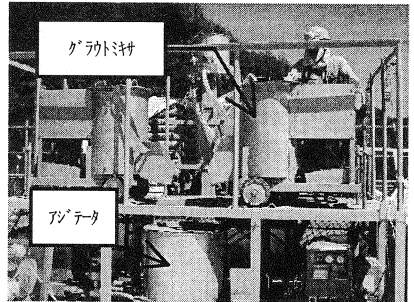


写真-2 グラウト練混ぜ状況

(2) グラウトの品質管理

試験項目は以下の通りである。

- (a) 鉛直管試験：高さ 1.5m の鉛直管を使用し(写真-3)、ブリーディング率および体積変化率を測定した。結果を表-2 に示す。
- (b) 流動性試験：JSCE-F531 に準拠し、JP 漏斗により流下時間を測定した。
- (c) 塩化物含有量：水とセメントを練混ぜた試料を用い、試験紙により測定した。試験紙はカンタブを使用した。
- (d) 圧縮強度：JSCE-G531 に準拠し測定した。

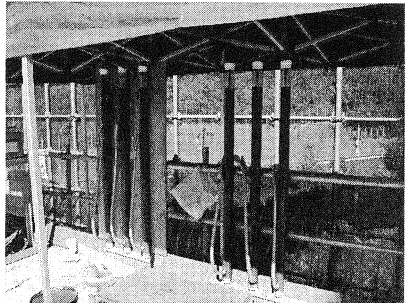


写真-3 鉛直管試験状況

(3) グラウト注入

グラウトの注入は、設計段階で計画した注入口から行い、ポンプホースの注入圧力と流量をチャート式グラウト流量計を用いて管理しながら行った。注入時の流量計圧力を次頁の表-3 に示す。計画時に想定した制限圧力を超えずに注入を完了している。

排気口では一様な品質のグラウトが排出されることを確認した後、さらに5秒程度排出し(写真-4)、グラウトホースを閉塞した。その際グラウトホースの途中で空気だまりが残らない様に排出、閉塞し、閉塞したグラウトホースは橋面から1.0m以上立ち上げ、グラウトが硬化するまで保持した(写真-5)。

ステップバイステップ式注入では、中間注入口へのノズル接続時にグラウトホース内に空気を取り込んでしまう。その空気は、中間注入口の2.0m前方に設けた排気口から7リットルのグラウトとともに排出した。この7リットルは、空隙率を考慮したシーズ 2.0m 間のグラウト量に相当する。

全ての排気・排出口を閉じた後、最終注入圧力以上の圧力で再加圧を行い、注入口を閉じた。



写真-4 排気口からの排出確認

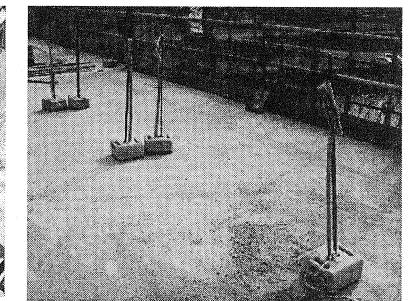


写真-5 グラウトホースの保持

表-2 鉛直管試験結果

水セメント比(%)	ブリーディング率(%)		体積変化率(%)	
	3h後	24h後	3h後	24h後
42	0.00	0.00	-0.13	-0.17
41	0.00	0.00	-0.02	-0.22

(4) MSセンサーによる充填度確認

MSセンサーの計測結果を図-4に示す。MSセンサーはセンサーの周囲媒質の熱伝導率が異なることを利用し、出力電圧が異なることによりグラウト充填の判別を行うものである。グラウト注入前は9~12mVの出力電圧であったものが、グラウト到達後は急激に変化し3mV以下の値となっている。既存の実験データ³⁾によれば、出力電圧5mV以下であればグラウトの充填が確認されている。

(5) 後処理

グラウトホース内のグラウト硬化後、充填を確認しホースを切断した。切断後の切欠き部はすみやかに樹脂モルタルによって後埋めを行い、さらに防水処理を施した。

(6) 非破壊検査

ヒューマンエラーによる未充填のケーブルが存在しないことを確認するため、コンクリート表面から非破壊検査を行った(写真-6)。検査手法は広帯域超音波による超音波探傷法⁴⁾を用いた。検査箇所は10mおきに1箇所を目安とし、Cable1は1ケーブルにつき5箇所、Cable2は8箇所とした。検査の結果、全ての検査位置においてグラウトの充填が確認された(図-5)。

4. おわりに

床版内に直線配置された内ケーブルのグラウト施工において、設計段階からの十分な計画を行い、さらに施工において上述のプロセスチェックを実施することにより、グラウトの充填を確実に行うことができた。本稿が今後のグラウトの設計、施工に多少なりとも貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 猪川 充, 能登谷 英樹, 木島 利行, 高橋 正: 外ケーブルを定着する中間隔壁の設計(鳥取自動車道 千代川橋), 第13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(投稿中)
- 2) 細野 宏巳, 青木 圭一, 大城 壮司, 高木 康宏: PCグラウトの注入に関する一考察, 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, 2003.10
- 3) 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, 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, 2003.10
- 4) 原 幹夫, 本間 淳史, 青木 圭一, 廣瀬 正行: 広帯域超音波探傷法を用いたPCグラウトの充填度測定, 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, 2003.10

表-3 流量計圧力の結果

	ケーブル番号	流量計圧力(Mpa)				
		step1		step2		再加圧
		開始	最終	開始	最終	
cable1	設計	0.66	1.16	ステップ・バイステップなし		-
	302A	0.30	0.67	ステップ・バイステップなし		0.67
	302B	0.35	0.55	ステップ・バイステップなし		0.65
cable2	設計	0.66	1.12	0.66	1.06	-
	301A	0.40	0.75	0.45	0.60	0.95
	301B	0.30	0.80	0.40	0.70	0.70
	301C	0.35	0.70	0.45	0.80	0.80
	301D	0.40	0.60	0.40	0.60	0.60

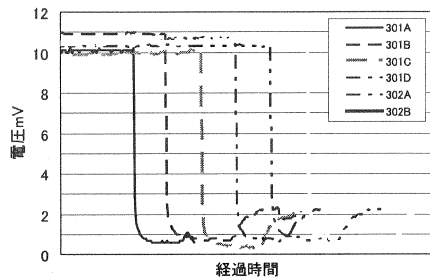


図-4 MSセンサーの計測結果



写真-6 非破壊検査状況
(広帯域超音波による超音波探傷法)

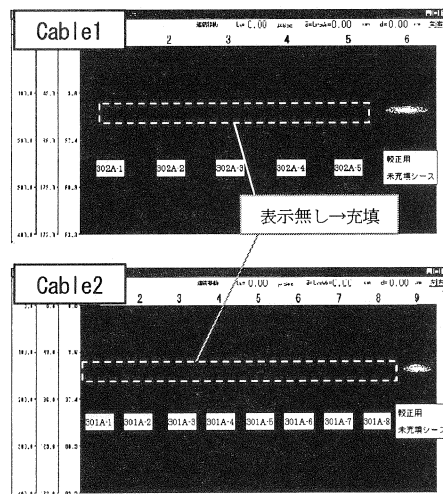


図-5 非破壊検査結果画像