

超低粘性型を使用した多径間連続橋のグラウト注入の計画と施工

オリエンタル建設(株) 正会員 ○笠井 公夫
 オリエンタル建設(株) 正会員 工修 西須 稔
 オリエンタル建設(株) 橋爪 巧
 国土交通省関東地方整備局 越川 裕

1. はじめに

吉原高架橋は、茨城県稲敷郡阿見町の圏央道阿見IC（仮称）と阿見東IC（仮称）との間に位置しているPC14径間連続2主版桁橋である。本橋は、橋脚上支点部の主桁を先行して施工する分割施工である。PCケーブルはカップリングによって接続され、ケーブル長は主桁施工によって順次延長される。その結果、ケーブル延長は339mになり、その長さのグラウト注入を行う必要があった。本報告では、移動型枠装置を使用した主桁の施工方法と、超低粘性PCグラウトを用いて、ケーブル延長339mを一括注入の計画および施工について報告するものである。

2. 橋梁概要

2.1 工事概要

本橋の工事概用を以下に示す。また、全体一般図を図-1に示す。

- ・構造形式：PC14径間連続2主版桁橋
- ・支間長：28.800+11@29.700+28.000+33.200 (m)
- ・縦断線形：0.30(%)～0.90(%)
- ・施工方法：固定支保工（1径間毎の分割施工）
- ・発注者：国土交通省関東地方整備局常総国道事務所
- ・橋長：418.500(m)
- ・有効幅員：10.660(m)
- ・横断勾配：2.50%
- ・施工者：オリエンタル建設(株)

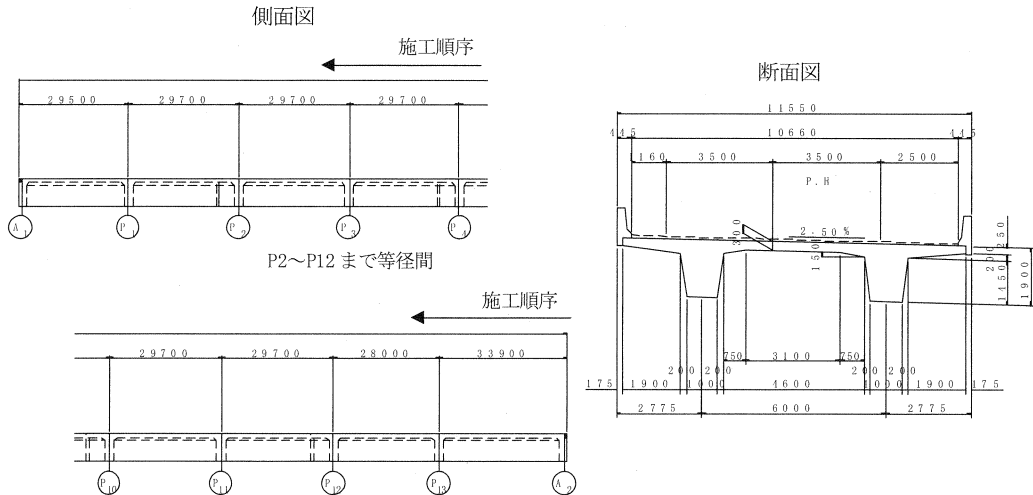


図-1 全体一般図

2.2 移動型枠装置を用いた主桁の施工

本橋の施工は1径間毎の分割施工であり、施工日数をさらに短縮するために橋脚上支点部の主桁部を先行して施工した。その概要を図-2に示す。図-3と写真-1に示すように、主桁施工に用いた型枠は、脱型

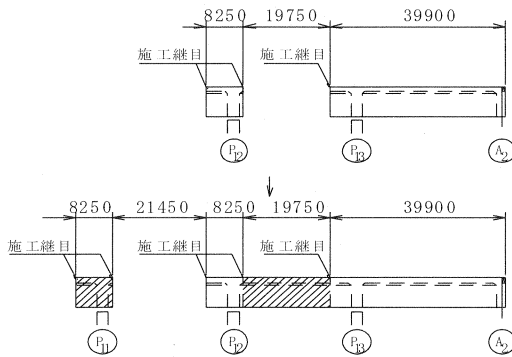


図-2 分割施工概要図

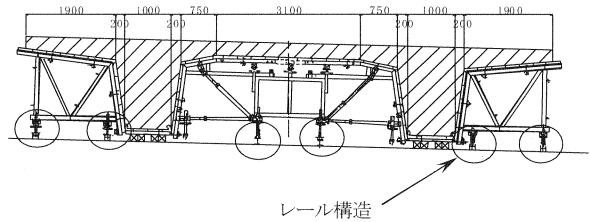


図-3 移動型枠詳細図

枠後、次径間施工箇所を設置されたレール上を移動する構造となっている。これにより、施工サイクルを短縮することが可能となった。

また、写真-2に示すように、主版間の内型枠に、採光性のある透明型枠を使用した。これにより、型枠設置時における施工性を向上させている。さらに、コンクリート打設時には、コンクリート充填の確認が目視で可能となった。

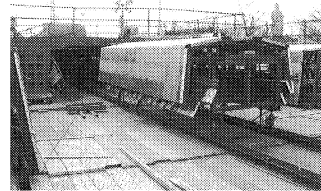


写真-1 移動型枠

3. 超低粘性PCグラウトの施工

3. 1 超低粘性PCグラウトの採用

本橋では、PC鋼材 12S12.7 を使用した。図-4に1径間あたりのPCケーブル配置図(約30m分)を示す。PCケーブルはカップリング接続により順次連続的に延長される構造である。本橋では、11径間施工後にグラウト注入を行うこととしたため、連続ケーブル1本あたりのグラウト注入長が339mとなり、従来の高粘性型グラウトを用いると、注入圧力が大きくなる。また、ステップバイステップ方式を採用しても、その盛り替え回数が多くなり、注入作業が煩雑となることが予想された。そこで、安全で確実な注入作業を行うために、超低粘性型グラウトによる注入方法を発注者に提案し採用された。今回、採用された超低粘性型グラウトの特徴を以下に示す。①従来のPCグラウトでは注入が困難となる狭い間隙部において充填が可能となり、低い圧力でロングスパンの注入も可能である。②流動性が超低粘性であっても材料分離を生じず、ブリーディングが発生しない。③水セメント比が比較的小さいため、従来のPCグラウトに比べ安定した高い強度が得られ、耐久性も高い。

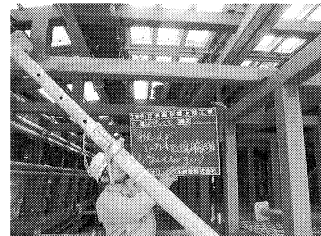


写真-2 透明型枠

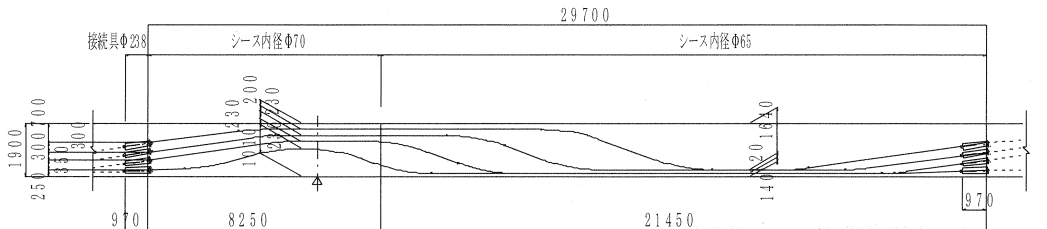


図-4 1径間あたりのPCケーブル配置図

3. 2 実物大注入確認試験

本橋では超低粘性型グラウトを使用するにあたって、グラウトの流動性および充填性を確認するため、事前に実物大注入試験を行った。図-5に試験体形状を、写真-3に試験体の全景を示す。試験体に使用したシースは、グラウトの流動性を目視できるように、白濁色のポリエチレンシースを用いた。

超低粘性型グラウトの流動性状概念図を図-6に示す。超低粘性型グラウトでは、粘性が低いため先流れが発生するが、適切な位置に排気口を設けることで、残留空気は排出される。その後に排気および排出ホースを閉じ加圧作業を行うことで、シース内部に有害な空隙は生じないことを確認した。グラウト硬化後、ポリエチレンシースを剥ぎ取った試験体を写真-4に示す。これより、シース内部のグラウト充填は良好であると言える。

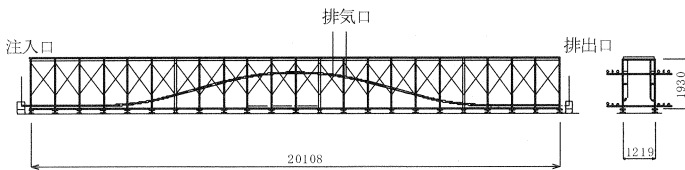


図-5 実物大注入試験体形状

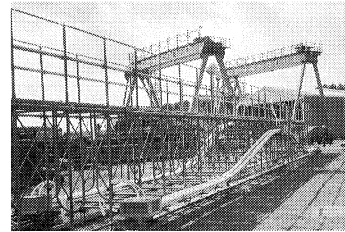


写真-3 実物大注入試験体 (全景)

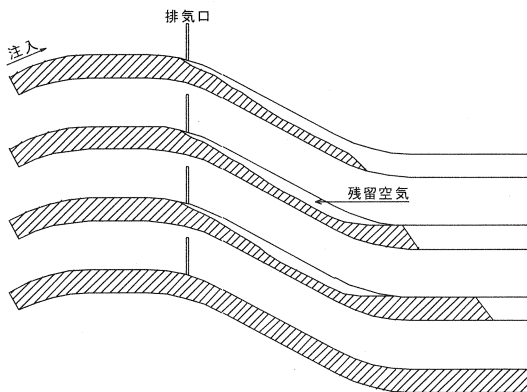


図-6 超低粘性グラウトの流動性状

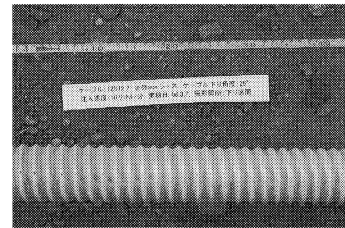


写真-4 グラウト充填状況 (下り勾配部)

3. 3 グラウト注入計画

注入計画においては、最大注入圧力の把握が重要となる。現在、最大注入圧力は式(1)によって算出されている¹⁾。

$$\text{最大注入圧力 (MPa)} = \Sigma \{ \text{各部材長 (m)} \times \text{各圧力勾配 (MPa/m)} \} + \text{高低差に必要な圧力 (MPa)} \dots \dots (1)$$

式(1)より、最大注入圧力の算出には、グラウトホース・注入ホース、PC鋼材とダクト種類別の圧力勾配の算出が重要となる。流体力学に基づく滑らかな円管内の層流式と同心二重円管内を流れる層流式²⁾およびJプロット流下時間とグラウト塑性粘度の関係³⁾から、注入流量 10L/分における各々の圧力勾配を算出した。ただし、PC鋼材等やシース内側リブの摩擦係数に関しては2.0とした。また、注入時の圧力を低くするために、ポンプホースの長さを5mと必要最小限短く計画し、高低差に必要な注入圧力も考慮した。その圧力算出結果の一覧表を表-1に示す。これより、最大注入圧力の予測値は0.390~1.097 (MPa)と算出され、グラウトの一括注入は可能であると判断された。

表-1 圧力算出結果 (注入流量 10L/分での最大注入圧力の予測)

		各部材長 (m)						
種別	ポンプ ホース	注入 ホース	P C 鋼材 (12S12.7)			排出 ホース		
	φ25.4	φ19	φ65	φ70	φ238	φ19		
部材長	5.000	3.000	237.887	90.750	10.760	2.500		
JP 流下 時間		圧力勾配 (MP a / m)						
秒	ポンプ ホース	注入 ホース	P C 鋼材 (12S12.7)			排出 ホース		
	φ25.4	φ19	φ65	φ70	φ238	φ19		
3.0 ~ 5.0	0.0010 ~ 0.0050	0.0050 ~ 0.0150	0.0010 ~ 0.0032	0.0006 ~ 0.0018	0.000001 ~ 0.000001	0.0050 ~ 0.0150		
JP 流下 時間		圧力 (MP a)					高低差 に必要な 圧力*	累計 圧力
秒	ポンプ ホース	注入 ホース	P C 鋼材 (12S12.7)			排出 ホース	MP a	MP a
	φ25.4	φ19	φ65	φ70	φ238	φ19		
3.0 ~ 5.0	0.005 ~ 0.025	0.015 ~ 0.045	0.238 ~ 0.761	0.054 ~ 0.163	0.00001 ~ 0.00001	0.013 ~ 0.038	0.065 ~ 0.065	0.390 ~ 1.097

* 考慮した高低差は3.4mである。



図-7 注入流量と圧力のチャート式結果

3. 4 現場注入結果

本橋の現場注入において、超低粘性P Cグラウトを用いて、ケーブル延長 339mを一括注入することに成功した。グラウトポンプの注入流量と注入圧力のチャート式結果を図-7に示す。これより、注入流量 10 L /分で最大注入圧力値(実測値)は0.63 (MP a)であった。この実測値は3. 3で算出した予測値の範囲内(0.390~1.097 MP a)となった。また注入作業は、低圧力であったため、注入ホースの破裂・はずれ等のトラブルは一切なく、非常にスムーズで安全なものであった。

4. まとめ

本橋では施工サイクルを短縮するために移動式型枠を用いて主桁施工を行った。さらに、超低粘性型グラウトを使用するにあたって、事前に実物大試験を行い、その流動性状を把握し良好な充填性を確認した。P Cグラウトにおいて、安全で確実な注入作業を行うためには、最大注入圧力の把握が重要となる⁴⁾⁵⁾。現場注入ではケーブル長が 339mと長大であったが、超低粘性型グラウトを使用することで、一括注入に成功した。その時の最大注入圧力は、流体力学に基づいて円管内を流れる層流式から算出した予測値の範囲内であった。本報告が今後のP C連続2主版桁橋の施工と、P Cグラウトの注入計画の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) P Cグラウト&プレグラウトP C鋼材施工マニュアル (2002年改訂版), (社)P C建設業協会, 2002. 10.
- 2) 松岡, 青山, 児島, 應和, 山本: 流れの力学-基礎と演習-, コロナ社, pp.121~124, 2001
- 3) 岩永, 永測, 山下, 小松: P Cグラウト材料の変遷と今後の方向性, プレストレストコンクリート, Vol.48, No. 2, pp.64~67, Mar. 2006
- 4) 池田, 山口, 手塚: P Cグラウトの歴史, プレストレストコンクリート, Vol.48, No. 2, pp.53~58, Mar. 2006
- 5) 水上, 出雲: P Cグラウトの充填性能評価に関する一考察, プレストレストコンクリート, Vol.43, No. 5, pp.71~80, 2001