

可塑性グラウトを用いた仮設鋼管矢板土留壁の背面土砂吸出し防止対策事例

国土交通省 四国地方整備局 松山港湾・空港整備事務所 近藤 徹
東亜建設工業（株） ○大塚 真太郎，三枝 弘幸
ライト工業（株） 山本 修平，井本 英一

1. はじめに：松山港は、重要港湾に指定された昭和 26 年以降，外貿・内貿貨物の物流拠点，また水辺の交流拠点として重要な役割を果たしてきた。近年では，さらなる国際物流拠点としての機能強化を目指し，外港地区国際物流ターミナルにおいて船舶大型化に対応した港湾施設の整備が進められている¹⁾。本工事は，船舶の大型化に対応した岸壁の延伸を行うにあたり，既設の直立消波ブロック護岸の一部を撤去するものであるが，仮設の土留壁として設置されている鋼管矢板の下端部やケーソンと鋼管矢板との接続部を通じた背面土砂の吸出しが懸念された。本報は，土砂吸出し防止の対策として採用された可塑性グラウトの概要や施工時の工夫に関して，本施工前に実施した試験施工を中心に取りまとめたものである。

2. 可塑性グラウトの特長と本工事への適用：一般的に，地下水面下の大きな間隙を対象にした充填材料としては，水中不分離性モルタルやプレパックドモルタル，セメントベントナイトなども挙げられるが，今回のような打設直後に潮位変動や地下水流が作用する環境下では，移動せずに一箇所に留まる，いわゆる“非移流拡散性”ともいうべき特長を有する必要があった。当背景のもと，本工事で採用された可塑性グラウトは，高い外力のもとで変形し，外力を除いてもその変形が元に戻らない“可塑性”の性質を持ち，トンネル背面の空洞充填などに高い適用実績を有している²⁾。本工事では，設計図書で規定される可塑性グラウトの性能(σ_{28} :1.5N/mm²以上)を満足する 2 液タイプのもので採用することとし，表-1 の配合条件によって一軸圧縮試験を実施した結果，所定の性能を満足することを確認した。また，現地での施工方法は，ダブルパッカーを装着した注入パイプによって行い，各液をそれぞれ混合(表-1)したのちに合流させ，計画充填速度 q を 9.0L/min (A 液:6.0L/min，B 液:3.0L/min)に制御する条件とした。なお，この試験施工は，1.0m の充填範囲を想定した 4 孔を接円として設けた配置計画のもとに実施した。

表-1 可塑性グラウトの配合(1m³あたり)

A 液 (Line-A)			B 液 (Line-B)		
主材 (kg)	助材 (kg)	水 (kg)	硬化材 (L)	調整材 PC-A (kg)	水 (kg)
200	20～100	552～589	83.25	1.0	250

3. 施工上の課題と対策：今回の可塑性グラウトの施工範囲は図-2 に示すとおり，ケーソン背面の裏込石部に施工されたφ1100mm の既設鋼管矢板の下端部等であり，可塑性グラウトを充填して背面土砂の吸出し対策を行うものである。なお，φ1100mm 鋼管矢板は，φ1600mm の砂置換を行ったあとに打設されている。当施工に当たっては，「①可塑性グラウトの確実な充填」ならびに「②充填性の適切な評価」が特に重要な課題であったことから，本施工に先立って試験施工を計画し，当課題への対応を検討することとした。このうち上記①については，グラウトの注入に先立って注水試験を計画し，得られる注水圧力と注水速度の関係性を事前に把握する方法を採用した。また，②に関しては充填圧と充填速度の管理に加えて，予想される充填範囲の接円部に削孔を行い，透明塩ビパイプ (VP-75 相当)を用いたボアホールカメラの観察によって充填前，充填中，充填後での地盤を目視評価すること，さらには充填後のコア採取によるフェノールフタレイン溶液反応の確認，採取孔を用いた透水試験にて見掛けの透水係数を定量評価することとした。

4. 試験施工の結果：可塑性グラウト注入前後にボアホールカメラで撮影した画像を写真-1 に示す。充填前を確認すると，対象深度に存在する粒径の大きい裏込石とその周辺の間隙を目視で捉えているものの，削孔に伴って生じた細かい砂質材料(削孔くず)も一部で確認された。そこで，充填孔 4 孔でのグラウト充填を実施する直前に，ダブルパッカーを利用した注水試験(グラウトではなく，海水を送水するもの)を 4 孔全ての充填口(深度方向に 33cm 間隔)にて実施することとした。これは，注水の勢いによって削孔くずを洗い流すと同時に，注水圧を確認して可塑性グラウトの充填性を事前評価しておく工夫である。所定深度での実際のグラウト充填圧 p' は，地上での計測圧 p から静水圧 u_0 と配管の管内抵抗 p_0 を差し引いて算出される。今回実施した注水試験では，可塑性グラウトの計画充填速度 q と同じ 9.0L/min に制御した条件であったが，全充填口で p' は 0.01～0.04MPa と極めて小さい範囲の結果となった。したがって，グラウト充填に際して特に大きな支障が

キーワード: 吸出し対策，裏込石，充填工(グラウト工)
連絡先 〒760-0033 高松市丸の内 4-9 丸の内ビル 4 階 東亜建設工業(株) 四国支店 TEL087-851-8671

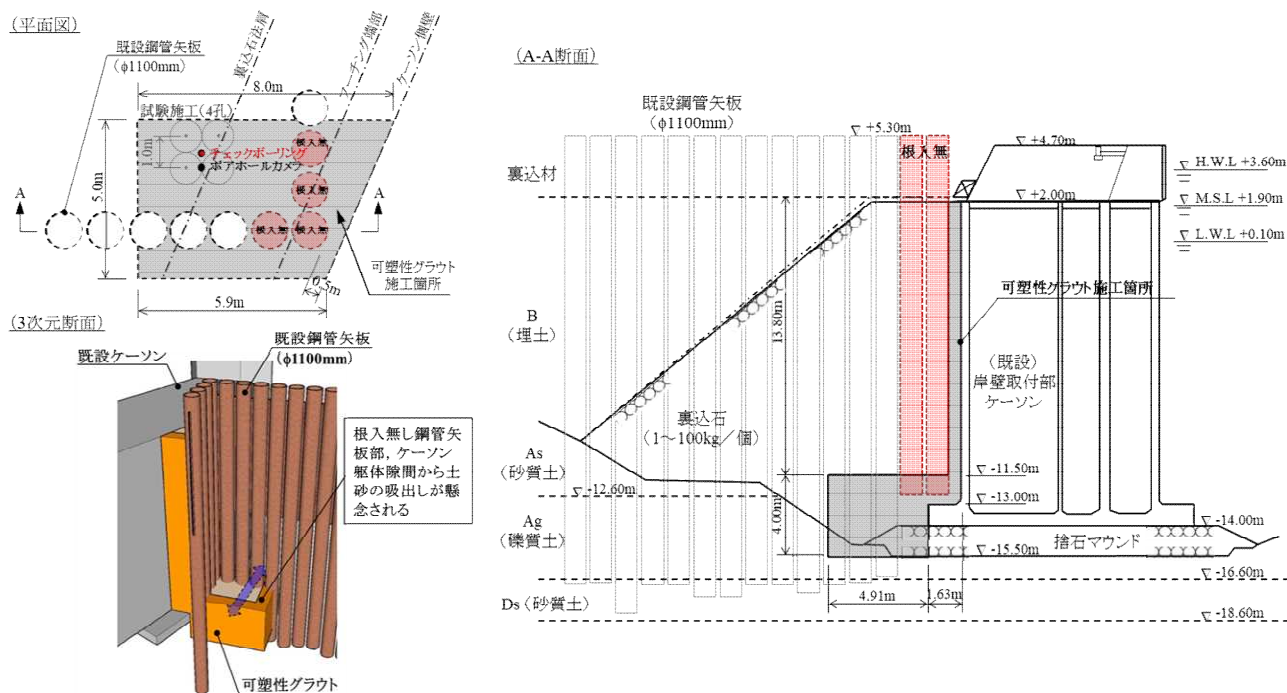


図-2 可塑性グラウトの施工範囲 (左：平面計画，右：標準断面)

ないと判断された。試験施工におけるグラウト充填圧 p' (MPa)と充填速度 q (L/min)の継時履歴の一例として、A 液ラインの結果を図-3 に示す。ばらつきはあるものの、計画である 6.0L/min を概ね満足した管理がなされており、またそれに伴った圧力の急上昇といった異変も確認されない。これは B 液ラインでも同様で、全充填孔にも共通した傾向であった。さらに、施工中にリアルタイムに確認していたボアホールカメラにおいても、開始直後にグラウトが間隙に充填されていく様子が捉えられており(写真-1)、適切な充填がなされたことを裏付ける判断材料となった。また、4 孔での充填完了の約 1 週間後に 4 孔の中央部においてチェックボーリングによるコア観察を行った。採取されたコアを写真-2 に示す。アルカリ性の pH で着色反応を示すフェノールフタレイン溶液の噴霧を行ったところ、裏込石の間隙部に紫色の着色が確認され、確実な充填がなされていたことが示された。併せて、コア採取後のボーリング孔を活用した透水試験(非定常法)を実施して充填地盤の透水係数 k の評価を試みた。その結果は 2.5×10^{-7} m/s 程度で、鋼矢板止水壁の見かけの透水係数 ($1.0 \sim 3.0 \times 10^{-7}$ m/s)³⁾ とほぼ同値であることから、高品質な充填が行えたと判断している。なお、これらと同様の工夫を施した本施工においても、問題なく施工完了に至っていることも併せて報告しておく。

5. まとめ：土砂の吸出し対策として採用した可塑性グラウトの適用事例として、試験施工で実施した施工上の工夫を中心に報告した。同様事例の参考になれば幸いである。

【参考文献】1) 国土交通省四国地方整備局：松山港外港地区国際物流ターミナル整備事業，事業再評価説明資料，2018。2) 東日本高速道路株式会社ほか：矢板工法トンネルの背面空洞注工 設計・施工要領，2006。3) 一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼矢板 設計から施工まで，2014。

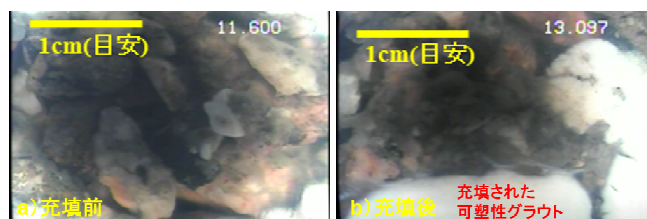


写真-1 可塑性グラウト充填前後のカメラ撮影画像

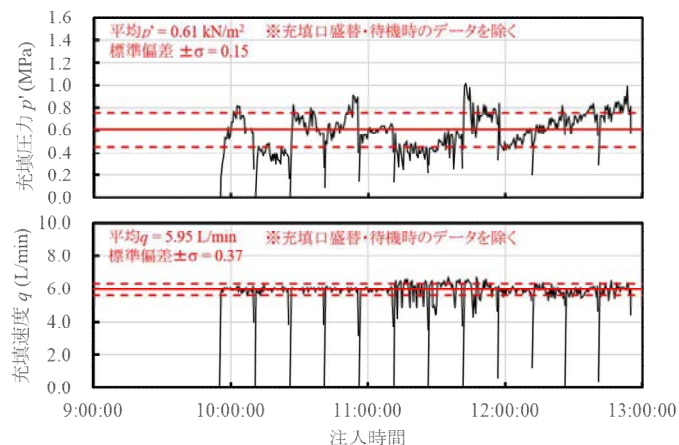


図-3 可塑性グラウト充填の継時履歴データ



写真-2 チェックボーリングコアによる充填確認