

岩盤杭打ち工法におけるグラウト充填確認技術の開発

(株)大林組 正会員 ○粕谷 悠紀 稲積 一訓 大竹 雄介 (株)ガンケン 正会員 中島 通宏
東亜建設工業(株) 正会員 田口 博文 大森 慎哉 ガンパイル工法研究会 辰見 ター 松原 秀和

1. はじめに

筆者らは、高強度の鋼杭を穿孔棒として岩盤へ直接打設する岩盤杭打ち工法（以下、ガンパイル工法）の岩盤根入れ部の隙間部に充填したグラウトの施工管理技術の確立を目指している（図－1）．本稿では、グラウトの室内配合試験結果、室内およびパイ
ルベント橋台へ打設した鋼管杭での充填確認実験結果について報告する．

2. グラウトの室内配合試験

ガンパイル工法で用いるグラウトは、鋼管杭打設後の岩盤との間の空隙に充填する必要があるため、流動性が高く、材料分離を起こさない性状が要求される．グラウトの構成は、水道水（W）、普通ポルトランドセメント（C）、膨張材（低添加型コンクリート膨張材：D）、増粘材（ベントナイト：Z）である．表－1に配合計画表を示す．配合は増粘材の添加率をパラメータとした．グラウトはソイルミキサーを用いて、水、セメントを投入して1分間攪拌した後、膨張材、増粘材を投入して4分間攪拌して作製した．グラウトの流動性は、フロー試験（JHS313 1999、目標値 20cm 以上）と P ロート試験（JSCE F521 1999、目標値 15秒以下）で確認した．材料分離抵抗性は、ブリーディング試験

（JSDE F522 2013、目標値 15%以下）と硬化したグラウトの一軸圧縮試験（28 日養生、目標値 7N/mm² 以上）で確認した．表－2 に配合試験結果を示す．Case2 と Case3 はいずれの試験項目においても目標値を満足したが、流動性に優れる Case3 を基本配合に設定した．

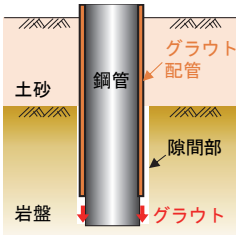
3. グラウトの充填確認実験（室内）

本実験は、目視確認できる室内においてグラウトの充填管理方法を確立するために実施した．まず、1L のメスシリンダーに 500mL の注水した．次に、実際のグラウト注入状況を想定し、スポイトを用いてメスシリンダーの下方から室内配合試験で作製した 3 種類のグラウトを 400mL 注入した（写真－1）．最後に、メスシリンダーに電気伝導率計（以下、計器）を投入し、深度方向に 50mL ごとの電気伝導率を計測した．

図－2 に電気伝導率の深度分布を示す．電気伝導率は、計器がグラウトに近づくにつれて上昇し、計器のセンサー部がグラウトに完全に没入した時点で3 ケースとも約 8,000mS/m であった．それ以深では計器を深く挿入しても同程度の値を示した．増粘材の添加率による電気伝導率の差異はみられなかった．なお、水道水で計測した電気伝導率は約 100mS/m であり、グラウトの電気伝導率の 1/80 程度であった．以上の結果より、電気伝導率計を用いて水とグラウトの判別が可能であり、計器を後挿入してグラウトの充填状況を管理できることを確認した．

キーワード 岩盤、鋼管杭、ガンパイル工法、グラウト、充填確認技術、電気伝導率

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 技術第二部 TEL 03-5769-1302



図－1 ガンパイル工法の
グラウト注入模式図

表－1 グラウト配合計画表

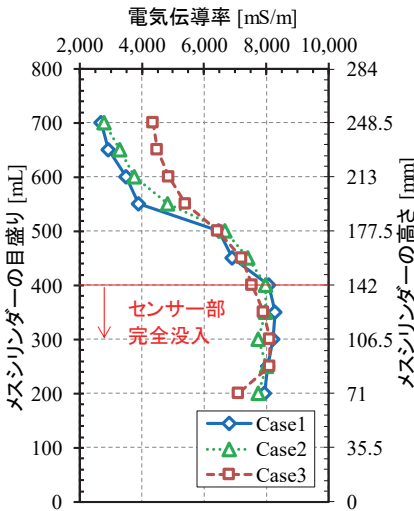
Case	W/B %	W kg/m ³	B		Z kg/m ³	Z/B %
			C kg/m ³	D kg/m ³		
1	80	716	807	89	45	5.0
2	80	716	807	89	33.75	3.75
3	80	716	807	89	22.5	2.5

表－2 グラウト配合試験結果

Case	フロー値 cm	P ロート 秒	3h 後ブリー ディング率 %	一軸圧縮 強度 N/mm ²
1	18.2	24.5	7.1	未採取
2	23.0	14.7	7.9	9.03
3	30.7	10.6	11.2	9.98



写真－1 計測状況



図－2 電気伝導率の深度分布（室内）

4. グラウトの充填確認実験（実現場）

本実験は、関連報文¹⁾で述べたパイルベント橋台（図-3）で打設した鋼管杭3本のうち、両端の2本で実施した。施工箇所の地盤構成は、盛土層が約4.5m、土砂層が約5.5m、岩盤層が約4.6mである。鋼管に設置した水ジェット配管は内側に6本、グラウト配管は内側と外側に各2本の計4本、センサー用配管は外側に2本設置した（図-4）。センサー用配管は引抜き式と回転式の2種類とした。引抜き式は、パイプロを停止した状態でソケット材（L=0.3m）先端からセンサー用配管を0.4m引き上げた後、計器をセンサー用配管とソケット材の中間の深さまで挿入した（図-5）。回転式は、ソケット材およびセンサー用配管に3個ずつ開孔部を設け、鋼管杭打設時およびグラウト注入時は穴を90°程度ずらして設置した。センサー用配管を90°回転させ、開孔部をそろえてグラウトを流入させた後、計器をセンサー用配管の先端付近まで挿入した（図-6）。各センサー用配管のソケット材は、グラウトを検知する高さが岩盤線より0.1m深くなるように設置した。

グラウトはバッチ式のミキサーで作製した。基本配合は室内配合試験で実施したCase3とした。グラウトは、ガンパイラーで鋼管を起振させながら外側の配管2本を用いて注入し、杭先端付近から岩盤根入れ部の鋼管と岩盤の隙間部に充填した。グラウト注入時と注入完了時は、流量計により注入量を管理した。注入完了時には、計画注入天端高さまで計器を降ろして規格値（8,000mS/m）以上となることを確認した。

表-3 にグラウト充填確認実験結果を示す。引抜き式はいずれもセンサー用配管内に岩砕等が流入し、岩盤線より上で閉塞する結果となった。

これは、引抜き時に配管内で吸引力が作用したために発生したものと推察される。回転式は杭2本ともグラウトの充填を確認することができた。Pile 1は、設計注入量の1.1倍とした2バッチ注入後に計測した結果、電気伝導率は岩盤線+2mまで8,000mS/m上回る結果を得た（図-7）。Pile 3は、2バッチ注入後に計測しても電気伝導率は水相当の値を示したため、1バッチ追い注入した。3バッチ注入後に計測すると、電気伝導率は岩盤線+8mまで8,000mS/m上回る結果を得た。この結果、同一橋台の杭で同一注入量でもグラウトの充填高さは異なるが、計器を後挿入することで、計画高さまでの充填状況を確認する手法を確立した。

5. おわりに

本稿では、ガンパイル工法におけるグラウトの室内配合試験結果を示し、流動性および材料分離抵抗性に優れ、目標強度を満足する基本配合を提示した。さらに、室内および実現場のグラウトの充填確認実験結果を示し、電気伝導率計を後挿入して計画高さまでの充填状況を確認する手法を確立した。

参考文献 1) 大竹雄介ら:急峻な岩盤斜面上の橋台基礎における鋼管杭打設事例,第76回土木年次学術講演会,(投稿中),2021.9.

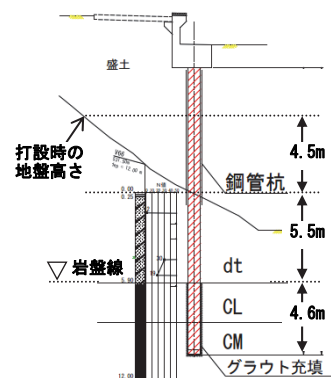


図-3 橋台側面

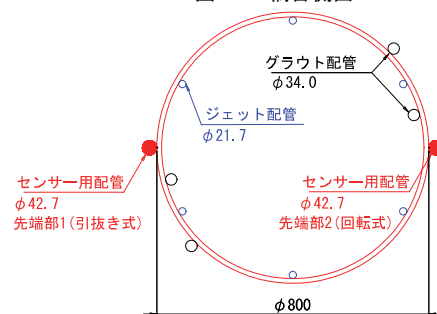


図-4 各種配管断面

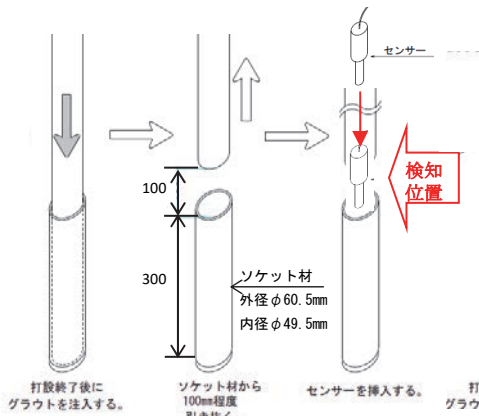


図-5 引抜き式の充填確認手順

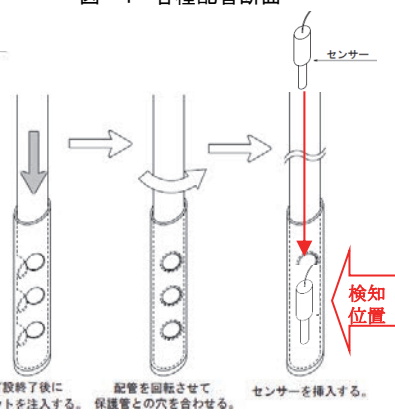


図-6 回転式の充填確認手順

表-3 グラウト充填確認実験結果

No.	引抜き式	回転式	充填範囲
Pile 1	閉塞×	計測○	岩盤線+2m
Pile 3	閉塞×	計測○	岩盤線+8m

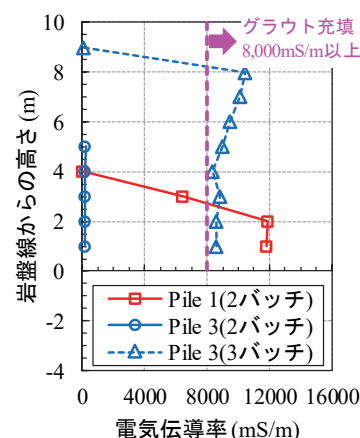


図-7 電気伝導率の深度分布（実現場）