

急峻な岩盤斜面上の橋台基礎における鋼管杭打設事例

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

1. はじめに

基礎工事において、通常の杭打工法で施工が困難な岩盤への杭打工事では、岩盤の先行削孔と杭の建込の2工程が必要であり、多大な工期を要するのが一般的である。一方、高強度の鋼杭を穿孔棒として岩盤へ直接打設する工法（以下、ガンパイル工法）は、従来工法に比べて工期短縮が可能であり、基礎工事の効率化を実現する工法として、近年多くの採用実績がある。本稿ではガンパイル工法によるパイルベント橋台への打設事例について報告する。

2. パイルベント橋台への打設事例

(1) 基礎形式、杭工法の選定

本工法をパイルベント橋台に適用した工事の概要を表-1に示す。本工事は、石灰石搬出用のトンネルおよび橋梁新設工事のうち、橋台基礎の鋼管杭3本の打設を行うものである。当該箇所は、仕上計画高から支持層までの高低差が大きく（17.3mを想定）、近接して補強土壁が構築されているため、大規模掘削を伴う直接基礎形式は困難であると判断し、パイルベント橋台形式とした。今回は、岩盤杭打ち工法の中でも、工期および工費に優れるガンパイル工法を採用した。表-2に地盤条件を、表-3に鋼管杭の諸元を示す。支持層は一軸圧縮強度が5~20MN/m²と比較的堅固な岩盤である。また、図-1に橋台の正面図および側面図を示す。

(2) 施工概要

打設準備として、鋼管杭に、水やグラウトを注入するためのジェットパイプ、岩盤層での杭の損傷を防ぐために高強度特殊鋼を取り付けた。水ジェット配管は鋼管杭の内側に6本、グラウト配管は内側と外側に各2本、計4本設置した。70tクローラークレーンで特殊パイプロ（ガンパイラー120kW）を吊り込み、低圧ジェット水で岩砕粉を除去しながら打設を行った。写-1に本工法による打設状況を示す。当該箇所は、急峻な岩盤斜面につき、打設場所の近くに杭打機械を設置することができないため、当工事で設置済の仮設栈橋を増設して、栈橋上から打設を行った。杭が所定深度に到達したらジェット水からグラウトに切り替え、岩盤部にグラウトを充填した。

ガンパイラーで杭を打ち込んだだけでは、岩盤との間に空隙が発生し、岩盤根入部での引抜抵抗力が発揮できない可能性があるため、グラウトを充填することで周面摩擦力を確保する必要がある。本工法では、流動性がよく、材料分離を起こさないグラウト材が要求される。今回の施工で使用したグラウトの基本配合を表-4に示す。ワーカビリティや設計基準強度から定めた標準配合を基に、室内試験によって増粘キーワード 岩盤、鋼管杭、ガンパイル工法、衝撃載荷試験、騒音・振動測定

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 技術第一部 TEL 03-5769-1322

表-1 工事概要

工 事 名	第3立坑建設II期工事下部工区
工 事 場 所	高知県吾川郡仁淀川町
工 期	2019年1月~2021年12月
発 注 者	日鉄鉱業(株)島形山鉱業所
施 工 者	(株)大林組

表-2 地盤条件

土質	層厚	平均N値
玉石混り土砂	3.400m	25
軟岩CL級	2.500m	-※
軟岩CM級	2.088m	-

※ 試験結果がないため設計では玉石混り土砂層と同定数を使用

表-3 鋼管杭の諸元

杭 種	鋼管杭
杭 径	800mm
杭 長	18.5m
肉 厚	14mm
材 質	SKK490

表-4 グラウトの基本配合

W/B %	W kg/m ³	B		Z kg/m ³	計画 強度 N/mm ²
		C kg/m ³	D kg/m ³		
80	716	807	89	22.5	7

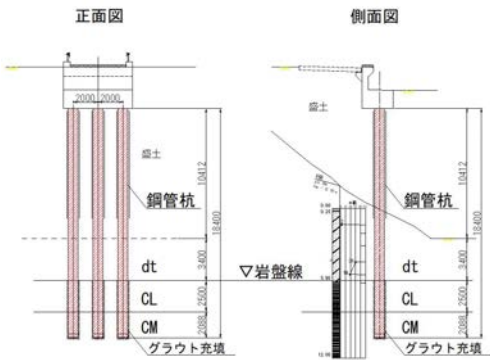


図-1 橋台正面図・側面図

材の添加量を調整し基本配合を決定した。グラウトの構成は河川水 (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。

(3) 施工結果

本工法を用いて3本の鋼管杭の打設を行った。施工歩掛は、本杭材パイプ溶接等の準備工と導材工で5日、杭打設工で2日/本(グラウト充填作業含む)であり、一連の作業で実働15日であった。また、打設時に採取したグラウトのσ28圧縮強度試験結果を表-5に示す。いずれの杭に充填したグラウトも計画強度7N/mm²を確保していることを確認した。なお、電気伝導率計を用いて、所定の高さまでグラウトが充填されていることを確認した。詳細は関連報文¹⁾で述べる。

3. 衝撃載荷試験

(1) 試験概要

設計で推定した支持力を確認する目的で、打設した3本の鋼管杭のうち1本について衝撃載荷試験を実施した。試験は、地盤工学会基準(JGS1816-2002)に準拠し、打撃装置として重錘質量2.0tのモンケンを使用した。今回は本杭であったため、段階的に落下高さを変えて発生応力が許容値以下になっていることを確認しながら測定を行った。モンケン打撃時の杭頭ひずみと加速度を測定することで、杭先端抵抗力(1stPDA)と杭周面抵抗力(2ndPDA)を確認した。1stPDAはグラウト充填直後に、2ndPDAは打設後1ヶ月の養生期間を経て計測を行った。計測センサー(ひずみ計と加速度計)は、鋼管杭の内側に杭天端から1.0m下がった位置に、2個1組で軸対称の位置に取り付けた。軸対称の位置に設置することで、偏打の影響を確認し、その影響を相殺する平均値を測定値として使用することができる。写-2に衝撃載荷試験状況を示す。

(2) 試験結果

モンケン打撃による衝撃載荷試験において、杭頭のひずみと加速度を測定し、測定結果から波形マッチング解析(CAPWAP)により静的抵抗力(支持力)を評価した。先端抵抗力2,321kN、周面抵抗力3,661kNを確認し、設計推定支持力2,100kNが確保されていることが判断できた。

4. 騒音・振動測定

鋼管杭打設時の騒音・振動レベルを評価するために、杭打地点から10m、20m、30m離れた場所で各10分間、騒音・振動測定を行った。測定結果を表-6に示す。時間率騒音レベル(L5値)と時間率振動レベル(L10値)を示している。今回の施工場所は規制区域対象外であるが、測定結果は、概ね騒音及び振動規制法に定められた規制値(騒音レベル:85dB、振動レベル:75dB)を満足することを確認した。今後、本工法を採用する際に、周辺環境への影響を評価するための指標の1つとして用いることができる。

5. おわりに

本報では、ガンパイル工法を本設鋼管杭に適用した施工事例を示し、衝撃載荷試験によって設計で推定した支持力が確保されていることを確認した。また、本工法の騒音・振動レベルについて確認した。本施工事例が硬質地盤・岩盤における本設構造物の基礎工事の効率化の一助になれば幸いである。

参考文献 1) 粕谷悠紀ら:岩盤杭打ち工法におけるグラウト充填確認技術の開発, 第76回土木年次学術講演会, (投稿中), 2021.9.

表-5 グラウトの圧縮強度試験結果

	σ 28 圧縮強度 (N/mm ²)			
	①	②	③	平均
1 本目	7.13	7.66	7.39	7.39
2 本目	7.66	7.66	8.45	7.92
3 本目	8.19	8.19	8.98	8.45



写-1 鋼管杭打設状況



写-2 衝撃載荷試験状況

表-6 騒音・振動測定結果

測定地点	騒音レベル L5 (dB)			振動レベル L10 (dB)		
	打設時	暗騒音	差	打設時	暗振動	差
10m	87	71	16	64	35	29
20m	81	68	13	52	30 未満	—
30m	78	70	8	47	30 未満	—