
一般セッション | 6. 地盤と構造物 (動的問題を含む)

杭基礎⑨

2020年7月22日(水) 15:10 ~ 16:40 第9

[22-9-4-02] 泥岩を対象とした高性能小口径杭の施工

Execution of high standard micro-piles method in mudstone

粕谷 悠紀¹、*木田 匠紀²、森脇 光洋²、本谷 洋二² (1. (株)大林組、2. 三信建設工業(株))

Yuki Kasuya¹, *Naruki Kida², Mitsuhiro Moriwaki², Yoji Hontani² (1. Obayashi Corporation, 2. Sanshin Corporation)

キーワード：マイクロパイル、耐震補強、岩盤

micro-pile, reinforcement against earthquake, rock mass

高度経済成長期以降に集中的に整備されたインフラ構造物は、今後段階的に老朽化することが見込まれており、安全性・経済性・耐久性に優れた構造物の補強技術による長寿命化が求められている。そのような補強技術にマイクロパイル工法がある。マイクロパイルとは、構造物の基礎や地盤の補強を目的として種々の用途に用いられている。今回述べる高性能小口径杭工法はマイクロパイル工法の一つであり、汎用的な鋼管を杭材として用いるため経済性に優れる。本工法はこれまで砂、粘性土、砂利などの地盤を対象に最大φ255mmの杭を施工していた。本稿は、拡大した適用範囲での杭の性能を検証するために実施した試験工事の内容について述べる。

泥岩を対象とした高性能小口径杭の施工

マイクロパイル 耐震補強 岩盤

(株)大林組
三信建設工業(株)

正会員 粕谷 悠紀
正会員 ○木田 匠紀
正会員 森脇 光洋
正会員 本谷 洋二

1. はじめに

高度経済成長期以降に集中的に整備された道路橋などのインフラ構造物は、今後段階的に老朽化することが見込まれており¹⁾、安全性・経済性・耐久性に優れた構造物の補強技術による長寿命化が求められている。そのような補強技術の一つにマイクロパイル工法がある。マイクロパイルとは、一般に杭径 300 mm 以下の鋼杭、場所打ち杭、埋込み杭の総称であり、構造物の基礎や地盤の補強を目的として種々の用途に用いられている²⁾。

今回述べる高性能小口径杭工法はマイクロパイル工法的一种であり、汎用的な鋼管を杭材として用いるため経済性に優れる。本工法はこれまで砂、粘性土、砂利などの地盤を対象に最大φ255 mm の杭を施工していた。本稿は、拡大した適用範囲(岩盤支持層、杭径φ335 mm)での杭の性能を検証するために実施した試験工事の内容について述べる。

2. 試験施工の概要

試験地の柱状図および試験杭の設置位置を図-1に示す。対象地盤は、GL.-9 m 付近を境界として上層はシルトや砂で構成され、下層は風化した砂岩または泥岩で構成される。GL.0 m～-9 m のN 値はほぼ 10 未満の緩い地盤であるのに対し、GL.-10 m～-13 m では24～32，GL.-13 m 以深では 50 以上であった。

杭の仕様を表-1に示す。本杭の載荷試験は別途文献を参照されたい³⁾。N 値が 50 以上の泥岩支持層を対象に 2 ケースを実施した。Case1 は削孔径φ255 mm で 15.5 m 削孔し、φ190.7 mm の鋼管を建込んだ。Case2 は削孔径φ335 mm で 15.6 m 削孔し、φ267.4 mm の鋼管を建込んだ。なお、本工法の杭材として用いる鋼管の先端部は、後述する地盤改良用に攪拌翼が付いた特殊な形状をしている。

試験杭の削孔方法は、ダウンザホールハンマー方式ではなくロータリーパーカッション方式とした。試験工事で使用した削孔機を写真-1に示す。本機は一般的なクロードリルを本工法用に改造したものである。主な特徴としては、(1)ブーム長が 3.65 m と短いので、空頭制限のある狭隘な場所でも適用可能である、(2)Case2 におけるφ318.5 mm のケーシングをつかむことができるため太径のマイクロパイル工事に対応できる、(3)ドリルヘッドが横にスライドできる機構のため、ケーシング脱着時に吊りワイヤーがスイベルと干渉することなく作業できる。また、削孔機を後退させることなく長尺鋼管の建込みが可能である、などが挙げられる。

施工手順は①削孔、②鋼管建込み、③グラウト注入、④杭先端の地盤改良、⑤ケーシング引抜き・グラウト補助注入、⑥杭頭処理である。以下に実施手順を説明する。

① 削孔

削孔機にケーシングを装着して杭芯にセットし、削孔位置および据付け角度を確認した。次に、杭周囲地盤の緩みを防止するため表層の2～3 m 程度を無水削孔した後、清水による二重管削孔に切り替えて所定の深度まで削孔した。削孔完了検尺を行った後、孔底のスライムを処理して、インナーロッドを回収した。

② 鋼管建込み

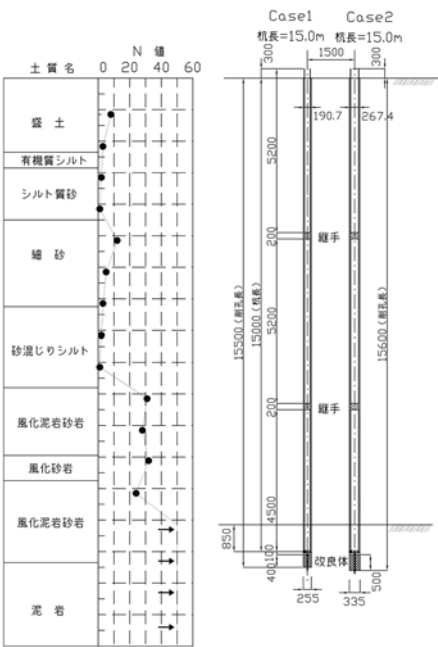


図1 柱状図および試験杭の設置位置

表-1 杭の仕様

項目	(Case1) φ255mm	(Case2) φ335mm
支持層土質	泥岩N値≧50	
削孔工	削孔径 (mm)	255 335
	削孔長 (m)	15.5 15.6
	ケーシング 外径 (mm)	245.0 318.5
鋼管諸元	鋼管 STK490	
	鋼管径 (mm)	190.7 267.4
	鋼管板厚 (mm)	8.2 9.3
	鋼管長 (m)	15.3 15.3
	杭長 (m)	15.0 15.0



写真-1 削孔機

鋼管はひずみゲージを事前に取り付け、予め地上で鋼管同士をねじ継手で接続した全長 15.3 m の鋼管をケーシング内に建込んだ。鋼管建込みには 25 t ラフタークレーンを使用した。

③ グラウト注入

鋼管下部より注入ホースでグラウトを充填した。

④ 杭先端の地盤改良

本工法の施工上の特徴である杭先端部の地盤改良では、異径カップリングを用いて鋼管を削孔機に接続し、削孔径の 1.5 倍の区間を改良長として鋼管を回転させながら 0.25 m/min で上下に 2 往復し、先端の攪拌翼でグラウトと 50 mm 以内の残留スライムを攪拌して、改良体を造成した。

⑤ ケーシング引き抜き・グラウト補助注入

削孔機と鋼管を切り離し、削孔機に再度ケーシングを接続して地盤中の全ケーシングを回収した。ケーシングを引き抜く際、孔内のグラウト面が低下するため、ケーシング 2～3 本回収ごとに補助注入した。

⑥ 杭頭処理

最後に口元スペーサーを杭頭部に設置して杭のセンタリングを図り、鋼管を所定の高さまで吊バンドで引き上げて固定した。孔内に注入したグラウトはブリーディングや地下水位以浅の地盤内への浸透によりグラウト面が低下するため、後から開放型の口元スペーサーの隙間よりグラウトを補充した。

3. 施工結果と考察

施工時における出来形の管理基準および結果を表-2 に示す。削孔位置、削孔角度および削孔長の管理基準を満足するように配慮しながら施工した。試験杭造成後の角度はいずれも 90° ±1° 以内を十分満足する結果であった。削孔後の残留スライム厚は増粘剤を用いた孔底洗浄の影響により管理基準値以下であったと推定される。鋼管建込みは杭長が 15.0 m となるように、所定の高さで固定した。また、杭先端部の地盤改良では、改良長さが削孔径の約 1.5 倍である 400 mm、500 mm となるように改良範囲を測定しながら造成した。

削孔時間と深度の関係を図-2 に示す。また、N 値と単位削孔時間の関係を図-3 に示す。φ 255 mm、φ 335 mm とも岩盤層で削孔能率が低下し、N 値が高いほど削孔時間を要したことが確認できる。岩盤層に入る前後の単位削孔時間の変化は φ 255 mm の 6.5 倍に対して、φ 335 mm は 12.2 倍と大きくなった。その要因として、削孔径が大きくなることによる抵抗の増大と、粘着質なスライムが孔内に滞留、あるいはビットに付着し掘進を阻害したためと推定される。

品質管理試験結果を表-3 に示す。プラントではグラウトの比重、流動性の試験を行い、後日一軸圧縮試験を行った。その結果 φ 255 mm、φ 335 mm のいずれも管理基準を全て満足した。また、参考として注入時に口元から漏出したグラウト材についても試験を行い、管理基準を全て満足することを確認している。

施工性については改造した削孔機を用いることで泥岩を支持層とする試験杭を造成することができた。また、φ 335 mm のケースでは削孔時間を要したが、ダウンザホールハンマーを使用しない標準的な施工方法が泥岩に対しても適用できることを確認した。

4. まとめ

泥岩支持層を対象とし、高性能小口径杭を標準的な施工方法で造成できることを確認した。ただし、ロータリーパーカッションドリルを用いた削孔方法では多大な時間を要するという課題が残った。また、高性能小口径杭における出来形・品質の各管理基準を満足する施工を行うことが出来た。

【参考文献】

1)国土交通省：国土交通白書 2019, p.110, 2019. 2)地盤工学会：地盤工学用語辞典, p.314, 2006. 3)粕谷悠紀ら：岩盤支持層を対象とした高性能小口径杭の押込み載荷試験, 第55回地盤工学研究発表会（投稿中）, 2020. 4)粕谷悠紀ら：小口径合成鋼管杭工法「ハイスペックマイクロパイル工法®」の開発, 大林組技術研究所報, No.79, p.3, 2015.

表-2 出来形の管理基準および結果

項目	管理基準	(Case1) φ 255mm	(Case2) φ 335mm
削孔位置 (m)	X	鋼管径の	0
	Y	1/4以内	0
杭造成後の角度	X	90° ± 1°	89.9°
	Y	以内	89.4°
削孔長 (m)	設計値 (15.50m)以上	15.5	15.6
スライム厚 (mm)	50mm以下	0	0
杭長 (m)	設計値	15.0	15.0

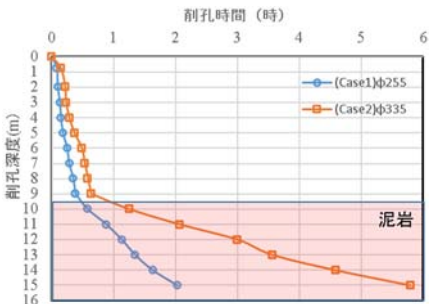


図-2 削孔時間と深度の関係

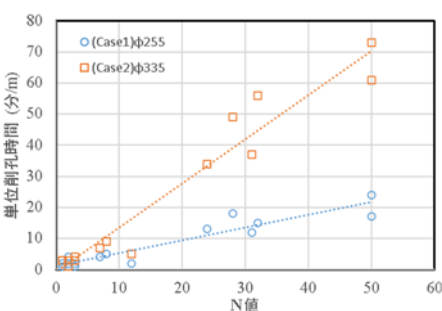


図-3 N 値と単位削孔時間の関係

表-3 品質管理試験結果

項目	管理基準	プラント		注入時(参考)	
		(Case1) φ 255mm	(Case2) φ 335mm	(Case1) φ 255mm	
練りあがり温度	(℃)	25	27	---	
比重試験	1.89 ± 4% (1.81 ~ 1.96)	1.87	1.86	1.83	
P ロート試験	13 ± 3 (s)	11.47	11.38	11.41	11.41
		11.28		11.41	11.41
一軸圧縮試験 σ ₂₈	30 (N/mm ²)	49.2	58.6	58.6	58.6
		51.4	53.5	53.5	53.5
		50.4	59.1	59.1	59.1