

8. 岩盤を支持層とする杭基礎の施工

— 宮古港海岸鍬ヶ崎地区防潮堤その2工事 —

Construction of Pile Foundation with Support layer of Bedrock

— Part 2 Construction of Seawalls at Miyako Harbor Coast Kuwagasaki Area —

笹田 拓司^{*1}

要 旨

本工事は、東日本大震災時に津波により被災した宮古市鍬ヶ崎地区に防潮堤を築造する工事である。本報文では、岩盤を支持層とする杭基礎の施工について報告する。

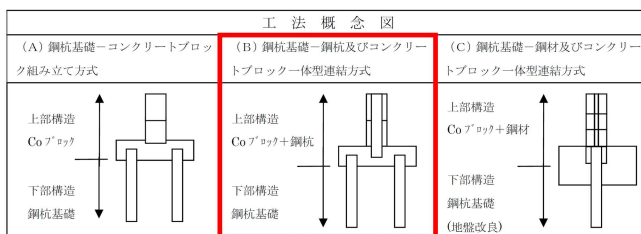
キーワード：東日本大震災／防潮堤／杭基礎／岩盤／CRID 工法

1. はじめに

近年、防潮堤の構造は、鋼管杭（φ800）とプレキャストトーチングブロックを下部構造とし、内鋼管およびコンクリートブロック一体型連結方式を上部構造とするハイブリッド構造である。工事の発注形態は、受注後詳細設計が提示される標準断面発注方式であり、不確定要素（杭長、施工方法、事業用地の換地時期等）を多く含んでいた。不確定要素の払拭に、実質1年の年月を要し、本報告記載時でようやく70%の進捗率である。



図ー1 全体工区図



図ー2 工法概念図

2. 工事における課題

受注時の設計図書においては、鋼管杭長はL=9.0m、16.0m、33.0mの3種類であったが、受注後の受領資料の照査および既往の文献調査結果から、支持層が傾斜して

杭長が連続的に変化することが予測された。そのため、施工箇所毎の杭長および構造を特定することが必要であった。（検討①）

施工箇所の地盤は、杭の施工の支障となる転石を含む中間層および支持層付近の岩盤層が存在していたが、鋼管杭の施工は先端根固め中掘工法で計画されており、中間層の転石による杭の高止まりや杭先端の根固め球根の造成不足に伴う先端支持力不足が懸念された。そこで、鋼管杭の施工方法についても再検討する必要があった。（検討②）

3. 実施方法および対策

3.1 追加地質調査

上記①②の検討に伴い詳細に地盤特性を把握する必要があり、追加調査ボーリングを行うことを協議事項とした。延長約600mの工事範囲において、コンサル事前調査ボーリングは6箇所（1箇所/約100m）行われていた。鋼管杭の高止まり、支持力不足による継ぎ杭、地形的特色の懸念から、三者協議においては30箇所（1箇所/約20m）の追加調査ボーリングの必要性を主張したが、協議の結果13箇所の追加ボーリングを行い、想定線と再度異なる場合は更なる追加ボーリングを行うこととなった。想定地盤との相違から、最終的には20箇所の追加ボーリングを行うこととなった。

地質調査位置は、杭の支持層への根入れ長を確実に確保するために、通常山側から海側に向かって地層が傾斜していることを考慮して海側の杭位置にて行った。さらに、山側から海側への支持層の傾斜を確認する目的で1箇所陸側の調査も行ったが、陸側へ支持層線が傾斜する結果となり、陸側の杭長を伸ばす計画となった部分もあった。この結果は、湾内では支持層が複雑に傾斜して形成され

^{*1} 土木事業本部東北土木部（執筆時の所属）

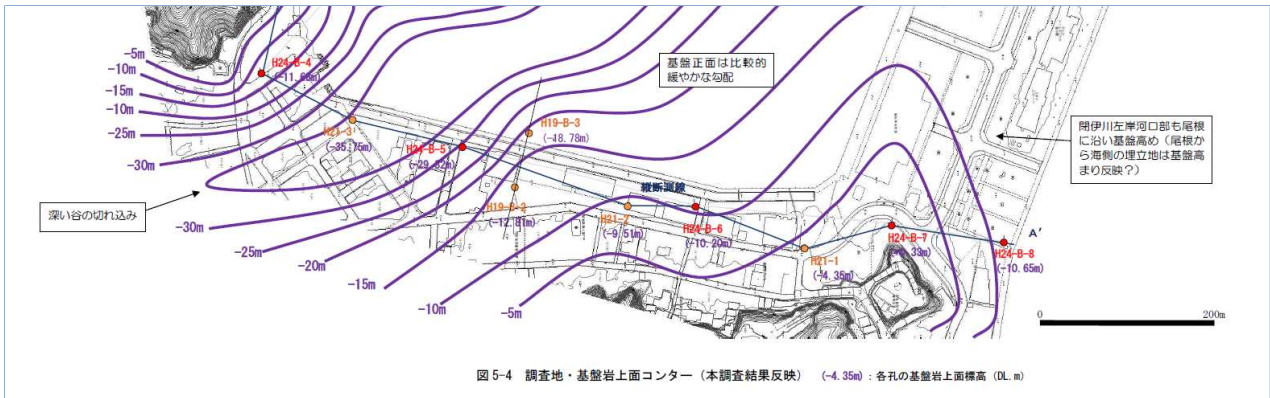


図-3 支持層コンター

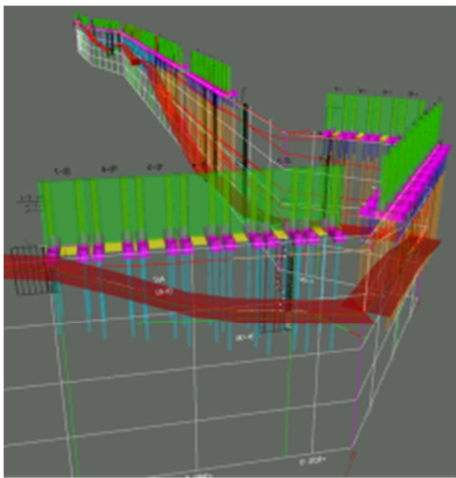


図-4 3D 表示縦断面図

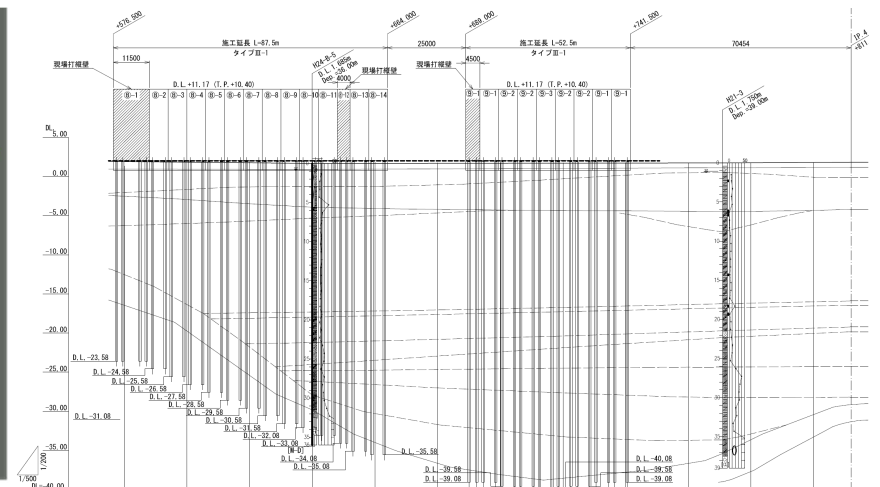


図-5 杭縦断面図（4工区）

ていることを現している。

3.2 杭長の決定

N 値 30 以上、下方に 3m 以上の形層（礫・岩）部を支持層とみなし、また、近接開伊川水門工事鋼杭工の杭先端の処理方式（国総建の見解：固い岩盤に無理に杭を貫入させることで、杭自体が損傷することは避けなければならない。杭の必要先端支持力を動的載荷試験で確認したうえで施工管理を行えば問題ない。）を受けて、杭の引抜き支持力（杭の周面摩擦力）、押込み支持力（杭の周面摩擦力+杭先端支持力）および長杭としての挙動（ π/β 以上の根入れ： β は杭の特性値）を満足する杭長が採用された。

3.3 施工方法

（1）中掘工法+最終打撃

岩級の Dg（礫）上層までは中掘工法（最終打撃工法）

とした。油圧ハンマを用いた最終打撃時のリバウンド計測による支持力確認を施工する全杭に対して実施した。ただし、地質調査結果により中間礫層において 50mm 以上の礫が予測されており、文献および前施工会社のヒアリングから検出径の 3 倍の礫が存在することが想定されたことから、中掘工法ではオーガ掘削不能となり杭の高止まりが懸念されたため CRID 工法への協議は継続していた。

（2）CRID 工法+先端支持力確認試験

岩級の MD（風化礫岩）、MCL（軟岩）、MCM（中硬岩）、MCH（硬岩）は、中掘工では削孔不能のため岩対応の CRID 工法を提案した。CRID 工法とは、CX ハンマー先端にパイロッドビット、鋼管杭先端にリングビットを配置し、CX ハンマーを正回転させることで、チャッキング一体化して岩を削孔する工法である。ダウンザホールハンマ工法との比較では、コストは同等であるが、ダウンザの気流の流れが横向きに排出されるのに対し、CRID のそれは上部に向かう構造であるため、近接構造物への影響が少な



図-6 CRID 工法構造図

いことが提案の最大の理由である。

4. 結果

4.1 追加地質調査について

調査コストが増加すると、リスクは減少し、信頼性は増加する。もちろん杭一本ごとに地質調査を行えば、ピンポイントでの設計が可能であり、施工時リスクが減少する。しかしながら、コスト面から発注者から全数調査を認められる可能性は低い。リスクを0にすることは難しいが、段階的な調査計画を提案し、加えて、リスクに対する補助工法を前もって検討（許容リスク）することで、発注者と請負者の最適リスクをとる、最適調査水準を構築することが必要であると考えます。

4.2 中掘工法+最終打撃 について

④-2 工区の支障物撤去時、巨石（300～500mm）が出現したため、エスパイラー（バックホウオーガ）にて試験掘を行った結果、約 GL-10m まで巨石が存在することが判明した。協議の結果、全周回転機械により、転石を置換ることとした（④-3 工区も同様）。④-2 工区では、3本の支持力不足杭が出現した。1.5mの継杭（製作2.5ヶ月）を溶接し、再度油圧ハンマー打設により必要先端支持力を確認した。④-3 工区では32本/36本中高止まりとなった。これは、前記、懸念事項であったため、施工前より2mの高止まりは許容範囲であるとの三者協議結果を得ていたため、31本は切断対応可能であったが、1本3.9m高止まりの杭については、鋼管内部に6mのコンクリートを打設することで水平力に対応できるとの県回答を得て補助施工を行った。杭天端のシアキー（杭とブロックの応力伝達鉄筋）については、再度現場溶接を行った。度重なる協議の結果、リスクを最小限に抑えられたと考える。



写真-1 CRID 工法施工状況



写真-2 先端支持力確認状況



写真-3 杭先端のシアキー

4.3 CRID 工法について

⑤工区は宮古漁協組合造船所に近接しており、施工中の建物等への変状が懸念されたため、変状測定を行ったが大きな変状は見られなかった。ただし、砕かれた岩紛や泥水が少なからず飛散するため、高所の飛散防止養生が必要であった（これはダウンザホールハンマ工法のほ

うが大であるが)。また、先端支持力確認試験において、設計杭天端より 20cm 下がったところで必要先端支持力を確認できた杭もあったが、許容範囲であった。④-1 工区施工中、埋土区間で削孔速度が著しく低下した。削孔土内に木片が確認され、旧護岸の木柵もしくは摩擦杭であると考えられた。半日かけて何とか打設完了となったが、構造上岩は砕き、転石も巻き込まず削孔するが、木に対しては、極限まで押込んでいくだけで、切断はできないところは弱点である。また、鉄筋コンクリートも同様に、削孔困難となる（ちなみに床掘時、不明鉄筋コンクリート支障物と 5cm のクリアランスで打設されていた箇所もあった）。リングビットは在庫を抱えているのではなく、受注生産であるため、不慮の変更に対応困難であるが、岩掘削の鋼杭工としては比較的コンパクトであり、外部への影響も少なく優れていると考える。

5. おわりに

CRID 工法では、設計位置まで打設後、ハンマーによる先端支持力の確認試験を行う。中掘工法（最終打撃工法）では、設計打設天端の 1D（杭径）～5D 手前（試験施工により決定）からハンマーによる打撃により支持力を発現させる。もちろん、前述のように、CRID 工法によっても期待される先端支持力が確認できない場合は、再度打撃によりそれを確認できるところまで杭を沈設する。しかしながら、岩級の MD（風化礫岩）層などを支持層とする場合は施工により亀裂や緩み（弱層化）を生じさせる場合があるため、過度の先端支持力を確認・発現させるまで沈設させることは望ましくないと考える。道示などの基準類でも記されていない範疇であるため、実績を蓄積（MD 層の N 値、厚さ、ラム落下高さ、最終打撃開始天端等）し、現場と照らし合わせながら、加えて試験施工を適時増やし対応する必要がある。

[謝 辞]

最後に、本報文の執筆にあたってご協力いただいた関係各位に深くお礼申し上げます。

本報告は、社内の第 10 回技術発表会において発表された内容を編集したものです。