

# 捨石マウンドへの鋼管杭打込み方法の検討と その施工について

宮城県土木施工管理技士会  
佐藤工業株式会社  
工事部  
佐藤 昭宏  
Akihiro Satou

## 1. はじめに

アジア諸国の経済力の向上、国際的な水平分業の進展により、我が国とアジア諸国の相互依存関係が強まる中で、我が国においてはジャストインタイムに対応した多頻度、小ロット輸送の必要性等、物流ニーズの高度化への対応がますます重要になっている。

本工事は、スーパー中枢港湾プロジェクトの一環として四日市港の霞ヶ浦北埠頭の岸壁を整備するものである。本論では、既設捨石マウンドへの鋼管杭の打込み方法の検討とその施工について述べる。

### 工事概要

- (1) 工事名：霞ヶ浦北埠頭岸壁工事
- (2) 発注者：四日市港管理組合
- (3) 施工場所：三重県四日市市（図-1）
- (4) 工事内容：

鋼管杭工（φ900） L=42.0～48.0m 56本  
床掘工（バージェンローダー式） V=18,500m<sup>3</sup>

## 2. 現場における問題点

- (1) 既設岸壁の捨石マウンド

鋼管杭打込み位置に既設岸壁（ケーソン式）の捨石マウンドがあり障害となった。既設岸壁は供用中であり、また、岸壁の安定計算を試みても撤

去できないことが判明した（図-2、図-3）。



図-1 施工位置図

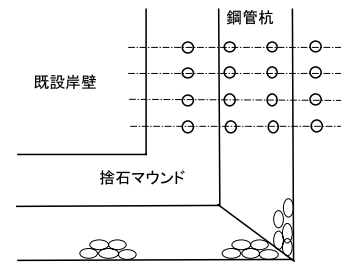


図-2 平面図

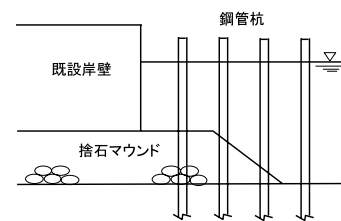


図-3 縦断図

- (2) 杭支持力の確認

鋼管杭は先端支持力と周面摩擦力で上部構造物

を支持する。打込み方法が油圧ハンマーであれば貫入量とリバウンド量で正確に支持力を推定できるがウォータージェット併用バイブロハンマーでは正確さが期待できない。

### 3. 対応策（鋼管杭打込み方法の検討）

施工可能で現実的な以下の3つの工法を提案した。

#### (1) 砂による置換工法

杭打船にオーガケーシング（φ1,500）を装着し、鋼管杭打込み箇所を削孔する。削孔完了後、バケットにて砂を投入し、置換後鋼管杭を打込む。

（2工程）

#### (2) ウォータージェットカッター併用バイブロハンマー方式

杭打船にウォータージェットカッターとバイブロハンマーを装着し、鋼管杭を打込む。（1工程）

#### (3) 仮設栈橋による大口径ボーリング工法

捨石マウンド上に仮設栈橋を設置し、大口径ボーリングマシンで一本につき複数孔削孔し碎石で置換後、杭打船の油圧ハンマーで鋼管杭を打込む。（3工程）

検討結果を表-1に示す。

表-1 施工方法検討結果

| 案                         | 施工性 | 環境に与える影響 | 経済性 | 結果 | 摘要             |
|---------------------------|-----|----------|-----|----|----------------|
| 砂置換工法                     | ○   | ○        | ○   | 採用 |                |
| ウォータージェットカッター併用バイブロハンマー工法 | ○   | ×        | ○   | -  | 捨石マウンドを乱す恐れがある |
| 仮設栈橋による大口径ボーリング工法         | △   | ○        | ×   | -  | 仮設栈橋設置費 大      |

### 4. 砂置換工法の施工

#### (1) 施工手順

施工手順を以下に示す（図-4）。

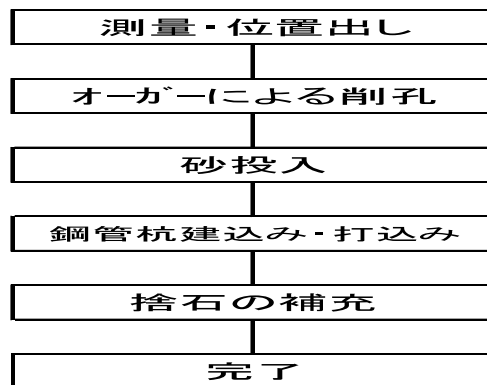


図-4 施工手順

#### ① 測量・位置出し

鋼管杭打込み位置は、世界測地系の座標データよりトラバース測量にて確認した。鋼管杭の中心座標はもちろんのこと鋼管杭の海側の面及び山側の面の座標を計算しておき精度を上げた。

既設岸壁上には、控えのポイント（杭中心及び杭面）を設置し鋼管杭の誘導に備えた。

#### ② オーガーによる削孔

杭打船にオーガー掘削機及びケーシングを装着しGPSでの誘導とともに陸上からの法線誘導で位置決めをした。

オーガー掘削機は一軸の大口径全周回転掘削式を採用した。また、ケーシングは鋼管杭の直径が900mmであり、測量誤差や砂の移動による捨石の置換体の中への侵入に備え、両側300mmの余裕を考慮し径を1,500mmとした。

オーガー掘削は、捨石下端より1.0mを目標におこなった。しかし、捨石下端1.0m以下でも捨石が見受けられ、完全に底質の土砂が排土されるまで掘削を続けた（図-5）。

排土されたものは、粒径が0～60mm程度の破碎岩であった。オーガーとケーシングは互いに逆方向に回転し掘削していくが多々捨石の咬みこみがあり、掘削機のモーターに負荷がかかる傾向にあった。

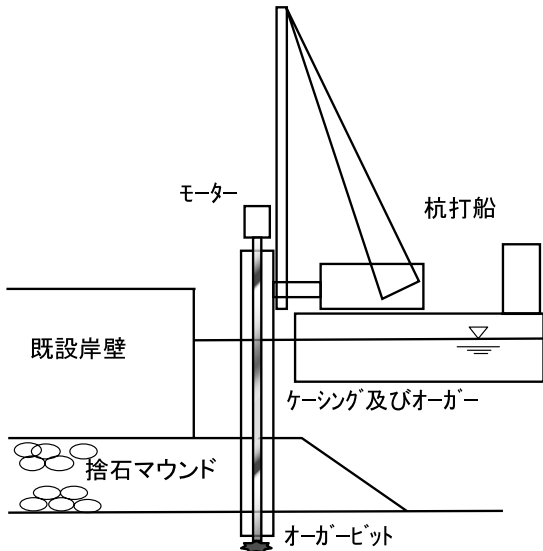


図-5 削孔状況

③ 砂投入 (図-6)

あらかじめ杭位置に置換長から必要砂量を計算し、砂の投入に備えた。砂の投入は陸上からトラッククレーンによりバケット (1.0m<sup>3</sup>) でおこなった。

オーガーによる掘削完了後、オーガーを引き抜きケーシングを自立させた。ケーシング上部に足場を設置し、砂を投入した。

置換砂量は必要砂量の1.5倍を投入し、捨石の空隙部にいきわたるようにした。また、レッド(測深尺)により砂の天端がマウンド天端より高いことを確認し砂の投入を完了した。

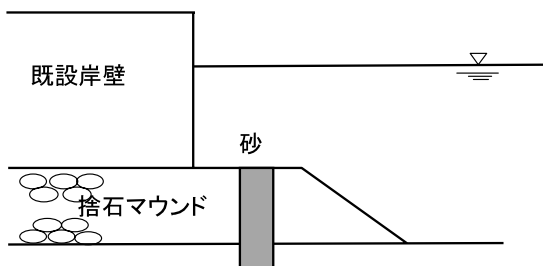


図-6 砂置換完了

④ 鋼管杭建込み・打込み (図-7、写真-1)

・鋼管杭建込み

鋼管杭の建込みは、長尺の鋼管杭であることから3点吊とし鋼管杭の折れ、曲がり等の有害要因を排除した。また、重防食が施されているため重防食箇所の養生を行い吊込みを開始した。

誘導はGPS及び陸上からの誘導とし、置換箇

所を乱すことの無いよう慎重におこなった。

・鋼管杭打込み

鋼管杭の打込みは、油圧ハンマー (IHC) でおこなった。砂置換以外の箇所では鋼管杭の自重で6m程度自沈し、油圧ハンマーの荷重をかけるとさらに4m程度自沈した。しかし、砂置換部では砂置換部への捨石の侵入が見受けられ、捨石が障害となり鋼管杭の自重だけでは自沈しなかった。油圧ハンマーの荷重と油圧ハンマー起動による打込み時の衝撃で鋼管杭は捨石部を貫入することができた。

鋼管杭の打止め高さ付近では、計画の岩線 (支持地盤) が出現し、良好な貫入量、リバウンド量が計測され設計の支持力を満足した。

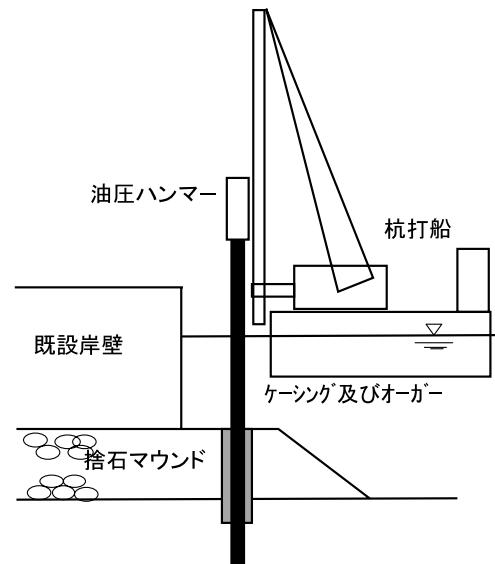


図-7



写真-1 鋼管杭打込み状況

⑤ 捨石の補充 (図-8)

鋼管杭打込み完了後、砂置換部の捨石マウンドに鋼管杭打設時の巻き込みによる捨石の沈下が見

受けられたため、また、既設岸壁の安定のために捨石の補充をおこなった。

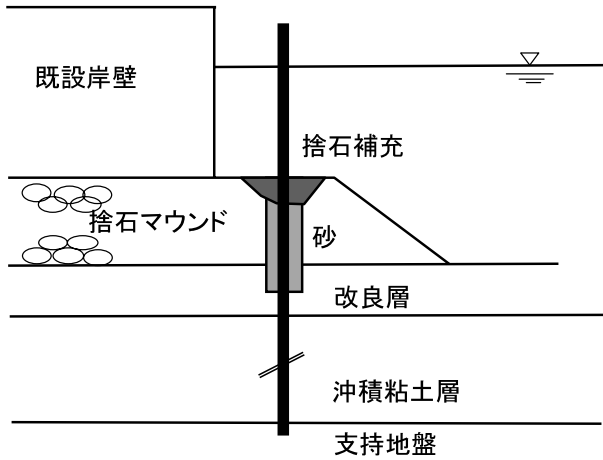


図-8 鋼管杭打込み完了及び捨石補充状況

## 5. 適用結果

捨石マウンド部への鋼管杭の打込みは、全杭において捨石マウンド部の貫入に成功し、また、設計の支持力度を満足できた。しかし、施工には以下のような課題があったと思われる。

### (1) 砂置換径 ( $\phi 1,500\text{mm}$ ) の適否

施工では砂置換径を安易に  $\phi 1,500\text{mm}$  としたが、周辺の捨石が砂の圧密とともに砂置換部に侵入して鋼管杭打込みの障害となった。両側300mmの余裕幅では厳しかったといえる。

### (2) 砂置換長の検討

施工では捨石マウンド下端より1.0m余裕を見ていたが、捨石はそれよりも深部にも存在した。これまでの捨石マウンドやその深部層の圧密沈下を考慮すべきあり、2.0m程度の余裕をみる必要があった。

### (3) 投入砂量の算定

投入砂量は捨石マウンド厚とケーシング径から算定し、割増率を1.5として投入したが、不足している箇所も見受けられ、結果的に捨石の移動侵入を許した。そして、ケーシング引抜時に侵入したと思われる箇所もあった。これはケーシング周囲にも砂を投入することで防止できると思われる(図-9)。

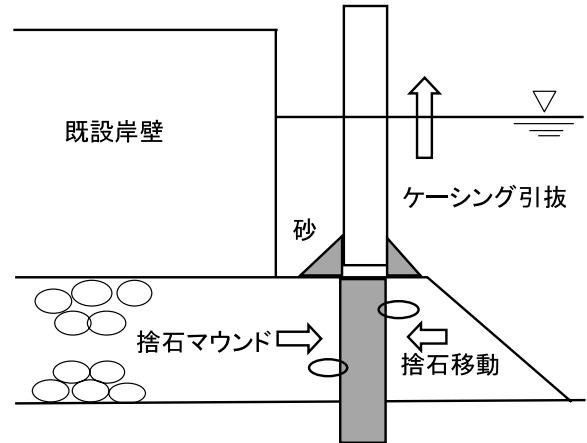


図-9 ケーシング引抜時の捨石の挙動

### (4) 砂投入時の足場の安全性

砂の投入は、陸上からトラッククレーンでバケットによりおこなったが、足場はケーシング上部に設置した吊足場のみであり、吊荷(バケット)の振れがあると足場上では退避場所がないため危険であった。今後の改善点であると思う。

### (5) 砂置換完了から鋼管杭打込みまでの時間ロス

砂置換完了から鋼管杭打込みまでは、一連の作業として施工し、砂置換箇所への捨石の移動侵入量の少ないうちに施工すべきであった。

杭打船のオーガー掘削機の取外し、油圧ハンマー取付作業に時間がかかったうえ、海象が厳しくなり鋼管杭の打込みは砂置換完了から4日目となった。

杭打船をオーガー掘削用と鋼管杭打込み用の2隻用意することでこの課題は解消したが、回航費等の面で現実的ではなかった。

## 6. あとがき

人口減少、高齢化時代の進展に伴い新たな社会資本の整備は減少してくると思われる。逆に、既存の社会資本の維持、補修工事は増えてくると思われる。今回の工事のように既設岸壁を供用しながら機能を向上させるといった工事のニーズは多い。

この工事での施工方法の検討で、私は工事において工法の選定がいかに重要であることを学び、工法の選定が安全性や工事原価及び工程管理にまで影響を及ぼすものであると実感した。