

VI-165 N値50以上の中間砂層を有する地盤における長尺鋼管杭の施工

榎フジタ 正会員 小 畑 耕 一
同 上 小 川 新 次

1. はじめに

近年、構造物の大型化およびウォーターフロント開発に伴い、様々な基礎形式の開発、研究がなされているが、鋼管杭基礎についても大口径化、長尺化の傾向が顕著である。

長尺鋼管杭（打込み杭）の施工において、打込み時に杭体に発生する応力、施工性および貫入性の推定は、杭の施工の可否を判断するには不可欠な事項である。

本稿は、一般河川信濃川に建設中の大島頭首工（取水堰）において施工したN値50以上の厚い中間砂層を有する地盤における長尺鋼管杭についての、施工計画時における打込み施工性の解析および実施工において解析と比較検討した結果について報告するものである。

2. 工事概要

本工事は、一般河川信濃川に堰長150mの頭首工（図-1）を半川締切により建設するものである。

頭首工建設地の地盤は、河床より約70mの間が沖積層であり、それ以深は洪積層となっている。沖積層は図-2に示すように軟弱なシルト、粘土層とN値50以上の堅固な中間砂層との互層となっている。このうち第1中間砂層は、層厚も5~10mと厚くエプロン等の付属施設の基礎杭（PC杭）の支持層となっている。

本頭首工の主構造物である堰柱の基礎は、これらの堅固な中間砂層を打抜き、GL-70m以深の洪積礫層を支持層とする鋼管杭基礎（ $\phi=800\text{mm}$, $L=70\text{m}$ ）であつた。

3. 施工計画時における解析

鋼管杭の施工方法としては、打撃工法および中掘工法が代表的である。この2工法を対象に、堰柱基礎杭施工において考えられた問題点を以下に示す。

(1) 打撃工法—ディーゼルハンマ7.2t級

① 中間砂層の打抜きが非常に困難である。
② 鋼管杭の板厚が上杭は $t=14\text{mm}$ であるが、他は $t=9\text{mm}$ であり、打込み中の杭体の座屈破壊が考えられる。

③ 杭長が $L=70\text{m}$ と長尺であり、打撃回数が過大になる事が考えられる。

(2) 中掘工法

① 施工深度としては50m程度までが一般的であり、深度70mではパワージャッキ等の補助が必要となる。
② 杭先端の処理は、モンケンでは打撃力不足となり、セメントミルク等の処理の場合は施工管理、支持力管理が難しくなる。

以上の事柄より、単独工法での堰柱基礎杭の施工は困難と判断し、中掘併用打撃工法を採用した。

工法検討の際に行ったE.H.Smithの波動方程式による解析結果を図-3に示す。

解析の条件としては、以下の2工法とした。

① 全長打撃工法—ディーゼルハンマ7.2t級

② 中掘併用打撃工法—中掘深度 $L=54\text{m}$, 上杭打撃ディーゼルハンマ6.0t級

解析結果としては、全長打撃工法では深度34mで貫入不能となり、杭体の応力も許容値を上回る。中掘併用打撃工法では、貫入可能であり杭体の応力も許容値以下となった。

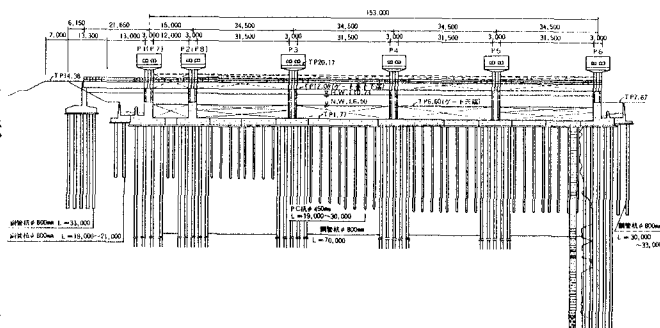


図-1 大島頭首工正面図

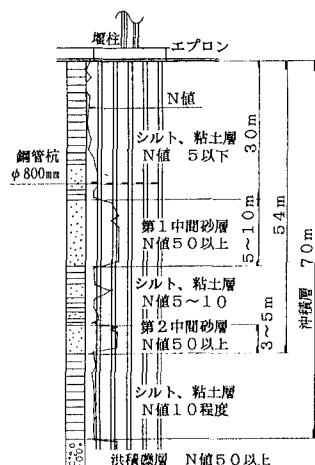


図-2 土質概要図

4. 施工実績

中掘併用打撃工法により施工した結果を以下に示す。なお、施工時の貫入量の推移を図-3に、ひずみゲージによる上杭打撃時の杭頭応力測定結果と E.H.Smithの波動方程式および各種の打撃応力算定式との比較を図-4に示す。

①中間砂層は、ほぼ問題なく中掘圧入できた。一部圧入困難となったが、モンケンにより施工できた。

②打撃回数は 1,400回程度であり、解析結果とほぼ同じ数値であった。

③最終貫入量は 2.0mm以下の数値を示しており、解析による数値 4.9mm に対しかなり小さい値となった。これは杭長が $L=70\text{m}$ と長尺であり、しかも中掘を 54m 実施しているため、杭体のリバウンドが著しくハンマのはね上げ現象を誘発し、打撃力のロスにつながったものと考えられる。

また、実測のリバウンド量は最終で40mm程度と、解析時の15mmを大きく上回る結果となった。

④支持層貫入長は施工状態より判断して1.0m程度が限界であり、設計貫入長の $2D=1.6\text{m}$ を下回ったが、動的支持力式および鉛直載荷試験により十分設計支持力を満たしていることが確認できた。

支持力管理に Hileyの式、Hileyの簡略式および道路橋示方書の式の3種を用いた結果、以下のような数値の順序となった。

Hileyの簡略式 < Hileyの式 < 道路橋示方書の式

⑤杭頭の最大打撃応力は $\sigma=1,693\text{kgf/cm}^2$ であり、適正な打撃応力の範囲といえる。また、杭板厚 $t=9\text{mm}$ の部分での応力は $\sigma=2,000\text{kgf/cm}^2$ 程度と推定され、必ずしも杭の座屈に至る応力は発生していないと考えられる。

⑥杭頭応力の実測値は推定式 (2) (3) (5) と比較的近い値を示した。これは、(1) (4) 式がハンマ効率 $e=0.8$ を使い、他は $e=0.6$ としたためと考えられる。

堰柱基礎杭の施工実績は以上の通りであったが、中間砂層を支持層とする魚道基礎杭(鋼管杭 $\phi=800\text{mm}$, 上杭 $t=14\text{mm}$) を利用しディーゼルハンマ6.0t級により試験施工した結果、中間砂層に杭先端が5m程度貫入した時点で貫入量が 1.0mm 以下となり、解析時に推定した中間砂層打抜き不能の状態を確認した。

5. おわりに

今回の施工により、長尺基礎杭における施工性の解析、施工時における解析との比較および施工結果から設計条件へフィードバックする事の重要性を再認識することができたと考えている。

最後に、大島頭首工の施工にあたりご指導をいただいた関係各位に紙面を借りて深く感謝の意を表する次第である。

【参考文献】

1. 北陸農政局 大島頭首工基礎杭試験工事報告書
2. 北陸農政局 大島頭首工堰体検討業務報告書
3. 鋼管杭協会 鋼管杭 - その設計と施工 -

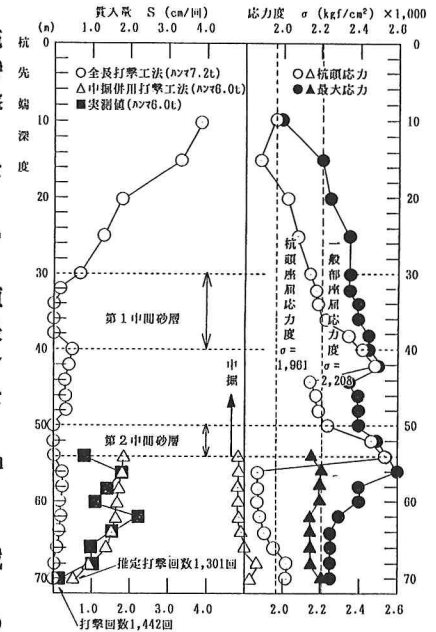


図-3 施工計画時解析結果

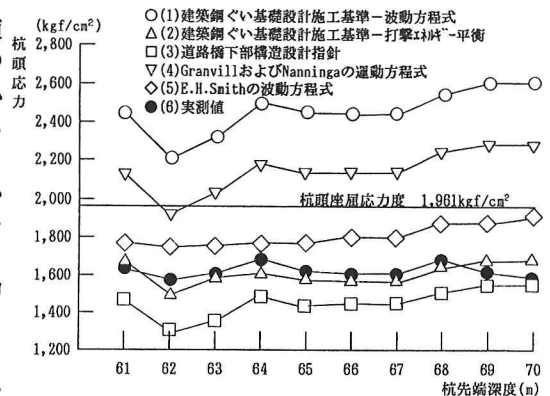


図-4 杭頭応力測定結果

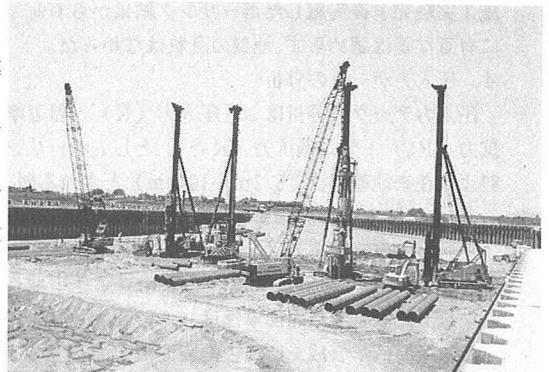


写真-1 堰柱基礎杭施工状況