

東京港新客船ふ頭における大口径鋼管杭の載荷試験(その1)

大口径鋼管杭, 打撃工法, 衝撃載荷試験

東京都港湾局東京港建設事務所 森野 亮吾, 黒米 郁
同上 宮司 剛志, 山下 晃三
国研) 海上・港湾・航空技術研究所 水谷 崇亮
(株) 地盤試験所 国際会員○山下 久男

1. はじめに

東京港新客船ふ頭では, 図-1 に示す臨海副都心地域の海上に, 図-2 に示すジャケット式栈橋の上に4階建ての客船ターミナルを建設する予定である。

基礎杭には大きな荷重が作用することから, 大口径鋼管杭(直径2,000mm)を採用した。大口径鋼管杭の支持力メカニズムは, 東京湾横断道路¹⁾, 東京ゲートブリッジ²⁾で載荷試験が行われているものの実施例は少なく, 明らかになっていないのが現状である。特に, 先端閉塞効果がどの程度発現するかが大きな課題となっていた。

そこで, 客船ターミナルの大きな荷重に対して図-3 に示す杭先端に井桁リブを取り付けた杭を用いて, 必要支持力が得られる支持層への根入れ比(支持層への根入れ長/杭径)の確認を目的として試験杭2本の衝撃載荷試験および急速載荷試験を行った。

本稿では, 試験杭の設計・施工内容および打ち止め管理で実施した衝撃載荷試験結果について報告する。

2. 試験杭の仕様

試験杭の仕様を表-1 に示す。

表-1 試験杭(材質 SKK490)の仕様

杭	杭径 (mm)	板厚 (mm)	杭長 (m)	支持層 根入れ比	先端
NO.1	2,000	24	57.0	1.6(目標 2.5)	井桁
NO.2	2,000	24	62.0	4.7(" 5.0)	井桁

3. 地盤条件

試験位置の地盤条件を図-4 に示す。この図の NO.5 ボーリングは設計に用いたもので, 追加ボーリングは NO.1 試験杭位置のデータである。この図より, 支持層は AP-46.1m 以深の砂礫層, 泥岩とし, この支持層に NO.1 杭は根入れ比 1.6, NO.2 杭は 4.7 で打ち止めた。

4. 設計概要

基礎杭は, 文献³⁾に基づき設計している。その考え方は以下の通りで, この式の閉塞率は, 文献³⁾に示されている山原の式から井桁リブを等径 0.53m に換算し 0.6m 以下なので $\alpha = 1$ と仮定した。この式(1)で求めた基礎杭の特性値と設計用値を照査した結果を表-2 に示す。

$$R_u = 300 \alpha N A_p + \sum r_{iki} A_{si} \dots\dots\dots(1)$$

R_u : 杭軸方向抵抗力の特性値(kN), α : 閉塞率, N : 杭先端地盤の N 値(32)

A_p : 杭の閉塞面積(m²), r_{iki} : i 層の平均周面抵抗力(kN/m²), A_{si} : i 層の杭の周面積(m²)

ここで, 砂質土地盤に対して $r_{iki} = 2Ni (\leq 100)$, N_i : i 層の平均 N 値

粘性土地盤に対して $r_{iki} = Cai (\leq 100)$, C_{ai} : i 層の杭の平均付着力(kN/m²)



図-1 試験実施位置

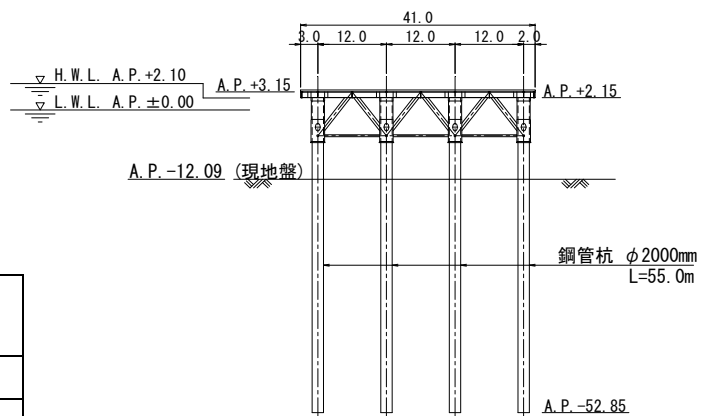


図-2 ジャケット式栈橋断面図

先端仕切板詳細図

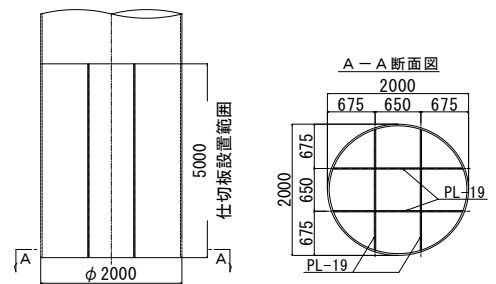


図-3 井桁リブ詳細図

Bearing capacity of the large diameter steel pipe pile(No.1)

Ryogo MORINO, Iku KUROGOME, Tsuyoshi MIYATSUKASA, Kozo YAMASHITA(Bureau of Port and Harbor, Tokyo Metropolitan Government), Takaaki MIZUTANI(Port and Airport Research Institute), Hisao YAMASHITA(Jibanshikenjo Company Limited)

表-2 杭の支持力照査結果(押込み:根入れ比 1.0)

作用 case	特性値 (kN)	安全率	設計用値 (kN)	発生軸力 (kN)
常時	46,816	2.5	18,726	14,261
L2 地震時	46,816	1.0	46,816	27,052

5. 施工概要

試験杭の施工は、国内最大級の IHC-S280 油圧ハンマを用い、衝撃载荷試験 (PDA) を併用しながら打設した。

試験杭は、最初に支持層への目標根入れ比 5.0 の NO.2 杭を施工した。支持層打設中のハンマエネルギー、全抵抗の計測結果を図-5 に示す。NO.2 杭は、打設予定の手前 AP-55.51m (根入れ比 4.7) で貫入不能となり打ち止めた。

NO.1 杭は、NO.2 杭の施工データから根入れ比 2.5 の範囲で全抵抗が最大値 (17MN) 以上となる AP-49.315m (根入れ比 1.6) で打ち止めた。その結果を図-6 に示す。両杭の打ち止め時の波形を用いたマッチング解析結果を表-3 に示す。

この表が示すように、打ち止め時の NO.1 杭はハンマエネルギー 174kN・m、貫入量 4.1mm、リバウンド量 7.6mm の杭で施工時静的抵抗力は 8,809kN、NO.2 杭は、240kN・m のエネルギーで貫入量 2.1mm、リバウンド量 12.3mm、静的抵抗力 12,556kN であった。

参考までに、打ち止め時のデータを用いて文献³⁾に示されている Hiley 式で求まる養生後の支持力は、NO.1 杭で 22,025kN、NO.2 杭で 29,091kN であった。

表-3 衝撃载荷試験結果(マッチング解析)

試験杭	単位	NO.1	NO.2
ハンマエネルギー	kN・m	174	240
伝達エネルギー	kN・m	162	213
貫入量	mm	4.1	2.1
リバウンド量	mm	7.6	12.3
全抵抗	kN	17,718	26,569
周面抵抗力	kN	2,389	5,001
先端抵抗力	kN	6,420	7,555
静的抵抗力合計	kN	8,809	12,556
支持層への根入れ比	—	1.6	4.7

6. おわりに

今回、大きな荷重が作用するジャケット式栈橋の杭に採用した大口径鋼管杭(直径 2,000mm)の設計・施工内容について紹介した。このような大口径が採用された例は少なく、設計で求められる支持力性能を発現するかについて急速载荷試験を実施して進めているが、その内容は文献⁴⁾で発表する。

参考文献

- 1) 樺山, 本間他; 東京湾横断道路大口径鋼管杭鉛直载荷試験, 土と基礎, February 1992
- 2) 菊池, 佐々木他; 大口径鋼管杭の鉛直支持力について, 構造工学論文集, Vol.51A, 2005.3
- 3) 港湾の施設の技術上の基準・同解説; (社)日本港湾協会, 平成 19 年 7 月
- 4) 森野他; 東京港新客船ふ頭における大口径鋼管杭の载荷試験(その 2); 第 53 回地盤工学研究発表会(投稿中)

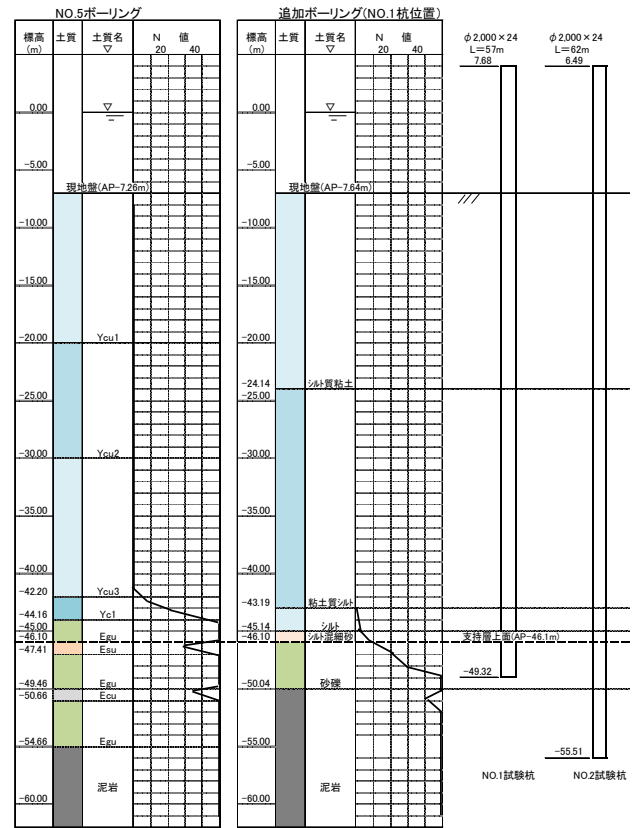


図-4 地盤条件

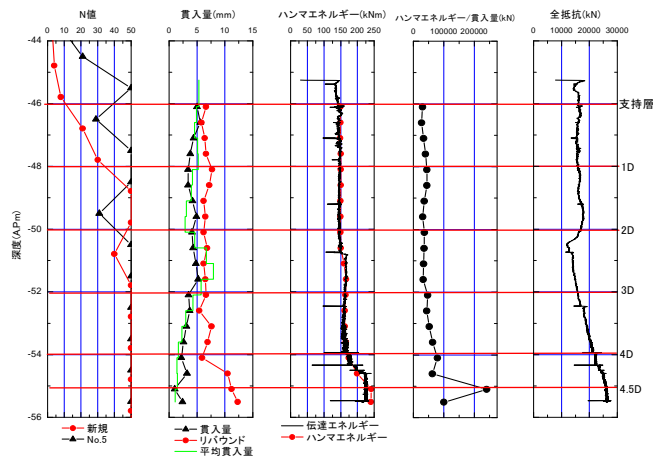


図-5 NO.2 杭の打設結果

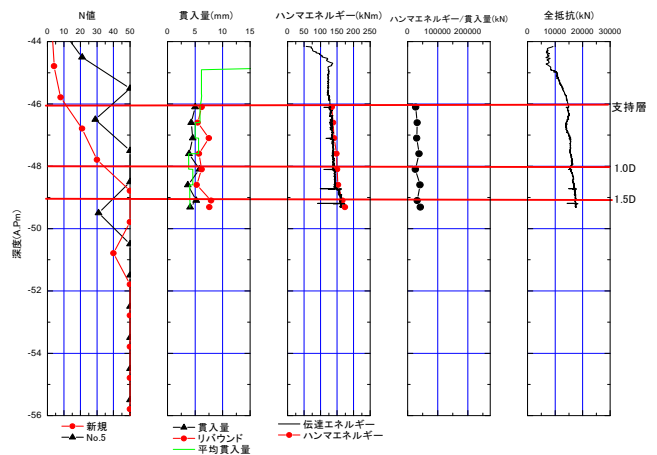


図-6 NO.1 杭の打設結果