

インドネシアでの港湾工事における鋼管杭の鉛直載荷試験

川崎製鉄(株)建設事業部 正会員 吉武 英樹
川崎製鉄(株)建設事業部 正会員 宮川 裕史
川崎製鉄(株)建設事業部 正会員 三浦 聡

1. はじめに

1999年10月、インドネシアのスマトラ島における工場製品積出用の栈橋(対象船舶:5,000~52,000DWT)建設工事(図-1)が竣工に至った。本工事では、基礎杭として開端鋼管杭(杭径812.8mm、杭長38~50m、160本)を使用しており、日本の港湾基準に準じて設計を実施した。本報告は、現地施工期間中に実施した杭の鉛直載荷試験についての結果と、そこから得られた栈橋基礎の設計に関する留意すべきポイントについて整理するものである。

2. 基礎杭の設計

2.1 栈橋建設地の地盤構成

現場の地盤構成は、土質調査結果(図-2)から概ね以下の3層に分類できる。

1. 表層(海底~LWL-30m程度、厚=20-25m)
小コーラル片を含む「砂質土層」で、 $N=2\sim4$ の軟弱な層である。
2. 第2層(LWL-30~-40m付近、厚=1-10m)
表層から下は、 $N\geq 50$ の「硬質粘性土層」となっている。三軸圧縮試験(UU試験、1サンプル)の結果は、 $C_u=0.8\text{ kgf/cm}^2$ であった。
3. 第3層(LWL-31~-40m以深)
 $N=25\sim50$ の「粘性土層」であり良好な支持層と判断した。一軸圧縮試験では、平均 $q_u=0.5\text{ kgf/cm}^2$ 程度であった。

2.2 設計に適用した支持力算定式と土質データ

港湾基準における粘性土地盤への打込み杭としての算定式を用い、下記3つの適用条件のもと設計支持力を算定した。①先端閉塞率は70%、②砂層の摩擦力は $N/5(\text{tf/m}^2)$ 、③粘性土層の粘着力は両層とも $N/1.6(\text{tf/m}^2)$ (但し、付着力の上限は 10 tf/m^2 とした(港湾基準))。今回、室内試験結果は信頼度が低かったため適用できなかった。設計支持力を載荷試験杭の打設記録と併せ図-2に示す。設計結果から周囲摩擦力が卓越する摩擦杭となった。

3. 鉛直載荷試験の概要

図-1に示した連絡橋ピアにて、図-3に示すように本設杭4本を反力杭として中央に同サイズの試験杭を打設し、静的載荷試験を実施した(試験内容は図-4に併記)。計画最大荷重は450tf(設計極限支持力 $\times 137\%$)とし、載荷方法はASTM D1143における標準載荷法(地盤工学会での載荷方法B、単サイクルに相当)に従った。杭打設後の放置期間は21日間とした。

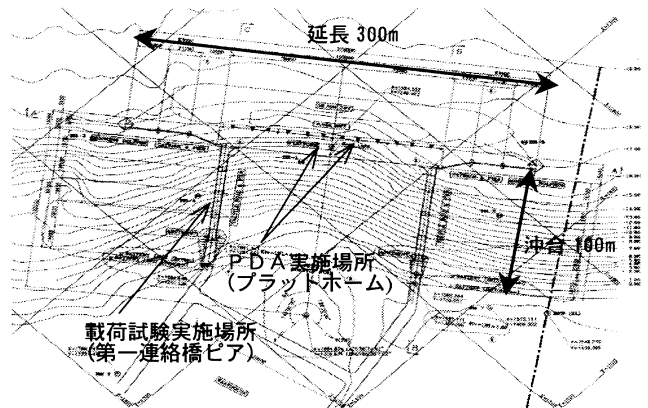


図-1. 栈橋全体平面図

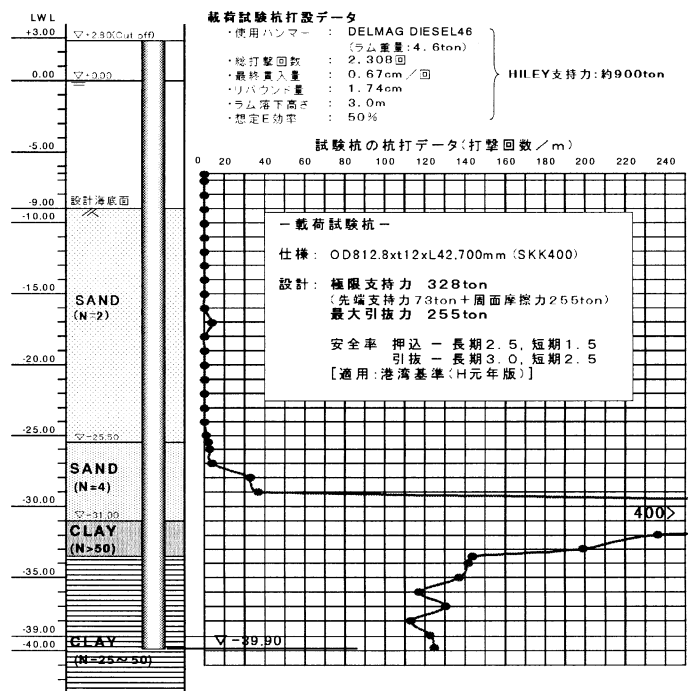


図-2 土質柱状図と試験杭打設データ

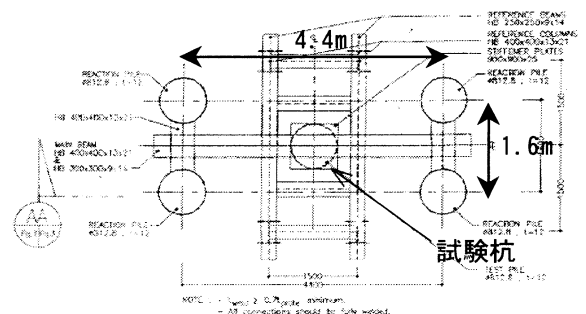


図-3 載荷試験装置平面図

キーワード: インドネシア、鋼管杭、粘性土地盤、摩擦杭、鉛直載荷試験

連絡先: 川崎製鉄(株) 建設事業部 蔵前分室

東京都台東区蔵前2丁目17番4号リバー蔵前ビル5F Tel 03-3864-3661 Fax 03-3864-3735

4. 試験結果と考察

4.1 降伏荷重と極限荷重

荷重～沈下量～時間関係を図-4 に示す。荷重～沈下量曲線での δ は杭の弾性変形量を表す。

図-5 にて検討を行った結果、降伏荷重 $R_y = 330\text{tf}$ (設計 $R_u \times 101\%$)、極限荷重 $R_u = 370\text{tf}$ (設計 $R_u \times 113\%$)、破壊性状は全般的破壊であった。

4.2 先端支持力と周面摩擦力

杭体伸縮計で計測された歪から算定した杭軸力分布及び周面摩擦分布を図-6 に示す(点線：計測値、実線：補正推定値)。この結果、極限状態(載荷 338tf)における先端支持力は 80tf 、周面摩擦力は 258tf であることが判明した。尚、付着力は、分布形状は異なるものの、設計値とほぼ同値であった。

4.3 結果分析と設計の留意点

試験結果から、①摩擦力が卓越する支持機構、②先端と周面の分担比率、が設計通りであったことが確認できた。また、別途プラットフォームで行ったPDAからも同様な値と傾向が得られており、設計～静的試験～動的試験の結果は整合した。その一方、今後の近隣類似工事に対し、下記の設計上の留意点が挙げられる。

1. 硬質粘土層の打抜き効果により、先端閉塞率は設計より大きかった。(∵最大軸力の推定結果が大きかった)
2. 粘性層の過圧密性は高く、粘着力に対し付着力をあまり期待出来ない。(∵Tomlinsonの付着力係数が小さかった)
3. 第2層(硬質粘土層)での粘着力の信頼性が低かった。(∵現地業者データ)
4. 計測・解析誤差、杭打設範囲地層の水平分布誤差に対する安全率が小さかった。(∵設計値と試験結果の差がなかった)

5. おわりに

基礎杭の設計に際し、一軸、三軸の圧縮試験結果の適用や、塑性指数、粒度分布から適正に評価された N 値の適用が不可欠ではあるが、インドネシア(海外工事)における設計、載荷試験を通じ、下記の現状を認識した。

1. 現地業者による室内試験の信頼度は依然低い。ため、 N 値偏重の設計をせざるを得ない。
2. 粘性土の粘着力～付着力関係は、港湾基準よりも過圧密性を上限なく考慮している建築基準の方が整合する。
3. 室内試験データが充分でなく N 値から推定する場合、設計施工の誤差に対する適当な安全率が必要。(今回、粘性土の設計 C 値(tf/m^2)は $N/1.6$ でなく $N/3 \sim N/4$ が妥当)

安全性を確保しつつ現場条件を的確に反映した設計に近づくために、海外工事についても土質データの収集と地域や地盤の特性分析を行い、これらをどのように適用すべきかの検討を今後も続けてゆく。

<参考文献> 1. 杭基礎の調査・設計から施工まで, (社)土質工学会, 1983、 2. 鋼管杭-その設計と施工, 鋼管杭協会, 1995

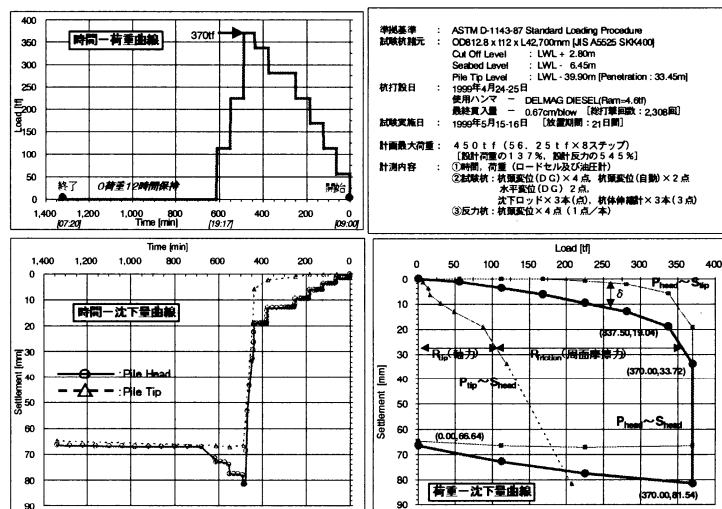


図-4 荷重～沈下量～時間関係図(含む試験概要)

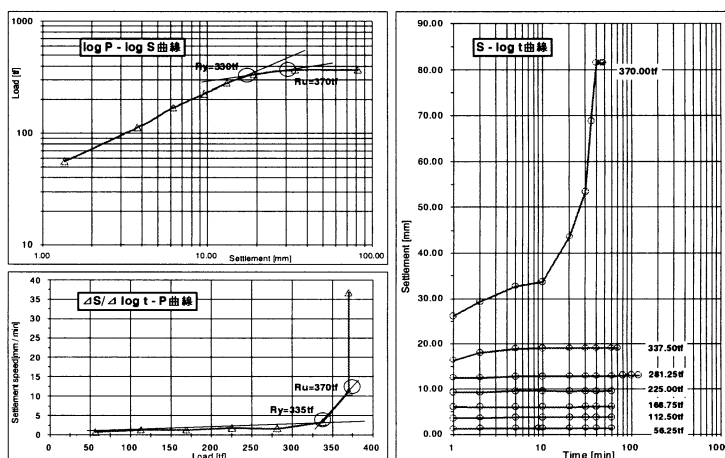


図-5 降伏荷重・極限荷重判定図

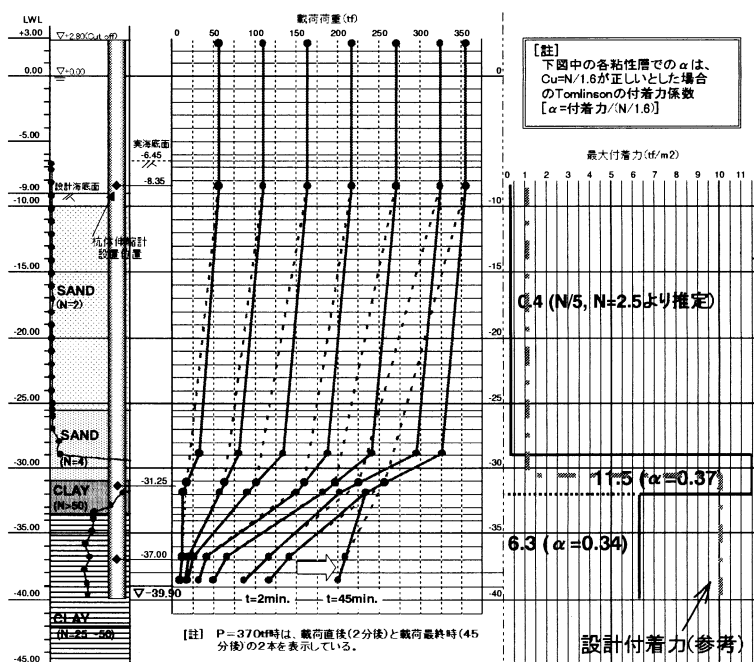


図-6 杭軸力(載荷重)分布と周面摩擦力(付着力)分布