

海外工事における打撃工法を用いた杭の施工事例の報告

清水建設株式会社 正会員 ○松本 健志
清水建設株式会社 正会員 柳 英実

清水建設株式会社 Shahizan Bin Shahaludin
清水建設株式会社 正会員 似内 久幸

1. はじめに

パティンバン港アクセス道路新設工事は、インドネシア国内における円借款事業である。既存のタンジュンプリオク港が、数年のうちに施設容量の限界に達すると予想されるため、新たな港湾施設の建設が進められている。本工事は、新港建設事業の一環として、既存の国道からパティンバン新港への連絡道路を新設する工事である。全幅 21.5m、計 4 車線の道路及び橋梁を延長 8.2km に渡って建設する。内訳はパイルスラブ区間が 5.9km、橋梁区間が 1.6km、盛土区間が 0.7km である（図-1）。パイルスラブ及び橋梁は杭基礎構造（杭径 0.6m、平均杭長 37m、PC 杭）であり、杭は打撃工法により施工した。本稿は、打撃工法による杭の施工記録及び打止め管理手法について報告するものである。

2. 施工方法

工期が非常に厳しい現場であり、計画では最大で 1 日 100 本の杭を施工しなければならなかった。そこで、杭の施工法として、ディーゼルハンマを用いた打撃工法を採用した。施工は、懸垂式と 3 点支持式の 2 種類の杭打ち機により行った。

3. 試験施工

(1) 目的

試験杭の目的は、支持層を確認するとともに、各種データ（貫入量、リバウンド量、打撃回数等）を記録し、本杭の打止め管理基準を定めることにある（図-2）。

(2) 動的支持力管理式

打撃杭工法の打止め管理には、一般的に動的支持力管理式が用いられる。動的支持力管理式には、Hiley 式や旧建設省告示の式（5S の式）、道示式などがある。

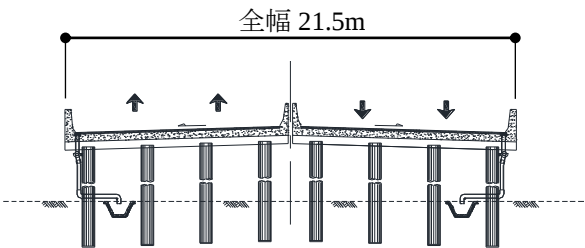


図-1 構造物一般図（パイルスラブ）

本工事では、発注者からの要求により、同国内の同種工事において実績がある 5S の式を用いた。

(3) 静的載荷試験

杭の静的載荷試験の目的は、設計の妥当性及び施工の確実性を確認することにある。本工事は施工延長が長く、土層構成が様ではないと考えられるため、施工エリアを大きく 3 つに分けて計 3 箇所で載荷試験を実施した（図-3）。試験方法は ASTM D 1143 に準拠し、段階載荷方式により最大 3 日間に渡り、荷重と変位を記録した。試験装置には油圧式杭打機を用い、機械重量にカウンターウェイトの重量を加えた荷重を反力とした。試験の結果、いずれの杭も設計の支持力を上回ることを確認した（図-4）。

4. 本杭施工

(1) 打止め管理

動的支持力管理式は、あくまでも打止め管理の概略

杭 番 号	TP54	ラム 重 量 (t)	6.5
施 工 位 置	STA. 3+863	ラムの落下高さ (m)	2.5
杭 寸 法 (mm)	φ 600 × t100	根 入 長 さ (m)	47.7
杭 長 さ (m)	49.0 (12+12+10+15)	総 打 撃 回 数	1,783
杭 打 機 種 類	懸 垂 式	1打あたり貫入量 (mm)	0.4
ハンマ種類	ディーゼルハンマ	リバウンド (mm)	18.0

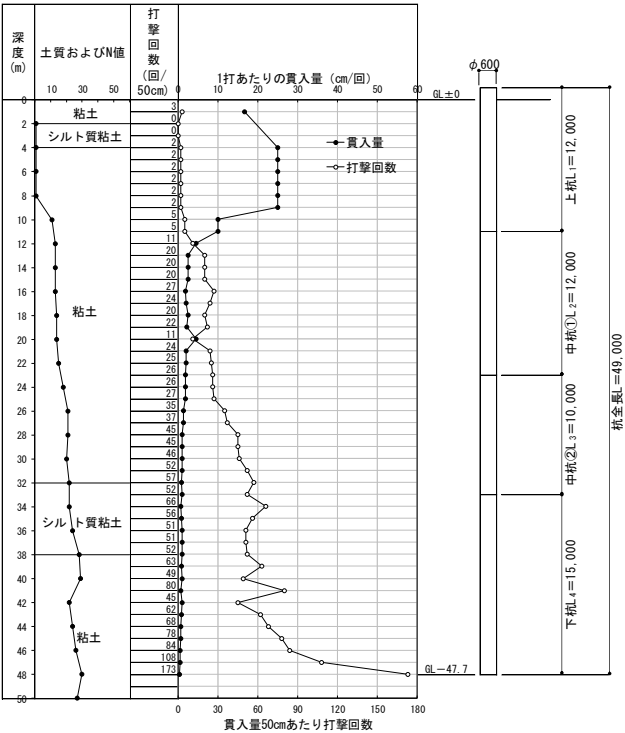


図-2 試験施工結果（試験杭 No.54）

キーワード：円借款事業、打撃杭工法、杭の鉛直載荷試験

連絡先：〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設株式会社土木技術本部 TEL:03-3561-3907

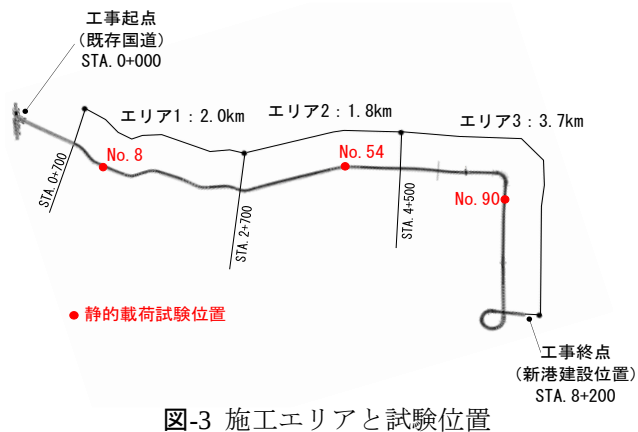


図-3 施工エリアと試験位置

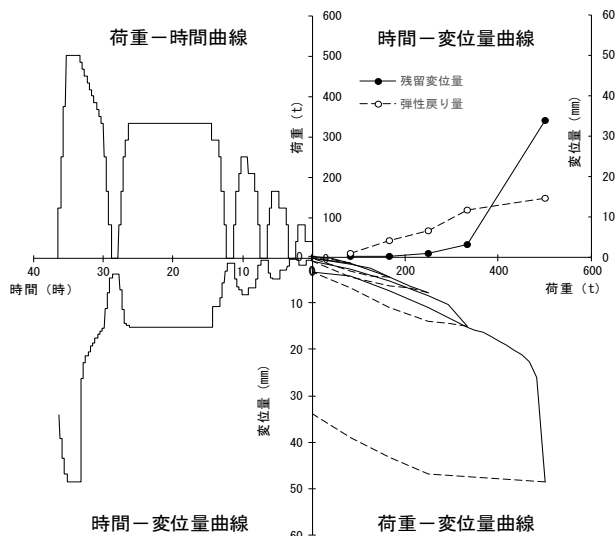


図-4 試験結果総合図 (試験杭 No.8)

式であり、支持力評価に用いてはならない。ただし、試験施工や載荷試験の結果に応じて適切に補正することで、支持力の推定精度を高めることは可能である。

本工事において、1つの載荷試験結果より全ての杭の打止め管理を行うことは適切でないと考えられたため、載荷試験を実施した施工エリアごとに打止め管理式の補正係数を定め、補正した管理式に基づき打止め管理を行った（表-2、図-5）。

(2) 衝擊載荷試験

施工管理の確実性を検証する目的で、12,377 本の本杭のうち、287 本に対して衝撃載荷試験を実施し、支持力が設計値を上回ることを確認した。

表-2 補正係数

試験杭番 号	静 的 載 荷 試 験 (A)	動 的 支 持 力 管 理 式 (B)	補 正 係 数 (A/B)	適 用 エ リ ア
	t	t	-	
8	435.0	908.7	0.48	1
54	417.7	955.9	0.44	2
90	541.1	955.9	0.57	3

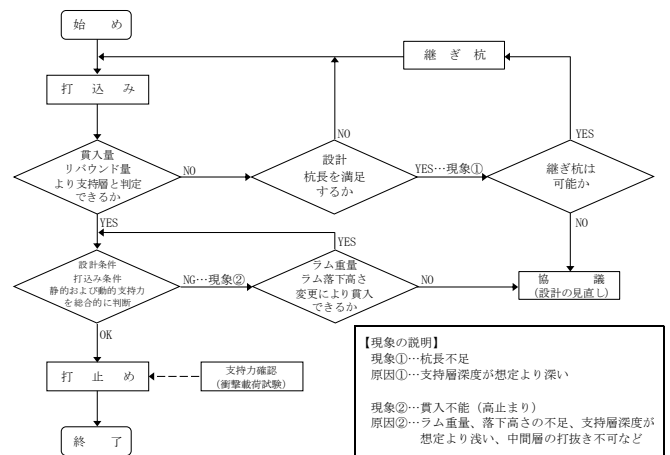


図-5 打止め管理の手順



図-6 打設完了状況

5. おわりに

施工延長が長く、土層構成が一様でない本工事において、打止め管理基準を適切に定めることが重要な課題であった。施工エリアを大きく3つに分けて静的載荷試験を実施し、試験の結果をもとにエリアごとの補正係数を定めることで、土層構成のばらつきを打止め管理式に反映した。修正した管理式を用いて、12,377本の本杭を施工し、287箇所の衝撃載荷試験により支持力の確認を行った（図-6）。以上より、打止め管理の妥当性を確認するとともに、膨大な施工データを得ることができた。今後はこれらを整理して更なる分析を行い、同種工事の管理へと展開していく予定である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説IV下部構造編, 2012
- 2) 日本道路協会：杭基礎施工便覧, 2015
- 3) 地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説, 2004
- 4) ASTM D 1143, Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load, ASTM International, West Conshohocken, PA
- 5) 菊池喜昭, 水谷崇亮, 森川嘉之：港湾空港技術研究所資料, No.1202, 2009