

カルカリアス層に支持された打撃鋼管杭の施工試験および載荷試験

大成建設(株)国際支店土木部土木積算部第一積算室(前 海洋設計室) 正会員 ○川上 喜博
 大成建設(株)土木本部土木設計部設計計画室 正会員 新井 康之
 大成建設(株)技術センター土木技術研究所地盤・岩盤研究室 正会員 堀越 研一

中東の沿岸域で実施した、カルカリアス(calcareous)層、軟岩からなる地盤における打撃鋼管杭の施工試験、および載荷試験の結果を報告する。

1. 背景

カルカリアス層、軟岩という現地の地盤条件においては、Tomlinson¹⁾などに示されるように、以下のような考え方で設計することが現地では一般的である。

①カルカリアス層については、打撃中の粒子破砕などにより打撃終了時の周面摩擦力が著しく低下することが報告されているため、打撃鋼管杭の場合についてはカルカリアス層の周面摩擦力を考慮しない。

(カルカリアス層における開端の打撃鋼管杭の適用は一般的ではない。)

②軟岩に打ち込まれた鋼管杭については、先端の支持力として鋼管杭の肉厚分の面積に起因する支持力しか考慮せず、先端の閉塞効果については一切考慮しない。(一方、日本では軟岩上に打ち込まれた杭の支持力についての研究²⁾とこれに基づく算定式がある他、N値50の砂質土相当として一定の閉塞率を考慮した設計の実績などもある。)

③打撃鋼管杭に対して、仕様上ベンディングロール鋼管が要求されることが一般的である。(日本では一般的なスパイラル鋼管杭を打撃鋼管杭として適用することは欧米では不適切とされている。)

2. 試験の目的

上記のようなエンジニアリングの常識が全く異なる国において、日本で一般的と考えられる設計手法を適用することが大幅なコストダウンに繋がることが明確であったことから、施工試験、および載荷試験を実施し、現地の関係者を実績をもって説得する材料にすることとした。

①現地で一般的に入手可能な、日本製ではないスパイラル鋼管杭を適用し、適切に管理すれば打撃中の損傷を生じないことを実績として示す。

②地盤の若干異なる2箇所で共通の打ち止め管理基準を設けて、所定の支持力を得る上での有効性を実績として示す。

③PDA、静的載荷試験(2本のうち1本は歪みゲージの取付)を適用して、周面摩擦力と先端支持力の分担など、支持力のメカニズムを可能な範囲で明らかにする。

3. 試験の方法

(1) 施工試験

実際の施工は海上で行うが、試験はコストダウンのために陸上(埋立地)で行ったことから、ケーシングを打設してその内部(+4.6m~-7.5m)の埋立土を除去(図-1)し、海上における実際の杭の状況を模擬することとした。

	Level (CD m)	Thickness (m)	UCS (MPa)	Pile
Sea Bed	-7.50			Steel Tubular Pile 1067mm dia. x 16mm thick.
Calcarenite	-11.25	3.75	SPT N Value =10~38	
Sand stone	-14.00	2.75	0.91~7.52	
Silt stone	-17.00	3.00	0.07~3.05	
Conglomerate	-20.25	3.25	2.76~3.84	
Calclitite	-22.00	1.75	8.12~8.50	

図-1 地盤条件及び杭打込長

施工方法は、始めに陸上のクローラークレーンで吊ったバイプロハンマ(ICE815)により、杭(φ1067mm×16mm)が自立する深度まで打ち込んだ。その後、PDA(PDI)による計測(杭の応力度の計測、CASE法による支持力の推定)を実施しながら、事前に計画した深度をめがけて、事前に決定した打ち止め管理基準(平均貫入量約1mm/blow)に達するまで油圧ハンマー(IHC S-150)で

キーワード カルカリアス層, 軟岩, 打撃鋼管杭, 施工試験, 載荷試験

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 (新宿センタービル) 大成建設土木設計部 TEL 03-5381-5420

打設した。陸上施工機械を使用することから、長尺の一本物の鋼管杭を使用することはできず、現場溶接により 16m 毎に継ぎ杭を行いながら施工した。打撃記録は、ICE(Institution of Civil Engineers):英国土木学会規格に沿って、打撃エネルギー、25cm 毎の貫入量などを記録した。

(2) 載荷試験

反力用の重り (Kentledge) を適用するには輸送上の制約があったことから、グラウンドアンカーを反力体として静的載荷試験を実施した(図-2)。アンカーの施工機材の輸送や施工、アンカーの養生などに日数を要したことから、結果的に載荷試験までに打設後約 1 ヶ月間の養生期間をとることになった。載荷方法は ICE の規格に沿って段階的に載荷し、最終的に作用荷重 (working load) の 2 倍を載荷した。



図-2 静的載荷試験状況

4. 試験の結果

(1) 施工試験

打ち止め管理値として、日本ではかなり保守的といえる 1 (mm) の貫入量を採用したが、PDA の計測結果によれば、杭の打撃中の最大発生応力度は、降伏応力度に対して約 70% であった。

(2) 載荷試験

PDA による CASE 法での支持力推定値は約 12 (MN) であったが、静的載荷試験では作用荷重の 2 倍である 13.6 (MN) においても、僅かな残留沈下量を生じるだけ(図-3) で、ほとんど杭の弾性変形しか生じず、極限支持力が作用荷重の 2 倍を十分に上回ることを示唆する結果が得られた。静的支持力式による算定値を示す。

周面無視、先端実断面の支持力 = 2.1 (MN)

日本での知見を参考にした支持力 = 15.5 (MN)

ひずみゲージについては、ゲージ自体または配線が打撃中に破損してしまったことから、周面摩擦力と先端支持力を実測値で明確に区分することはできなかった。しかし、周面摩擦力はゼロとみなすという Tomlinson などの思想に基づいて計算すると、杭先端に存在する軟岩層の変形係数が、既往の値と著しく異なるために試験結果を合理的に説明できず、杭先端がある程度閉塞しているはずである、という結果を得た。

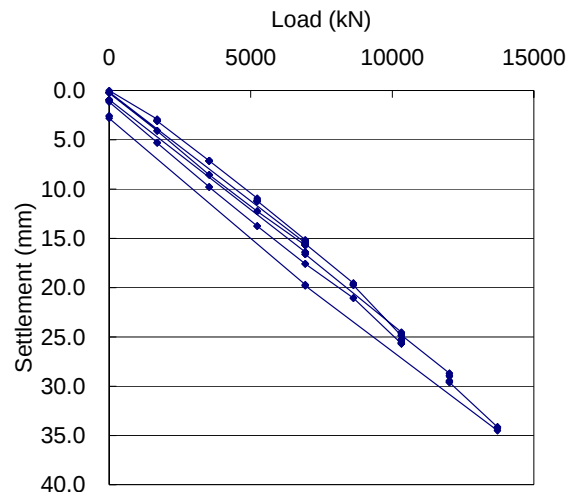


図-3 静的載荷試験結果 (荷重-沈下曲線)

5. 結論

カルカリアス層を含む地盤、サンゴ等の海生生物に起因するセメンテーションを受けた軟岩の打ち止め層という条件での打撃鋼管杭の施工試験、載荷試験を通じて以下の事項が確認された。

- ①適切な打ち止め管理基準を設定すれば、支持力管理が可能であること
- ②現地の地盤条件でスパイラル鋼管を適用することは可能であること
- ③カルカリアス層の周面摩擦力を直接確認できなかったが、作用荷重の 2 倍以上の支持力を得た
- ④サンゴ等の海生生物に起因するセメンテーションを受けた軟岩の支持力機構を解明することは出来なかったが、鋼管杭の肉厚分の面積以上に杭先端の面積を考慮することが可能であることが確認された

参考文献

- 1) M. J. Tomlinson : Pile Design and Construction Practice Fourth Edition, 1994
- 2) 建設省土木研究所：軟岩を支持層とする杭の支持力に関する実験的研究，土木研究所資料 第 2720 号，1989.2.