

洪積粘性土層で支持された摩擦鋼管杭の載荷試験

運輸省第四港湾建設局
下関調査設計事務所

正会員 佐藤 孝夫、 諫山 貞夫、
山本 悟、 池田 高則

運輸省第四港湾建設局
苅田港湾工事事務所

高野 誠紀

運輸省港湾技術研究所

正会員 菊池 喜昭

1. はじめに

瀬戸内海西部に位置する苅田港の本港地区岸壁-13mは、図-1に示すように比較的硬質な洪積層の粘性土層及び砂質土層が互層となって厚く堆積した地盤上に建設が進められている。この施設は、粘性土層を支持地盤とした摩擦杭による直杭式栈橋構造とすることで断面決定された。施設利用上、栈橋の海側杭については大型石炭アンローダーが移動することから、施工時の確実な打ち止め管理と支持力の確認を行う事が設計時より課題となった。本報告では、建設にあたり粘性土層における摩擦杭の支持力の確認を行うため、所定深度まで打設した杭を用いて動的載荷試験及び急速載荷試験を行った結果を述べる。

2. 試験概要

載荷試験に用いられた杭は外径1200mm、杭長L=33.5~34.5m、肉厚12mmの鋼管杭である。当初は、3本の試験杭で動的載荷試験を行い、内1本について急速載荷試験を実施する予定としていたが、転石の影響によりNo1試験杭を破損したため、表-1に示すように2本の杭による載荷試験となった。杭先端は開端であり杭先端の補強は行っていない。動的載荷試験を行う杭には杭頭部にひずみと加速度を計測するためのトランスデューサを取り付けた。急速載荷試験を行うNo3試験杭については杭頭部には加速度計、変位計、海底面に変位計を取り付け、杭の挙動が把握できるようにした。動的載荷試験に用いたハンマーは、杭の施工時、再打撃時ともPMJ-200(ラム重量118kN、ハンマーエネルギー196kJ)である。急速載荷試験では杭の動的抵抗が10MN程度と見込まれたため、16MNの載荷能力のある装置とした。

3. 試験結果と考察

図-2にNo3の急速載荷試験結果(Fstn)、除荷点法による解析の結果から得られた載荷点での静的荷重沈下曲線(Fw)及びNo2の動的載荷試験の波形マッチングによって求めた静的沈下曲線(DLT)を示す。今回の実験条件では、杭の自由長が16.3mと比較的長く、この部分を剛体と見なせないおそれがあったため、急速載荷試験の除荷点法による解析は海底面での計測にもとづいて実施した。動的載荷試験では最大荷重が得られるほどに大きな変位を生じさせることはできなかったと考える。しかし、急速載荷試験の結果と静的沈下曲線は途中までは比較的良好に一致している。急速載荷試験は残留変位が大きいことから地盤の降伏が生じたものと考えられ、支持力としては極限に近いものを示していると考えられる。

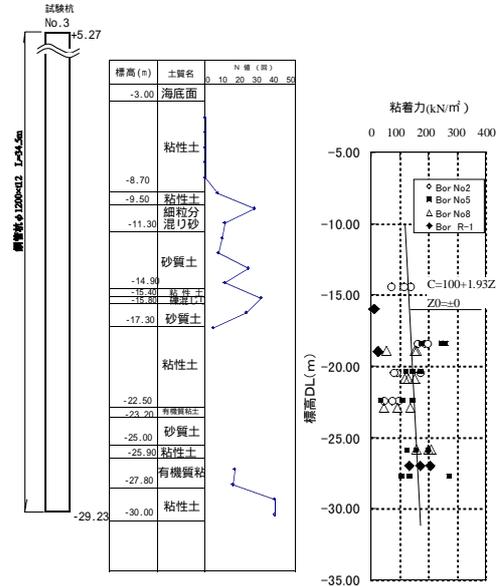


図 - 1 土質性状と試験杭の関係

表 - 1 載荷試験の内容

試験杭	杭先端	杭打込長 (m)	試験内容	
			動的	急速
No2	開端	15.1	施工時、 2,8,32日後	---
No3	開端	16.0	施工時 2日後	26日後

キーワード：摩擦杭、粘性土地盤、動的載荷試験、急速載荷試験、支持力

下関調査設計事務所：〒750-8504 下関市竹崎町4-6-1 TEL 0832-24-4130 FAX 0832-28-1108

載荷試験の結果をまとめて、各試験で確認された支持力を示したものが表-2である。動的載荷試験では、打撃エネルギーが小さく打撃による変位量が海底面で12mm程度と小さいため、極限抵抗力を示すには至らなかったものと考えられる。

今回の地盤条件では、粘性土の過剰間隙水圧の消散による支持力セットアップが考えられた。施工時の過剰間隙水圧の消散に伴う支持力のセットアップ状況を観察するため、杭打設後に数回の動的載荷試験を実施した。波形マッチング解析結果から先端、周面に分離したそれぞれの杭のセットアップの状況を図-3に示す。周面抵抗は杭打設時では1500~2000kNであったものが、8日後には6000kNまで回復していることが確認できる。急速載荷試験によって確認できた8605kNの極限抵抗力は、計測器の関係から先端抵抗力と周面抵抗力に分離することはできないが、図-3から、そのほとんどが周面抵抗力であったと思われる。

載荷試験の結果と支持力計算値の比較を表-3に示す。港湾の基準に従い粘性土付着力の上限を $C=100\text{kN/m}^2$ とし、粘性土に十分根入れされていると考え、先端閉塞率を100%とした場合の支持力は6570kNが見込まれる。これに対し、粘性土地盤について一軸圧試験結果 q_u 値から推定した付着力 $C=10.0+1.93Z$ ($Z=DL\pm 0$) (kN/m^2)を用いて求めた支持力は8550kNが見込まれる。この値は、急速載荷試験によって確認できた8605kNの極限抵抗力とほぼ一致する。しかし、その内訳を図-3のセットアップ状況と比較すると、先このため、今回の試験施工から杭の支持力の計算においては、先端抵抗力は期待せず、周面抵抗力のみを考えた摩擦杭として断面を見直すこととした。

なお、施工における打ち止め管理にはセットアップを考慮した載荷試験の結果を反映させることによりHileyの式を今回の載荷試験に合うように補正して適用し管理を行うこととした。

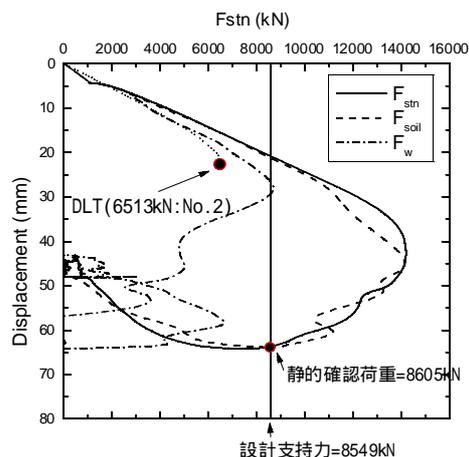


図 - 2 動的載荷試験結果 (荷重 ~ 沈下曲線)

表 - 2 載荷試験結果

試験杭	試験方法	養生日数 (日)	杭頭最大変位量 (mm)	周面摩擦力 (kN)	先端支持力 (kN)	合計 (kN)
No.2	動的	34	20.6	5,940	450	6,390
No.3	急速	26	64.2			8,605

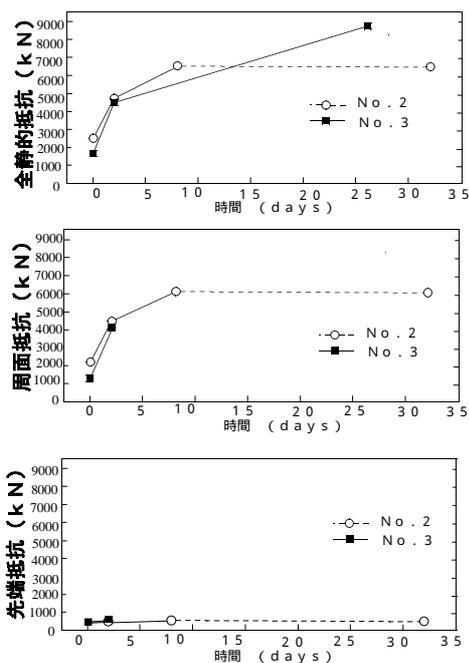


図 - 3 支持力のセットアップ

表 - 3 支持力の計算値

試験杭	設計付着力 c (kN/m^2)	周面摩擦力 (kN)	先端支持力 (kN)	合計 (kN)
No.2	100.0	5,190	1020	6,560
	143.0	7,120	1020	8,490
No.3	100.0	5,190	1300	6,570
	145.0	7,160	1300	8,550