

SPS（単杭ドルフィン）の設計と施工

東燃テクノロジー(株) メカニカル技術部 福島敬三
 東燃テクノロジー(株) メカニカル技術部 佐藤峰幸
 大成建設(株) 名古屋支店作業所 ○柴原信之
 大成建設(株) プロジェクト推進部 正会員 尾高義夫

1. はじめに

SPS (Single Pile Structure: 単杭構造) は杭材料に高張力鋼を使用し、地盤の塑性領域に至るまでの水平抵抗を利用する1本の杭からなる構造形式である。またSPSは、従来構造に比べて大きな水平耐力と変形能力を有し、工期の短縮およびコストの低減が図れる構造である。

このようなSPSは、海外では実用化されているものの、日本の現行基準内で設計することは難しく、SPSの開発に際して、実大水平載荷試験や模型水平載荷試験が行われた^{1) 2) 3)}。これらの研究成果をもとに、船舶沿岸開発技術研究センターにて「SPSの設計のてびき」⁴⁾が作成され、その設計手法が確立された。

この度、静岡県清水市の東燃(株)清水工場内の棧橋改造工事において、130,000㎡積みLNGタンカーの接岸ドルフィンとして、SPSを国内で初めて2基採用し⁵⁾、現在、供用中である(図1、図2)。

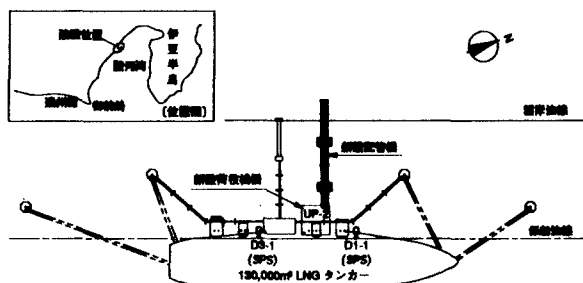


図1 平面図

2. SPSの設計

従来の接岸ドルフィンが、防舷材の変形により船舶の接岸エネルギーを吸収するのに対し、SPSを適用した場合には杭の変形と防舷材の変形により接岸エネルギーを吸収することができる。

SPSの開発に際して、実施した載荷試験から次の事項が確認されており、設計に反映されている。

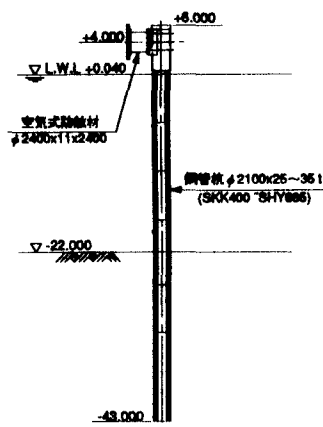


図2 SPS構造図

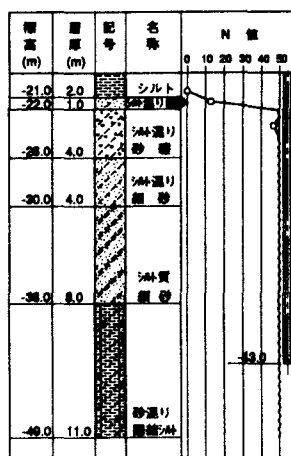


図3 土質柱状図

①処女荷重時の杭の変形は、大変形領域を含めて、従来より杭の設計に用いられている港研方式によって評価できる。港研方式とは、地盤の非線形性を考慮した杭の横抵抗の解析方法である。

②繰返し荷重を受けた場合、回数が増加するにつれて最大変位、残留変位および地表面たわみ角は増加するが、ある回数を越えるとそれらは一定値に収束する。

③杭に発生するひずみは繰返し荷重の影響をほとんど受けない。

建設地点の地盤は図3に示すように海底面から2m程度の軟弱なシルト層を除き、N値50以上のシルト混り砂礫（シルト混り細砂）、砂混り固結シルトとなっており、N値が深度によらずほぼ一定なC型地盤として設計を行った。杭の横方向地盤反力係数 K_c は $5.0\text{kgf/cm}^2 \cdot 5$ 、設計海底面は-22.0mに設定した。

3. SPSの施工

杭打設は杭打船（D80級）にてウォータージェットを補助工法とした油圧ハンマー（ラム重量15tf）の打撃工法とし、杭の平面位置、傾斜および杭体の安全性を管理しながら打撃し、所定の根入れ長を確保した。打止まり時の杭平面位置は設計位置に対して最大35mmのずれであり、傾斜角はほぼ 0° の高い杭打精度が得られた。杭打設後、鋼製外挿管を杭頭に固定し、これに空気式防舷材を設置し、完成した。

4. 水平載荷試験

SPSの接岸ドルフィンとしての機能と安全性を確認するため、水平載荷試験を行った。載荷方法は既設の隣接ドルフィンを反力体として利用し、最大荷重80tfの一方多サイクル方式とし、SPS頭部の変位および杭体の曲げひずみを測定した。図4の荷重変位曲線に示されるとおり、実測値は横方向地盤反力係数 K_c を $5.0\text{kgf/cm}^2 \cdot 5$ 、 $8.0\text{kgf/cm}^2 \cdot 5$ にした場合の港研方式（C型地盤）による解析値によく合致しており、設計上で仮定した横方向地盤反力係数 $5.0\text{kgf/cm}^2 \cdot 5$ よりもやや硬めの地盤となっていることがわかる。また、曲げひずみに関しても同様の結果がえられた。これらの結果より所要の接岸エネルギーの吸収および杭の安全性を検討し、接岸ドルフィンとしての機能と安全性を確認した。

5. おわりに

SPSの設計、施工計画の策定および水平載荷試験にあたっては、鳥取大学工学部の上田 茂教授、東京工業大学工学部の日下部 治教授には貴重な御意見を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 木内里美、森永勝登、高橋正美、廣瀬鉄蔵、榊信昭、鈴木操：SPS（単杭構造）の設計法に関する基礎的研究、第13回海洋開発シンポジウム発表論文集、1988
- 2) 木内里美、松下基也、高橋正美、掛江正紀、磯崎総一郎、鈴木操：砂地盤に打ち込まれた水平荷重を受ける単杭構造物の挙動に関する実大載荷実験、海洋開発論文集、Vol. 6, 1990
- 3) Sigel Ueda, Kunio Takahashi, Satomi Kiuchi, Hiroshi Shiratani, Hisatoshi Shimaoka, Soichiro Isozaki: The Behavior of a Pile Sustaining Repeated Lateral Loads, PACON 93 China Symposium Proceedings, 1993
- 4) 沿岸開発技術センター：SPS（単杭構造）の設計の手びき、1992
- 5) 大森弘一、福島敬三、佐藤峰幸、尾高義夫、柴原信之：国内初SPS（単杭ドルフィン）の建設、第21回海洋開発シンポジウム発表論文集、1996

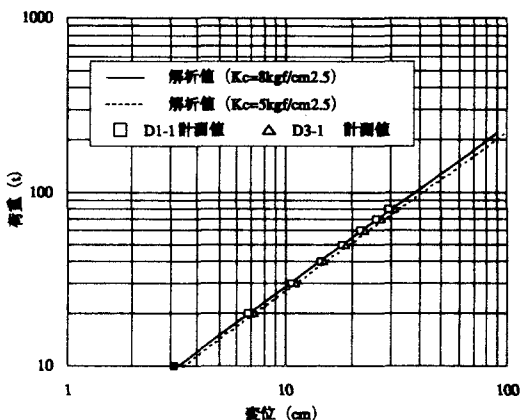


図4 荷重変位図