

川崎製鉄 正員 嶋 文雄

川崎製鉄 正員 ○岡村憲光

1. まえがき 本試験は、ジャック構造物の静的挙動を把握するために、当社、千葉製鉄所内に設置したマーリニグ、ドルフィン用のジャックを使用して実施した。ジャック構造物は、海洋構造物として、多く使用されているが、荷重作用時の実測データは、非常に少い。従って、水平載荷試験を行い実測データ（変位、応力）を収集すると共に、ジャック・桁構造の構造解析用プログラムを使用して計算を行い、計算値と実測値の比較、変形性状、応力伝達機構の把握を行い、今後の設計資料とするものである。

2. 試驗概要

2-1. 試験体の構造 試験体の構造を、図1に示す。

試験体は、ジャケットを据え付け後、ジャケットのレッグを通して杭を打設し、海底に固定した構造になっている。レッグと杭の空間（アニュラースペース）には、膨張モルタルを打設し、レッグに作用する内圧が杭に伝達される構造になっている。膨張モルタルの強度について、現場施工の二重管の押し抜きせん断試験を行い、付着せん断強度を確認した。

2-2 載荷方法 載荷は、ジャックの剛性の高い方向軸より30°の方向の本岸壁上に加力装置を設置し、その間にストランドケーブルを渡す方法によった。載荷量の大さは、ロードセルを用いて測定した。載荷パターンは、6サイクル(max 50t, max 100t, max 150t, max 200t, max 250t, max 260t)に分け、2サイクルは、10tビツクに増荷し、最大荷重260tとした。

2-3 測定方法 変位の測定は、ジャックの頂版の変位量を、インバール線(載荷方向、載荷直角方向)トランシット、非接触式変位計(載荷方向)の3通りの方法で計測した。歪の測定は、グレース、レッグ(上部杭)、下部杭の名測定の円周4方向に歪計を設置し計測した。杭の歪の測定は、押し込み力が最大(従って歪も最大)となる杭について行った。歪計は、ワイヤーストレンジゲージと固定式歪計を使用し、固定式歪計は、地中に埋めこみ、杭内面に杭打設後取り付けた。

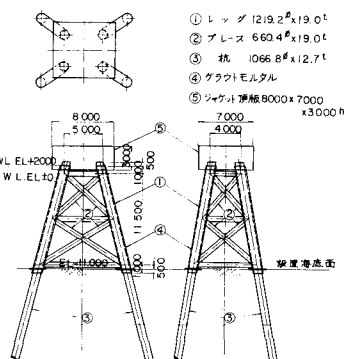
3. 試驗結果

3-1 変位の測定結果 インバール線、トランシット、非接触式変位計の3通りの測定結果は、必ずしも一致をみなかったが、トランシット、非接触式変位計の測定結果は、よく一致し、最大荷重時(260t)の載荷方向の頂版変位量は、17mmであった。荷重保持時間内(max 10分)の74-7変位量は、比較的小さく最大荷重に近づいても、0.5mm以下であった。

3-2 応力の測定結果 荷重-歪曲線は、直線に集っており、測定値のバラツキは、 $\pm 10 \times 10^{-6}$ (μ)であった。従て、歪の実測値として、荷重-歪曲線を、最小二乗法により直線近似した値を採用した。

測定の部材軸歪は、4周方向の歪の平均値、部材の曲げ歪は、歪の差の1/2値とした。ジャックの発生軸応力は、レッグの測点において、max 164 (kg/cm²)、ブレースの測点において、max 123 (kg/cm²)であった。レッグの発生軸応力は、レッグ、杭、モルタルの断面剛性が有効に働いているため小さくなっている、又、ブレースの発生軸歪は、ブレースとレッグの接合部において、押し板をせん断破壊をおこさないように、他の部材と比較して設計上小さくおえらされており、測定値も小さくなっている。地中杭の発生、応力は、軸応力さ max 632 (kg/cm²)、曲げ応力が、max 47 (kg/cm²)であった。

図 1 ドルフィンジャケットの構造図



測定の同一断面でのレングと上部杭の実測歪分布を、描くと、平面歪分布に近く、杭と上部杭は、載荷中、一体として動いていると判断される。この二重管部の断面剛性、試験体の応力伝達機構に基づいた構造解析モデルは、この仮定が成立するものとして求め、以下のデータ整理及び解析を行った。二重鋼部の断面剛性を求めるため、モデルの弾性定数(E_c)は、モデルの圧縮強度($\sigma_{cu} = 42.6 \text{ kg/cm}^2$)より、 $E_c = 3.6 \times 10^5$ とした。レング、杭の深度方向の実測軸力分布は、二重鋼部の先端位置より順次増え、海底地盤面位置で最大となり、それ以外の土層内では、土の間摩擦力のため減少している。杭の実測曲げ歪は、二重鋼部より地中杭への移行位置において、局部応力の影響とみられる応力の性状変化があらわれており、この位置における曲げモーメントの作用方向が明確でない。地中杭の実測曲げ歪は、(深度方向の)海底面下 -2.0 m の測定の通り、 -5.0 m の測定の値が大きくなっており、最大曲げモーメントの発生位置は、この間にあると推定される。

4. 解析、計算値と実測値の比較、考察

水平載荷時の試験体の静的挙動を、解析するために、ジャケット構造物の解析プログラム「MARINE JAST」を使用して計算を行った。このプログラムは、上部構造骨組(ジャケット)と杭を一体として、一度に計算する方法をとっており、変形法(剛性マトリックス法)を基礎としている。この解析において、頂版は、ジャケットの部材と比較し、十分な剛性を持っているので剛体と仮定し、ジャケットは、立体フレーム、杭は、線形杭と仮定した。線形杭の水平方向地盤

反力係数(k_H)は、測定値から、

次式を使って求めた。

$$k_H = \alpha E_0 D^{3/4} \quad (\text{kg/cm}^3)$$

ここで $\alpha = 0.2$; 係数

$E_0 = 28 \text{ N}$; 地盤の変形係数

D ; 杭径

杭の軸方向バネ定数(k_v)は、試験体の静的挙動に大きく影響するため、試験場所付近での鉛直載荷試験結果を、参考にするとともに、数種類の計算(k_v をパラメーターとして)を行い頂版変位量の実測値と計算値が、一致

するよう $k_v = 540 \text{ (t/cm)}$ と仮定した。最大荷重(260 t)作用時の発生部材軸力の測定値と計算値の比較を、図2に示す。この図によると、二重管部、杭の発生部材軸力は、計算値とよく一致している、グレースの発生部材軸力は、計算値より小さいになっている。杭の深度方向の曲げ応力分布について、測定値と計算値の比較を行った。この結果によると、杭の最大曲げモーメントの発生位置は、海底地盤面下 -4.0 m の位置にある。解析結果より、静的載荷時、試験体は、ジャケット座席が回転変形した変形特性を示している、これは、ジャケットの高さに比べ、ジャケットの水平方向剛性が、高いためである。

本試験において、試験体の変形量、変形特性、応力分布の測定値と計算値は、基本的には、良好一致をみえた。但し、二重管部の作用せん断応力が、モデルの付着せん断強度より大きい場合、又、充てん材の強度が期待値に達しない場合は、本試験の応力伝達に関する仮定は、成立しない。又、本試験の結果、ジャケット構造物の解析を行う際、杭の水平方向地盤反力係数(k_H)の推定も重要なことから、軸方向バネ定数(k_v)の推定を適正に行なわなければならないことがわかった。最後に、水平載荷試験実施にあたって、御協力をいただきました、清水建設(株)土木技術部、清水氏、現場事務所三輪所長、関係各位に、謝意を表します。

図-2 各部材の軸力分布 $k_v = 540 \text{ t/cm}$
 $P = 260 \text{ t}$

