

川崎製鉄(株)鋼構造研究所 正会員 金子忠男

高橋千代丸

原道彦

**1 緒言** 近年、構造物の大型長大化の傾向がますます顕著になり、自重の軽減、設計上の制約などから鋼管構造が多用されつつあるが、土木・建築構造物の基礎においては工期短縮、品質管理の容易および施工の信頼性のため鋼管杭が採用されている。この事はひとえに鋼管継手溶接の技術向上と信頼性とが深くあり、これにより長尺大径の杭が構成され、相当な軟弱層の場合でも深部支持層まで打込みが可能となる。鋼管杭溶接継手の強度に關してはJISに定められた検定法、すなわち線透過引張および曲げ試験などにより評価されているが、これらはいずれも素杯試験の範疇を脱し(得ない)。地中に打込まれた鋼管杭は上載荷重による圧縮と地震や風圧による工部工から伝達される水平力に起因する曲げの作用を受けるが、これらの外力に対して鋼管杭は円筒殻としての力学的挙動を呈するこゝが容易に推察される。したがって本研究はまず溶接継手を有する鋼管杭が曲げと圧縮とを同時に受ける場合に示す力学的性状を実大供試体を用いて解明し、継手部の信頼性を確認し併せて設計の基礎資料を提供せんとするものである。

**2 実験方法 (a) 供試体** 供試体は図-1に示すように、 $\phi 800 \times 12 \times 4000$  のスパイラル鋼管2本を用意し、これを鉛直に建込み、中央から標向に溶接した。溶接に際して上杭と下杭とが完全に垂直結合するように2台のトランシットを用いて2方向から寸出しを行い、垂直度を確認した。溶接完了後、供試体を反転工にセットし、中央の溶接部から上杭、下杭側1/4位置に載荷器具を設け、2mの曲げスパンとした。支承は管端より500mm位置に設け、反転工の集中による鋼管の局部変形を防止するため、鋼管の半円周を200mm幅で支持する台座を製作し、その下部にピンを挿入し単純支承とした。したがって、本供試体は図示のようにせん断スパン25m、曲げスパン2mで構成される。また、供試体端部には軸力が導入されるが、この管端にはその方向に加えられるように管端を平滑に仕上げ、管軸に対して直角にH型鋼を隙間なく並べたため、これと管端とを溶接一体化し、軸力導入を容易ならしめ軸力導入による管端の変形を防止できる工夫した。

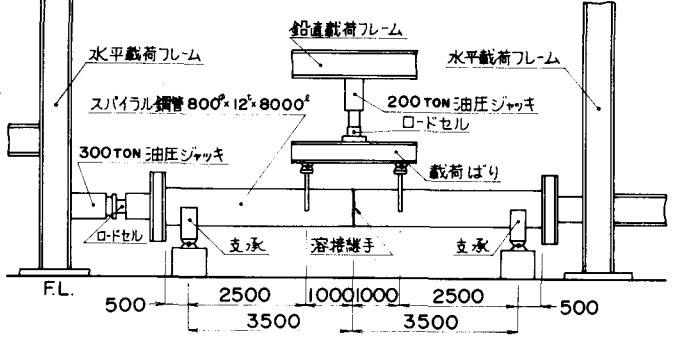


図-1 供試体および載荷装置

(b) 継手部の溶接法 溶接継手の形状は45°V型開先を有する現場溶接継手「リバージョイント-N」を用いた。本継手は裏当て材および管長のたれ落ち防止材を肉盛溶接して形成したものであるが、これに現場用炭酸ガス全自動溶接工法である「KH-PE法」を用いて溶接施工した。

(c) 載荷方法および計測 供試体は軸力および曲げの作用を受けるが、そのうち軸力は上述のように管端に並べたH型鋼とテストベッドに固定した水平載荷フレームとの間に挿入した200トンの油圧ジャッキにより導入される。軸力は通常設計に用いられる基礎杭の上載荷重を想定して  $P_1 = 150$  トン(一定)とした。他方曲げは供試体と直交して固定された鉛直載荷フレームと図示のような載荷ばりとの間に設置された200トン油圧ジャッキにより導入されるが、この鉛直力  $P_2$  により曲げスパン内に一律に1.25  $P_2$  kNmの曲げモーメントが作用することとなる。計測に關してはストレインゲージを軸方向、周方向の歪を測定し、ダイヤルゲージおよび変位計を配置して供試体の鉛直たわみ量を測定したが、このうちストレインゲージは軸方向、周方向とも12か測点に、ダイヤルゲージは20測点、変位計は14測点に配置した。

**3 実験結果および考察** 前述のようにまず軸力  $P_1$  と一定値150トンに保ち、つづいて鉛直荷重  $P_2$  を10トンづつ

上げの曲げスパン内に曲げモーメントを加えたが、その際供試体中央の溶接部の鉛直たわみをプロットすれば図-2のとおりである。また図中には本供試体を内管ばかりとみよした場合のたわみの計算値も併記したが、その理論式は次のとおりである。

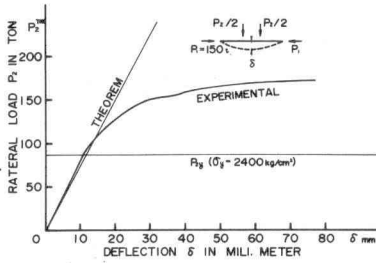


図-2

せん断スパン:  $y_1 = \frac{P_2 l}{P_1 l} (\cos px + \sin px \tan \frac{PL}{2}) \sin px - \frac{P_2}{P_1} x$   
 曲げスパン:  $y_2 = \frac{P_2 l}{P_1 l} (\sin px \cos px + \sin px \tan \frac{PL}{2} \sin px) - \frac{P_2}{P_1} l$

ここに、 $p = \sqrt{P_1/EI}$ 、 $EI$ : 鋼管の曲げ剛性、 $l$ : せん断スパン長、 $L$ : 全長  
 図から明らかのように、実験値は理論値に比して弾性域では若干剛性が高く、この事実は供試体のスパイラルビードおよび継手部溶接の補剛効果に起因するものと考えられる。実験値は鉛直荷重 $P_2$ が90トン(曲げモーメント112.5t・m)に達する頃から供試体全体としての降伏が開始するが、供試体の材質STK41の保証降伏応力( $\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ )による計算降伏荷重87.5トンより大きい。他方、供試体の素材試験より得られた降伏応力( $\sigma_y = 3100 \text{ kg/cm}^2$ )による計算降伏荷重120トンより小さいが、本供試体が内筒殻構造として2方向の応力を生ずることあるいは素管および溶接による残留応力などを勘案すれば当然の結果である。

図-3は各荷重段階における供試体のたわみであり、図中破線は上記の理論式によるものである。図-4は曲げスパン内の圧縮、引張側の歪分布であるが、圧縮側では $P_2$ が80トンに達する頃荷重載荷点から降伏が始り、溶接部から約13cm、40cm近傍がこれにつづくが、これらは最終の座屈波長に一致する。これに対し、引張側では $P_2$ が110トンに達するまで降伏は生じない。図-5、6は溶接部より3cmおよび50cmの断面における軸方向歪分布であり、図-7は後者断面における周方向歪分布である。本供試体の最終耐力は $P_{max} = 171.5 \text{ トン}$  ( $M_{max} = 214.4 \text{ t}\cdot\text{m}$ )であり、破壊状況は図-8に示すとおり曲げスパン内圧縮側の座屈であり、なお座屈は溶接部に関し1対称でその波長は約26cmであり、また中央溶接部の最大たわみは7.8cm ( $\delta/L = 1/100$ )であったが、溶接部には何ら異状は認められず、座屈波形から溶接部の変形に対する補剛効果が見受けられた。

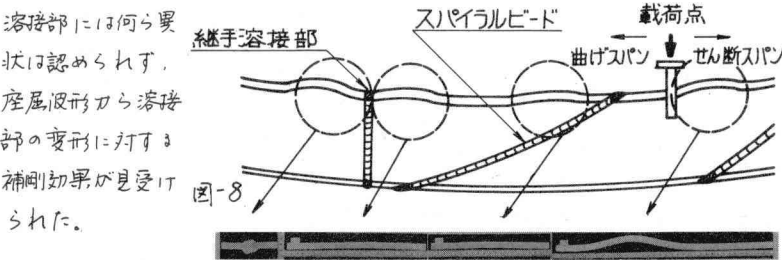


図-8

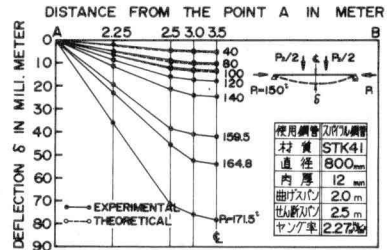


図-3

曲げスパン内  
軸方向歪分布

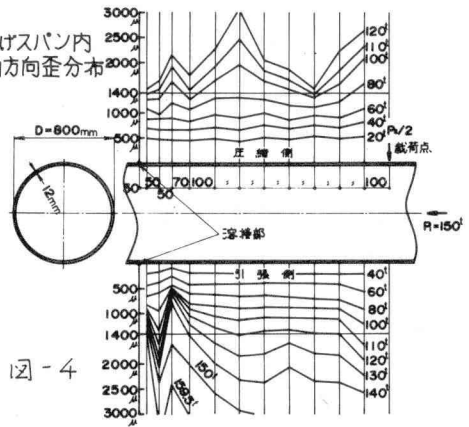


図-4

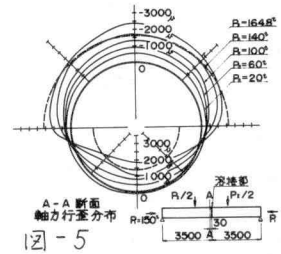


図-5

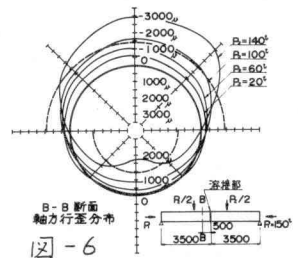


図-6

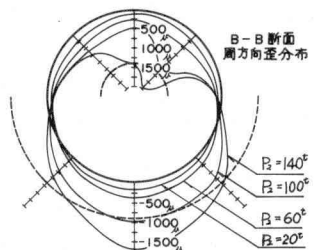


図-7

参考文献 (1) 積算資料 No.13, p.1973, 経済調査会 (2) Timoshenko: Strength of Materials Part II von Nastrand Reinhold (3) 鋼管構造デザインマニュアルⅢ 土木編, 日本鋼管協会