

I - 8

鋼管橋脚模型の静的交番载荷実験における変形性能特性

(株)日本製鋼所 正員 佐藤 聖 嗣  
 開発土木研究所 正員 佐藤 昌 志  
 (財)道路管理技術センター 正員 小山田 欣 裕  
 北海学園大学 正員 当 麻 庄 司

1. はじめに

今日、多くの地震が発生するなかで、構造の違いをを問わず地震力により座屈を起こし、もしくは損傷し崩壊する例の報告がなされている。しかし、鋼製橋脚の耐震性についての実橋模型に近い研究は、箱形断面についての研究例があるが、鋼管橋脚についての研究例は非常に少ない。故に、鋼管橋脚の静的、動的、衝撃それぞれの挙動について明確になっていないのが現状である。そのため、鋼管橋脚の耐震設計の詳細についての記述についても少ない。

そこで、補論文では鋼管橋脚模型を用いた静的交番载荷実験を行ったので、その結果を報告する。実験は実橋の死荷重作用状態を想定し、模型上部にウェイトを載せた状態で行っている。本研究では、鋼管橋脚のP-δ特性と座屈特性を把握し、今後の鋼製橋脚の実験研究の基礎とすることを目的としている。

2. 実験の内容

(1) 供 試 体

供試体は、Fig.1に示すものを1体製作し詳細を以下に示す。

供試体に使用した鋼管材料をTable.1に示し、この鋼管を加工(外径:φ316.7mm、厚さ:6.0mm、長さ:2,000mm)し、Table.2に示す形状係数とした。

Table.1 鋼管仕様

使用鋼管	材料特性		形 状	
	耐 力 (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	外 径 (mm)	厚 さ (mm)
SGP 300A	3,200	4,000	318.5	6.9

Table.2 供試体鋼管の緒元

鋼管有効長さ l(cm)	板厚中心半径 r(cm)	断 面 積 A(cm <sup>2</sup> )	断面2次モーメント I(cm <sup>4</sup> )	細長比 l/r	径 厚 径 r/t
158	15.54	58.57	7,074	10.2	25.9

供試体両端部には、端部治具にボルト接合にて取付けるための鋼板(板厚:25mm(上部),32mm(下部))を溶接し、鋼板と鋼管の溶接部での損傷を防止するため両端部に三角リブを溶接した。また、鋼板の変形を防止するために水平荷重作用方向にもリブを溶接した。更に、供試体の最下端部での変形を防止するために三角リブ上端付近で鋼板をリング上にして補強した。

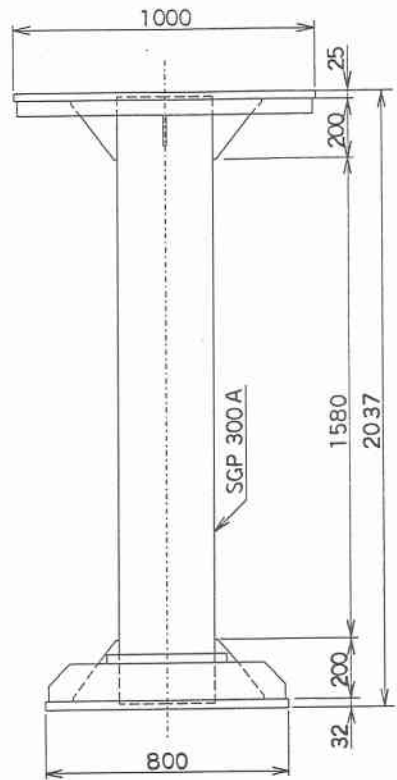


Fig.1 供試体図

Deformation Performance Characteristic for Statical Alternate Load of Steel Pipe Pier Model  
 by Kiyotugu SATO, Masasi SATO, Yoshihiro OYAMADA AND Shouji TOUMA

## (2) 実験方法

実験概要を、Fig.2に示す。概略を以下に示す。

①鋼管に軸力を作用させ、その応力度が耐力の10%程度となるように20tonの鉛直荷重を与えた。

$$(\sigma_N = N/A \rightarrow N = \sigma_N \times A = 18.7 \text{ ton} \rightarrow 20 \text{ ton})$$

②水平荷重作用位置は、鋼管下部フランジ上面より2.5m (ウエイトの重心位置)の高さの位置に作用させた。

③水平荷重・変位・歪みそれぞれのデータは、Fig.2中の各点の位置に各測定ゲージを介して採取した。但し歪みについては各点の位置で周方向に90°ピッチに配した。

④水平荷重の設定については、鋼管基部が降伏応力度に達する水平荷重 $H_y$ を(1)式より求め、水平変位 $\delta_y$ を(2)式より求め、 $\delta_y = 10\text{mm}$ と設定した。

$$H_y = \frac{(\sigma_y - \frac{N}{A}) \cdot \frac{I}{r}}{h_1} \dots\dots\dots (1)$$

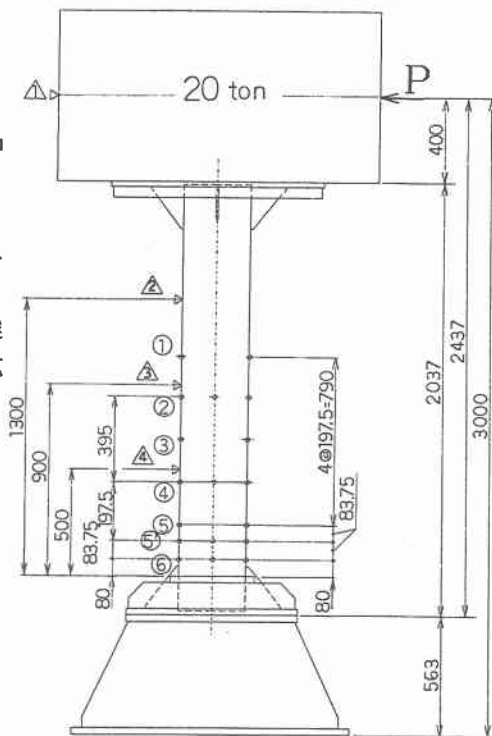
$$\delta_y = \frac{H_y \cdot h_1^3}{3 \cdot E \cdot I} \dots\dots\dots (2)$$

⑤水平荷重の荷重は、荷重点位置の変位が

$$\delta_y \cdot 2\delta_y \cdot \dots\dots \cdot 7\delta_y$$

になるよう荷重を調整し、各変位で3サイクルの静的交番荷重を行った。

⑥実験状況についてはPhoto.1に示す。



△:変位計位置  
○:歪みゲージ位置

(実験全体図)

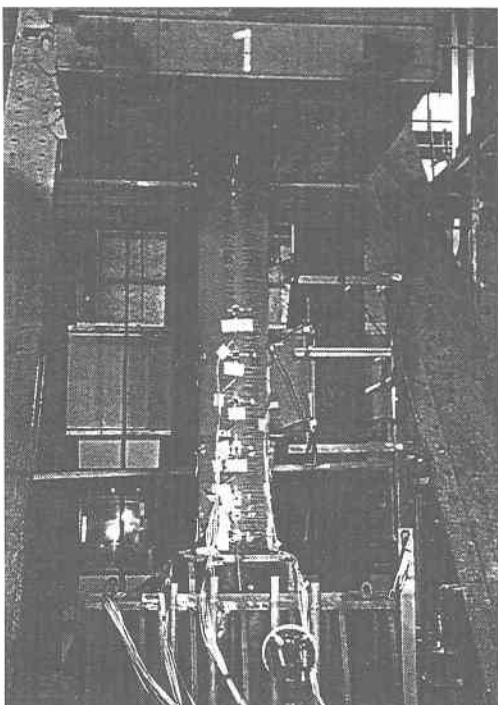
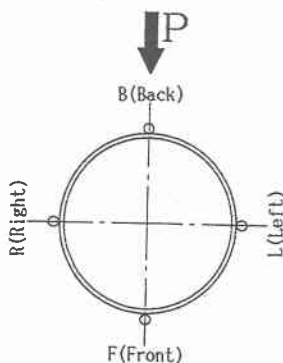


Photo.1 実験状況

交番荷重荷重Pは油圧ジャッキを使用



(断面位置関係図)

Fig.2 実験概要図

### 3. 実験結果

実験結果を以下に示す。

①交番载荷の载荷荷重の結果はFig.3に示す通りであり、各荷重を3サイクルで载荷を行っている。

②交番荷重载荷位置における水平作用荷重Pと水平変位 $\delta$ の結果をFig.4に示す。

③局部座屈が発生した位置の交番载荷側における水平荷重Pと歪み $\varepsilon$ の関係をFig.5に示す。

④局部座屈が発生した位置に交番载荷点の側面の点における水平荷重Pと歪み $\varepsilon$ の関係をFig.6に示す。

上記の各グラフより $3\delta_y$ までの交番载荷でのP- $\delta$ 曲線は直線的に変化しているが、 $4\delta_y$ からの交番载荷では、残留歪みの影響によりループを描くようになる。また、 $4\delta_y$ 終了時点でFig.2の鋼管の下部固定位置より90mmの高さの位置(F6,B6)で局部座屈が発生した付近で、手の感触で若干の膨らみを生じているのが確認できた。

$6\delta_y$ 終了時で顕著な局部座屈が確認でき、この座屈は鋼管全周に発生した。しかし、側面の座屈位置はFig.2の鋼管の下部固定位置より70mmの高さであった。このとき、交番载荷荷重は3サイクル目で減少した。

$7\delta_y$ での载荷実験では、交番载荷荷重が $6\delta_y$ の载荷荷重よりも小さい荷重で変位し、各サイクルでの荷重でも減少傾向になった。

$8\delta_y$ での载荷実験を試みたが、荷重増加よりも変位の増加で以上な挙動を示したため、この時点で交番载荷意実験を中止した。

実験終了後の局部座屈状況をPhoto.2に示す。局部座屈状況は鋼管全周に発生しているが、最大曲げ応力度が発生した位置(F6,B6)では鋼管下部固定位置より90mmの高さで、荷重作用方向と直角の位置(L6,R6)では鋼管下部固定位置より70mmの高さで発生して、この間での局部座屈はこれらを曲線で結んだものとなった。

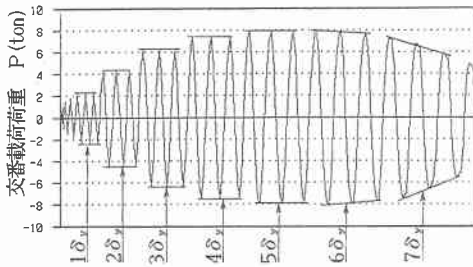


Fig.3 交番载荷曲線

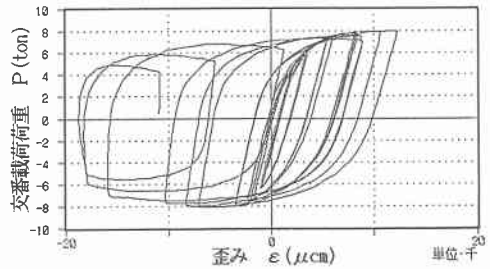


Fig.5 交番载荷荷重と歪み(1)

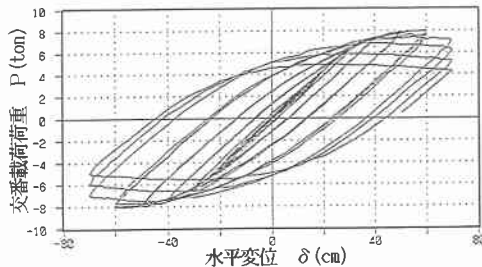


Fig.4 交番载荷荷重と水平変位

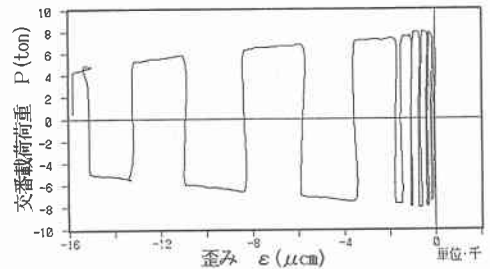
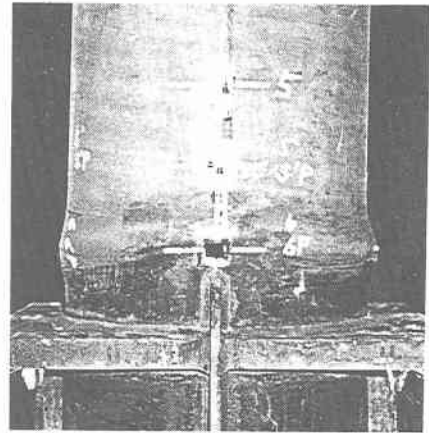


Fig.6 交番载荷荷重と歪み(2)

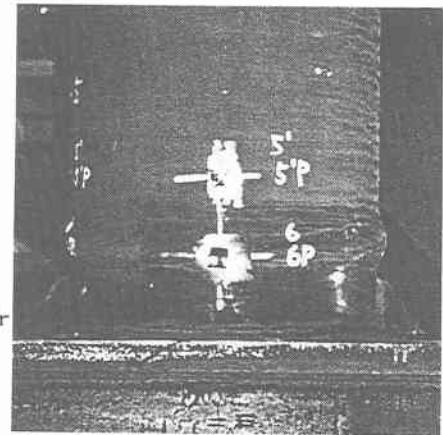
#### 4. 考察と結論

鋼管短柱の圧縮および曲げ耐力実験での結果では、圧縮のみの場合は鋼管の全周で局部座屈が発生し、曲げのみの場合は最大曲げ圧縮応力が降伏点を越えたあたりで座屈が発生すると報告されている。

本実験のように軸力を作用させた場合の静的交番荷重実験では、実験結果が示すように供試体の下端で局部座屈を起こし、座屈は鋼管の全周に発生した。座屈位置A点での歪み履歴曲線(Fig.5)とFig.7より、 $3\delta_y$ までは鋼管全断面で弾性変形しているが、 $4\delta_y$ では降伏点に達している。更に、 $5\delta_y \sim 6\delta_y$ ではA点近傍で塑性変形を起こし、 $7\delta_y$ では鋼管全断面が塑性域に達している。このことより、交番荷重することにより、曲げ応力度が鋼管の降伏応力度を超えた場合、鋼管断面の圧縮に関して有効面積が減少し、更に振幅を大きくすることにより全断面が降伏応力度を超えて鋼管全周での座屈となると考えられる。



交番荷重正面



交番荷重側面

Photo.2

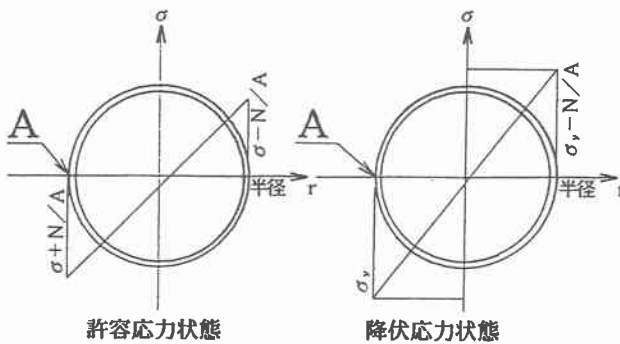


Fig.7

上記の通り鋼管橋脚の交番荷重による基礎的な座屈特性を確認することができた。しかし、本実験は鋼管橋脚の基礎実験を目的したため1タイプ1供試体での実験に留めていたので、今後は鋼管の断面形状・補強方法等の違い、多数のタイプの供試体について実験を重ね座屈特性を把握する必要があると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 宇佐美勉・青木徹彦・加藤正宏・和田国央：鋼管短柱の圧縮および曲げ耐力実験：土木学会論文集第416号255-264, 1990年
- 2) 鈴木森晶・宇佐美勉・竹本深史：鋼製橋脚モデルの静的および準静的挙動に関する実験的研究：土木学会論文集第507号99-108, 1995年
- 3) 宇佐美勉・才塚邦宏・木曾英滋・伊藤義人：ハイブリット地震応答実験による鋼製橋脚の強震時挙動：土木学会論文集第519号101-113, 1995年
- 4) 鈴木森晶・宇佐美勉：繰り返し荷重下における鋼製橋脚モデルの強度と変形能の推定式に関する研究：土木学会論文集第519号115-125, 1995年