

I-A 57

繰り返し荷重を受ける鋼製橋脚のダクティリティ特性

豊田高専 正会員 桜井孝昌 正会員 忠 和男 学生員 佐々木亮介

1、はじめに

本報告は、阪神大震災において、鋼製橋脚が受けた被害の内、塑性座屈が主因であった橋脚の耐力と座屈後のダクティリティ特性について検討したものである。

2、解析モデル

数値解析は、汎用構造解析プログラムMARCを用い、Von Misesの降伏条件と移動硬化則に基づいて、弾塑性有限解析を行った。対象とした橋脚は平成7年8月、建設省土木研究所が主体となって実施したモデル実験の供試体を参照して選んだ。円筒鋼製橋脚を対象とし、円筒の概形及び要素分割状態を図-1に、その諸元及び材料特性を表-1に示す。解析は板厚が薄いものと厚いものの2種類について行い、対称性を利用して円筒の1/2について、一端固定、他端自由として行った。自由端には剛体板を介して降伏軸圧縮力の15%の軸力を定常的に作用させた状態で水平方向に繰り返し荷重Hを作用させた。水平荷重Hは、土木研究所が採用している載荷条件に従って図-2に示すように、降伏水平変位 δy を基準にして繰り返し作用させた。

ここに、降伏水平荷重 H_y 、降伏変位 δy 、降伏軸力 P_y は、

$$H_y = (\sigma_y - (P/A))Z/h, \quad \delta y = Hyh^3/3EI, \quad P_y = A\sigma_y$$

と定義する。ここに、 h ：供試体高さ、 P ：軸力、 A ：供試体断面積、 Z ：断面係数を表す。

3、解析結果

解析は径厚比が大きいもの（ $D/t=100$ ）と小さいもの（ $D/t=50$ ）について行った。それぞれに対して R_t は0.141、0.071で、鋼構造設計指針で示されている境界値0.091より大きいものと小さいものを選択した。解析は、単調載荷と繰り返し載荷の両者について行った。妥当な解を得るために必要な要素分割数を求めるため、分割形式と分割数を変化させて解析し、解の収束状態を検討した。その結果、図-1に示すように円周方向に12分割、軸方向に6分割

表-1 円筒鋼管の諸元と材料特性

種類	D mm	t mm	D/t	E kgf/mm ²	Est	σ_y kgf/mm ²	Rt
A	900	9	100	21000	E/100	36	0.141
B	900	18	50	21000	E/100	36	0.071

D：直径、t：板厚、E：ヤング係数、Est：ひずみ硬化係数

σ_y ：降伏応力、Rt：径厚比パラメータ（ $=1.65(\sigma_y/E)(D/2t)$ ）

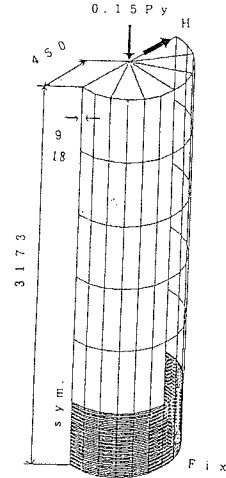


図-1 円筒諸元と要素分割状

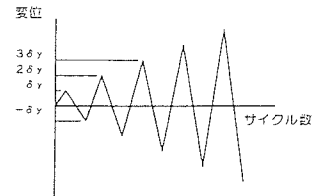


図-2 繰り返し載荷条件

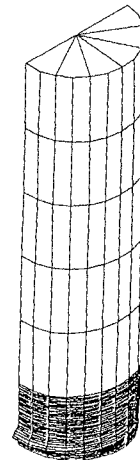


図-3 座屈時の変形状態

とし、さらに軸方向最下部について36分割したもので、妥当な収束解が得られるため、この分割状態によって解析した。図-3は、座屈時の変形状態を示す。円筒下部より円筒高さの1/32の点で局部座屈が生じている。さらに、繰り返し水平荷重を作用させることによって、いわゆる”ちょうちん座屈”形状の座屈変形が現れる。図-4に、 $D/t=100$ の薄い円筒についての繰り返し载荷の結果を示す。自由端の水平方向変位を $1\delta y$ づつ繰り返し漸増し $7\delta y$ まで繰り返した結果を示してある。図の横軸には水平変位 δ を δy で除して無次元化し、縦軸は水平荷重 H を H_y で除して無次元化してある。最大荷重は $\delta/\delta y=2$ の変形に対して現れ、 $H/H_y=1.42$ となる。7回繰り返した载荷後、水平荷重は最大値の0.28倍にまで低下する。

図-5は、 $D/t=50$ の厚い円筒についての結果を示した。 H の最大値は $3\delta y$ の位置に生じ、その値は $H/H_y=1.56$ である。7回繰り返した载荷後、水平荷重は、最大値の0.83倍となった。径厚比 $D/t=50$ の場合は径厚比100の場合に比較して、最大荷重の低下率が約1/3に減少している。

図-6は、径厚比 D/t が50と100について単調载荷と、繰り返し载荷の結果より求めた包絡線との比較である。 $D/t=50$ の厚い円筒の場合については単調载荷の場合の最大値の低下はほとんど見られないのに対し、繰り返し载荷の場合は、7回繰り返した後の水平荷重が、最大値の0.83倍に低下する。 $D/t=100$ の薄い円筒の場合は、単調载荷において7回繰り返した後の水平荷重は最大値の0.55倍になり、繰り返し载荷の場合は、0.28倍にまで低下する。

4. 終わりに

・本報告の条件下における円筒鋼管（径厚比パラメータが $Rt=0.071$ と 0.141 ）は、”ちょうちん座屈”が生じる。

・ $Rt=0.071$ ($D/t=50$) の鋼管では、ダクティリティ性能が大きいのに対し、 $Rt=0.141$ ($D/t=100$) の円筒においては座屈後の荷重低下が大きい。従って、ダクティリティ性能の良好な円筒鋼製橋脚を設計する為には、径厚比パラメータ Rt の小さいものを採用することが有効な手段の一つと考えられる。

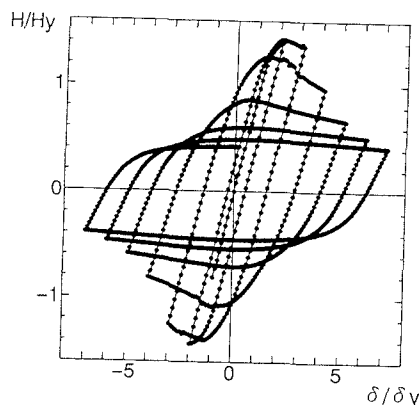


図-4 繰り返し载荷荷重一変位曲線
($D/t=100, Rt=0.141$)

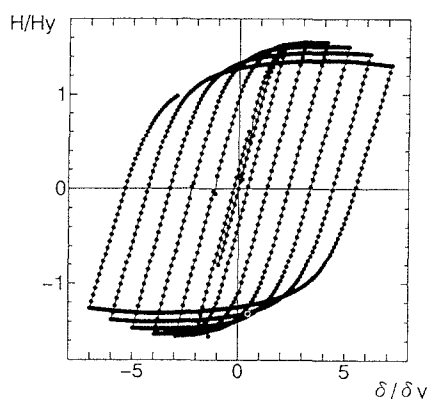


図-5 繰り返し载荷荷重一変位曲線
($D/t=50, Rt=0.071$)

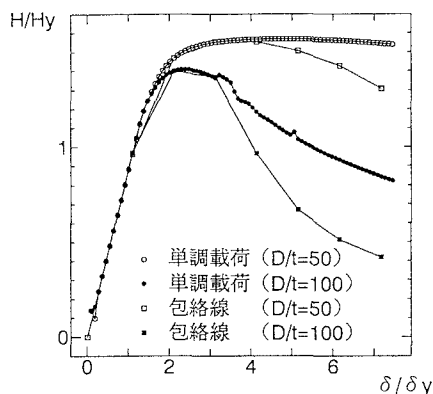


図-6 荷重一変位曲線における単調载荷と繰り返し载荷の包絡線との比較