

繰り返し水平力を受ける鋼管柱の変形性能に関する実験的研究

新日本製鐵 正員 森 忠彦
 新日本製鐵 正員 安波博道
 新日本製鐵 正員 富永知徳

1. はじめに

阪神大震災では高架道路の鋼管柱にも座屈等の損傷が少なからず発生した。繰り返し水平力が作用する鋼管柱の座屈耐荷力、変形性能については径厚比が大きな支配因子であることが報告されている¹⁾。ここでは、変形性能を向上させる観点から径厚比が比較的小さい鋼管柱の試験体を用いて、繰り返し水平力を作用させる実験を行い、径厚比が変形性能に与える影響を把握すると共に、耐震設計における許容変形と塑性率について考察を行った。

2. 実験方法と結果

試験体は、鋼種SM490Yの鋼板をロールバンドで冷間成形した鋼管である。試験体の寸法、構造諸元を表1に示す。試験体の2体は同一の上部工に対して道路橋示方書に準じて許容応力度設計を行い、これを1/10に縮小したものである。R0-25は $R/t=20$ であり局部座屈が生じず、かつ環補剛材を省略することが可能な限界の径厚比($R/t=30$)に対して、板厚が1.5倍に相当し、R0-20は3.0倍に相当する。試験体を図1、実験装置を図2に示す。上部工死荷重を想定した一定の軸力($P=0.2P_y$)を保持した状態で、試験体の頭頂部に地震力に相当する正負交番の水平変位を図3に示す載荷プログラムで漸増載荷した。

実験で得られた試験体頭頂部における水平力-水平変位履歴曲線を図4に示す。R0-25は最大荷重に到達する直前で試験体基部の三角リブ直上において水平力作用方向に若干の凸状の変形が生じ始め、最大荷重に到達した後はその変形が増長すると共に円周方向にも伝播しいわゆる提灯座屈となった。一方、R0-20は水平変位を増大しても変形が生じることなく、ほぼ一定の水平力を維持し続け、最終的には三角リブ上部の鋼管との溶接止端部を起点とする低サイクル疲労亀裂が生じて水平力が低下した。

図4の履歴曲線から各載荷ステップの第1サイクル時の最大荷重と変位について、軸力($0.2P_y$)を考慮した計算上の降伏荷重、降伏変位で無次元化した包絡線を図5に示す。

3. 変形性能の評価

変形性能を表す方法として次の3つの塑性率を用いた。それぞれの変位に関する定義を図6に示す。

$$\textcircled{1} \mu_m = \delta_m / \delta_y \quad \textcircled{2} \mu_{0.95} = \delta_{0.95} / \delta_y \quad \textcircled{3} \mu_{HY} = \delta_{HY} / \delta_y \quad ^2)$$

②については、復元力剛性が最大荷重時とほぼ同等な領域として設定したものである。

各試験体の包絡線（図5）からこれらの塑性率を算出した結果を表-1に示す。

4. 耐震設計における許容変形と塑性率についての試案

地震によって生じる破損をどこまで許容するかについては、構造物や部材の機能、重要度等も考慮しなければならないが、ここでは構造形式から倒壊や落橋を防止することに着目して、許容変形とそれに相当する塑性率について1つの考え方を示す。1本柱の橋脚や橋軸方向に静定な構造においては、座屈発生を極力抑制すべきであり、この場合の塑性率としては②の値を採る。一方、ラーメン等の不静定構造では基部や格点部での多少の変形は許容できる場合が多く、このような場合には③を採用することが可能と考えられる。

5. むすび

鋼管柱は径厚比を小さくすることにより、大きな変形性能（塑性率）を確保するこが可能である。耐震設計（保有耐力照査）においては構造形式に応じて適当な塑性率を採用する考え方を提案した。今後の耐震構造物を検討する上で参考になれば幸いである。

〔参考文献〕

- 1) 宇佐美勉・青木徹彦・伊藤義人：繰り返し外力を受ける鋼製橋脚の変形能に関する実験的研究（報告書），新日本製鐵㈱・名古屋大学土木工学科，1991
- 2) 富永知徳・安波博道：厚肉少補剛断面を有する鋼製橋脚の変形性能に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.40A，1994年3月

表1. 試験体諸元と実験結果

NAME	試験体諸元					実験結果				
	D(mm)	t(mm)	R/t	$\bar{\lambda}$	H_y (tf)	H_m (tf)	H_m/H_y	① μ_m	② $\mu_{0.95}$	③ μ_{H_y}
R0-25	250	6.0	20.8	0.208	5.86	8.56	1.46	4.1	5.4	7.0
R0-20	200	10.0	10.0	0.266	5.58	8.88	1.59	5.1	8.8	(10.4)

$$\bar{\lambda} = (1/\pi) \cdot (\sigma_y/E)^{1/2} \cdot (L/r)$$

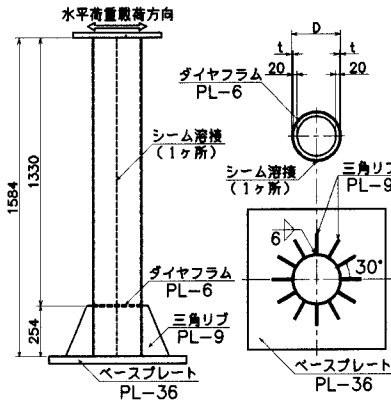


図1 供試体

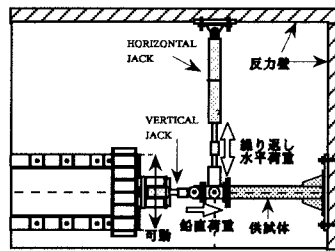


図2 荷重装置平面図

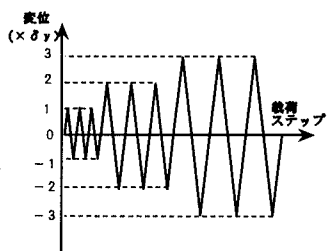
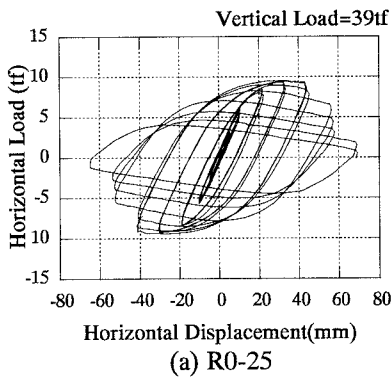
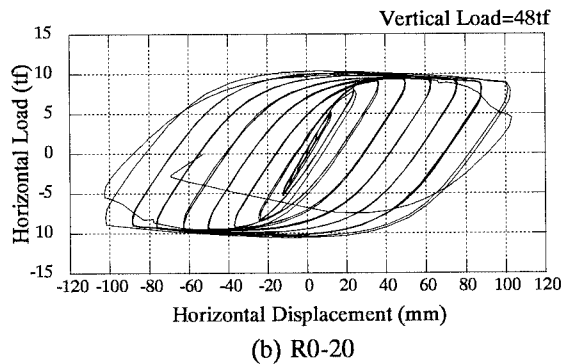


図3 水平荷重パターン



(a) R0-25



(b) R0-20

図4 水平力-水平変位履歴曲線

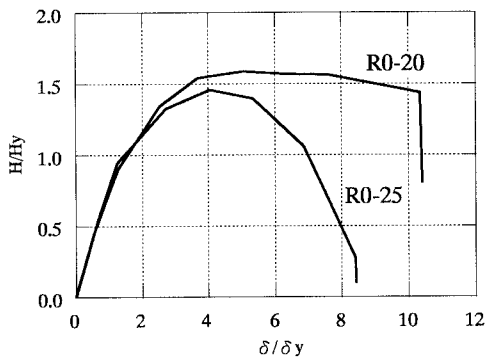


図5 無次元化包絡線

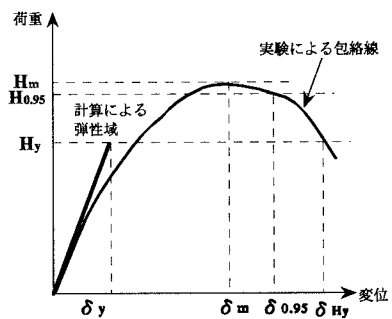


図6 記号の定義説明図