

I-A252 鋼管柱模型の単調および繰り返し水平載荷実験

北電興業株式会社 正員 梶山 義晴 室蘭工業大学 正員 岸 徳光
 （株）日本製鋼所 正員 小枝日出夫 北海道開発局 正員 池田 憲二
 室蘭工業大学 正員 小室 雅人

1. はじめに

本研究では、円形断面橋脚の耐震性評価のための基礎資料を得ることを目的として、小型鋼管柱模型を用いた静的単調および繰り返し水平載荷実験を行った。実験結果から径厚比および鋼種が円形断面橋脚の耐力と変形性能に与える影響について比較検討を行った。

2. 試験体

本実験で用いた試験体の概要図を図-1に、試験体の寸法および各パラメータを表-1に示す。試験体は、一般構造用炭素鋼鋼管（STK400-E-G）および配管用炭素鋼鋼管（SGP-B）の2種類である。試験体名は、第1項が鋼種（K:STK400-E-G, P:SGP-B）、第2項が板厚（1.0~2.5mm）、第3項が載荷方法（-m:単調載荷, -c:繰り返し載荷）を示している。試験体の鋼管部は旋盤により内外面を切削した後、2本の鋼管を所定の長さになるように溶接して製作した。試験体基部は、剛体変形を極力防ぐために凸状の台座に鋼管を差し込み、鋼製リングをはめ込み溶接固定している。試験体上部には、荷重載荷用の鋼板を周溶接により取り付けしている。使用鋼管の機械的性質を求めるために、それぞれの鋼管から JIS 6号試験片を製作し引張試験を行った。表-2に各鋼種における引張試験結果を、また図-2に真応力-真歪曲線を示す。STK400-E-Gの降伏応力は、SGP-Bのそれよりも2倍程度大きいものとなっている。

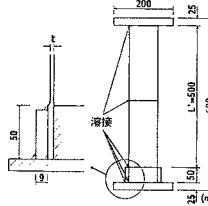


図-1 試験体の概要図

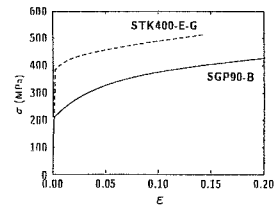


図-2 真応力-真歪曲線

表-1 試験体の寸法およびパラメータ

試験体名	荷重点高さ L (mm)	鋼管高さ L' (mm)	半径 R (mm)	板厚 t (mm)	軸力比 P/P _y	細長比 L/R	細長比 $\bar{\lambda}$	R/t	R _t
K-t10-m	631.5	500	47.75	1.0	0.102	13.2	0.514	47.8	0.147
K-t15-m			48.00	1.5	0.068	13.2	0.511	32.0	0.099
K-t20-m			48.25	2.0	0.051	13.1	0.508	24.1	0.074
K-t22-m			48.35	2.2	0.046	13.1	0.507	22.0	0.068
K-t25-m			48.50	2.5	0.040	13.0	0.506	19.4	0.060
P-t15-m			48.00	1.5	0.120	13.0	0.376	32.5	0.056

$$\bar{\lambda} = \frac{2L}{\pi t} \sqrt{\sigma_{ys}/E_s}, \quad R_t = \frac{R}{t} \sqrt{\frac{\sigma_{ys}}{E_s} 3(1-\nu_s)^2}$$

表-2 引張試験結果

鋼種	降伏応力 σ_{ys} (MPa)	引張強度 σ_u (MPa)	降伏比 σ_{ys}/σ_u	弾性係数 E_s (GPa)	ポアソン比 ν_s
STK400-E-G	384	516	0.744	206	0.3
SGP-B	210	425	0.494		

3. 実験装置および載荷方法

図-3に実験装置の概要図を示す。試験体上部には、橋梁上部工に相当する軸方向荷重を容量 100kN の油圧サーボ式試験機により与えている。なお、軸方向荷重は 11.8kN で一定としている。水平方向荷重は、ストローク 200mm、容量 19.6kN の電動式ジャッキを用いて変位制御方式により与えている。試験体上部の載荷点は、試験体に生じる水平および軸方向変位を拘束することなく、荷重の方向が極力水平を維持するような構造としている。実験における測定項目は、載荷点における水平荷重および水平変位である。実験は、水平方向変位を一方方向に与える単調載荷実験、降伏水平変位 δ_y に基づいた繰り返し載荷実験である。なお、降伏水平変位 δ_y は、単調載荷実験結果における弾性梁理論より得られた降伏水平荷重 H_y に相当する変位量である。

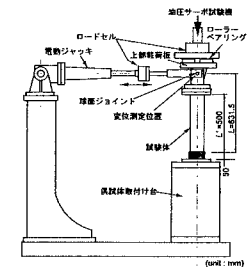


図-3 実験装置の概要図

4. 実験結果および考察

4.1. 破壊状況

図-4に、試験体 K-t15-m, -c を例にとり実験終了後の座屈変形状態を示している。図より、基部近傍に EFB (Elephant Foot Bulge) 型の局部座屈が発生していることがわかる。この局部座屈は水平変位の増加とともに発生

キーワード：鋼管柱模型、径厚比、局部座屈

連絡先 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27 番 1 号 室蘭工業大学 建設システム工学科 Tel 0143-47-5226 Fax 0143-47-5227

し、載荷が進むにつれて座屈変形が大きくなり試験体は耐力を失っていく。この破壊過程は載荷方法（単調載荷と繰返し載荷）、径厚比および鋼種によらず他の試験体においても同一であった。表-3に各試験体における座屈形態、座屈高さおよび最大荷重を一覧にして示す。表より、単調および繰返し載荷に限らず全ての試験体の基部近傍においてEFB型の局部座屈が発生している。また、表より最大荷重は径厚比パラメータ R_t が小さいほど増大していることがわかる。なお、P-t15は、K-t15と比較すると降伏応力が小さいために最大荷重が小さい値を示している。

表-3 座屈形態および最大水平荷重

試験体名	座屈形態	座屈高さ (mm)	径厚比パラメータ R_t	降伏水平変位 δ_y (mm)	降伏水平荷重 H_y (kN)	最大荷重 H_m (kN)	H_m/H_y
K-t10-m	EFB	12	0.147	5.07	3.86	5.90	1.53
-c		18				5.74	1.48
K-t15-m		18	0.099	5.62	6.05	9.02	1.49
-c		16				8.75	1.45
K-t20-m		15	0.074	5.52	8.26	12.65	1.53
-c		22				12.42	1.50
K-t22-m		17	0.068	5.74	9.16	14.22	1.55
-c		22				13.95	1.52
K-t25-m		15	0.060	5.99	10.5	16.36	1.56
-c		22				15.71	1.50
P-t15-m		17	0.056	2.97	3.28	5.87	1.79
-c		17				6.46	1.97

EFB : Elephant Foot Bulge

4.2. 単調載荷実験

図-5には各試験体の水平荷重-変位曲線を比較して示している。図は縦軸に無次元水平荷重 H/H_y を、横軸には無次元水平変位 δ/δ_y を取り整理している。最大荷重に着目すると、K-試験体の場合には、径厚比パラメータ R_t によらずほぼ1.5の一定値を示している。また、P-試験体の最大荷重は、いずれのK-試験体よりも大きい。これは、K-試験体に比較してP-試験体のひずみ硬化が大きいためと考えられる。また、最大荷重時の変位に着目すると、K-試験体では径厚比パラメータ R_t が小さいほど増加する傾向を示していることがわかる。

4.3. 繰返し載荷実験

図-6には、K-t15-c、P-t15-cを例に取り水平荷重-変位履歴曲線を示している。図中には比較のため、単調載荷における水平荷重-変位曲線も点線で示している。K-試験体では、載荷方法によらず最大荷重がほぼ等しいことがわかる。一方、P-試験体では単調載荷に比較して繰返し載荷における最大荷重が増加している。これはP-試験体の繰返し硬化が大きいためと考えられる。図-7には、各試験体の履歴曲線において各サイクルの最大変位点を結んだ包絡線を示している。同図よりK-試験体における最大荷重は、単調載荷実験結果と同様径厚比パラメータ R_t の影響をほとんど受けず、ほぼ1.5の一定値を示していることがわかる。一方、P-試験体ではサイクル毎のピーク荷重の増加が著しく、最大荷重もK-試験体の約1.3倍に達している。また、最大荷重時の変位は単調載荷の場合と同様に、径厚比パラメータ R_t が小さいほど増加する傾向を示している。

4. まとめ

- 1) 座屈形態におよぼす載荷方法、径厚比および鋼種の影響は小さい。
- 2) 無次元最大荷重は鋼種に大きく依存する傾向にある。
- 3) 同一鋼材の場合には、載荷方法および径厚比によらず無次元最大荷重はほぼ一定となる傾向にある。
- 4) 変形能は径厚比パラメータが小さいほど増加する傾向にある。

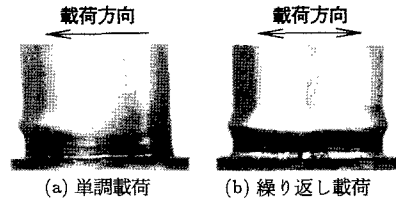


図-4 実験終了後の変形状態 (K-t15)

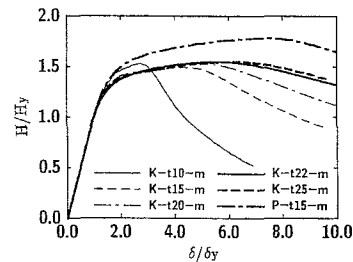


図-5 荷重-変位曲線（単調載荷）

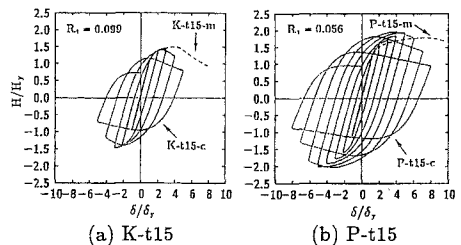


図-6 荷重-変位曲線（繰返し載荷）

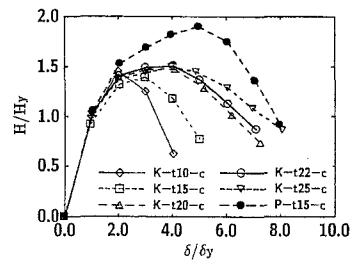


図-7 荷重-変位曲線の包絡線