

鋼管橋脚の耐荷力と変形性能におよぼす載荷方法の影響

(株)日本製鋼所 正員 小枝日出夫 開発土木研究所 正員 池田 憲二
室蘭工業大学 正員 岸 徳光 室蘭工業大学 正員 小室 雅人

1. はじめに

本研究では、先に著者らによって行なわれた鋼管橋脚模型を用いた静的繰返し載荷実験¹⁾と基部加振実験²⁾の結果をもとに、鋼管橋脚の耐荷力と変形性能におよぼす載荷方法の影響を検討した。両者の実験から得られる履歴曲線、包絡線および局部座屈形状等を比較することにより、これらの実験法の工学的な等価性について検討を行なっている。

2. 実験の概要

先の載荷実験^{1), 2)}では、鋼種と細長比を固定し径厚比を変化させた小型鋼管橋脚模型（以下、試験体）を用いて実験が行なわれている。図 - 1 に試験体の形状を、また表 - 1 に寸法および各パラメータを一覧にして示している。試験体の名称は、第1項が板厚、第2項が載荷方法（C：繰返し載荷、D：正弦波加振）を示している。試験体の鋼管部は、全て一般構造用炭素鋼鋼管（STK400-E-G）から製作している。表 - 2 に使用鋼管の引張試験結果を示す。なお、試験体の製作方法および実験装置等については文献^{1), 2)}を参照されたい。

静的水平載荷実験は、変位速度を 0.4 mm/s とする水平変位制御により行なった。繰返し載荷の方法は、水平変位 δ を降伏水平変位 δ_{yE} を基準にして各サイクルで漸増しながら繰返し与えている。ただし、降伏水平変位 δ_{yE} は、降伏荷重 H_y に相当する変位として実験より求めている。

基部加振実験は次の2種類について行なった。1) アクチュエーターをシャットダウンさせることにより試験体に自由振動状態を励起させ最低次固有振動数を求める実験、2) 試験体の動的弾塑性挙動を検討するために、所定の入力加速度および周波数を有する正弦波で基部加振する実験である。加振実験における入力加速度は、静的水平載荷実験より得られた最大耐荷力を参考にして設定している。また加振周波数は、1) の実験により得られた固有振動数の約 75% に設定している。表 - 3 に入力加速度、加振周波数および実験から得られた試験体の固有振動数を一覧にして示す。

3. 実験結果および考察

図 - 2 に $R_t = 0.099$ の試験体に関して、実験終了後の試験体基部における局部座屈の発生状況を示す。繰返し載荷の場合には、基部から約 20 mm の位置に全周に渡る象の脚型の局部座屈が発生していることがわかる。一方、正弦波加振の場合には、繰返し載荷で現れるような全周に渡る象の脚型の局部座屈は見られず、加振方向の一側面に発生した局部座屈部が鋼管の内

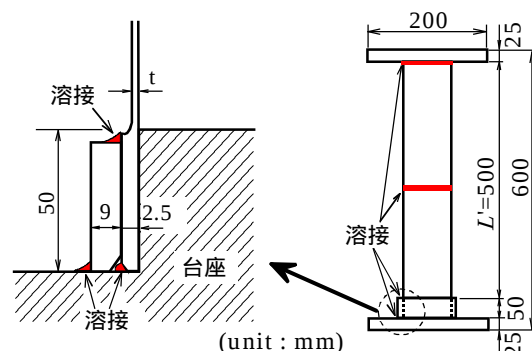


図 - 1 試験体の形状

表 - 1 試験体寸法および試験体パラメータ

試験体名	荷重点 高さ L (mm)	板厚 中心半径 R (mm)	板厚 t (mm)	細長比 パラメータ λ	径厚比 パラメータ R_t
t10-C, -D	631.5	47.75	1.0	0.514	0.147
t15-C, -D		48.00	1.5	0.511	0.099
t20-C, -D		48.25	2.0	0.508	0.074
t22-C, -D		48.35	2.2	0.507	0.068
t25-C, -D		48.50	2.5	0.506	0.060

表 - 2 鋼管材の引張試験結果

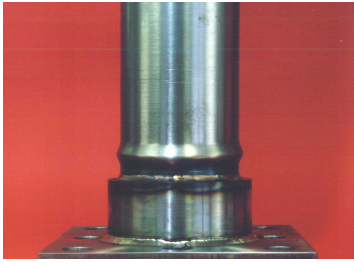
降伏応力 σ_y (MPa)	引張強さ σ_u (MPa)	弾性係数 E (GPa)	ポアソン比 ν
384	516	206	0.30

表 - 3 加振実験の条件

試験体名	固有振動数 (Hz)	加振周波数 (Hz)	入力加速度 (gal)
t10-D	3.56	2.5	300
t15-D	4.12	3.0	500
t20-D	4.87	3.5	600
t22-D	5.19	3.7	750
t25-D	5.38	4.0	875

キーワード：鋼管橋脚，加振実験，局部座屈

連絡先 〒051-8505 北海道室蘭市茶津町四番地 (株)日本製鋼所 室蘭研究所 Tel 0143-22-9211 Fax 0143-22-4180



(a) t15-C (繰り返し載荷)



(b) t15-D (正弦波加振)

図 - 2 実験終了後の試験体基部における局部座屈状況 ($R_t = 0.099$)

側に潰れ、試験体は " く " の字に変形して倒壊している。

図 - 3 には、 $R_t = 0.099$ および 0.06 の試験体について、各載荷実験より得られた履歴曲線の包絡線を比較して示している。同図より $R_t = 0.099$ の場合には、加振実験から得られた包絡線は繰り返し載荷実験の結果とほぼ一致していることがわかる。一方、 $R_t = 0.06$ の場合には、加振実験の包絡線はその最大耐力までは繰り返し載荷実験とほぼ一致しているものの、耐力の劣化開始が繰り返し載荷実験に比較して早く、またその劣化の変位に対する進行度合も大きい。これは、径厚比が小さい場合には、繰り返し載荷実験の結果から動的応答時の包絡線を必ずしも評価できないことを示唆している。

図 - 4 および図 - 5 には、実験から得られた最大荷重 H_m/H_y および塑性率 μ_m を径厚比パラメータ R_t に対し整理して示している。ただし、最大荷重 H_m は降伏荷重 H_y で無次元している。また塑性率は、降伏変位 δ_{yE} に対する最大荷重時の変位 δ_m の比としている。図 - 4 より、加振実験から得られた最大荷重 H_m/H_y は、 $R_t = 0.1$ において繰り返し載荷実験の結果とほぼ一致しているが、 $R_t < 0.1$ の領域では繰り返し載荷実験の結果に比較して小さな値を示していることがわかる。これは、図 - 5 において加振実験の塑性率 μ_m が $R_t < 0.1$ の領域で繰り返し載荷実験の結果に比較して大きく減少していることと対応している。また、加振実験における塑性率は、 R_t に依存せずほぼ $\mu_m = 2.5$ の一定値を示していることが注目される。この原因の一つとして負荷履歴の影響が考えられる。つまり、加振実験では比較的小さな変位振幅が数多く繰り返されるため、耐力の劣化が繰り返し載荷実験に比較して早く開始すると考えられる。以上の結果は、継続時間が長く繰り返し回数が多い地震の場合には、必ずしも静的繰り返し載荷実験の結果から鋼管橋脚の耐力とじん性を評価できないことを示唆している。

4. まとめ

- 1) 正弦波基部加振の場合には、繰り返し載荷実験で現れるような全周に渡る象の脚型の局部座屈は見られず、加振方向の一方向にのみ局部座屈部が発生する。
- 2) 加振実験から得られる最大耐力と塑性率は、径厚比パラメータが $R_t = 0.1$ において繰り返し載荷実験の結果とほぼ一致するが、 $R_t < 0.1$ では繰り返し載荷実験の結果に比較して小さな値を示す。

参考文献

- 1) 松岡ら：鋼管柱模型の繰り返し水平載荷実験と弾塑性解析，北海道支部論文報告集，第55号(A)，pp.18-23，1999。
- 2) 佐藤ら：正弦波加振による鋼管柱模型の弾塑性動的応答性状，北海道支部論文報告集，第55号(A)，pp.12-17，1999。

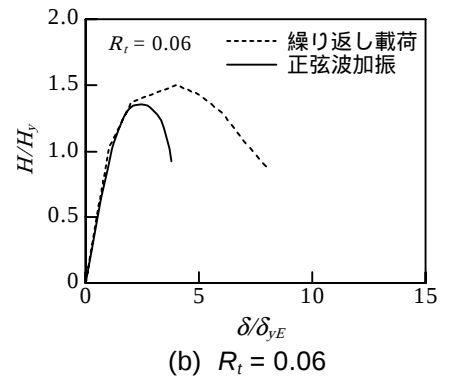
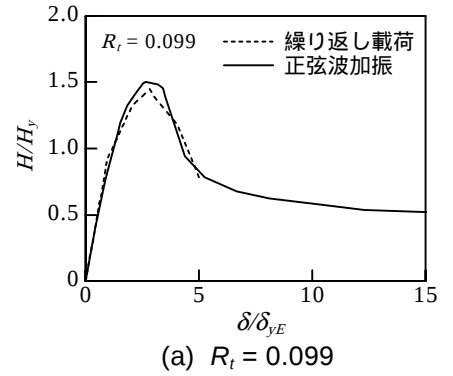


図 - 3 履歴曲線の包絡線

