

I-A98

交番荷重载荷を受ける鋼管橋脚模型の弾塑性挙動解析

室蘭工業大学 学生員 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
 名古屋工業大学 正 員 後 藤 芳 顯

1. はじめに

本研究では、円形断面鋼製橋脚の耐震性評価のための基礎研究として、単調および繰返し荷重を受ける鋼管橋脚模型における弾塑性挙動解析を行った。本数値解析では材料構成則として等方硬化則、移動硬化則および三曲面モデル¹⁾を用いた解析を行い、実験結果との比較によって各構成則の妥当性について検討を行った。本研究の検討項目は、鋼管頂部の水平荷重—水平変位関係および実験終了後の座屈形態である。

2. 実験概要

表—1 試験体一覧

試験体名	鋼管高さ L' (mm)	荷重点高さ L (mm)	半径 R (mm)	板厚 t (mm)	細長比 $\bar{\lambda}$	径厚比 R/t	軸力比 P/P_y	降伏水平荷重 H_y (kN)	降伏水平変位 δ_y (mm)
N0-m	500	631.5	48	1.5	0.479	0.086	0.0	5.688	4.454
N0-c							0.08	5.256	4.109
N8-m							0.15	4.843	3.786
N8-c									
N15-m									
N15-c									

$$\text{ただし } H_y = \frac{(\sigma_{ys} - P/A) I}{R L}, \quad \delta_y = \frac{H_y L^3}{3 E I}, \quad R/t = \frac{R}{t} \frac{\sigma_{ys}}{E} \sqrt{3(1-\nu^2)}, \quad \bar{\lambda} = \frac{2L}{\pi r} \sqrt{\sigma_{ys}/E}$$

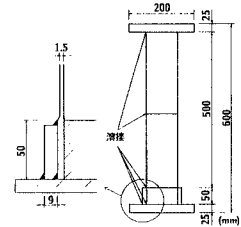
図—1に本実験に用いた鋼管橋脚模型の形状を示す。試験体の上部には軸力

周溶接により取り付け、基部においては剛体変形をできるだけ小さくするために、厚さ9mmの鋼管を用いて基礎定着部を溶接固定している。表—1に試験体名、寸法および各パラメータを示す。なお、試験体名は第1項が軸力比、第2項が载荷方法であり、mは単調载荷、cは繰返し载荷を示している。試験体の機械的性質は、引張試験により降伏応力 $\sigma_{ys} = 336.5$ MPa、引張強度 $\sigma_u = 550.4$ MPa、弾性係数 $E = 206$ GPa、ポアソン比 $\nu = 0.3$ を得ている。本実験は、軸方向荷重作用下で、1) 水平方向荷重を変位制御により一方向に与える単調载荷実験、2) 降伏水平変位 δ_y に基づいた漸増繰返し载荷実験の2種類である。なお、本研究では板厚を一定($t = 1.5$ mm)とし軸力を変化させた場合について検討を行った。

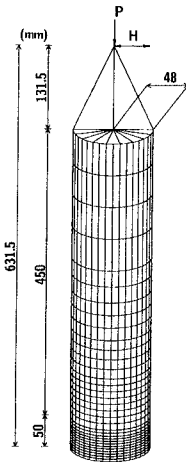
3. 数値解析仮定

3.1. 試験体のモデル化

本研究では、構造解析用汎用プログラムABAQUSを用いて数値解析を行った。解析対象は鋼製橋脚模型より上下鋼板および溶接部を除いた部分である。なお、対称性を考慮して鋼管の1/2をモデル化している。図—2に要素分割図を示す。要素分割は解の収束性を考慮して、周方向の分割数を18とし、高さ方向の分割に関しては下端より50mmまで2mm



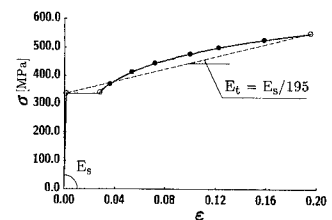
図—1 試験体の形状



図—2 要素分割図

3.2. 材料構成則

本研究では、材料構成則としてABAQUSに組み込まれている等方硬化則および移動硬化則、名古屋工業大学の後藤によって開発された三曲面モデルを用いて数値解析を行い、実験結果との比較によりその妥当性について検討を行った。等方硬化則および移動硬化則に用いた材料定数は、引張試験で得られた真応力—真ひずみ関係により決定している。図—3に真応力—真ひずみ



図—3 応力—ひずみ曲線

キーワード：鋼管橋脚模型、弾塑性解析、硬化則、三曲面モデル

連絡先 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 Tel 0143-47-3168 Fax 0143-47-3169

み曲線を示す。なお、移動硬化則では、降伏後の接線剛性を一定としていることより、図-3の破線で示すように降伏点と真ひずみ20%時の応力を直線で結んで得られる傾きを接線剛性として使用した。また、三曲面モデルに関しては、ひずみ硬化後の硬化係数を図中の●印で6点近似させて決定し、他の内部パラメータに関しては文献1)を参考にして決定した。

4. 数値解析結果

4.1. 単調載荷

図-4に N8-m 試験体における解析結果を実験結果と比較して示す。図は縦軸に無次元水平力 H/H_y 、横軸に無次元変位量 δ/δ_y を取って整理している。なお、実験値の無次元化は剛体変形を除去する形でやっている。図より、最大荷重値に着目すると、解析結果は実験結果とほぼ一致していることがわかる。また、ピーク後の挙動に関しても、解析値は実験値に比べて若干強度低下が小さいものの比較的よく再現しているものと考えられる。図-5に N8-m 試験体における解析結果の変形状態を実験終了後の座屈形態と比較して示す。図より、解析結果は座屈高さ、座屈幅、および水平方向変位とも実験結果を精度良く再現していることがわかる。

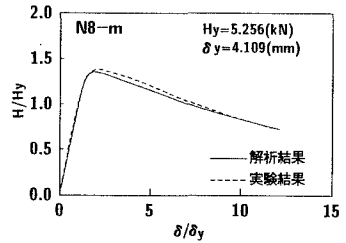


図-4 水平荷重-水平変位曲線（単調載荷）

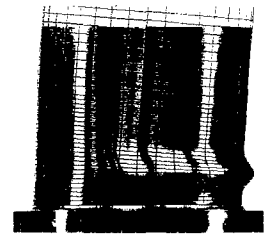


図-5 変形状態（単調載荷）

4.2. 繰返し載荷

図-6に N8-c 試験体の各構成則による解析結果を実験結果と比較して示す。図より、等方硬化則を用いた場合には弾性域が拡大するため、最大荷重および最大荷重後の履歴ループの形状が実験結果と比べ大きく異なっている。移動硬化則を用いた場合には、最大荷重まではほぼ実験結果と一致しているものの、弾性域の縮小を考慮していないことより、ピーク後の剛性低下が少なく履歴吸収エネルギーを高く評価している。一方、三曲面モデルを用いた場合には、最大荷重および履歴ループ等の繰返し挙動を最も精度良く再現していることがわかる。

図-7に N8-c 試験体の各構成則による解析結果の変形状態を実験終了後の座屈形態と比較して示す。図より、等方硬化則を用いた場合には、局部座屈は実験結果より上方に発生している。また、移動硬化則を用いた場合には、座屈位置は実験結果とほぼ一致しているが、座屈幅を小さく評価している。一方、三曲面モデルを用いた場合には、実験結果の座屈高さ、座屈幅、変形量ともに最も精度良く再現していることがわかる。

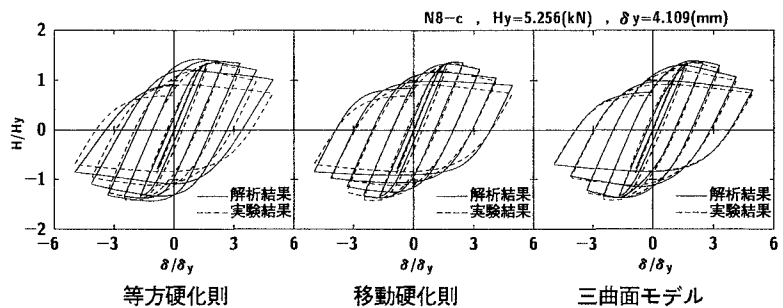


図-6 水平荷重-水平変位曲線（繰返し載荷）

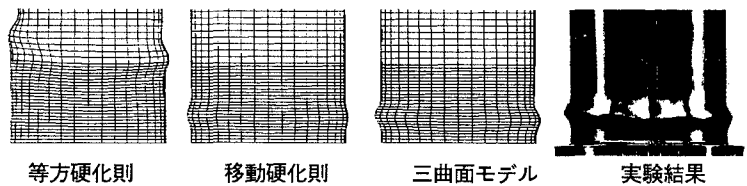


図-7 実験終了後の座屈形態および解析結果の変形状態

5. まとめ

- (1) 単調載荷に関しては、履歴曲線および座屈形状等において実験結果を精度良く再現できる。
- (2) 繰返し載荷に関しては、等方硬化則、移動硬化則の場合はいずれも履歴ループが実験結果と異なるのに対して、三曲面モデルを用いた場合では履歴ループおよび座屈形状等においても実験結果を最も精度良く再現できる。

6. 参考文献

- 1) 王慶雲, 後藤芳顯, 高橋宜男, 小畑誠: 繰り返し荷重下の鋼製橋脚の有限要素法による解析について。

第2回 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.369-376, 1997年1月