

I - B109

繰り返し水平荷重を受ける鋼製R付箱形断面橋脚の有限要素解析

日立造船 正 員 ○阿部圭吾 九工大 学生員 林 正孝
 九工大 正 員 山口栄輝 名工大 正 員 後藤芳顕
 福北公社 正 員 堂上幸男 福北公社 正 員 吉崎信之

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震以降、鋼製橋脚の耐震性能に関する研究が活発に進められている。実験的研究が重要なことは言うまでもないが、多大な経費や時間がかかるため、解析的研究も精力的に行われている。本研究では、福岡都市高速1号線において採用され、載荷実験¹⁾も行われたコーナー部に曲率を有する箱形断面橋脚（R付箱形断面橋脚）を対象に解析的検討を行ったので報告する。

2. 解析モデル

図-1に本研究で解析した供試体モデルの概略を示す。対称性を考慮して供試体の1/2のみを解析対象とし、下端部より約半分の高さまでをシェル要素、残りは梁要素を用いて要素分割した（図-2）。境界条件として、下端部を完全固定、一定の鉛直荷重 P （供試体断面の全降伏荷重の15%）を載荷した上で、載荷点の水平変位 δ を制御することにより繰り返し載荷した。その際には、最大水平変位が漸次増加するものとした。なお本解析では局部座屈が発生するため、有限変位、有限ひずみ問題として解析を行った。

材料挙動は、関連流れ則に従うミーゼス型弾塑性理論の構成則で記述できるとした。硬化則には、通常の移動硬化則と三曲面モデル²⁾を用いた。

三曲面モデルは、鋼製橋脚の繰り返し荷重下の挙動を精度よくシミュレートすることを目的として提案された繰り返し塑性モデルであり、不変の境界曲面と縮小・移動する降伏曲面に加え、その間の硬化係数の変化を表す不連続曲面により構成される。

またこのモデルは、土木研究所で実施された鋼製橋脚の繰り返し載荷実験結果を用いてキャリブレーションを行い、解析に必要なパラメータ数を減らし、鋼材の一軸引張試験の結果のみからすべてのパラメータが決定できるよう工夫されている。本解析では図-3に示す一軸引張試験結果より、材料パラメータを決定した。

3. 解析結果および考察

(1) 実験結果との比較

解析結果を図-4に示している。図中、 δ_0 は初期降伏が生じる際の載荷点水平変位、 H_y は δ_0 に対応する水平荷重である。

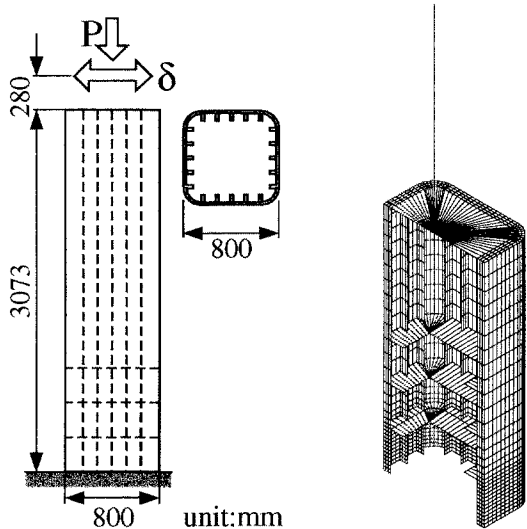


図-1 供試体概略

図-2 メッシュ図

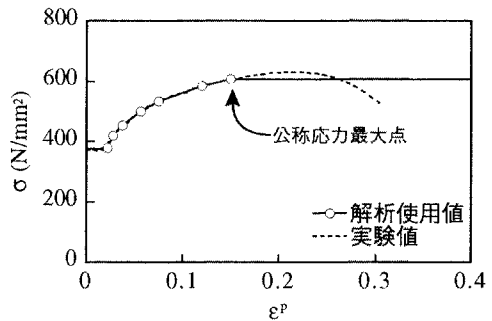


図-3 一軸引張り応力下の材料挙動

キーワード：鋼製R付箱形断面橋脚，局部座屈，繰り返し載荷，弾塑性有限変位解析

連絡先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL 093-884-3110 FAX 093-884-3100

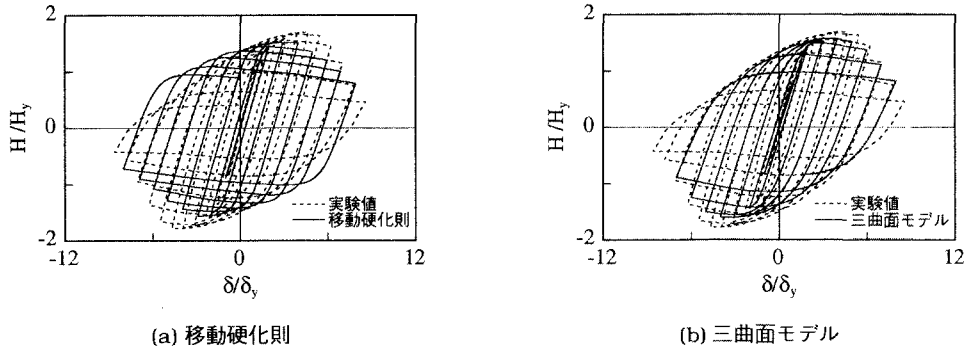


図-4 荷重-変位曲線(履歴曲線)

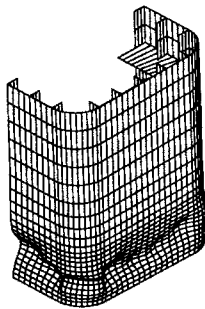


図-5 座屈モード ($\delta/\delta_y = +8$)

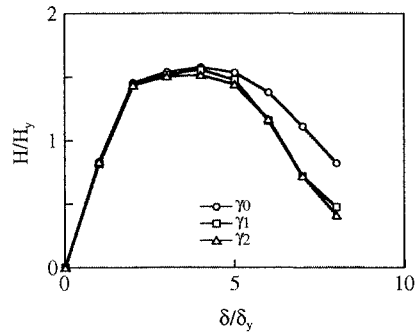


図-6 補剛材剛比の影響における荷重—変位関係(包絡線)

図-4(a)より、通常の移動硬化則を用いた場合、除荷過程の剛性を過大に評価するため、履歴曲線はかなり膨らみ、実験結果¹⁾と異なった形状となることがわかる。これに比べて三曲面モデルによる解析では、実験値と非常に良く合った履歴曲線が得られている(図-4(b))。また最大値に関しても、三曲面モデルによる解析結果の方が実験値に近い値となっている。

図-5に変形性状を示しているが、座屈モードに補剛材の効果が見られ、実験結果と良く似たものとなっている。

(2) 補剛材剛比の影響

補剛材の影響を調べるために γ/γ^* (γ^* :線形座屈理論により求められる最適補剛材剛比)の異なる橋脚を解析した結果を図-6に示す。図中の γ_0 は元の橋脚で $\gamma/\gamma^* = 3.12$ 、 γ_1 は $\gamma/\gamma^* = 1.27$ 、 γ_2 は $\gamma/\gamma^* = 1.11$ の橋脚である。なお、 γ_1 は断面を変更して γ/γ^* を小さくしたのに対し、 γ_2 では単にダイアフラム間隔を広げるにより γ/γ^* を減少させたものである。図-6の結果より γ/γ^* を変化させても最大耐力力にはあまり変化は生じないが、耐力力ピーク後の劣化域においてその影響が顕著に現れているのがわかる。これは矩形断面橋脚の実験において認められているのと同じ現象である³⁾。

4. おわりに

円形断面橋脚や矩形断面橋脚に対する三曲面モデルの有効性はすでに報告されているが、本研究の結果より、三曲面モデルはR付箱形断面橋脚の解析においても有効であることが検証できた。本研究では、R付箱形断面橋脚における補剛材剛比の影響を検討したが、今後は他のパラメーターについても検討を加える予定である。

参考文献

- 1) 吉崎他：鋼製R付箱形断面橋脚柱の耐震性に関する実験、鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集、土木学会、pp.339-346、1997年。
- 2) 後藤他：繰り返し荷重を受ける鋼製橋脚の有限要素解析と材料構成則、鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集、土木学会、pp.209-216、1997年。
- 3) 耐震設計研究WG：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術、土木学会（鋼構造委員会鋼構造新技術小委員会）、1996年。