

面外繰り返し力を受ける逆 L 形鋼製橋脚の履歴挙動

トピー工業 正員 中山雅文 熊本大学 学生員 川畑智亮
 熊本大学 正員 崎元達郎 熊本大学 正員 宮崎靖男
 栄泉測量設計 江山栄一

1. まえがき

高速道路や市街地における高架橋などは、その立地的条件より、逆 L 形鋼製橋脚のように上部構造重量が橋脚の中心軸より偏心して作用する橋脚の数も少なくない。名古屋高速道路公社の既設橋脚は 380 基あり、その内約一割の 39 基が逆 L 形橋脚であるとの報告もある¹⁾。逆 L 形をした橋脚は上部構造重量が偏心して作用するため、地震力が面外方向（橋軸方向）に作用すると、橋脚基部に軸力、曲げモーメント（面内、面外）ねじりが複雑に組み合わさって作用することとなる。これまでに逆 L 形橋脚の研究が精力的に進められているが、橋軸方向に力を受ける場合、すなわち逆 L 形橋脚が面外方向に力を受ける場合の研究は少なく、特に、面外力を受ける場合の実験報告の例を著者らは知らない。そこで本研究では、箱型断面の逆 L 形鋼製橋脚供試体が、面外方向に繰返し水平力を受ける場合の履歴挙動を、実験を行うことで明らかにするとともに、シェル要素を用いた FEM 解析法（汎用プログラム（MARC）²⁾の妥当性について検討している。

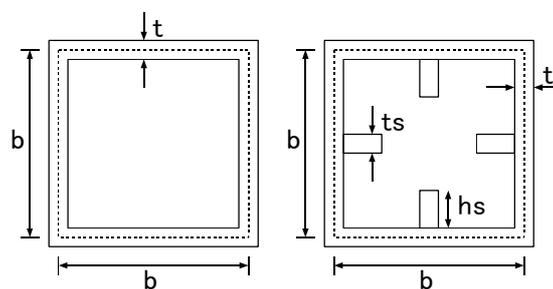
2. 実験概要

(1) 供試体：本実験では、局部座屈の発生に支配的な幅厚比パラメータ R （式 1）のみを変化させることとし、 R が 0.7 と 0.35 の無補剛箱型断面、補剛箱型断面をそれぞれ各 2 体製作した。また、実験施設の制約条件等を考慮して、細長比パラメータ（式 2）が 0.3 付近となるように供試体の高さ、偏心量を決定した。偏心比（ e/h ）はすべての供試体で 0.4 とした。ダイヤフラムは、隅角部及び断面構成板のアスペクト比が 2 となる位置に配置した。これらの寸法を定めた上で、死荷重（鉛直荷重）状態で基部の最大応力点が許容応力度におさまる様に想定死荷重 P を定めた。

$$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{y}{E} \frac{12(1 - \nu^2)}{4.0}} \quad (1)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{E}} \sqrt{\frac{y}{r} \cdot 2h} \quad (2)$$

供試体断面の板厚は、4.5mm、9mm、16mm の 3 種類を用い、鋼種は、板厚 9mm は SM400、その他は SS400 を使用した。供試体の断面形状を図 - 1 に、断面諸元と形状寸法を表 - 1 に示す。供試体名の L の後の数値は幅厚比（ R ）の 100 倍を、その後の文字の N は無補剛断面を、S は補剛断面を、示すものとする。
 (2) 実験方法：実験装置の模式図を図 - 2 に示す。アンカーボルトで反力床に固定した支承



(a) 無補剛断面 (b) 補剛断面

図 - 1 実験供試体の断面形状

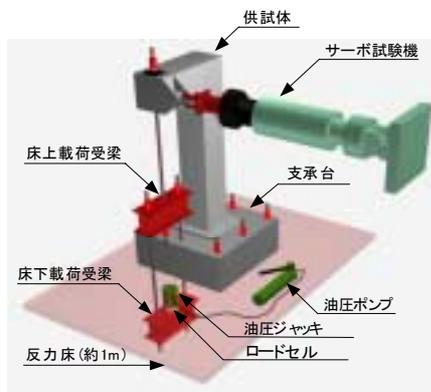


図 - 2 実験装置の模式図

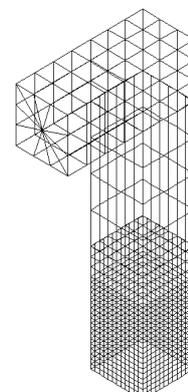


図 - 3 解析モデル

キーワード：Inverted L-shaped steel bridge pier, out-of-plane cyclic loading, hysteretic behavior

連絡先：〒860-8555 熊本県熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学工学部環境システム工学科 096-342-3532

表 - 1 供試体形状寸法および各パラメータ (単位: mm, MPa)

供試体名	板厚 (t)	断面幅 (b)	補剛材		幅厚比 (R)	降伏応力 (σ_y)	高さ (H)	偏心量 (e)	細長比パラメータ (λ)
			板厚(ts)	高さ(hs)					
L-40N	16.0	360			0.40	255	1750	700	0.26
L-80N	9.0				0.76	284			0.28
L-40S	9.0		6.0	43.0	0.38	284			0.28
L-80S	4.5		6.0	45.0	0.80	303			0.30

台に供試体を高力ボルトで固定した。水平荷重は、水平反力壁に固定したサーボ試験機 (容量 50tf、ストローク ± 100 mm) によって与え、サーボ試験機と供試体はピンで連結した。軸力は、供試体の張り出したはり先端に穴を開けて PC 鋼棒を通し載荷受け梁と連結させて、油圧ジャッキを用いて反力床下から載荷する方法を採用した。供試体と載荷受け梁には、球形のヒンジと台座を用いて全方向に回転できるようにした。油圧ポンプは、随時微調整ができるように手動のものを用いた。

3. 解析概要

解析モデルは、図 - 3 に示すような全体解析モデルとし、実験の供試体と同様の寸法を用い、メッシュ分割は局部座屈が発生すると考えられる柱基部近辺を細かく分割し、その他のところは粗く分割した。材料特性値 (降伏応力 σ_y 、弾性係数 E、ポアソン比 ν) は、実験に使用した鋼材の材料試験値を使用し、応力 - ひずみ関係をマルチリニアで近似した。

4. 実験値と FEM 解析値の比較

図 - 4 に各供試体の実験と FEM 解析の荷重 - 変位の履歴曲線を、図 - 5、6 に基部の変形状況を示す。実験結果と FEM 解析結果の比較より逆 L 形鋼製橋脚の履歴挙動が本解析のような FEM 解析においても、かなり精度よく予測できることが示された。

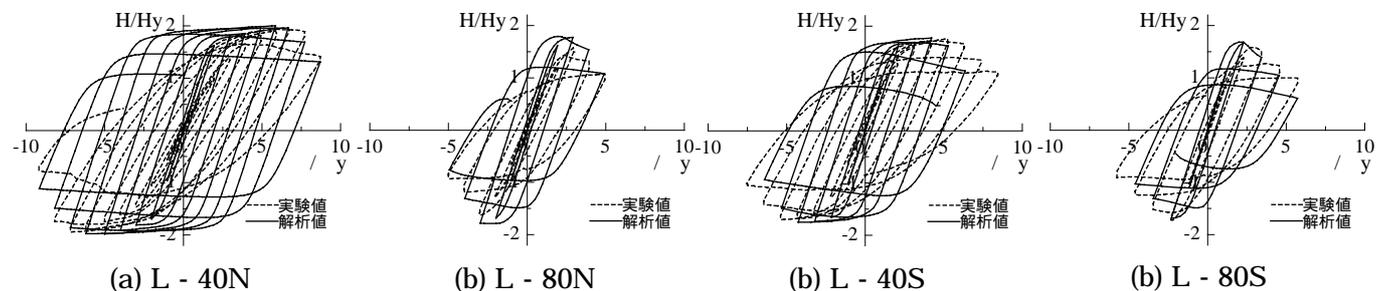
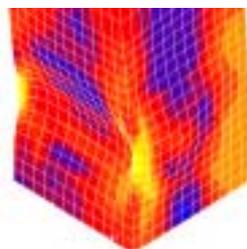


図 - 4 荷重 - 変位曲線

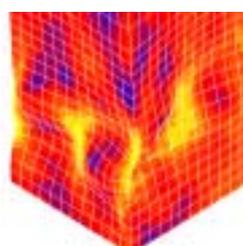


(a) FEM 解析



(b) 実験

図 - 5 供試体基部の変形状況 (L - 80N)



(a) FEM 解析



(b) 実験

図 - 6 供試体基部の変形状況 (L - 80S)

- 参考文献**
- 1) 宇佐美 勉, 本間 大介, 芳崎 一也: 鉛直荷重が偏心して作用する鋼製橋脚のハイブリッド地震応答実験、土木学会論文集, No.626/I-48, pp.197-206, 1999.7
 - 2) 日本 MARC (株): MARC, Manual Volume A - C