基部にコンクリートを充填した逆Ｌ形鋼製橋脚の復元力特性

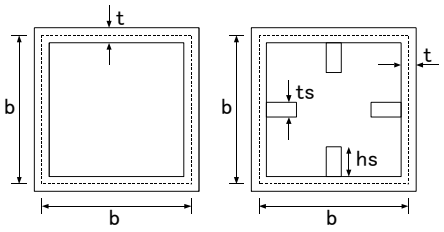
熊本大学　学生員　○川畑智亮　　三井造船鉄構工事(株)　高田孝史朗
(株)松本組　正　員　松本英明　　正　員　﨑元達郎、宮崎靖男、渡辺浩

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い。著者らは、面外力を受ける中空の逆Ｌ形鋼製橋脚の実験については既に報告している[2)]。本研究では、基部にコンクリートを充填した箱型断面の逆Ｌ形鋼製橋脚供試体が、面外方向に繰り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、シェル要素と八節点立体要素を用いた FEM 解析法（汎用プログラム（MARC））[3)]の妥当性について検討している。

２．実験概要

(1)供試体：本研究では、どの程度コンクリートを充填すれば鋼断面部での局部座屈を防げるかを明らかにする目的のもと、コンクリートの充填率のみをパラメータとした共試体を設計・製作し、計６体の実験を行った。局部座屈に支配的なパラメータＲを、実用的限界値である 0.70 程度を目標に無補剛断面・補剛断面を、それぞれ各 3 体製作した。また、実験設備の制約条件などを考慮して、細長比パラメータλが 0.3 付近となるように供試体の高さｈを 1750㎜、偏心量ｅを 700㎜ とした。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、偶角部及びコンクリートの充填高さの位置（断面構成板のアスペクト比 2、2.5、3.5 の位置）に配置した。供試体断面の板厚は、4.5 mm、6mm、9mmの 3 種類を用いた。断面諸元と断面寸法、コンクリート充填高さを表－1 に示す。供試体名のＬの後の文字のＮは無補剛断面、Ｓは補剛断面を示し、その後の数字は隅角部下までの供試体高さｈ’に対する充填率（%）を示している。



(a) 無補剛断面　　(b) 補剛断面

図－1　実験供試体の断面形状

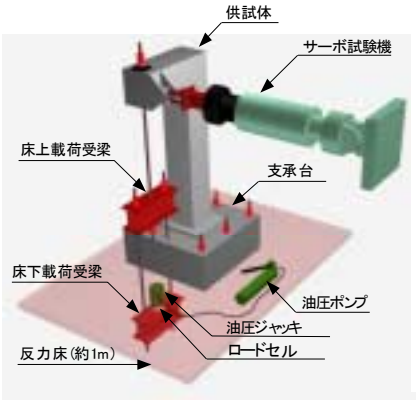
表－1　供試体形状寸法および各パラメータ

供試体名	板厚 (t)	断面幅 (b)	補剛材		幅厚比 (R)	細長比 (λ)	充填高さ (hc)	充填率 (hc/h')
			板厚(ts)	高さ(hs)				
LN-46	9	360			0.76	0.28	720	46
LN-57	9				0.80	0.29	900	57
LN-80	9				0.80	0.29	1260	80
LS-46	4.5		6	45	0.80	0.30	720	46
LS-57	4.5		6	45	0.82	0.30	900	57
LS-80	4.5		6	45	0.82	0.30	1260	80

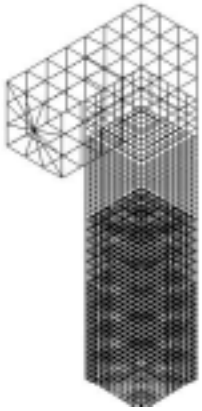
（単位　mm、%）

キーワード：*Inverted L-shaped steel bridge pier filled with concrete, 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　℡096-342-3533

(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±100mm）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。



図－2　実験装置の模式図

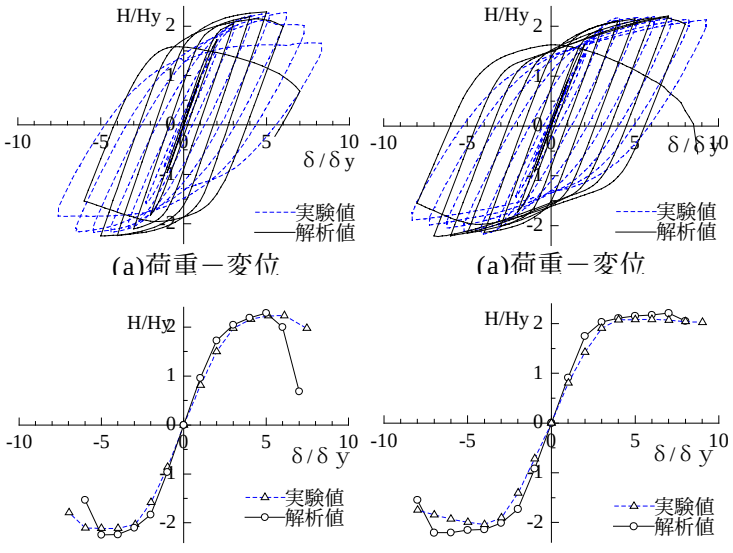

図－3　解析モデル

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、鋼材を四辺形 4 節点のシェル要素、コンクリートを八節点立体要素を用いてモデル化した。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。材料特性値は、実験と同じものを用いた。

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－変位の履歴曲線とその包絡線を示す。荷重－変位履歴曲線における履歴形状は、FEM 解析値の方がループのふくらみが大きくでている。これは FEM 解析のひずみ硬化則として移動硬化則を使用したことが主因と考えられる。初期弾性勾配はいずれの供試体においても実験値に比べて FEM 解析値の方が若干高い。これは FEM 解析では、初期不整や残留応力を考慮していないが実験ではそれらの影響が生じたこと、および実験における載荷治具のあそびや変形、供試体の剛体変位の補正が完全でなかったことが解析結果に比べて変位が大きくなった主な原因と考えられる。また、終局状態における強度劣化の勾配では、実験値の方が FEM 解析値より緩やかとなっている。その原因としては、実験において局部座屈が発生してから手動の油圧ポンプでは鉛直荷重が想定する値に間に合わない状況になったために、生じるべき強度劣化に至らなかったことが挙げられる。図－5 における包絡線の比較を見ると、よく一致しているのが分かる。以上の比較より基部にコンクリートを充填した逆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明らかになった。



(a)荷重－変位　(a)荷重－変位

(b)荷重－変位包絡線　(b)荷重－変位包絡線
（Ⅰ）LN－46　（Ⅱ）LN－57

図－4　各供試体の履歴特性の比較

参考文献

1） 宇佐美 勉，他:鉛直荷重が偏心して作用する鋼製橋脚の…、土木学会論文集, No.626/I-48,pp.197-206,1999.7
2） 﨑元達郎,他:面外繰り返し力を受ける逆L形…、土木学会論文集, No.696/I-58,pp.215-224,2002.1
3）日本 MARC（株）：MARC，Manual　Volume　A－C