

ファイバー要素解析に基づく RC 逆 L 字型橋脚の地震応答特性

東京工業大学大学院 学生会員 ○永田 聖二

東京工業大学大学院 フェロー 川島 一彦

東京工業大学大学院 正会員 渡邊 学歩

1. はじめに

RC 逆 L 字型橋脚の耐震性に関する実験的検討¹⁾によれば, RC 逆 L 字橋脚が強振動を受けると, 偏心モーメントの作用方向に大きな残留変位が生じることが明らかにされている. 解析的検討では, 土屋らが, 偏心直角方向に繰返し載荷した場合の RC 逆 L 字型橋脚の履歴特性や残留変位の進展をファイバー要素解析により精度良く再現できることを示している²⁾. 本研究では, これまでに行われた RC 逆 L 字型橋脚の水平 2 方向の載荷実験を対象としてファイバー要素解析を行い, 解析精度を検討したのでその結果を示す.

2. 解析対象橋脚とそのモデル化

現在までに東京工業大学で行われた繰返し載荷実験, ハイブリッド載荷実験を対象としてファイバー要素解析を行う. 解析対象橋脚とそのモデル化を図-1 に示す. 橋脚中心から鉛直荷重の作用位置までの偏心距離は 400mm, 有効高さは 1350mm, 断面寸法は 400mm x 400mm の正方形断面である. 軸方向鉄筋の配置は, 地震時保有耐力法の照査を満足するように決定されている. 繰返し載荷実験は, 160kN の一定鉛直荷重を作用させた状態で, 同一変位振幅における繰返し回数を 3 回とした変位漸増型で行なわれ, 矩形オービットが用いられている. ハイブリッド載荷実験では, 160kN の一定鉛直荷重の作用下で, 2 台の水平アクチュエータにより水平地震力を与えられている. 入力地震動としては, 兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台で観測された記録の NS 成分および EW 成分を, 偏心直角方向, 偏心方向にそれぞれ用いている.

解析では, 図-1 に示すように, 橋脚基部から高さ 200mm までの区間を塑性ヒンジとみなしてファイバー要素でモデル化した. コンクリートの応力~ひずみ関係としては, 包絡線には, Hoshikuma et al. による提案式を, 除荷・再載荷には, 堺らによる履歴モデルを用いた. 軸方向鉄筋の応力~ひずみ関係としては, Bauschinger 効果を考慮できる Menegotto-Pinto モデルを, 堺・川島が修正したモデルを用いた. なお, 実験では偏心直角方向のアクチュエータを橋脚の中心から偏心させているため, 橋脚には曲げとねじりが同時に生じる. 曲げとねじりは本来連成するが, 本解析ではこの効果を無視し, ねじりは曲げに対して独立であると仮定し, ねじりに対しては鉛直軸まわりの回転バネでモデル化することとした.

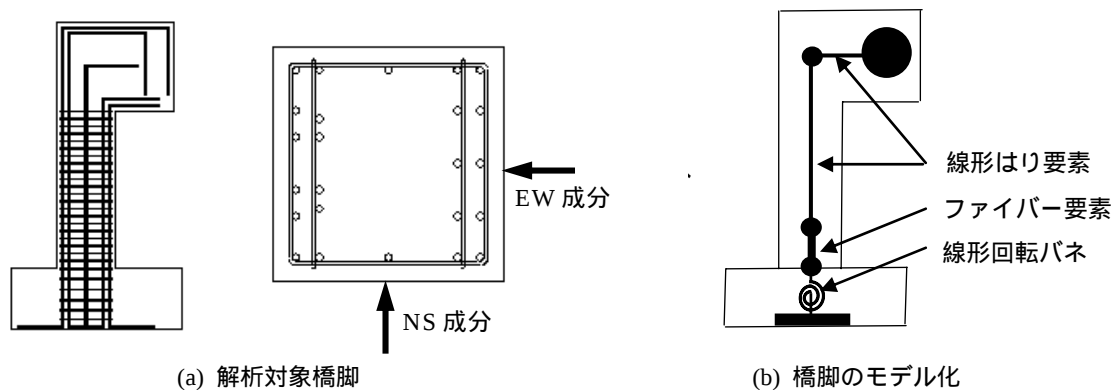


図-1 解析対象橋脚とそのモデル化

3. 繰返し載荷実験を対象とした解析

図-2 は, 繰返し載荷実験による水平力~水平変位の履歴曲線を解析した結果である. 偏心方向では, 常時荷重により偏心モーメントが作用するため, 最大耐力は偏心圧縮側(-側)よりも偏心引張側(+側)の方が大きくなるのが特徴である. 解析による履歴曲線は, 実験結果を全体的に良く再現している. 一方, 偏心直角方向を見ると, 実験では, 1.5%ドリフトで耐力は最大となり, その後 2%ドリフトから著しく低下し始めるのに対して, 解析ではこの耐力低下を再現できないため, 2%ドリフト以降, 両者の一致度が低下していく. これは, 本解析では, 曲げとねじりの同時作用による影響を見込んでいないためと考えられる.

キーワード 鉄筋コンクリート, 逆 L 字型橋脚, 偏心距離, 地震応答, 残留変位, ファイバー要素解析
連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院 川島研究室 TEL 03-5734-2922

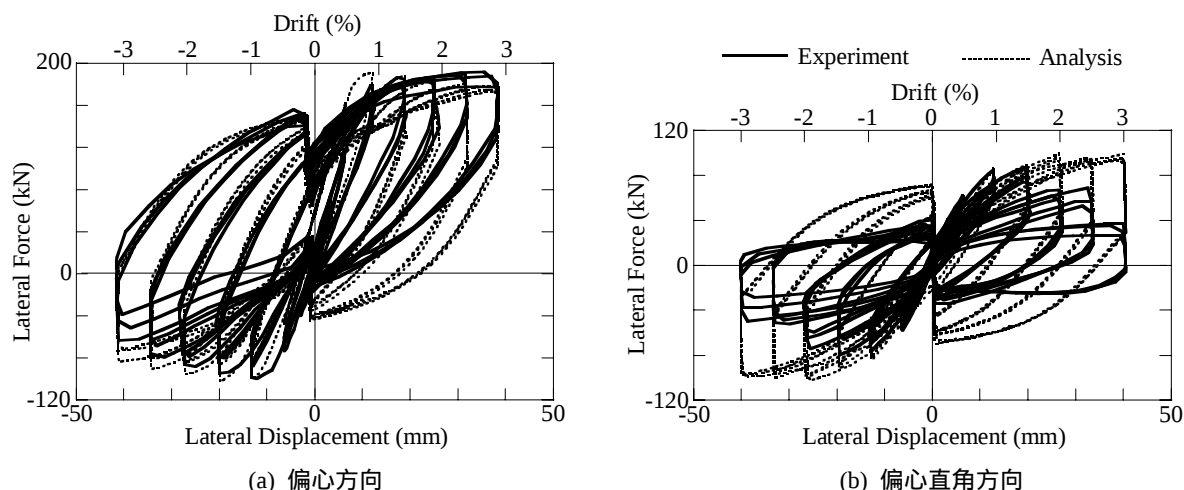


図-2 繰返し載荷実験による水平力～水平変位の履歴曲線と解析結果の比較

4．ハイブリッド載荷実験を対象とした解析

ハイブリッド載荷実験による橋脚の応答変位をファイバーモデルを用いて解析した結果を示すと図-3 のようになる。偏心方向の応答変位を見ると、3秒付近に-側（偏心圧縮側）に、一度、変位した後、そのまま-側にドリフトしていくといった実験の特徴を解析によりうまく再現している。ただし、解析による残留変位は、ドリフト 1.9%だけ実験結果より小さい。これに対して偏心直角方向では、最大応答となる3秒付近までは実験値と解析値は良く一致している。ただし、その後、解析によって求めた応答は、実験結果よりも+側にドリフトする結果、一致度が徐々に低下していく。最終的に解析による残留変位は、ドリフト 1.3%だけ実験結果よりも大きくなっている。

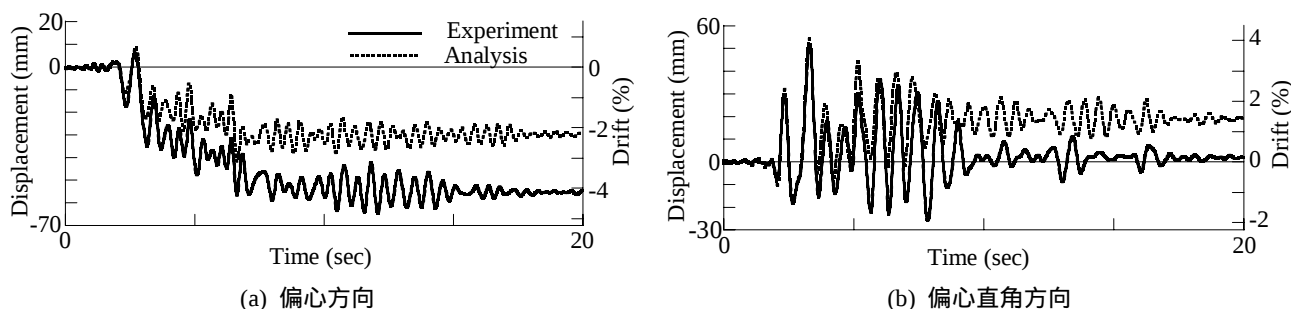


図-3 ハイブリッド載荷実験による時刻歴応答変位と解析結果の比較

5．結論

本研究では、現在までに東京工業大学で行われたRC逆L字型橋脚の水平2方向の繰返し載荷実験、およびハイブリッド載荷実験を対象としてファイバー要素解析を行い、解析精度を検討した。本検討から得られる結論は、以下の通りである。

1) 繰返し載荷実験に対する解析によれば、偏心方向では、解析によって求めた履歴曲線は、実験結果と良く一致するのに対して、偏心直角方向では、特に2%ドリフト載荷以降、解析による耐力が実験結果よりも大きくなり、両者の一致度が低下していく。これは、解析では、曲げとねじりの同時作用の影響を見込んでいないためと考えられる。

2) ハイブリッド載荷実験に対する解析によれば、偏心方向では、偏心圧縮側に残留変位が徐々に蓄積するといった現象を、解析により再現することができる。ただし、解析による残留変位は実験値よりも小さい。一方、偏心直角方向では、最大応答付近までは良く一致しているが、その後、解析による応答は、実験結果よりも+側にドリフトし、最終的に実験値よりも大きな残留変位が生じる。

参考文献

- 1) 川島一彦, 渡邊学歩, 畑田俊輔, 早川涼二: 逆L字型鉄筋コンクリート橋脚の耐震性に関する実験的研究, 土木学会論文集, No. 745/I-65, pp. 171-189, 2003.
- 2) 土屋智史, 小笠原政文, 津野和宏, 市川衡, 前川宏一: 常時偏心軸力が作用する鉄筋コンクリート柱の多軸曲げ挙動と非線形解析, 土木学会論文集, No. 634/V-45, pp. 131-143, 1999.