

コンクリートの応力-ひずみ履歴モデルを考慮した RC 橋脚の格子モデル解析

東京工業大学大学院 学生会員 鈴木暢恵
 東京工業大学大学院 学生会員 三木朋広
 東京工業大学大学院 フェロー 二羽淳一郎

1. はじめに

格子モデル¹⁾では、連続体である RC 橋脚を適切な材料モデルを組み込んだトラス部材とアーチ部材を用いてモデル化している(図 1)。その結果、RC 橋脚のせん断耐荷機構を適切に表現できる。本研究では、さらなる解析精度の向上を目指し、従来のモデルでは不十分であったコンクリートの応力-ひずみ履歴モデルをより現実的なモデルに改良することとした。

2. 改良されたコンクリートの履歴モデル

従来の格子モデルで考慮されていなかった、除荷剛性の低下、引張・圧縮モデル間の遷移領域、および除荷・再載荷時のエネルギー損失について改良を試みた。長沼らのモデル²⁾をもとに、引張応力が除荷され、圧縮応力が生じ始める点 H における塑性ひずみ、および遷移領域と圧縮モデルの接触点 J における圧縮応力をパラメータとし、曲げ破壊型の RC 橋脚³⁾を対象とした感度解析を行った。これらを変化させて実験結果と比較し、最も整合する場合の値を用いたコンクリートモデルを、改良されたモデルとして後の解析に適用した(図 2)。さらに、遷移領域から再び引張力を受けた際のモデル化を新たに行った。その結果、格子モデル解析において、曲げ破壊型の RC 橋脚における履歴吸収エネルギーの予測精度が向上することを確認した。

3. せん断破壊型 RC 橋脚の格子モデル解析

対象とした RC 橋脚⁴⁾は、基部が固定され、上端の回転が拘束された状態で繰返し水平力が作用しており、曲げモーメント分布は上下対称となる。3 体の試験体

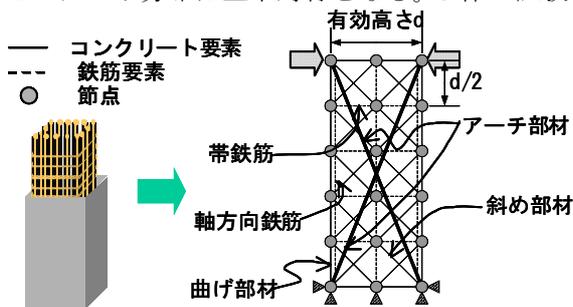


図 1 格子モデルの概要

では、せん断スパン有効高さ比、鉄筋の降伏強度がパラメータである。格子モデルでは、圧縮力の流れを考慮し、高さ方向に 2 層、合計 4 本のアーチ部材を配置した(図 3)。実験では、3 体は異なる破壊形態を示したが、試験体 R-1 では、軸方向鉄筋降伏後にせん断破壊が生じ、最も損傷が軽微であった。試験体 R-3, R-5 では、脆性的なせん断破壊が見られた。

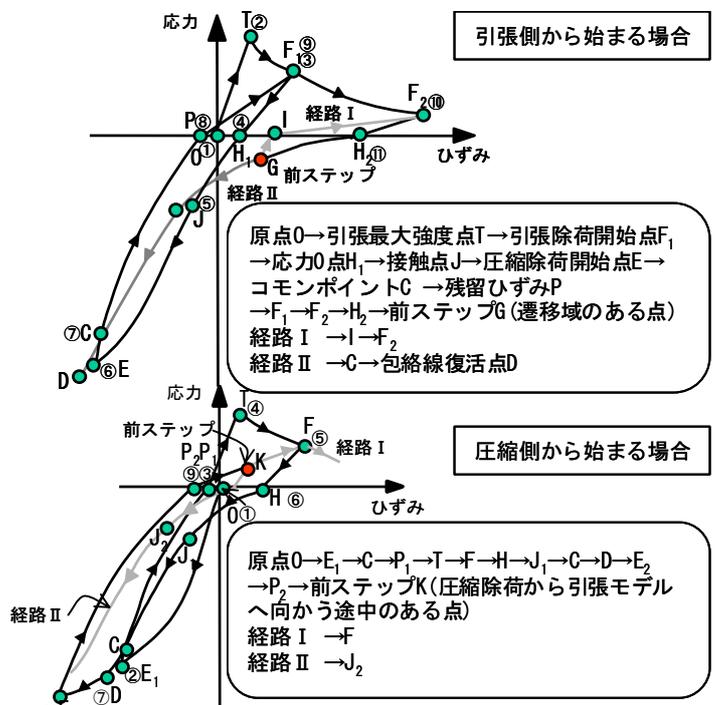


図 2 改良されたコンクリートモデル

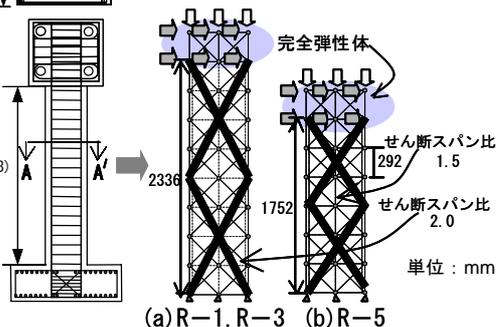
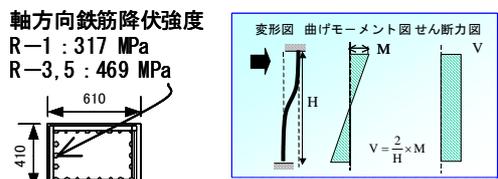


図 3 試験体および格子モデル概要図

キーワード：格子モデル，せん断，応力-ひずみ履歴，繰返し載荷，非線形解析
 連絡先：〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL03-5734-2584 FAX03-5734-3577

3-1 履歴モデルによる解析結果の相違

最も脆性的なせん断破壊が生じた試験体 R-5 において、解析結果(図 4(b), (c))は、実験結果(図 4(a))に比べ、やや遅れて急激な水平力の低下を示した。従来のモデルと改良されたコンクリートモデルを用いた解析結果を比べると、コンクリート要素の圧縮ひずみが大きくなるにつれて、剛性の低下を考慮することで残留ひずみに差が生じ(図 5), その結果、全体挙動における残留変位に影響を及ぼしていることがわかる。

3-2 せん断変形と曲げ変形の分離

改良されたモデルを用いて耐荷機構の考察を行った。はじめに、全体変形をせん断変形と曲げ変形に分離した。解析では、実験結果と同様に水平力の低下後、せん断変形が支配的となる挙動が予測されている(図 6)。

3-3 内部耐荷機構についての考察

斜め部材およびアーチ部材では、直交する部材の引張ひずみの増加とともに、伝達圧縮力が際限なく低下する挙動(圧縮軟化挙動)を Vecchio ら⁵⁾のモデルで考慮している。解析では、軸方向鉄筋はすべて弾性挙動を示し、コンクリートの影響が支配的であった。図 7 に示すように、ポストピーク時には、軟化係数を定める (a)斜め部材 I の引張ひずみが増えることによって、(c)アーチ部材と(d)斜め部材 II では急激に応力が低下していることがわかる。一方、(b)曲げ部材では弾性挙動を示していることがわかる。

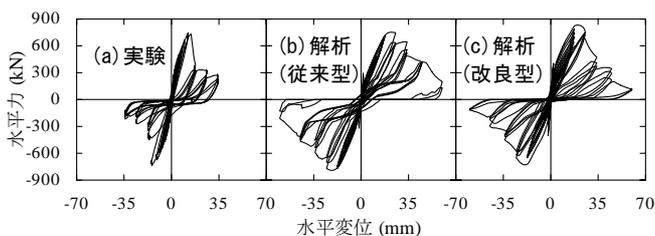


図 4 水平力-水平変位関係 (R-5)

これより、全体挙動における急激な水平力の低下は、これらの圧縮軟化挙動によるものであると推測された。

4. 結論

- (1) 改良されたコンクリートモデルを用いることで、格子モデル解析における RC 橋脚の変形挙動に関する予測精度が向上した。
- (2) せん断破壊型 RC 橋脚では、せん断変形が支配的となることを解析的に把握できた。さらに、アーチ部材および斜め部材の急激な圧縮軟化挙動によって、全体の水平力が低下することが推測された。

【参考文献】 1) 二羽淳一郎ほか：鉄筋コンクリートはりのせん断耐荷機構に関する解析的研究, 土木学会論文集, No.508/V-26, pp.79-88, 1995. 2., 2) 長沼一洋ほか：繰返し応力下における鉄筋コンクリート板の解析モデル, 日本建築学会構造系論文集, No.536, pp.135-142, 2000. 10., 3) 武村浩志ほか：載荷履歴特性が鉄筋コンクリート橋脚の変形性能に及ぼす影響, 構造工学論文集, vol.43A, pp.849-858, 1997. 3. 4) Dowell, R. K. and Seible, F.: UCSD Shear Column Benchmark Tests, Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures, ACI SP-205, pp.15-39, 2001. 5) Vecchio, F. J. and Collins, M. P.: The Modified Compression-Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear, ACI Journal, vol.83, No.2, pp.219-231, March/April 1986.

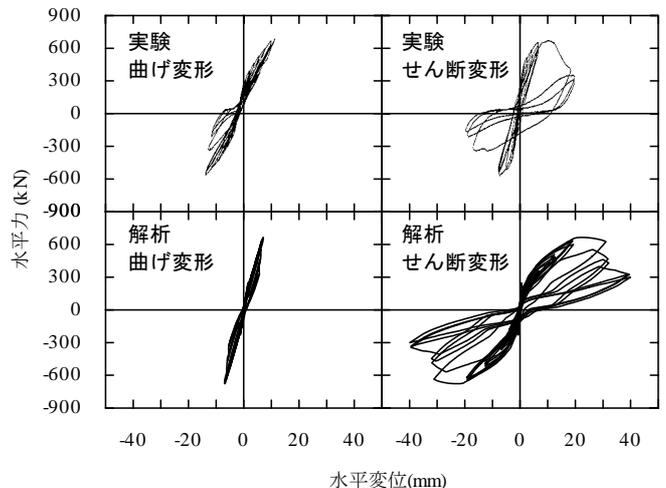


図 6 せん断変形と曲げ変形 (R-3)

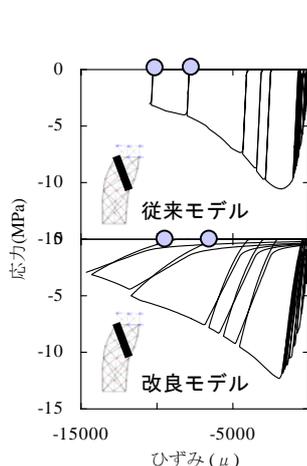


図 5 アーチ部材の挙動 (R-5)

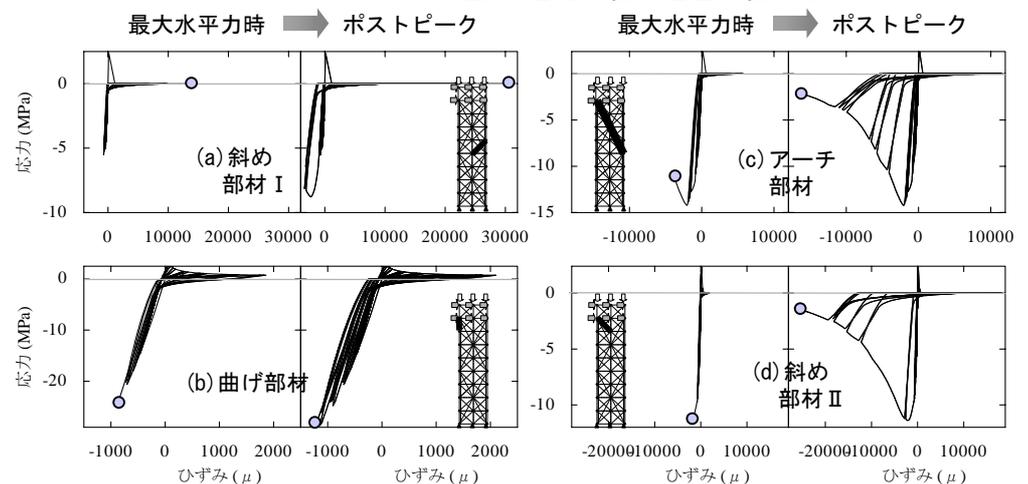


図 7 内部耐荷機構 (R-3)