

斜め方向載荷における鉄筋コンクリート壁式橋脚の破壊過程に関する解析的検討

北海道大学大学院 工学研究科

正会員 ○京田 英宏

北海道大学大学院 工学研究科

フェロー 三上 隆

(独) 土木研究所寒地土木研究所

正会員 西 弘明

1. はじめに

現行の橋梁耐震設計^{1),2)}では,地震時慣性力の作用方向を橋軸方向と橋軸直角方向の水平2方向に設定し,その慣性力をそれぞれ独立して作用させる検討が行われている.しかし,実際の地震時慣性力は2方向同時に作用するため,橋脚の主軸方向とは異なる方向に慣性力が作用することになる.この斜め方向載荷の問題についてはこれまでも実験的に検討なされているが,正方形断面の橋脚を対象としたものであるため,この結果を河川橋に採用される鉄筋コンクリート壁式橋脚に対してそのまま適用することは難しい.本研究では,著者ら³⁾が行った正負交番載荷実験を対象として,2軸曲げ問題への適用実績の豊富なファイバーモデルに基づく3次元立体骨組みモデルを用いた非線形静的解析法により,その破壊過程を数値解析的に検証した.

2. 実験概要

図-1に実験概要図を示す.橋脚モデルは,壁幅600mm,壁厚200mm,支点高1,321mm,せん断支間比7.8,軸方向鉄筋比1.07%,帯鉄筋面積比0.21%(体積比0.47%)である.橋脚基部に作用する軸圧縮応力度は 0.5N/mm^2 に調整した.斜角は,直橋とみなして設計が行われる下限値¹⁾に相当する 60° とした.載荷方法は,直橋(90°)の場合の橋脚降伏変位を基準変位 δ_0 とし,フーチングの橋軸方向に対して正負交番載荷した.

3. 解析概要

鉄筋コンクリート壁式橋脚の正負交番による斜め方向載荷実験は三次元非線形挙動を示すことから,材料非線形を直接扱えるファイバーモデルに基づく3次元立体骨組みモデルによる非線形静的解析法を採用した.載荷方法は変位制御により実験と同様の載荷履歴を与えた.解析コードにはUC/win-FRAME(3D)を使用した.

図-2に解析モデルを示す.箱桁に弾性はり要素,積層ゴム支承に線形ばね要素,箱桁一支承間,橋脚一支承間およびフーチングに剛要素,橋脚にファイバーモデルを適用した.端支点および中間支点の支承条件は弾性であるが,載荷履歴により支承変形量が変化するため,解析上,載荷方向である橋軸方向のばね要素の剛性は剛とした.ファイバーモデルはTimoshenkoはり理論に基づく3節点アイソパラメトリック要素,要素長は壁厚(200mm)とした.セル分割は正方形となるように調整し,セルと鉄筋の重心位置を一致させた.

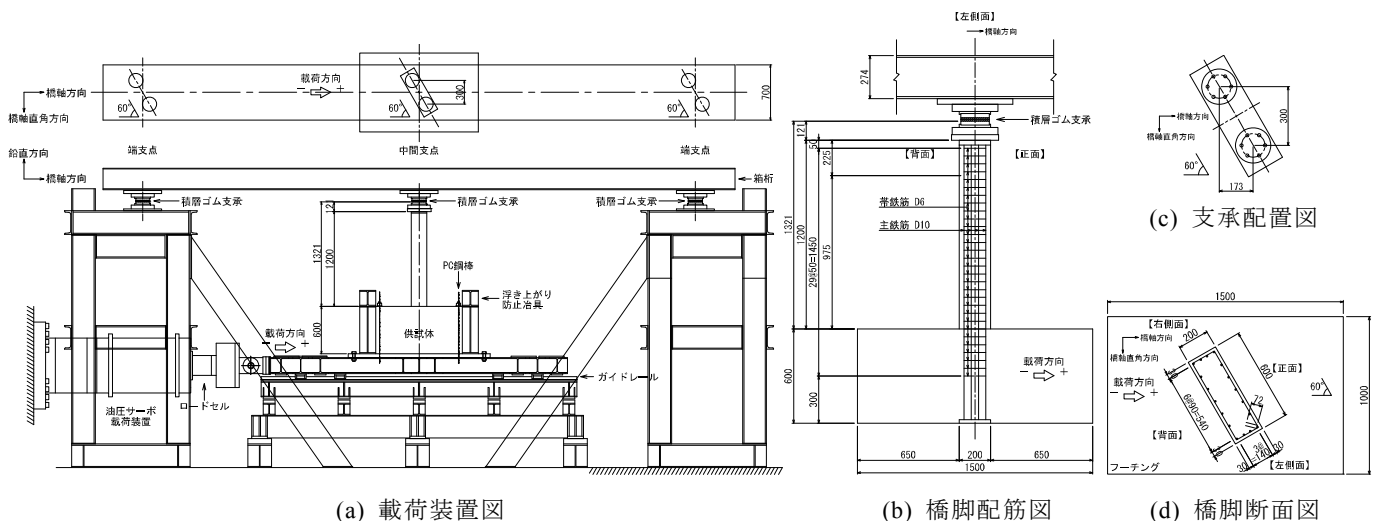


図-1 実験概要図

キーワード 鉄筋コンクリート壁式橋脚, 斜め方向載荷, ファイバーモデル, 非線形静的解析

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院 工学研究科 TEL.011-706-6176 FAX.011-706-6174

鉄筋コンクリートの材料構成則は、東京大学コンクリート研究室で開発された3次元有限要素解析コードCOM3⁴⁾の除荷・再載荷を含む経路依存型のモデルを適用した。コンクリートにはゾーニング手法を採用し、Tension Stiffening を考慮してひび割れ発生以降の剛性の精度を高めた。また、鉄筋には座屈を考慮し、破断は考慮していない。フーチングからの軸方向鉄筋の伸び出しの影響は、橋脚基部に回転ばねとして考慮した。

4. 解析結果

図-3に荷重－変位関係を示す。7 δ_0 まで、解析結果は荷重レベルがやや高めではあるものの、実験結果を概ね再現できていることがわかる。一方、11 δ_0 以降については、実験結果は耐力が急激に減少するのに対して解析結果は耐力を維持し続けている。この点については、最後に橋脚基部の断面損傷状況から考察する。

図-4に橋脚基部の断面損傷状況を示す。実験で隅角部の圧縮破壊が発生する7 δ_0 に着目すると、隅角部のかぶりコンクリートが σ_{cu} を大きく超えて破壊に達するとともに、隅角部の鉄筋に座屈が発生していることから、実験結果と符合していることがわかる。7 δ_0 ～13 δ_0 に着目すると、コンクリートの破壊および鉄筋の座屈が中立軸より遠い隅角部から中立軸に近い隅角部へと進展する過程が概ね再現されていることがわかる。なお、11 δ_0 以降の耐力低下を解析で再現できない点については、実験では隅角部周辺の軸方向鉄筋の破断にともない耐力が低下するのに対して、解析では鉄筋の破断をモデル化していないことが主因と推察される。

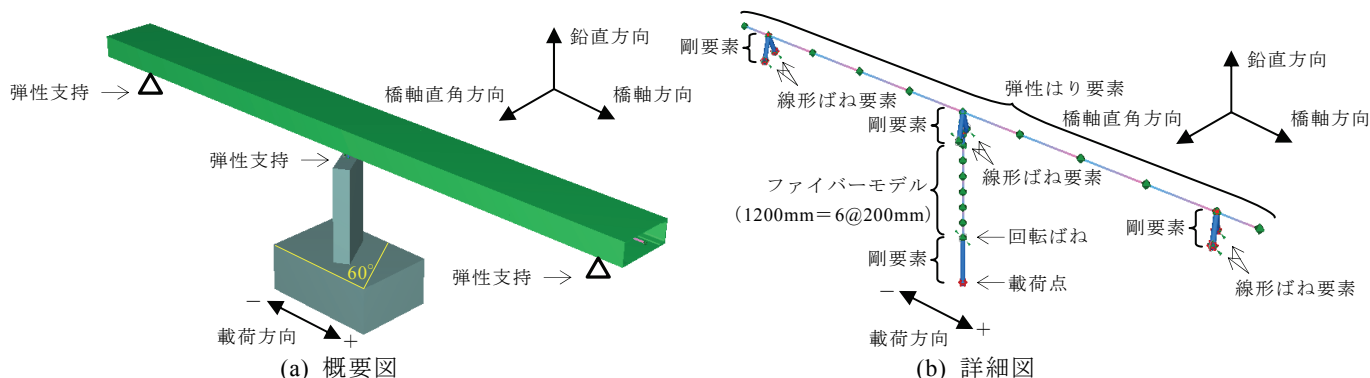


図-2 解析モデル

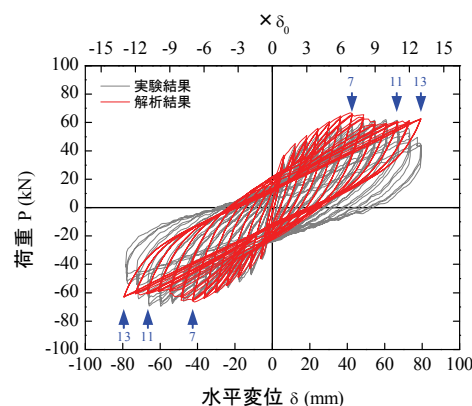


図-3 荷重－変位関係

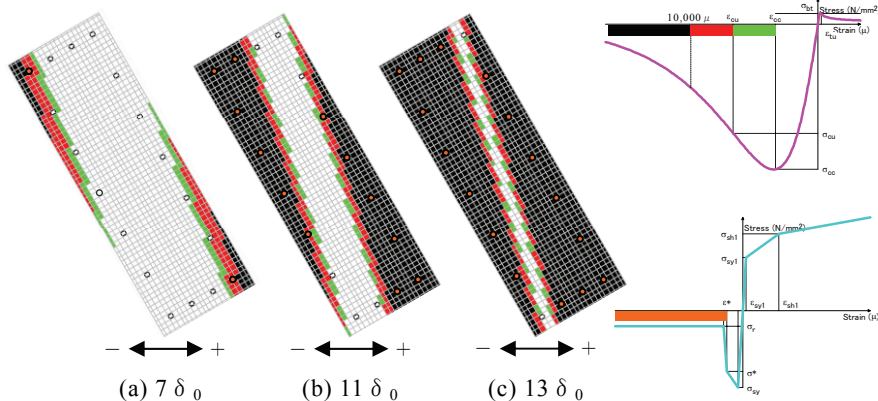


図-4 橋脚基部 断面損傷状況

5. まとめ

本研究では、壁式橋脚の斜め方向載荷問題に対して鉄筋座屈を考慮したファイバーモデルに基づく非線形静的解析法を適用し、隅角部から全幅へと進展する破壊過程をある程度再現可能であることを確認した。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説V耐震設計編：日本道路協会，2002.
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説一耐震設計，1999.
- 3) 京田英宏，三上 隆，西 弘明：斜角を有する鉄筋コンクリート壁式橋脚の変形性能に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.57A，pp.395-404，2011.
- 4) K. Maekawa, A. Pimanmas, H. Okamura：Nonlinear Mechanics of Reinforced Concrete, Spon Press, 2003.3