# 逆L字型RC橋脚模型実験の3次元非線形FEM解析

(株)大林組技術研究所正会員大内一(株)大林組技術研究所長沼一洋(株)大林組技術研究所米澤健次

### 1.はじめに

正負繰返し荷重を受ける鉄筋コンクリート構造物の3次元非線形 FEM 解析については,実験の少ないこともあり一般には解析検証が十分されているとは言い難い.川島等 1)は,上部構造の自重が橋軸線と偏心した位置に作用する逆 L 字型橋脚を対象に,偏心量と載荷方向をパラメータとした繰返し水平載荷実験を行っている.曲げせん断とねじりの複合荷重下3次元応力状態となる.これらの実験結果に対し,著者らが構築してきた解析手法の適用性を検証することを目的に,解析を行った.

# 2.対象とする試験体と解析モデル

図-1に実験概要,表-1には本論で対象とする3体の試験体を,さらに図-2には解析モデルを示す.ここに,柱部コンクリートはソリッド要素,主鉄筋はトラス要素+接合要素(付着特性考慮),帯鉄筋はトラス要素で,さらに基部主鉄筋は,抜出しを考慮するためトラス要素+接合要素(付着特性考慮)でモデル化する。なお,柱部ソリッド要素はフーチング上面で,基部主鉄筋はアンカー部分で完全固定とする.主鉄筋の座屈については考慮しない.なお,コンクリートは直交異方性モデルで表現し,3軸応力下の非直交ひび割れモデルを適用した2).鉄筋とコンクリートの付着特性は図-3に示す曲線モデルを用いた.

# 3.解析結果

# 3.1 P1試験体

中心圧縮軸力のもと1方向水平載荷でモデル化の妥当性を検証する基本試験体である.得られた荷重-変位関係を,**図-4**に示す.コンクリートの圧壊,かぶり剥落,または顕著な耐力低下が報告されている実験値 1)を,図中 点で示した.解析は主筋座屈を考慮していないこともあり,大変形域でも数値計算上安定し耐力を保持し続ける.これを除いて耐力,履歴性状とも良好な一致を示している。基部主筋抜出しによる回転変位成分(加力点水平変位に変換)の履歴を**図-5**に示す。実験では

全水平変位に占める割合は 50%に達するのに対し,解析は 30%程度であり,付着特性の差異によると予想される(実験では鉄筋の付着試験は行われていない).

### 3.2 P5試験体

偏心圧縮軸力(e=0.5D)のもと 2 方向水平 載荷の試験体である. Y方向載荷も当然偏心 しており,ねじりモーメントの組合せにより 3次元応力状態となる. X,Y方向の荷重.

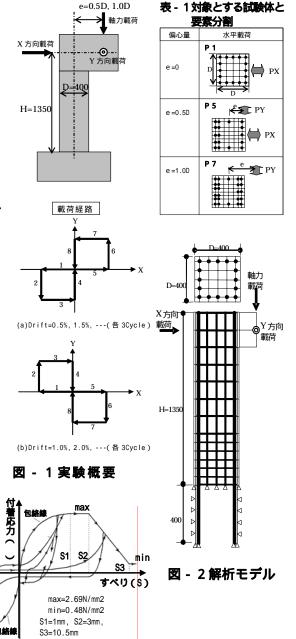


図 - 3 付着特性モデル

キーワード 逆 L 字型橋脚,偏心,繰返し載荷, F E M 3 次元解析,ねじりモーメント 連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 ㈱大林組技術研究所 T E L 0424-95-0941

変位関係を**図・6** および**図・ 7** に示す、R=0.5/100 変位振幅時(=6.75mm)の立ち上り剛性および耐力とも解析値が実験値を上回る.

しかし,それ以降の最大荷重 や耐力低下,除荷過程を含む 履歴ループ形状まで実験結果 を良好に再現できている。な お,数値計算上不安定となっ た時点で解析は終了しており, 実験での圧壊・かぶり剥落観察 の変位サイクルとほぼ一致する。

### 3.3 P7試験体

偏心量の大きい(e=1.0D),従ってねじりモーメントの影響が最も大きな1方向水平載荷の試験体である. 図・8にねじりモーメントの影響をみるため意図的に行った無偏心水平載荷

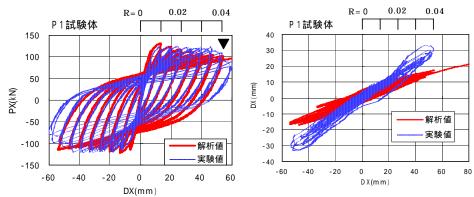
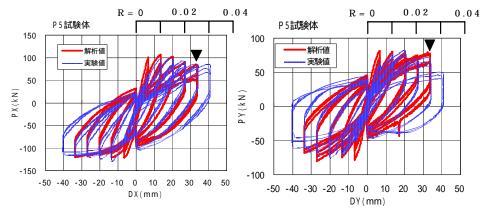


図 - 4 荷重 変位関係 (P1 試験体) 図 - 5 水平変位 - 基部抜出し成分 (P1 試験体)



(軸力は同様に偏心載荷)と 図 - 6 荷重 - 変位関係 (P5 試験体) 図 - 7 荷重 - 変位関係 (P5 試験体)

の解析値比較を示す.耐力,履歴性状共にねじりモーメントの影響を大きく受けることが分かる.荷重-変位関係の実験との比較を**図-9**に示す.比較的早い段階で破壊に至った実験に対し、解析は耐力低下も緩やかで R=4.0/100 を超えても数値計算上安定し差異が認められる。しかしながら、R=2.0/100 までの履歴性状や耐力については再現出来ている.

### 4.まとめ

川島等の模型試験結果 1)に対して,3次元非線形 FEM 解析を行いその適用性を検討した。P7 試験体の終局変位を除き,耐力および破壊に至る履歴特性を良好に再現することが出来た.加えて偏心水平載荷にともなうねじりモーメントの耐力や履歴特性に与える影響を定量的に示した.なお,貴重な実験データを快く提供頂いた東京工業大学川島一彦教授,およびご協力頂いた同大学院博士後期課程永田聖二さんに深謝致します.

# 参考文献

- 1) 川島一彦他: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/ -65, pp.171-189,2003.10
- Naganuma, K. et al. :Simulation of Nonlinear Dynamic Response of Reinforced Concrete Scaled Model Using Three Dimensional Finite Element Method, 13th WCEE, Paper No. 586, Aug. 20, 2004

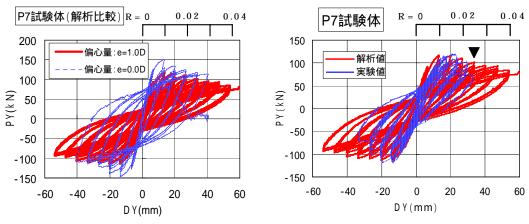


図 - 8 荷重 - 変位関係 (P7試験体)解析値比較

図 - 9 荷重 - 変位関係(P7試験体)