

### モデル化の違いによるフレキシブル RC 橋脚の 水平抵抗特性の再現性に関する検討

九州大学大学院 学生会員 ○伊藤 耀 (株)大塚社会基盤総合研究所 フェロー 大塚 久哲  
九州大学大学院 学生会員 高 文君 九州大学大学院工学研究院 正会員 梶田 幸秀

#### 1. 目的

本研究の対象としているフレキシブル RC 橋脚は、ラーメン橋脚に薄い耐震壁を挿入した橋脚である。当該橋脚の橋軸直角方向の復元力特性を適切に評価するため、著者らは実橋脚の約 1/10 の模型供試体を作製し、一定軸力下における正負交番載荷実験を行った<sup>1)</sup>。本論文では、その実験結果に対して、3次元非線形有限要素解析を行い、荷重 - 変位曲線、最大耐力、ひび割れ性状などについて解析モデルによる実験の再現性を検討した。

#### 2. 実験概要及び解析概要

実験時の鉄筋とコンクリートの材料強度に関しては参考文献 1) に表記している。本実験では軸力比を 0.05 とし、軸力として 156kN を与えている。水平ジャッキの押しを正、引きを負として正負交番漸増載荷を行った。

写真-1 に実験供試体、図-1 に解析モデル図を示す。解析ソフトとしてコンクリート系構造を対象とした FINAL を利用した。梁鉄筋、柱主鉄筋、壁縦方向鉄筋をトラス要素とし、柱帯鉄筋、壁横方向鉄筋を埋め込み要素としてモデル化を行った。軸力は実験時と同様に一定軸力が四点分布となるように、四節点にそれぞれ 39kN ずつ荷重を加えている。また、3次元解析において1点載荷によるコンクリートの局所的な破壊を防ぐために供試体両柱頂部に載荷板を設置し、左右の載荷板の間 PC 鋼棒をモデル化した。

コンクリートと鉄筋の材料構成則を以下に示す。材料特性は実験における材料試験で得られた値を用いた。コンクリートの圧縮応力とひずみの関係及び圧縮軟化特性は修正 Ahmad モデルを用いた。コンクリートの引張応力とひずみの関係はテンションステイフニング特性を考慮し、出雲らのモデル (c=0.6) を用いた。また、コンクリートのひび割れ後のせん断伝達特性に関して Al-Mahaidi モデルを考慮してモデル化を行ったものをモデル 1、長沼モデルを用いたものをモデル 2 として解析を行った。図-2 に Al-Mahaidi モデル、図-3 に長沼モデルのせん断ひずみ関係式を示す。

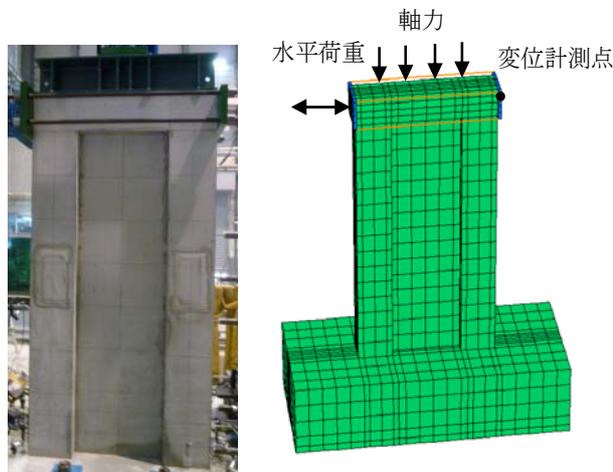


写真-1 実験供試体 図-1 解析モデル図

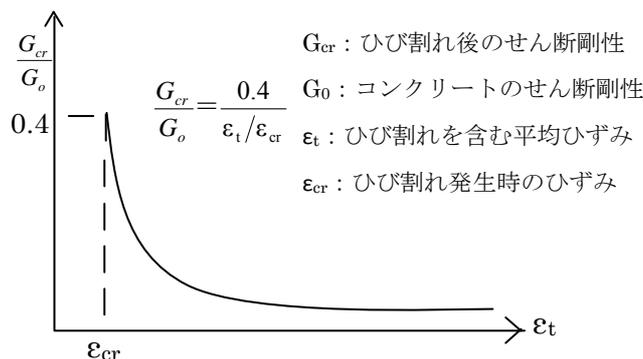


図-2 Al-Mahaidi モデル

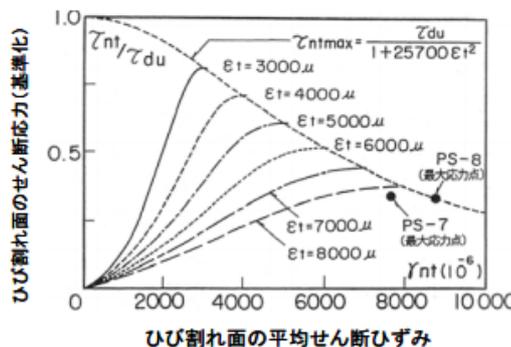


図-3 長沼モデル

キーワード フレキシブル RC 橋脚 有限要素解析 材料構成則 水平抵抗特性

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 092-802-3374

### 3. 解析結果

#### 3.1. 荷重-変位曲線

有限要素解析により得られた荷重-変位曲線と実験値を比較した結果を図-4、図-5に示す。また、表-1、表-2に剛性と最大耐力に関して実験値と解析値とを比較した結果を示す。実験では、ひび割れの発生により剛性が若干低下し、その後、柱主鉄筋、壁縦方向鉄筋の降伏により剛性がさらに大きく低下した<sup>1)</sup>。3次元有限要素解析により、ひび割れや軸方向鉄筋降伏により剛性が低下する現象が再現できた。ここで、初期剛性をひび割れ発生時までの剛性、二次剛性をひび割れ発生後から軸方向鉄筋降伏までの剛性と定義する。両モデルにおいて初期剛性値、二次剛性値ともに解析値が実験値を上回る結果となったが、最大耐力は概ね一致していることが確認された。また、モデル2では二次剛性が低下し三次勾配に移行すると荷重が低下する現象が確認された。長沼モデルでは、ひび割れ幅増大とともにひび割れ面に相対すべりが生じる場合を対象とした実験結果をもとに定式化を行っている。本研究の実験においてはひび割れ面の相対すべりは確認されておらず、柱基部のコンクリート圧縮破壊が顕著であったため、モデル2では三次勾配以降から終局にかけて、実験結果と相違のある結果が得られたと考えられる。

#### 3.2. ひび割れ性状

図-6にひび割れ発生状況を示す。解析ではモデル1、モデル2ともに荷重103.9kNにおいて柱基部に水平曲げひび割れと壁部分に斜めせん断ひび割れの発生が確認された。実験時にも荷重110kNにおいて両方のひび割れ発生が確認されている。また、ひび割れ本数等は厳密に再現できていないが、ひび割れ発生方向の再現性は良好であり、柱への水平曲げひび割れから壁への斜めせん断ひび割れへの移行といった実験事象を良好に再現できたといえる。

#### 4. まとめ

本論文では、既往の実験に対して有限要素解析を行い、ひび割れ後の剛性が荷重-変位関係に及ぼす影響を確認した。荷重-変位曲線の比較では、両モデルにおいて初期剛性値、二次剛性値ともに解析値が実験値を上回ったが、最大耐力は概ね一致している。また、三次勾配以降においてモデル化の違いにより解析結果に差異がみられたため、骨格曲線を作る際には、材料構成則による影響を把握し、適切なモデル化を行う必要がある。

#### 参考文献

1) 高文君, 大塚久哲, 河邊修作, 今村壮宏: 軸力と交番載荷を受けるI型断面フレキシブルRC橋脚の復元力特性とエネルギー吸収に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp.397-402, 2013.

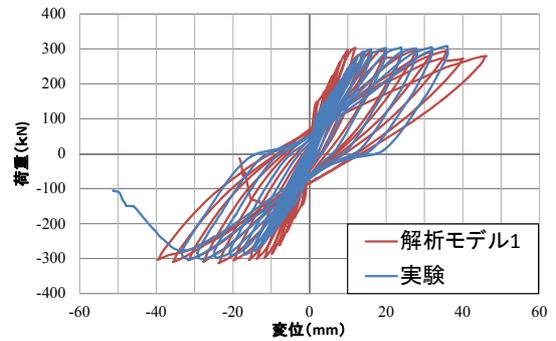


図-4 解析モデル1の荷重-変位曲線

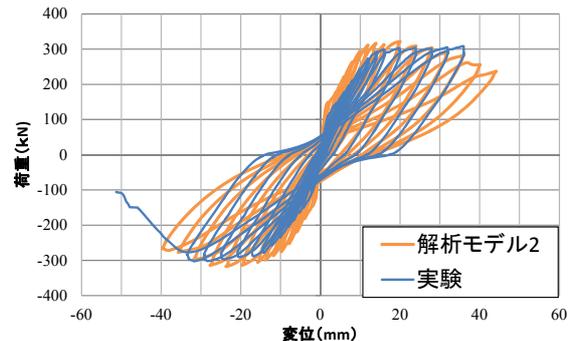


図-5 解析モデル2の荷重-変位曲線

表-1 解析モデル1における剛性と最大耐力

モデル1	初期剛性 (kN/mm)	二次剛性 (kN/mm)	最大荷重 (kN)
解析	75.8	18.49	302
実験	51.89	13.73	308
解析/実験	1.46	1.35	0.98

表-2 解析モデル2における剛性と最大耐力

モデル2	初期剛性 (kN/mm)	二次剛性 (kN/mm)	最大荷重 (kN)
解析	74.43	18.29	322
実験	51.89	13.73	308
解析/実験	1.43	1.33	1.05

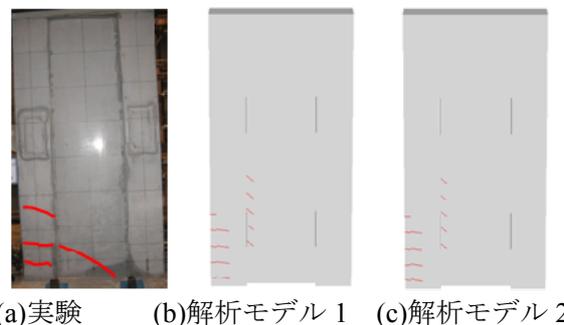


図-6 実験と解析におけるひび割れ発生状況