

逆 L 形充填コンクリート橋脚に対する面内繰り返し載荷実験の再現解析

名古屋工業大学 学生会員 ○三井玲央 正会員 野中哲也 海老澤健正
名古屋高速道路公社 正会員 森下宣明 長谷川秀也

1. 目的

都市内における高架橋は、地下埋設物、地上構造物等が位置する狭隘な立地条件から、様々な構造形状の橋脚が建設される中、上部構造の重量が偏心して作用する鋼製橋脚（以下、「逆 L 形橋脚」）も採用されている。著者らは、コンクリートが充填された逆 L 形橋脚に対して、地震時の動的作用による挙動を踏まえた面内繰り返し載荷実験を行ってきた。本研究では、新たな解析モデルを提案して、その繰り返し載荷実験の再現解析を試みる。

2. 繰り返し載荷実験

昨年度、実験供試体 5 体を製作して、面内繰り返し載荷実験を行った。図-1 には、載荷点高さ 3.0m、偏心量 1.5m の供試体の実験概要を示している。荷重載荷パターンは同図内に示しているように、事前に実施した地震応答解析結果をもとに決定した。本研究では、同図で示した実験の供試体（図-2）に対して再現解析を行うことにする。

3. 実験供試体の解析モデル

コンクリートが充填された鋼製橋脚に対しては、実務ではファイバー要素でモデル化するが、ここでは実験を精度よく再現させるため、新たな解析モデルを提案する。

まず、充填コンクリートについては、図-3 に示すようにファイバー要素でモデル化する。充填コンクリートをモデル化する上で、最も困難なコンクリートの挙動はひび割れである。文献2)では、充填コンクリートをソリッド要素でモデル化し、圧縮側はそのソリッド要素の塑性理論で表現するが、引張側は疑似的にひび割れを表現するため、仮想水平ひび割れ面を経験的に設定している。この設定は、過去に実施した実験をもとにしているため、利用者が設定するのは容易ではない。よって、本提案モデルでは、そのひび割れ面を利用者が設定するのではなく、材料構成則側で自動的に評価できるようにした。具体的には、図内に示すように充填コンクリートを複数のファイバー要素でモデル化し、最も引

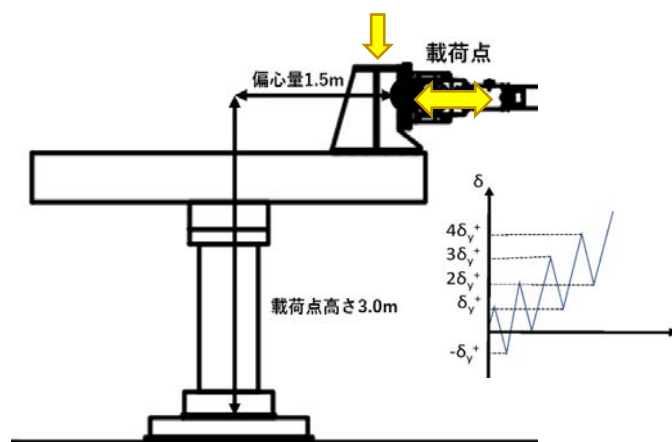


図-1 逆 L 形橋脚の面内載荷実験

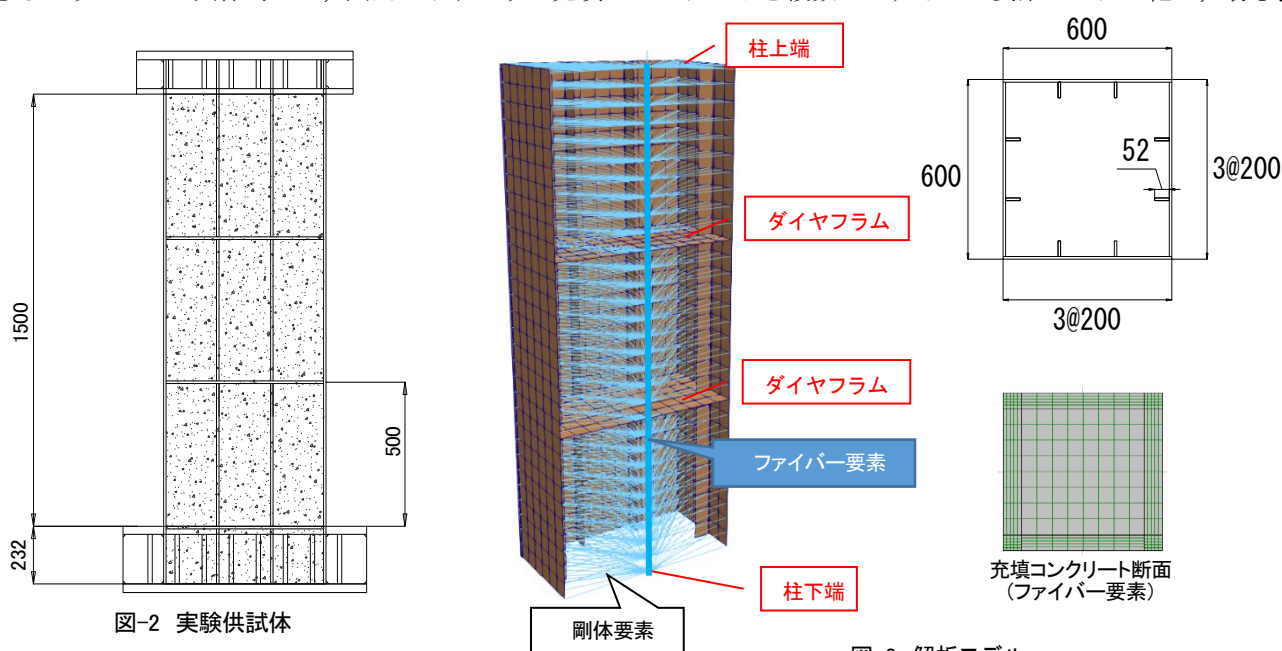


図-2 実験供試体

図-3 解析モデル

キーワード 逆 L 形橋脚, 実験再現解析, 解析モデル, CFT 柱
連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町

張応力が大きいところでひび割れが発生することになる。このときのコンクリートの材料構成則は、文献3)でも提示されている一般的な充填コンクリートの構成則（引張側の応力がゼロで簡易的にひび割れ表現）で十分である。

次に、鋼製橋脚自体（フランジ、ウェブ、リブ、ダイヤフラムの鋼板）は、図-3 に示したように局部座屈が表現できるシェル要素でモデル化し、この材料構成則も一般的なバイリニアの移動硬化則を使用する。鋼板と充填コンクリートは図内に示すように放射状の剛体要素でつながっている。その剛体要素は、フランジ、ウェブの内側面の全シェル要素と充填コンクリートの全ファイバー要素の構成節点で定義されている。剛体要素の鋼板側の先端には、水平方向に GAP 要素を定義して鋼板が外側だけ変形し内側には変形しないように（鋼板が内側に局部座屈したときに接触してそれを抑制する効果を考慮）、鉛直方向にバネ要素を定義して摩擦を考慮した（本解析では摩擦係数はゼロと仮定）。鋼板から充填コンクリートへの力の伝達は、変形状態が進むと主にダイヤフラムからになるため、充填コンクリートのファイバー要素とダイヤフラム位置のシェル要素の構成節点とは剛結合とした。

4. 解析結果

本提案モデルを用いて、実験と同じ荷重条件による再現解析を実施した。解析結果の荷重－変位曲線を実験結果と比較して図-4 に示す。この図から、解析と実験が概ね一致しているのがわかる。ただし、繰り返しがずいぶん進むと、解析の荷重が実験より多少低くなる傾向を示す。

荷重ステップ $+23\delta y$ の解析結果の変形応力コンターを図-5 に示す。また、同じ荷重ステップの供試体基部付近の変形状態を写真-1 に示す。橋脚基部の局部座屈の発生状況が解析と実験でよく一致していることがわかる。また、同図内に示した橋脚を鉛直方向に切断した断面図から、GAP 要素が働き、鋼板が内側に变形せず外側だけ変形していることもわかる。

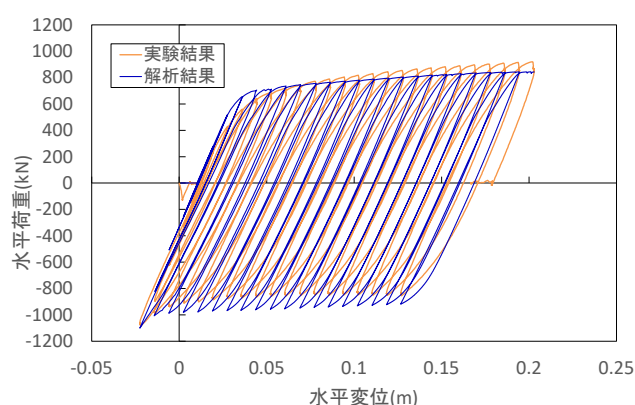


図-4 荷重－変位曲線

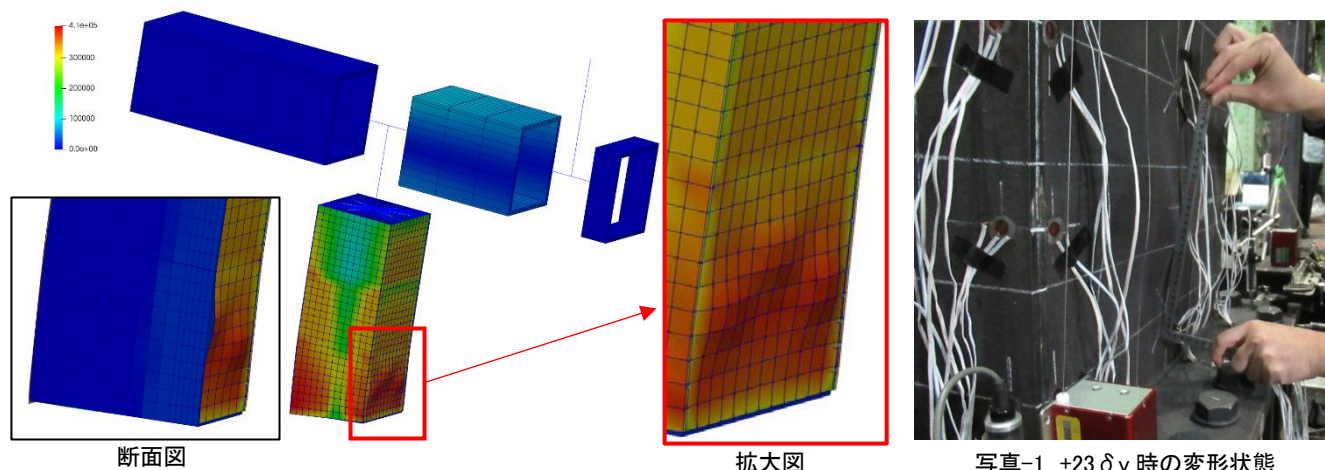


図-5 解析結果 $(+23\delta y)$ の変形応力コンター図

写真-1 $+23\delta y$ 時の変形状態

5. まとめ

昨年度に実施した逆 L 形充填コンクリート鋼製橋脚の実験の再現解析のために、新たな解析モデルを提案した。その提案モデルを用いて再現解析を行い、精度よく実験を再現できることを確認した。ただし、変形が進むと荷重を低めに評価するため、今後、充填コンクリートの 3 軸拘束効果を考慮した材料構成則を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 長谷川ら：面内繰り返し荷重を受ける逆 L 形コンクリート充填鋼製橋脚の地震時終局挙動に関する実験的研究，土木学会第 77 回年次学術講演会，I-22，2022。
- 2) 後藤ら：充填コンクリートとの相互作用を考慮した矩形断面鋼製橋脚の繰り返し挙動の FEM 解析，土木学会論文集 A，Vol.66，No.4，pp.816-835，2010。
- 3) 土木学会：2018 年制定 鋼・合成構造標準示方書 耐震設計編，丸善，2018。