

第V部門 偏心橋脚を有する橋梁の日米間分散ハイブリッド実験

京都大学工学部 学生員 ○ 中野 陽介
 京都大学工学研究科 正会員 高橋 良和
 京都大学工学研究科 フェロー 家村 浩和

1 概要

偏心橋脚などの複雑な挙動をすることが予想される複数の橋脚を有する連続橋梁システムの地震応答解析を行うためには、各部材挙動の理解度に応じた適切なモデルの選択が重要となる。本研究ではRC単柱式橋脚、RC偏心橋脚、鋼単柱橋脚を有する連続橋梁の地震応答を評価するため、曲げ挙動が卓越するRC単柱式橋脚をファイバーモデルで、曲げ・ねじり連成するRC偏心橋脚を実験供試体によるハイブリッドモデルで、座屈や破断等の強非線形挙動が予想される鋼単柱橋脚もハイブリッドモデル、桁や支承はそれぞれ線形はりモデル、線形バネモデルとモデル選択を行った。そこで偏心RC橋脚モデルを京都大学で、鋼単柱橋脚モデルをカリフォルニア大学バークレー校(以下UCB)で並列実験を行う日米間分散ハイブリッド実験を実施した。

2 実験概要

本研究では、図1のような二径間連続橋梁の地震応答について検討する。橋梁はP1橋脚にRC単柱式橋脚を、P2橋脚にRC偏心橋脚を、P3橋脚に鋼製橋脚を有し、桁は反力分散支承により単柱支持されている。実験では連続橋梁を解析モデルに置き換えた。P1橋脚はRC単柱であり、ねじりの加わらない曲げのみの損傷が考えられ、既往の研究よりコンクリート、鉄筋の応力-ひずみ関係に基づいた三次元ファイバーモデルとした。

P2の偏心RC橋脚は、ねじりと曲げの両方の影響があるため、数値モデルによる数値計算による解析が困難である。したがってここでは図2のように曲げとねじり挙動の連成を自動的に満足する実験供試体を用いたハイブリッド実験を行う。実験供試体は京都大学で載荷し、ここでは対象橋梁と供試体の相似率を1/7.5として解析に組み込んでいる。

P3の鋼製単柱橋脚は単一材料によるものであるため、材料構成則に基づくモデルでも比較的精度良く

応答を再現することができると考えられるが、大変形時の座屈や破断などの挙動も追跡できるよう、ハイブリッド実験モデルを用いた。実験供試体はUCBにおいて載荷した。

今回のハイブリッド実験での実験フレームワークとしてOpenSees, OpenFresco ソフトウェアフレームワーク[1][2][3][4]を用いた。入力波形はJR 鷹取記録を80%に振幅調整したものを13秒間入力した後、100%の波形を20秒間入力した。

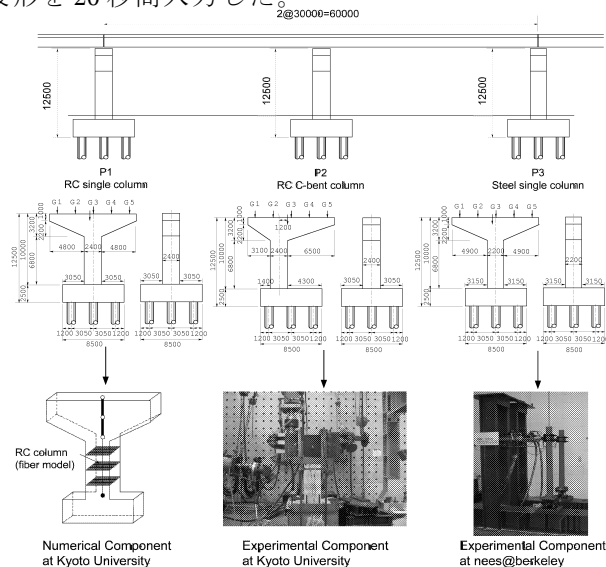


図1 実大橋モデルと実験供試体

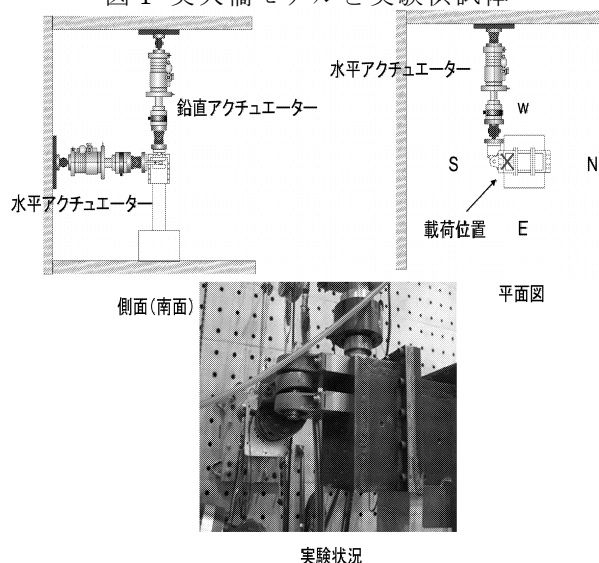


図2 京都大学実験状況

3 実験結果

3.1 荷重－変位履歴曲線

図3, 図4にそれぞれ80%, 100%の各橋脚のP- Δ 履歴曲線を示す。

P1橋脚については曲げ破壊の特徴である紡錘型を示している。またすべてのP- Δ 履歴曲線で上下に大きく波打っているのがわかる。これはハイブリッド実験では収束計算を行うことは同時に制御を行っているためにできないために、収束計算を行わないOS法を用いたことに依存している。今後は1stepあたりの時間を短くすることで抑えることが出来ると考えられる。

P2橋脚については、ねじりの特性である履歴応答が細く、通常の曲げではなく逆S字型になっており、ねじりと練成した被害が出ていると考えられる。

P3橋脚については鉄の構成則の影響が見られる。特に、100%ではUCBの鋼製橋脚のボルトが実際に破断し、P- Δ 履歴曲線でも強非線形性を示していることがよく分かる。

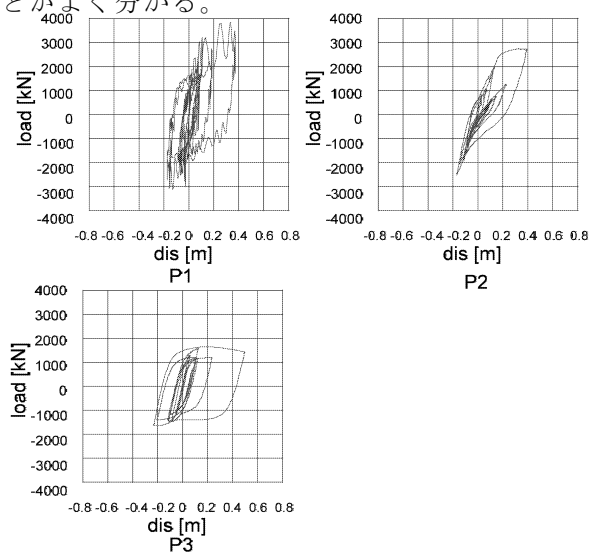


図3 P- Δ 履歴曲線 80%

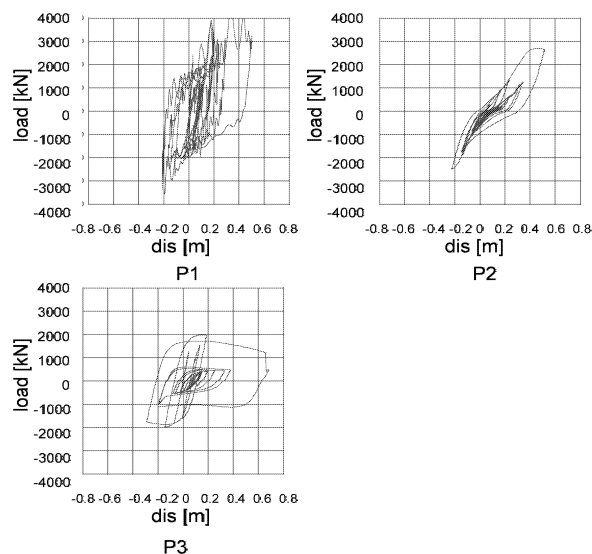


図4 P- Δ 履歴曲線 100%

を最も精度良く評価できるモデルとして三次元ファイバーモデルを、偏心RC橋脚と座屈、破断を含む強非線形挙動を呈する鋼製単柱橋脚は精度良く解析することは困難であるためにハイブリッド実験モデルとしてモデル化した。従来のハイブリッド実験では、ファイバーモデルのような高度な数値モデルの利用や複数の地理的に離れた実験を統合することは困難であったが、Open Fresco と Open Sees の組み合わせにより、実現可能となった。

参考文献

- [1] Takahashi Y, Fenves GL. Software framework for distributed experimental-computational simulation of structural system. Earthquake Engineering and Structural Dynamics 2006; 35:267-291.
- [2] NEES ホームページ
<http://www.nees.org/index.php/>
- [3] OpenSees ホームページ
<http://opensees.berkeley.edu/>
- [4] OpenFRESCO ホームページ
<http://opensees.kuciv.kyoto-u.ac.jp/fresco/>

4 結論

1. Open Fresco と Open Sees を用いた日米間ハイブリッド実験を実施した。実施時間は解析時間20秒に対して約30分と、ローカル内で実施するハイブリッド実験と同等の実験時間で実施することができた。
2. Open Fresco と Open Sees を用いることで部材挙動の理解度に応じた適切なモデルを選択して解析を行うことができる。本研究ではRC単柱橋脚