

大阪大学大学院工学研究科  
 大阪大学大学院工学研究科  
 日立造船株式会社 機械・インフラ本部  
 大阪大学名誉教授

学生員 ○田川 陽一  
 正会員 小野 潔  
 正会員 美島 雄士  
 フェロー 西村 宣男

1. 研究の背景と目的

兵庫県南部地震において道路橋の鋼製橋脚は初めて大きな被害を受けた。兵庫県南部地震での被害を踏まえ、鋼製橋脚の耐震性能評価、耐震設計法開発のための研究<sup>1)</sup>が活発に行われ、具体的な耐震設計法もいくつか提案<sup>2)</sup>されている。これら鋼製橋脚の耐震性能に関する研究は、柱部材としての鋼製橋脚の耐震性能に関するものが殆どである。他方、鋼製ラーメン橋脚はり部についても兵庫県南部地震においてせん断座屈による損傷例が報告されている。それら鋼製ラーメン橋脚はり部（以下、単に「はり部」という）では、柱部材としての鋼製橋脚では断面力として曲げモーメントが卓越するのに対し、せん断力が卓越する事が知られている。しかし、はり部の耐震性能に関する研究は非常に少なく、塑性域での耐力および変形性能といった耐震性能も十分に明らかにされておらず、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編<sup>2)</sup>でも具体的な耐震設計法が示されていない。そのような状況の中、はり部の耐震性能を把握し、耐震設計法の提案を行うための実験的・解析的な研究<sup>3),4),5)</sup>も行われているが、柱部材としての鋼製橋脚と比較すると十分なデータが得られていない。解析によりはり部の耐震性能を把握するには、実験結果との比較によりその解析手法の妥当性を検証する必要がある。そこで本研究では、今後行う予定の解析によるはり部の耐震性能評価のため、既往の研究で行われた実験結果と解析結果との比較により、解析手法の妥当性の検証を行った。

2. 実験結果の再現解析

既往の研究<sup>5),6),7)</sup>における正負交番荷重実験を対象とした。当該実験の試験装置概略図を図-1、供試体断面図を図-2に示す。供試体は試験装置中心に位置する箱型部分である。供試体は全4体で、それぞれ水平補剛材数やウェブの板厚などが変化している。供試体諸元を表-1に示す。使用鋼材はすべてSM490Yである。

図-3に解析モデル図と荷重条件および拘束条件を示す。荷重は変位制御で、実験に準拠した漸増型の強制変位パターンを与えた。材料構成則の定数のうち、単調荷重に関する定数については、当該実験内で行われた引張試験の結果から決定した。

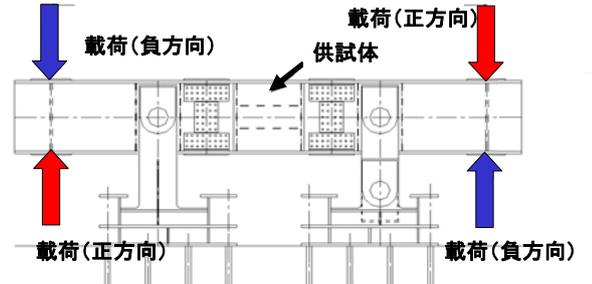


図-1 再現解析対象実験の試験装置概要

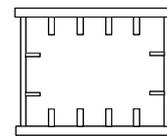


図-2 供試体①断面図

表-1 再現解析対象実験の供試体諸元等

供試体	ウェブ水平補剛材数	ウェブせん断幅厚比パラメータ $R_{tw}$	フランジ厚 (mm)	フランジの幅厚比パラメータ $R_R$	フランジ補剛材数	ウェブ幅 (mm)
①	2段	0.739	15	0.355	4	650
②	3段	0.572	15	0.355	4	650
③	4段	0.464	15	0.355	4	650
④	3段	0.572	12	2.216	0	650

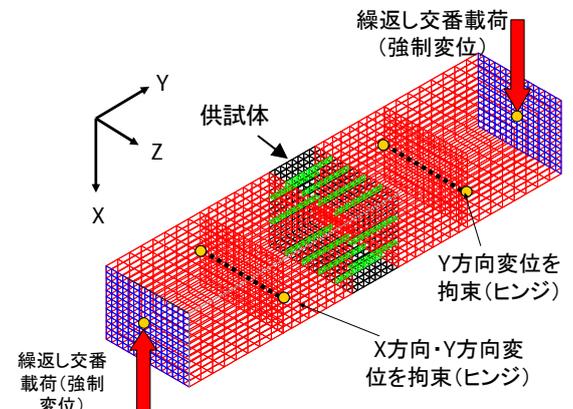


図-3 解析モデル図

図-4 に解析で使用した単調載荷曲線を示す。繰返しに関する定数は過去に大阪大学で行われた SM490Y 材の材料試験の値を用いた。初期不整として図-5 の残留応力を補剛板水平方向に導入した。なお、初期たわみについては今回の解析では考慮していない

### 3. 解析結果と実験結果の比較

解析結果と実験結果の履歴曲線の比較を図-6 に示す。グラフの縦軸は、ウェブ面 2 枚がせん断力を負担する時のせん断力  $Q$  であり、ここでは  $Q=0.981P$  ( $P$ :両端のジャッキ荷重) である。横軸のウェブ面せん断変形量  $\delta$  の定義を図-7 に示す。図-6 より、実験結果および解析結果の履歴曲線は良く一致していることがわかる。供試体①の最終的なウェブたわみの実験と解析の比較を図-8 に示す。図-8 より、座屈変形の性状についても、解析結果と実験結果は良く一致していることがわかる。

### 4. まとめ

本研究では、解析により鋼製ラーメン橋脚はり部塑性域での耐力および変形性能と言った耐震性能に関するデータを得るために必要な、実験結果と解析結果との比較による解析手法の妥当性の検証を行った。その結果として、解析結果は実験結果の塑性履歴曲線および座屈性状を精度良く再現できていることが明らかとなった。なお、講演当日には、いくつかのパラメトリック解析結果を紹介する予定としている。

### 謝辞

阪神高速道路(株)より、本稿での対象とした鋼製ラーメン橋脚はり部の実験データに関する資料をいただきました。ここに感謝申し上げます。

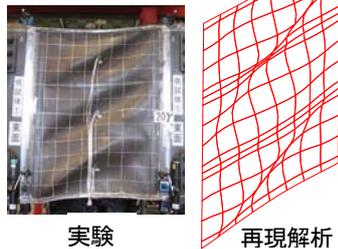


図.8 ウェブ面のたわみ形状

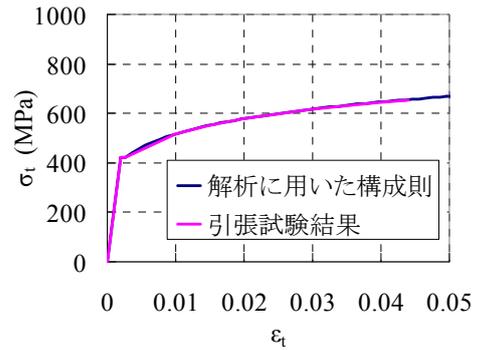


図-4 単調載荷曲線

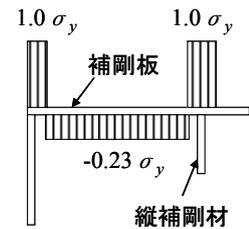


図.5 導入した残留応力分布

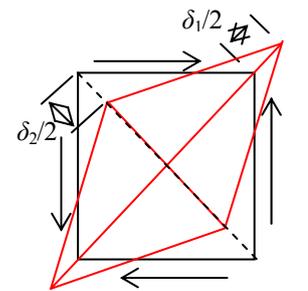


図.7 ウェブ面せん断変形量  $\delta$  の定義

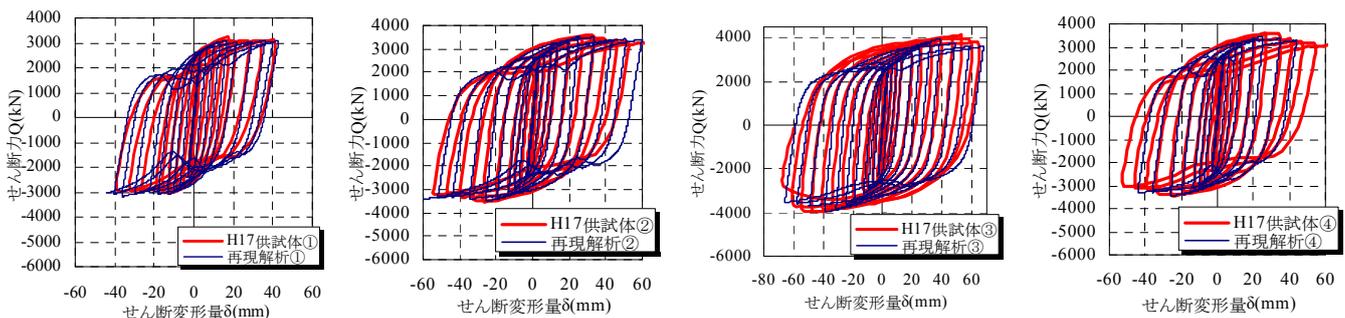


図.6 解析結果と実験結果の履歴曲線の比較

【参考文献】 1) 建設省土木研究所, 首都高速道路公団, 阪神高速道路公団, 名古屋高速道路公社, (社) 鋼材倶楽部, (社) 日本橋梁建設協会: 道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書(I)~(VIII), (総括編), 1997~1999. 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 v 耐震設計編, 2002. 3) 森下宣明, 前野裕文, 岡本隆, 中村信秀, 青木徹彦, 宇佐美勉: 鋼製箱形断面はりのせん断耐荷力実験, 鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集, Vol.4, pp.171-176, 2002. 4) 葛西昭, 渡辺智彦, 天野麻衣, 宇佐美勉: 繰返しせん断力を受ける補剛板強度と変形能評価, 構造工学論文集, Vol.47A, pp.761-770, 2001. 5) 平野敏彦, 西岡勉, 高岡佳彦, 吉川紀, 松田泰英: 阪神高速道路(株)技報, 第 23 号, pp23-30, 平成 19 年 1 月. 6) 阪神高速道路(株): 鋼製ラーメン橋脚のはり部のせん断変形性能実験に関する研究業務・報告書平成 17 年. 7) 阪神高速道路(株): 鋼製ラーメン橋脚のはり部のせん断変形性能実験に関する研究業務(その 2)報告書, 平成 17 年.