

大阪大学大学院工学研究科
 石川島播磨重工業株式会社
 大阪大学大学院工学研究科
 大阪大学大学院工学研究科
 大阪大学名誉教授
 大阪大学大学院工学研究科

正会員 ○田崎 真吾
 正会員 岡田 誠司
 正会員 小野 潔
 正会員 宇井 崇
 フェロー 西村 宣男
 正会員 奈良 敬

1. 研究の目的

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。その被災例や鋼製橋脚の耐震性能に関する研究を基に、道路橋示方書^{1), 2)}で鋼製橋脚については塑性域の耐力及び変形性能を考慮した設計法が規定されている。その中で、コンクリートを充填しない矩形断面鋼製橋脚については具体的な耐震性能評価手法が示されたが、それらは既往の実験結果を基に設定されたため、軸力一定の条件で作成されたものである。しかし、鋼製ラーメン橋脚や鋼製アーチ橋のアーチリブには地震時に軸力変動が生じる場合があり、その影響は未だ明らかにされていない。軸力変動が生じる鋼部材の耐震性能を把握するために、正負交番荷重実験と解析による検討を行った。

表-1 供試体諸元

	供試体
外形寸法 (mm)	542X542
鋼材	SM490
フランジ厚 (mm)	6
ウェブ厚 (mm)	6
縦リブ寸法 (mm)	60X6
供試体高さ (mm)	1779

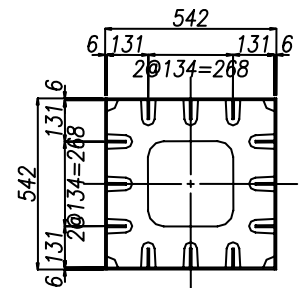


図-1 供試体断面図

2. 正負交番荷重実験の概要

以下に実験の概要を示す。

2.1 実験供試体

実験供試体は補剛材を有する正方形断面供試体とする。実験供試体の構造諸元等を表-1に、断面図を図-1に、荷重の模式図を図-2に示す。

2.2 実験方法

実験は以下に示す要領で行った。

供試体に全断面積に対して公称降伏応力度の25%に相当する軸力を図-2の鉛直ジャッキにより荷重した。

実験供試体の水平ジャッキの高さ(図-2中の線A)にベルヌイ・オイラーの梁理論より求まる降伏水平変位 δ_{yN} の整数倍を片振幅として、 ± 1 倍、 ± 2 倍・・・と、水平変位を漸増させながら水平荷重を正負交番荷重した。各 δ_{yN} における繰返し荷重回数は1回とした。 δ_{yN} は初期軸力から求まる値で一定とした。

2.3 軸力変動

初期軸力として137.4kN($N/N_{yN}=0.25$)を鉛直荷重ジャッキにより供試体頭部に荷重し、供試体に作用する軸力を式(1)により決定する。図-3に軸力の変動パターンの概念図を示す。

$$N = 2.432P + 137.4 \quad (1)$$

ここに、

P : 水平荷重(押し方向を正) (kN)

N : 鉛直荷重(圧縮を正)($N \geq 40$) (kN)

なお、鉛直ジャッキの付帯設備である球面座金、スライド装置は引張方向の軸力に対応する設備を備えていなかったため $N=40$ kNを下限值にした。

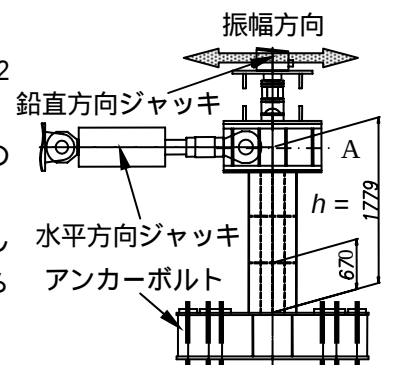


図-2. 実験模式図

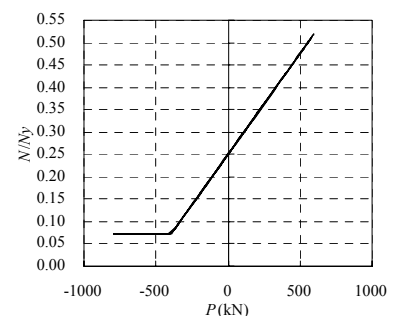


図-3 軸力の変動パターン

3. 実験結果

実験結果は既往の研究³⁾に従い、水辺変位は、固定とした供試体基部架台に生じた水平移動及び回転変形を計測し補正を行った。図-4 に実験供試体の P - δ 履歴曲線を示す。図-4 より、軸力変動供試体の最大荷重 P_{max} は軸力が増加する正側ループでは 600kN弱だが、軸力が減少する負側ループでは-800kN弱であった。最大水平荷重時変位 δ_m は正側ループより、負側ループのほうが大きかった。軸力変動の影響により、正側ループと負側ループで耐力及び変形性能の違いが見られた。

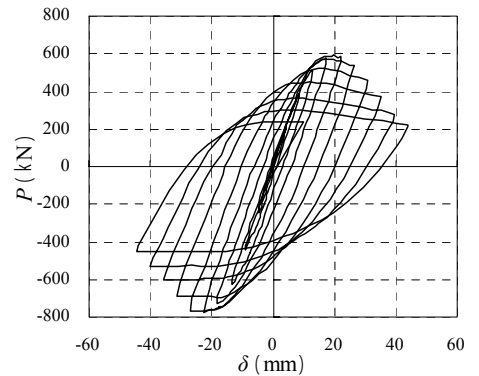


図-4 実験供試体の P - δ 履歴曲

4. 解析による軸力変動の生じる鋼製橋脚の耐震性能の確認

耐力及び変形性能等の定量的評価については繰り返しの影響を考慮した載荷実験結果に基づき鋼製橋脚の非弾性域での挙動を参考に設定するのが確実であると考えられる。しかし、設計対象とする鋼製橋脚と同じ構造細目を有する供試体による載荷実験結果が常に得られているとは限らない。このため、鋼製橋脚の弾塑性挙動を比較的精度良く表現できる弾塑性有限解析を用いる場合には、その解析結果に基づいて鋼製橋脚の弾塑性挙動を表す諸数値を定めることができる。よって、解析により軸力変動の影響を把握する場合、実験結果との比較によりその解析手法の精度を確認する必要がある。そこで、本研究で用いる解析について、実験との比較で妥当性を検証した。

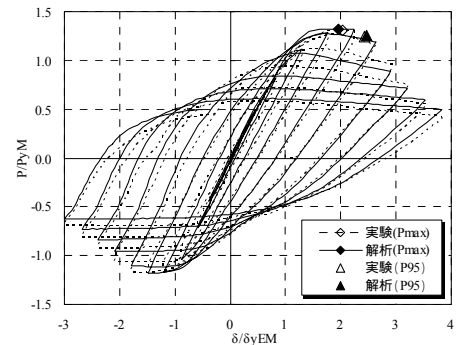


図-5 実験と解析の P - δ の比較

4.1 荷重と変位について

実験で得られた P - δ 履歴曲線と解析で得られた P - δ 履歴曲線の比較を図-5に示す。ピークに到るまでの履歴は解析で再現出来ている。ピーク時は実験と解析でほぼ一致しており、ピーク時まで問題なく解析で精度よく表現できている。ピーク後の荷重の低下の様子も解析で再現出来ている。

4.2 補剛板の変形について

図-6 に弾塑性有限変位解析で得られた軸力変動モデルのフランジの基部第一パネル（一番下のパネル）の変形図を、写真-1 に正負交番載荷実験を行った軸力変動供試体のフランジの基部第一パネルの写真を示す。フランジパネルの全体座屈方向と局部座屈の発生位置が実験結果と解析結果でほぼ一致しており、解析によって、フランジパネルの座屈を再現できていることが確認できる。実験供試体のウェブパネルには局部座屈が発生しているが解析でもその局部座屈を再現できていることが確認できる。

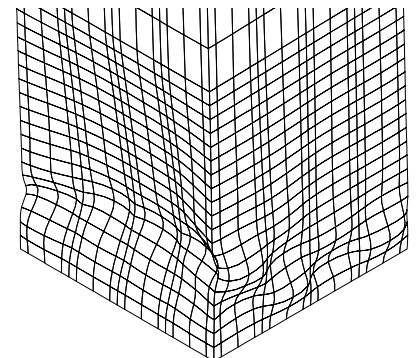


図-6 解析で得られた残留変形図

5. 最後に

今後、今回の実験結果をはじめ弾塑性有限変位解析により軸力変動が生じる鋼部材の耐震性能について幅広く検討を行い、設計手法の提案を行う予定である。



写真-1 実験終了時の写真

【謝辞】本研究における解析は、大阪大学サイバーメディアセンターの大規模計算機システムを利用して行ったものであります。関係各位のご協力に深く感謝いたします。

【参考文献】1)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編, 2002 年 3 月. 2)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編, 1996 年 12 月. 3)建設省土木研究所ほか：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 ～ , 総括編.