第Ⅰ部門　　高張力鋼を用いた円形断面鋼製橋脚の耐震性能評価に用いる解析の妥当性の検証

大阪大学大学院工学研究科　学生員　○仲田　晴一
大阪大学大学院工学研究科　正会員　　小野　潔
大阪大学大学院工学研究科　正会員　　宇井　崇
石川島播磨重工業株式会社　正会員　　岡田　誠司
大阪大学名誉教授　フェロー　西村　宣男
大阪大学大学院工学研究科　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．それを受けて平成 8 年[1)]，さらには平成 14 年に道路橋示方書[2)]が改訂され，橋の供用期間中に発生する確立は低いが大きな強度を持つレベル 2 地震動が規定された．レベル 2 地震動を考慮すると部材の応答を降伏耐力以下に抑えることは困難になる．そのため降伏応力を超える領域における弾塑性挙動について解明し，耐震設計法を確立する必要がある．道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編の規定において高張力鋼は適用範囲外であり，具体的な耐震設計法が確立されていない．

円形断面には，断面に対して水平力がどの方向から作用しても断面二次モーメントが変化しないという特徴がある．この特徴を生かして地震時に断面に作用する水平力の方向が一定でない部材に円形断面は有効であると考えられる．以上のことから，高張力鋼を用いた円形断面鋼製橋脚の耐震性能を評価する必要があり，これを研究目的とする．本稿では，耐震性能評価する際に用いる解析プログラムの妥当性の検証について報告する．

２．耐震性能評価するにあたっての許容値

耐震性能を評価するにあたって，部材の設計で対象とする限界値（許容値）が重要になってくる．許容値については，95%耐力P_{95}[3)]または最大荷重P_{max}を用いる場合がある．本研究では，地震後に補修・補強することを考慮して，明らかな局部座屈が発生しない最大荷重P_{max}を終局とした．よって，耐震性能を評価するには最大荷重P_{max}とその時の変位δ_mの算定式を提案する必要がある．

表-1 実験データ構造諸元

構造諸元(SM570)					
供試体	降伏応力 σ_y (MPa)	径厚比 パラメータ R_t	細長比 パラメータ λ	軸力 N (kN)	軸力比 N/N_y
KC-3	610	0.158	0.387	2314	0.111

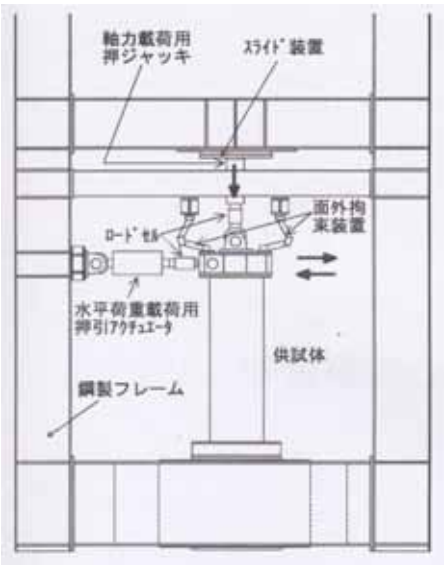

図-1 実験概略図[4)]

３．実験の再現解析

耐震性能を評価するには数多くのデータが必要となる．そのデータを実験だけで得ようとすると膨大な時間と費用がかかる．水平力の低下がほとんど起こらない領域の最大変位付近までであれば，座屈の影響を考慮できる適切な弾塑性有限変位解析により得られたデータから弾塑性挙動を表す諸数値を定めることができるとされている[1)]．パラメトリック解析を行って算定式を提案するにあたり，今回は他研究機関で行われた実験データを基に再現解析を行い，妥当性を検証した．

Seiichi NAKADA, Kiyoshi ONO, Takashi UI, Seiji OKADA, Nobuo NISHIMURA and Satoshi NARA

３．１実験データ

今回の再現解析には，他研究機関にて行われた実験データを用いた．供試体として用いたのは，土木研究所などによるKC-3 供試体[4]である．供試体緒元を**表-1** に，実験概略図[4]を**図-1** に示す．実験は鉛直方向軸力一定のもとで，初期降伏水平変位δ_yを基準に水平方向正負交番漸増載荷している．

３．２解析概要

本研究で作成した解析モデルを**図-2** に示す．一端固定・他端自由の橋脚モデルである．柱頭部にフタを設けてその中心の 1 点に鉛直一定軸力 P と水平強制変位δを載荷した．断面全体に力を伝えるために，上部の要素は絶対に降伏しないよう剛性を高めた．変形の予想される橋脚基部は要素分割を細かくし，それ以外の部分は解析結果に影響の無い程度まで分割数を少なくした．

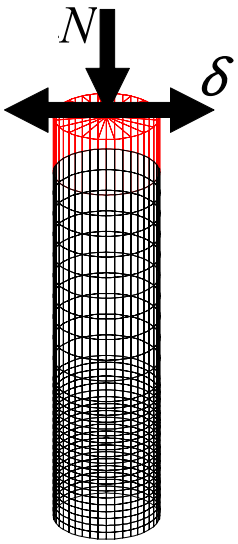

図-2 解析モデル

３．３解析結果

実験結果と解析結果の $P-\delta$曲線にして**図-3** に示す．水平荷重と水平変位をそれぞれ初期降伏水平荷重と初期降伏水平変位で除し無次元化して**図-4** に示す．最大水平荷重とその時の水平変位を実験と解析で比較して**表-2** に示す．最大水平荷重について見ると，誤差は約＋9%となった．最大水平荷重の精度は誤差 10%未満と精度良い結果となった．解析による橋脚の変形図（**図-5**）も円形断面の代表的な提灯座屈を再現できた．しかし，最大水平荷重時水平変位において誤差は約＋17%となり，最大水平荷重に比べて大きな差となった．円形断面製作方法である曲げ加工の影響が原因の一つとして考えられる．最大荷重後の $P-\delta$曲線の挙動は実験と解析で差が大きいが，算定式として提案する最大荷重付近までは挙動を比較的再現している．

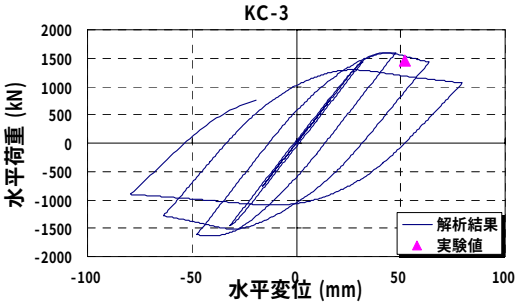

図-3 $P-\delta$曲線

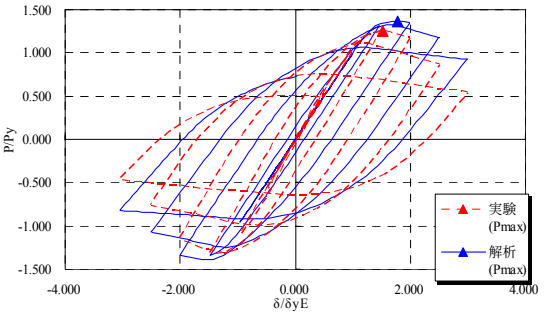

図-4 $P-\delta$曲線（無次元化）

表-2 実験と解析の比較

	解析値 (1)	実験値 (2)	(1) / (2)
P_{max}/P_y	1.36	1.25	1.09
δ_m/δ_y	1.78	1.52	1.17

４．最後に

今回の結果から，解析は実験結果を最大水平荷重付近までの挙動を比較的精度よく再現できたといえる．今後は曲げ加工の影響を考慮した材料試験から構成式のパラメータを決定し，解析に反映させていく予定である．その後パラメトリック解析を行い，高張力鋼を用いた円形断面鋼製橋脚の耐震性能を明らかにしていく．

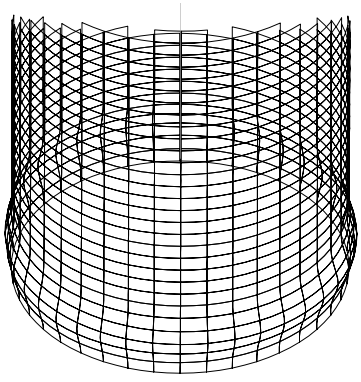

図-5 解析変形図

【参考文献】

1)（社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ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Ⅴ耐震設計編，1996 年 12 月.
3)葛ら：圧縮と曲げを受ける鋼部材セグメントの終局ひずみと鋼アーチ橋の動的耐震照査への応用.
4) 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）.