

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のための解析的研究

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、鋼製橋脚について塑性域での耐力および変形性能を考慮した設計法が導入されてきた。円形断面鋼製橋脚の弾塑性挙動についても解明され、耐震性能評価手法が確立されている³⁾。しかし、既往の耐震性能評価式はSS400もしくはSM490を対象とした実験結果および解析結果を基に決定されている。SM570のような高張力鋼に関しては、研究成果が少なく、その耐震性能について未解明な部分が多いため弾性設計法が適用されるにとどまっている。弾性設計では不経済であり、高張力鋼を用いる場合に対しても、その耐震性能を把握し、塑性域での耐力および変形性能を考慮した耐震性能評価手法を開発する必要がある。本稿では、弾塑性有限変位解析によりSM570を用いる円形断面鋼製橋脚の耐震性能の把握を行った。

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、許容値を設定することが重要になってくる。耐震設計上の許容値としては、95%耐力 P_{95} ³⁾とする場合と最大荷重 P_{max} ²⁾とする場合がある。本稿では、繰り返し塑性履歴の影響を受けにくく、安定した塑性履歴挙動が得られること等を考慮して最大荷重 P_{max} とした。

3. パラメトリック解析による耐震性能の把握

弾塑性有限変位解析プログラムCYNASを用いてパラメトリック解析を行い、幅広く円形断面鋼製橋脚の耐震性能を把握する。解析に用いる鋼材の構成式には円形断面への製作過程である冷間塑性曲げ加工による影響を考慮している。また、実験との比較により解析手法の妥当性は検証済みである。解析モデルの設定を行うにあたり道路橋示方書・同解説V耐震設計編の規定（軸力比： $0 \leq N/N_y \leq 0.2$ ，径厚比パラメータ： $0.03 \leq R_t \leq 0.08$ ，細長比パラメータ： $0.2 \leq \bar{\lambda} \leq 0.4$ ）に従い， $N/N_y=0.15$ ， $R_t=0.03 \cdot 0.05 \cdot 0.08$ ， $\bar{\lambda}=0.2 \cdot 0.3 \cdot 0.4$ の組み合わせで合計9種類とした。図-1に解析モデル図を示す。対象とする鋼種はSM570と比較のためのSM490の合計2種類である。

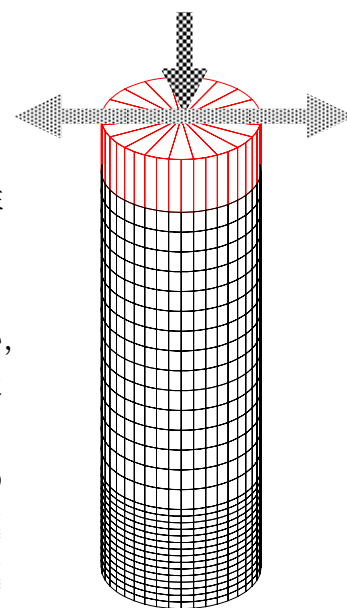


図-1 解析モデル

以上のような条件の下で解析を行った結果と既往の耐震性能評価式（以下、「既往式」と呼ぶ。）を比較する。既往式を以下の式(1)，(2)に示す。

$$\frac{P_{max}}{P_y} = \frac{0.02}{(R_t \bar{\lambda})^{0.8}} + 1.10 \quad (1)$$

$$\frac{\delta_m}{\delta_y} = \frac{1}{3(R_t \bar{\lambda}^{0.5})^{0.8}} - \frac{2}{3} \quad (2)$$

4. パラメータや鋼材の違いによる影響

SM570の解析結果から $\bar{\lambda}$ と R_t が円形断面鋼製橋脚の耐震性能に与える影響を調べるために、水平荷重—水平変位関係から求められる包絡線をパラメータごとに比較したものを図-2に示す。 R_t の値が大きくなるにつれて、最大水平荷重 P_{max} と最大水平荷重時水平変位 δ_m の値が小さくなり、耐震性能が低下していること

がわかる．一方， $\bar{\lambda}$ の値が変化しても P_{max} ， δ_m の値はあまり変化せず， P_{max} 以降の劣化勾配が変化することがわかる．

次に，既往式で SM570 の耐震性能を評価可能か検証するために，本稿での解析結果と既往式の算定結果との比較を行った．

図-3 に SM490 および SM570 の解析結果と既往式による算定結果を比較したものを示す．

SM490 の解析結果はほぼ既往式の線上に分布していることから，SM490 に関しては既往式で適切に耐震性能を把握できていることが確認された．一方，SM570 に関しては SM490 の場合と比較して，本稿の解析結果と既往式には差が見られる．しかも，既往式を適用すると SM570 を用いた円形断面鋼製橋脚の耐震性能を危険側に評価することがわかった．

SM570 の耐震性能が劣る理由として降伏比の違いが考えられる．降伏比の違いにより，図-4 に示すように軸方向ひずみ分布の塑性域の広がりには差が生じている．SM490 は SM570 と比較して橋脚基部における塑性域の広がりが大きいことから，SM490 の変形性能が高くなったと考えられる．さらに，図-5 に示すように橋脚基部での軸方向 $\sigma - \varepsilon$ 関係から包絡線を無次元化して比較すると，降伏してから最大水平荷重時までの応力の上昇度合いは SM490 の方が大きいため， P_{max}/P_y も高くなっていると考えられる．

5. まとめ

- ・ R_t の値が小さくなることで，SM570 を用いた円形断面鋼製橋脚の耐震性能が向上することがわかった．また $\bar{\lambda}$ は R_t と比較して，耐震性能に与える影響は小さいことがわかった．
- ・ SM490 と比較して，SM570 を用いた円形断面鋼製橋脚の耐震性能が劣ることがわかった．これは，降伏比の違いにより，塑性域の広がりや降伏からの応力上昇の差がその原因であると考えられる．

【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，1996 年 12 月．
- 2) (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．
- 3) 葛ら：鋼製パイプ断面橋脚の繰り返し弾塑性挙動に関する数値解析的研究，土木学会論文集，No.577/I-41，pp.181-190，1997 年 10 月．

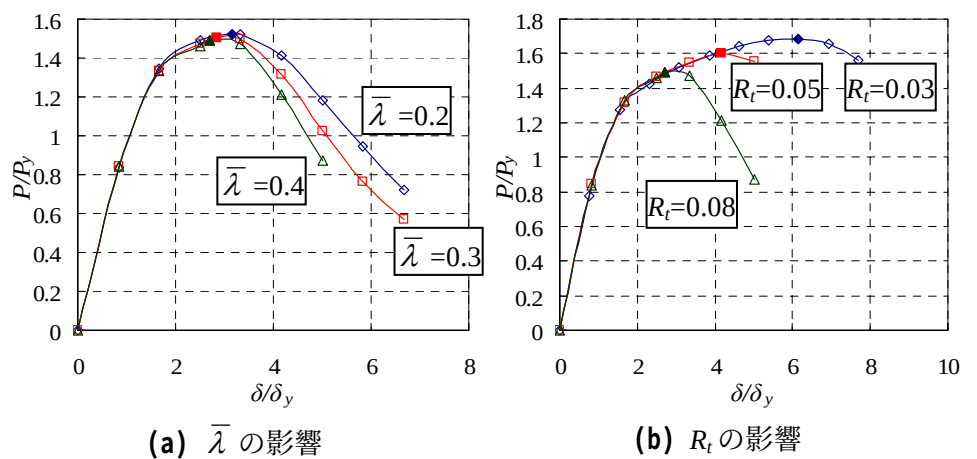


図-2 パラメータが耐震性能に与える影響

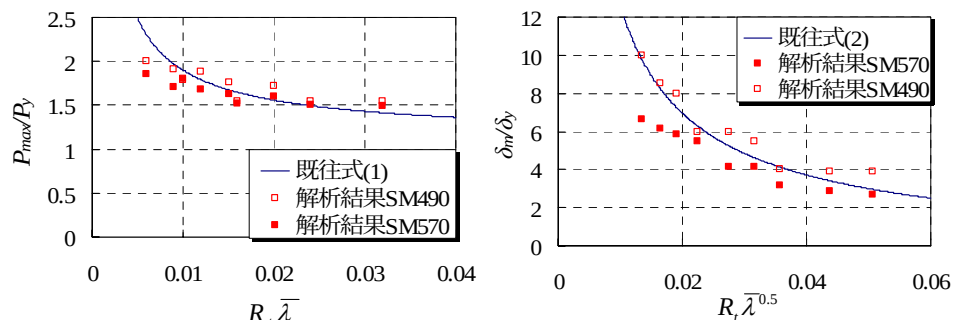


図-3 既往式との比較

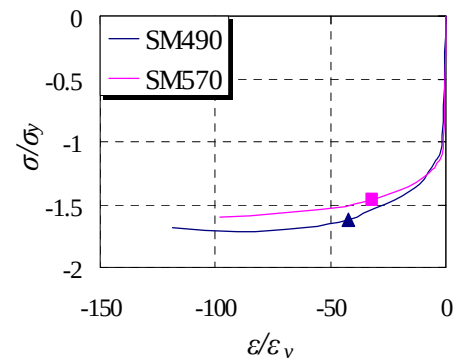
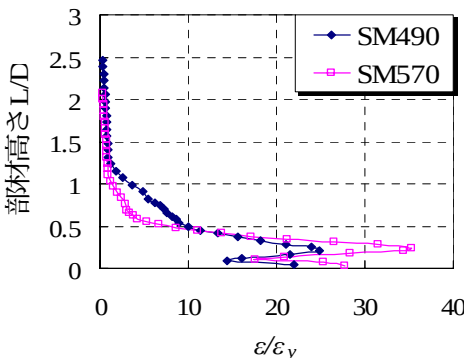


図-4 軸方向ひずみ分布比較

図-5 $\sigma - \varepsilon$ 関係比較 (包絡線)