

大阪大学工学部	学生員	○垂井	敬寛
大阪大学大学院工学研究科	学生員	大西	宵平
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
九州工業大学工学部	正会員	山口	栄輝

1. はじめに

兵庫県南部地震において道路橋の鋼製橋脚ははじめて大きな被害を受けた。それを受けて道路橋示方書¹⁾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。普通鋼を用いた円形断面を有する鋼部材の耐震性能は、既往の研究³⁾により明らかにされてきているものの、高張力鋼である SM570 材を用いた鋼製橋脚の耐震性能に対しては、その耐震性能が明らかになっているとは言い難い。一般的に、降伏比の高い鋼材を用いた鋼部材の変形性能は降伏比の低い鋼材を用いた鋼部材の変形性能に比べて劣ると言われている。高強度鋼では降伏比が大きくなるため、その耐震性能については十分に検討を行う必要がある。そこで本稿では、SM570 材を用いた円形断面鋼製橋脚を対象に弾塑性有限変位解析を行い、その解析結果等をもとに各構造パラメータが耐震性能に与える影響を定性的に明らかにした。

2. パラメトリック解析

解析モデルの鋼種は SM570 材とし、道示 V¹⁾²⁾の中で普通鋼を用いた円形断面鋼製橋脚に関して軸力比： $0.0 \leq N/N_y \leq 0.2$ 、径厚比パラメータ： $0.03 \leq R_t \leq 0.08$ 、細長比パラメータ： $0.2 \leq \bar{\lambda} \leq 0.4$ と規定されている。しかし、高張力鋼は、普通鋼に比べ降伏応力度 σ_y が大きく、 $R_t=0.03$ とすると、板厚 $t=60\text{mm}$ に対し、直径が小さくなりすぎるため、製作が困難であると思われる。そのため、SM570 材を対象とした本解析では、 $R_t=0.03$ は解析対象とせず、径厚比パラメータは $R_t=0.05, 0.08, 0.11$ の 3 パターンとした。さらに、細長比パラメータは $\bar{\lambda}=0.2, 0.3, 0.4$ の 3 パターンとして合計 9 体の解析モデルを設定した。解析モデルは、すべて 8 節点シェル要素でモデル化して、橋脚基部の分割を細かくして、一番下の節点全てを全方向に拘束して固定端となる単柱形式のモデルとした。柱頂部の断面中心位置にある節点に軸力と水平方向の強制変位を与える。図-1 に解析モデルの一例を示す。図-2 に载荷パターンを示す。

パラメトリック解析は再現解析と同様、繰り返し塑性履歴構成則を用いた弾塑性有限変位解析プログラム CYNAS⁴⁾⁵⁾を使用した。なお、CYNAS による解析結果と実験結果との比較により、解析手法の妥当性は検証している。また、残留応力は導入していない。解析に使用した材料定数は、解析に用いる材料定数は既往の研究⁶⁾において行われている実験から求めた値とし、降伏応力度 σ_y を 624.0N/mm^2 とした。解析は正負交番载荷で行い、 δ_y の整数倍の変位を漸次増加させた。



図-1 解析モデルの一例

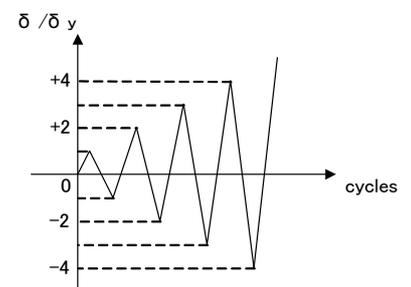


図-2 载荷パターン

3. 解析結果

パラメトリック解析結果から、径厚比パラメータ R_t 、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ 、また、SM570 と SM490Y の鋼種の違いによって円形断面鋼製橋脚の耐震性能に与える影響を考察する。

a) 径厚比パラメータ R_t の影響

細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ を一定にして、解析結果から得られた包絡線を比較して図-3 に示す。図-3 より、径厚比パラメータ R_t が大きくなるにつれて P_{max}/P_y 、 δ_m/δ_y とともに大幅に減少しており、耐震性能が下がっていることが見て取れる。

b) 細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ の影響

径厚比パラメータ R_t を一定にして、解析結果から得られた包絡線を比較して図-4 に示す。図-4 より、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ が大きくなるにつれて P_{max}/P_y 、 δ_m/δ_y とともに減少しており、耐震性能が下がっていることが見て取れる。ただし、特に P_{max}/P_y については、径厚比パラメータ R_t の影響ほど大きな違いは見られない。

c) 鋼種の違いが耐震性能に与える影響

SM570 材を用いた円形断面鋼製橋脚と、普通鋼を用いた円形断面鋼製橋脚で、弾塑性有限変位解析を行った。普通鋼の鋼種は SM490Y 材とし、構造パラメータは比較するモデルと同じとした。図-5 に無次元化したものの包絡線を比較したものを示す。SM570 材の P_{max}/P_y 、 δ_m/δ_y が、SM490Y 材の P_{max}/P_y 、 δ_m/δ_y を下回っていることがわかる。降伏比の小さい SM490Y 材は、降伏比の大きな SM570 材に比べ、降伏後の応力増加域が広く、ひずみが進展すると、降伏比の差が明確に表れる。そのため、SM490Y 材を用いた鋼製橋脚の P_{max}/P_y は、SM570 材に比べ、大きくなると思われる。

4. まとめ

本稿では、SM570 材を用いた円形断面鋼部材の耐震性能を明らかにするために、パラメトリック解析を行った。以下にその結論を示す。

- ・径厚比パラメータ R_t が大きくなるにつれて P_{max}/P_y 、 δ_m/δ_y とともに大幅に減少している。
- ・細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ が大きくなるにつれて P_{max}/P_y 、 δ_m/δ_y とともに減少しているが、 R_t ほど顕著ではない。
- ・SM570 材を使用した鋼製橋脚の P_{max}/P_y 、 δ_m/δ_y が、SM490Y 材のものより低くなる。

【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。
- 2) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2002。
- 3) 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，鋼材倶楽部，日本橋梁建設協会：道路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
- 4) 西村宣男，小野潔，池内智行：単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式，土木学会論文集，No.513/I-13，pp.27-38，1995。
- 5) 鈴木雄大，小野潔，池内智行，岡田誠司，西村宣男，高橋実：実用的な構成式の開発，第 6 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.351-358，2003。
- 6) 安波博道，寺田昌弘，青木徹彦，山田将樹：高張力鋼 (SM570Q) 鋼管柱の繰り返し弾塑性挙動に関する実験的研究，土木学会論文集，No.591/I-43，pp.233-242，1998。

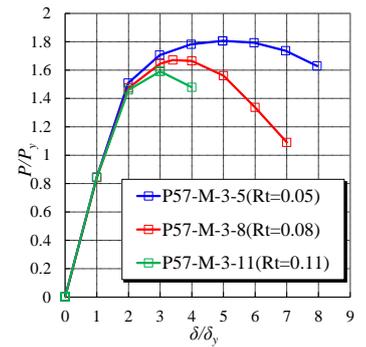


図-3 径厚比パラメータ R_t の影響

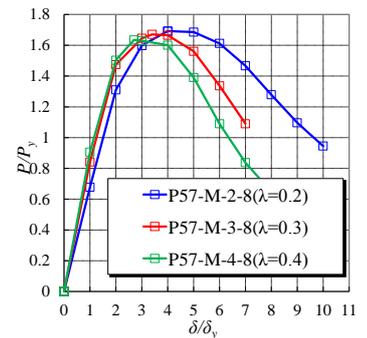


図-4 細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ の影響

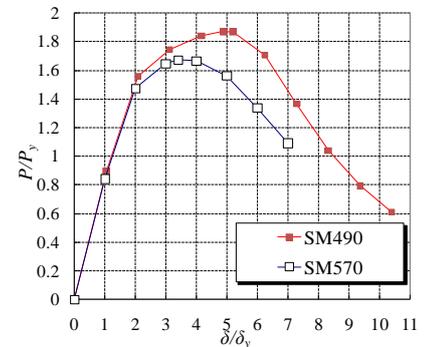


図-5 鋼種の違いが耐震性能に与える影響