

弾塑性有限変位解析による SM570 材を用いた円形断面鋼製橋脚の 耐力および変形性能に関する一検討

大阪大学工学部工学研究科
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
九州工業大学工学部

学生員 ○垂井 敬寛
学生員 大西 宵平
正会員 小野 潔
フェロー 西村 宣男
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について検討を行った。

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 V^{1),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。図-1 に解析モデルの一例を示す。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た。

パラメトリック解析には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 CYNAS^{4),5)}を使用した。また、残留応力および初期たわみは導入していない。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て、降伏応力度 σ_y を 624.0N/mm^2 とした。解析は正負交番載荷で行い、 δ_y の整数倍の変位を漸次増加させた。



図-1 解析モデル

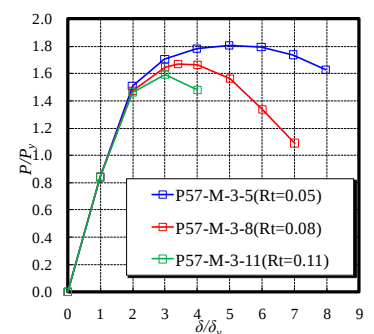


図-2 径厚比パラメータ R_t の影響

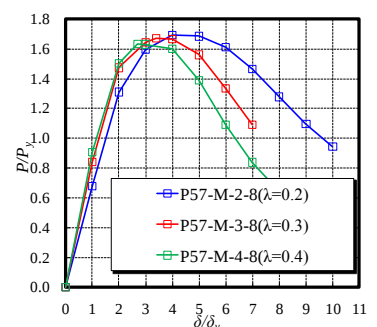


図-3 細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ の影響

キーワード 高張力鋼, 円形断面鋼製橋脚, 耐力, 変形性能, 弾塑性有限変位解析

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL:06-6879-7598

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 の鋼種の違いが円形断面鋼製橋脚の耐力および変形性能に与える影響について考察する。図-2、図-3、図-4 に解析から得られる P - δ 関係から求めたの包絡線を比較したものを示す。図-5 に径厚比パラメータ R_t および細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ と $P_{\max}/P_y$ の相関関係を、図-6 に径厚比パラメータ R_t および細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ と δ_m/δ_y の相関関係を示す。

a) 径厚比パラメータ R_t の影響

図-2、図-5、図-6 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 ともに減少しており、耐力および変形性能が小さくなっていることが見て取れる。これは普通鋼を使用した円形断面鋼製橋脚と同じ傾向である。

b) 細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ の影響

図-3、図-5、図-6 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 ともに減少しており、耐力および変形性能が小さくなっていることが見て取れる。ただし、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。これも普通鋼を使用した円形断面鋼製橋脚と同じ傾向である。

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を対象に、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 SM570 材のモデルと同じとした。図-4 に無次元化した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考えられる。

4. まとめ

本稿では、SM570 材を用いた円形断面鋼製橋脚の耐力および変形性能をについて検討を行うために、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 ともに減少している。
- ・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 は、SM490Y 材のものより小さくなる。

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) 例えば、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。

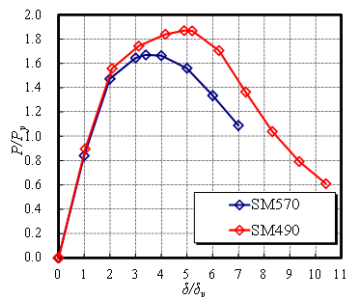


図-4 鋼種の違いが耐震性能に与える影響

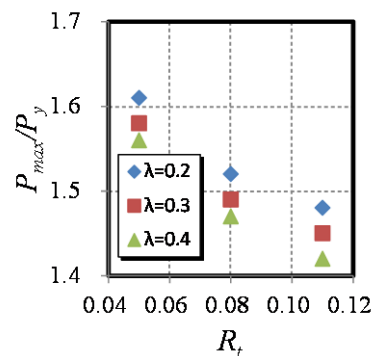


図-5 R_t および $\bar{\lambda}$ と $P_{\max}/P_y$ の相関関係

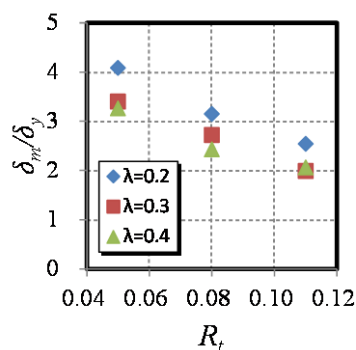


図-6 R_t および $\bar{\lambda}$ と δ_m/δ_y の相関関係