

大阪大学大学院工学研究科	学生員	○大西 宵平
大阪大学工学部	学生員	田川 陽一
東京工業大学大学院理工学研究科	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. はじめに

近年の目覚ましい鋼材性能の向上により、土木分野において高張力鋼に代表される高機能を有する鋼材が使用され始めている¹⁾。更に、構造合理化や建設コスト縮減を目的として、降伏強度や引張強度のみならず、破壊靱性、溶接性、加工性及び耐候性に優れた橋梁用高性能鋼材 (SBHS500, SBHS700) が開発され、JIS 化されるなど、高強度鋼が鋼橋・鋼構造物に使用しやすい環境が整ってきておる。このような高強度鋼を鋼橋・鋼構造物に適用することにより、設計の自由度が増し、鋼橋・鋼構造物のより合理的な設計が可能となる。

普通鋼を用いた正方形断面を有する鋼部材の耐震性能は、既往の研究^{2)~3)}により明らかにされてきているものの、SBHS 鋼等の高強度鋼を鋼橋へ適用することのメリットに関する研究および高強度鋼を適用した鋼橋の耐荷性能に関する研究は、桁構造に関するものがほとんどであり、高張力鋼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、高強度鋼 (特に HT780 材) を用いた正方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モデル

HT780 材を用いた鋼製橋脚の耐震性能を把握するため、弾塑性有限変位解析ソフト CYNAS を用いてパラメトリック解析を実施した。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。パラメトリック解析における解析モデルの鋼種は HT780 材だが、HT780 材は JIS 規格にない鋼材のため、解析に用いる材料定数は既往の研究⁴⁾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 798.7N/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。解析には、 R_R , R_F , $\bar{\lambda}$ を構造パラメータとして変化させた解析モデル合計 9 体を用いた。なお、軸力比 N/N_y は 0.15 とした。図-1 に解析モデルの一例を示す。なお、図-1 の解析モデルは初期たわみを 30 倍で表示している。

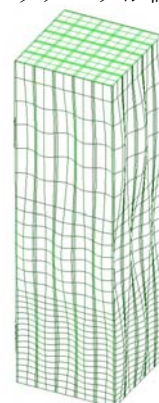


図-1 解析モデルの一例

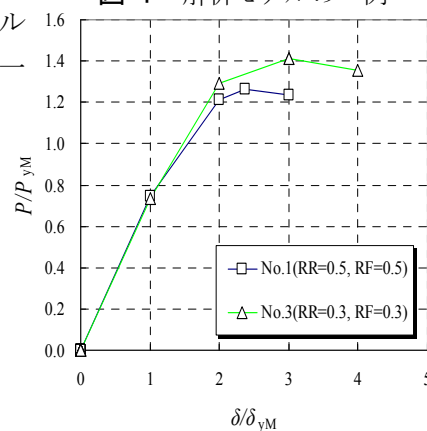


図-2 幅厚比パラメータ R_R , R_F による包絡線の比較

3. 解析結果

解析結果より、圧縮軸力と 1 軸曲げを受ける HT780 材を用いた正方形断面鋼部材の P_{\max}/P_y および δ_m/δ_y と R_R , R_F , $\bar{\lambda}$ の相関について検討を行う。

a) 幅厚比パラメータ R_R , R_F の影響について

$\bar{\lambda}$ を一定にした際の、包絡線の比較を図-2 に示す。図-2 から、 (R_R, R_F) の増加にともない、 P_{\max}/P_y , δ_m/δ_y のいずれも減少していることがわかる。これは、普通鋼を用いた正方形断面鋼製橋脚に関する既往の研究結果と同様の傾向を示している。

b) 細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ の影響について

(R_R, R_F)を一定とした場合の、包絡線の比較を図-3 に示す。図-3 から、 $\bar{\lambda}$ の増加に伴い、 P_{max}/P_y が減少していることがわかる。これは、既往の正方形断面鋼部材に関する研究結果と同様の傾向を示している。

c) 鋼種の違いによる耐震性能への影響について

普通鋼である SM490Y 材と高張力鋼の一種である SM570 材について、2 節で行ったパラメトリック解析と同じ値の構造パラメータのモデルを作成し解析を行うことで、鋼種の違いが耐震性能に与える影響について検討した。HT780 材の材料定数は実験から求めた値を用いているため、SM490Y 材と SM570 材の材料定数も実験から求めた値を使用した。このとき、SM490Y 材と SM570 材の降伏応力はそれぞれ 384.4N/mm^2 、 594.0N/mm^2 であった。図-4 に包絡線の比較を示す。図-4 から SM490Y 材、SM570 材、HT780 材の順に P_{max}/P_y が小さくなるのがわかる。これは鋼材の降伏比の違いが大きな要因であると考えられる。図-5 に引張り試験の応力-ひずみ関係を σ_y, ϵ_y で無次元化したものを、図-6 に最大荷重時の軸方向のひずみの分布を示す。図-5 からわかるように HT780 材が最も降伏比が大きい。つまり、降伏してからの応力増加域が他の鋼種より狭くなり、降伏した後の余裕が少なくなる。そのため、図-6 のように橋脚基部の狭い領域だけで塑性化が急速に進展してしまうと考えられる。これより、HT780 材を用いた鋼部材の P_{max}/P_y は、他の鋼種の P_{max}/P_y よりも小さくなったと考えられる。しかし、 δ_m/δ_y については HT780 材が最も大きい。これは、図-5 の応力-ひずみ関係では、降伏後、HT780 材の σ/σ_y の値が最も大きくなる領域があり、これが影響しているのではないかと考えられるが、今後検討が必要である。

4. まとめ

本稿ではシェル解析を基に構造パラメータが HT780 材を用いた鋼製橋脚の耐震性能に与える影響について検証した。以下に結論の概要を示す。

- ・ 幅厚比パラメータ R_R, R_F 、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ が耐震性能に与える影響は既往の研究結果と同様であった。
- ・ HT780 材を用いた鋼部材は、鋼材の降伏比の違いから P_{max}/P_y が他の鋼種の P_{max}/P_y よりも小さくなる。

【参考文献】

- 1) (社)土木学会鋼構造委員会：新しい高性能鋼材利用技術調査研究報告書，2009.11
- 2) 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
- 3) 深谷茂広，小野潔，沈赤，村越潤，西川和廣：矩形断面鋼製橋脚の正負交番載荷実験を基にした曲げ-曲率関係の検討，構造工学論文集 Vol.46A，pp.1363-1374，平成12年3月。
- 4) 遠藤和男：大規模地震に対する長大吊橋主塔の耐震性能照査法に関する研究，pp73-113，2007。

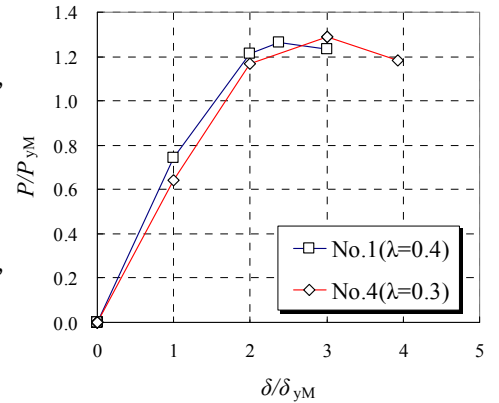


図-3 細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ による包絡線の比較

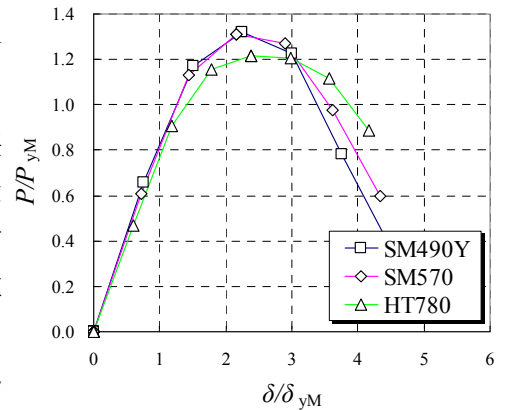


図-4 鋼種の違いによる耐震性能への影響

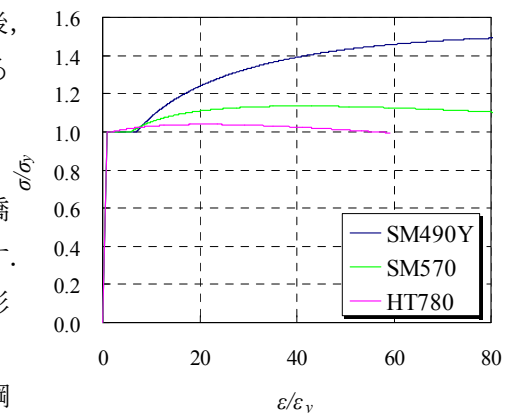


図-5 無次元化した応力-ひずみ関係

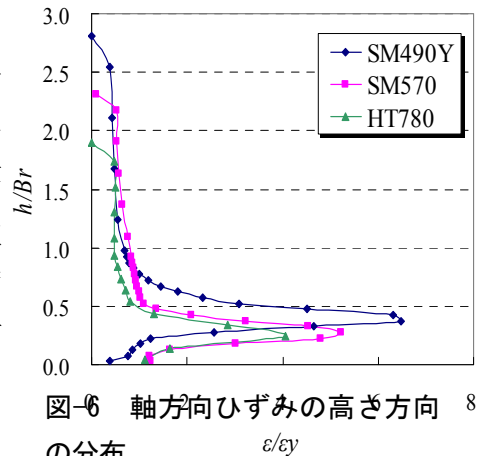


図-6 軸方向ひずみの高さ方向の分布