

高強度鋼 SHY685 を用いた鋼製橋脚の耐力および変形能に関する解析的研究

大阪大学大学院

正会員 小野 潔

大阪大学大学院

学生員

○橋本 祥太

本州四国連絡高速道路(株)

正会員 遠藤 和男

1. 目的

鋼製橋脚の耐力および変形能に関する情報を得るため、数多くの大型模型供試体を用いた正負交番載荷実験や多くの数値解析による検討も行われてきた¹⁾。その結果、鋼製橋脚の具体的な耐震性能照査手法が道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編²⁾等で示されている。他方、橋梁用高降伏点鋼板(SBHS)が JIS に規定された。SBHS は高い降伏点、高い施工性等の特色を有している。このような高強度鋼では一般的に降伏比も大きくなるため、高強度鋼を用いた鋼製橋脚では、SM400 および SM490 等を用いた鋼製橋脚と比較して降伏点以降の耐力および変形性の増加が少ないことが指摘されており、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編においても SM570 以上の高強度鋼に対する具体的な耐震設計法は示されていない。しかしながら、塑性化の程度を限定すれば、高強度鋼を用いることで鋼製橋脚をより合理的に設計出来る場合もあることが考えられる。そこで、本研究では、高強度鋼を用いた鋼製橋脚の耐力および変形能に関する基礎的なデータを得るために、解析的検討を行ったので報告する。

2. 解析手法の妥当性の検証

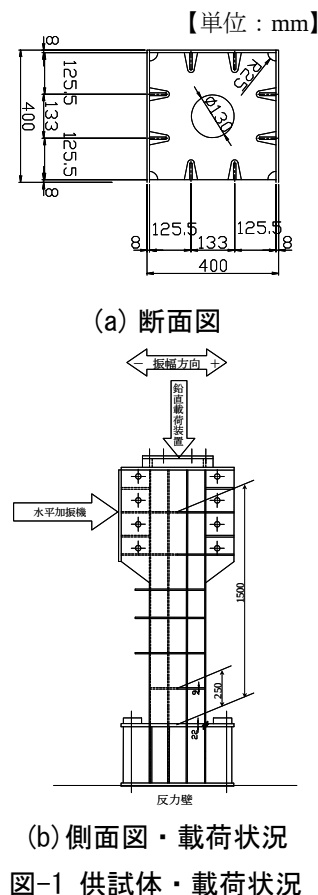
解析手法により鋼製橋脚の耐力および変形能を適切に把握するには、実験結果との解析結果との比較により解析手法の妥当性を検証する必要がある。そこで、本稿では、高強度鋼として SHY685 を用いた矩形断面鋼製橋脚の正負交番載荷実験結果を使用して解析手法の妥当性の検証を行った。

(a) 正負交番載荷実験

既往の研究^{3),4)}における SHY685 を用いた供試体の概形および載荷状況、主なパラメータを図-1 および表-1 に示す。実験では、鉛直載荷装置により降伏軸力(公称降伏値より算出)の 15% (=1,618kN) 程度の軸力を一定に保ちながら、水平加振機により供試体基部から 1500mm の位置に水平荷重を正負交番載荷した。水平荷重の載荷は、ベルヌイ・オイラーの梁理論から算出される降伏水平変位 δ_{yN} (降伏応力は公称降伏値) の整数倍を繰り返し回数 1 回で漸次増加させた。図-2 に実験で得られた水平荷重-水平変位関係を示す。実験では $5\delta_{yN}$ 載荷時に水平荷重が最大に達し、 $7\delta_{yN}$ 載荷途中に両フランジベースプレート間の溶接割れが全面に渡って発生し載荷を終了している。実験の詳細については文献 3), 4)を参照されたい。

(b) 再現解析

解析には本研究室で開発された弾塑性有限変位解析プログラム CYNAS⁵⁾を用いた。CYNAS の材料構成則に含まれる定数は、供試体に用いた鋼板から製作された試験片による材料試験結果から決定された値⁴⁾を用いた。また、初期不整として、既往の研究を参考に、図-3 に示す残留応力分布、図-4 に示す初期たわみを解析モデル



(b) 側面図・載荷状況

図-1 供試体・載荷状況

表-1 主なパラメータ等

R_R	R_F	γ_I/γ_I^*	$\bar{\lambda}$	σ_{yN} (公称)	σ_{yM} (試験)
0.30	0.51	3.1	0.36	685(MPa)	799(MPa)

注) パラメータは公称降伏応力を使って計算した値。

キーワード 高強度鋼, SHY685, 弾塑性有限変位解析, 耐力および変形能

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

に導入した。図-5 に実験および解析の水平荷重—水平変位関係から得られる包絡線を比較したものを示す。図-5 に示すように、解析結果は実験結果の水平荷重—水平変位関係から得られる包絡線を適切に再現出来ていること分かる。

3. 高強度鋼 SHY685 を用いた鋼製橋脚の耐力および変形能

鋼製橋脚に使用される代表的な鋼種として SM490 がある。そこで、SHY685 および SM490 を用いた鋼製橋脚を対象にして CYNAS を用いて解析を行い、両者の耐力および変形能の違いについて検討を行った。いずれの鋼材を用いた解析モデルについても、 $\bar{\lambda}=0.3$, $R_R=0.3$, $R_F=0.3$ である。SHY685 の構成則の定数は 2 章の再現解析と同じ値を、SM490 については、既往の文献⁶⁾に示される値を用いた。なお、既往の研究⁷⁾によれば、本稿で対象とした SHY685 の構成則は SBHS700 の構成則と特性が近いものとなっている。初期不整については、既往の文献を参考に、図-3 に示す残留応力分布、図-4 に示す初期たわみを解析モデルに導入した。図-6 に SHY685 および SM490 を用いた鋼製橋脚の解析結果から得られる水平荷重—水平変位関係を比較したものを示す。図-6 より、SHY685 を用いた鋼製橋脚は SM490 を用いた場合より、最大水平荷重および最大水平荷重時変位が小さくなっていることが分かる。

4. まとめ

本稿では、高強度鋼として SHY685 を用いた鋼製橋脚を対象に、実験結果との比較により妥当性を検証した解析手法により耐力および変形能に関する検討を行った。その結果によれば、高強度鋼である SHY685 を用いた鋼製橋脚は SM490 を用いた鋼製橋脚より最大水平荷重および最大水平荷重時変位が小さくなる。

5. 謝辞 本稿の SHY685 の正負交番載荷実験結果は(独)土木研究所より提供いただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献 1)例えば、建設省土木研究所ほか：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 I～VIII，総括編，1997～1999。2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2014。3) 遠藤和男，運上茂樹，二井伸一：高強度鋼材を用いた矩形断面鋼製橋脚の載荷実験，土木学会第 60 回年次学術講演会梗概集，I-136，2005。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，大阪大学博士論文，2007。5) 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。6)岡田誠司：高軸力が作用する矩形断面鋼部材の耐震性能および評価法に関する研究，大阪大学博士論文，平成 17 年。7)橋本祥太，小野潔，北市さゆり，山田信司，岡田誠司：SBHS700 の構成則および既往の高張力鋼との比較，土木学会第 68 回年次学術講演会梗概集，I-519，pp.1037～1038，2014。

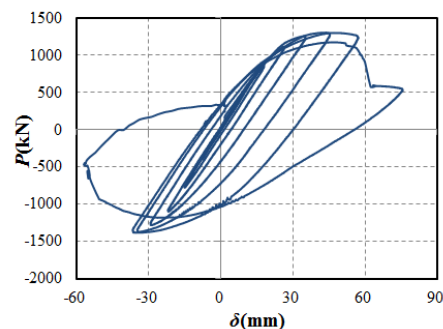


図-2 実験結果

	a	b	c	d	e
SM490	1.0	0.25	1.0	0.17	0.6
SHY685	0.8	0.15	0.8	0.12	0.6

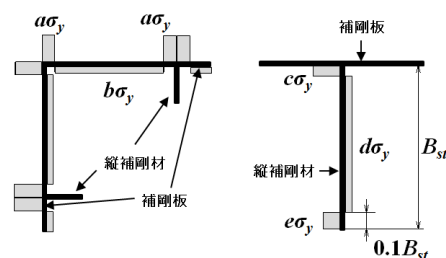


図-3 残留応力分布

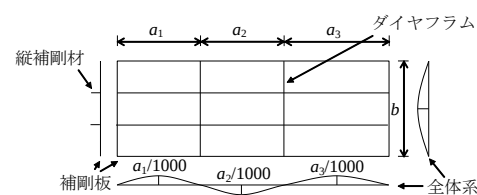


図-4 初期たわみ

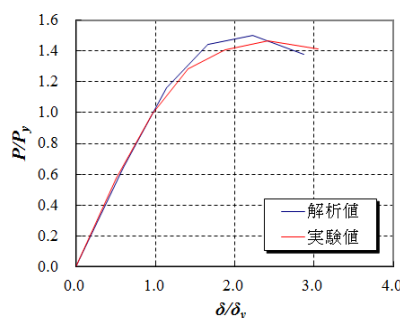


図-5 実験結果と解析結果の比較

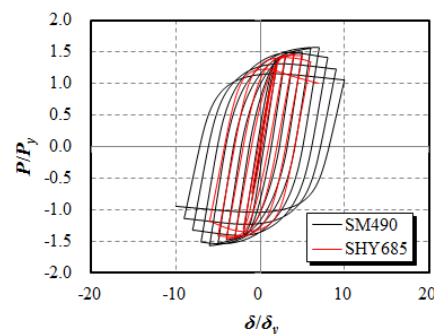


図-6 SHY685 と SM490 の比較