

大阪大学工学部

学生員 ○安積 恭子

大阪大学大学院工学研究科

正会員 小野 潔

早稲田大学創造理工学部

正会員 秋山 充良

1. はじめに

橋梁の耐震設計では、設計地震動によって生じる各部材の状態が、限界状態を超えないことを照査することにより行われる。そして、鋼製橋脚においては、橋脚の耐力及び変形能を把握することが必要となる。しかし、実験的検討のみで耐力及び変形能を把握することは困難であるため、解析的検討により把握が行われている。道路橋示方書 V では、円形断面鋼製橋脚の耐震性能評価法が提案されているが、適用範囲より径厚比パラメータの大きな既設の鋼製橋脚も存在する。よって、径厚比パラメータの大きい既設鋼製橋脚の耐震性能を評価するためには、その耐力及び変形能を把握することが必要である。そこで本稿では、径厚比パラメータの大きい円形断面鋼製橋脚を対象に弾塑性有限変位解析を行い、各構造パラメータが耐力及び変形能に与える影響を明らかにする。

2. 再現解析による解析手法の妥当性の検証

解析手法の妥当性を検証するために、解析結果と実験結果を比較した。今回は、土木研究所等による円形断面鋼製橋脚を対象とした実験データ¹⁾のうち径厚比パラメータが 0.08 より大きい供試体の実験データを用いた。また、解析には鋼材の繰返し塑性履歴を精度良く再現できる、弾塑性有限解析ソフト CYNAS²⁾を使用した。対象の鋼製橋脚の 1 例の諸元を表-1 に示す。降伏応力は表-1 のものを、降伏応力以外の鋼材の構成則の定数は表-2 に示す、既往の SM400 のものを用いた。

円形断面鋼製橋脚解析モデルを図-1 に示す。柱頂部の断面中心位置にある節点に軸力と水平方向強制変位を与えた。柱断面に平均して荷重が作用するように柱の上部には剛性の大きい要素を配置した。強制変位は降伏水平変位 δ_y を基準として、 $0 \rightarrow +\delta_y \rightarrow -\delta_y \rightarrow +2\delta_y \rightarrow -2\delta_y \cdots$ と漸増するように作用させた。

既往の実験結果と今回の解析結果の履歴曲線を比較したものを図-2 に示す。図-2 より、本研究で示した解析手法による弾塑性有限変位解析によって、水平荷重-水平変位関係の実挙動を適切に再現できることが確認された。

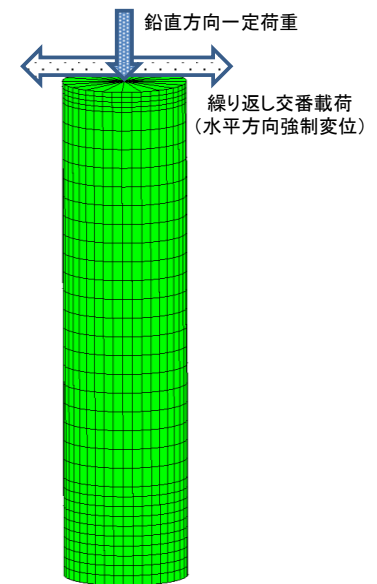


図-1 要素分割図

表-1 実験供試体諸元(No.8)

鋼種	板厚 t (mm)	直径 D (mm)	高さ h (mm)	軸力 N (kN)	降伏応力 σ_y (N/mm ²)	細長比 パラメータ $\bar{\lambda}$	径厚比 パラメータ R_t
SS400	9	900	3403	888.86	290.1	0.283	0.115

表-2 材料構成則定数

	ε^{Pst}	E^{Pst} (MPa)	a	b	c	d	e	f	g
SM400	0.0266	4092	0.57	64.8	0.59	0.16	0.11	6.09	-0.24

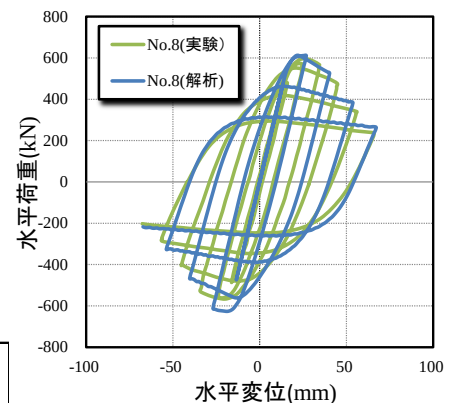


図-2 履歴曲線

3. パラメトリック解析

道路橋示方書 V 耐震設計編³⁾の規定 ($0.03 \leq R_t \leq 0.08$, $0.2 \leq \bar{\lambda} \leq 0.4$, $0 \leq N/N_y \leq 0.2$)を参考に、径厚比パラメータ R_t のみ適用範囲外も含めた円形断面鋼製橋脚を本研究での解析対象橋脚とした。鋼種は実際の鋼製橋脚で使用頻度が高い SM490 として合計 18 体の解析モデルを設定した。鋼材の構成則の定数は既往の研究⁴⁾のものを用いた。モデル諸元の一部を表-3 に示す。また、供試体名は $\bar{\lambda}$, R_t がわかるように設定した。例えば「P-2-13」は、 $\bar{\lambda}$ は 0.2, R_t は 0.13 のモデルを表す。载荷条件としては、供試体頂部に降伏応力×軸力比(0.15 一定)の軸力を初期軸力として载荷し、次に水平方向に繰り返し強制変位を与えた。

4. 解析結果

パラメトリック解析結果から、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$, また、径厚比パラメータ R_t の違いによって円形断面鋼製橋脚の耐力及び変形能に与える影響を考察した。

4.1 細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ の影響

図-3 に細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ が異なる解析モデル(P-2-13, P-3-13, P-4-13)の包絡線の比較を示す。この結果から R_t が大きいモデルでも $\bar{\lambda}$ は最大水平荷重、最大水平荷重時変位にほとんど影響していないことがわかる。

4.2 径厚比パラメータ R_t の影響

図-4 に径厚比パラメータ R_t のみが異なる解析モデル(P-3-7, P-3-9, P-3-11, P-3-13)の包絡線の比較を示す。この結果から R_t が大きくなるにつれ、最大水平荷重、最大水平荷重時変位ともに小さくなるという傾向がみられた。さらに、径厚比パラメータが大きいモデルでは、小さいモデルと比べると最大水平荷重点以降の荷重が大きく落ちることがわかる。

5. まとめ

径厚比パラメータの比較的大きい円形断面鋼製橋脚の耐力及び変形能を明らかにするために、パラメトリック解析を行った。その結果、細長比パラメータは最大水平荷重点にほとんど影響は与えてないのに対し、径厚比パラメータは大きくなるにつれて、最大水平荷重、最大水平荷重時変位がともに小さくなることがわかった。

6. 謝辞

本研究は、「日本鉄鋼連盟 鋼構造研究・教育助成事業(一般テーマ研究)」により実施したものです。ここに記して謝意を示します。

【参考文献】

- 1)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，（社）鋼材倶楽部，（社）日本橋梁建設協会：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)池内智行：鋼材の塑性履歴構成式の定式化と繰り返し外力を受ける鋼構造物の変形性能の評価への応用に関する研究，大阪大学学位論文，1998 年.
- 3)（社）日本道路協会：道路橋示方書・動解説 V 耐震設計編，2012 年 3 月.
- 4) 藪本篤：スパイラル鋼管を用いた鋼製橋脚の耐震性能に関する研究，平成 21 年 2 月.

表-3 パラメトリック解析モデル諸元

モデル名	鋼種	$\bar{\lambda}$	R_t	N/N_y
P-2-13	SM490	0.2	0.13	0.15
P-3-7		0.3	0.07	
P-3-9		0.3	0.09	
P-3-11		0.3	0.11	
P-3-13		0.3	0.13	
P-4-13		0.4	0.13	

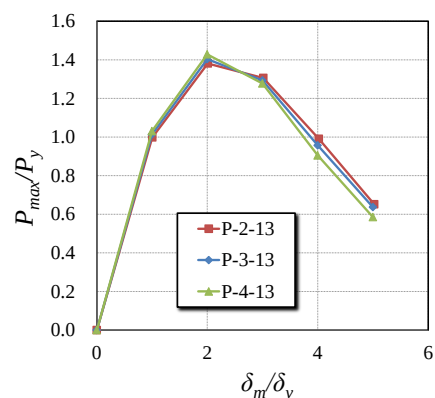


図-3 $\bar{\lambda}$ の影響

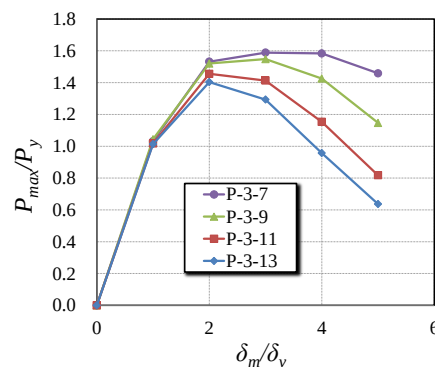


図-4 R_t の影響