

## 径厚比パラメータが比較的大きい円形断面鋼製橋脚の耐力及び変形能の評価法

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○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

道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編り (以下, 「道示 V」という) において, 円形断面鋼製橋脚の耐震性能評価手法が提案されている. しかし, 道示 V で示される耐震性能評価手法の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. しかし, 時間や費用の制約上, 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ことが多い. 解析的検討では, 解析手法の妥当性の検証が必要となる. そこで, 本研究では, 実験結果との比較により解析手法の妥当性を検証し, 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について解析的に検討を行い, 耐力及び変形能の評価法の提案を行った.

### 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<sup>2)</sup>のうち径厚比パラメータが0.08より大きい3つの供試体の実験データを用いた. また, 解析には鋼材の繰り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 CYNAS<sup>3)</sup>を使用した. 対象の鋼製橋脚の1例の諸元を表-1に示す. 鋼材の構成則の定数は既往の研究<sup>4)</sup>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  $\delta_y$  を基準として,  $0 \rightarrow +\delta_y \rightarrow -\delta_y \rightarrow +2\delta_y \rightarrow -2\delta_y \dots$  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の1例を図-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できる. また, その他2つのモデルに関しても, 図-2と同様に解析手法の妥当性が確認できている.

表-1 実験供試体諸元(KC-2\_1)

鋼種	板厚 $t$ (mm)	直径 $D$ (mm)	高さ $h$ (mm)	軸力 $N$ (kN)	降伏応力 $\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	細長比 パラメータ $\bar{\lambda}$	径厚比 パラメータ $R_t$
SM490Y	13	850	3303	2146.2	430.4	0.33	0.11

### 3. パラメトリック解析

道示 V 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 を用い,  $\bar{\lambda} = 0.2, 0.3, 0.4$ ,  $R_t = 0.03, 0.05, 0.07, 0.09, 0.11, 0.13$ , 軸力比  $N/N_y$  は 0.15 で一定として合計 18 体の解

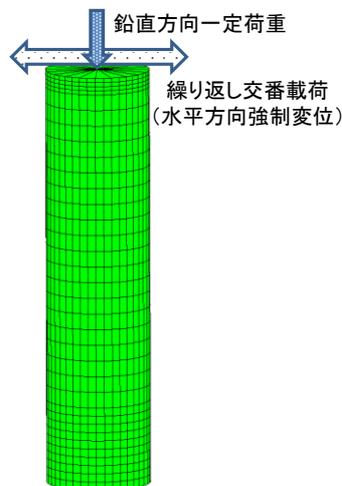


図-1 要素分割図

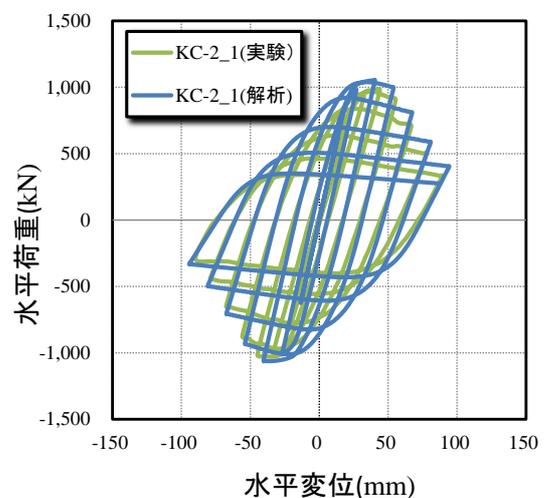


図-2 履歴曲線

キーワード 円形断面鋼製橋脚, 径厚比パラメータ, 耐力及び変形能, 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

析モデルを設定した。鋼材の構成則の定数は既往の研究<sup>5)</sup>のものを用いた。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  $R_t$ の違いが円形断面鋼製橋脚の耐力及び変形能に与える影響について考察した。

4.1 細長比パラメータの影響

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  $P_{max}$ , 最大水平荷重時変位  $\delta_m$ 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  $P_{max}$ , 最大水平荷重時変位  $\delta_m$ ともに小さくなるという傾向がみられた。

5. 耐力及び変形能評価法

5.1 評価式の提案

解析結果を基に,  $P_{max}/P_y$ ,  $\delta_m/\delta_y$ の評価式(1), (2)を提案する。

$$\frac{P_{max}}{P_y} = \frac{1}{2(\bar{\lambda}^{0.05} R_t^{0.3})} + 0.5 \quad \dots(1) \quad \frac{\delta_m}{\delta_y} = \frac{1}{3(\bar{\lambda}^{0.05} R_t^{0.3})^3} - 0.8 \quad \dots(2)$$

適用範囲は  $0.03 \leq R_t \leq 0.13$ ,  $0.2 \leq \bar{\lambda} \leq 0.4$ ,  $N/N_y = 0.15$  である。

5.2 評価式の妥当性検証

提案した評価式と弾塑性有限変位解析で求めた  $P_{max}/P_y$ ,  $\delta_m/\delta_y$ を比較する。式(1)の  $P_{max}/P_y$  評価式及び式(2)の  $\delta_m/\delta_y$  の評価式とパラメトリック解析結果の比較を図-5と図-6に示す。比較のため, 本研究の解析結果(本研究解析と表記)の他に, 既往の研究の解析結果<sup>6)</sup>(既往解析と表記), 実験結果<sup>2)</sup>(既往実験と表記)もあわせて示す。図-5, 図-6より, 今回提案した評価式は妥当であると考えられる。

6. 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。最大水平荷重, 最大水平荷重時変位において細長比パラメータと径厚比パラメータが与える傾向を把握し, その結果を基に評価式を作成した。

【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, 2012年。2)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。3)西村宣男, 小野潔, 池内智行：単調载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-31, pp.27-38, 1995年4月。4)岡田誠司, 小野潔, 谷上裕明, 徳永宗正, 西村宣男：高軸力が作用する矩形断面部材の耐震性能評価に関する研究。土木学会論文集 A, vol.66, No.3, pp.576-595, 2010年。5)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, 大阪大学修士論文, 平成21年。6)後藤芳顕, 江坤生, 小畑誠：2方向繰り返し荷重を受ける薄肉円形断面鋼製橋脚脚柱の履歴特性, 土木学会論文集, No.780, pp.181-198, 2005年1月。

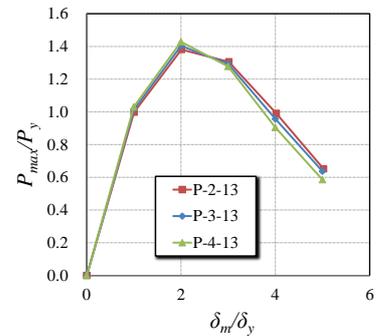


図-3  $\bar{\lambda}$ の影響

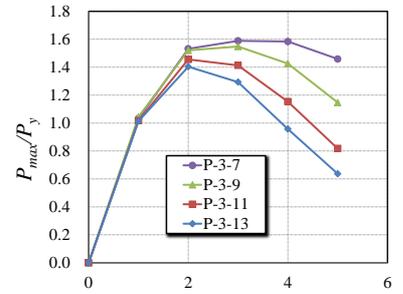


図-4  $R_t$ の影響

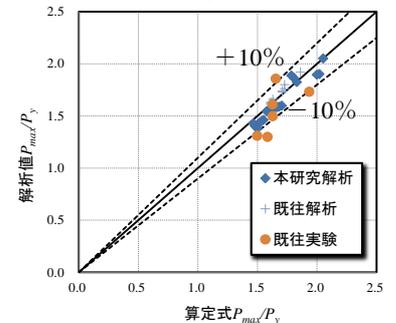


図-5 式(1)の精度

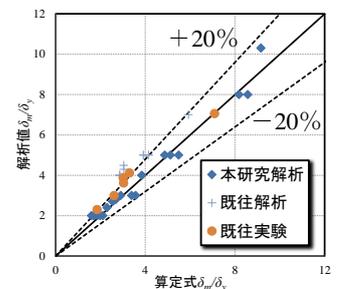


図-6 式(2)の精度