

I-B195

箱形断面を有する鋼製橋脚の変形性能評価法に関する研究

(株)ニュージェック 正会員 内田 諭
阪神高速道路公団 正会員 木代 穰

(株)ニュージェック 正会員 陵城成樹
阪神高速道路公団 正会員 小林 寛
京都大学大学院 フェロー 渡邊英一

1. はじめに 鋼製橋脚の終局状態（最高耐荷力点）における水平荷重と水平変位との関係は、終局圧縮ひずみ ε_u を定義し、鋼材のひずみ硬化を考慮できる簡易解析モデルを用いることにより、精度良く求められることが明らかとなっている¹⁾。そこで、本研究では、鋼製橋脚断面の試設計を行い、簡易解析モデルを用いて、軸力比 σ_c/σ_y をパラメータとしたパラメトリック解析を実施し、鋼製橋脚の終局曲げモーメントと終局曲率の簡易推定法について検討している。

2. 鋼製橋脚の断面設計 鋼製橋脚の断面設計は、表-1 に示す座屈パラメータの制限値を満足するように設計した。ただし、縦補剛材剛比は $\gamma/\gamma^*=3$ に設定している。また、断面の大きさは 50cm~500cm の範囲で 50cm ずつ増大させて外形寸法を設定した。外縁鋼板（フランジ、ウェブ）、および縦補剛材の板厚は同じものとし、縦補剛材の設置間隔は 50cm と固定している。この断面を元に等価断面を算定して解析を実施した。なお、本解析モデルの断面は等価板厚を用いた無補剛断面とし、局部座屈は考慮していない。そして、文献 1) より、鋼材の応力-ひずみ関係はひずみ硬化を考慮したバイ・リニア型とし、ひずみ硬化は $E^*/E=1/200$ とした。また、箱形断面を有する鋼製橋脚の終局圧縮ひずみは $\varepsilon_u=20\varepsilon_y$ としている。表-2 には本解析におけるパラメータを示している。なお、フランジ、ウェブの板幅は同値であり、断面はほぼ正方形断面を形成している。

3. 弾塑性挙動と軸力比との関係 解析結果をとして、図-2 には、終局曲率と軸力比との関係を示し、図-3 には、終局曲げモーメントと軸力比との関係を示している。なお、図中の縦軸の終局曲率、および終局曲げモーメントは、それぞれ軸力比 $\sigma_c/\sigma_y=0$ における降伏曲率 ϕ_{y0} 、ならびに降伏曲げモーメント M_{y0} で無次元化している。

図-2、および図-3 より、終局曲率と軸力比との関係、および終局曲げモーメントと軸力比との関係には、線形関係があり、ほぼ次式の関係満足している。また、断面寸法に関する差異は見られなかった。

$$\phi_u/\phi_{y0} = -27.33(\sigma_c/\sigma_y) + \varepsilon_u/\varepsilon_y \quad \dots(1)$$

$$M_u/M_{y0} = -0.307(\sigma_c/\sigma_y) + 1.231 \quad \dots(2)$$

4. 弾塑性挙動と縁端圧縮ひずみとの関係 図-4 には、曲率変形性能と縁端圧縮ひずみ比との関係を示し、図-5 には、曲げモーメント比と縁端圧縮ひずみ比との関係を示して

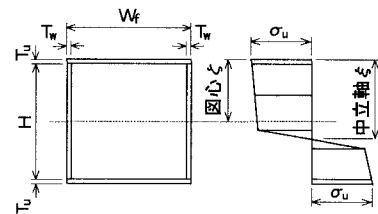


図-1 代表的な応力状態

表-1 座屈パラメータの制限値

板パネルの幅厚比パラメータ: $R_R \leq 0.4$
縦補剛材の幅厚比パラメータ: $R_L \leq 0.5$
縦補剛材剛比 $\gamma/\gamma^* \geq 3$

表-2 パラメトリック解析に用いた諸元

外縁板幅(cm)	50~500
軸力比 σ_c/σ_y	0.00, 0.01, 0.03, 0.05, 0.07, 0.10, 0.15
降伏点(kgf/cm ²)	3,600 (SM490Y)
ヤング係数 E(kgf/cm ²)	2.1×10^6
E^*/E	1/200

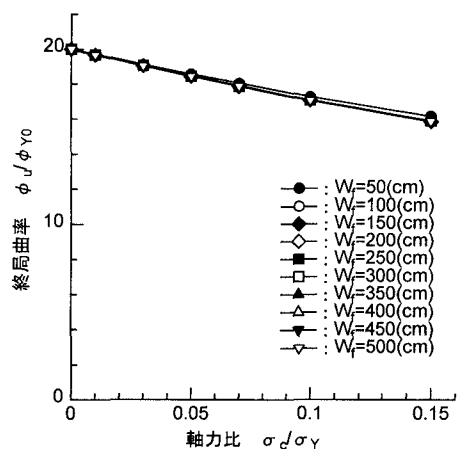


図-2 終局曲率と軸力比との関係

Key Words : 箱形鋼製橋脚、変形性能、ひずみ硬化、弾塑性挙動、断面分割法

〒542-0082 大阪市中央区島之内 1-20-19 Tel.06-6245-4901 Fax.06-6251-2565

いる。ここで、図中の曲率、および曲げモーメントは、それぞれ軸力比 $\sigma_c/\sigma_y=0$ とした場合の降伏曲率 ϕ_{y0} 、ならびに降伏曲げモーメント M_{y0} で無次元化している。これらをそれぞれ、曲率変形性能 ϕ_u^*/ϕ_{y0} 、および曲げモーメント比 M_u^*/M_{y0} と定義する。また、横軸は縁端圧縮ひずみ ε_u^* を鋼材の降伏ひずみ ε_y で無次元化し、これを圧縮ひずみ比 $\varepsilon_u^*/\varepsilon_y$ とする。

図-4 より、曲率変形性能 ϕ_u^*/ϕ_{y0} と圧縮ひずみ比 $\varepsilon_u^*/\varepsilon_y$ との関係には、線形関係がみられ、ほぼ次式を満足している。

$$\phi_u^*/\phi_{y0} = (1 - \sigma_c/\sigma_y) \varepsilon_u^*/\varepsilon_y \quad \dots(3)$$

また、図-5 より、弾性範囲 ($M_u^*/M_{y0} \leq 1.0$) においては、ほぼ線形的に低下しているが、弾塑性領域 ($M_u^*/M_{y0} > 1.0$) においては、曲げモーメント比 M_u^*/M_{y0} は軸力比 σ_c/σ_y の影響をほとんど受けていないことがわかる。これは、本研究において、設定した軸力比の範囲では、軸力による断面内の圧縮応力領域が小さく、断面の抵抗曲げモーメントに与える影響が小さいためと考えられる。

また、圧縮ひずみ比 $\varepsilon_u^*/\varepsilon_y$ と曲げモーメント比 M_u^*/M_{y0} との関係は、次式の関係式を満足している。

$$\left. \begin{aligned} M_u^*/M_{y0} &= (1 - \sigma_c/\sigma_y) \varepsilon_u^*/\varepsilon_y \quad (0 < \varepsilon_u^*/\varepsilon_y \leq 1) \\ M_u^*/M_{y0} &= -0.314 / (\varepsilon_u^*/\varepsilon_y) + 1.214 \quad (1 < \varepsilon_u^*/\varepsilon_y \leq 3) \\ M_u^*/M_{y0} &= 0.00565 \varepsilon_u^*/\varepsilon_y + 1.092 \quad (3 < \varepsilon_u^*/\varepsilon_y) \end{aligned} \right\} (4)_{(a) \sim (c)}$$

5. まとめ 箱形断面鋼製橋脚の終局状態を最高耐力点とした場合、縁端圧縮ひずみ ε_u^* の値を決定することにより、そのときの弾塑性曲率 ϕ_u^* 、および曲げモーメント M_u^* は式(3)～(4)により簡易的に求めることができる。また、文献 2)と同様にして、水平荷重 H と水平変位 δ との関係も解析的に求めることができる。今後の課題としては、①弾塑性有限変位解析との比較検討、②長方形断面や、角 R 付き断面を有する鋼製橋脚の弾塑性挙動に関する検討、③面内ラーメン鋼製橋脚橋脚の弾塑性挙動に関する検討等が挙げられる。

謝辞 本研究は、「鋼製橋脚研究委員会、主査：北田大阪市立大学助教授、(財)阪神高速道路管理技術センター」に関連して行ったものである。ここに委員の方々に深く感謝の意を表するものである。

参考文献 1) 例えば、S.Okashiro, Y.Horie, T.Nishioka, A.Nanjo: Experimental Study on a Seismic Design Method of Steel Bridge Piers, Proceedings of PSSC'98, Vol.1, pp.619 ~624, October, 1998

2) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説:V.耐震設計編, 1996年12月

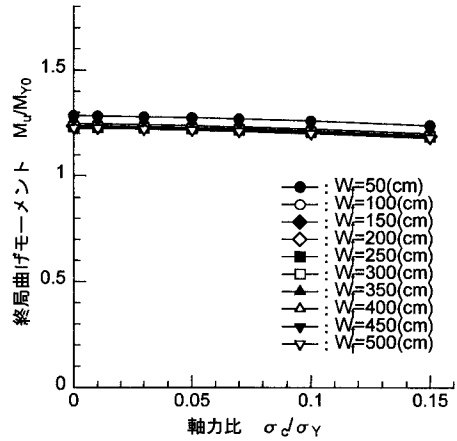


図-3 終局曲げモーメントと軸力比との関係

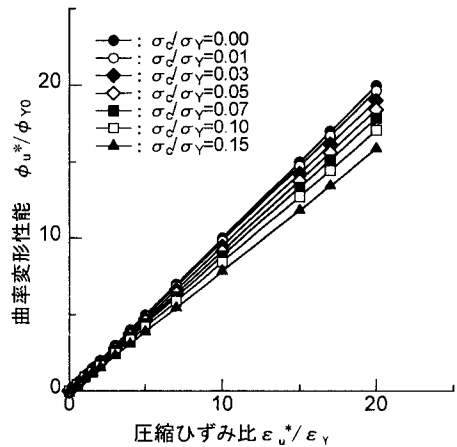


図-4 曲率変形性能と縁端圧縮ひずみ比との関係

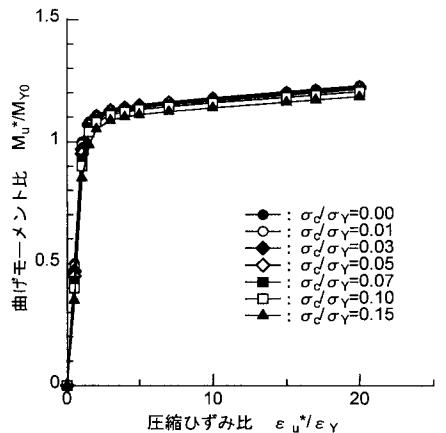


図-5 曲げモーメント比と縁端圧縮ひずみ比との関係