

第 I 部門

高張力鋼を用いた矩形断面鋼製橋脚の耐震性能に関する解析的研究

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○西島 諭 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔
 大阪大学名誉教授 フェロー 西村 宣男 九州工業大学工学部 正会員 山口 栄輝
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬

1. 研究の目的および概説

平成 14 年に改訂された道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編¹⁾では矩形断面および円形断面のコンクリートを充填した鋼製橋脚およびコンクリートを充填しない鋼製橋脚について耐震性能評価手法が具体的に示された。しかし SM570 材については道路橋示方書にその具体的な耐震設計手法が示されておらず、それを確立する必要があると考えられる。

本研究では SM570 材を用いた矩形断面鋼製橋脚の耐震設計手法を確立するため、その耐力および変形性能を解析により評価することを目的とした。そのため本稿では細長比パラメータおよび幅厚比パラメータが耐震性能に与える影響を詳細に検討するためパラメトリック解析を実施した。また補剛矩形断面橋脚に対して過去に提案された算定式²⁾との比較を行った。

2. 解析概要

2.1 解析モデルの設定

今回対象とした解析モデルは、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編の規定 ($0.2 \leq R_F \leq 0.5$, $0.3 \leq R_R \leq 0.5$, $0.2 \leq \lambda \leq 0.4$, $0 \leq N/N_y \leq 0.2$) の範囲内でパラメータを決定することで設定した。なお、断面形状は正方形断面とした。表-1 に解析モデルを示す。ここで R_F は補剛板全体の幅厚比パラメータ, R_R は補剛材間パネルの幅厚比パラメータ, λ は細長比パラメータ, N は圧縮軸力である。なお鋼種は SM570 材である。

2.2 解析条件

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 CYNAS³⁾を用いた。解析モデルを図-1 に示す。橋脚の耐震実験で標準的に行われている方法に基づき、柱頂部の断面中心位置にある節点に軸力と水平方向の強制変位を与えた。強制変位は $0 \rightarrow +\delta_y \rightarrow -\delta_y \rightarrow +2\delta_y \rightarrow -2\delta_y \cdots$ と漸増するように作用させた。ここで δ_y は降伏水平荷重時変位である。要素分割は変形の大きい一番下のダイアフラム間のパネルを細かく分割し、それより上方の要素は解析結果に影響のない程度に分割数を少なくした。ま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。この要素は降伏しないように設定して、実験での载荷装置と高さを表現した。解析に導入した初期不整については、図-2 に残留応力分布、図-3 に初期たわみをそれぞれ示す。

表-1 解析モデル

	R_R	R_F	λ	N/N_y
S13	0.50	0.50	0.20	0.15
S15	0.50	0.30		
S18	0.30	0.30		
S19	0.50	0.50	0.30	
S20	0.50	0.30		
S21	0.30	0.30		
S22	0.50	0.50	0.40	
S23	0.50	0.30		
S24	0.30	0.30		

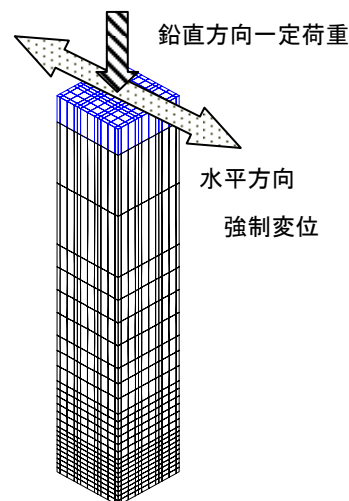


図-1 要素分割図

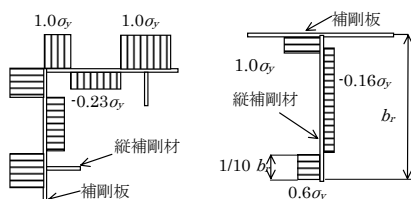


図-2 残留応力分布

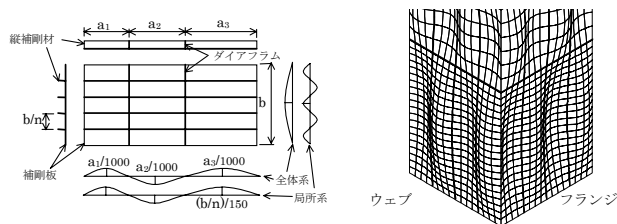


図-3 初期たわみ

3. 解析結果

3.1 細長比パラメータ λ の影響

図-4 に細長比パラメータ λ のみが異なる解析モデル (S13, S15, S18) の包絡線の比較を示す。細長比は S13 で 0.20, S15 で 0.30, S18 で 0.40 である。最大水平荷重 P_{max}/P_y はそれぞれ 1.45, 1.34, 1.31 となっており、その時の変位 δ_m/δ_y は 2.65, 2.30, 2.00 となっている。この結果から細長比パラメータ λ 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得られた。この傾向は幅厚比パラメータの異なる場合も同様である。

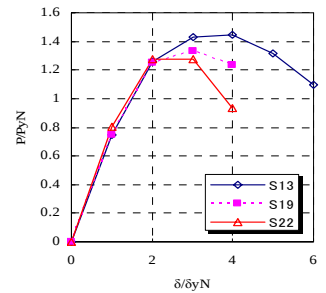


図-4 λ の影響

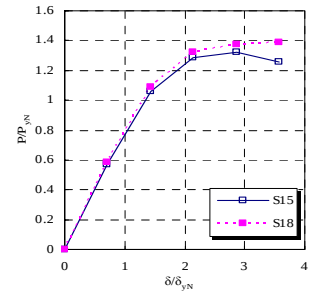


図-5 R_R の影響

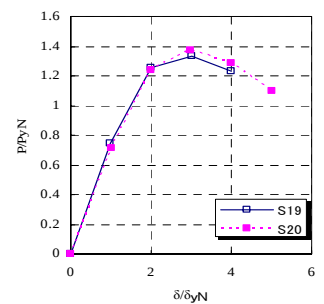


図-6 R_F の影響

3.2 補剛材間パネルの幅厚比パラメータ R_R の影響

図-5 に補剛材間パネルの幅厚比パラメータ R_R のみが異なる解析モデル (S15, S18) の包絡線の比較を示す。 R_R は S15 で 0.50, S18 で 0.30 である。最大水平荷重 P_{max}/P_y はそれぞれ 1.32, 1.39 であり、その時の変位 δ_m/δ_y は 2.79, 3.58 となっている。この結果から R_R が小さいほど耐力および変形性能が向上することが分かった。細長比パラメータの異なる場合の比較においても同様の結果が得られた。

3.3 補剛板全体の幅厚比パラメータ R_F の影響

図-6 に補剛板全体の幅厚比パラメータ R_F のみが異なる解析モデル (S19, S20) の包絡線の比較を示す。 R_F は S19 で 0.50, S20 で 0.30 である。最大水平荷重 P_{max}/P_y はそれぞれ 1.34, 1.37 であり、その時の変位 δ_m/δ_y は 2.30, 2.55 となっている。この結果から R_F が小さいほど最大水平荷重、最大水平荷重時変位ともに大きくなるという傾向が得られた。この傾向は細長比パラメータが異なる場合においても同様である。

4. 既往の算定式との比較

過去に提案された補剛矩形断面橋脚に対する算定式³⁾を式(1), (2)に示す。この式は SS400 材, SM490 材を対象として提案された式である。図-7, 8 に今回の解析結果との比較を示す。最大水平荷重, 最大水平荷重時変位ともに算定式を下回る結果となった。よってこの算定式を用いると SM570 材を用いた矩形断面鋼製橋脚の耐震性能を危険側に評価してしまう可能性がある。

$$\frac{P_{max}}{P_{yM}} = \frac{0.10}{(R_R \lambda \lambda_s')^{0.5}} + 1.06 \quad \dots (1) \quad \frac{\delta_m}{\delta_{yMQ}} = \frac{0.22}{R_R \sqrt{\lambda \lambda_s'}} + 1.20 \quad \dots (2)$$

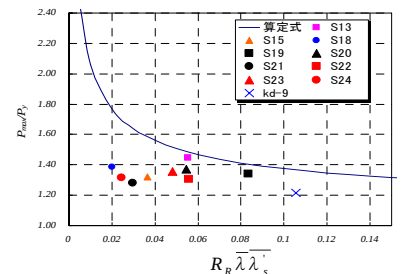


図-7 算定式との比較 (P_{max}/P_y)

5. 結論

細長比パラメータ・幅厚比パラメータの影響を考察し、それらを小さくすることで耐震性能が向上することを確認することが出来た。また、普通鋼を対象に提案された既往の算定式では、SM570 材を用いた矩形断面鋼製橋脚の耐震性能を危険側に評価してしまう可能性があることが分かった。今後、長方形断面についてもパラメトリック解析を実施し、さらに詳細に検討することで、SM570 材を用いた矩形断面鋼製橋脚の耐震性能評価式を提案する予定である。

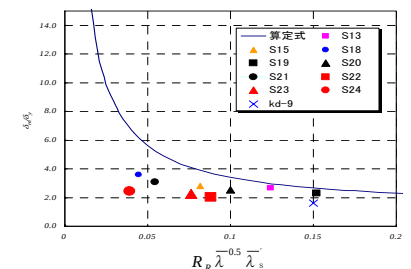


図-8 算定式との比較 (δ_m/δ_y)

【謝辞】本研究における解析は、大阪大学サイバーメディアセンターの大規模計算機システムを利用して行いました。ここに感謝いたします。

【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, 2002 年 3 月。

2) 日本鋼構造協会：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, 2006 年。

3) 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能の評価への応用に関する研究, 大阪大学学位論文, 1998 年。