

テーパー鋼板を有する鋼製橋脚の強度と変形性能に関する研究

愛知工業大学 学生員 塚本 芳正
 愛知工業大学 正会員 青木 徹彦
 愛知工業大学 正会員 鈴木 森晶

1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震以降、単柱式鋼製橋脚の強度と変形性能に関する数多くの研究がなされてきた。しかし、そのほとんどが一定板厚鋼板を用いたものであり、より性能の高い合理的な新しい構造形式の開発がなされたとはいえない。本研究では、橋脚基部にテーパー鋼板を有する鋼製橋脚¹⁾を対象として、弾塑性有限変位解析により強度と変形性能を把握する。なお、解析には汎用有限要素法解析ソフト DIANA を用いる。

2. 解析方法

解析は、単柱式正方形断面鋼製橋脚で橋脚基部にテーパー鋼板を有している橋脚モデルを対象とする。橋脚モデルの諸元を表1、概要図を図1に示す。テーパー鋼板は橋脚下端から900mmの位置まで用い、補剛板幅 b を450~456mm、補剛板板厚 t を6~9mmと変化させる。本研究では、幅厚比パラメータ $R_R=0.41$ と細長比パラメータ $\lambda=0.38$ を一定とし、剛比 γ が最適剛比 γ^* の1.0, 2.0, 3.0倍となる橋脚モデル3体について解析を行う。表1および図1中の橋脚高さ h は、橋脚下端から水平荷重載荷位置までの高さである。また、各モデルにおいて橋脚高さ h の値が異なっているのは、細長比パラメータ λ を一定にするためである。

橋脚モデルのメッシュ分割図を図2に示す。構造の対称性を考慮して2分の1モデルとし、要素は3節点および4節点のシェル要素を用いる。また、降伏条件はVon Misesの降伏条件、硬化則は移動硬化則、応力-ひずみ関係は二次勾配がヤング係数 E の1/100であるバイリニア型の応力-ひずみ関係を用いる。

載荷方法は等変位繰り返し載荷法とし、上部工重量に相当する一定鉛直荷重 P は降伏軸力 P_y の0.2倍とする。解析は、各モデルとも $8\delta_y$ まで行う。

表1 橋脚モデル諸元

モデル名	TP1	TP2	TP3
γ/γ^*	1.0	2.0	3.0
補剛材幅 b_s (mm)	54	70	81
橋脚高さ h (mm)	2500	2475	2450
降伏水平変位 δ_y (mm)	13.0	12.7	12.5
鋼種	SM490Y		
補剛板幅 b (mm)	450~456		
補剛板板厚 t (mm)	6~9		
補剛材板厚 t_s (mm)	6		
幅厚比パラメータ R_R	0.41		
細長比パラメータ λ	0.38		
ヤング係数 E (GPa)	206		
ポアソン比 ν	0.3		
降伏応力 σ_y (MPa)	365		

b と t は橋脚下端から225mmの位置における値を用いて計算した。

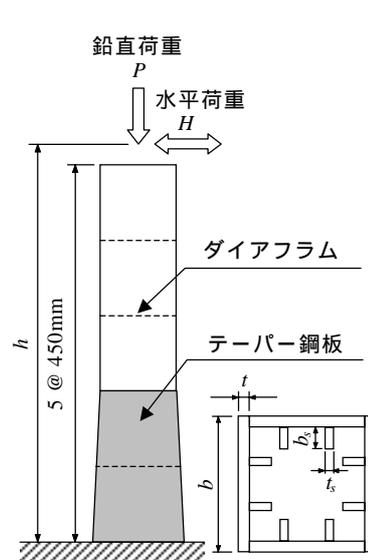


図1 橋脚モデル概要図

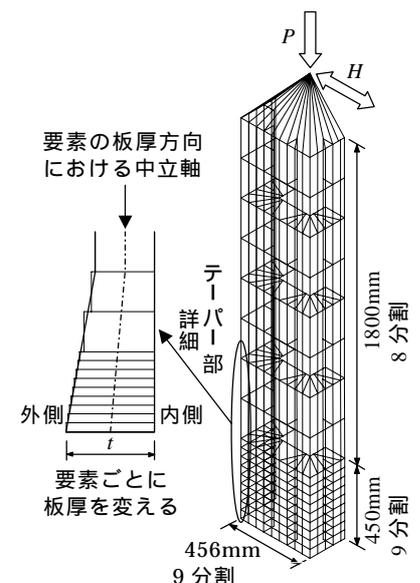


図2 メッシュ分割図

キーワード テーパー鋼板, 弾塑性有限変位解析, 剛比

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 TEL 0565-48-8121 FAX 0565-48-3749

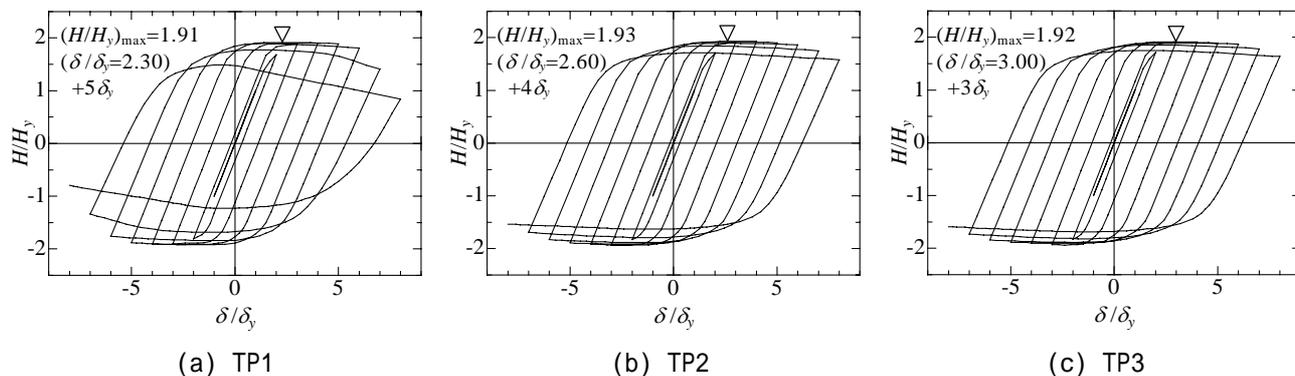


図3 水平荷重 - 水平変位履歴曲線(1)

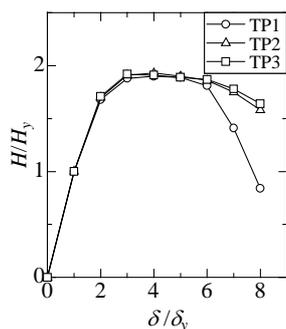


図4 包絡線(1)

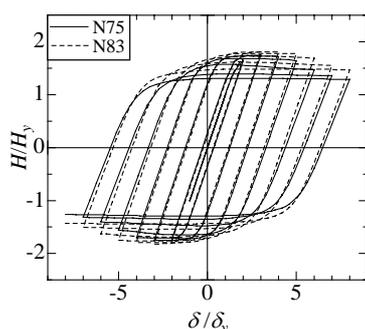


図5 履歴曲線(2)

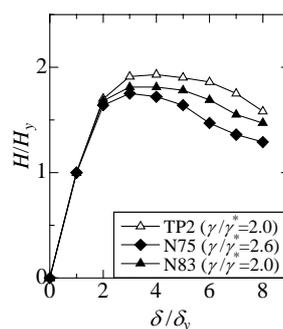


図6 包絡線(2)

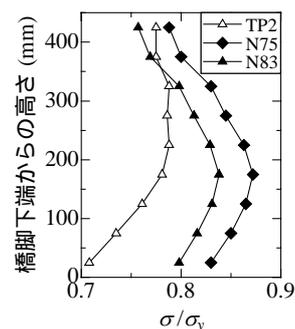


図7 応力分布

3. 解析結果

図3に水平荷重 - 水平変位履歴曲線, 図4にその包絡線を示す. 各モデルの最大荷重, 最大荷重時の変位, および最大荷重時のサイクル数は図3の中に示すとおりである. 図3, 図4より, $6\delta_y$ 付近までは各モデルでほぼ同様な挙動を示し, それ以降, 荷重低下の差が顕著に現れる結果となった. また, TP2とTP3の挙動が $8\delta_y$ までほぼ同様であったことから, 剛比 γ を必要以上に大きくする必要はないと思われる.

さらに, 橋脚下端から900mmまでの板厚をテーパーではなく一定にしたものとTP2を比較した. 板厚は, テーパー部の中央値における板厚($t=7.5\text{mm}$, $\gamma/\gamma^*=2.6$:モデル名N75)と橋脚下端からテーパー部の1/4点における板厚($t=8.25\text{mm}$, $\gamma/\gamma^*=2.0$:モデル名N83)である. 図5に履歴曲線, 図6に包絡線を示す. 図6より, N75, N83とも H/H_y の値がTP2と比べ小さく, テーパー鋼板による強度および変形性能の増大が期待できる結果となった. 図7に $+1\delta_y$ 時における橋脚下端から450mmまでの圧縮フランジの応力分布を示す. 横軸は, 降伏応力 σ_y で無次元化してある. 図7より, N75, N83は橋脚下端から150mm~200mmの位置で頂部をもつ山形の応力分布を示し, 局部座屈の発生しやすい分布であるのに対し, TP2では山形分布は見られない. よって, TP2では座屈前に広範囲で塑性域が広がり, 部材全体の変形性能がもたらされるとと思われる.

4. まとめ

本研究では, テーパー鋼板を有する鋼製橋脚を対象とし, 弾塑性有限変位解析を行った. その結果, 橋脚基部にテーパー鋼板を用いることにより, 橋脚基部付近の応力分布がほぼ均等となることが分かった. そのため塑性域が広がり, 局部座屈の発生を抑制する効果が期待できる. さらに, $\gamma/\gamma^*\geq 2.0$ の橋脚モデルにおいては, $8\delta_y$ 程度の大変形時でも荷重低下が15~20%程度にとどまり, 高い性能を示した. 今後は実験を行うことにより実挙動を把握し, より合理的な剛比, テーパー勾配の確立を目指すことが望まれる.

参考文献

- 1) 森下, 福本, 青木ら: 鋼製ラーメン橋脚の耐震性能実験と工事实績調査, 橋梁と基礎, pp.32-37, 2001.7.