

鋼製パイプ変断面橋脚の耐震設計法の一提案に関する解析的研究

名城大学
名城大学大学院 学生会員
名城大学 フェロー

伊藤 理紗子
○方 星
葛 漢彬

1. 緒言

兵庫県南部地震では、コスト削減や軽量化のために設計された板厚が上部で薄くなっている鋼製パイプ変断面橋脚の変断面部において、板厚が円周方向にはらみ出す提灯座屈と呼ばれる座屈形状が見られた¹⁾。この座屈が生じた原因は、上部工重量に相当する軸圧縮力と地震荷重である水平繰り返し荷重が作用したことによるものと思われる。このような損傷事例を踏まえた結果、1995 年以降は変断面鋼製橋脚の変断面部での座屈によって耐震性能が低下することを危惧し、等断面鋼製橋脚が主に使用されるようになった。しかし、設計条件次第では等断面鋼製橋脚と同等の耐震性能を有する変断面鋼製橋脚の設計が可能であることがわかっており、経済性の向上や基部における負荷の軽減につながる為、変断面鋼製橋脚の有用性を証明する意義は大きいと考えられる。本研究では、既往の研究で行われた構成則にバイリニア型移動硬化則を用いた変断面鋼製橋脚に関する解析的検討²⁾を踏まえ、構成則に鋼材の塑性域での繰り返し特性を精度よく模擬することができる修正二曲面モデル¹⁾を用いることで、信頼性の高い変断面部で座屈しない条件式の提案を行う。

2. 解析概要

本研究の解析対象となる橋脚は、図-1 に示すような、柱頂部に一定の軸圧縮力と水平繰り返し荷重を受けるパイプ断面を有した等断面鋼製橋脚と二段階変断面鋼製橋脚の 2 種類である。橋脚基部における径厚比パラメータ R_{t1} 、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ より一次設計を行い、直径 D 、橋脚の高さ h 等を求めた。基部の径厚比パラメータ R_{t1} を 0.04~0.1、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ を 0.3~0.5 の範囲で変動させ、計 12 ケースのモデルで解析を行った。また、解析には汎用解析プログラム ABAQUS を用いて、構成則には修正二曲面モデルを適用した。メッシュの分割数に関しては、橋脚基部および変断面部から 0.5D の高さまでを 40 分割と細かくし、それ以外を 20 分割と比較的粗くした。このように設定した理由は、既往の研究で橋脚基部、および変断面部から 0.5D までの高さで座屈が生じる可能性が高いとされているからである¹⁾。材料定数を表-1 に示す。

3. 解析結果

径厚比パラメータによる影響を調べるために $\bar{\lambda}=0.3$ の場合の基部で座屈した二段階変断面モデルにおける解析結果を図-2 に示す。解析結果より、径厚比パラメータが大きくなるに従って耐力低下が早まっていく傾向が見られ、耐震性能に影響を及ぼすことがわかった。しかし、細長比パラメータの変動による耐震性能への影響は軽微であった。また、 $R_{t1}=0.04$ 、 $\bar{\lambda}=0.3$ の場合の等断面モデルと基部で座屈した二段階変断面モデルの座屈モードを図-3 に示す。図-3(b)を見ると、基部で座屈した二段階変断面モデルは等断面モデルと同等の耐震性能を有していることがわかった。

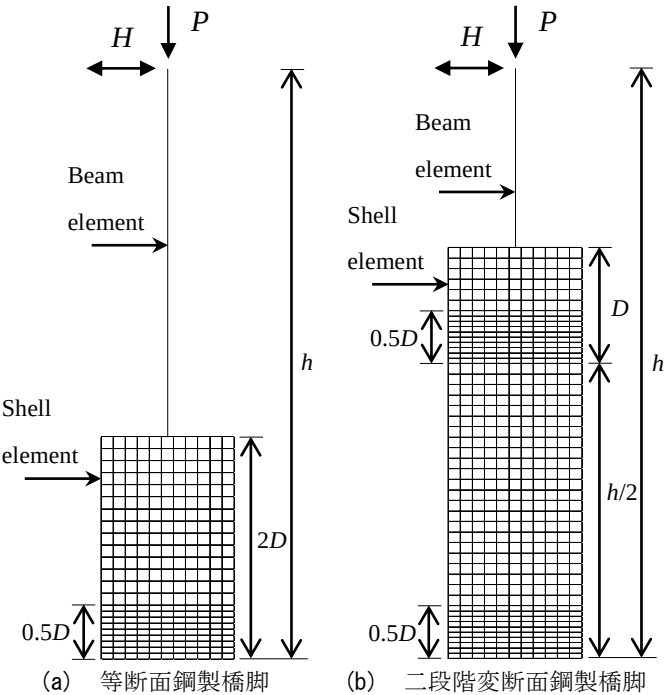


図-1 解析モデル

表-1 材料定数

鋼種	E (GPa)	ν	σ_y (MPa)
SM490	206	0.3	315

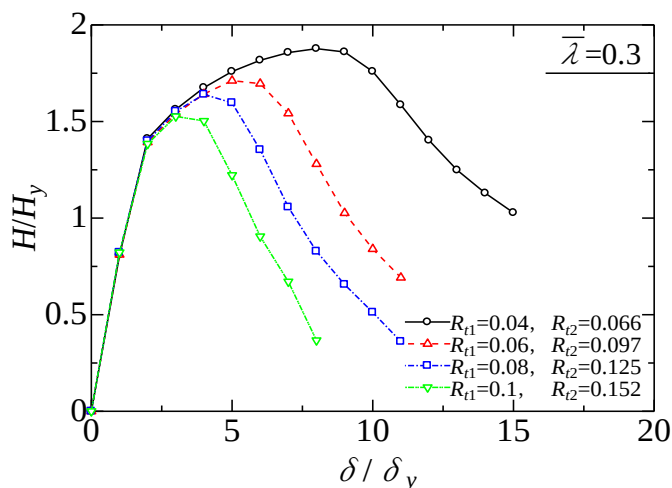


図-2 $\bar{\lambda}=0.3$ の場合の基部で座屈した二段階変断面モデルにおける解析結果の包絡線

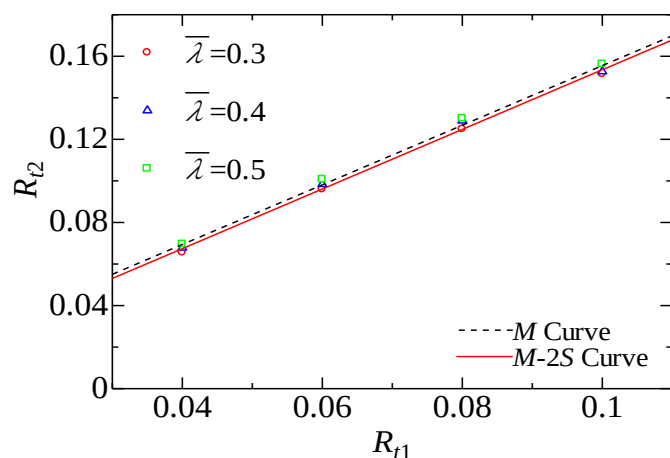


図-4 変断面部で座屈しない二段階変断面モデルにおける $R_{t1}-R_{t2}$ 関係

4. 変断面部で座屈しない条件式

条件式は、解析結果によって得られた二段階変断面モデルが変断面部で座屈しない最小の板厚 t_2 から求める変断面部の径厚比パラメータ $R_{t2,b}$ と基部の径厚比パラメータ R_{t1} との相関式として提案する。変断面部の板厚を増減させた解析結果によって得られた変断面部で座屈しない最小の板厚 t_2 と変断面部の径厚比パラメータ R_{t2} を表-2 に示す。表-2 から求めた条件式を式(1)のように提案し、図-4 に示す。設計する橋脚が M-2S Curve よりも下側であれば基部で座屈すると考えられるので安全、上側であれば変断面部で座屈すると考えられるので危険となる。

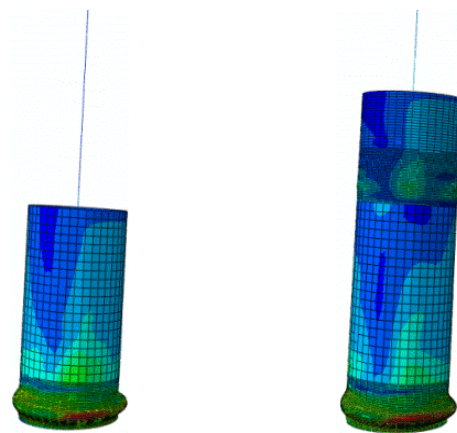
$$R_{t2,b}=1.435R_{t1}+0.012 \quad (S=0.001) \quad (1)$$

5. 結言

本研究で得られた解析結果から、基部で座屈が生じるように変断面鋼製橋脚の設計を行えば等断面鋼製橋脚と同等の耐震性能を有した変断面鋼製橋脚の設計が可能であるといえる。また、本研究で提案した条件式を用いることで、これまで行ってきた解析を必要とすることなく、簡易的に変断面鋼製橋脚の座屈箇所と耐震性能の低下の有無を調べることができる。

参考文献

- 1) 葛漢彬, 高聖彬, 宇佐美勉, 松村寿男: 鋼製パイプ断面橋脚の繰り返し弾塑性挙動に関する数値解析的研究, 土木学会論文集, No.577/I-41, pp.181-190, 1997.
- 2) 岸本直也, 萩野勝哉, 葛漢彬: パイプ変断面鋼製橋脚の強度と変形能に関する解析的研究, 土木学会中部支部平成 23 年度研究発表会講演概要集, I-019, pp.37-38, 2011.3.



(a) 等断面モデル

(b) 基部で座屈した二段階変断面モデル

図-3 $R_{t1}=0.04$, $\bar{\lambda}=0.3$ の場合の各モデルの座屈モード

表-2 解析結果

No.	R_{t1}	$\bar{\lambda}$	t_1 (mm)	二段階変断面鋼製橋脚	
				R_{t2}	t_2 (mm)
Model 1	0.04	0.3	20	0.066	12.2
Model 2	0.06			0.097	12.4
Model 3	0.08			0.125	12.8
Model 4	0.1			0.152	13.2
Model 5	0.04	0.4		0.068	11.8
Model 6	0.06			0.098	12.2
Model 7	0.08			0.129	12.4
Model 8	0.1			0.153	13.1
Model 9	0.04	0.5		0.070	11.5
Model 10	0.06			0.101	11.9
Model 11	0.08			0.130	12.3
Model 12	0.1			0.156	12.8