

繰り返し水平荷重を受ける高張力鋼製円形断面橋脚の変形挙動

九州工業大学大学院 正会員 ○山口栄輝
 九州工業大学大学院 学生会員 松木勇太
 九州工業大学 非会員 中村依利
 九州工業大学大学院 学生会員 定宗幸雄
 東京工業大学大学院 正会員 小野 潔

1. はじめに

兵庫県南部地震では道路橋の鋼製橋脚にも甚大な被害が生じた。それを受けて耐震設計が見直され、兵庫県南部地震級の大地震に対しては、損傷は許容するものの、その程度は限定的な範囲に留める設計法が採用されることになった。そのため、多くの検討がなされており、現在に至っている。しかしながら、現在の道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編の規定ではSM570 以上の高張力鋼を適用するための備えはない。高張力鋼を用いた場合の鋼製橋脚耐震設計法を確立するには、まだ多くの基礎的データが必要とされている。時間や費用の制約上、必要なデータを実験のみで得ようとするのは現実的ではない。一方、コンピュータや構造解析ソフトの飛躍的な進歩により、非線形構造解析も比較的容易に行える環境が整ってきている。これらのことを踏まえ、本研究では、3次元有限要素法による複合非線形解析を行い、高張力鋼を用いた円形断面鋼製橋脚の耐震性を検討する。なお、本解析では、汎用有限要素解析プログラムABAQUS¹⁾を用いる。

2. 解析概要

2.1 解析対象鋼製橋脚

道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編の規定²⁾ ($0.03 \leq R_t \leq 0.08$, $0 \leq P/P_y \leq 0.2$, $0.2 \leq \bar{\lambda} \leq 0.4$) を参考に、表—1 に示す9種類の円形断面橋脚を本研究での解析対象橋脚とする。ここで、 R_t は径厚比パラメータ、 P は圧縮軸力、 P_y は公称降伏圧縮軸力、 $\bar{\lambda}$ は細長比パラメータである。鋼材はSM570 とし、ヤング率は205800N/mm²、ポアソン比は0.3、初期降伏応力はJISに定める規格値とする。応力-ひずみ関係はSM570 の引張試験結果を用い、構成則には三曲面モデル³⁾を用いる。

2.2 解析モデル

本解析で使用する解析モデルを図—1 に示す。下端は固定とし、圧縮軸力が断面内に均等に作用するよう橋脚頂部には剛なダイヤフラムを設けている。橋脚全体をシェル要素でモデル化し、文献4)を参考に、局部座屈の発生が予測される橋脚基部は要素分割を細かくしている。

2.3 载荷条件

橋脚の耐震性実験で標準的に行われている方法に従い、図—1 に示すように、橋脚頂部に一定圧縮軸力 P を作用させ、さらにその点の水平変位 δ が、 $0 \rightarrow +\delta_y \rightarrow -\delta_y \rightarrow +2\delta_y \rightarrow -2\delta_y \rightarrow \dots$ と漸次増加しながら変化するよう強制変位を静的に加える。ここで、 δ_y は初期降伏水平変位である。また、この初期降伏水平変位 δ_y に対応する水平荷重を H_y とする。

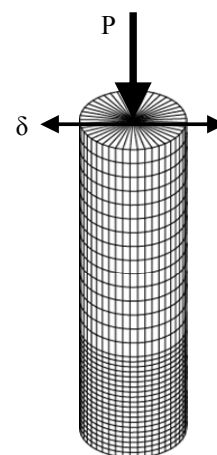
3. 解析結果

3.1 細長比パラメータの影響

P57-2-8, P57-3-8, P57-4-8 の解析結果として、荷重-変位履歴曲線の第一象限における包絡線を図—2 に示す。これらの橋脚では細長比パラメータのみが異なり、P57-2-8 で0.20, P57-3-8 で0.30, P57-4-8
 キーワード：高張力鋼，耐震設計法，有限要素解析

表—1 解析ケース

	R _t	$\bar{\lambda}$	P/P _y
P57-2-3	0.03	0.20	0.15
P57-2-5	0.05		
P57-2-8	0.08		
P57-3-3	0.03	0.30	
P57-3-5	0.05		
P57-3-8	0.08		
P57-4-3	0.03	0.40	
P57-4-5	0.05		
P57-4-8	0.08		



図—1 要素分割

連絡先： 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号 Tel. 093-884-3110 Fax. 093-884-3100

で 0.40 となっている．最大荷重 $H_{\max}/H_y$ に着目すると，P57-2-8，P57-3-8，P57-4-8 で 1.73，1.70，1.64 となっている．すなわち，細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ が大きいほど，最大荷重は小さくなることが分かる．また，最大荷重時変位も小さくなる傾向が見られる．全く同様の傾向は，P57-2-3，P57-3-3，P57-4-3 およびP57-2-5，P57-3-5，P57-4-5 の比較においても見られる．

3.2 径厚比パラメータの影響

P57-4-3，P57-4-5，P57-4-8 の解析結果として，荷重－変位履歴曲線の第一象限における包絡線を図－3 に示す．これらの橋脚では径厚比パラメータのみが異なり，P57-4-3 で 0.03，P57-4-5 で 0.05，P57-4-8 で 0.08 となっている．最大荷重 $H_{\max}/H_y$ に着目すると，P57-4-3，P57-4-5，P57-4-8 で 1.95，1.78，1.64 となっている．すなわち，径厚比パラメータ R_t が大きいほど，最大荷重は小さくなることが分かる．また，最大荷重時変位も小さくなる傾向が見られる．全く同様の傾向は，P57-2-3，P57-2-5，P57-2-8 およびP57-3-3，P57-3-5，P57-3-8 の比較においても見られる．

3.3 現行の算定式との比較

文献5) に，普通鋼で製作された円形断面橋脚を対象とした最大荷重，最大荷重時変位の算定式が与えられている．算定式と本解析結果を合わせてプロットしたものを図－4，図－5 に示す．これらの図より，高張力鋼を用いた場合，算定式のように横軸の値が小さい範囲で $H_{\max}/H_y$ ， δ_m/δ_y の値が急増する傾向は見られない．特に， δ_m/δ_y の解析結果は，横軸の値が小さい範囲で算定式を大きく下回っていることが理解される．

高張力鋼と普通鋼の違いとして，降伏比がある．その影響を検討するために，応力－ひずみ関係にバイリニアモデルを適用し，二次勾配を変化させて解析した．その結果，最大荷重時の変位に影響が認められ，二次勾配が小さいほどこの変位も小さくなる傾向が見られた．これは図－5 に示す普通鋼と高張力鋼の違いと一致している．

4. まとめ

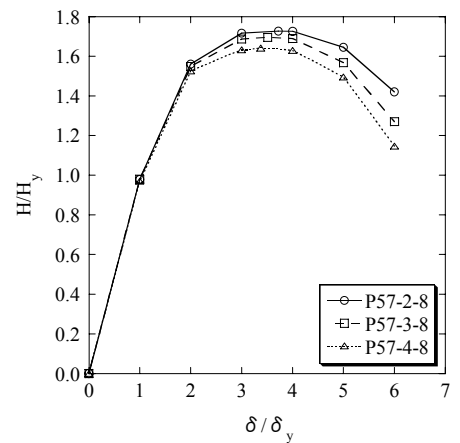
- ・細長比，径厚比を小さくすることで最大水平荷重，最大荷重時変位ともに大きくなり，耐震性能が向上する．
- ・普通鋼の円形断面橋脚の最大荷重，最大荷重時変位の算定式は，高張力鋼の場合には適用できない可能性が高い．

謝辞

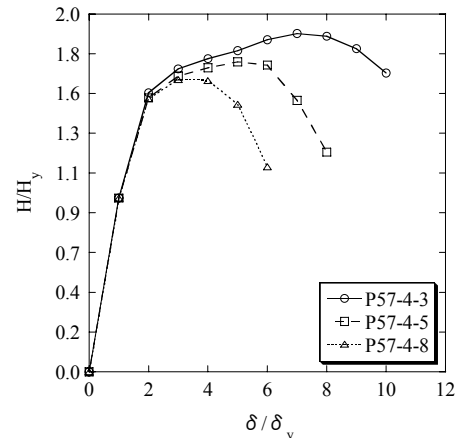
本研究の一部は，日本鉄鋼連盟の2007年度「鋼構造研究・教育助成事業（学生研究助成）」により遂行した．

参考文献

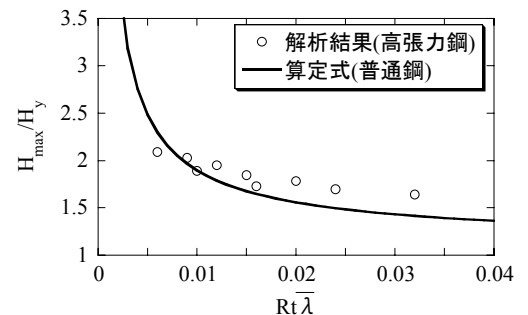
- 1) ABAQUS/Standard User's Manual, Ver.5.8, 1998.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V 耐震設計編，丸善，2002.
- 3) 後藤芳顕他：繰り返し荷重下の鋼製橋脚の有限要素法による解析と材料構成則，土木学会論文集，No.591/I-43，pp.189-206，1998.
- 4) 山口栄輝他：鋼製円形断面橋脚の複合非線形解析における要素分割について，構造工学論文集，Vol.51，pp.1781-1787，2005.
- 5) 宇佐美勉編著：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン，2006.



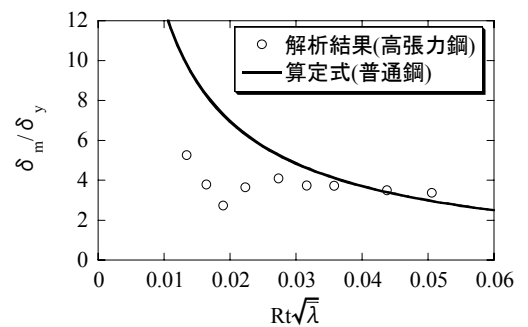
図－2 細長比パラメータの影響



図－3 径厚比パラメータの影響



図－4 算定式との比較 ($H_{\max}/H_y$)



図－5 算定式との比較 (δ_m/δ_y)