

複数回連続強震を受ける円形パイプ断面鋼製橋脚の耐力低下に関する検討

関東学院大学 学生会員 ○須藤 遼
 関東学院大学 正会員 北原 武嗣 関東学院大学 正会員 大谷 友香
 関東学院大学 猪又 渉 関東学院大学 戸倉 健吾

1. はじめに

兵庫県南部地震では、鋼製円柱橋脚の損傷事例が数多くみられた。これらの損傷の多くは上部工重量に相当する軸圧縮力の作用下において、地震の水平繰り返し荷重の過大な作用により発生したためであると考えられている¹⁾。また熊本地震では、震度7が2回、震度6弱以上で7回、震度5強以上では12回もの強震が数日間に観測された。現行の耐震設計基準において、震度7クラスの強震動が複数回連続で発生するような地震外力について考慮されておらず、耐震性能に関して十分な検討がなされていないのが現状である²⁾。

したがって本研究では、既往の研究^{1) 3)}を参考に作成した円形鋼製橋脚を対象として、複数回連続強震を受ける鋼製橋脚の耐荷性状を複合非線形有限要素解析によって把握することを主な目的とする。

2. 解析条件

円形パイプ断面橋脚の座屈パラメータについては文献^{1) 3)}を参考に、径厚比パラメータ(式(1)参照)を $R_t=0.100, 0.075$ 、細長比パラメータ(式(2)参照)を $\bar{\lambda}=0.30$ とした。境界条件は、解析モデルの基部を6自由度拘束し、他の節点は自由とした。解析には汎用有限要素解析ソフトDIANA10.2を使用し、非線形特性として移動硬化型バイリニア型の材料構成則を用いた。解析モデルの構造諸元を表1に、全体図を図1(a)に、断面図を図1(b)に示す。

$$R_t = \sqrt{3(1-\nu^2)} \frac{D}{2t} \frac{\sigma_y}{E} \quad (1)$$

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \frac{2H}{r} \quad (2)$$

ここに、 ν : ポアソン比、 D : 直径、 t : 厚さ、

σ_y : 降伏応力、 E : ヤング率、 π : 円周率、

H : 橋脚高さ、 r : 回転半径。

表1 解析モデル 構造諸元

解析モデル		A	B
橋脚高さ H	mm	2195.5	
直径 D	mm	445.5	
板厚 t	mm	4.205	5.61
径厚比パラメータ R_t		0.100	0.075
細長比パラメータ $\bar{\lambda}$		0.300	

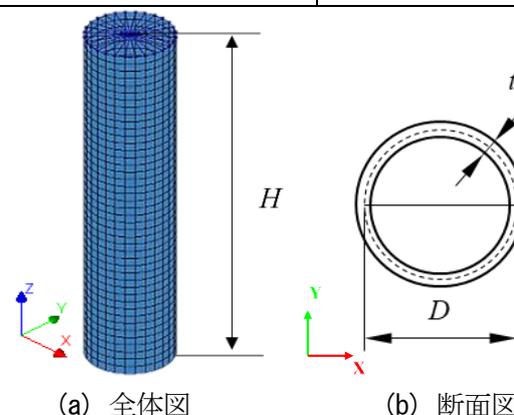


図1 解析モデル例

3. 荷重方法

解析モデル最上面の平面を保持するために、最上面中央から最上面の各節点を剛体要素で繋いだ。最上面中央の節点に対して、上部工の質量相当の軸力をZ軸方向下向きに与え、その後、同じ節点のY軸方向に水平変位として強制変位を与える。強制変位については、局部座屈が生じる程度の最大変位を履歴した後、同程度の入力強度を有する余震が発生するような複数回連続強震を模擬した荷重パターンとした。すなわち、局部座屈が発生するまで正負交番の漸増荷重を与える荷重履歴1サイクルを1回の強震と考え、3サイクル繰り返す解析を行う。また1回の強震において継続時間の長短を考慮するため、各漸増荷重において3周期同じ変位を繰り返す荷重パターン1と2周期繰り返す荷重パターン2を考慮して解析を行った。繰り返し荷重パターン例を図2に示す。

キーワード 鋼製橋脚、円形パイプ断面、複数回連続強震、耐力低下

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学 TEL : 045-786-5809 E-mail : kitahara@kanto-gakuin.ac.jp

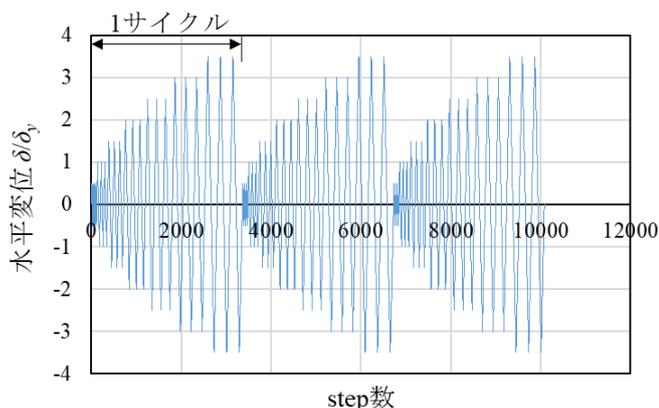


図2 荷重パターン例(モデル A, 荷重パターン 1)

4. 解析結果

各モデルの荷重パターン 1 の解析結果を図 3 に、荷重パターン 2 の解析結果を図 4 に、最大荷重履歴後の耐力低下率を図 5 に示す。

図 5 より、モデル A とモデル B を比較した場合、どちらの荷重パターンにおいても、径厚比パラメータの値が大きいモデル A の方が耐力低下率は大きくなることが確認された。また、荷重パターン 1 と 2 を比較した場合、1 回の強震において繰り返し数の多い荷重パターン 1 の方が耐力低下率は大きくなることが確認された。これらは、それぞれ、径厚比パラメータの大きいモデルは薄肉であるため、また繰り返す回数が多いため、局部座屈の進展がより顕著に生じたからであると考えられる。

加えて、1 サイクル目より 2 サイクル目の耐力低下率が大きくなり、3 サイクル目でも 2 サイクル目とほぼ同程度の耐力低下率となることが確認できた。3 サイクルを超える余震が発生した場合、耐力低下が進展する可能性も残っているといえる。

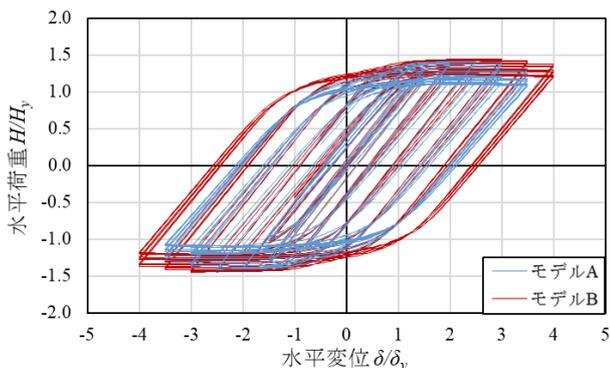


図3 荷重パターン 1 における荷重-変位関係図

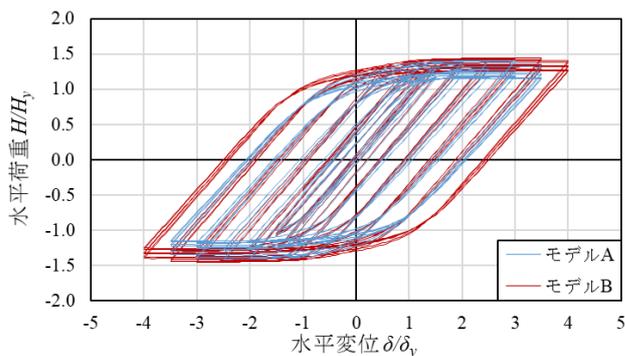


図4 荷重パターン 2 における荷重-変位関係図

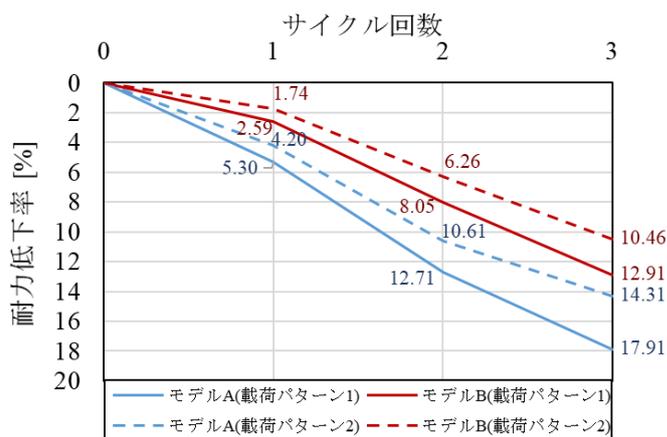


図5 各モデルにおける最大荷重履歴後の耐力低下率

5. まとめ

硬化型バイリニアモデルを用いた有限要素解析を行った結果、複数回連続強震を受ける円形パイプ断面鋼製橋脚の耐荷性状に関して、径厚比パラメータが大きいほど、荷重の繰り返し回数が多いほど、耐力低下に与える影響が大きいことが分かった。

円形パイプ断面橋脚の局部座屈の進行状況や座屈モード形状が耐力低下に与える影響について、より定量的な検討を進めることが課題であると考えている。

参考文献

- 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, pp.181-190, 1997.
- 飯田智仁, 鈴木森晶: 複数回連続で地震を受ける耐震補強された鋼製橋脚の耐震性能に関する解析的研究, 愛知工業大学研究報告, Vol.52, 2017.
- 後藤芳顕, 王慶雲, 高橋宣男, 小畑誠: 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, pp.189-206, 1998.