

複数回連続強震を受ける鋼製橋脚の耐荷性状に関する解析的検討

関東学院大学大学院 学生会員 ○反田 敦也
 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 坂上 輝
 関東学院大学 須藤 遼

1. はじめに

2016年熊本地震では、数日のうちに震度7が2回、震度6弱以上で7回、震度5強以上では12回もの強震が観測された。連続した複数回の強震を構造物が受けると、一旦局部座屈等の軽微な損傷が生じた後、塑性域に及ぶ強度を有した強震を数回履歴することとなり、耐力低下など耐荷性状に影響を与えられられる。

本研究では、連続した複数回強震を受けることを模擬した载荷パターンによる正負交番漸増载荷による複合非線形 FEM 解析により、既設鋼製橋脚の耐荷性状を把握することを目的として検討を行った。

2. 解析概要

2.1 解析モデル

補剛材のない断面形状を有する薄肉箱型断面の鋼製橋脚を対象とし、橋脚全体を曲面シェル要素でモデル化した。座屈パラメータについては、幅厚比パラメータ $R_f=0.6, 0.55, 0.5$ 、細長比パラメータ $\bar{\lambda}=0.35$ とした。表1に各モデル構造諸元を、図1に解析モデル図を示す。境界条件については、解析モデル基部を完全固定とし6自由度拘束している。

材料構成則は硬化型バイリニア型モデルとし、汎用有限要素解析ソフトウェア DIANA 10.1 による複合非線形解析を行った。

表1 解析モデル 構造諸元

解析モデル		A	B	C
橋脚高さ H	mm	681	669	612
フランジ幅 b	mm	184	168	154
ウェブ幅 h	mm	122	112	102
板厚 t	mm	6.5	6.5	6.5
幅厚比パラメータ R_f		0.60	0.55	0.50
細長比パラメータ $\bar{\lambda}$		0.35		

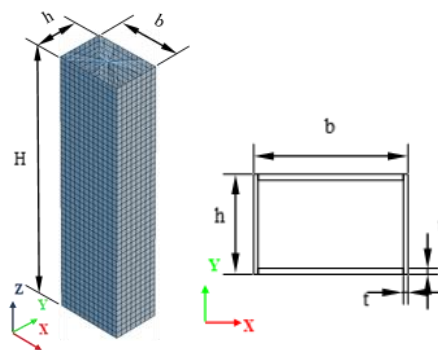


図1 解析モデル

2.2 载荷パターン

初期状態として、上部構造相当の軸力を Z 軸方向に与えるものとする。その後、モデル最上面中央に対し、Y 軸方向に橋脚の水平変位として強制変位を与える。強制変位については、前震で最大耐力（局部座屈が生じる）を履歴し、その後同程度の入力強度を有する本震・余震が発生するような複数回連続強震を模擬した载荷パターンとした。

局部座屈が発生する変位まで正負交番漸増载荷を与える载荷を1回の強震（加振）と考え、これを3回（3度の強震）繰り返すものとした。また1回の強震（加振）において継続時間の長短を考慮するため、各サイクルにて3周期同じ変位を繰り返すパターン1と2周期繰り返すパターン2を考慮した。

3. 解析結果

3.1 荷重—変位関係

図2と図3に解析結果で得られた荷重—変位関係図を、図4に耐力低下率を示す。各サイクルにおいて2周期繰り返しの载荷パターンでは、 $R_f=0.6$ の場合、载荷パターンでは、加振サイクル3回の履歴により16.2%の耐力低下が確認された。同様に、 $R_f=0.55$ では12.2%、 $R_f=0.5$ では8.7%の耐力低下であった。

3周期繰り返し载荷では、 $R_f=0.6$ では17.9%、 $R_f=0.55$

では 14.4%, $R_f=0.5$ のときには 11.2% の耐力低下が確認された。

以上より、各サイクルでの繰返し数が多い载荷パターンほど、また幅厚比パラメータが大きいほど耐力低下率は大きくなるといえる。

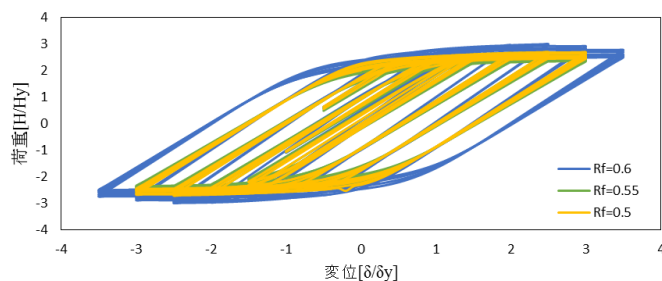


図2 荷重－変位関係図（繰返し2回）

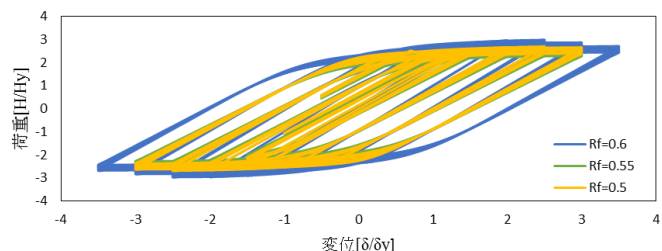


図3 荷重－変位関係図（繰返し3回）

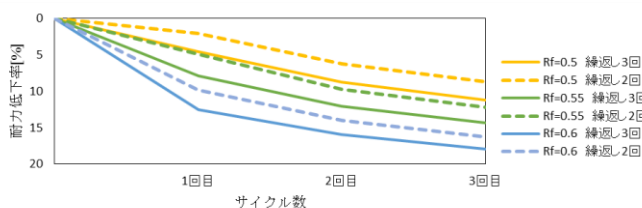


図4 耐力低下率

3.2 累積エネルギー

図5と図6に累積エネルギーの履歴を示す。繰返し2周期および3周期の両者の载荷パターンともに、1回目の加振 $3.0\delta y$ までのサイクルにおける累積エネルギーは各モデルともほぼ同様であるが、その後は $R_f=0.6$ のみ大きなエネルギー吸収となっている。

$R_f=0.55$, 0.5 のモデルでは、2回目、3回目の加振（強震）においても累積エネルギーがほぼ同様の傾向を示している。これは、強制変位としてどちらも最大変位を $3.0\delta y$ まで与えたことが一つの要因であると考えられる。

4. まとめ

硬化型バイリニア型構成則を用いた複合非線形解

析による検討の結果、複数回連続強震を受ける鋼製橋脚の耐荷性状に関して、幅厚比パラメータが大きいほど、また各サイクルにおける繰返し数が多いほど繰返し履歴による耐力低下が大きくなっていくことが確認できた。

今後は、現状の設計基準で使用されることの多い幅厚比パラメータ $R_f=0.5$ 未満の橋脚に関して複数回連続強震による耐荷性状を検討する予定である。

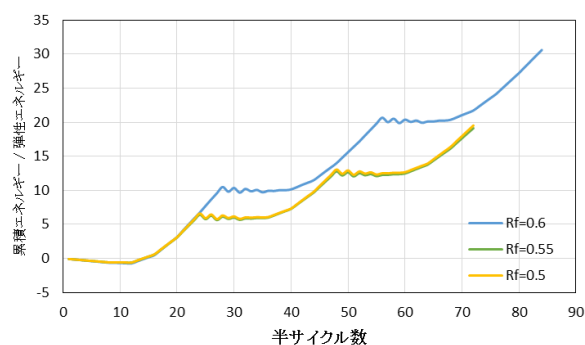


図5 エネルギー吸収量の比較（繰返し2回）

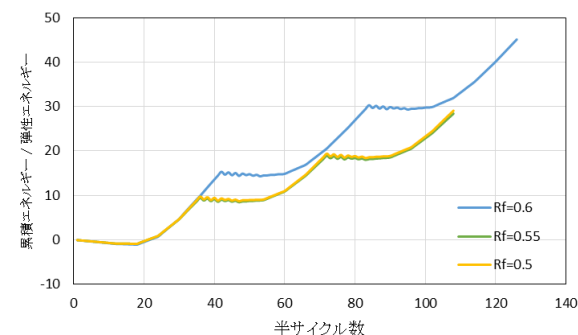


図6 エネルギー吸収量の比較（繰返し3回）

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP17H03297 の補助を受けた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 北原武嗣, 岸祐介, 鈴木拓馬, 山口隆司: 長時間地震動が作用する鋼製橋脚の耐力低下に関する解析的検討, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol.71, No.4, 地震工学論文集, Vol.34, pp.I_807-I_814, 2015.
- 2) 鈴木森晶, 宇佐美勉, 寺田昌弘, 伊藤努, 才塚邦弘: 鋼製箱形断面橋脚の復元力モデルと弾塑性地震応答解析, 土木学会論文集, No.549, I-37, pp191-204, 1996.