

腐食損傷を受けた鋼製橋脚の耐震性能に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○大野 桂樹
名古屋工業大学大学院 正会員 永田 和寿

1. 目的

高度経済成長期に建設された鋼構造物は近年老朽化の時代を迎えている。熊本地震のような大規模な地震に対する耐震安全性の確保が求められる中、構造物の老朽化を考慮した研究はあまり行われていない。よって、本研究では短形断面を有する鋼製橋脚が腐食損傷によって耐震性能にどのような影響があるかを解析で明らかにすることを目的とする。

2. 解析概要

本研究で参考にした橋脚は、図 1 に示すような兵庫県南部地震以前の耐震基準で製作された短形断面を有する T 型橋脚である。

本解析では、汎用構造解析プログラム ABAQUS を使用した。その解析モデルの断面概要図を図 2 に、解析モデルを図 3 に示す。健全な断面を有するモデルを Model-1、角部に腐食を模擬した板厚減少を有するモデルを Model-2 とする。橋脚部は 4 節点のシェル要素で要素分割し、橋脚の天端から上部構造の慣性力の作用位置までの部分は剛体のはり要素を使用した。腐食による断面欠損を模擬した板厚減少部分はすべて角部に与え、板厚は健全部の半分である 15mm とする。橋脚部の下端を完全固定とし、慣性力の作用位置に集中質量を与えた。

解析モデルの材料特性を表 1 に示し、初期降伏変位および降伏荷重を表 2 に示す。固有値解析の結果、固有周期は X 軸方向は 0.541(s)、Y 軸方向は 0.677(s) である。

本解析には兵庫県南部地震時に JR 鷹取駅構内で観測された地震波形を用いた。解析モデルの X 軸方向(橋軸方向)に EW 成分を、Y 軸方向(橋軸直角方向)に NS 成分を入力した。加速度は最初の 15 秒間のみ与え、それ以降は自由振動とした。解析時間は残留変位が十分に評価できる 25 秒間とした。なお、入力加速度を 1.5 倍としたケースも行った。

減衰の設定方法には Rayleigh 減衰を採用した。減衰定数を 0.02 とし、 $\alpha=0.405665$ 、 $\beta=0.000114$ を

入力した。

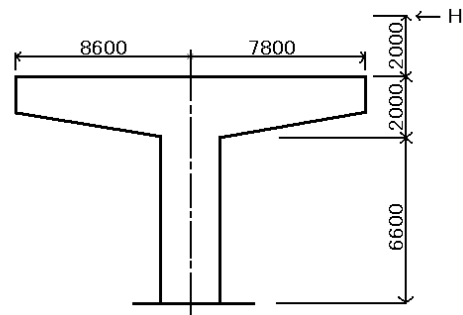


図 1 参考橋脚

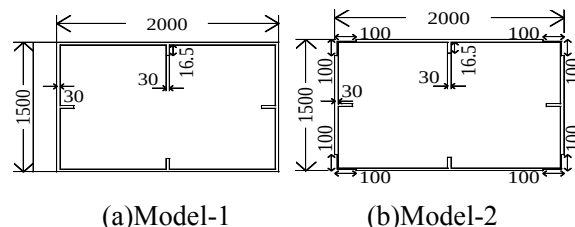


図 2 断面概要図(mm)

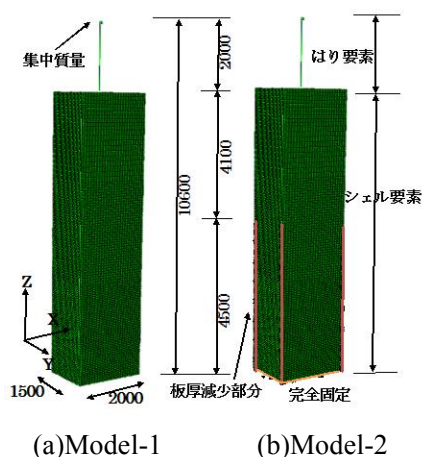


図 3 解析モデル(mm)

表 1 材料特性

ヤング率 $E(\text{N/m}^2)$	降伏応力 $\sigma_y(\text{N/m}^2)$	ポアソン比 ν
2.09×10^{11}	4.03×10^8	0.282

表 2 初期降伏変位および降伏荷重

	初期降伏変位 $\delta_y (\text{m})$	降伏荷重 $H_y (\times 10^3 \text{ kN})$
X 軸方向	0.068	4.75
Y 軸方向	0.092	4.07

3. 結果および考察

地震動 1.0 倍の場合、Model-1、Model-2 とともにほぼ弾性域内での挙動を示した。地震動 1.5 倍の場合は変化が顕著表れたため、時刻歴応答変位曲線と水平荷重-水平変位曲線に分けて考察をした。

3.1 時刻歴応答変位曲線の比較

1.5 倍地震動を与えた際の時刻歴応答変位曲線の Model-1 と Model-2 の比較を、X 軸方向を図 4、Y 軸方向を図 5 に示す。まず、X 軸方向の応答変位は 2 つのモデル間であまり差が見られないが、Y 軸方向に関しては最大応答変位の値が約 1.83 倍異なる。X 軸方向は強軸、Y 軸方向は弱軸なので、その差が応答変位に表れたと考えられる。また、残留変位についても Y 軸方向の差が約 7.64 倍と大きく異なっている。緊急車両等を通すなどといった災害復興を安全に遂行できる基準として、残留変位を橋脚高さ h に対して $h/100$ におさえることが定められているが、Model-2 の残留変位は 51.6(cm) で $h/100=10.6(\text{cm})$ を大きく超えている。このことから腐食によって地震後の使用性や復旧作業等に悪影響が出ることが分かる。

3.2 水平荷重-水平変位曲線の比較

1.5 倍地震動を与えた際の Y 軸方向の水平荷重-水平変位曲線の Model-1 と Model-2 の比較図で地震動 1.0 倍を入力したものを図 6 に、地震動 1.5 倍を入力したものを図 7 に示す。2 つの図を見比べると、地震動 1.5 倍の方が地震動 1.0 倍のものより Model-2 の耐荷力の低下が著しいことが分かる。このことより、腐食損傷を受けていると地震動の変化による影響も大きいと分かる。また、腐食を有していない健全なモデルにおいても、1.5 倍地震動を受けると耐震性能に大きく影響がでてくることがわかる。

4. まとめ

旧耐震基準に基づいて設計された構造物が腐食損傷を受けると耐震性能が低下することが分かった。本研究では特定の腐食率、特定の地震動に対して得られた知見であるため、他のケースでも解析および検証を行い、さらに詳細な耐震性能の評価をしていくことが必要である。

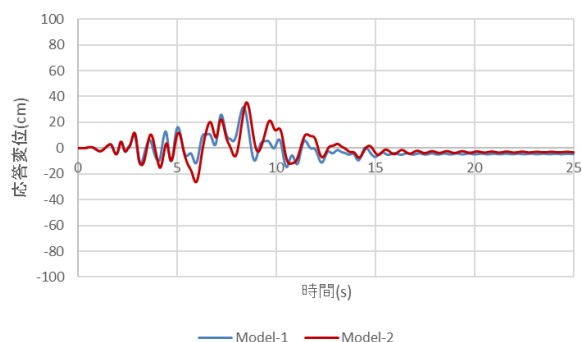


図 4 時刻歴応答変位曲線
(X 軸方向, 1.5 倍地震動)

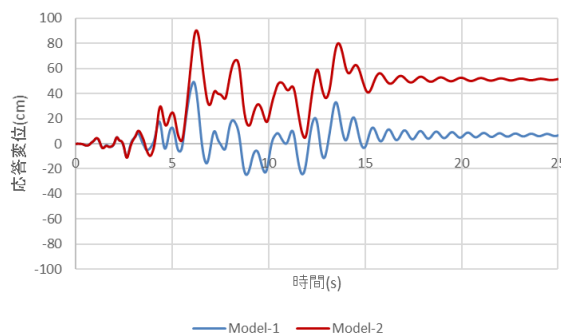


図 5 時刻歴応答変位曲線
(Y 軸方向, 1.5 倍地震動)

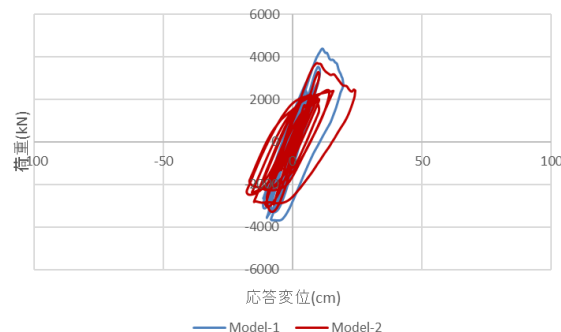


図 6 水平荷重-水平変位曲線
(Y 軸方向, 1.0 倍地震動)

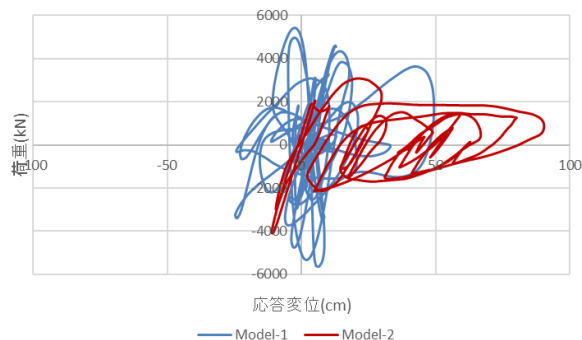


図 7 水平荷重-水平変位曲線
(Y 軸方向, 1.5 倍地震動)