

腐食した鋼製橋脚の地震時挙動に関する研究

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○大野 桂樹
 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征

名古屋工業大学大学院 正会員 永田 和寿
 関東学院大学 正会員 北原 武嗣

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。そこで、本研究では矩形断面を有する鋼製橋脚が腐食損傷によって地震時挙動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した。

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設計された矩形断面を有する鋼製 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。解析モデルを図-2 に示す。局部座屈を精度よく表現できるように、ダイヤフラムで区切られたパネルのうち、基部から 1 枚分を 4 節点のシェル要素(S4R)で要素分割し、残りは解析の合理化のため、はり要素(B31)でモデル化した。橋脚の下端を完全固定とし、慣性力の作用位置に集中質量 MASS を使用した。

解析ケースとして、健全なモデル、および腐食損傷を、板厚を減少させることによって再現し、すべての角部から幅方向に 30(mm)を腐食させたモデルを作成し、それらの板厚方向への腐食率を 25%、50%と変化させた。腐食箇所を図-3 に示す。また、解析モデルの材料特性を表-1 に示す。

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。今回は断面二次モーメントの値が小さい弱軸にあたり、座屈が生じやすい Y 軸方向(橋軸直角方向)に地震波形の NS 成分を入力した。図-4 に入力した地震波形を示す。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、解析時間は 25 秒間とした。なお、入力加速度を 1.5 倍としたケースについても解析を行った。

減衰の設定方法には Rayleigh 減衰を採用した。減衰定数を 3%とし、減衰係数を固有振動解析の結果から $\alpha = 0.575811$, $\beta = 0.000205$ を算出し、これらの値を解析で使用した。

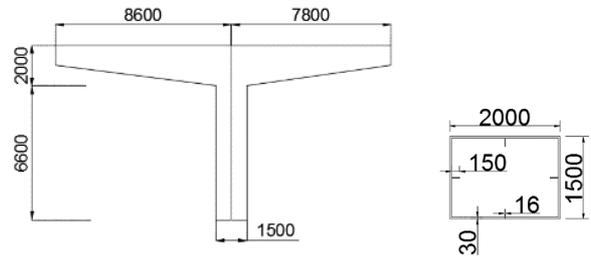


図-1 参考橋脚と断面図(単位：mm)

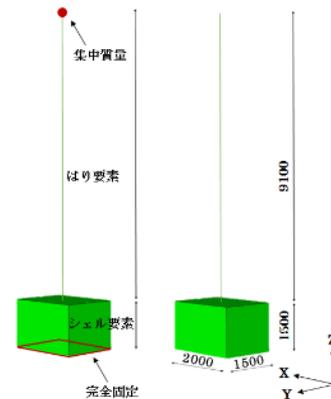


図-2 解析モデル(単位：mm)

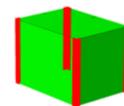


図-3 腐食箇所

表-1 材料特性

ヤング率 E(N/m ²)	降伏応力 σ_y (N/m ²)	ポアソン比 ν
2.0×10^{11}	3.25×10^8	0.3

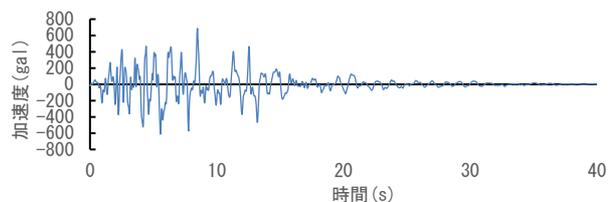


図-4 入力地震動

キーワード 腐食損傷, 矩形鋼製橋脚, 地震時挙動

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-5482

3. 結果および考察

(1) 固有振動解析

健全なモデルと腐食損傷を有するモデルを比べると、固有振動モードや周期に関して大きな変化がないことを確認した。

(2) 地震応答解析

腐食率の大きさや腐食箇所の違いによる最大応答変位を迎えるタイミングや全体での挙動の差は見られなかったが、**図-5**より健全なモデルを用いた解析ケースにおいて地震波形の大きさが1.5倍になると、1.0倍の場合と比べ最大応答変位の値が平均2.43倍と急激に大きくなるのがわかる。

図-6、**図-7**に加速度1.0倍、1.5倍のそれぞれを入力した際の腐食率の変化による水平荷重-水平変位曲線での比較図を示す。腐食率が上がるほど最大応答変位は増加し、最大荷重は減少する傾向となることが確認できた。また、加速度1.5倍を入力した場合は、加速度1.0倍を入力した場合に比べ、健全なケースと比べた際の最大荷重や最大応答変位の腐食による変化量が大きくなるのが確認できた。

(3) 座屈形状評価

加速度1.0倍、加速度1.5倍それぞれを入力した際の健全および角部の腐食率が50%における最大応答変位時における変形および応力分布を示すコンター図とレンジを、それぞれ**図-8**、**図-9**に示す。健全なケースと角部が腐食しているケースを比べると、加速度1.0倍を入力した場合には、わずかに座屈しているものの、腐食率が変化しても、角部の座屈形状に大きな変化はなかった。しかし、加速度1.5倍を入力した場合には、腐食率が増すごとに角部の局部座屈の変形量が大きくなっているのがわかる。

4. まとめ

角部の腐食の程度による地震応答性状や座屈形状の違いが確認できた。ただし、今回の研究ではあくまで1方向のみを考えているが、実際の地震動は多方向であるため、実際の地震ではより大きな変形が生じる可能性がある。そこで、今後の方針として、水平2方向の地震応答解析を行う予定である。また、本研究では特定の腐食率、腐食箇所、特定の地震動に対して得られた知見であるため、各種パラメータを変化させたパラメトリック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。

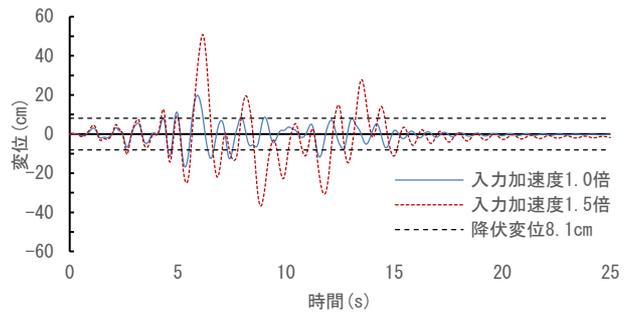


図-5 地震波形の大きさによる比較(健全なケース)

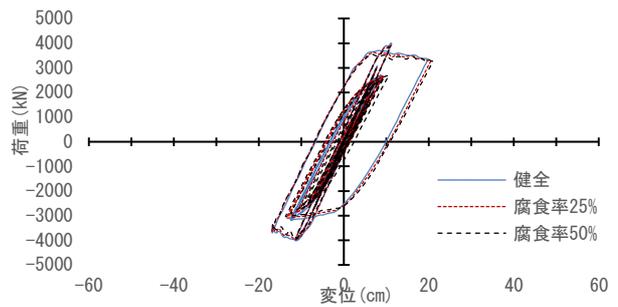


図-6 健全と角部腐食の比較(加速度 1.0 倍)

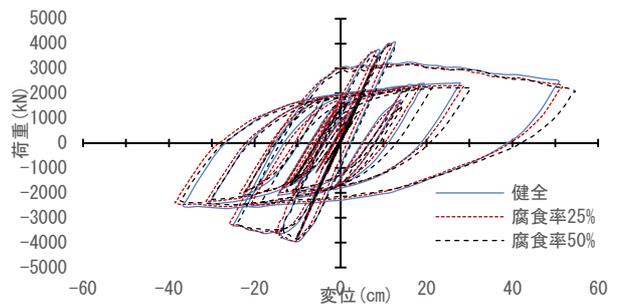
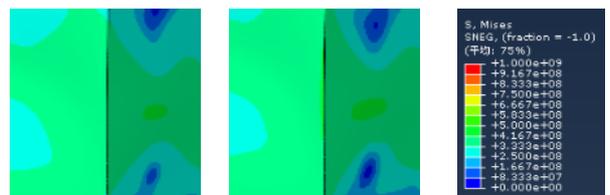
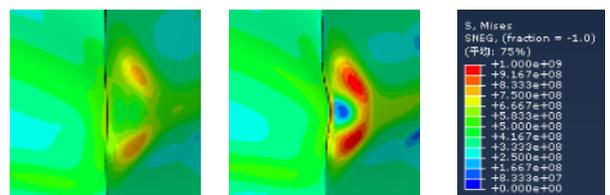


図-7 健全と角部腐食の比較(加速度 1.5 倍)



(a)健全 (b)腐食率 50%

図-8 (a)健全および(b)腐食率 50%での変形形状 (加速度 1.0 倍)



(a)健全 (b)腐食率 50%

図-9 (a)健全および(b)腐食率 50%での変形形状 (加速度 1.5 倍)