

腐食損傷を受けた鋼製橋脚の耐震性能に関する研究

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○横井 勝旭
 名古屋工業大学大学院 学生会員 野村 直之
 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
 名古屋工業大学大学院 学生会員 大竹 輝
 関東学院大学 正会員 北原 武嗣

1. 序論

日本の鋼構造物は、高度経済成長期に建設されたものが多く、その大半が老朽化を迎えている。維持管理の上でこれらの挙動を把握する必要がある。これまでの繰り返し荷重を用いた鋼製橋脚の耐震性能を評価する研究では、同時に老朽化の影響を考慮した研究はあまりされていない。したがって本研究では、老朽化の一例である腐食による影響に着目した。矩形断面を有する鋼製橋脚を対象とし、腐食損傷による耐荷性能および耐震性能への影響を、解析により明らかにすることを研究目的とした。

2. 参考橋脚

本研究で参考とした橋脚は、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矩形断面を有するT型鋼製橋脚である。

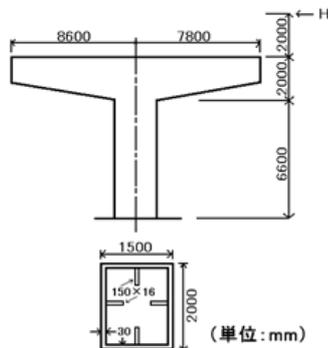


図1 参考橋脚

3. 地震応答解析

3.1 解析モデル

本解析では、汎用構造解析プログラム ABAQUS を使用した。その解析モデルの概略図を図2に、解析モデル断面図を図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。橋脚部はシェル要素で要素分割し、剛体のはり要素を使用してその上端に集中質量を配置した。解析モデルの材料特性を表1に示す。本解析においては、幅厚比パラメータと縦補剛材の剛比を変化させることで耐荷性能を向上させたモデルとの比較も行った。参考橋脚を対象として作成した解析ケースを Case-1、耐荷性能

を向上させたケースを Case-2 とする。具体的には、幅厚比パラメータの値が 0.5 以下となるよう板厚を 3.0mm から 5.0mm に変更し、縦補剛材の剛比が 3.0 より大きい値となるようリブの長さを 13.2mm から 32.0mm に変更した。Case-1 と Case-2 にはそれぞれ健全なモデル (Model-1) と腐食を有するモデル (Model-2) がある。

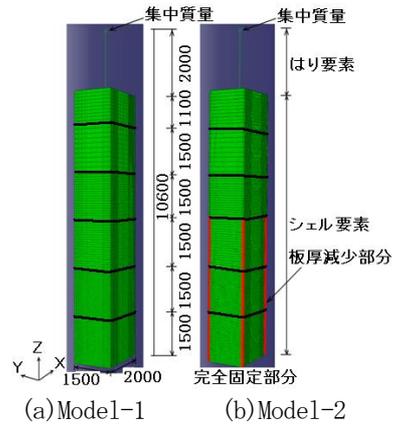


図2 解析モデル概略図(単位:mm)

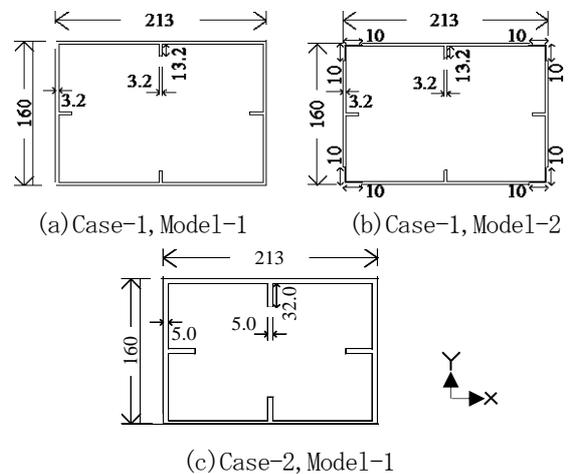


図3 解析モデル断面図(単位:mm)

表1 材料特性

ヤング率 E (N/mm ²)	降伏応力 σ_y (N/mm ²)	ポアソン比 ν
2.09×10^5	403	0.282

キーワード 腐食損傷, 矩形鋼製橋脚, 水平2方向

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

3.2 入力地震波

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(以下 JRT)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 10 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。

3.3 時刻歴応答変位曲線・水平荷重-水平変位曲線

Case-1 における時刻歴応答変位曲線(1.0 倍加速度)を図 4 に示し, 同ケース(1.5 倍加速度)を図 5 に示す。Case-2 における時刻歴応答変位曲線(1.0 倍加速度)を図 6 に示し, 同ケース(1.5 倍加速度)を図 7 に示す。Y 軸方向では, Model-2 の最大応答変位は Model-1 に対して約 1.7 倍であり, 残留変位も大きい値を示した。図 7 の Y 軸方向では, Model-2 において大きな残留変位が生じる状態には至っていない。

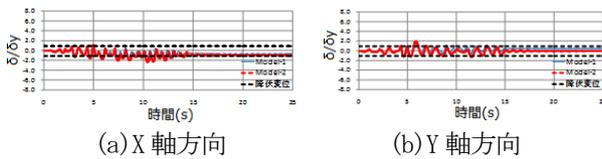


図 4 時刻歴応答変位曲線(Case-1, 1.0 倍加速度)

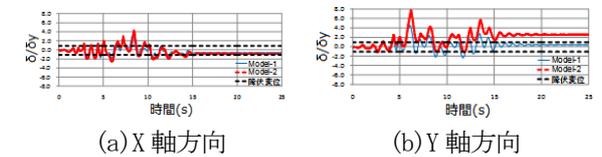


図 5 時刻歴応答変位曲線(Case-1, 1.5 倍加速度)



図 6 時刻歴応答変位曲線(Case-2, 1.0 倍加速度)

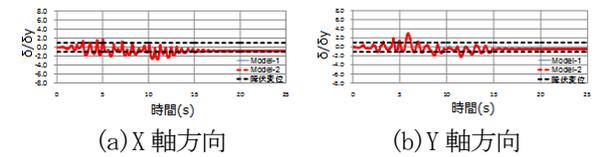


図 7 時刻歴応答変位曲線(Case-2, 1.5 倍加速度)

3.4 残留変位の評価

Case-1 と Case-2 における最大塑性率と残留変位の関係をそれぞれ図 8 と図 9 に示す。図中には道路橋示方書 V・耐震設計編における設計残留変位を算出するための式もあわせて示す。

道示における耐震性能 2(地震による損傷を限定された

範囲に留め, 橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能)を評価する指標のひとつである許容残留変位 $h/100=10.6\text{cm}$ (h : 橋脚下端から上部構造の慣性力の作用位置までの高さ)は, 1 ケースの Y 軸方向(Case-1, Model-2, 1.5 倍加速度)を除いて下回った。このことから, 比較的大きな加速度の地震動が作用した場合, 健全な橋脚と腐食を有する橋脚を比較すると, 後者のほうがより橋脚の使用性および機能回復性に悪影響を及ぼすと考えられる。

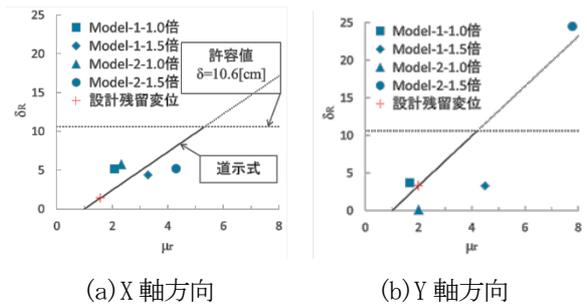


図 8 最大応答塑性率と残留変位の関係(Case-1)

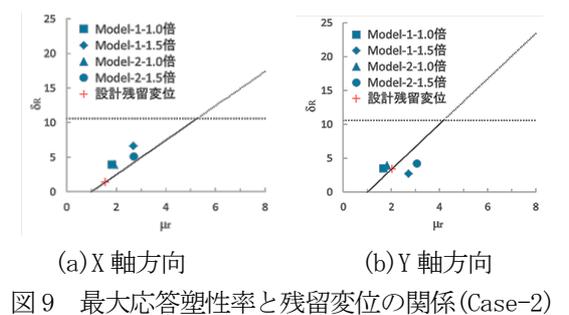


図 9 最大応答塑性率と残留変位の関係(Case-2)

4. まとめ

参考橋脚を対象として作成したモデルと幅厚比パラメータと縦補剛材の剛比を変化させることで, 耐震性能を向上させたモデルにおいて, 腐食が耐震性能に与える影響を評価した。さらに入力加速度の大きさの違いによる耐震性能の評価もあわせて実施した。得られた知見を以下に述べる。

a) 地震時挙動の評価

参考橋脚を対象としたモデルでは, 1.5 倍の加速度を作用させた場合, 腐食を有するモデルは健全なモデルに比べて最大応答変位は約 1.7 倍, 許容値 ($\delta=12.66\text{cm}$) に対しては約 5.6 倍となった。剛性も段階的に複雑に変化しており, 耐震性能の著しい低下を確認した。

b) 残留変位の評価

参考橋脚を対象としたモデルでは, 1.5 倍の加速度を作用させた場合, 腐食を有するモデルにおいて許容値 ($\delta=10.6\text{cm}$) の約 2.3 倍もの残留変位が生じた。これより, 腐食を有する橋脚に対して比較的大きな地震動が作用した場合, その橋脚の機能回復性が損なわれると考えられる。