

腐食により基部が減肉し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 ○六谷 拓真
名古屋工業大学大学院 学生会員 澤田 慎太郎

名古屋工業大学大学院 正会員 永田 和寿
京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征

1. はじめに

高度経済成長期に建設された鋼構造物は、建設から 50 年以上が経過し、老朽化の時代を迎えている。しかし老朽化した鋼構造物が地震発生時にどのような挙動を示すかは明らかになっていない。

そこで本研究では、老朽化の一因である腐食に着目した。矩形断面を有する鋼製橋脚を対象とし、腐食損傷が構造物の耐震性能に与える影響を、解析により明らかにすることを研究目的とした。

2. 解析概要

本研究で対象にした橋脚を図-1 に示す。対象橋脚は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 T 型橋脚である。橋脚の各種数値を表-1 に示す。幅厚比パラメータ R_R や幅厚比パラメータ R_F 、縦補剛材比 γ/γ^* は現行の基準を満たしておらず、腐食損傷が生じていなくとも、耐震性能が低いといえる。

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。ダイヤフラムで区切られた板パネルのうち、基部から 1500mm (1 パネル分) を、4 接点のシェル要素 (S4R) で要素分割し、残りの部分ははり要素 (B31) を使用した。橋脚の下端を完全固定し、慣性力の作用位置に上部構造を考慮した集中質量 $4.82 \times 10^5 \text{kg}$ を与えた。

解析で用いた鋼材の材料特性を表-2 に示す。鋼材の応力-ひずみ曲線にはバイリニアモデルを採用し、二次勾配は $E/100$ とした。また鋼材の硬化則には移動硬化則を使用した。

腐食損傷の設定においては、橋脚基部からの腐食高さを 30mm で統一し、腐食率を 0%、25%、50% と変化させた。

地震波形には平成 7 年兵庫県南部地震時に JR 鷹取駅構内で観測されたものを使用した。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。地震動の特性とし

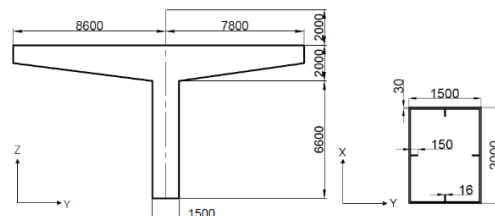


図-1 対象橋脚と対象橋脚断面図 (mm)

表-1 各種数値

	X 軸方向	Y 軸方向
初期降伏変位 δ_y (cm)	6.58	8.59
降伏荷重 H_y (kN)	3.89×10^2	3.34×10^2
幅厚比パラメータ R_R	0.511	0.685
幅厚比パラメータ R_F	0.584	0.688
縦補剛材の剛比 γ/γ^*	0.697	0.988

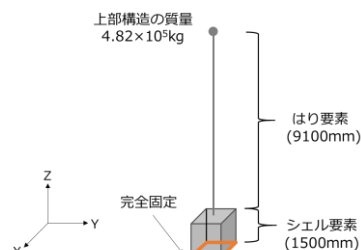


図-2 解析モデル

表-2 材料特性

ヤング率 E (GPa)	降伏応力 σ_y (MPa)	ポアソン比 ν
200	325	0.3

て、最大加速度が EW 成分で 672.64gal、NS 成分で 686.83gal であった。近年 2000gal を越える地震動が発生していることから、地震動の入力加速度は 1 倍、1.5 倍、2 倍とした。加速度は最初の 15 秒間のみを与え、その後 10 秒間は自由振動とした。

動的解析にはニューマークの β 法を用い、減衰は Rayleigh 減衰を採用した。

解析手法としては、はじめに固有振動解析を行い、腐食減肉が振動特性に与える影響を確認した。その後、地震動解析を行い、腐食減肉が地震応答性状に

与える影響について考察を行った。

3. 解析結果およびその考察

3.1 振動特性

固有周期は腐食率が増加するにつれて増加したが、わずかであった。また振動モードにも大きな変化は見られなかった。したがって本研究の解析ケースでは、腐食が振動特性に及ぼす影響は小さいと考えられる。

3.2 時刻歴応答変位曲線

地震動の加速度 1 倍のケースの Y 軸方向の時刻歴応答変位曲線を図-3 に示す。最大応答変位について、腐食率 0% のケースに対して、腐食率が 25% のケースにおいては 24%、腐食率が 50% のケースにおいては 42% 増加した。残留変位については腐食率が増加しても、道路橋示方書記載の限界状態 2 の制限値である橋脚高さの 1/100 の値を超えなかった。これらのことから腐食率の増加が応答変位に影響を及ぼすが、残留変位にはあまり影響を及ぼさないと思われる。

3.3 水平荷重—変位曲線

地震動加速度 1 倍のケースの水平荷重—水平変位曲線を図-4 に示す。最大荷重について、腐食率 0% のケースに対して、腐食率が 25% のケースにおいては 12%、腐食率が 50% のケースにおいては 19% 低下した。また、腐食率 0% のケースにおいては最大荷重以降急激に荷重が低下しているが、腐食率 25% および 50% のケースにおいては荷重が緩やかに低下している。これらのことから腐食率の増加が橋脚の損傷の仕方に影響を及ぼすと思われる。

3.4 座屈形状

地震動加速度 2 倍の腐食率 0% および 50% のケースの最大応答変位時の変形図を図-5、図-6 にそれぞれ示す。腐食率 0% のケースと腐食率 50% のケースの両方において、局部座屈が生じた。局部座屈の位置は、腐食率 0% のケースにおいては板パネルの中央で生じたが、腐食率 50% のケースにおいては橋脚基部付近で生じた。これらのことから、腐食率の増加が座屈形状に影響を及ぼすと思われる。

4. まとめ

本研究のまとめを以下に示す。

1) 今回対象とした腐食減肉では橋脚基部の腐食が

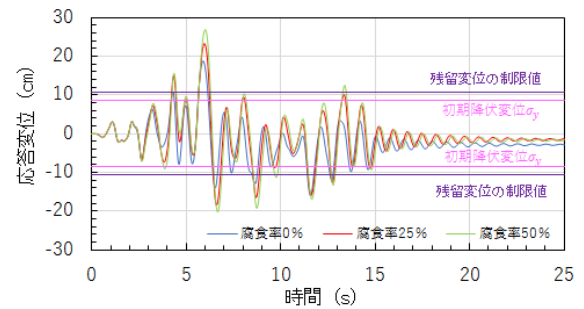


図-3 Y 軸方向時刻歴応答変位曲線

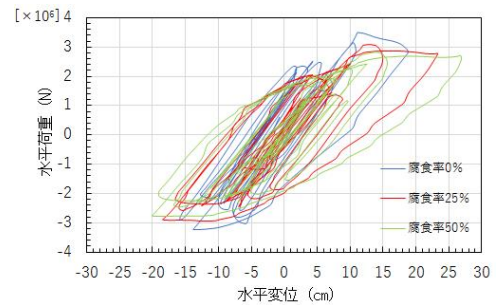


図-4 Y 軸方向水平変位—水平荷重曲線

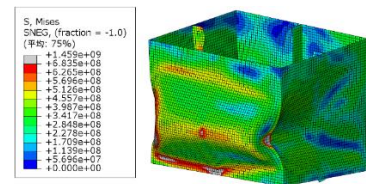


図-5 腐食率 0% の最大応答変位時変形図

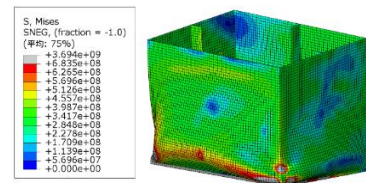


図-6 腐食率 50% の最大応答変位時変形図

振動特性である固有周期と振動モードに与える影響は小さかった。

2) 腐食率が増加することによって、最大荷重の低下や応答変位の増加などの耐震性能の低下が生じた。残留変位は今回の腐食減肉の範囲では、制限値を超えなかった。

3) 基部の腐食減肉によって、座屈箇所が中央付近から基部側に移動した。よって基部の腐食減肉が橋脚の挙動に大きな影響を与える。

4) 今後は合理的な鋼製橋脚の点検に向け、パラメトリック解析を行い、腐食減肉と限界状態の関係を明らかにする予定である。