

腐食した鋼管杭の耐荷性能ならびに補修による効果

名古屋工業大学大学院 西雄清高
 名古屋工業大学大学院 正会員 永田和寿

1. はじめに

日本は世界的にみても地震活動が活発な地域である。1995年の兵庫県南部地震や2004年の新潟中越地震などここ数年においても大きな地震が発生している。また、東海、東南海、南海地震のように近い将来大きな地震が発生することが予期されている地域も多い。このように地震リスクの高い日本においては耐震安全性を確保することは大きな問題といえる。日本は現在、高度経済成長期に建設された多数の土木鋼構造物の老朽化が進んでおり、これらの補修・更新時代の始まりにあたる。老朽化のなかでも腐食による断面欠損が鋼構造物の耐荷性能に与える影響は大きい。ところで、鋼構造物の部材として用いられる鋼管に生じる腐食形状や腐食する部分などは周囲の環境によって異なる。そのなかで栈橋は比較的腐食が生じやすい。そこで本研究では、腐食を模擬した鋼管と腐食部分を補修した鋼管の FEM 解析モデルを作成し、静的2方向載荷挙動に対して腐食による断面欠損が鋼管杭の耐荷性能に及ぼす影響と補修による効果を検討することを目的とした。

2. 解析手法

本研究は腐食量の程度および腐食の位置を変えた影響を解析的に検討した。解析モデルを図1に示す。この図に示すように片側腐食と両側腐食を対象に腐食損傷による断面欠損を模擬するために欠損部分の板厚は欠損率 $\alpha(\%)$ 分だけ切削してある。片側および両側に欠損率 $\alpha=25\%, 50\%, 75\%, 100\%$ のモデルを作成した。欠損率は、欠損板厚を元の板厚より除したものである。補修については腐食部分に対して欠損率分の板厚を用いた。なお、解析モデルに用いた鋼管の鋼種は STK400 である。

数値解析は汎用構造解析プログラム ABAQUS を用いる。図に示すようにモデルにはシェル要素(S4R)と Timoshenko の梁理論に基づく梁要素(B31)を使用する。梁要素とシェル要素の結合部、ならびに鋼管杭と補修部材結合部には MPC(多点拘束)機能を使用し、結合断面で変位と回転を連続させる。鋼管杭と補修部材の接触の考慮には Contact pair を用いた。境界条件は図の下端部を固定支持、載荷部が自由支持とした。材料構成則は三曲面モデルを使用する。鋼管杭の材料特性を表1に、鋼管杭の断面諸元を表2に示す。静的2方向繰り返し載荷形式として、各振幅において載荷点の初期降伏変位相関曲線に相似な載荷経路を用いる円形繰り返し載荷を行った。鋼管供試体の載荷点に一定軸力(降伏軸力の15%)を静的に作用した状態で、円形繰り返し載荷を行った。

表1 材料特性

$E(GPa)$	ν	$\sigma_y(MPa)$	$\sigma_u(MPa)$
218	0.3	417.3	546.6

表2 鋼管杭の諸元

鋼管杭の外径(mm)	健全部板厚(mm)	腐食部分範囲($^{\circ}$)
267.55	6	30

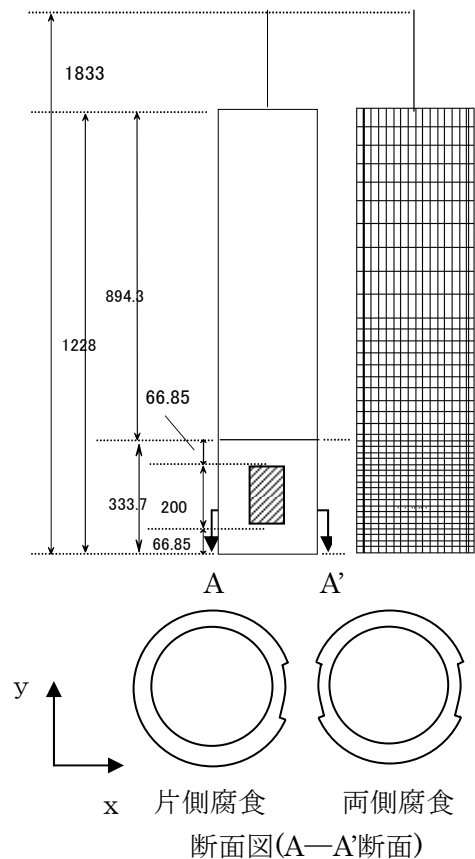


図1 解析モデル

3. 解析結果

水平荷重—水平変位関係より求めた片側腐食, 両側腐食の包絡線をそれぞれ図 2,3 に示す. これらの図 2 より腐食を模擬している x 正方向では腐食による影響が大きく出ており, 耐力が低下している. また正側での損傷が影響して x 方向負側でも多少の耐力低下が確認できる. 補修を施したモデルについては x 正方向での耐力が補修により回復していることが確認できる. 図 3 より両側腐食については x 方向では正側負側ともに欠損率が大きくなるにつれての耐力低下が確認できる. また補修したモデルについては正側負側ともに耐力は回復している. 図 4 には履歴特性値 H_{max}/H_0 と欠損率の関係を示した. なお H_{max} は腐食を模擬した方向の最大耐荷力であり, 両側腐食では腐食のある各方向の最大耐荷力の平均値を用いている. H_0 は降伏荷重を表している. これより欠損率が 25% のときは片側腐食ならびに両側腐食では約 5% 耐力低下している. 欠損率 25% 以上では片側腐食, 両側腐食ともに欠損率 25% を過ぎてからは耐力低下が大きくなり, 特に両側腐食での耐力低下は顕著である. また補修による耐力の回復は欠損率に関係なくほぼ回復していることがわかる.

4. まとめ

本研究では腐食した鋼管杭の 2 方向耐荷性能を評価するために円形繰り返し荷重による弾塑性有限変位解析を行うとともに, 補修による効果についての検討も行った.

- 腐食を与えた x 方向については欠損率が大きく, さらに腐食損傷数が増えるにつれ最大耐荷力ならびに変形性能は低下した.
- 最大耐荷力の低下では欠損率が 25% 以上になると最大耐荷力は片側腐食で約 7% づつ, 両側腐食で約 8.5% づつ落ちており最大耐荷力の低下は欠損率とほぼ比例して落ちている.
- 腐食損傷部に欠損率と同じ板厚の補修板を取り付けて補修を行った場合については耐力の回復は欠損率が小さい場合は比較的容易であるが欠損率が大きくなるにつれて耐力は完全には戻りきらないこともあるので注意が必要である.

5. 参考文献

1) 後藤芳顕, 江坤生, 小畑誠: 2 方向繰り返し荷重を受ける薄肉円形断面鋼製橋脚柱の履歴特性, 土木学会論文集, No.780/I-70, pp.181-198, 2005

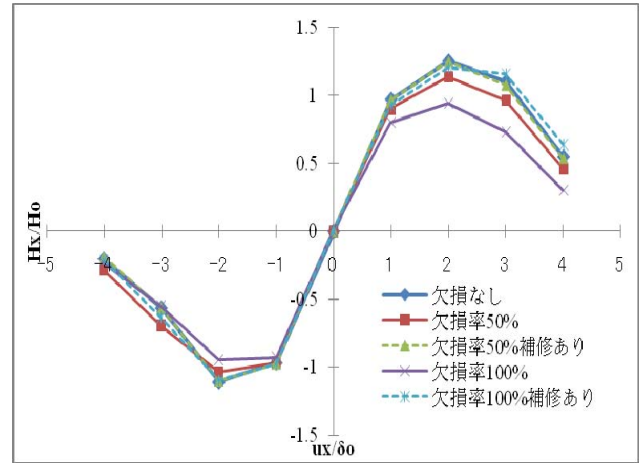


図 2 包絡線(片側腐食)

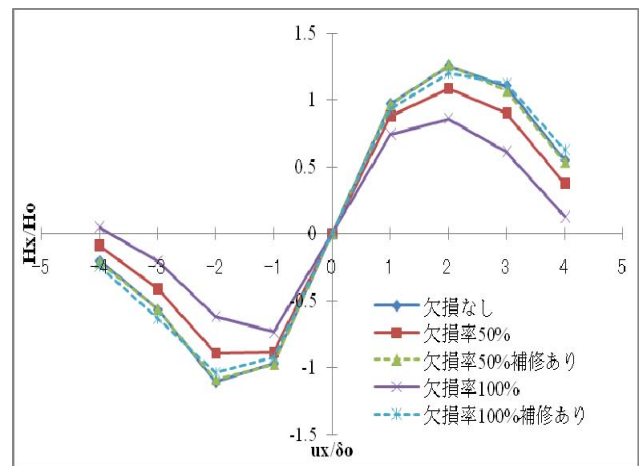


図 3 包絡線(両側腐食)

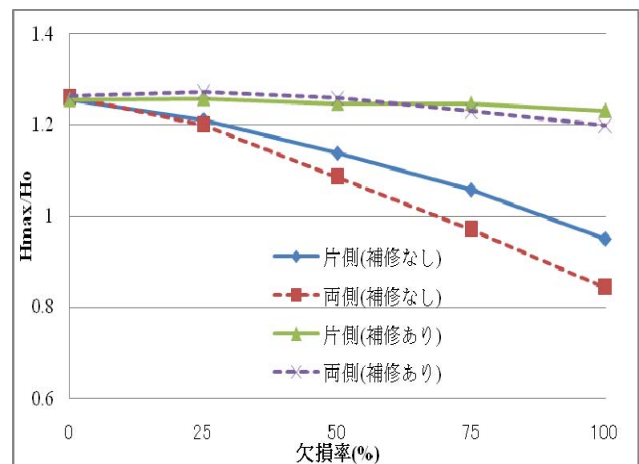


図 4 欠損率と最大耐荷力関係