

鋼製橋脚基部の腐食損傷に対する FEM 解析を用いた対策判定区分指標の設定手法

オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○久木留 貴裕 正会員 梅林 福太郎
 福岡北九州高速道路公社 二村 大輔 江口 智裕
 オリエンタルコンサルタンツ 中山 元 大久保 一樹

1. はじめに

鋼製橋脚基部の根巻きコンクリート部では、劣化したシーリング材の隙間に雨水等が侵入・滞水することが原因で、腐食損傷が生じている。福岡北九州高速道路公社では、管理している約 700 基の鋼製橋脚に対して、水平展開が可能な、維持管理手法の体系（図-1）を立案している最中にある。本体系では、シーリング材が劣化している全ての鋼製橋脚に対して、詳細調査ならびに対策を施すことは、困難なため、簡易計測としきい値を用いた対策要否判定を行う計画としている。

本論では、維持管理手法の立案に際して実施した FEM 解析による対策判定区分指標（しきい値）の設定手法について述べる。

2. 検討対象

検討対象は、管理橋脚の中から板厚と柱幅の特徴的な 2 橋脚（P269, 5P73）を抽出した。図-2 に対象橋脚の断面図を示す。解析ケースは、荷重方向（面内・面外）、板厚、腐食パターン（図-3）、腐食深さをパラメータとした 12 ケースとした。腐食パターンについては、体積一定を基本とし、腐食形状を平均的にしたケースと局所的に腐食するケースを設定した。ここで、腐食高さは、シーリング材の高さを考慮して 25mm と設定した（表-1）。

3. 解析モデル

図-4(1)に P269 の解析モデル（健全モデル）を示す。解析は線形ソリッドモデルを用いた。本検討では、腐食部の局所的な応力度の増分を確認するため、腐食部は高さ、幅方向に 5mm メッシュとした。また、板厚方向は 4 分割とした。このため、モデル規模が大規模とならないように、高さ方向は、腐食部への応力度の乱れが発生しない程度の高さまでをモデル化した。荷重は、解析モデル天端に設計当初の断面力を入力した。なお、構造部材のモデル化はウェブ・フランジ・縦リブとした。腐食モデルにおける腐食部のモデル化状況を図

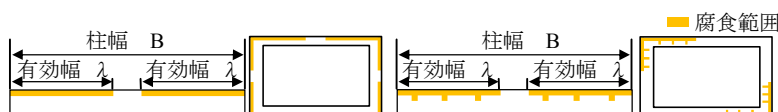


図-3 腐食モデルの腐食パターン

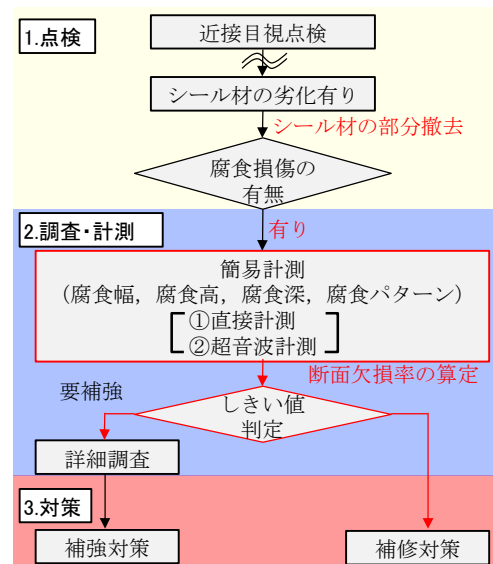
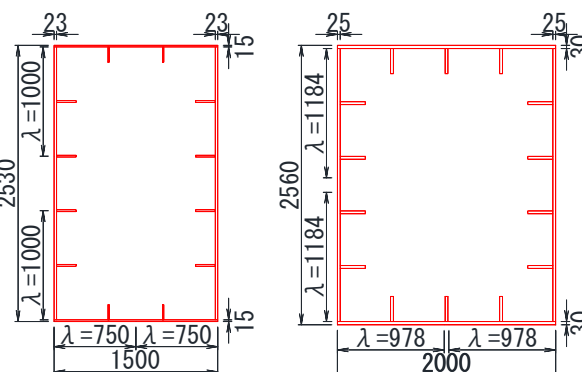


図-1 鋼製橋脚の維持管理体系



(1)P269 橋脚 (2)5P73 橋脚

図-2 対象橋脚の断面図

表-1 検討ケース一覧

No.	対象橋脚	荷重の方向	板厚 (mm)	腐食パターン	腐食深さ (mm)	腐食高さ (mm)
1	5P73	面外	25	①	平均0.6	25
2		面外	25	②	局部4.6	25
3		面内	30	①	平均0.6	25
4		面内	30	②	局部2.3	25
5		面内	30	②	局部3.5	25
6		面内	30	②	局部4.6	25
7	P269	面外	15	①	平均0.6	25
8		面外	15	②	局部2.3	25
9		面外	15	②	局部3.5	25
10		面外	15	②	局部4.6	25
11		面内	23	①	平均0.8	25
12		面内	23	②	局部2.3	25

キーワード 鋼製橋脚, 腐食損傷, FEM 解析, 維持管理, 対策判定区分

連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 (株) オリエンタルコンサルタンツ TEL 03-6311-7860

-4(2)に示す。腐食のモデル化は、腐食深さで節点をずらすことで考慮した。なお、5P73 橋脚についても同様のモデル化とした。

4. 対策判定区分指標の設定

図-5 に健全モデルと腐食モデルの腐食部における圧縮ウェブの発生応力度を示す。これによると、腐食モデルでは、腐食を考慮した箇所で応力度が増加している。また、腐食深さと、健全モデルに対する腐食モデルの応力度の増分の関係には、正の相関が見られた。

健全モデルの板厚や発生応力度のばらつきを評価するため、断面欠損率（腐食深さ/健全時の板厚）と応力度増分比（腐食モデルの応力度/健全モデルの応力度）で正規化し、腐食深さと応力度増分の関係を整理した。これによると、断面欠損率と応力度増分比の関係は正の相関があることが分かる。ただし、断面欠損率が 0.1 以下の場合にはばらつきが小さいが、0.1 を超えるとばらつきが大きく、回帰直線とのばらつきは最大で 1.11 倍である（図-6）。これより、回帰直線を基本とし、0.1 を超える場合には、安全率 1.15（ばらつき 1.11 に余裕を考慮）を設けることとした。これらを基に、応力度増分比と断面欠損率の関係を以下のように定式化した。

$$(式) h = 2.8711 \times dt + 1.0366 \quad (dt = 0.0 \sim 0.1)$$

$$h = (2.8711 \times dt + 1.0366) \times \alpha \quad (dt = 0.1 \sim 0.3)$$

ここに、 h ：応力度増分比

dt ：断面欠損率(平均腐食深さ/当初板厚)

α ：安全率(1.15)

同式と計測した平均腐食深さを用いて、応力度増分比を算定することが出来る。また、当初設計（梁モデル）の基部の応力度の余裕度との比較により安全性の評価が可能となる。さらに、基部と地際部の応力度の比率を掛け、腐食部の余裕度を把握することで、腐食部の安全性の評価が可能となる。

ここで、断面欠損率が 0.3 を超える場合は、当初設計の 2 倍程度の応力度が発生していることが想定される。当初設計の許容応力度に対する余裕は、通常 1～2 割程度であるため、2 倍程度の応力度が発生すると、地際部においても許容応力度を超過し、補強対策が必要と判断される可能性が高い。このため、断面欠損率が 0.3 を超える場合には、別途対策検討が必要とした。

5. おわりに

鋼製橋脚の腐食損傷が見られる場合の対策判定区分指標（しきい値）を FEM 解析により設定した。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 断面欠損率と応力度増分比の関係は正の相関があることを確認し、対策判定区分指標を定式化した。
- (2) 解析結果より、断面欠損率が 0.3 を超える場合には、当初設計の 2 倍程度の応力度が腐食部で発生することが想定されることから、別途対策検討が必要とした。

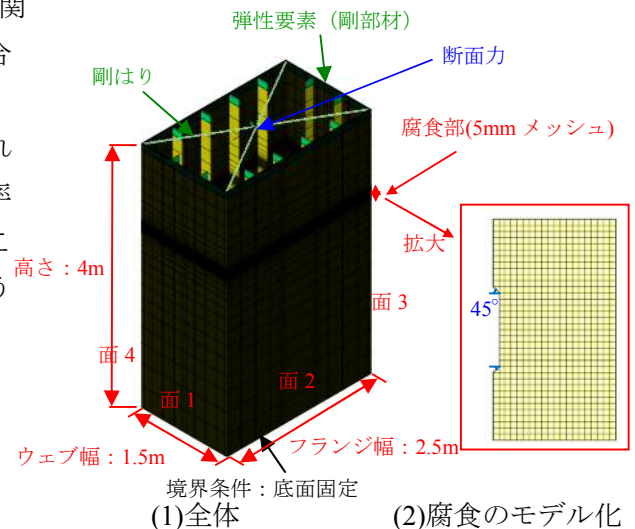


図-4 解析モデル(P269)

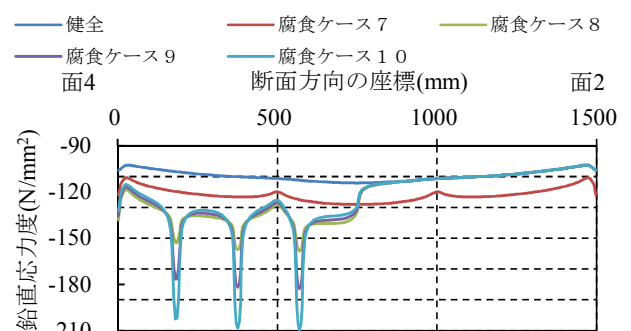


図-5 圧縮ウェブ（腐食部）の発生応力度

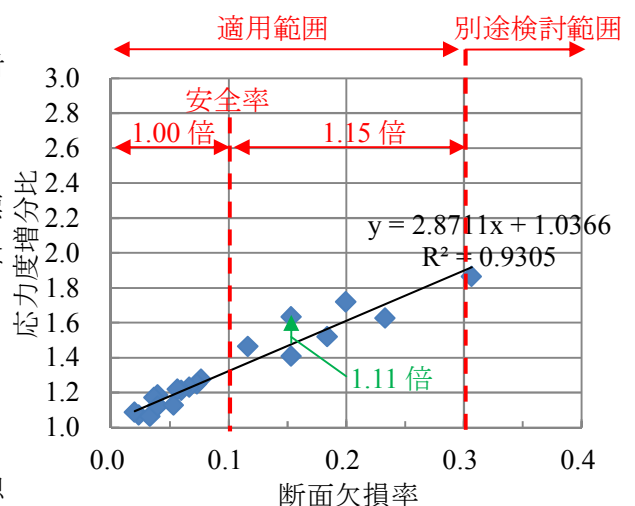


図-6 断面欠損率と応力度増分比の関係