

局所腐食を有する圧縮鋼板の座屈強度に関する基礎的研究

高知工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○楠目 亮
高知工業高等専門学校 正会員 勇 秀憲

1. はじめに

鋼橋老朽化の加速により、腐食した鋼橋の残存強度評価が重要となっている。残存強度の評価は実際の腐食状況に基づいて行わなければならないが、鋼橋の構成部材である板要素の局所的な腐食による座屈の影響を把握していくことが基本的に不可欠である¹⁾。そこで本研究は、局所腐食を有する圧縮鋼板を対象として、局所腐食つまり腐食溝が、座屈強度(座屈係数)に与える影響について定量的に明らかにし、実際的かつ精度の高い残存終局強度の評価法を提案するための基礎データを得ることを目的とするものである。

2. 局所腐食を有する板要素のモデル

本論文では、板要素の中央面に対しその上・下面で対称的に局所腐食が起こっているものとし、腐食溝は次の3パターンを考えた。(i)腐食溝が単独で1個の場合、(ii)孤立した腐食溝が2個の場合、さらに(iii)腐食溝が密着して2個の連結腐食の場合。また、それぞれのパターンについて腐食溝の発生位置を板要素の1/4の範囲で移動させる。なお、(ii)と(iii)の場合、2個の腐食溝の腐食深の大きさは同じとする。図1~3に、(i)~(iii)の3パターンの例を示す。なお、(i)~(iii)の3パターンについて、 r_c を0.1~0.9と0.1刻みで変化させる。 n_c は腐食溝の数、 d_r は板要素中心からの距離パラメータ(後述)。また、腐食溝が板厚をほとんど貫通する直前の極端な板厚損失を $r_c = 0.999$ の割合とする。材料特性としては、降伏応力 $\sigma_y = 235.2\text{MPa}$ 、ヤング率 $E = 205.8\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ とし、分割数は 20×20 (節点数: $21 \times 21 = 441$ 、拘束自由度を除いた全自由度:2444)で解析を行った。

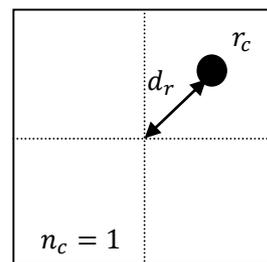


図1 腐食溝1個の場合

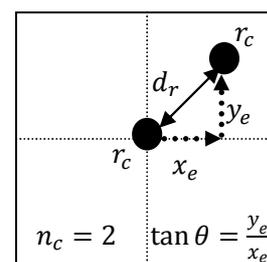


図2 孤立した腐食溝が2個の場合

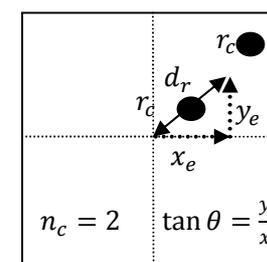


図3 連結腐食の場合

3. 解析結果

3.1 弾性座屈解析

上記の3パターンについて弾性座屈解析を行った。図4は局所腐食溝1個の場合の座屈係数比 k_r/k の変化を示す。この結果より腐食が板要素の中央に近づくに従い、座屈係数比 k_r/k が低減することが分かった。これは腐食が2個であっても同様の結果となった。

図5は局所腐食溝2個(1個は板要素中央位置に固定)の場合の座屈係数比 k_r/k の中央から横軸(x軸)からの反時計回りの変化で、図6は局所腐食溝2個が連結している場合の同様の変化である。前者は腐食溝の発生位置が板要素中央位置から隅角点に近づくにつれて、座屈係数比 k_r/k はやや急激に増加し、その増加割合が小さくなりさらにやや急激に増加する「弱い3次関数形」の変化となった。後者は腐食溝の発生位置が板要素中央位置から隅角点に近づくにつれて、座屈係数比 k_r/k はやや急激に増加しその増加割合が小さくなる「こぶ状」の変化となった。

3.2 座屈係数比 k_r/k

腐食溝の数が1個の場合と2個の場合のすべてを一般化して、腐食溝の数 n_c 、板厚損失比 r_c および腐食溝の重心距離パラメータ d_r を腐食パラメータとして座屈係数比 k_r/k を重回帰分析により評価式を提案する。

$$\frac{k_r}{k} = 1.004 - 0.0186r_c + 0.0222d_r - 0.0065n_c \quad (1)$$

ここに、板厚損失比 r_c は、

$$r_c = 1 - \frac{t}{t_0} \quad (2)$$

ここに、 t ：腐食後の腐食溝の板厚、 t_0 ：元の板厚（無腐食板の板厚に同じ）。腐食溝の板要素中心からの距離パラメータ d_r は、

$$d_r = \sqrt{\left(\frac{x_e}{a}\right)^2 + \left(\frac{y_e}{b}\right)^2} \quad (3)$$

ここに、 x_e ：中心から腐食重心の x 方向の距離、 y_e ：中心から腐食重心の y 方向の距離。

回帰式の決定係数は0.7959で、重相関係数は0.8921であった。精度はやや高く、回帰式の精度は誤差2%以内となった。

4. まとめ

腐食パラメータとしては、板厚損失比 r_c 、腐食溝の数 n_c および腐食溝の板要素中心からの距離パラメータ d_r を考えることで、腐食溝の(i)~(iii)について、座屈係数比 k_r/k をそれぞれ回帰式で精度よく表わすことができた。特に、腐食パラメータの中で、最も座屈係数比 k_r/k に影響を与えるものは板厚損失比 r_c であることが分かった。

また、腐食溝の発生位置が鋼板要素の中央に近くなる(d_r 小)ほど座屈係数比 k_r/k は小さくなり、発生位置が中心から離れる(d_r 大)ほど座屈係数比 k_r/k は大きくなることが分かった。

今後はより一般的な各種腐食パラメータの値に対する弾性座屈解析を行い、より正確な回帰式を求め、それを基礎データとして、さらに実際的かつ精度の高い残存終局強度の評価法を提案することが課題である。

参考文献

- 1) 海田, 藤井, 中村, 腐食したフランジの簡易な圧縮強度評価法, 土木学会論文集, No.766/I-68, pp.59-71, 2004.

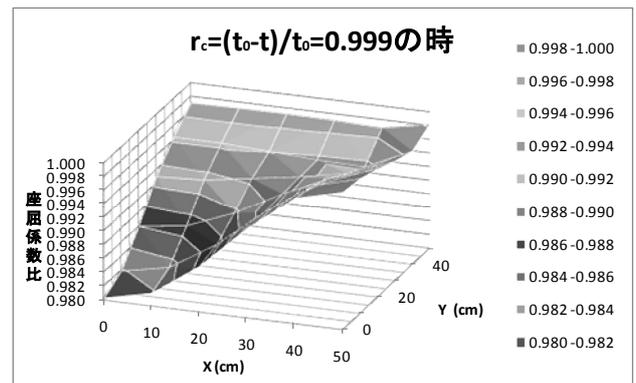


図4 座屈係数比 k_r/k の変化
(局所腐食溝1個の場合)

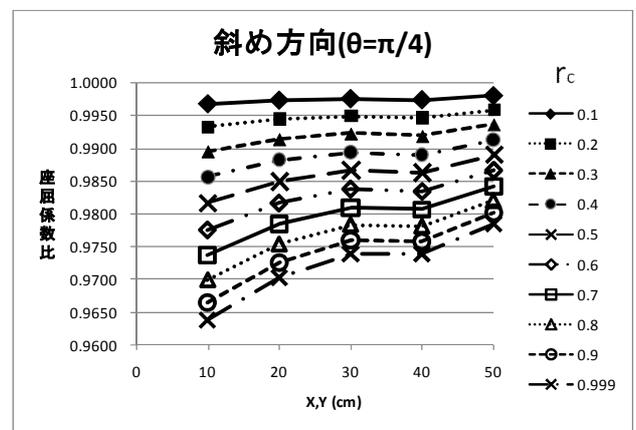


図5 座屈係数比 k_r/k の変化(斜め方向)
局所腐食溝2個(1個は板要素中央位置に固定)

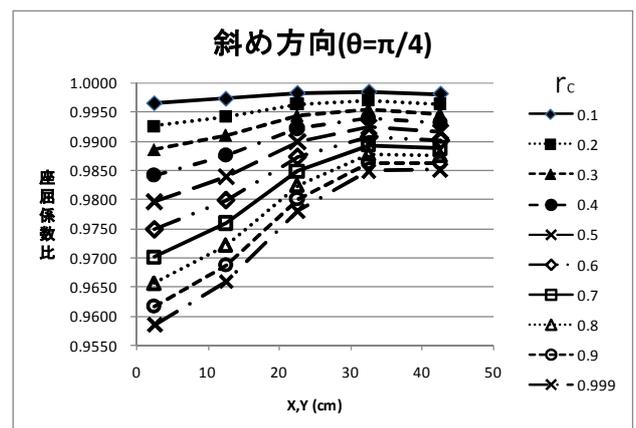


図6 座屈係数比 k_r/k の変化(斜め方向)
局所腐食溝2個(連結している場合)