

I-42

腐食を受けた鋼板の圧縮耐荷力特性

東北学院大学工学部 正員 中沢 正利

1. まえがき

橋梁や鋼構造物の経年劣化あるいは損傷の主要因子は疲労と腐食であり、橋梁上部工の架け替え理由の大半は腐食によるものである。しかし、腐食損傷による耐荷力の低下については基礎的資料も少なく、腐食による鋼板表面の不整に伴う応力集中等の力学的挙動には未解明な点が多い。一般に、腐食の影響は鋼板の全面腐食よりも局部的減肉や孔食により顕在化するが、鋼板表面の腐食形状と残存耐荷力の関係は明確には分かっていない。以上より、ここでは鋼板表面の腐食形状と残存圧縮耐荷力の関係および残留応力の影響などについて報告する。

2. 腐食の一般的特長と等価板厚

文献¹⁾によれば、一般的環境下での鋼材腐食量は、鋼桁下フランジで $79\text{--}137\mu\text{m}/\text{年}$ (10年で約1mm) 程度であるが、腐食量は供用年数や環境条件によって左右され、山間部よりも海浜部(飛沫塩分)、さらに都心部(排気ガス、亜硫酸ガス)の方が腐食量は大きいことも報告されている。一般に、腐食を受けた鋼板の平均板厚 t_{av} に対して、強度的に等価という意味での等価板厚 (t_{eq}) を以下のように考える。

$$t_{eq} = t_{av} - \beta s \quad (1)$$

ここで、 s は標準偏差、 β は未知パラメータである。この等価板厚による鋼板の圧縮耐荷力が実際より安全側に評価できるような β の値が推定できれば実務上有用である。

3. 腐食形状の仮定と圧縮耐荷力特性

解析モデルは、図-1に示すように x, y 軸を面内とする正方形板に限定し、辺長は $b=400\text{mm}$ で一定、板厚 t を $5\text{--}10\text{mm}$ に変化させると、幅厚比パラメータ $R=1.424\text{--}0.712$ に相当する。なお、健全板厚 10mm から腐食後 8mm ($R=0.89$) への腐食を標準と考えた。四辺単純支持条件で y 方向に一様圧縮変位を受ける際の対称性より、 $1/4$ 解析を行なう。鋼材は SS400 (初期降伏応力度 $\sigma_Y=235\text{MN}/\text{m}^2$) を想定し、二次勾配 $E/100$ を持つ移動硬化型構成則モデルを仮定した。初期たわみとして、振幅の大きさが板幅/150 の一次座屈モード形状を与え、解析

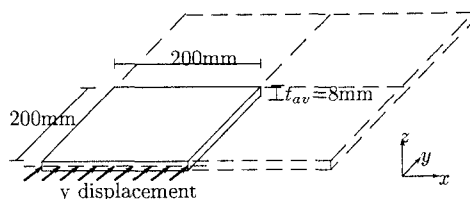


図-1 腐食板解析モデル

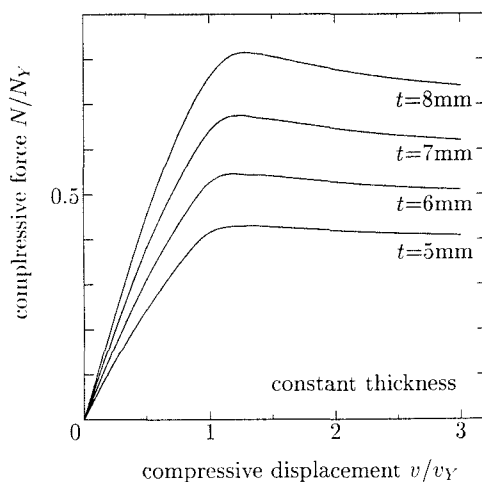


図-2 腐食を一定減厚とみなした場合の圧縮耐荷力

領域を 30×30 メッシュで4層に分割し、8節点ソリッド要素 (Marc 7番) を用いた。

まず基本的な特性を見るため、腐食による凹凸を考えず、平均板厚まで一定に減厚したとみなした場合の圧縮耐荷力解析の結果を図-2に示す。

(1) 規則的形状 (二重 sin 級数)

ここでは鋼板表面の片側だけを考えるものとし、四辺単純支持板の座屈モードと同じ二重 sin 級数を仮定する。 x, y 方向への波の数は同一とし、 $2.4, 6.8$ 半波および振幅 $0.1, 0.2$ を与えた結果を図-3に示す。 $s08w202$ は2半波で振幅 0.2 を意味する。一般に振幅が大きいほど耐荷力の低下は大きい、その絶対量はさほど大きくない。

(2) 不規則形状 (正規分布乱数によるランダム波)

次に、ランダム波形による応力集中を評価するため、平均板厚 $t_{av}=8\text{mm}$ 、標準偏差 $0.3, 0.6$ (文献^{2), 3)}

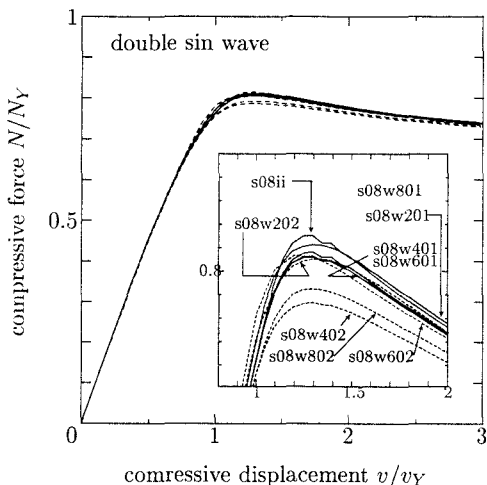


図-3 腐食を規則的形状(二重 sin 級数)とみなした場合の圧縮耐荷力

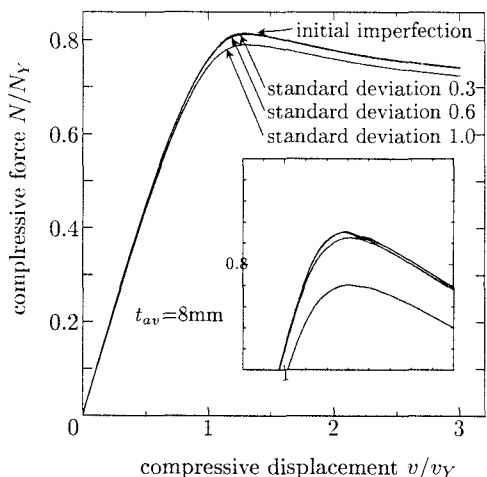


図-4 腐食を不規則形状で与えた場合の圧縮耐荷力

より腐食に一般的な値を設定), 1.0 の正規分布乱数により Monte Carlo 試行を行なった結果を図-4に示す。この中で, 標準偏差 1.0 は健全板厚の 10mm を越えることがあり, 現実的な値ではない。よって, これらの不規則波形の与え方では得られる耐荷力にほとんど差がなく, 平均板厚で換算すればよいことが分かる。

(3) 残留応力を考慮した場合

腐食前に内在する残留応力が, 腐食により応力再配分を経てどのような分布になるかは未解明のままであるので, ここでは一般的な与え方を踏襲し, 規

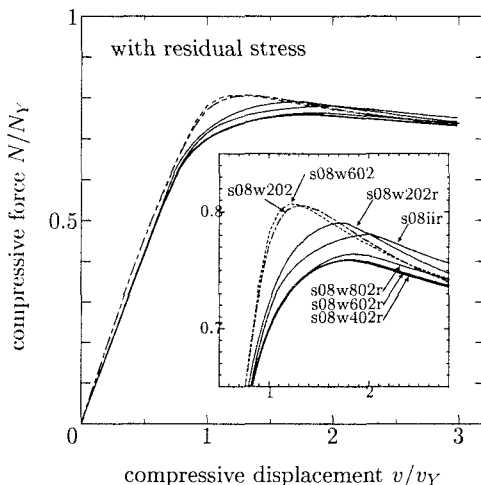


図-5 規則的腐食形状と残留応力の連成効果

則的形状(二重 sin 級数)の腐食波形と残留応力の連成による耐荷力の低下について検討した。得られた結果を図-5に示す。残留応力により, 弾塑性遷移領域での荷重-変位曲線は滑らかになり, ピーク荷重も(1)節での規則的腐食形状のみよりも大きく低下することが分かる。

以上より, 本解析の範囲内では, 二重 sin 級数による規則的形状および正規分布に従う不規則形状とも, 圧縮耐荷力を低下させることはほとんどないと考えられるが, 残留応力の影響については注意する必要がある。

4. 結論

- (1) 二重 sin 級数の規則的腐食形状を与えた場合, 振幅が大きいほど耐荷力の減少は顕著であるが, 全般的な耐荷力の低下は小さい。標準偏差 0.3, 0.6 程度の正規分布乱数による不規則形状は鋼板の圧縮耐荷力にはほとんど影響を与えず, 腐食形状が変化するだけなら有効板厚を平均板厚で評価してよいと言える。
- (2) 腐食表面の形状と残留応力の連成作用はある程度耐荷力の低下に影響を及ぼすと思われる。

参考文献

- 1) 土木学会: 鋼構造シリーズ 7 鋼橋における劣化現象と損傷の評価, 平成 8 年。
- 2) 松本 勝・白井義郎・中村幾雄・白石成人: 腐食鋼材の有効板厚評価法の提案, 橋梁と基礎, pp.19-21, 1989.12。
- 3) 大村 裕・皆田 理・藤井 堅・村中昭典: 腐食環境下の鋼部材の残存耐荷力, 構造物の維持補修技術研究会資料。