

第 I 部門

腐食損傷を受ける鋼板の残存強度評価法

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○松永 光示

大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬

日本橋梁（株） 正会員 竹内 正一

1. はじめに

高度経済成長期に架設された多くの橋梁が腐食による劣化損傷を受けており、これらの維持管理の重要性が高まっている。現在、腐食した構造物の健全度の評価は研究・開発段階であり、力学的な保有性能に基づいて健全度を適切に評価する手法の確立が望まれている。既往の研究¹⁾²⁾により等価板厚を用いて座屈強度を評価する手法が提案されてきている。しかし、指摘されている主な要因は腐食量と腐食形態に絞られる。特に、腐食形態の重要性が指摘されているにも関わらず、この影響を残存耐荷力評価に反映することが困難であることから、腐食量のばらつきを数値化するととどまり、位置による腐食の影響を耐荷力評価に組み込んだものはほとんど見られない。板の終局強度は、鋼材の降伏で決まる座屈パラメータの小さい領域を除けば、腐食量の大きい位置に影響を受ける座屈挙動に支配される。従って、腐食量の大きい位置を考慮できる残存耐荷力評価法の提案が重要である。そこで、本研究では残留応力の再分配を考慮した弾塑性有限変位解析³⁾による解析結果を用い、腐食量の大きい位置が座屈強度に与える影響を把握する。そして、等価板厚算出方法の提案を目的とする。本文では、解析概要、等価板厚算出方法とその評価精度について報告する。

2. 解析概要

鋼種は SS400 を用い、降伏応力は公称値 245(MPa)とする。応力-ひずみ曲線は降伏応力を上限とするバイリニア型とした。初期不整量として、残留応力は矩形断面を仮定して導入し、初期たわみは道路橋示方書の規定に従い $b/150$ を導入した。幅厚比パラメータを 0.4 から 0.8 まで変化させ、健全板および、腐食の程度を示す最大減厚率は初期板厚に対して 10%, 20%, 30% の減厚量を考える。図-1 に本解析で仮定した腐食の板厚減少形態を示す。Type1 から type3 までは板の載過方向中央に最大腐食位置を、type4 から type6 までは板の载荷方向端部に最大腐食位置を設けた。腐食形態は初期板厚を変化させることで導入している。残留応力再分配の釣り合い計算を行った後、圧縮力を载荷する。

3. 等価板厚算出方法

腐食鋼板から n 個の板厚測定データが得られたとき、任意の測定点 i の座標を (x_i, y_i) 、板厚を t_i とする。残存強度は腐食位置に依存することから、任意の座標の板厚欠損が残存強度に及ぼす影響を、任意点の板厚に重み付けをすることで考慮する。位置の関数である重み w_i を掛け合わせて

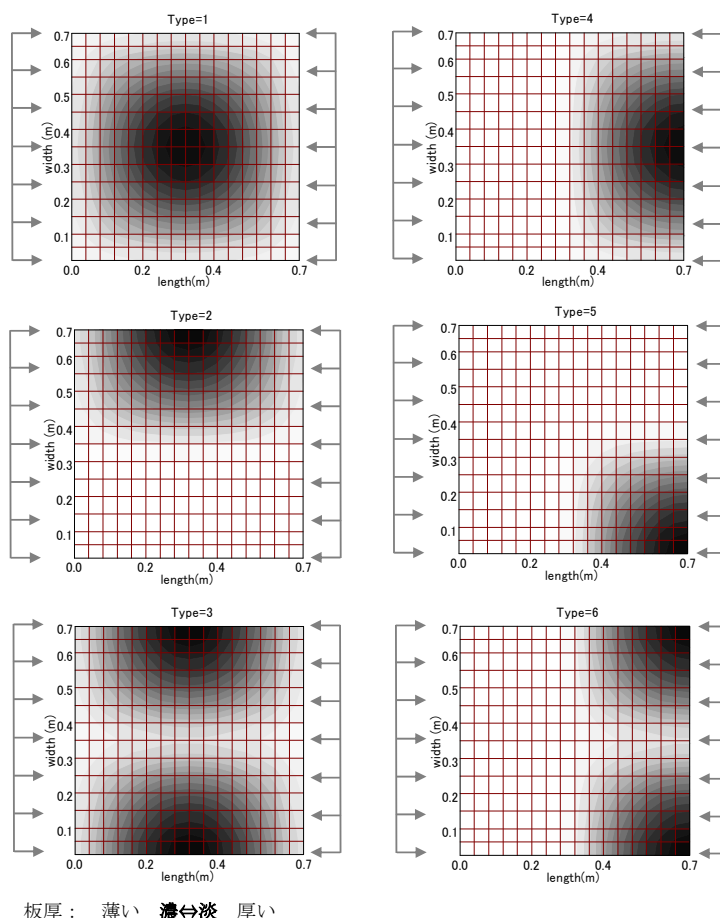


図-1 仮定した腐食形状

求まる重みつき板厚 $t_i \times w_i$ の平均を等価板厚 t_{eq} と定義し、式(1)のように表される。

$$t_{eq} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot w_i(x_i, y_i)}{n} \quad (1)$$

重み関数 w_i は式(2)のように表され、図-2 に表すような曲面となる。重み関数は式(2)を満足させた上で、等価板厚により求まる推定強度が等厚板の強度曲線に最も近くなるように、推定差の最小自乗和を最小とすることで決定した。重みの値が大きい場合、その位置での板厚欠損は板の強度低下にあまり影響せず、重みの値が小さい場合は板の強度低下に大きく影響することを意味している。

$$w_i = 12.48\left(\frac{x}{A}\right)^2\left(\frac{y}{B}\right)^2 + 1.24\left(\frac{x}{A}\right)^2 + 0.12\left(\frac{y}{B}\right)^2 + 0.80 \quad (2)$$

ここで、 A ：板長さ、 B ：板幅である。

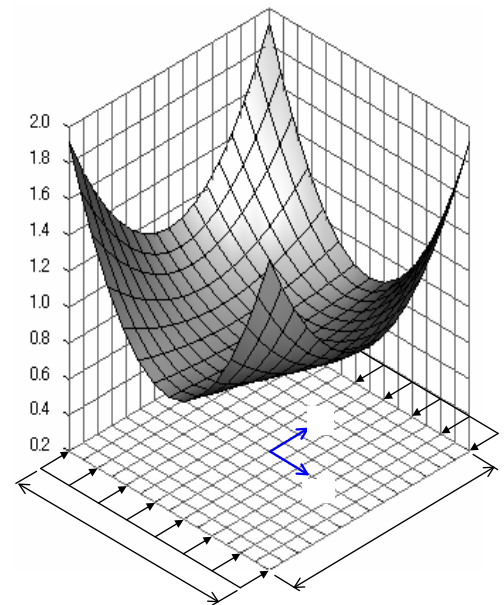


図-2 重み関数曲面

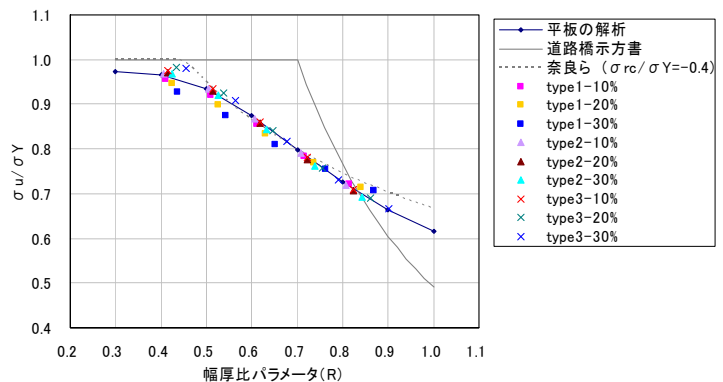
4. 残存強度評価結果

提案した等価板厚により極限強度と幅厚比パラメータを整理した結果を図-3 に示す。全データを+3.1%（安全側）から-9.2%（危険側）の範囲内に推定する結果となった。しかし、圧縮残留応力域の腐食が著しい type1 および type4 を危険側に推定する結果となり、最大腐食量が大きくなるにしたがって、等厚板の強度曲線からの乖離量が大きくなることとなる。圧縮残留応力域が板厚欠損し残留応力の再分配により初期たわみが増大し、他モデルよりも大きく耐荷力が低下したことが原因として挙げられる。腐食鋼板の残存強度評価には、本手法で考慮した最小断面積や腐食形状以外にも残留応力や初期たわみなどの初期不整量が大きく影響すると考えられる。

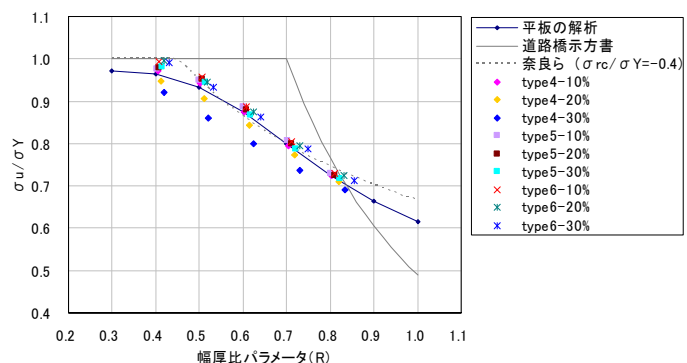
5. まとめ

本文は、腐食の大きな位置が座屈強度に与える影響を、提案した重みつき平均板厚により評価した結果をまとめたものである。評価結果より、腐食の位置は座屈強度に影響する要因であることが確かめられたとともに、本手法により残存強度を評価できる可能性を示した。しかし、重み関数の最適化のためには、さらに多くの実験や解析データの蓄積が必要であり、実構造物の腐食に関する定量的な情報を得ることができれば更に精度のよい重み関数を定義できると考える。

【参考文献】1) 海田辰将, 藤井堅, 中村秀治: 腐食したフランジの簡易的な圧縮強度評価法, 土木学会論文集, 766/I-68, pp.59-71, 2004.7.2) 杉浦邦征, 田村功, 渡邊英一, 伊藤義人, 藤井堅, 野上邦榮, 永田和寿: 腐食鋼板の圧縮強度の簡易的評価法に関する検討: 土木学会論文集 A, Vol.63.No.1, pp43-55, 2007.1.3) 西村佳大, 竹内正一, 村上茂之, 西村宣男: 腐食損傷を有する圧縮板の極限強度解析法, 鋼構造年次論文報告集, 第12巻, pp.123-128, 2004.11.



(中央腐食パターン)



(端部腐食パターン)

図-3 残存強度評価結果