

大阪大学工学部

学生員

○古川 秀樹

大阪大学大学院工学研究科

学生員

SYPHAVANH SONGKEO

大阪大学大学院工学研究科

正会員

奈良 敬

1. はじめに

老朽化鋼橋の長寿命化に伴い、鋼橋の維持管理の重要性が増してきている。鋼橋の維持管理においては、できる限り補強、補修をせずに、健全な鋼橋の予防保全を念頭に置いた維持管理を行うことが重要である。そのためには強度低下を伴う腐食の許容値を設定すること、現状の残存強度を精度よくかつ簡単に算出できる評価法を提案することが必要である¹⁾。

等価板厚による終局強度評価法²⁾は有用性の高い評価法であるが、実際の腐食形態を網羅しているわけではない。任意の腐食形態においても適用性の検討を行う必要がある。このような背景を踏まえ、本研究では、ランダムな腐食形態を有する縦横比 $\bar{U}=1$ の四辺単純支持板の終局強度について、数値計算と等価板厚を用いた推定値を比較検討し、等価板厚による終局強度評価法の適用性について確認することを目的としている。

2. 数値計算モデル

(1) 構造諸元

鋼板の終局圧縮強度は幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p$ や縦横比 $\bar{U}$ などの力学的パラメータにより左右される。ここでは、縦横比 $\alpha=1$ 、境界条件は 4 辺単純支持で一定とし、式(1)で与えられる幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p$ を 0.4 から 0.8 まで変化させて図-1 のように圧縮板モデルを設定する。

$$\bar{\lambda}_p = \frac{b}{t_0} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}} \cdot \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}}$$

(1)

ここで、 b は板幅、 t_0 は初期板厚、 k は座屈係数(4.0)である。鋼種は SM400 とし、鋼材は完全弾塑性体として応力-ひずみ曲線を仮定する。

(2) 初期不整

残留応力は図-1 に示すように腐食前に板の载荷方向にのみに、自己平衡になるように矩形分布として導入する。残留引張応力度 σ_{rt} および残留圧縮応力度 σ_{rc} は

図中に示す値とする。

一方、初期たわみは道路橋示方書で規定されている製作の許容値を参考に、最大値が板幅 b の $1/150$ となる初期たわみを導入する。初期たわみ波形は長さと同幅方向に正弦半波形で与える。

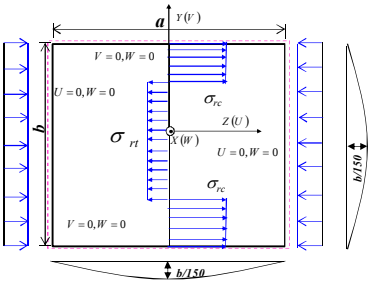


図-1 数値計算モデル

(3) 腐食モデル

腐食した鋼板の板厚は正規分布に従うと仮定し、腐食深さの下限值 $0.7t_0$ を参考にして平均板厚 $\bar{t}$ を $\bar{t}=0.9t_0$ 、 $\bar{t}=0.95t_0$ の 2 通り、標準偏差 S を $S=0.025t_0$ 、 $S=0.05t_0$ の 2 通りとした。なお、 $t \leq t_0$ となるように調整した。

腐食形状の差が推定値に与える影響を検討するため、 $\bar{t}=0.9t_0$ の腐食モデルおよび $\bar{t}=0.95t_0$ の腐食モデル 2 についてそれぞれ 2 標本ずつ、さらに、標準偏差を入れ替えた腐食モデル 3 と腐食モデル 4 をそれぞれ 1 標本ずつ、計 6 標本を作成し検討を行った。表-1 に設定した腐食モデルを、図-2 に一例として幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p=0.7$ の場合の腐食分布図を示す。

表-1 腐食モデル

腐食モデル	腐食モデル1		腐食モデル2		腐食モデル3	腐食モデル4
平均板厚	0.9 t_0		0.95 t_0		0.9 t_0	0.95 t_0
標準偏差	0.05 t_0		0.025 t_0		0.025 t_0	0.05 t_0
標本名	標本1	標本2	標本1	標本2	標本1	標本1
乱数発生により想定した腐食ケース	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
	$\bar{\lambda}_p=0.5$	0.858 t_0	0.850 t_0	0.933 t_0	0.932 t_0	0.871 t_0
	$\bar{\lambda}_p=0.7$	0.855 t_0	0.850 t_0	0.930 t_0	0.928 t_0	0.866 t_0
t_{eq}	$\bar{\lambda}_p=0.5$	0.878 t_0	0.864 t_0	0.939 t_0	0.940 t_0	0.891 t_0
t_{min}	$\bar{\lambda}_p=0.7$	0.874 t_0	0.867 t_0	0.937 t_0	0.938 t_0	0.886 t_0

3. 数値計算結果と考察

(1) 数値計算による終局強度

図-2 に数値計算による終局強度を示す。黄線は腐食

のない圧縮板の終局強度を、赤、青、緑、紫の実線と赤、青の点は、腐食ケース毎の腐食鋼板の終局強度を示す。平均板厚が終局強度に与える影響が支配的である一方で標準偏差や標本の違いにより終局強度に与える影響は平均値と比較して小さいことが分かる。

(2) 平均板厚に推定値

平均板厚 $\bar{t}$ による終局強度の推定値を赤丸印で図-3に示す。全体的に危険側の評価になり誤差は最大 5.59%となった。

(3) 最小断面の平均板厚による推定値

最小断面の平均板厚 $\bar{t}_{\min}$ による終局強度の推定値を青四角で図-3に示す。危険側の評価も多く見られ誤差は最大 5.42%となった。

(4) 解析値と推定値の比較結果

文献 2)に示される等価板厚を計算した結果の一例を表-1に示し、図-5に数値計算による終局強度と等価板厚による終局強度の推定値の比較を示す。終局強度を実際より低く評価する安全側では最大誤差 7.75%，最小誤差 0.364%，危険側では最大誤差 0.737%，最小誤差 0.702%との誤差で、ほぼ 5%程度以内の精度で終局強度を推定できた。

また、数値計算結果に大きな影響を与えない標準偏差について調べた結果を図-6に示す。等価板厚を計算する重み関数の特徴から、標準偏差が低下すると誤差も顕著に低下することが確認された。

これらの結果より、本研究の目的であるランダムな腐食形態を有する腐食鋼板についても本評価法を適用することが可能であると判断した。

4. おわりに

ランダムな腐食形態を有する腐食鋼板についても等価板厚による終局強度評価法を適用した一例を示した。標準偏差が推定値に影響を与えるパラメータであることを示すとともに、十分ではないが等価板厚による評価法が有用であることを示すことができた。

【参考文献】

- 1) (社)土木学会:腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアル, 2009 年, 3 月
- 2) 松永光示, 奈良敬, 竹内正一:腐食した圧縮鋼板の終局強度評価法, 鋼構造年次論文報告集, 第 16 巻, 2008 年 11 月.

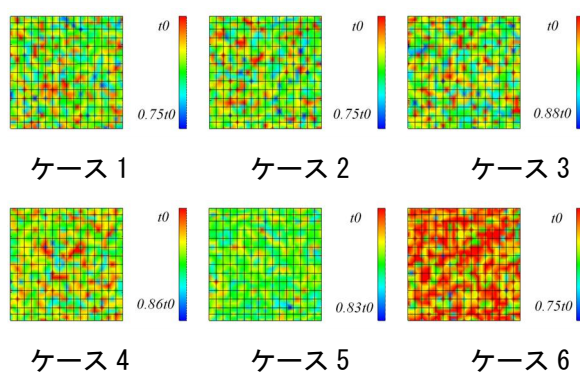


図-2 腐食分布図の一例 ($\bar{\lambda}_p=0.7$)

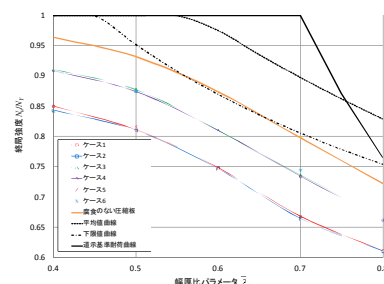


図-3 数値計算による終局強度

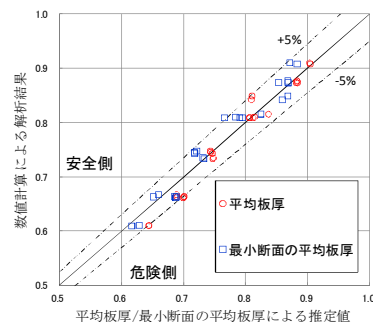


図-4 平均板厚/最小断面の平均板厚の推定値

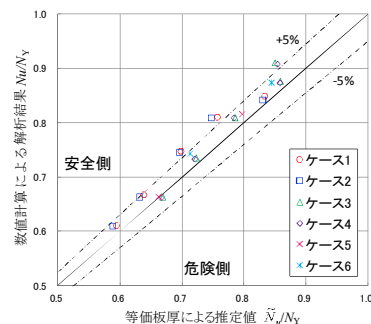


図-5 解析結果と等価板厚による推定値の比較

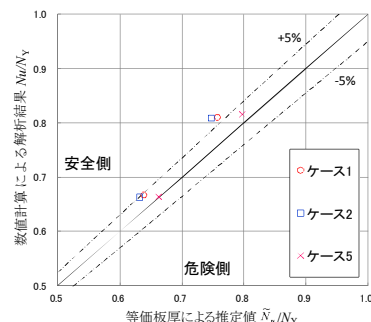


図-6 標準偏差が異なる腐食ケースの比較