

I-3 腐食鋼板の圧縮強度解析による板厚データの処理方法に関する検討

高知工科大学 社会システム工学科 学生会員 ○北川 雄也
高知工業高等専門学校 正会員 海田 辰将

1. はじめに

近年、莫大な数の鋼構造物で腐食損傷が深刻化しており、腐食した部材あるいは構造物全体の強度不足や剛性低下が懸念されている。ところが、腐食部材の保有強度を簡単かつ正確に評価する技術は未だ確立されておらず、実際の現場で測定した腐食部の板厚データを用いて、有限要素法による強度解析が行われることが多い。この種の解析では、測定された板厚データを解析モデルに考慮することが不可欠であるが、その方法が解析結果の精度や信頼性に大きな影響を及ぼすと考えられる。また、たとえ細かいピッチで詳細に板厚測定できたとしても、これを活かした強度解析を実施しなければ正確な結果は得られない。

そこで本研究では、板厚データを強度解析に適用する方法として、①実測モデル②平均板厚モデル③最小板厚モデル④サンプリングモデルの4つのモデルを考え、これを用いた実際の腐食鋼材の圧縮強度解析結果と座屈試験結果の比較から、各モデルの適用性について検証する。

2. 腐食鋼材の板厚測定および圧縮強度実験

撤去されたフェリー渡橋から切り出した腐食鋼板の座屈試験¹⁾の概略を図-1に示す。試験片(全35体)の幅は全て30mmで、試験片長は $L=100\sim 450\text{mm}$ まで試験片ごとにそれぞれ異なる。板厚および偏心量は試験片の片面に5mm間隔で設けた格子点上にて測定している。荷重は試験片断面内に設けた仮想中立面に載荷し、この仮想中立面から板厚中央までの距離を偏心量とした。崩壊性状は全体座屈と局部座屈に大別され、試験片の局所領域で著しく腐食したことによって引き起こされた局部座屈試験片の数は17体であった。図-2および図-3に、試験片の板厚ヒストグラムと腐食深等高線図の一例を示す。

3. 弾塑性非線形有限要素解析による板厚データの適用方法に関する検討

試験片の材料特性を表-1に、解析モデルを図-4に示す。材料特性は、切り出した部位ごとに表-1に示す値を用いた。本研究では、図-4に示すようにモデル化された35体の全試験片について4節点アイソパラメトリックシェル要素を用いた強度解析を行った。解析は、座標更新法および増分理論による複合非線形有限要素解析である。応力-ひずみ関係は完全弾塑性とし、Misesの降伏条件を用いた。境界条件は、試験片の向かい合う短辺(両端)を単純支持、長辺を自由とした。載荷は、1つの短辺に等分布圧縮変位を与え、反対の短辺節点反力を合計して軸圧縮力を求めた。図-4中、太線で示した要素は実験装置の有効座屈長を再現するために設けた要素であり、この部分の板厚は、各試験片の平均板厚を用いた。

板厚データ(腐食データ)を解析モデルに適用するために、①実測モデル②平均板厚モデル③最小板厚モデル④サンプリングモデルの4つのモデルを考えた。実測モデルとは、解析要素の大きさを板厚測定間隔と同じ5mmとし、その板厚データをそのまま節点の板厚に採用したモデルである。平均板厚(最小板厚)モデルとは、要素の大きさを10mmに拡大し、図-5に示すように要素の節点周辺の領域内にある板厚の平均値(最小値)を節点の板厚としたモデルである。サンプリングモデルとは、10mmに拡大した要素の節点に対応する格子点の板厚を抜き出して節点の板厚としたモデルである。

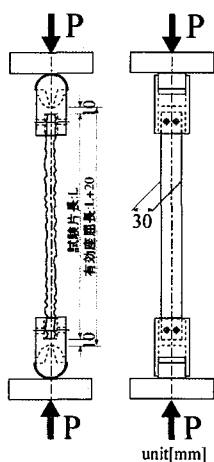


図-1 座屈試験の概略

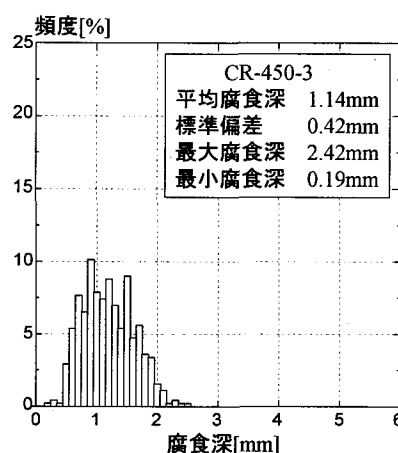


図-2 腐食深ヒストグラム

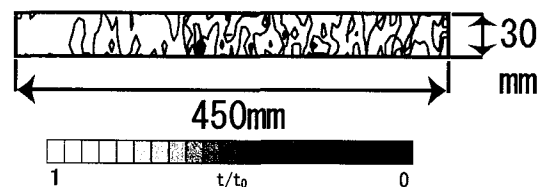


図-3 板厚等高線図

表-1 試験片の材料特性

	弾性係数 $E[\text{GPa}]$	ポアソン比 ν	降伏応力 $\sigma_y[\text{MPa}]$
リブ	206.6	0.287	273.6
ウェブ	202.1	0.274	277.5
フランジ	196.5	0.275	259.7

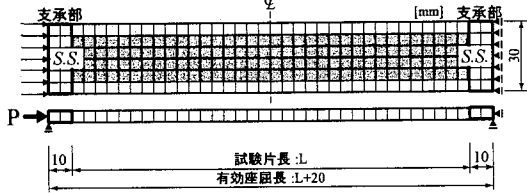
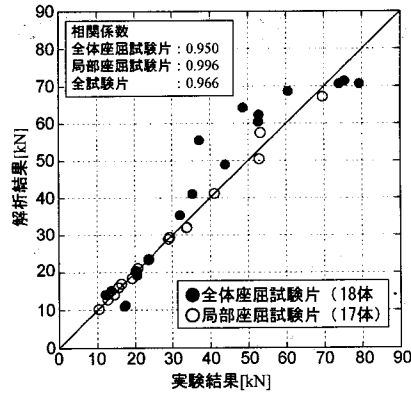
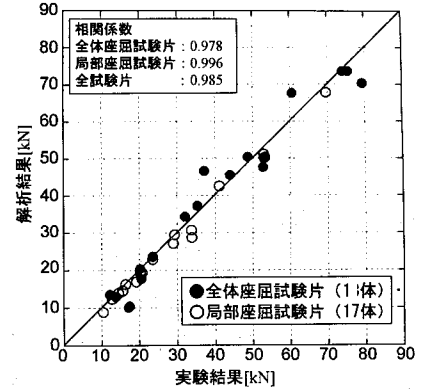


図-4 解析モデル



(a) 実測モデル



(b) 平均板厚モデル

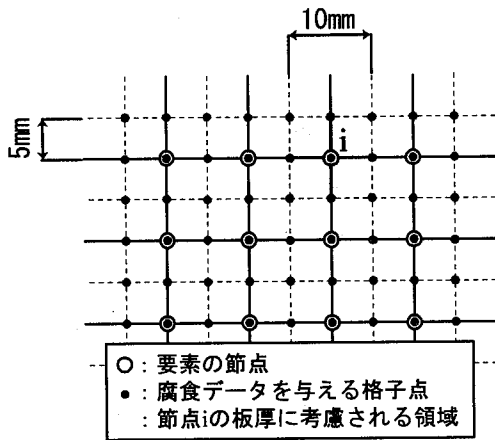
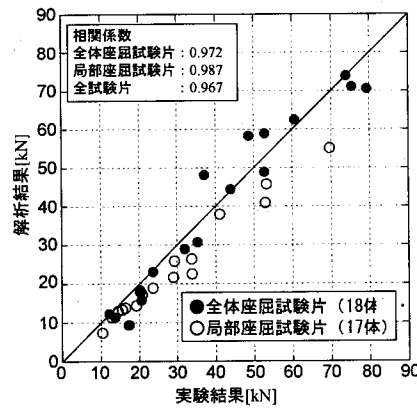
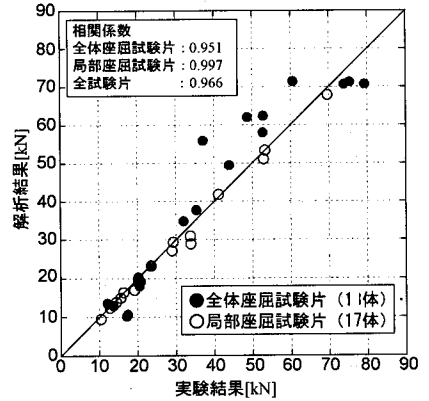


図-5 要素の節点と板厚データ



(c) 最小板厚モデル



(d) サンプルングモデル

図-6 解析結果と実験結果の相関図

全35体の圧縮強度に関する解析結果と実験結果の相関図を、各モデルごとに図-6に示す。図(a)から、全試験片としてはかなり良い相関(相関係数0.966)が得られており、板厚データの測定間隔5mmをそのまま要素分割として解析しても良好な結果が得られることがわかる。図(b)において、平均板厚モデルは4つのモデル中、最も実験結果と良い相関を示している。これは、板の圧縮強度は主として曲げ剛性に依存するため、節点まわりの平均板厚を求めて解析に考慮すれば、圧縮強度が十分な精度で推定できることを示している。また、この方法は、5mm以下の詳細に板厚測定された場合にも応用可能と考えられる。最小板厚モデル(図(c))については、全体的に実験結果よりも解析結果の方が小さく見積もられる傾向にあることがわかる。サンプリングモデル(図(d))では、全体座屈試験片について、危険側の判断を与える結果がいくつか確認できる。これは、単に解析要素の大きさに従って板厚データをサンプリングすると、解析結果のばらつきが大きくなる可能性を示すものである。

4. まとめ

- (1) 平均板厚モデルによる解析結果は4つのモデル中で実験結果と最も良い相関を示した。したがって、今後は5mm以下の詳細な板厚測定結果を解析に活かすために期待される。
- (2) 最小板厚モデルを用いると、実際よりも強度が小さく見積もられる傾向にある。このことから、最小板厚モデルを用いて強度解析した結果は、概ね安全側に見積もられる。
- (3) 単に解析要素の大きさに従って板厚データをサンプリングすると、解析結果のばらつきが大きくなる可能性がある。

参考文献

- 1) 藤井堅, 海田辰将, 平井勝志, 奥村誠: 腐食鋼板表面形状モデル作成における空間的自己相関モデルの適用性, 構造工学論文集, Vol. 48A, pp. 1031-1038, 2002
- 2) 海田辰将, 藤井堅, 中村秀治, 鈴木智朗: 腐食した鋼板の座屈強度解析に関する一考察, 第55回土木学会中国支部研究発表会概要集, I-32, pp. 63-64, 2003