

溶接残留応力の再配分を伴う腐食履歴が鋼板の耐力に及ぼす影響

大阪大学大学院

学生員 ○玉川 新悟

大阪大学接合科学研究所

正会員 金 裕哲

1. はじめに

供用下で腐食損傷した鋼構造部材は、死荷重などの外力作用下で徐々に減厚が進行するため、不可逆的に塑性変形すると考えられる。塑性変形は、死荷重の再配分に起因するもののみならず、部材に内在する溶接残留応力の再配分に起因するものがある。しかしながら、FEM などを用いて、腐食した鋼構造部材の耐力を予測する場合、上記の腐食履歴を無視し、当初から所定の減厚を与えた上で、単に荷重を載荷させる耐力解析が行われている。その上、一般的に減厚に伴う溶接残留応力の再配分が無視されている。

本稿では、減厚による応力の再配分が考慮できる FEM 解析コード¹⁾を用いて、溶接残留応力の再配分を伴う腐食履歴が、鋼板の耐力に及ぼす影響を明らかにする。

2. 解析モデルおよび解析ケース

解析モデルは、Fig.1 に示すように、両側に溶接線を有する周辺単純支持圧縮板とする。使用する要素は 8 節点シェル要素とする。本解析では、減厚パターン 2 通り、載荷手順等の違いによる解析ケース 3 通りの全 6 通りについて、耐力算定のための弾塑性有限変位解析を行う。

板の初期たわみ w_0 は、次式で与える。

$$w_0(x, y) = (B/150) \cdot \sin(\pi x/B) \cdot \sin(\pi y/L) \quad (1)$$

溶接残留応力 σ_{rs} は、Fig.2 に示すように、別途行った熱弾塑性解析から得られた結果を用いる。

ここで、本来相互関係を持つ初期たわみと溶接残留応力を独立に与えた場合、板は、自己平衡状態とならないため、事前に両者を精度良く導入するための釣合計算を行い、無載荷時の減厚の無い平板に対し、上記の初期たわみと溶接残留応力を導入した。

腐食を模擬した減厚は、Fig.3 に示すような Pattern-A と Pattern-B の 2 通りを考える。いずれのパターンにおいても、最大減厚部が初期板厚の半分になるまで減厚し、最大減厚時の耐力を算定する。

解析ケースは、Table 1 に示すような 3 ケースを考える。すなわち、

(a) 厳密ケース：死荷重を想定した荷重 $P_0=0.2P_Y$ を載荷後、この荷重下で、徐々に減厚していく腐食過程を解析し、耐力を算定するために荷重をさらに漸増

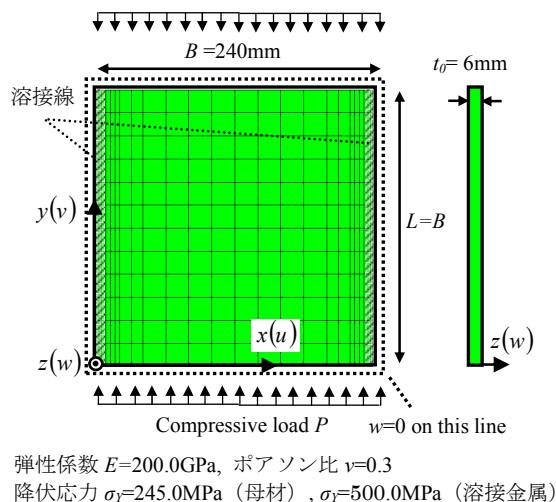


Fig.1 周辺単純支持板の解析モデル

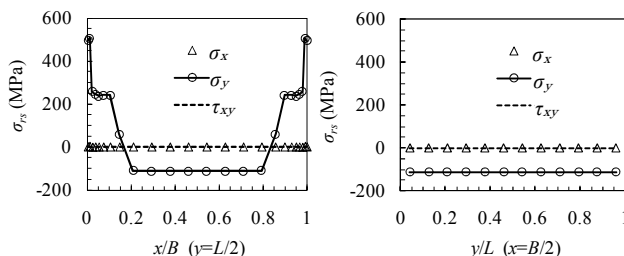


Fig.2 溶接残留応力分布

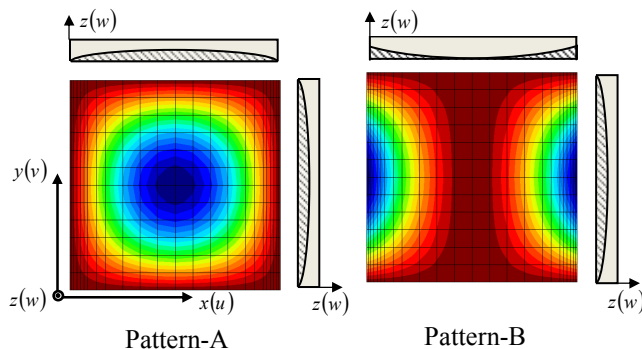


Fig.3 減厚パターン

キーワード 腐食履歴、溶接残留応力、応力再配分、周辺単純支持板、耐力、FEM 解析

連絡先 〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘 11-1 大阪大学接合科学研究所 TEL 06-6879-8647

Table 1 解析ケース

解析ケース	(a) 厳密ケース	(b) 腐食履歴無視ケース	(c) 簡易ケース
Step-0	すべてのケースで同じ初期状態 (溶接残留応力, 初期たわみを考慮)		
Step-1	死荷重載荷 ($P_0=0.2P_Y$)		
Step-2	死荷重下で減厚 (死荷重と残留応力が再配分)	無載荷で減厚 (残留応力再配分は無視)	無載荷で減厚 (残留応力が再配分)
Step-3	荷重増加 (耐力力算定)	荷重増加 (耐力力算定)	荷重増加 (耐力力算定)

載荷する。減厚により死荷重と溶接残留応力の再配分に起因した塑性変形を受ける。

(b)腐食履歴無視ケース：腐食履歴を無視し，当初から減厚させた後に荷重を漸増載荷する。減厚時の溶接残留応力の再配分を無視する。

(c)簡易ケース：当初から減厚させた後に荷重を漸増載荷する。ただし，減厚時の溶接残留応力の再配分は考慮する。減厚により溶接残留応力の再配分に起因した塑性変形を受ける。荷重作用下での腐食を無載荷状態での腐食に簡易化したもの。

供用下にある部材の腐食履歴をより正確に反映させたケースが(a)であり，以降の比較では，これを最も厳密な挙動として位置づける。

3. 解析結果および考察

板の圧縮挙動を Fig.4 に示す。

ケース(a)と(b)を比較する。腐食履歴を無視したケース(b)は，Pattern-A の減厚を有する場合では耐力力を高めに見積もり，Pattern-B の場合，耐力力を低く見積もっていることが分かる。これらは，ケース(b)が減厚時の溶接残留応力の自己平衡条件を無視したことに起因している。

ケース(a)とケース(c)を比較すると，両者の耐力力および死荷重載荷以降の終局挙動に大きな違いは見られない。この結果は，減厚時の溶接残留応力の再配分を考慮すれば，死荷重下での腐食履歴を厳密に解析することなく，当初から減厚させた後に荷重を載荷する簡易な方法により耐力力が精度よく予測できることを示唆している。すなわち，腐食損傷が生じている供用下の鋼構造部材の耐力力を予測する際には，その部材がそれまで経験した腐食による板厚変化を計測しておく必要はなく，単に，現時点における減厚量のみを用いることで，耐力力が精度よく予測できることを示唆している。

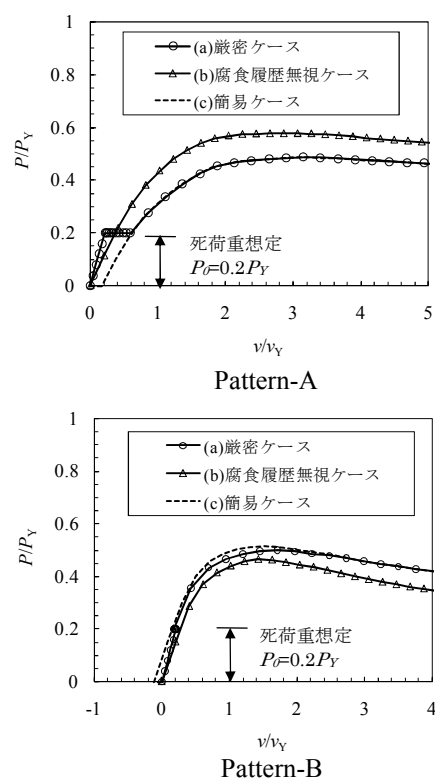


Fig.4 板の圧縮挙動

4. まとめ

得られた知見を以下にまとめる。

- (1)腐食減厚に伴う溶接残留応力の再配分を無視した場合，圧縮残留応力域の腐食減厚は耐力力を高め評価し，引張残留応力域の腐食減厚は耐力力を低めに評価する。
- (2)溶接残留応力の再配分を考慮すれば，死荷重下での腐食履歴を厳密に解析することなく，当初から減厚させた後に荷重を載荷する簡易な方法により終局挙動および耐力力が精度よく予測できる。

参考文献

- 1) 玉川ら：鋼板腐食に伴う応力再配分を考慮したシェル要素による解析法の開発と実用問題への適用，応用力学論文集, Vol.11, pp.979-989, 2008.