

I-61 板厚減少に伴う初期不整の変化を考慮した圧縮板の強度

大阪大学 正 員 〇亀井義典

大阪大学 学生員 村上茂之

大阪大学 正 員 西村宣男

1. はじめに 過酷な自然環境下で使用される鋼材において、腐食による強度低下は注目すべき問題である。施工後年数を経た鋼構造物の耐久性を確保するためには、腐食鋼部材の残存強度の適切な評価が不可欠であり、それに基づく補修基準の策定が必要とされている。本報告では、腐食鋼板の適切な強度評価法を確立するための基礎資料として、変厚圧縮鋼板の強度を弾塑性有限要素法を用いて解析した。近年、変厚板の圧縮強度についての研究は数多く成されているが、板厚減少に伴う初期不整の変化に着目した研究はまだ例を見ない。さらに、本報告では圧縮鋼板の耐荷力曲線を利用して変厚板の圧縮強度を評価するための換算板厚について検討を行った。

2. 腐食による板要素の力学モデル 腐食を構成する諸元として、腐食波形、最大腐食量、腐食面の3点に着目し、この3諸元を適宜組み合わせることにより腐食形態を考える。腐食量は全腐食量が、両面、片面腐食の双方で等しいものとし、その大きさは初期板厚 t_0 に対し0.1, 0.2, 0.3の3種とした。さしあたり腐食波形としては、初期たわみとの兼ね合いから最も不利であると考えられるsine半波を用い、軸方向・軸直角方向に同一な腐食波形を与えた。図-1に解析モデルを示す。なを、本研究では有限要素解析に際し、腐食鋼板を4辺単純支持の変厚板にモデル化し解析を行っている。初期たわみ量としては、福本・伊藤によって作成された等厚圧縮板の座屈実験データベース¹⁾における平均値相当の値($0.288b/150$, b :板幅)を、

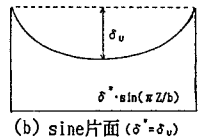
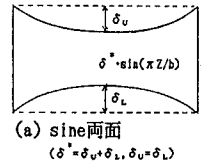


図-1 腐食形態

残留応力としては $\sigma_{rc} = -0.4\sigma_y$ を用いた。片面のみ板厚減少が生じる変厚板においては、板の中立面の移動に起因する付加初期たわみ量を考慮した。板に残留応力が存在する場合には、板厚減少により残留応力が再分配され、節点に変位が生じる。この影響は直接的に初期不整量へ関与するため、残留応力を持った板の解析を行う際には、残留応力の再分配に対する影響を考慮する必要がある。本報告では、板厚減少部分が有していた残留応力を断面力に変換し、任意の節点に集まる全ての要素の断面力之和を、その節点における外荷重と考え、線形計算により再分配後の残留応力および初期たわみを算出した。

3. 変厚鋼板の圧縮強度特性

変厚圧縮板と等厚圧縮板の極限圧縮強度の比(σ_u^*/σ_u)に着目し、板厚減少による圧縮強度の低下を考察する。図-2は、変厚板の圧縮強度を変厚形態を助変数とし図化したものであり、(a)残留応力除去時、(b)残留応力考慮時のものである。板厚減少量の大小が強度に影響することは周知のことである。残留応力を考慮しない場合、片面板厚減少時に生じる板中立面の移動に伴う付加初期たわみ量の影響が直接的に関与し、

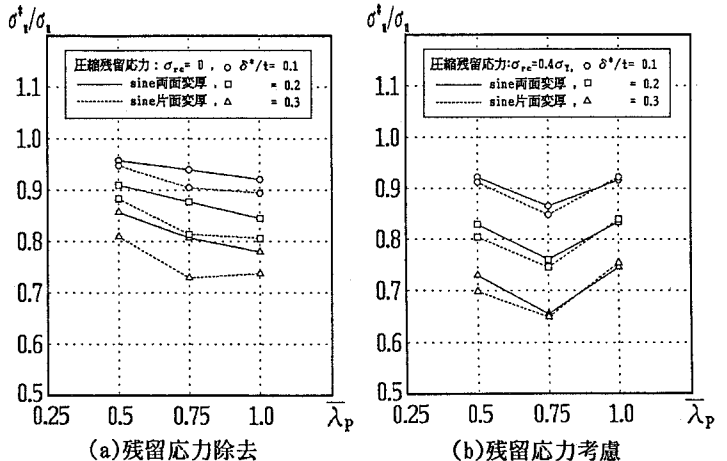


図-2 変厚板の圧縮強度

著しい強度低下が生じている。しかし、この影響は残留応力を考慮した場合緩和される傾向にある。これは、

残留応力を有する鋼板においては、再分配後の応力もしくは初期たわみが、変厚鋼板の強度低下を助長する大きな要因となることを意味する。また、残留応力再分配による強度低下は、いずれのケースにおいても顕著であるが、片面・両面変厚の相違よりも、最大板厚減少量に大きく依存する。以上のことから、残留応力を有する実構造では、腐食形態より、最大腐食量および板厚減少に伴う残留応力再分配の影響に留意する必要があると考えられる。

4. 変厚圧縮鋼板の換算板厚評価に関する提案

変厚圧縮板の残存強度を評価する際に、その残存平均板厚 t_m を用いる方法が考えられる。しかし、変厚板の耐荷力を残存平均板厚で評価した場合、変厚形態の相違によって残存強度のばらつきの著しいことが従来から言われている。これは、残存平均板厚に変厚形態の影響が加味されていないためであり、任意の形態で板厚が変化する変厚板の圧縮強度を評価するためには、FEMなどの数値解析によらざるをえないのが現状である。そこで、本研究では、変厚板と等しい極限圧縮強度を持つ等厚板の板厚を、既存の耐荷力曲線を用いて評価し、変厚板の換算板厚 t^* とした。従って、この換算板厚から算出される等価幅厚比を用いる事により既存の耐荷力曲線の利用が可能となる。また、この換算板厚は解析的に求められたものではあるが、板厚減少量、変厚波形等の影響が考慮されており、種々の変厚形態について解析を進め、変厚形態と換算板厚の関係を明確にすることにより、変厚板の残存強度の定式化も可能であると考えられる。

図-3, 4は、横軸に初期板厚に関する幅厚比パラメータ λ_p をとり換算板厚 t^* を残存平均板厚 t_m で無次元化した値を示したものである。 t^*/t_m の値が1より小さいケースにおいては、残存平均板厚で板厚減少後の強度を評価した場合、強度が過大評価されることになり、換算板厚で評価した強度に比べ危険側となる。この傾向は最大腐食量が大きくなるほど顕著に表れる。また、残留応力を除去したケースにおいては、両面よりむしろ片面のみ板厚減少が生じる形態において、より危険側となる傾向が認められる。これらの傾向は変厚による強度低下の傾向と類似しており、変厚板の残存強度の低下が顕著であるほど、残存平均板厚を用いた強度評価は危険性を増すと考えられる。

5. まとめ 腐食鋼板の残存強度を評価するための基礎的研究として、変厚板の圧縮強度を弾塑性有限要素法を用いて解析し、残留応力を有する変厚板においては、変厚形態より最大板厚減少量とその強度に大きく関与する事を示した。また、変厚板の強度評価式を提案するための基礎データとして、換算板厚の算出を行い、変厚板の板厚として残存平均板厚を用いた場合、腐食形態、幅厚比等によっては、かなり危険側に評価される可能性があることを明らかにした。今後、実構造の腐食モードの調査、それらを対象としたパラメトリック解析により腐食モードと換算板厚の関係を明らかにし、腐食鋼板における残存強度の適切な評価式を提案していく予定である。

参考文献

- 1) Itoh, Y. and Fukumoto, Y. : Basic Compressive Strength of Steel Plates from Test Data, Proc. of JSCE, No.344, pp129-139, 1984.

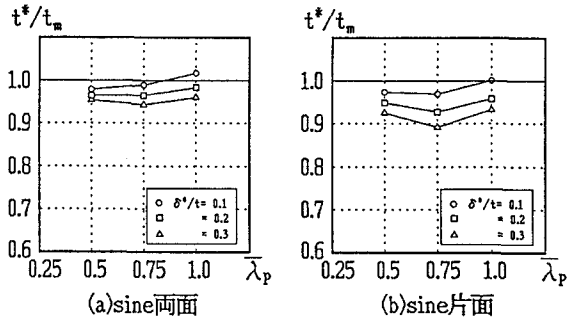


図-3 換算板厚と残存平均板厚の比較(残留応力除去)

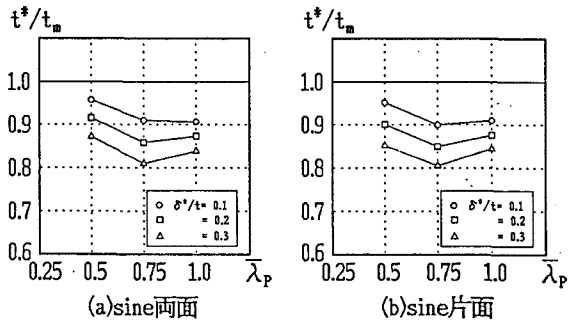


図-4 換算板厚と残存平均板厚の比較(残留応力考慮)