

腐食鋼板の圧縮強度評価に関する基礎的研究

大阪大学 正 員 〇亀井義典

大阪大学 学生員 村上茂之

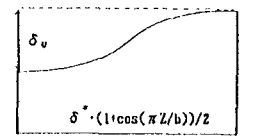
大阪大学 正 員 西村宣男

1. はじめに 代表的な建設材料の一つである鋼材の弱点は、過酷な自然環境下における腐食性の問題である。鋼構造物の耐久性を確保するためには、適正な管理点検法の確立と補修基準の策定が不可欠であり、その基礎データとして、腐食被害を受けた鋼構造物の残存強度に対する適切な評価式が必要とされている。この目的の第一歩として、本研究では腐食により板厚減少が生じた鋼板を変厚圧縮板として捉え、その圧縮強度を薄板の弾塑性有限変位解析プログラムを用いて解析した。さらに、圧縮鋼板の基本強度曲線を利用して、腐食鋼板の換算板厚を評価し、腐食被害を受けた鋼板において強度評価を行うための基礎資料とした。

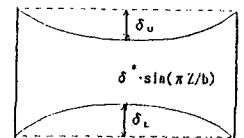
2. 腐食による板要素の力学モデル 腐食を構成する諸元として、腐食波形、最大腐食量、腐食面の3点に着目し、この3諸元を適宜組み合わせることにより腐食形態を考える。図-1に対象とした腐食形態の概略を示す。腐食量は全腐食量が、両面、片面腐食の双方で等しいものとし、その大きさは初期板厚 t に対し0.1, 0.3, 0.5の3種とした。さしあたり腐食波形としては、sine半波、cosine半波を用い、軸方向・軸直角方向に同一な腐食波形を与えた。なお、本研究では有限要素解析に際し、腐食鋼板を4辺単純支持の変厚板にモデル化し解析を行っている。初期たわみ量としては、福本・伊藤によって作成された等厚圧縮板の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)を用いた。図-1(b), (c)のモードで与えられ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。しかしながら、本報告では、残留応力が存在する変厚鋼板の圧縮強度特性を解析するに先立ち、焼きなまし等により残留応力を除去した鋼板を対象に解析を行った。

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る。板厚減少量の大小が強度に影響する事は周知の事であるが、変厚モードの異なる(a)と(c)に着目すると、初期たわみと板厚減少波形とのかねあいから(c)において圧縮強度の低下が著しいことが分かる。また、(b)と(c)の比較では、片面のみ板厚減少が生じる(c)において強度低下が顕著となる。これは、板の中立面の移動に起因する付加初期たわみ量の影響によるものであると思われる。結局、残留応力を考慮しない変厚板においては、初期たわみ波形、変厚波形のかねあい、および板厚減少による付加初期たわみ量が、その強度を左右すると考えられる。

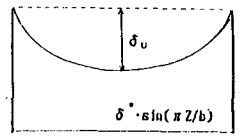
4. 変厚圧縮鋼板の換算板厚評価に関する提案 変厚圧縮板の残存強度を評価する際に、その残存平均板厚 t_m を用いる方法が考え



(a) cosine片面 ($\delta^* = \delta_u$)



(b) sine両面 ($\delta^* = \delta_u, \delta_u = \delta_z$)



(c) sine片面 ($\delta^* = \delta_u$)

図-1 腐食形態

σ_u^*/σ_u

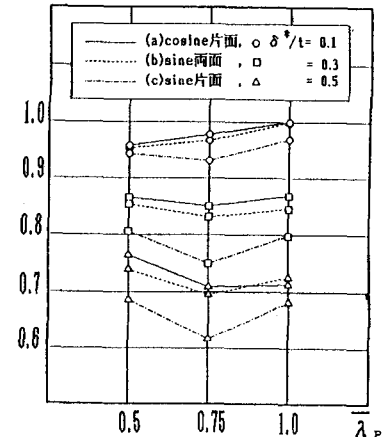


図-2 変厚板の圧縮強度

Yoshinori KAMEI, Shigeyuki MURAKAMI, Nobuo NISHIMURA

られる。図-3は、板厚が残存平均板厚に等しい等厚板の幅厚比 $\bar{\lambda}_{pm}$ を用いて残存強度を評価したものである。変厚板の耐荷力を残存平均板厚で評価すると、既存の等厚板の耐荷力曲線²⁾に対してかなりのばらつきが認められる。これは、残存平均板厚に変厚モードの影響が加味されていないためであり、任意のモードで板厚が変化する変厚圧縮板の強度を評価するためには、FEMなどの数値解析に依らざるをえないのが現状である。そこで、本研究では、変厚圧縮板と等しい極限圧縮強度を持つ等厚圧縮板の板厚を、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、変厚板の強度式が評価可能であると考える。

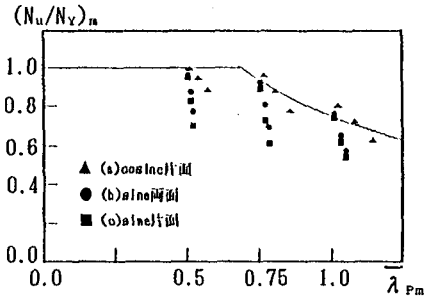


図-3 残存平均板厚を用いた耐荷力評価

図-4は、横軸に初期板厚に関する幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p$ 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、幅厚比が小さくなるほど顕著に表れる。また、変厚形態に着目すると、板の端付近より中央付近で板厚減少が生じるケースにおいて危険性が増し、両面よりむしろ片面のみ板厚減少を受けるケースにおいて、より危険側となる傾向が認められる。

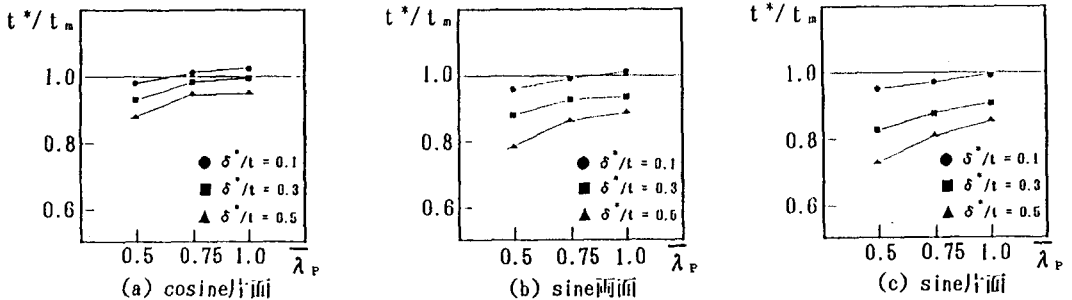


図-4 換算板厚と残存平均板厚の比較

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、板厚減少による残留応力再分配の影響を考慮し、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.340 , pp129-139 , 1984.
- 2) 文部省科学技術研究費補助金総合研究A (代表 福本湧士) : 鋼骨組構造物の極限強度の統一的評価に関する総合的研究研究成果報告書 I-1 板要素の基本強度