

腐食を受けた自由突出鋼板の圧縮強度

大阪大学工学部 正 員 西村 宣男 大阪大学工学部 正 員 亀井 義典
大阪大学大学院 学生員○村上 茂之

1. はじめに 代表的な建設材料の一つである鋼材は、過酷な自然環境下において腐食を呈するという弱点を有する。鋼構造物の耐久性を確保するためには、残存強度の適正な評価式が必要とされている。本研究では腐食により板厚減少を生じた鋼板を変厚板として捉え、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。さらに腐食鋼板の残存強度を、圧縮鋼板の基本強度曲線を利用して評価し、残存強度評価の一指標としての換算板厚の検討を行った。

2. 解析モデル 解析の対象とした鋼板の構造諸元を表-1に示す。図-1に示すようなSINE半波で与えられる腐食形態を鋼板に与え圧縮強度の解析を行った。最大腐食量は板厚 t に対し0.1, 0.2, 0.3の3種とした。また、鋼板に対し最も不利となる腐食形態を考慮するために、自由辺中央において最大腐食が発生した場合を考えた。初期不整量とし、板幅 b に対し $b/100$ の大きさを有する初期たわみと、圧縮残留応力として $-0.4\sigma_y$ を有する自己平衡型の残留応力¹⁾を考慮した。

3. 初期不整量の変化 残留応力を有する鋼板では、腐食により板厚減少を生じると残留応力が再分配され初期不整量に変化が生じると考えられる。そこで、減少部が有した残留応力を仮想節点力として載荷することにより、弾塑性有限変位解析によって初期不整量の変化量を求めた。この結果得られた初期不整量を用いて変厚自由突出鋼板の圧縮強度の解析を行った。また、自由辺以外の境界辺においては面内変位は拘束されているものとした。表-1に解析結果を示す。

4. 変厚自由突出鋼板の圧縮強度特性 図-2に変厚自由突出鋼板の圧縮強度の解析結果を示す。最大腐食量の大きさに従って圧縮強度は低下していることが分かる。圧縮強度の低下に及ぼす幅厚比の影響を明らかにするために、変厚鋼板の圧縮強度(N_u^*)と等厚鋼板の圧縮強度(N_y)の比を図化したものが図-3である。最大腐食量の大きさによらず幅厚比が0.9~1.0の時に圧縮強度の低下量が最大となっている。また、幅厚比が0.9以下における圧縮強度は幅厚比の影響を受け低下しており、この傾向は各腐食量において類似している。これに対し、幅厚比が1.0を越える範囲においては、圧縮強度の低下量が幅厚比に従って減少しており、この割合は腐食量が小さいほど顕著であることが分かる。

5. 残存強度の評価 図-3における実線は圧縮強度比を幅厚比、最大腐食量、板厚で近似したものであり、

鋼種	SS41
γ_s ノット比	4.0
板厚	1.0 cm
初期たわみ波形	$\frac{b}{100} \frac{y}{b} \sin(\frac{\pi z}{L})$
腐食波形	$\frac{\delta^*}{t} \sin(\frac{\pi y}{b}) \sin(\frac{\pi z}{L})$

表-1 構造諸元

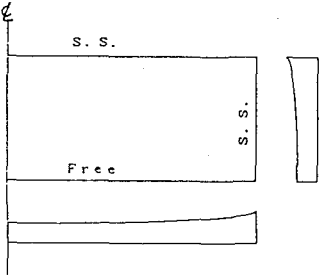


図-1 腐食形態

δ^*/t	λ_p	σ_{xx}/σ_y	$\delta_{PT}^*/\delta_{PT}$
0.1	0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.2 1.4	-0.496	1.053 1.052 1.050 1.047 1.041 1.036 1.021 1.019
0.2	0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.2 1.4	-0.608	1.051 1.064 1.079 1.092 1.103 1.114 1.129 1.145
0.3	0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.2 1.4	-0.717	1.055 1.088 1.120 1.150 1.176 1.200 1.241 1.289

表-2 初期不整量の変化

次式で与えられる。

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{N_u^*}{N_u} \right) &= \alpha_1 (\lambda_p - 0.9) + \beta & 0.5 \leq \lambda_p \leq 0.9 \\
 &= \beta & 0.9 \leq \lambda_p \leq 1.0 \\
 &= \alpha_2 (\lambda_p - 1.0) + \beta & 1.0 \leq \lambda_p \leq 1.4
 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\alpha_1 = 0.25 (0.5 - \eta), \quad \alpha_2 = 0.1 \cdot 2^{-10\eta}$$

$$\beta = 1.0 - \delta^* + 0.01\zeta$$

$$\eta = \frac{\delta^*}{t} - 0.2, \quad \zeta = 10 \frac{\delta^*}{t} + 2 (10\eta) - (10\eta)^2$$

腐食鋼板の残存強度を評価する手段として、残存平均板厚を用いる方法が考えられる。しかし、この方法では腐食形態が同一ならば幅厚比によらず同一の板厚により残存強度を評価するために適切な残存強度評価が出来ない。図-4に残存平均板厚を用いた残存強度評価の結果を、図-5に式(1)による残存強度評価の結果を示す。図-4より残存平均板厚による評価は、残存強度の過大評価を行う傾向がみられる。これに対し図-5における評価は基本強度曲線に一致し、より適正な評価を与えうると考える。残存強度評価の一指標としての残存平均板厚と換算板厚の比較を行う。換算板厚は次式により求められる。

$$\frac{t^*}{t} = \left(\frac{\sigma_u^*}{\sigma_u} \right)^{\frac{1}{1.64}} \quad (2)$$

図-6に幅厚比による換算板厚の変化を示す。図中の実線が残存平均板厚である。換算板厚が幅厚比に対し変化するのに対し、残存平均板厚は同一の腐食形態においては最大腐食量にのみ影響される。変厚鋼板の圧縮強度が等厚鋼板の圧縮強度に対し、幅厚比に影響され変化することを考慮すれば、換算板厚を残存強度評価の一指標としての妥当性が認められる。また、残存平均板厚による評価は、腐食形態、幅厚比の影響が加味されず、様々な腐食形態を呈する腐食鋼板の残存強度評価に対しては適正であるとは言い切れない。

6. まとめ 変厚自由突出鋼板の極限圧縮強度を解析することにより、その圧縮強度特性を明らかにした。さらに、幅厚比、最大腐食量等のパラメータを用いて変厚鋼板の圧縮強度の換算式を求めた。これをもとに残存強度評価の一指標としての換算板厚が算出され、周辺単純支持鋼板の場合²⁾と同様に、残存強度評価において換算板厚を用いることの有効性が認められた。

参考文献

- 1) 北田俊行：圧縮力を受ける鋼板及び補剛鋼板の極限強度に関する研究，大阪大学博士論文，昭和50年6月
- 2) 西村宜男・亀井義典・村上茂之：板厚減少に伴う初期不整量の変化を考慮した圧縮板の強度，第46回土木学会年次学術講演会講演概要集，I-63，平成3年9月

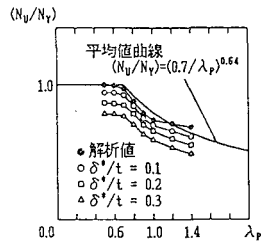


図-2 変厚自由突出鋼板の圧縮強度

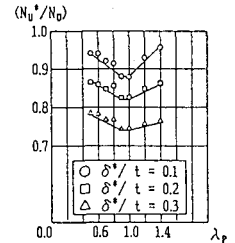


図-3 変厚板と等厚板の圧縮強度比

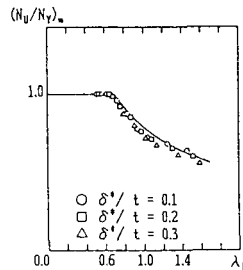


図-4 残存平均板厚による残存強度評価

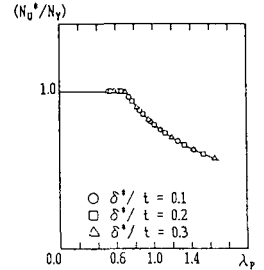


図-5 換算式による残存強度評価

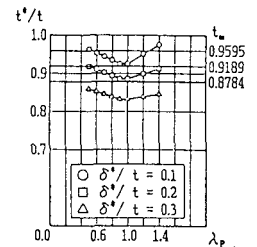


図-6 換算板厚と残存平均板厚の比較