

局部腐食をともなう形鋼部材の簡易な圧縮耐荷力評価法

広島大学	学生会員	○植村 俊哉
広島大学	正会員	藤井 堅
新日本製鐵（株）	正会員	今福 健一郎

1. はじめに

近年、経年した鋼構造物の腐食劣化が重要課題となっており、中小スパンの形鋼で構成されるトラス橋においても部材が著しく減肉した例が多数確認されている。このような鋼部材の残存耐荷力を、精度良く評価することは難しく、とくに局部的腐食を有する圧縮部材の場合には、腐食状況によって種々の局部座屈形式が生じるため、一層難しい。

昨今、局部腐食を有する鋼板、鋼桁を擬似的に再現し、その耐荷力特性の解明や評価方法の確立を目的とした解析的研究^{1),2)}が行われているが、局部腐食した部材の残存耐荷力に関する研究はまだ無いようである。

そこで本研究では、局部腐食した形鋼部材の圧縮耐荷力評価のために、形鋼を構成する板要素および形鋼全体の曲げ座屈などの種々の座屈形式を考慮した簡易な耐荷力評価法を提案する。

2. 実験結果

実験は、形鋼で構成されたトラス橋から腐食した部材を切りだして行った。形鋼は、溝形鋼と等辺山形鋼である。サンドブラストにより除錆し、ハンディースキャナーにより部材表面座標を計測し、1mm メッシュ間隔で板厚と中央面の座標を求めた。載荷試験結果から得られた圧縮耐荷力と部材断面の最大減肉率（ $= (A_0 - A_{\min}) / A_0 \times 100$ ）を図-1 示す。ここで A_0 は無腐食時の形鋼部材断面積、 $A_{\min}$ は腐食部材の最小断面積、 P_0 は無腐食部材の座屈荷重、 P_{cr} は腐食部材の残存耐荷力試験結果である。図から圧縮耐荷力は最大減肉率と相関が強く、残存耐荷力は局部的な減肉に大きく影響されることが考えられる。

3. 残存耐荷力評価方法

載荷試験の結果から、部材全体が一様に腐食している場合には部材の全体座屈（曲げ座屈）が発生したが、局部腐食した部材では、構成する板要素の局部座屈による崩壊が確認された。また、局部座屈は腐食状況により、発生位置や座屈長が異なるので、それらを考慮した評価方法が必要と考えられた。そこで図-2 に示す

ように、部材を長手方向に等間隔で複数の要素に分割し、連続する要素の繋がりで座屈長を考慮することとする。図-2 で、仮に赤枠で示される部分が局部座屈すると考えると、この区間の平均板厚と標準偏差を求め、無腐食の座屈耐荷力曲線を用いて、圧縮耐荷力を算出する。この場合、図に示すように、断面ではなく部材を構成するフランジあるいはウェブの局部座屈により耐荷力が決まる場合も考えられるので、これらの板要素についての耐荷力も求める。このとき、フランジあるいはウェブの板要素の評価板厚を用いて、無腐食の板の座屈耐荷力曲線から、板要素の耐荷力を求める。この作業を種々の連続する要素の繋がりについて計算し、それらの最小値を残存耐荷力として評価する。

座屈区間（要素の繋がり）が曲げ座屈を起こして崩壊する場合の座屈耐荷力曲線は、欧日米の鋼柱の終局強度評価式（1）により求める³⁾。ここに、 λ は細長比パラメータである。また、溝形、山型断面を構成する板要素（フランジ、ウェブ）の局部座屈については、表-1 に示すような境界条件の福本ら³⁾の強度曲線（2）および（3）を用いる。これらの式で、 R は、幅厚比パラメータを示す。細長比パラメータおよび幅厚比パラメータの評価板厚には、座屈区間の平均板厚 t_{ave} と標準偏差 σ を用いて評価板厚 $t_c (= t_{ave} - 1.0\sigma)$ とした。

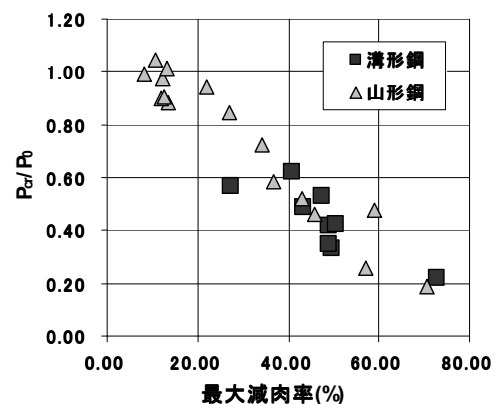


図-1 最大減肉率と座屈荷重の関係

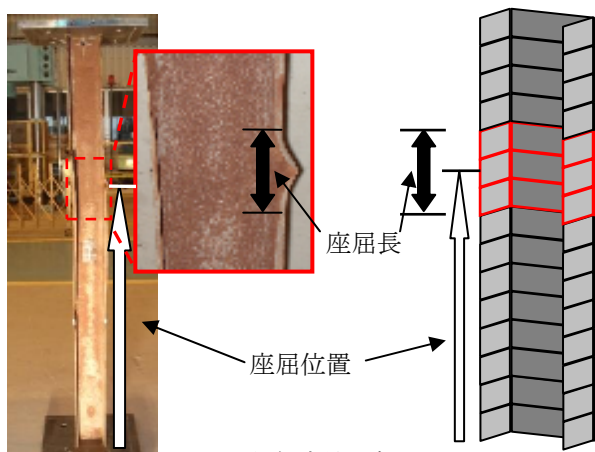


図-2 評価方法の概要

4. 評価結果

提案する評価方法による形鋼部材の圧縮耐荷力（評価値）と圧縮試験結果（実験値）を比較して図-3 に示す．図から溝形鋼，山形鋼ともに，評価値は実験値とよく対応しており，またほぼ安全側に評価しているのがわかる．なお，山形鋼については，腐食形態がほぼ一様に腐食している部材が多く，局部腐食したものは少なかった．局部座屈崩壊した例を図-4 に示す．左側の図は，実験結果後の変形状態，右側は，腐食した断面積の分布を示す．また，塗りつぶし部分は評価結果の局部座屈の座屈長とその位置を示している．このように，本評価法は，座屈発生位置および座屈長をとらえて座屈耐荷力を評価し得ることがわかる．

5. 結論

- 1) 腐食部材の圧縮耐荷力は，部材の最小断面積（最大減肉率）と相関が強い．
- 2) 本評価法により，局部腐食した形鋼部材の残存圧縮耐荷力を評価できる．このとき，評価板厚として $t_e = t_{ave} - \sigma$ を用いれば，ほぼ安全側に評価できる．
- 3) また，ほとんどの部材の座屈発生位置をとらえることができた．座屈発生位置は，部材あるいは板要素の断面積が最小となる位置と対応した．

参考文献

- 1) 渡邊他：局部腐食を有する鋼 I 桁の曲げ耐力の解析と評価方法の検討，土木学会第 56 回年次学術講演会概要集，I-B125，2001.10.
- 2) 中沢正利：局部腐食を受けた鋼板の圧縮耐荷力特性，土木学会第 56 回年次学術講演会概要集，I-B210，2001.10.
- 3) 土木学会：鋼構造シリーズ 12 座屈設計ガイドライン改訂第 2 版，2005.10.

表-1 形鋼の構成プレート別評価方法

	座屈部位	境界条件	評価式
溝形鋼	フランジ	3 辺単純支持	式 (2)
	ウェブ	周辺単純支持	式 (3)
山形鋼	片面のみ	3 辺単純支持	式 (2)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_u / \sigma_y &= 1.0 & (\lambda \leq 0.2) \\ &= \frac{1}{2\lambda^2} \left(\beta - \sqrt{\beta^2 - 4\lambda^2} \right) & (\lambda > 0.2) \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\beta = 1 + 0.224(\lambda - 0.2) + \lambda^2$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_u / \sigma_y &= 1.0 & (R \leq 0.7) \\ &= (0.7 / R)^{0.64} & (R > 0.7) \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_u / \sigma_y &= 1.0 & (R \leq 0.571) \\ &= \frac{0.968}{R} - \frac{0.286}{R^2} - \frac{0.0338}{R^3} & (R > 0.571) \end{aligned} \right\} (3)$$

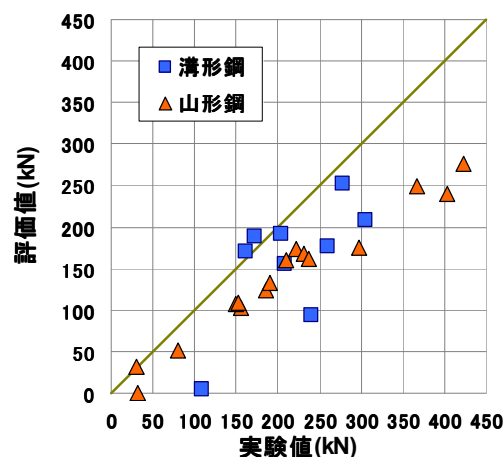


図-3 評価値と実験値の比較

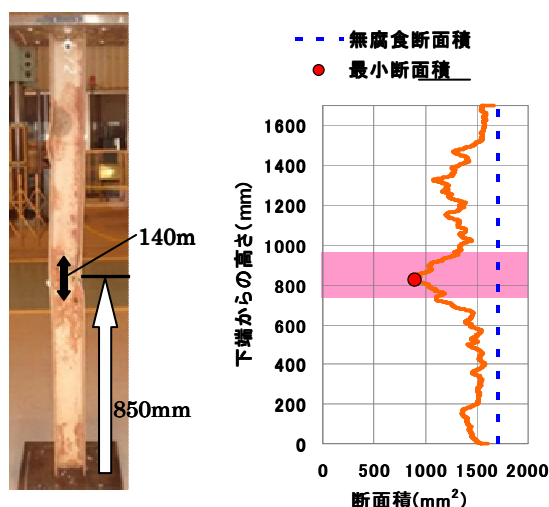


図-4 局部座屈と部材軸方向での断面積