

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○齋藤 康平
立命館大学理工学部 正会員 野阪 克義

1. はじめに

現在供用中の多くの鋼橋は、腐食・亀裂・経年劣化などの問題に直面している。各自治体は、管理している橋梁の現状を点検し、今後の維持管理計画を策定することが求められている。落橋などの大事故はもちろん、突然の通行止めなど利用者への不利益を未然に防ぐためには、各橋梁の現時点での状況を把握し、適切な対策をとることが重要である。これまでに、腐食による断面欠損や亀裂が生じた鋼部材の残存耐荷力に関する研究は行われてきており、残存耐荷力の評価式なども提案されてきているが、実務での適用は難しいのが実状である。本研究では、圧縮を受ける部材に孔が生じた際に、どの程度の残耐荷力を有するかを簡便な式で評価できないかを検討するために、パラメトリック解析を行った。

2. 解析概要

本研究では、汎用非線形有限要素解析ソフト MARC を用いて解析を行った。解析モデルは、図-1 に示すような箱桁などの圧縮フランジを想定した。鋼材は SM490Y を想定し、降伏強度を $\sigma_y=355\text{N/mm}^2$ 、ヤング係数とポアソン比はそれぞれ $E=200,000\text{N/mm}^2$ 、 $\nu=0.3$ とした。シェル要素を用いてモデル化し、X 軸方向、Y 軸方向それぞれ 5mm となるよう要素分割した。

境界条件は 4 辺単純支持となるように与えた。寸法は 500mm × 100mm, 700mm × 100mm, 1000mm × 100mm の 3 パターンとした。板厚 (t) は想定した幅厚比パラメータ (R) となるよう、表-1 に示す値とした。腐食による断面欠損は、図-1 の端部の中央から幅方向、長さ方向にそれぞれ 10%、20%、30% 与えたものと、長さ方向の腐食による断面欠損の影響を考察するため幅方向の 10% を固定し、長さ方向のみ 20%、30% と断面欠損を広げた解析を行った。初期変形は、半波が 100mm の正弦波となるように下記の式を用いて与えた。

$$z + \frac{100}{250} \times \sin\left(\frac{\pi \times y}{100}\right) \times \sin\left(\frac{\pi \times x}{100}\right)$$

解析で用いる残留応力分布は、図-2 のように、引張残留応力が $1.0\sigma_y$ 、圧縮残留応力が $0.13\sigma_y$ の大きさを有する理想化した直線分布形状を仮定した。

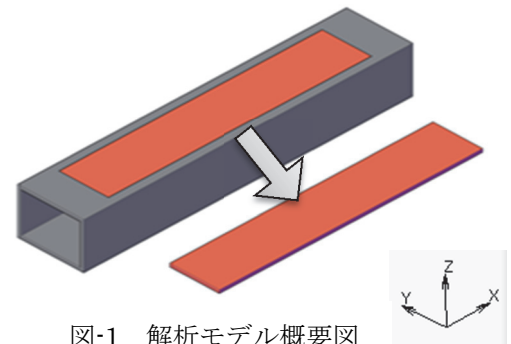


図-1 解析モデル概要図

表-1 幅厚比パラメータと板厚

R	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7
t	1.8	2.2	2.5	2.8	3.2

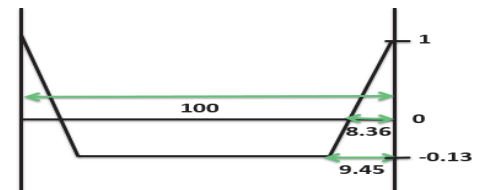


図-2 残留応力分布図

3. 結果および考察

解析結果を図-3 に示す。縦軸は最大応力の解析値を降伏強度で無次元化した値 (σ_u / σ_y)、横軸は幅厚比パラメータであり、参考として赤線は $\sigma_u / \sigma_y = 0.5/R^2$ 、青線は $\sigma_u / \sigma_y = 1.0/R^2$ を表す。なお、図-3 における最大応力は、解析で得られた最大荷重を欠損のない断面積で除したものとする。図-3 の値は 500mm × 100mm, 700mm × 100mm, 1000mm × 100mm モデルの解析結果の中で耐荷力が最小となった値を用いた。

残存耐荷力式の提案を行う上で、腐食部に着目した幅厚比パラメータ R' を新たに求めることにする。図-4 に示すように、断面欠損により残った緑色の部分の b' を用いて、3 辺単純支持 1 辺自由板とした幅厚比パラメータ算出す

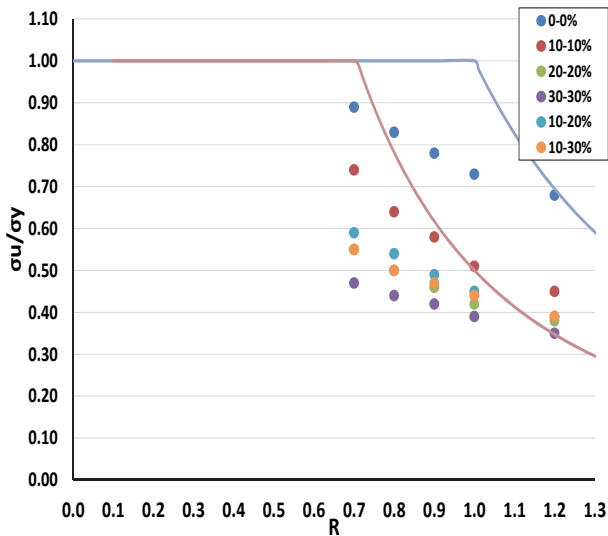


図-3 σ_u/σ_y -R

る。この際、座屈係数(k)は0.425とする。求められたR'を表-2に示す。新たに求められたR'を横軸、縦軸に最大応力/降伏強度(σ_u/σ_y)をとり整理したものを図-5に示す。図-5におけるは、解析結果から得られた最大荷重を、欠損を考慮した断面積で除したものである。また、図-5中には、比較のため、3辺単純1辺自由の支持条件(700mm×100mmのモデル)の解析結果を示している(I model basic)。

図-5より、断面欠損率が20%以上(10-20%、10-30%を含む)の場合、残存耐荷力は3辺単純1辺自由の支持条件となるI model basicの結果と重なっていくことが分かる。これは、欠損部の座屈形状がI model basicと同じ形状となっており、4辺単純支持の支持条件が機能していないことがわかる。したがって、残存耐荷力はI model basicの耐荷力曲線を近似し、 $\sigma_u/\sigma_y = 0.8R'^{0.5}$ と表すことが出来ると考えた。

一方、欠損のないケース(0-0%)については、図-3をもとに残存耐荷力を、 $\sigma_u/\sigma_y = 0.75R'^{0.5}$ と近似した。

これらの残存耐荷力式を用いて、欠損あり耐荷力 σ_u を欠損のない状態での耐荷力 σ_{basic} で無次元化したものを縦軸に、断面欠損率 α を横軸にプロットしたものを図-6に示す。この図を用いて残存耐荷力の評価が可能と考える。

4. おわりに

本研究では、4辺単純支持板に断面欠損が生じ際の残存耐荷力について解析的に検討し、断面欠損率と残存耐荷力の関係を示した。ただし、想定した断面欠損は限定した箇所であり、今後は異なった箇所から断面欠損が起きた場合についても検討していく必要がある。

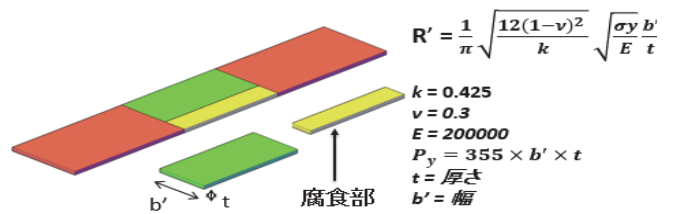


図-4 腐食部に着目した幅厚比パラメータR'

表-2 幅厚比パラメータR'

		もとの幅厚比パラメータR				
		1.2	1.0	0.9	0.8	0.7
腐食(%)	10	3.40	2.78	2.45	2.18	1.91
	20	3.02	2.47	2.18	1.94	1.70
	30	2.64	2.16	1.90	1.70	1.49

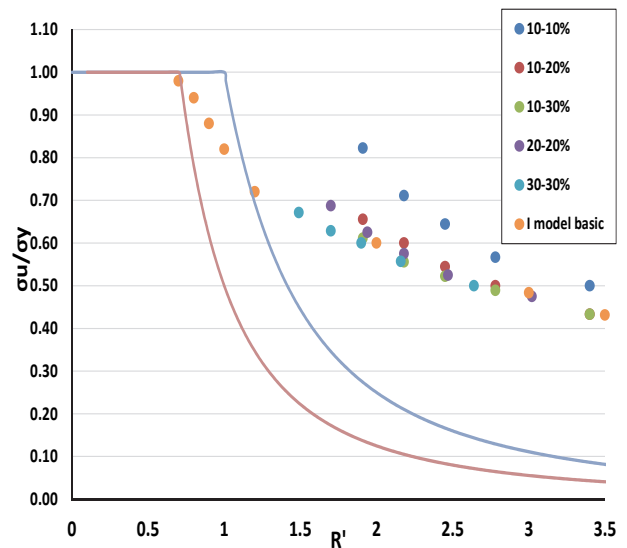


図-5 σ_u/σ_y -R'

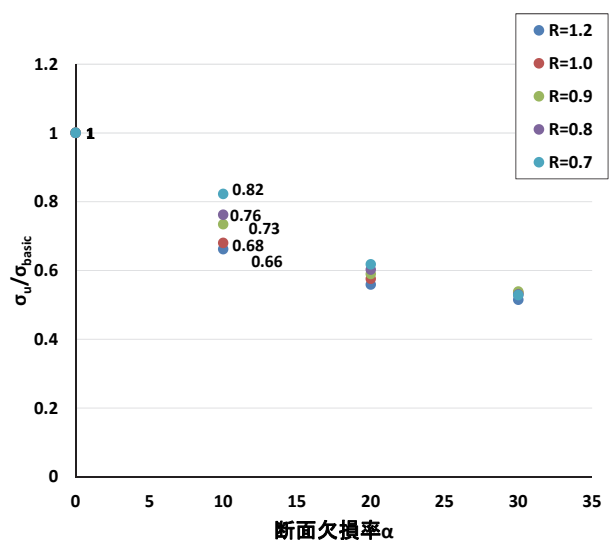


図-6 σ_u/σ_{basic} - α