

第1部門 腐食した鋼橋桁端部の座屈耐荷力評価に関する基礎的研究

大阪市立大学工学部 学生員○堀良 愛作 大阪市立大学大学院工学研究科 正員 北田 俊行
 大阪市立大学大学院工学研究科 正員 山口 隆司 大阪市立大学大学院工学研究科 正員 松村 政秀

1. はじめに

近年、老朽橋が増加し、既存の鋼橋においては、鋼 I 桁の端部に損傷・腐食の被害が最も多く見られる。本研究では、鋼 I 桁端部のウェブパネルの耐荷力と発生する腐食形態とに着目した。理想化した、腐食部位の板厚減と板厚減幅をパラメータとして、腐食したウェブパネルに圧縮力とせん断力が作用する場合の耐荷力を解析的に検討している。なお、解析には弾塑性有限変位プログラム USSP¹⁾を用いる。

2. 局所的な腐食部を有する、圧縮力を受ける板の耐荷力評価

2.1. 解析モデル 1 辺 $l=450$ mm の周辺単純支持板の対称条件から $1/4$ を取り出して解析モデルとした。局所的な腐食としては、図-1 に示すような状態を想定した。また、板全体が腐食している、全面均一腐食モデルも想定した。解析モデルの材料定数を表-1 に示す。初期不整には、初期たわみ(最大値： $b/150$ mm)： b ：板幅を考慮し、残留応力は無視した。設定した境界条件を図-2 に示す。ここで、図-1 の斜線部が腐食部分であり、両矢印部の長さ、および板厚を変えることで腐食状態を調節する。また、図中(a)を縁端上下部局部腐食、(b)を縁端部局部腐食とよぶ。この時、板厚減による板の断面変化パラメータとしては式(1)および式(2)を考慮して、計 30 ケースについて検討した。

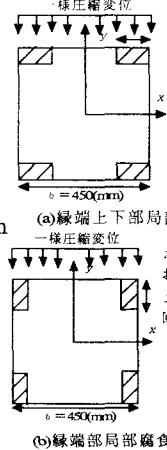


図-1 腐食部位

表-1 板の材料定数

板のサイズ	450(mm)×450(mm)
ポアソン比 ν	0.3
ヤング率 E	2×10^5 (N/mm ²)
降伏応力 σ_y	235 (N/mm ²)

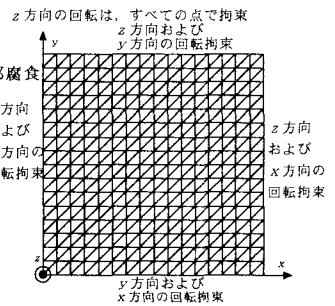


図-2 境界条件

体積欠損率： $\alpha = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \cdots (1)$ 、最大断面欠損率： $\beta = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdots (2)$ 、ここで、 V_0 ：初期体積、 V_1 ：変化後の体

積、 A_0 ：初期断面積、および A_1 ：変化後の最小断面積である。解析モデルの幅厚比パラメータ R (座屈係数 $k=4$) としては、初期板厚段階で $P_{\max}/P_y$ ($P_{\max}$ ：最大圧縮力、 P_y ：降伏圧縮力) が、ほぼ 1 になる $R=0.676$ (板厚 12 mm) のモデルを主に対象とした。

2.2. 解析結果と考察

図-3 には欠損率と耐荷力との変化を示す。縦軸は最大圧縮力を降伏圧縮力で除して無次元化した値を、横軸は式(1)、式(2)で求まる欠損率とした。図-3 より最大断面欠損率 β に着目すると、縁端上下部局部腐食、および全面均一腐食と端部局部腐食のそれぞれの場合で最大断面欠損率と耐荷力とがほぼ比例関係にあることがわかる。そこで、初期の耐荷力と腐食後の残存耐荷力の関係を式(3)のように表す。

$$P = \gamma \cdot P_0 \quad (3)$$

ここで、 P_0 ：初期最大圧縮力、 P ：腐食後の残存最大圧縮力、 γ ：低減係数である。低減係数は図-3 のプロット点を用い最小二乗法により算定すると、低減係数と最大断面欠損率 β との関係は式(4)、式(5)で与えられる。

$$\text{縁端部上下部局部腐食の場合} : \gamma_1 = 0.986 - 1.103 \beta \cdots (4)$$

$$\text{全面均一腐食および縁端部局部腐食の場合} : \gamma_2 = 0.947 - 1.430 \beta \cdots (5)$$

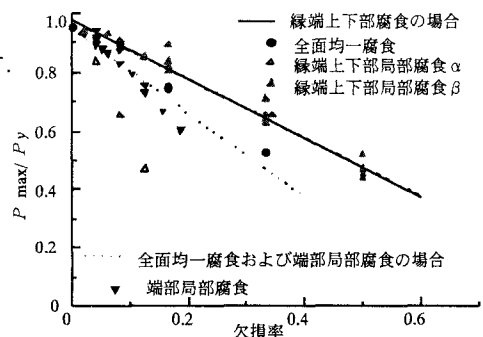


図-3 欠損率と耐荷力の関係

次に、初期たわみが腐食を考慮した鋼板の耐力に及ぼす影響を、 $R=0.676$ の解析モデルを例に考える。初期たわみを考慮した場合と考慮しない場合とを比較したものが表-2である。表-2より、腐食の考慮の有無に係わらず P_{y2}/P_{y1} は、ほぼ一定の値をとる。このことから、今回設定した解析モデルでは、低減係数 γ の絶対値は変わるものの、その直線の傾きは変わらないといえる。

表-2 初期たわみによる腐食後の耐力への影響

	初期板厚時	(a)	(b)	(c)
初期たわみ考慮 P_{y1}/P_{max}	0.961	0.660	0.830	0.899
初期たわみ考慮せず P_{y2}/P_{max}	0.999	0.719	0.912	0.946
P_{y2}/P_{y1}	1.040	1.090	1.100	1.060

3. 局所的な腐食部を有する、せん断力を受ける板の耐力評価

3.1. 解析モデル 図-4に示す解析モデルに対して板の解析を行う。すなわち、高さ $h=1,520$ mm で固定し、横幅 b を変えることで、せん断を考慮した幅厚比パラメータ R_r (座屈係数 $k_r=\sqrt{3}$) を調節し、 $R_r=1.090$ と $R_r=0.614$ との2ケースを設定した。板のサイズ以外の、材料定数は表-1と同じである。初期不整として、初期たわみ(最大値： $h/250$ mm)を考慮し、残留応力は無視した。板の腐食による断面変化のパラメータについては、圧縮板の解析と同様 α と β を考える。

3.2. 解析結果と考察 図-5には耐力と欠損率との関係を示す。縦軸は最大せん断力、横軸は欠損率とした。同図によると、せん断力を受ける板の耐力も端部の板厚の影響が顕著である。ここで、せん断力を受ける場合は、全面均一腐食と縁端下部局部腐食の関係で、体積欠損率 α に着目すると、式(6)のような線形関係が成り立つ。

したがって、腐食した鋼板がせん断力を受ける場合も残存耐力を求めることができる。端部局部腐食はプロット点にばらつきがあり、同様の方法で低減係数を求めることはできない。これは、せん断力を受ける部分に腐食を考慮しているので、その影響が大きくなるためと考えられる。さらに、他の腐食の場合と比較して、わずかな欠損率で耐力が著しく低下していることから、せん断力を受ける場合の縁端部の腐食が、板のせん断耐力に及ぼす影響は極めて大きい。また、異なる幅厚比パラメータ R_r を設定し、同じ体積欠損率を与えた場合の耐力を図-6にプロットしている。同図より、縁端下部局部腐食および縁端部局部腐食いずれの場合においても、同じ割合だけ腐食部が増える場合は、 R_r が大きい方が、耐力の減少の割合が大きいことがわかる。

4. まとめ

せん断力あるいは圧縮力を受ける板の耐力には、その板の端部の腐食状況が大きくかわっている。ある板が、圧縮力を受ける場合には、最大断面欠損率 β に着目すると、耐力低下に関する評価指標を設定することができる。また、せん断力を受ける場合には、体積欠損率 α に着目すると、耐力低下に関する評価指標を設定することができる。これらの指標を利用することにより、初期板厚時の耐力が既知の場合には、腐食後の残存耐力の推定が可能である。さらに、解析ケースを増やせば、より高い精度で、桁端部の耐力評価に利用可能な係数を算定することが可能であると考えられる。なお、本研究は、科学研究補助金：基盤研究(A)(1)「既設鋼道路橋の疲労抵抗度診断とレトロフィッティング技術の開発に関する研究(研究代表者：三木千壽)」の一環として行ったものである。

参考文献 1) USSP 研究会：USSP ユーザーズ・マニュアル、理論編、Ver.3.0、日本構研情報(株)、1996年10月。

2) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編、II 鋼橋編、2002年3月。

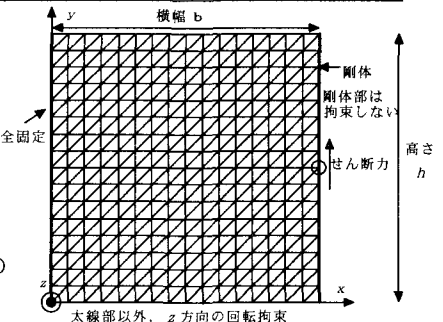


図-4 境界条件

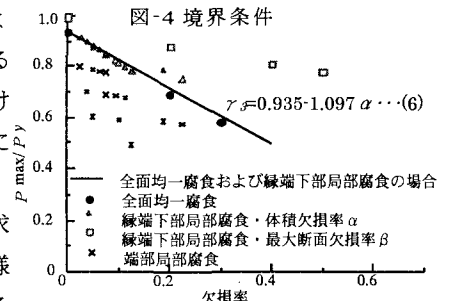


図-5 板厚減による耐力変化と欠損率の関係

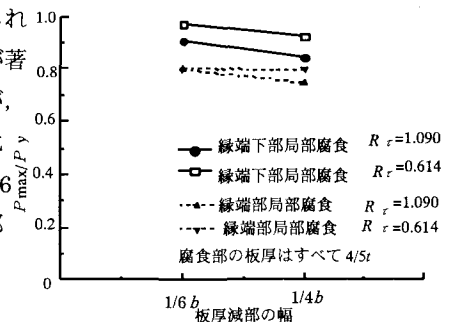


図-6 幅厚比パラメータの違いによる耐力と板厚減部の幅の関係