

腐食した圧縮部材の残存耐力評価パラメータ

○ 首都大学東京 学生会員 若林 孝行
 首都大学東京 正会員 野上 邦栄
 首都大学東京 正会員 山沢 哲也
 (株)横河ブリッジ 正会員 中野 克俊
 法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに

現在、高度経済成長期に建設された構造物の多くが、建設後 30～40 年経過し、経年劣化という重大な問題に直面している。橋梁においても、供用期間が 50 年を超える老朽橋の数が急激に増加する予測が立てられている。このような老朽橋の維持管理をする上では、疲労とともに腐食による劣化・損傷評価が重要になる。鋼部材が腐食し、部材断面が欠損すると強度や剛性が低下し、構造物の保有性能が低下する。しかし、腐食損傷の程度に対する適切な評価と対処法は、十分に確立されているとは言い難い状況である。

そこで、本研究では実トラス橋梁の上横構・横支材を対象にして、部材の腐食量・腐食形状を計測し、圧縮残存耐力を精度よく評価できるパラメータ因子について検討する。

2. 腐食形状計測

実験に用いた供試体は、図 - 1 に示す板厚 9.2mm の腐食部材 4 体 (A5152u, A55sd, C1718u, C5655d) と新規に作成した板厚 9mm の部材 (N 部材) である。腐食形状計測には、写真 - 1 に示すレーザ式変位計による表面粗さ計測装置を用いた。この表面粗さ計測装置は、1000mm(X) × 1000mm(Y) × 30mm(Z) の立体空間の表面形状を計測可能である。4 体の腐食形状計測は、長さ 2400mm の供試体を 3 分割し計測を行った。計測間隔は X, Y 軸方向ともに 1mm とした。

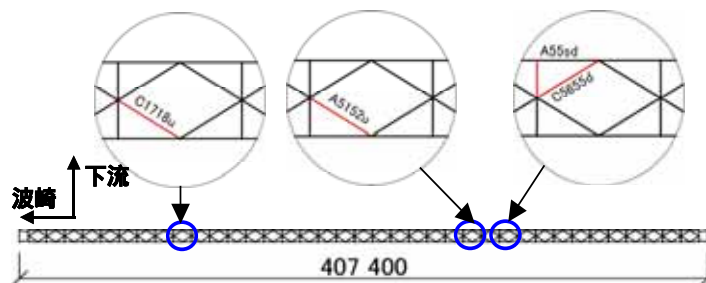
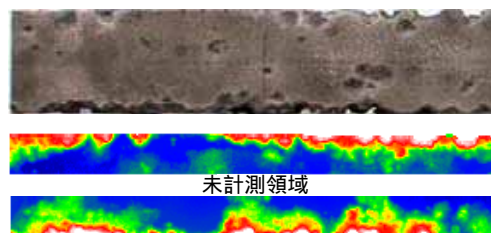


図 - 1 部材位置図



写真 - 1 表面粗さ計測装置

最も腐食の激しい A55sd の下フランジ 0～800mm の残存板厚をコンター図に示したものが図 - 2 である。図中の空白部分はウェブの取り付け位置であり、裏面が計測不可能であった箇所である。



(図 - 2 残存板厚(A55sd 下フランジ 0～800mm 区間))

得られた 4 部材の上下フランジ、ウェブの平均残存板厚 t_a と標準偏差 s をまとめたものが表 - 1 である。

表 - 1 残存板厚と標準偏差

	平均残存板厚 t_a [mm] (標準偏差 s)			
	上フランジ	下フランジ	ウェブ	全体 t_a (s)
A5152u	7.035(2.227)	5.341(2.265)	8.708(0.371)	7.028(2.259)
A55sd	6.688(2.465)	6.810(2.466)	8.181(0.714)	7.226(2.115)
C1718u	9.030(0.249)	8.933(0.574)	8.769(0.649)	8.911(0.540)
C5655d	8.780(0.641)	8.565(1.083)	8.803(0.290)	8.716(0.731)

また、表中の $\bar{t}_a$ は、断面全体の平均残存板厚であり、3 領域の平均残存板厚 t_a に対して各領域の健全部材断面積で次式のように重み付けをしたものである。

$$\bar{t}_a = \frac{A_{\text{上フランジ}} t_{a-\text{上フランジ}} + A_{\text{下フランジ}} t_{a-\text{下フランジ}} + A_{\text{ウェブ}} t_{a-\text{ウェブ}}}{2A_{\text{上フランジ}} + A_{\text{ウェブ}}} \quad (1)$$

次に、最小断面位置を図 - 3 に、最小断面積 $A_{\min}$ と細長比 L/r を表 - 2 に示す。

表 - 2 最小断面積と L/r

	最小断面積 $A_{\min}$ [mm ²]	L/r
A5152u	3186	61.4
A55sd	3291	59.6
C1718u	4398	57.4
C5655d	4268	57.7
N	4878	57.6

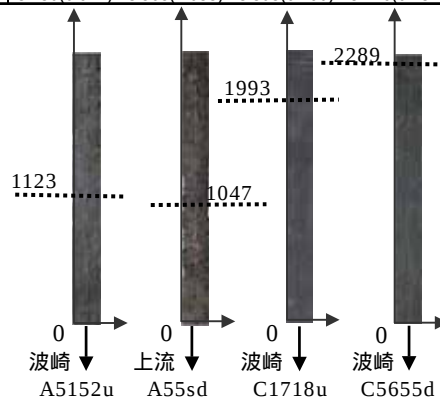


図 - 3 最小断面位置[mm]

また、断面全体の平均残存板厚と標準偏差は図 - 4 のような線形関係になるので、平均残存板厚に対して補正係数 $\beta = 2.0$ を採用すると、上下フランジ、ウェブの

有効板厚 t_e 、および断面全体の有効板厚 $\bar{t}_e$ は次式により得られる。したがって、各部材の有効板厚は、表 - 3 のようになる。

$$t_e = t_a - \beta s, \quad \bar{t}_e = \bar{t}_a - \beta \bar{s} \quad \text{—— (2)}$$

3. 腐食パラメータ

腐食による残存耐力を評価できる腐食パラメータとして、次のような最大断面欠損率・平均板厚欠損率・有効板厚欠損率を定義する。

$$\left. \begin{aligned} \text{最大断面欠損率} \quad R_A &= 1 - A_{min} / A \\ \text{平均板厚欠損率} \quad R_t &= 1 - \bar{t}_a / t \\ \text{有効板厚欠損率} \quad R_{te} &= 1 - \bar{t}_e / t \end{aligned} \right\} \quad \text{—— (3)}$$

5 部材における各欠損率の値をまとめたものが表 - 4 である。

次に、文献 2)における耐力実験により得られた圧縮残存耐力と式(3)の腐食パラメータの関係をまとめると図 - 5 ~ 7 のようになる。

全体的には、初期たわみの大きい N 部材を除けば各パラメータと残存耐力はよい線形関係にあることがわかる。

最大断面欠損率でまとめた図 - 5 は、 R^2 値もかなり 1 に近く、よい相関性がある。平均板厚欠損率、および有効板厚欠損率で評価した場合は、最大断面欠損率に比較して、多少ばらつきが大きい。

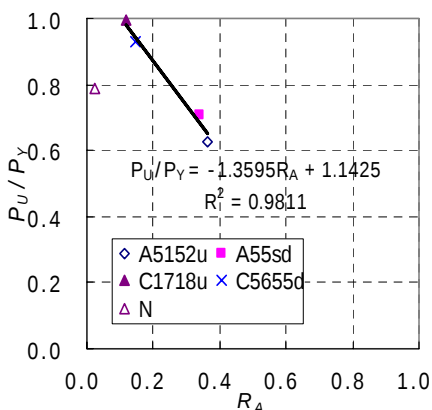


図 - 5 最大断面欠損率と耐力

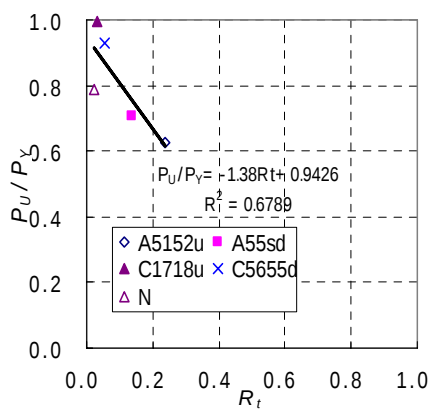


図 - 6 平均板厚欠損率と耐力

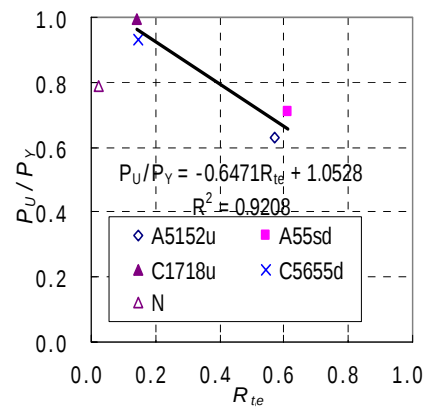


図 - 7 有効板厚欠損率と耐力

4. 結論

今回提案した腐食パラメータと実験より得られた残存耐力の関係から、最も残存耐力を精度よく評価できる式として、最小断面積に基づく最大断面欠損率を用いた次式を提案できた。

$$P_U / P_Y = -1.36 R_A + 1.14$$

なお、今後、柱の残存耐力の評価のみでなく、その崩壊形式を再現できる腐食パラメータについて検討する予定である。

参考文献

- 1) 山沢・野上・森・塚田：腐食鋼部材の腐食形状計測と曲げ耐力実験，構造工学論文集，Vol. 52A, 2006
- 2) 中野・野上・山沢・射越・笹嶋・三浦：腐食した鋼部材の圧縮耐力実験，第 61 回土木学会年次学術講演会，2006

表 - 3 有効板厚

	有効板厚 t_e : $\beta = 2.0$ [mm]			
	上フランジ	下フランジ	ウェブ	全体 $\bar{t}_e$
A5152u	2.581	0.811	7.966	3.935
A55sd	1.758	1.878	6.753	3.581
C1718u	8.532	7.785	7.471	7.913
C5655d	7.498	7.482	8.513	7.855
N	9.000	9.000	9.000	9.000

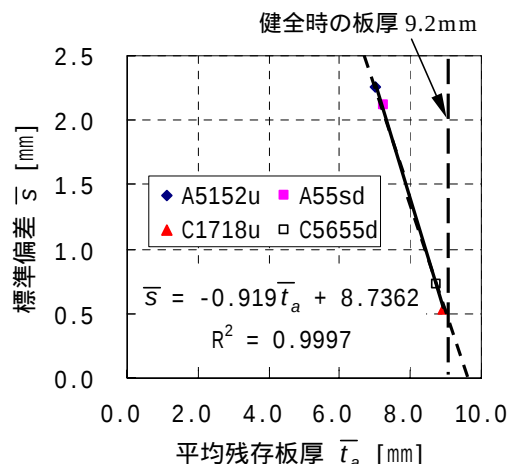


図 - 4 平均残存板厚と標準偏差

表 - 4 各欠損率

	R_A	R_t	R_{te}
A5152u	0.361	0.236	0.572
A55sd	0.340	0.138	0.611
C1718u	0.118	0.031	0.140
C5655d	0.144	0.053	0.146
N	0.022	0.022	0.022