

東京都立大学 学生員 小栗 友紀
 東京都立大学 正会員 山沢 哲也
 東京都立大学 正会員 野上 邦榮

1. 背景と目的

近年、社会基盤の成熟化につれて、維持管理システムが注目されてきている。橋梁を例にとってみると、これから15～20年後には、供用期間が50年を超える老朽橋の数が急激に増加する¹⁾。その際、構造物およびその構成部材のもつ残存耐力を適切に評価することは、維持補修および架替を検討する上で極めて重要となる。本研究では、鋼構造物の代表的な劣化である腐食による残存耐力評価を目的に、終局強度特性、および耐力の低下に影響を及ぼすパラメータ因子を解析的に明らかにするとともに、残存耐力評価法の提案に向けた基礎的検討を行う。

2. 解析モデルと解析方法

2.1 基本モデル：基本モデルは、図-1に示すような支間長 $L=20\text{m}$ の圧延 H 形断面鋼柱部材(SM490Y)であり、その断面形状は、上下フランジを $300 \times 28\text{mm}$ 、ウェブを $900 \times 16\text{mm}$ とした。境界条件は、支点 A, B の断面において橋軸直角方向の回転変位以外を拘束した。さらに部材の初期たわみとして、 $v_0=L/1000$ のたわみをもつ正弦波を考慮した²⁾。今回の解析では残留応力は考慮しない。また、基本モデルと断面形状は同一で支間長 L を変化したモデルにおいて L/r をパラメータに解析を行った。

2.2 腐食形態：腐食形態は、下フランジ上面全体が一様に腐食した均一腐食モデル(シリーズ I)と図-2のように下フランジの板厚 t が式-1の二重正弦波関数で擬似的に腐食を表現した不均一腐食(シリーズ II)を仮定した。なお、不均一腐食は表-1のようなモード半波数の違う typeA, typeB の腐食形態を導入した。今回解析結果をまとめるにあたり式-2のような断面欠損率 α (%) を定義した。式-1において、 t_0 は初期板厚、 $d_{\max}$ は最大腐食量、 n_x, n_y は $x-y$ 方向のモード半波数、 b_f はフランジ幅、また、式-2の V' は腐食した下フランジの体積、 V_0 は腐食のない下フランジの体積である。

$$t = t_0 - \frac{d_{\max}}{2} \left\{ 1 - \sin\left(\frac{n_x \pi x}{L}\right) \sin\left(\frac{n_y \pi y}{b_f}\right) \right\} \dots \text{(式-1)}$$

$$\alpha = \frac{V'}{V_0} \dots \text{(式-2)}$$

基本モデルの腐食形態は、表-2に示すようにシリーズ I では $\alpha=0 \sim 40\%$ 、シリーズ II は $\alpha=10, 20\%$ 、また、 $L/r=70, 80, 90$ のモデルにおいてはシリーズ I の $\alpha=0, 10, 20\%$ を考慮した。

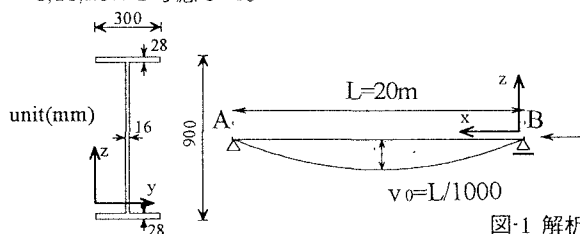


図-1 解析対象

境界条件

	拘束方向					
	x	y	z	r_x	r_y	r_z
支点A	固定	固定	固定	固定	自由	固定
支点B	自由	固定	固定	固定	自由	固定

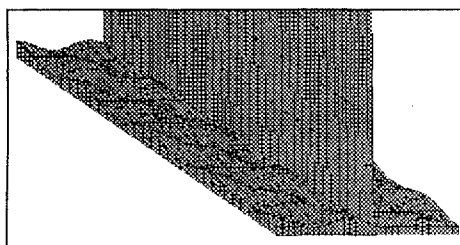


図-2 不均一腐食(シリーズ II, typeB)

表-1 モード半波数

	n_x	n_y
typeA	4	3
typeB	8	5

表-2 解析ケース一覧

α (%)	$L/r=55$			$L/r=70, 80, 90$
	均一腐食(シリーズ I)	不均一腐食(シリーズ II)		均一腐食(シリーズ I)
		typeA	typeB	
0	0	—	—	0
10	10	10	10	10
20	20	20	20	20
30	—	—	—	—
40	—	—	—	—

腐食、残存耐力、弾塑性有限変位解析、柱部材

〒192-0397 東京都八王子市南二沢 1-1 TEL. (0426)77-1111 FAX. (0426)77-2772

表-4 解析諸元

要素タイプ	8節点ソリッド要素
要素数/節点数	8960/13845
鋼の弾性係数	$2.058 \times 10^9 (\text{N/mm}^2)$
降伏応力	$3.528 \times 10^6 (\text{N/mm}^2)$

2.3 解析方法：数値計算には汎用有限要素法解析ソフトウェア MARC K7.3 を使用した³⁾。数値解析は弧長増分法を用い、鋼部材の降伏条件は Von-Mises、硬化則は移動硬化、硬化係数は 1/100 とした。また、腐食形態を的確に表現するために 8 節点ソリッド要素を用いた。要素分割は正弦波形に対し十分な数をとった。モデルの諸元を表-4 に示す。

3. 解析結果及び考察

まず、 $L/r=55$ の基本モデルについて、シリーズⅠ、シリーズⅡの腐食形態における耐力値をまとめたのが表-5 である。表中の P_y は降伏荷重、 P_u は耐力である。また、 α と P_u/P_y の関係について、腐食形態をパラメータとし、棒グラフにまとめたのが図-3 である。今回解析を行った α が 0~40% の範囲内では、 α が大きくなるにつれて耐力 P_u は低下する傾向がみられ、シリーズⅠ $\alpha=40\%$ のモデルは、腐食のない $\alpha=0\%$ のモデルと比較して耐力の低下は 10% 程度であった。このことから断面欠損率 α が、柱部材の耐力を評価するパラメータとして、十分有用であることが示された。一方、断面欠損率 α が等しい場合の腐食形態の違いについて比較すると、 $\alpha=10\%, 20\%$ とともに、各シリーズの耐力は同等となっており、今回解析を行った範囲内でのモード半波数の変化による影響は軽微であることが読み取れる。さらに、図-4 は均一腐食の場合について、式-3 の換算細長比 λ と P_u/P_y の相関強度関係を示したものである。図中の実線はオイラーの座屈曲線である。細長比 $L/r=55$ と同様に、 $L/r=70, 80, 90$ の場合についても、 α の増加に伴い、つまり腐食の進行に伴い耐力は低下した。また、細長比の違いによる耐力 P_u/P_y の低下の割合はほぼ一定であった。

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \left(\frac{L}{r} \right) \cdots (\text{式-3})$$

表-5 断面欠損率 α と耐力 P_u/P_y の関係

α	L/r	P_u/P_y		
		均一腐食 (シリーズⅠ)	不均一腐食(シリーズⅡ)	
			typeA	typeB
0	55	0.944	—	—
10	55	0.919	0.918	0.919
20	55	0.895	0.892	0.894
30	55	0.870	—	—
40	55	0.845	—	—

$P_y=11007.36\text{kN}$

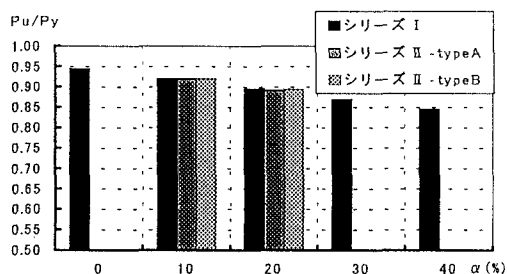


図-3 断面欠損率 α に伴う耐力変化

4. まとめ

圧延H形鋼柱部材を対象にして、腐食量、腐食形態、細長比をパラメータとした弾塑性有限変位解析を行った結果、次のようなことが明らかになった。

- 1) 耐力 P_u は、断面欠損率 $\alpha=0\sim40\%$ が範囲内で α の増大に比例して低下した。
- 2) 腐食形態の違いによって耐力に及ぼす影響は軽微であった。
- 3) 細長比を変化させたモデルにおいても、 α の増大に伴う耐力の低下傾向には変化が見られなかった。

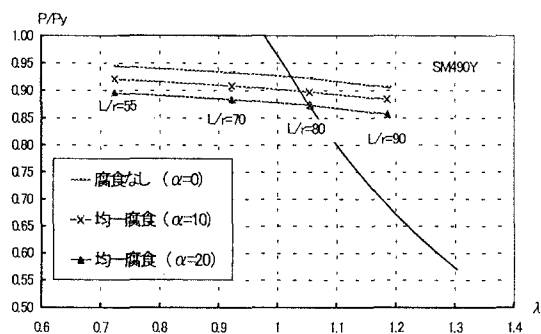


図-4 換算細長比 λ に伴う耐力変化

参考文献

- 1) 西川 和廣：道路橋示方書照査規定化とこれからの橋—耐久性・支持管理関連規定を中心として—，鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集，1999.8
- 2) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・解説，Ⅰ 共通編，Ⅱ 鋼橋編，1996.12
- 3) MARC C 編 program input，1998.6