

腐食減厚に伴う合成 I 桁の残存耐荷性能について

大成建設(株) 正会員 首藤 徳義
 東京都立大学 正会員 野上 邦栄
 東京都立大学 正会員 山沢 哲也

1. 研究背景および目的 既設橋梁の多くは昭和 40 年～50 年代に建設時期が集中しており、供用期間が 50 年を超え始める 15～20 年後から、老朽化橋梁の数が急激に増加することが見込まれる。老朽橋およびその構成部材の維持管理をする上では、疲労と共に腐食による劣化・損傷が問題になる。この腐食を生じた劣化・損傷現象の進行に伴って部材断面は欠損し、構造物及び部材としての耐荷性能は低下する。したがって、腐食による構造物のもつ残存耐力を適切に評価し、維持管理に反映させることは極めて重要であり、そのためには、構造物の残存耐力の評価方法を確立する事が不可欠である。そこで、腐食に伴う曲げ部材の残存耐力の評価方法を確立する事を目的として、合成 I 桁橋の主桁に着目し、腐食形態の違いが終局強度特性に及ぼす影響を解析的に検討した。

2. 解析モデル 対象とした橋梁は、**図-1** 及び **図-2** に示すような支間長 $L=33\text{m}$ の単純活荷重合成 I 桁橋(4 主桁)の外桁¹⁾である。腹板及びフランジの材質は SM490Y、補剛材の材質は SM400 である。床版のコンクリートは有効幅分をモデル化し、最大圧縮強度 30MPa、引張強度 3MPa とし、鉄筋の材質は SD295 である。鉄筋とコンクリートは完全付着と仮定し、クリープと乾燥収縮の影響はないものとする。鋼部材には Von-Mises の降伏条件を、材料特性はバイリニア型とし降伏後の歪み硬化係数は弾性域の 1/100 とした。コンクリートの降伏条件は線形 Mohr-Coulomb を用いた。本モデルでは、ずれ止めを考慮していないため床版上面に載荷した場合、鋼桁部まで力がうまく伝播しないため、上フランジ上面全面を荷重載荷位置とし、等分布荷重を漸増荷重として与えた。モデルには初期たわみとして $L/1000$ を支間中央部で最大値とする 1 半波形の正弦波として与えた。なお、本モデルでは残留応力は考慮していない。数値解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MSC.MARC2000 を用いた。腹板及びフランジ、コンクリートはソリッド要素、補剛材はシェル要素を用いた。床版の鉄筋は圧縮側、引張側共に厚さ 1.6mm のシェル要素によってモデル化した。

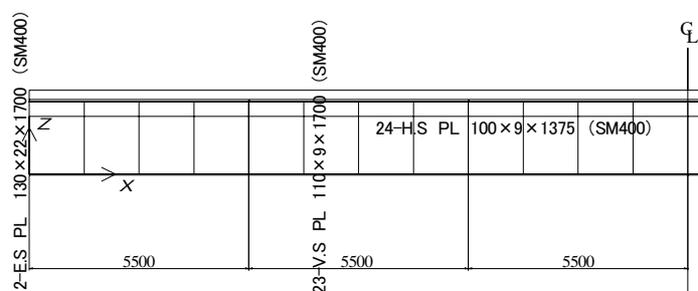


図-1 側面図

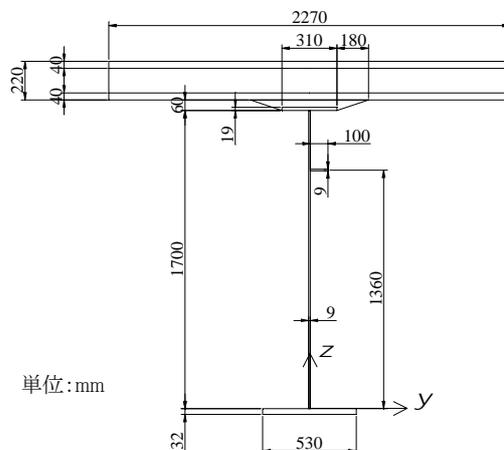


図-2 断面図

3. 腐食形態のモデル化 本研究では下フランジ上面全面に均一な腐食と不均一な腐食を想定した。均一な腐食は下フランジの板厚を一様に減厚することでモデル化し、不均一な腐食は式(1)のような二重正弦波を上フランジ上面に与えることで**図-3**のように擬似的に表した。

$$z = t_{f0} - \frac{d_{\max}}{2} \left\{ 1 + \cos\left(\frac{2n_x \pi x}{L}\right) \cos\left(\frac{2n_y \pi y}{B_{ff}}\right) \right\} \dots\dots\dots(1)$$

t_{f0} : 基本モデルの下フランジ厚さ、 d_{\max} : 最大腐食深さ、 n_x, n_y : x, y 方向のモード波数、 B_{ff} : 下フランジ幅

また、均一腐食、不均一腐食の腐食量を表すパラメータとして式(2)のように定義した体積欠損率 α を用い、腐食量を 10%, 20%, 40%

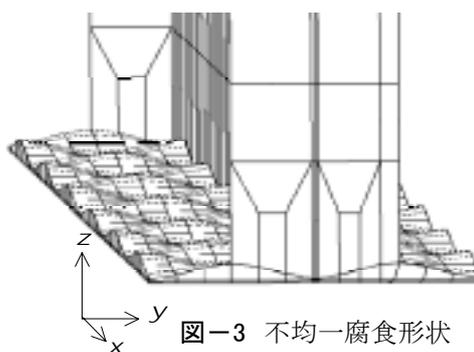


図-3 不均一腐食形状

Keyword: 合成 I 桁, 腐食, 終局強度, 弾塑性有限変位解析

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

と変化させた。

$$\alpha = (V_{yf} - V'_{yf}) / V_{yf} \dots\dots\dots(2)$$

V_{yf} : 基本モデル下フランジ体積, V'_{yf} : 腐食モデル下フランジ体積

数値解析モデルの腐食形態と解析パラメタを表-1に示す。

4. 解析結果 図-4 および図-5 はそれぞれ全面均一腐食、全面

不均一腐食の荷重-支間中央部鉛直変位曲線である。縦軸は全塑性モーメント $M_p=1994kN\cdot m$ に対する曲げモーメント M の無次元量 β

で、横軸は支間長 L に対する鉛直変位の無次元量を示している。基本モデル(0-0-0)においては、下フランジ初期降伏 ($\beta=0.761$)→コンクリート圧縮側初期降伏 ($\beta=0.822$)→ハンチ引張りひび割れ ($\beta=0.884$)→床版下面引張りひび割れ ($\beta=0.924$)→コンクリート最大圧縮強度 ($\beta=0.965$)→上フランジ初期降伏 ($\beta=0.973$)と支間中央部断面で塑性化は進展し、他のモデルにおいても同様の挙動を示した。なお、鋼桁部の塑性化に伴い中立軸位置は床版断面内にまで移動する。本研究においては上フランジ初期降伏点をもってモデルの限界の判断基準とし、その時点の荷重を最大耐力 M_{max} とした。

表-1 腐食形態と解析パラメタ

腐食モデル	体積欠損率 α	最大腐食 深さ(mm)	腐食形態
0-0-0	0	0	基本モデル
0-0-10	0.1	3.2	全面均一腐食
0-0-20	0.2	6.4	全面均一腐食
0-0-40	0.4	12.8	全面均一腐食
6-2-10	0.1	6.4	全面不均一腐食
6-2-20	0.2	12.8	全面不均一腐食
6-2-40	0.4	25.6	全面不均一腐食

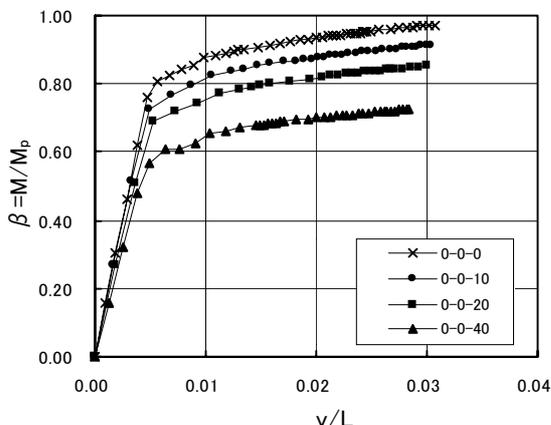


図-4 荷重変位曲線(全面均一腐食)

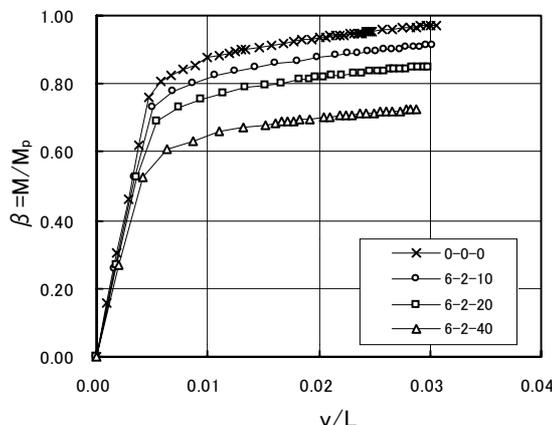


図-5 荷重変位曲線(全面不均一腐食)

図-6 は α と曲げ耐力比の関係を示したもので、縦軸は基本モデルの最大曲げモーメント M_{max0} に対する体積欠損率 α の最大曲げモーメントの比である。本研究と鋼桁部に同じ断面を有し、床版のみを弾性体としてモデル化した場合について、同じように上フランジ初期降伏を最大耐力点としたときの既往の解析結果²⁾についても併せて示した。今回解析を行なった腐食形態範囲内では、すべての解析ケースについて α の増大に伴って耐力は比例的に低下し、腐食形態による耐力の差異は認められなかった。図中の直線は全面均一、不均一腐食全ての解析値の近似直線である。この近似曲線からもわかるように、床版を弾塑性体としてモデル化した場合(式-5)は、弾性体としてモデル化した場合(式-4)と比較して、 α の増大に伴う耐力低下の割合が大きい。

$$M_{max\alpha} = (-0.454\alpha + 1.000)M_{max0} \dots\dots(4) \text{ 床版弾性モデル}$$

$$M_{max\alpha} = (-0.637\alpha + 1.000)M_{max0} \dots\dots(5) \text{ 床版弾塑性モデル}$$

例えば $\alpha = 0.4$ の時、床版を弾性体としたモデルでは、基本モデルの約 82%の耐力であるのに対し、床版を弾塑性体としたモデルでは基本モデルの約 74%の耐力となった。

5. 結論 (1) 下フランジ全面に一樣な規則性をもつ腐食を有する合成桁の曲げ耐力は、腐食形態に関わらず、 α に依存する。

$$M_{max\alpha} = (-0.637\alpha + 1.000)M_{max0}$$

(2) 床版を弾塑性体としたモデルは、床版を弾性体としたモデルよりも腐食による耐力低下の割合が大きい。

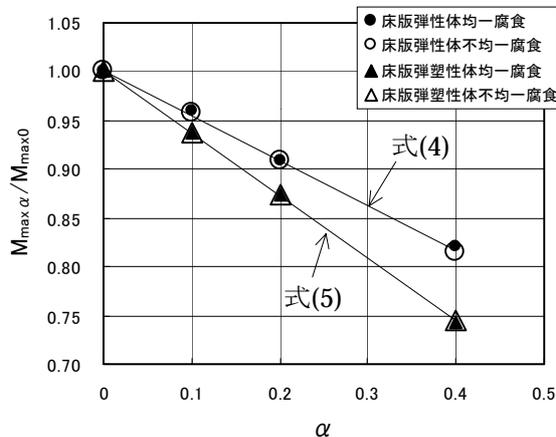


図-6 α と曲げ耐力比の関係

参考文献 1) (社)日本橋梁建設協会、合成桁の設計例と解説、1995.4 2) 加藤美幸・野上邦栄・山沢哲也 : 腐食減厚に伴う合成桁の残存耐力の評価法に関する基礎的研究、第 55 回 土木学会年次学術講演会講演概要集、CS-88、2000