腐食減厚した曲げ部材の耐荷力評価法に関する一考察

東京都立大学	正会員	山沢 哲也
--------	-----	-------

協和コンサルタンツ 正会員 小栗 友紀

東京都立大学 正会員 野上 邦栄

1. はじめに

既設橋梁の多くは昭和40年から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から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¹⁾。補修および架替えの検討には、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、残存耐 力の評価方法を確立することが不可欠である。そこで本研究では、既設鋼構造物の構成部材のうち、曲げ部材を対 象として、それらの部材に腐食が生じたときの耐荷力を解析的に把握し、耐力の低下に影響を及ぼす因子を明らか にすることを目的とする。また、耐荷力評価式の提案に向けた検討を行う。 2.数値解析手法

解析モデルの形状は、図-1に示すようなⅠ形鋼断面を有する部材長ℓ=20mの曲げ部材である。境界条件は、両端 を単純支持とし、荷重は上フランジ上面全面に等分布荷重 qとして漸増載荷する。また、面外方向変位は拘束し、横 倒れ座屈を考慮しない面内挙動のみを対象とする。初期不整として、初期撓みを支間中央で v₀ =ℓ/1000をもつ正弦 波形を、残留応力として図-2に示すような分布形状を考慮した。

腐食形状には、下フランジに図-3に示すような(1)全面均一腐食[*co*00], (2)全面不均一[*va*43, *va*85], (3)中央部局部 腐食[*lc*11], (4)縁端部局部腐食[*le*12], (5)1/4点局部腐食[*lq*21]を想定した。これらの腐食形状において、式(1)で定義さ れる体積欠損率 α を変化させる。式中の V_0^{II} は、腐食のない基本モデルの下フランジの体積, V^{II} は腐食モデルの下 フランジの体積である。一方、支間中央部の局部的な腐食の進行を表すパラメタとして、中央断面欠損率 β_{cen} を式 (2)のように定義する。ここで、 A_0^{II} は基本モデルの下フランジの断面積, A_{cen}^{II} は腐食モデルの支間中央部の下フラ ンジの断面積である。

数値計算には汎用有限要素法解析ソフトウエアMARC K7.3を使用した。数値解析には弧長増分法を用い、鋼部材の降伏条件はVon-Mises,硬化則は等方硬化,ひずみ硬化係数は1/100とした。腐食形態を的確に表現するために、解析モデルは8節点ソリッド要素でモデル化し、節点の移動によって腐食を表現した。要素分割は一正弦波に対して 5点以上となるように十分な数をとった。 -0.3σ. -0.3σ.



キーワード: 腐食,耐荷力,曲げ部材,弾塑性有限変位解析

連絡先: 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1, Phone: 0426-77-1111, FAX.: 0426-77-2772

ともに曲げモーメント*M*も僅かながら上昇し、全塑性モメントをやや上回った。 これは梁理論と、立体要素を用いた有限変位理論の違いによるものである。梁理 論における機構法では部材の降伏により塑性ヒンジが形成されるとするが、実際 には降伏している中央断面で受け持てない断面力は、支間中央から支店側へと再 配分され塑性領域は拡がってゆくためである。

このように荷重変位曲線から耐荷力を評価することは困難である。そこで耐荷 力を評価するために、塑性率 ψ を式(3)のように定義する。ここでAは着目する応 力の最も厳しい断面の部材断面積、 A_{ψ} はそのうち塑性状態にある断面積である。 この塑性断面積の算出においては、節点のひずみ値を用いた。

この塑性率 ψ を用いて、曲げモーメントの無次元量との関係を描き直すと、図-5ので示すような関係を得ることができる。この図からわかるように、 M/M_p =1.128のとき、 ψ =0.970となる。この状態になるとその後の塑性率はほとんど変化しない。よって本研究では、曲げ部材の終局及び耐荷力は、便宜上塑性率 ψ =0.97によって定める。

図-4,図-5には、初期不整を考慮した場合の結果についてもプロットしている。 この結果をみると、図-4のモーメント-変位曲線については、初期不整の影響は ほとんど見られないが、図-5の塑性率-モーメント曲線においては、残留応力を 考慮することで、塑性の開始がより早期に移行するが最終的な耐荷力にはほとん ど影響なないことがわかる。

4. 終局挙動と耐荷力

まずはじめに下フランジ全面が一定割合で減厚した(1)全面腐食モデル[co00]に ついて、解析結果を示す。図-6は、支間中央部における曲げモーメント-変位関 係を、図-7は塑性率-曲げモーメント関係を示している。梁理論による降伏モー メントに対応する M_Y/M_p =0.873は、基本モデルから算出されるものである。ま た腐食モデルの塑性率の算出では、腐食部分は予め塑性しているものとした。こ れらの図から、腐食の程度によって α が大きくなるにつれて、初期降伏までのみ かけの剛性はわずかながら低下することがわかる。初期降伏を迎えると、腐食の 程度によって中立軸位置の変化量に違いが生じるために、腐食によって変位量に は差が生じる。やがて塑性率が0.9を超えると、塑性率の増加率は腐食量にかか わらず小さくなる。これは中立軸付近は同じモーメントが作用しても応力の変化 量は小さいためである。このとき、各モデルの耐力Muについてまとめると、表-1のようになる。ここで M_{u0} は基本モデルの耐力値である。

同様に(2)~(5)の腐食モデルについても解析を行い、塑性率 ψ =0.97によって決定される耐力値と、腐食量の関係についてまとめると図-8のようになる。この図から各腐食モデルとも α の増加に伴い、線形的に耐荷力が低下することがわかる。しかしながら、腐食の種類によってその低下の割合には大きな差がある。そこで、部材中央部の断面欠損率 β_{cen} を用いて図-8を書き直すと、図-9のようになる。このとき腐食量と耐力との関係は、その下限となった(3)[lc11]モデルから、式(4)で与えられる。

$$M_u / M_{u0} = 1$$
 0.416 β_{cen}

5. 結論

i) 腐食した曲げ部材は、腐食のない健全な基本モデルと比較して、小さな荷重 で初期降伏を迎え、変位が急増して終局状態となる。また腐食による中立軸の 移動が、初期降伏に影響があることがわかった。

図-9 耐荷力-中央断面欠損率 ____ 関係

ii) 本研究で取り扱った腐食形状において、塑性率 ψ =0.97によって定義される耐荷力は、荷重条件によって最もモーメントが卓越する部材中央部の断面積と高い相関がある。今回用いた ℓ/r =54.9の腐食した曲げ部材の耐荷力は、不腐食のない基本モデルの耐荷力 M_{u0} を用いて、式(4)のように部材中央部の断面欠損率 β_{cen} の線形式与えられる。

- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編, II 鋼橋編, 1996.
- 3) 野上邦栄・山沢哲也・小栗友紀・加藤美幸:腐食減厚に伴う合成 I 桁及び I 断面柱の残存耐力評価に関する一考察,構造工学論文集, Vol.47A, pp.93-102, 2001.





(4)

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・維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.