端部腐食鋼桁補強部の降伏耐力評価に関する考察

長岡技術科学大学	正会員	\bigcirc	劉	翠平
長岡技術科学大学	正会員		宮丁	「剛
長岡技術科学大学	正会員		長夫	中正嗣

1.はじめに

主桁の支点に集中荷重を受けるため,垂直補剛材に より補強される場合が多い.しかし,近年橋梁の老朽 化とともに,桁端部の補剛板とウェブが均一に腐食さ れ,支点補強部の耐力が低下すると考えられる.補剛 材所要断面寸法の設計式があるが,端部腐食鋼桁へそ のまま適用できず補強部の残存耐力評価法を確立する 必要がある.

本研究では腐食の進行程度を考慮した局部降伏耐力 評価式を提案する.そして,主桁端部の部分モデルの 弾塑性有限要素解析を行い,耐力評価式の精度を確認 する.ウェブと補剛材の変形性状などを分析し,想定 した崩壊機構の妥当性を確認する.

2. 腐食減厚を考慮した補強部の耐力評価式

補強部の設計耐力は文献1-2)および3)に示されてい る式を用いる場合あり、桁が負担する力と補剛材の降 伏耐力の合計として算定される.しかし、端部腐食桁 の補剛材が腐食により減厚が著しい場合、降伏応力度 に達する前に局部座屈が生じる可能性がある.腐食減 厚を考慮した補強部の降伏耐力*P*_{ws}は次のようになる.

 $P_{ws} = Lt_w \sigma_{wy} + B_s t_s \sigma_{ys}$ (1) ここに、L は図 1 に示すウェブの応力広がり範囲で、 $L = 5(t_f + r) + t_b$ とする²⁾. σ_{ys} が局部座屈を考慮した補 剛材の降伏応力度であり、次のように得られる.

$$\sigma_{ys} = \min(\sigma_{sy}^b, \sigma_{sy}^m) \tag{2}$$

$$\sigma_{sy}^{b} = \frac{k_{s}\pi^{2}E}{12(1-v^{2})} \left(\frac{t_{w}}{h_{w}}\right)^{2}$$
(3)

文献 3)では図 2 に示す崩壊機構が生じると仮定してい

る.腐食減厚を考慮した補強部の降伏耐力が次のよう になる.

$${}_{Z}P_{ws} = 2t_f \sqrt{B_c t_w \sigma_{wy} \sigma_{fy}} + t_b t_w \sigma_{wy} + B_s t_s \sigma_{vs}$$
(3)

ここに, <u>L</u> は図 2 に示すウェブの応力広がり範囲であり, 次のように得られる.

$$_{Z}L = t_{b} + 2t_{f}\sqrt{B_{c}\sigma_{fy}/(t_{w}\sigma_{wy})}$$

$$\tag{4}$$

応力広がり範囲でのフランジ,ウェブ,補剛材厚を 式(1)および式(3)へ代入すれば,腐食鋼桁補強部の降伏 耐力評価値が得られる.

式(1)~(4)では、 k_s : 両縁支持で圧縮力を受ける板要 素の座屈係数で k_s =4.0 とする. t_w : ウェブ厚、 t_s : 補剛 材厚、 t_f : フランジ厚、 B_c : フランジ幅、 B_s : 補剛材幅 の合計、 t_b : ソールプレート幅、r: 溶接幅、 h_w : ウェブ 高、 σ_{wy} : ウェブの降伏応力度、 σ_{sy}^b : 局部座屈応力度、 σ_{sy}^m : 補剛材の降伏応力度、 σ_{fy} : フランジの降伏応力度、 E: ヤング係数、v: ポアソン比をそれぞれ表す.

3. 有限要素解析

3.1 解析概要

2節に示した耐力評価式の妥当性を検証するために, 図3および表1に示す部分モデルに対して弾塑性有限要 素解析を行う.モデルBSが図3に示す健全状態(設計時) とし,モデルW6が応力広がり範囲でのウェブ厚 t_w が 6mm,モデルS6とS3は腐食後の補剛材厚 t_s が6mmと3mm を想定する.図4に腐食領域を示す.ウェブの腐食領域 が2節に示す降伏範囲(L, L)を超えるものとする.

要素は20節点ソリット要素を用いる.フランジ,ウェブと補剛材の応力---ひずみ関係はmulti-linearモデル



キーワード:鋼桁,腐食,補強,降伏耐力,解析

連絡先:〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 産学融合トップランナー養成センター 環境・建設系 TEL 0258-47-9641

(図5)、ソールプレートを模擬した鋼板は剛とする. ソールプレートに漸増荷重(変位制御)を加え,局部 変形モードが明瞭あるいは局部座屈になるまで載荷す る.

表1 部分モデルおよび降伏耐力

Model	t _w (mm)	t _s (mm)	P _{ws} (kN)	zP _{ws} (kN)	_{fem} Py (kN)	$f_{em}P_y$ / P_{ws}	$f_{em}P_y$ $/_ZP_{ws}$
В	12		992	1131	1232	1.24	1.09
BS	12	12	1604	1744	1882	1.17	1.08
W6	6	12	1109	1252	1177	1.06	0.94
S6	12	6	1299	1437	1555	1.20	1.08
S3*	12	3	1042	1180	1337	1.28	1.13

* 補剛材座屈



3.2 解析結果

図6に各モデルの荷重P-変位δ関係曲線を示す.接 線剛性が初期剛性の 1/3 となる荷重を解析値 femPyとし て定義する.表 1 に各降伏耐力をまとめ、 $f_{em}P_y$ と P_{ws} および zPwsとの比を示す. モデル S3 は局部降伏後補剛 材が局部座屈したため,解析値 femPy は座屈時の荷重と した.モデルBSの降伏耐力がモデルB(補剛材なし) より大きく、補剛材の補強効果が確認できる、モデル W6 を除いて, 2 節に示した耐力評価式 Pws および zPws により安全側の評価となっていることが分かる. モデ ルW6の解析値はPwsにより安全側の評価となっている が, zPwsによりやや小さくなっている. 腐食によって減 厚された場合,2節に示した耐力評価式で補強部の残存 耐力が把握できることが分かる.

モデル W6, S6 と S3 が図 4 に示すような腐食形状を もつため,解析値が健全モデルBSの解析値(1882kN) よりそれぞれ 37.5%, 17.4%, 29.0%低下した.

図7に解析値 femPyに達するとき,面外変形コンター 図をモデル W6, S6 と S3 について示す. なお, 変形を 50 倍拡大して描いている. モデル W6 および S6 は図 2 に示す崩壊機構と類似した変形モードが生じているこ とが分かる. 図 7(c)の右側にモデル S3 について補剛材 の変形コンターを示し、局部座屈が生じたことが確認 できる.



4.まとめ

腐食減厚を考慮した鋼桁補強部の降伏耐力評価式を 提案した.ウェブおよび補剛材が腐食される場合を想 定し, 部分モデルの弾塑性有限要素解析を行った. 対 象とした解析ケースでは、腐食減厚が著しい場合でも 提案した耐力評価式が適用できることを確認した. 解 析値に達するときの面外変形コンターにより想定した 崩壊機構が妥当であることを確認した.

参考文献

 (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説, I共通編, Ⅱ 鋼橋編, 丸善, 2003

2) AASHTO: LRFD Bridge Design Specifications, 3rd. Edition, Washington, D.C., 2004

3) 森田耕次, 浦 等, 植野良二: 柱はり接合部のスチフナ補 強に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文報告集、第 376号, pp.30-40, 1987.6



