

下フランジの腐食をもつ鋼桁の耐荷力に関する解析的研究

青木あすなろ建設(株) 正会員 ○劉 翠平

フェロー会員 牛島 栄

長岡技術科学大学

正会員 宮下 剛

1. はじめに

鋼橋の腐食による損傷は多様であり¹⁾, 部材の耐荷力への影響をそれぞれ個別に解明し, 適切な補強・補強を行う必要がある. 例えば, 写真1に示す連続鋼桁橋²⁾のパネルが主としてせん断と曲げを同時に受けるため, 下フランジの腐食が進展すると, 鋼桁の耐力が低下する可能性がある. しかし, 下フランジに局部的に腐食が進行した場合, 耐荷力に関する研究は少ない.

本研究では, 連続非合成I桁橋の中央支承部付近に下フランジの腐食をもつ鋼桁の耐荷挙動を明らかにするため, その進行程度に着目し, 弾塑性有限要素解析を行う. また, 耐力低下した原因を分析し, 下フランジの腐食が鋼桁の変形挙動に与える影響を考察する.

写真1 下フランジの腐食の事例²⁾

2. 解析概要

2径間連続非合成I桁を対象とし, 図1および表1に示す6つのグループに対して複合非線形有限要素解析を行う. 鋼桁の腹板高 h_w とフランジの断面寸法が一定で, 腹板厚 t_w , アスペクト比 α をパラメータとする. 終局状態において局部破壊が生じないように, 補剛材を

厚くし40mmとする. 下フランジの腐食領域は図1に示すようにテストパネルのみとし, 減厚 t_{cf} を10および20mmの2パターンとする.

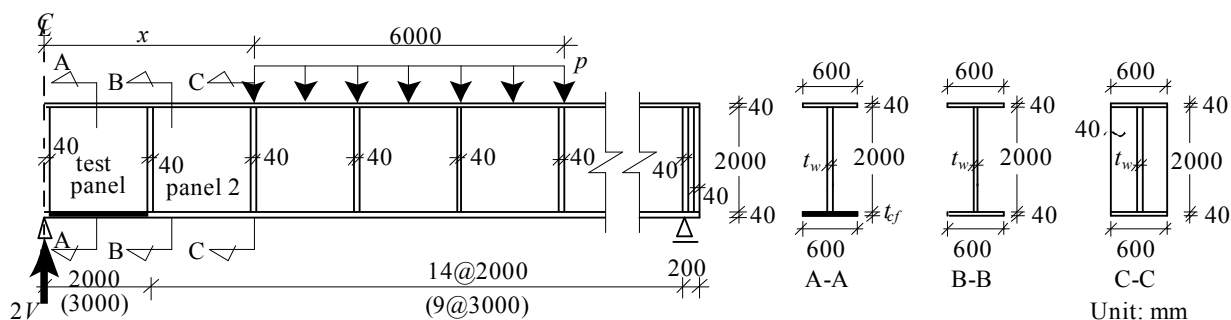
解析には8節点シェル要素のCQ40Sを用いる. テストパネルおよびパネル2を弾塑性とし, その他の部分を弾性とする. 補剛材の降伏応力度を 450N/mm^2 , フランジおよびウェブの降伏応力度を 355N/mm^2 とする. また, ハイブリット桁を想定した場合, フランジの降伏応力度を 450N/mm^2 とする. 鋼材はVon Mises応力の降伏条件を考え, 応力-ひずみ関係はmulti-linearモデルとする. ヤング率は $2 \times 10^5 \text{N/mm}^2$, ポアソン比は0.3である.

テストパネルのウェブのみへ2方向に半正弦波をもつ, 最大値が $h_w/250$ である初期たわみを導入する. また, テストパネルに作用する曲げとせん断の占める割合を調整するため, 図1に示すように漸増荷重(強制変位)の位置 x を変化させ, 荷重が低下した後も解析を行う.

表1 モデルのパラメータ

グループ	t_w (mm)	α	σ_{fy} (N/mm^2)	モデル数 (個)
A10TW16	16	1.0	355	12
A10TW16H			450	12
A15TW16		1.5	355	9
A15TW16H			450	9
A10TW19	19	1.0	355	12
A10TW19H			450	12
A15TW19		1.5	355	9
A15TW19H			450	9

* モデル A10TW16- x2tcf10: アスペクト比が1.0, 腹板厚が16mm, 漸増荷重の位置 x が2.0m, 下フランジの減厚が10mmである1個のモデルを示す.



Unit: mm

()内はアスペクト比1.5のグループの寸法を表す.

図1 2径間連続桁の概略図

キーワード 橋梁, 有限要素解析, 鋼桁, 下フランジ腐食, せん断耐力, 斜め張力場

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 36-1 青木あすなろ建設(株) 技術研究所 建築研究室 TEL 029-877-1112

3. 解析結果

(1)健全桁

図2に健全桁のせん断荷重 V -テストパネルの変位 δ 関係曲線を示す. なお, 最大せん断荷重を $f_{em}V$ で定義し, 以下に解析値と呼ぶ. Basler 式によって算出したせん断耐力 P_{SB} も同図に示す. 解析値 $f_{em}V$ は評価値 P_{SB} より約3%高く, 解析値 $f_{em}V$ に達するときの面外変形およびせん断応力コンターにより, 斜め張力場が形成されていることを確認した.

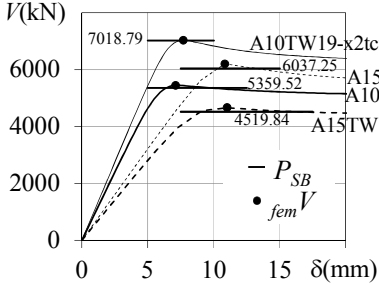


図2 せん断荷重 V -テストパネルの変位 δ 関係曲線

(2)腐食モデル

図3に荷重の位置 x を2.0, 4.0, 6.0および8.0mとした場合, V - δ 関係曲線をグループ A10TW16 について示す. 荷重の作用位置によらず, 下フランジの腐食が進行すると耐力の低下が見られた. また, 荷重が連続桁の径間中央になればなるほどテストパネルに作用する曲げモーメントの割合が大きくなり, 曲げ・せん断の相互作用による影響が見られ, 減厚の進行とともに桁全体の耐力が低下したと考えられる.

図4に最大せん断荷重 $f_{em}V$ と下フランジの腐食減厚 t_{cf} との関係曲線を示す. 表2に健全モデルの最大せん断荷重に対して耐力低下の割合 β および β_h をまとめる. 下

フランジの腐食の進行度および荷重条件が同条件となっても, ホモジニアス桁よりハイブリット桁の最大せん断荷重が約5%高い結果となった. これは, 下フランジの降伏耐力がやや高いため, テストパネルの斜め張力場領域の面外変形が進んだためと考えられる.

表2 最大せん断耐力低下の割合

α	x (m)	t_{cf} (mm)	TW16		TW19	
			β (%)	β_h (%)*	β (%)	β_h (%)*
1.0	8.0	10	24.3	16.0	32.6	25.2
		20	42.7	37.0	48.7	43.5
1.5	9.0	10	19.2	12.1	32.3	25.0
		20	41.8	36.1	48.1	44.2

* ハイブリット桁を想定しフランジの降伏応力を 450N/mm^2 とする場合

4. まとめ

2径間連続非合成I桁橋の中央支承部付近に下フランジの腐食をもつ鋼桁について, 腐食の進行程度および荷重の作用位置などをパラメータとし, 弾塑性有限要素解析を行った. 腐食モデルは健全モデルとの比較を行い, 下フランジの腐食がテストパネルの変形挙動に与える影響を考察し, パネルのせん断耐力低下について検討した.

連続非合成桁橋の中央支承部付近に下フランジの腐食が進行すると, 桁全体の耐力が大幅に低下する可能性が高く, 注意を払う必要があると考える.

参考文献

- 1) (独) 国土技術政策総合研究所: 鋼道路橋の局部腐食に関する調査研究, ISSN 1346-7328, 国総研資料第 294 号, 平成 18 年 1 月
- 2) (独) 国土技術政策総合研究所: 耐候性鋼橋の適用環境評価手法の高度化に関する研究(II)-凍結防止散布の影響に関する検討一, ISSN 1346-7328, 国総研資料第 778 号, p.36, 平成 26 年 1 月

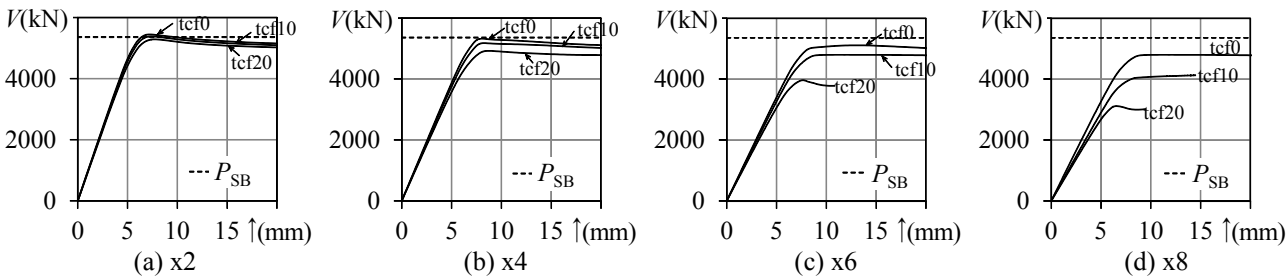


図3 せん断荷重 V -テストパネルの変位 δ 関係曲線 (グループ A10TW16)

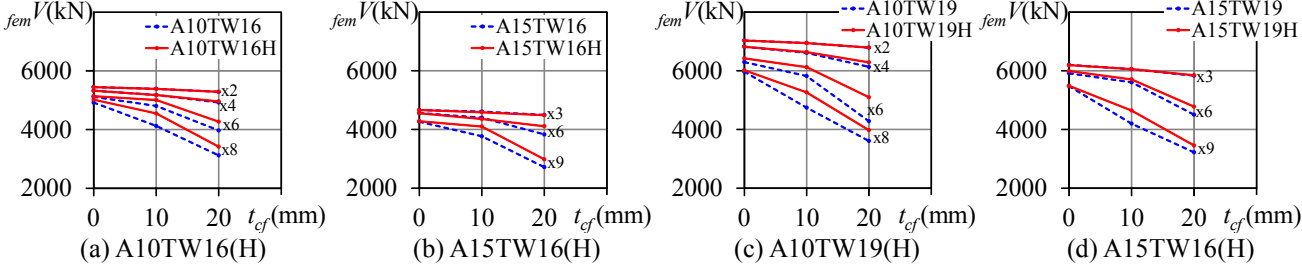


図4 最大せん断荷重 $f_{em}V$ と下フランジの腐食減厚 t_{cf} との関係曲線