

腐食を有する鋼桁端部への当て板補修におけるすき間の影響に関する一考察

立命館大学理工学研究科 学生員 ○玉井 宗宏
立命館大学理工学研究科 学生員 藤丸 拓
立命館大学理工学部 正会員 野阪 克義

1. はじめに

近年、多くの鋼 I 桁橋において、桁端部の下端部で、支点上補剛材やウェブに腐食損傷があると報告されている。その原因としては、不十分な維持管理や、損傷した伸縮装置からの漏水が挙げられる。腐食によって減肉した鋼部材に対する補修方法のひとつとして、高力ボルトを用いた鋼板当て板補修がある。当て板工法の利点としては、部分的な工事であるため工費が安い、施工期間が短いなどがあげられる。一方で、腐食した部位を当て板ですべて覆う必要があるため、過度な補修につながることや、腐食範囲や部位によって当て板形状を変える必要があるため、汎用性に欠けることなどが欠点として挙げられる。

そこで、本研究では、最小限の当て板部材を用いた、より簡易で合理的な補修方法を見つけることを目的として数値解析を行った。検討対象としては、補修効果が異なると推測される水平補剛材あり、なしの2種類とした。

2. 検討対象モデル

a) 対象橋梁

本研究においてモデル化した橋梁は、文献 1), 2)などを参考に決定した、鋼 I 桁単純桁である。対象橋梁の桁端部のみを考慮してモデル化した解析モデルの一般図を図-1 に示す。以下、水平補剛材がないモデルを wo_h_stiffener (without horizontal stiffener) モデル、水平補剛材があるモデルを w_h_stiffener (with horizontal stiffener) モデルと呼ぶ。

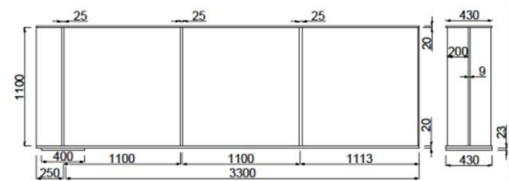
b) 解析モデル

有限要素解析ソフト Marc 2019 を用いて、弾塑性有限変位解析を行った。なお、初期不整は初期たわみのみを考慮し、残留応力は考慮していない。荷重としては載荷板を介して強制変位を与えた。また、当て板と母材には接触条件を与えた。鋼桁にはシェル要素、ソールプレート・載荷板にソリッド要素を用いた。また、当て板と母

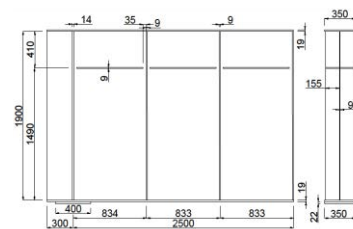
材は高力ボルトによる摩擦接合を仮定し、剛体梁要素によって再現した。

本研究では、それぞれのモデルにおいて、健全モデル、腐食欠損モデル、補修モデルの3モデルに加え、実際には当て板と鋼桁の板要素には多少隙間が空く可能性²⁾があると考えられ、この隙間が耐荷力性状にどのような影響を与えるか検討するため、下フランジと当て板を離れたモデルの合計8モデルで解析を行った。

腐食欠損モデルは、支点上垂直補剛材両側欠損と桁端側ウェブ全欠損を組み合わせたモデルとし、欠損高は両方とも 100mm とする。提案する補修モデルを図-2 に示す。当て板部材の厚さは wo_h_stiffener モデルでは 25mm, w_h_stiffener モデルでは 14mm であり、高さはボルトの最小縁端距離と最小ボルト間隔のみを確保した高さとなっている。補修モデルにおいて、下フランジと当て板のすき間は 1mm とした。

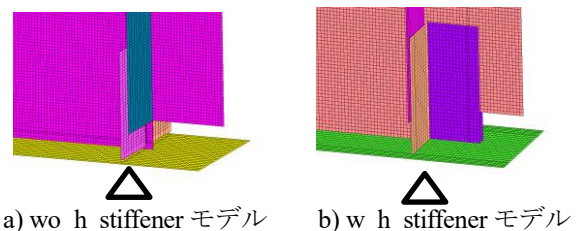


a) wo_h_stiffener モデル



b) w_h_stiffener モデル

図-1 解析モデル一般図 (単位:mm)



a) wo_h_stiffener モデル b) w_h_stiffener モデル

図-2 補修モデル

キーワード 鋼橋, 腐食, 水平補剛材, 当て板補修, フランジ不陸

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1丁目1-1 立命館大学理工学部 環境都市工学科 TEL:077-561-3007

c) 材料特性

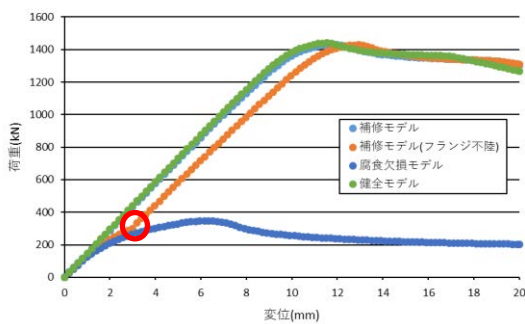
対象橋梁と当て板部材に用いる材質は SM490A と仮定し、ヤング係数は $2.05 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比は 0.3、降伏応力は 325N/mm^2 とした。また、摩擦接合に用いたボルトは M24 B10T と仮定し必要本数を設定した。

3. 解析結果および考察

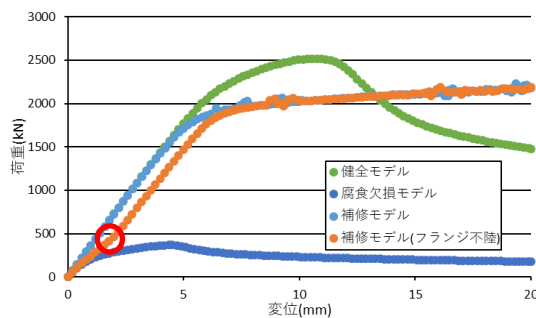
各モデルの最大荷重と健全モデルとの比を表-1 に示す。また、解析によって得られた各モデルの荷重-たわみ曲線を図-3 に示す。

表-1 最大荷重と健全モデルの最大荷重との比較

	wo_h_stiffenerモデル			
	健全モデル	腐食欠損モデル	補修モデル	補修モデル (フランジ不陸)
最大荷重(kN)	1440	348	1432	1428
健全モデルとの比(%)	—	24.2	99.4	99.2
	w_h_stiffenerモデル			
	健全モデル	腐食欠損モデル	補修モデル	補修モデル (フランジ不陸)
最大荷重(kN)	2519	368	2227	2191
健全モデルとの比(%)	—	14.6	88.4	87.0



a) wo_h_stiffener モデル



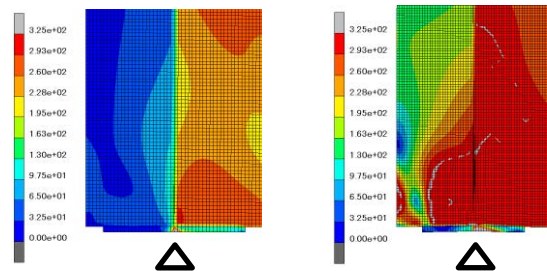
b) w_h_stiffener モデル

図-3 荷重-たわみ曲線の比較

wo_h_stiffener モデルでは、提案した補修方法で健全モデルと同等の最大荷重まで回復することが確認できた。つまり、本研究でモデル化した橋梁においては、桁端側ウェブに対して補修を施さなくても最大荷重は回復する。一方で、w_h_stiffener モデルでは、提案した補修方法では健全モデルと同等の最大荷重まで回復しなかった。

図-4 は健全モデルの、最大荷重載荷時の Mises 相当応

力コンター図であり、桁端側ウェブの端部（左端）まで大きな応力が生じていることが分かる。これは、水平補剛材ありのモデルでは、桁端側ウェブも柱断面の一部として支点反力に抵抗するため、欠損部すべてを覆う当て板が必要であることを示している。水平補剛材ありのモデルでは、支点上垂直補剛材の座屈が生じている点も、支点周辺での応力分布の違いの原因となっている。特に、wo_h_stiffener モデルでは、桁端側のウェブの応力が小さく（青色）なっていることが確認できる。



a) wo_h_stiffener モデル

b) w_h_stiffener モデル

図-4 最大荷重載荷時の応力状態

水平補剛材あり、なしの両モデルにおいて、フランジの不陸を考慮するために、当て板を下フランジから離れたモデルでは、荷重が増加する傾きが異なるポイント（図-3 中の赤丸）が確認された。このポイントはウェブの支点直上部分の局部座屈によって、当て板部材が下フランジと接触したことを示している。

4. おわりに

本研究で想定した腐食欠損に対して、wo_h_stiffener モデルでは、垂直補剛材に対しての当て板補修のみでも健全モデルと同等の最大荷重を持つことがわかった。下フランジに不陸があったとしても、ウェブの局部座屈により当て板部材が下フランジに近づき、下フランジに当て板が接触することで不陸を考慮していないモデルと同等の最大荷重になるということがわかった。

参考文献

- 1) 丹波寛夫, 橋本国太郎, 田中大介, 杉浦邦征: 腐食した鋼桁端部の当て板補修に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol.60A, pp.94-104, 2014.
- 2) 臼倉誠, 山口隆司, 豊田雄介, 三ツ木幸子, 金銅晃久: 飯桁端部の支点上のウェブと補剛材の下端腐食範囲の違いがその耐力特性に及ぼす影響, 構造工学論文集, Vol.57A, pp.724-734, 2011.
- 3) 井比亨, 北根安雄, 三ツ木幸子: 腐食した鋼桁端に対する当て板補修の性能回復機構に関する研究, 構造工学論文集, Vol.65A, pp.466-478, 2019.