

第 I 部門

腐食を有する鋼桁端部の補修方法に関する一考察

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あげられる。腐食損傷した鋼桁端部の補修方法として、簡易かつ合理的な方法を求める研究がされているが、新たな補修方法の開発には至っていない。

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いる。

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) 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。

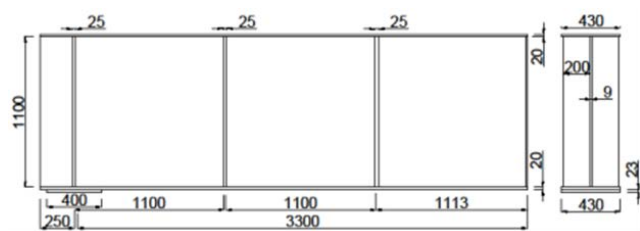


図-1 解析モデル一般図

(単位:mm)

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た。

残留応力は断面欠損がある場合においては最大荷重に与える影響が解明されていないため、適切な数値モデルを設定できないので考慮せずに解析を行った。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、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3モデルの合計6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²⁾を組み合わせたモデルとし、欠損腐食・当て板部材の概要を表-1 にまとめる。提案する補修モデルの模式図を図-2 に示す。図-2 中の赤い部分が当て板、青い部分が腐食欠損部を示している。当て板部材の厚さは9mm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、5mm、10mm とした。

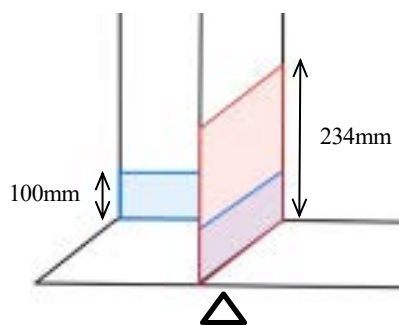


図-2 補修モデルの模式図

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 325 N/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。

Munehiro TAMAI and Taku FUJIMARU and Katsuyoshi NOZAKA

k-nozaka@se.ritsumei.ac.jp

3. 解析結果および考察

それぞれのモデルの最大荷重と健全モデルの最大荷重との比較を表-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

	健全モデル	腐食欠損モデル	補修モデル
最大荷重(kN)	1440	348	1432
健全モデルとの比(%)	100.0	24.2	99.4
	補修モデル_1mm	補修モデル_5mm	補修モデル_10mm
最大荷重(kN)	1428	1424	1303
健全モデルとの比(%)	99.2	98.9	90.5

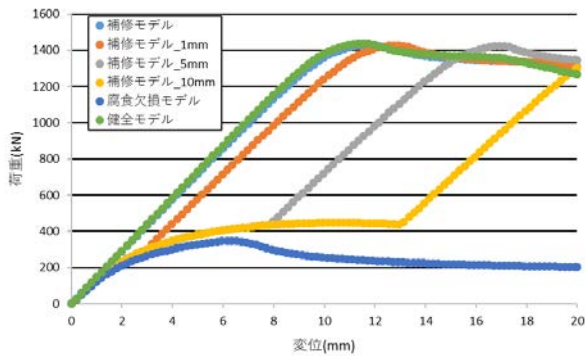


図-3 荷重-たわみ曲線の比較

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。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3モデルにおいて、荷重が増加する傾きが異なるポイント（補修モデル_1mmでは荷重が300kN付近、補修モデル_5mmと補修モデル_10mmでは荷重が400kN付近）が確認された。このタイミングを把握するために、当て板部材の鉛直方向の変位について整理した。

図-4は載荷前と最大荷重時の支点部付近の拡大図であるが、最大荷重時にはウェブ下端が局所的に変形して当て板が下フランジに接触していることが確認できる。図-5は、各モデルにおいて最大荷重載荷時に最も鉛直方向の変位が大きかった節点（一番ウェブに近い最下部の節点）（図-4中の赤丸）とその直下のフランジの節点に注目し、それらの鉛直方向の変位の差をとることで、当て板部材の下フランジに対する相対的な鉛直方向の変位を示したものである。

当て板部材の鉛直方向変位は、補修モデル_1mmでは1mm、補修モデル_5mmでは5mm、補修モデル_10mmでは10mmに収束しており、その収束値は各モデルの当て板部材を下フランジから離れた距離と一致していた。また、それぞれの収束値に達する時の荷重は、補修モデル_1mmでは約300kN、補修モ

デル_5mmと補修モデル_10mmでは約400kNであった。

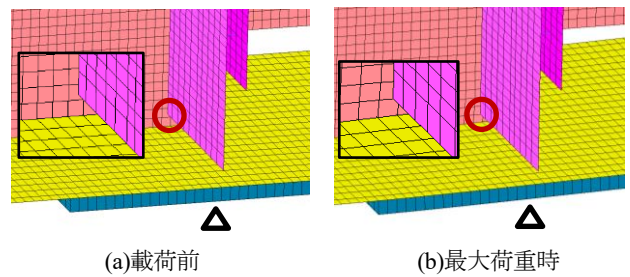


図-4 支点部の拡大図

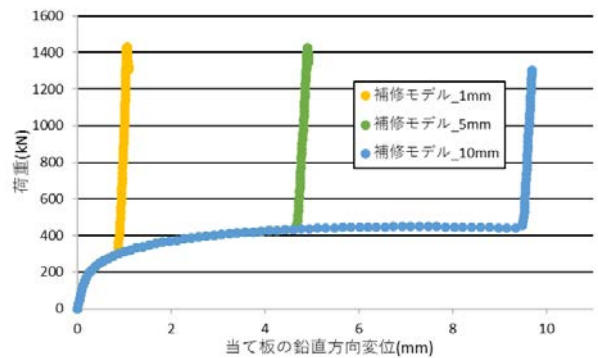


図-5 当て板の鉛直方向変位と荷重の関係

これらのことから、当て板と下フランジのすき間を考慮した3モデルでは、当て板部材が下フランジに接触したタイミングで荷重増加率が変化することが分かる。

おわりに

本研究で想定した腐食欠損に対しては、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。また、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、最終的には下フランジに当て板が接触する。接触すると、当て板を通して下フランジに応力が伝達されるようになり、健全モデルと同等の最大荷重になるということがわかった。今後は、すき間が水平補剛材の当て板補修に対する影響を明らかにするとともに、本研究で提案した補修方法が水平補剛材を有する橋梁においても効果的であるかの検討を続ける予定である。

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) 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