

火災により面外変形した鋼桁ウェブの補修方法に関する解析的研究

名古屋大学	学生会員	○小野 健太
名古屋大学	正会員	北根 安雄
名古屋大学	正会員	廣畑 幹人
岐阜工業高等専門学校	フェロー会員	伊藤 義人

1. はじめに

近年、火災により橋梁が損傷を受ける事例が報告されている。橋梁が火災を受けた場合、損傷状況や供用の可否などの判断を迅速かつ的確に行い、早期の供用再開を目指すことが求められる。しかし、現在火災を受けた橋梁の診断方法や補修方法等は確立されていない。

これまでの橋梁火災事例では、火災を受けた鋼桁の損傷モードの一つとしてウェブの面外変形が多く見られている。そこで、本研究では火災により鋼桁ウェブの面外変形を加圧矯正により補修する工法を解析的に再現し、その効果について検討することを目的とする。

2. 解析条件

解析対象とする橋梁は、支間長 20m、腹板高 1.5m の非合成単純プレートガーダー橋¹⁾である。本研究では図 1 に示すような受熱温度²⁾を鋼桁に与えることにより火災を再現する解析を行い、図 2 に示すようにウェブの面外変形が発生することを確認した。ここでは、変形の著しい桁端部(図中赤線に囲まれた部分)に対して高力ボルトで加圧矯正する工法を解析的に再現し、その効果を評価することを試みる。

解析には、汎用有限要素解析ソフトウェア Abaqus6.14³⁾を用いた。材料特性は、先述の火災解析で修正古村式⁴⁾に基づく値を使用しており、その値を採用する。鋼材は SM490 であり、高力ボルトは F10T-M22 である。

図 3 に使用した解析モデルを示す。補強材の設置パターンは、桁端部に作用するせん断力に対して、引張応力が生じる方向に補強する引張型補強(図 3(a)参照)と、圧縮応力が生じる方向に補強する圧縮型補強(図 3(b)参照)の 2 パターンである。補強材は手前側 L 字部材と、裏側の平板部材となっている。ボルトは簡易にモデル化しており、ボルト軸部にトラス要素を用い温度を作用させることで、ボルト軸力を再現し、ボルト頭部はボルト頭部の圧縮力が働く領域の拘束条件を制御することで再現している。補修時、桁断面は構造諸元を保つように境界条件を設定している。補修終了後は、図 3 のモデルの右端の桁断面に鉛直方向の変位を与えることにより、せん断耐荷力の算出を行う。加熱無・補修無、加熱有・補修無の場合についても同様に鉛直方向変位を与えることでせん断耐荷力の算出を行い、各ケースでの比較を行う。

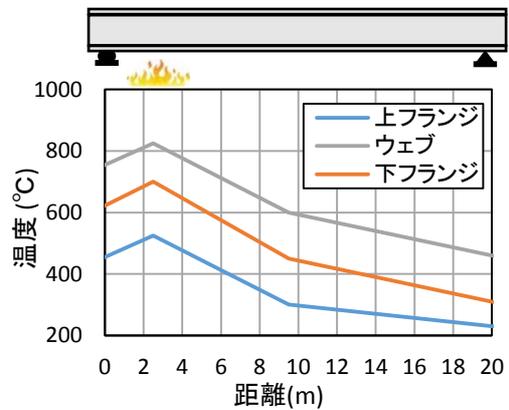


図 1 受熱温度分布

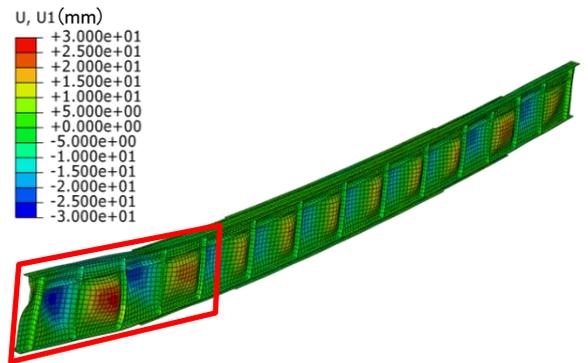


図 2 火災後の面外変形図(変形倍率×10)

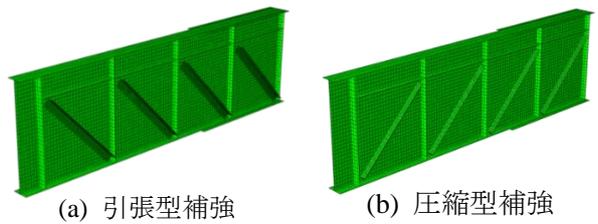


図 3 解析モデル

キーワード 火災, 加圧矯正, 面外変形, 非合成桁橋, 有限要素法

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 C1-3(651) TEL 052-789-2736

3. 解析結果

火災を受けた橋梁の面外変形について、図 4(a)に無補修時、図 4(b)に引張型補修時、図 4(c)に圧縮型補修時のコンター図を示す。面外変形は火災終了時最大で 27.7mm 出ていたが、補修を行うことにより図に示すように面外変形を矯正できる。しかし、補強材を当てられていないウェブパネル隅部では、面外変形が引張型補修では最大 20.6mm、圧縮型補修で最大 20.0mm となり、変形が残る形となった。そのため、面外変形を新設の制限値 6mm (腹板高 1500mm/250) までに収めるためには、複数本の補強材の設置や加熱矯正との併用が必要であると考えられる。図 5 には荷重—鉛直変位関係を示す。荷重は加熱無のときの最大耐荷力で無次元化した値(以下、耐荷力比と呼ぶ)を示す。加熱有のケースでは耐荷力比が 0.75 程度まで低下しているが、補修を行うことでいずれも耐荷力比が 1.0 を超え、耐荷力が元の水準以上に回復していることが確認できた。加熱有・補修無のケースでは、火災により生じたウェブの面外変形が存在しているため、ウェブとフランジの変形の連続性から横ねじれ座屈を生じ、桁の耐荷力が低下したものと考えられる。それに対し、補修を行った場合は補修により面外変形が矯正されていたことと、補強材の存在により座屈変形が抑えられていたことなどにより耐荷力が向上したものと判断される。2 種類の補修方法について、耐荷力比は圧縮型が 1.16、引張型が 1.07 で、圧縮型の方が補修効果が高いと言える。これは、図 6 の最大荷重時の面外変形図からわかるように、圧縮力方向に補強材が設置されているため、せん断座屈による面外変形の増大を引張型に比べ抑えることができるためであると考えられる。

4. まとめ

本研究の解析により得られた知見を以下に示す。

- (1) 本研究で採用した加圧矯正を行うことにより、補強材を当てた部分は十分に矯正することができたが、補強材が当たっていないウェブパネル隅部では面外変形が矯正しきれなかった。
- (2) 加圧矯正により補強材を導入することで耐荷力は無加熱時の状態以上に回復した。
- (3) 引張型補修に比べ、圧縮型補修の方が補修効果が高かった。

謝辞

本研究の一部は、一般社団法人日本鉄鋼連盟 2016 年度「鋼構造研究・教育助成事業」の助成をもとに行われたものである。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 岩瀬敏昭 (1982) : 入門橋梁設計, 現代工学社.
- 2) J. Alos-Moya , I. Paya-Zaforteza , M.E.M. Garlock, E. Loma-Ossorio, D. Schiffner, and A. Hospitaler (2014): Analysis of a bridge failure due to fire using computational fluid dynamics and finite element models, Engineering Structures, Vol. 68, pp. 96-110.
- 3) Simulia(2014): Abaqus 6.14 Japanese Documentation.
- 4) 中川弘文, 鈴木弘之 (1999) : 鋼梁の崩壊温度, 鋼構造論文集, 第 6 巻, 第 22 号, pp. 57-65.

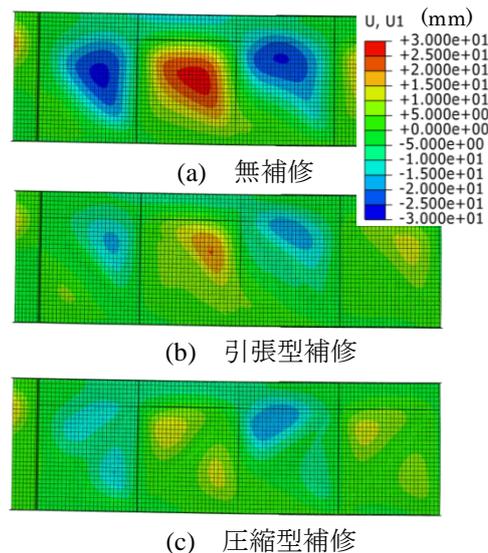


図 4 補修時の面外変形量

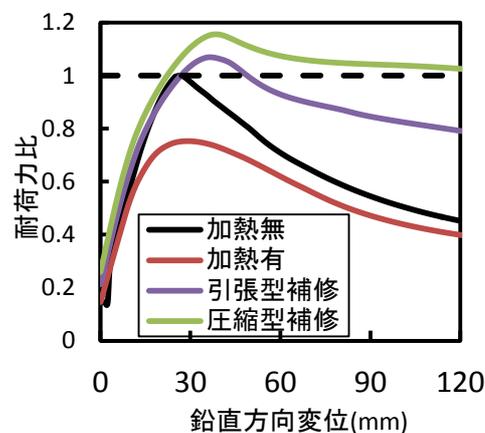


図 5 耐荷力比—変位関係

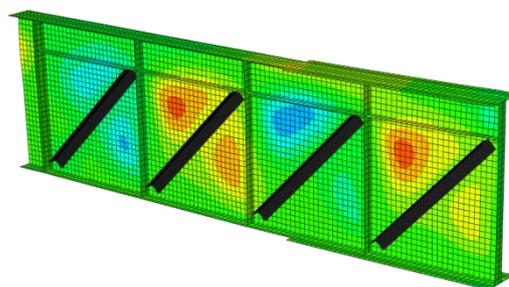


図 6 最大荷重時の変形図(耐荷力解析)