

鋼橋の受熱温度把握のための火災シミュレーション解析

名古屋大学大学院	学生会員	○小野 健太
名古屋大学大学院	正会員	北根 安雄
大阪大学大学院	正会員	廣畑 幹人

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。橋梁の火災後診断方法を確立するためには、火災による桁の受熱温度、変形などを把握する必要がある。

そこで本研究では CFD を用いた火災数値シミュレーションにより、鋼橋を対象に桁下での失火などを想定した火災解析を行い、鋼桁の受熱温度推定を行った。本文では、この結果について報告する。

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 3 主桁の非合成鋼プレートガーダー橋¹⁾とした。本研究では NIST により開発された CFD 解析コード FDS (Fire Dynamics Simulator)²⁾による火災数値シミュレーションを行った。図-1 には解析モデルを示す。24m×10m×6.5m の計算領域を対象とし、メッシュサイズは 0.20m を基本とした。底面は断熱条件とし、それ以外の境界面に関しては大気解放条件を設定した。鋼材およびコンクリート表面における表面熱伝達率は 35kW/m²、放射率は 0.7 とした。また、熱特性に関しては既往の文献^{3),4)}を基に温度依存性のものとした。本解析においては、桁下河川敷で失火が生じた場合を想定して、高さ 1.5ft の木製パレットを代表燃料として火源を設定した。図-2 には火源位置を示した。火源は 1.5m×7m であり、桁端直下に設置した。既往の木製パレットの火災実験の結果⁵⁾を踏まえ、火源の発熱速度は 1300kW/m²とした。図-3 には火源における発熱速度の変化を示した。火災発生の総時間は 1000 秒とし、最初の 300 秒が成長期、300~700 秒が定常期、700~1000 秒を衰退期とした。成長期における発熱速度の変化には t² 曲線を採用し、衰退期における発熱速度の変化は線形を仮定した。

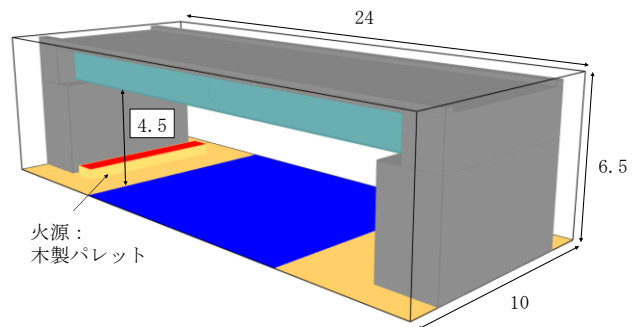


図-1 解析モデル(単位:m)

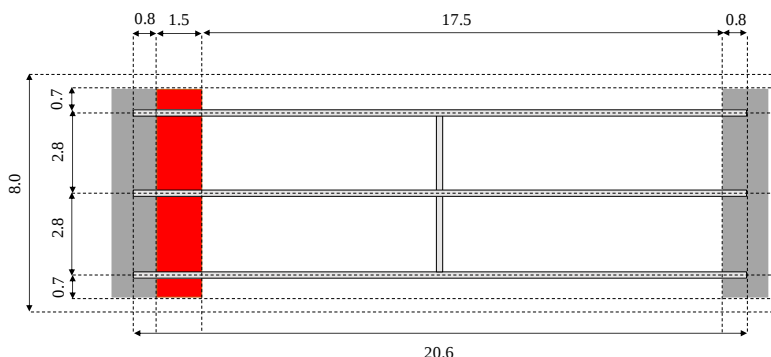


図-2 火源位置(単位: m)

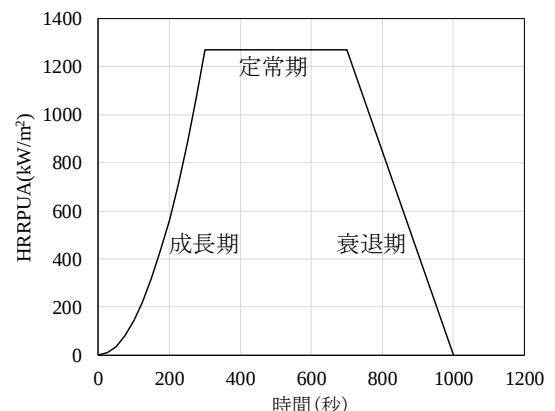


図-3 火源における発熱速度の変化

キーワード 火災, CFD, 受熱温度, 鋼橋

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

図-4 に火災発生後 700 秒の定常期における火災の状況および部材の温度分布を示す。火炎はウェブ下部程度の高さまで達しており、内桁では下フランジを中心に直接火炎にさらされていた。図-5 には火災発生地点直上における各測定点の温度時刻歴を示す。最高受熱温度は、下フランジで 810°C 、ウェブでは下部の点から、 745°C 、 715°C 、 670°C 、上フランジでは 240°C であった。下フランジは火炎に直にさらされている時間が長いため、大きく温度が上昇しており、ウェブに関しては火炎に近い下部から順に温度が高くなっていった。今回想定した火災においては火炎高さがウェブ下部程度であったため、下フランジの温度がウェブよりも高くなっているが、火炎高さが異なる場合には、同様にならないことも考えられ、今後の検討が必要である。上フランジは、ウェブ、下フランジと比較して火災時の温度上昇が小さく、最高受熱温度もかなり低い。これは上フランジがコンクリート床版と接しており、熱容量の大きなコンクリートにより熱が消散されるためであると考えられる。図-6 には火災発生後 700 秒の定常期における内桁の橋軸方向温度分布を示す。火災により 600°C 以上の高温となっているのは桁端から 1.5m の範囲のみであり、今回想定した木製パレットの火災ではその影響が部分的であった。しかし、桁間に滞留した高温の空気によりウェブでは火源から離れた場所での温度低下が下フランジと比べて小さい傾向にあり、火災の発生状況によっては高温に曝される部位が広がる可能性がある。

4. まとめ

鋼橋の桁下での火災を想定した火災シミュレーション解析により得られた知見を以下に示す。

- (1) 鋼桁の最高受熱温度は火炎に直接さらされる下フランジで 810°C となった。
- (2) ウェブ、下フランジと比較して火災時の上フランジの温度上昇は小さく、最高受熱温度も 300°C 以下とかなり低かった。
- (3) 火災により 600°C 以上の高温となったのは桁端から 1.5m の範囲のみであり、火災の影響は部分的だった。

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) McGrattan, K., McDermott, R., Hostikka, S., and Floyd, J. (2010): Fire dynamics simulator(version 5) user's guide, NIST Special Publication1019-5.
- 3) ASCE (1992): Structural fire protection, ASCE manual and reports on engineering practice No. 78, New York.
- 4) EUROCODE 4 (1994): Design of composite steel and concrete structures Part 1-2: General rules - Structural fire design, European Committee for Standardization.
- 5) James G. Quintere 著, 大宮喜文, 若月薫訳 (2009) : 基礎火災現象原論, 共立出版。

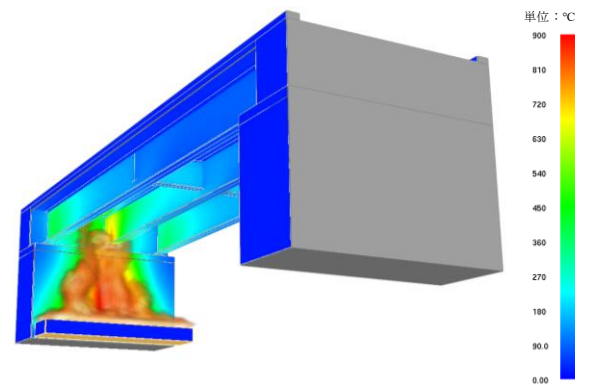


図-4 火災状況および温度分布(700 秒)

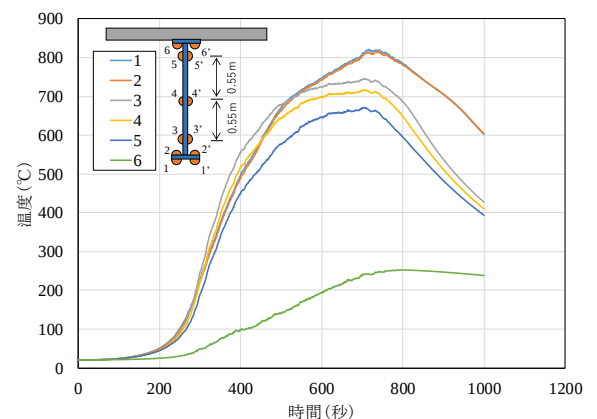


図-5 火災直上の内桁温度時刻歴

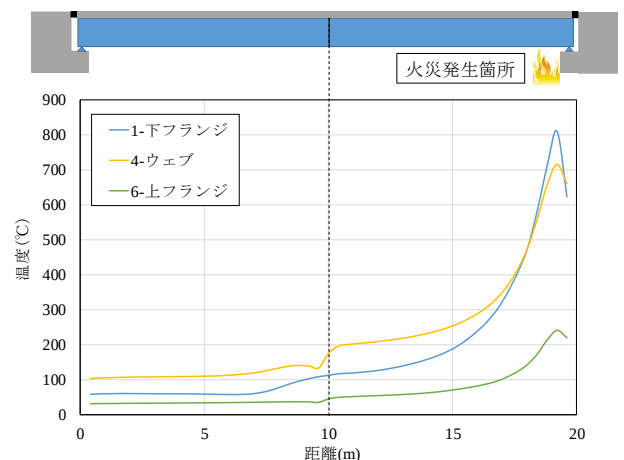


図-6 内桁の橋軸方向温度分布(700 秒)