

火災領域が合成桁橋の耐荷力に及ぼす影響

大阪工業大学大学院 高橋 佑介
大阪工業大学 大山 理

1. 緒言

近年、橋梁において大小さまざまな火災による損傷事例が報告されている¹⁾。国民生活や経済活動を支える橋梁を安心、安全ならびに恒久的に使用するためにも、鎮火後の橋梁の損傷状況や安全性を適確に診断することが求められている。しかし、文献1)などの被災度判定は材料試験の結果に準じて定められており構造物としての判定は含まれていないのが現状である。そこで、今後、構造物レベルでの被災度判定の規準を定める際の基礎的資料として、火災領域が合成桁橋の耐荷力に及ぼす影響について検討を行った。本文は、2 径間連続合成桁橋(支間 2@21.950m)を対象に、鎮火後の支間中央部における桁と下フランジプレートとの継手部における耐荷力評価を行った結果について報告する。

2. 熱履歴を受けた各材料の力学特性

対象橋梁に用いられている SM490Y 材、継手部の摩擦接合高力ボルト(F10T)の力学特性を図-1 に示す^{2),3)}。

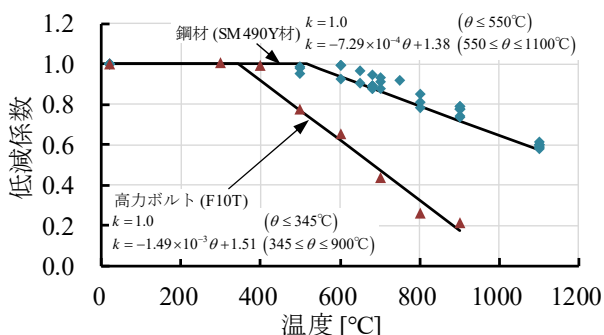


図-1 熱履歴を受けた各材料の力学特性(降伏強度)

同図より、加熱温度の上昇とともに各強度は低下し、SM490Y 材は 1100°C で約 40%、摩擦接合高力ボルトは 900°C で約 80%低下することがわかる。本解析では図中に示している低減係数の推定式²⁾を用いて解析を行う。

3. 熱履歴を受けた合成桁橋の耐荷力評価

まず、熱履歴を受けた合成桁橋の耐荷力を算定するにあたって、各部材における受熱温度を把握するために熱伝導解析を行う。ここで、熱伝導解析は、汎用プログラム SOFiStiK を用い、火災曲線は、Eurocode⁴⁾を参考にした。本解析において、野焼きや不審火を想定した火災では、EX 曲線(最高温度 680°C)、タンクローリーの横転などを想定した火災では、HC 曲線(最高温度 1100°C)、EX 曲線および

HC 曲線と同様の温度上昇で、最高温度をそれぞれ仮に 500°C、900°C とした 4 種類を用いた。火災は、桁下直下で起きたと想定し、火災領域は、大規模被害(CASE1)として、鋼桁全面およびコンクリート床版下縁、中規模被害(CASE2)として、下フランジおよびウェブの 4 分の 3、小規模被害(CASE3)として、下フランジのみが火炎に曝された場合について検討を行う。なお、火災の温度分布が不明確なことをふまえ、CASE2 では、仮定として、火災領域の一部分は最高温度の半分の火災温度として解析を行った。火災時間は過去の事例を参考に 60 分間とした¹⁾。

つぎに、熱履歴を受けた合成桁橋の耐荷力評価を行う一つの指標として、米国橋梁設計規準である AASHTO の Load Rating を参考とする。ここで、AASHTO の Load Rating とは、既設橋の耐荷力評価を行う手法であり、その結果は、参照とする活荷重に対し、その何倍、耐荷力を有しているかを示す指標 Rating Factor (RF 値)で表される⁵⁾。

$$RF = \frac{C - DL}{LL} \quad (1)$$

ここに、 C : 部材耐力、 DL : 死荷重効果、 LL : 活荷重効果である。式(1)より RF 値を算出し、RF 値が 1.0 以上であれば基準としている活荷重に対して安全であると言え、一方、1.0 以下の場合には活荷重に対して安全とは言えず、橋の補修、閉鎖などを施す必要がある。

(1) 熱伝導解析

本解析における解析モデルおよび火災領域を図-2、火災時間 60 分における合成桁断面内の温度分布を図-3 に示す。

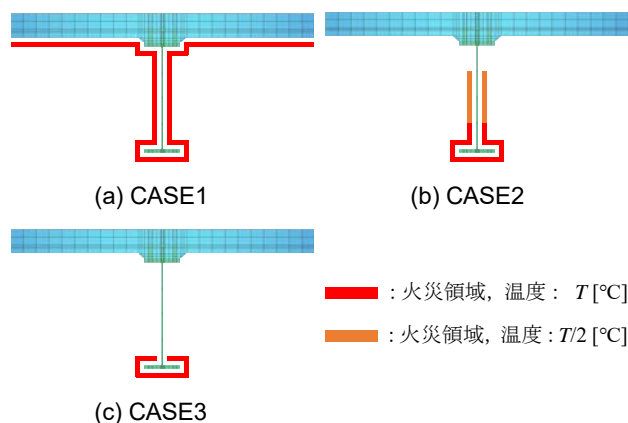


図-2 解析モデル

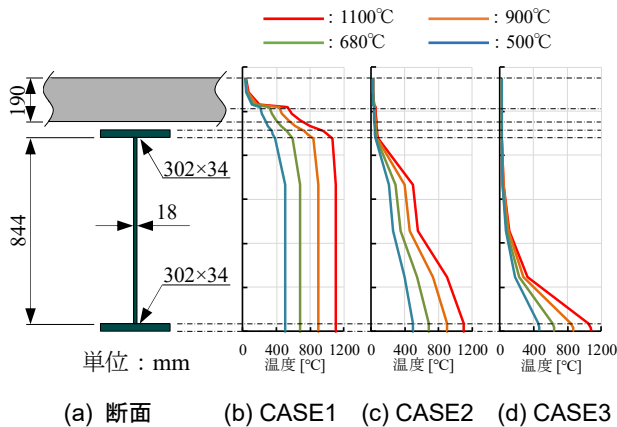


図-3 合成桁断面内の温度分布 (凡例の数値は最高温度)

図-3より、CASE1では、鋼桁断面は最高温度に達しているのに対して、コンクリート床版は火災を受ける下面を除くと、温度の上昇はほとんど見られない。一方、CASE2およびCASE3では火災領域から離れるにつれて温度の上昇はほとんどない結果となった。以上より、鋼桁は熱影響を受け易く、コンクリート床版は火災を受ける下面を除くと大半は温度上昇が見られない。したがって、文献6)を参考に、桁の耐荷力を算出する際、コンクリート床版の熱影響範囲を床版下縁から50mmとする。

(2) 耐荷力評価

適切なずれ止めにより鋼圧縮フランジとコンクリート床版が一体化された合成桁橋は、正の曲げモーメントを受けた際に、全塑性状態までに達することができる。そこで、本解析では、熱履歴を受けても鋼とコンクリートは一体化が図られ、火災時に桁の局部座屈は生じていないという仮定の下、全塑性状態における2径間連続合成桁橋の支間中央部における桁と下フランジプレートの継手部の耐荷力評価を行う。

まず、支間中央部の桁と下フランジプレートの継手部における耐荷力(常温時)および断面力を表-1に示す。式(1)より常温時における桁および継手部のRF値を算出し、CASE毎に比較、検討を行う。

表-1 耐荷力、断面力

	支間中央部	継手部
耐荷力	7189 kNm	2419 kN
死荷重	669 kNm	315 kN
活荷重	1158 kNm	517 kN

つぎに、各部材の受熱温度に対する低減係数(図-4)を用いて桁と継手部それぞれの耐荷力を算出し、受熱温度とRF値の関係を図-4に示す。

同図より、桁は、CASE1、CASE2ならびにCASE3すべてにおいて1100°Cの熱影響を受けた場合、RF値が1.0以上となるため、活荷重に対して安全であることがわかる。

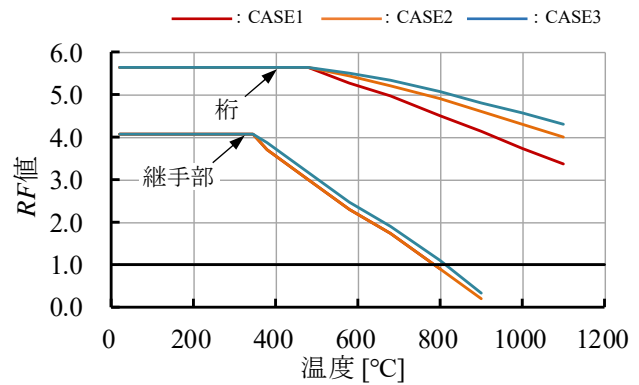


図-4 受熱温度とRF値の関係

一方、継手部は、熱影響による高力ボルトの強度低下により耐荷力が低下し、約800°Cの熱に曝されると活荷重に対して安全ではない結果となった。

また、桁は火災領域が耐荷力を変動させる主要因となるが、下フランジプレートの継手部は、すべてのCASEにおいて直接熱に曝されるため、当然のことながら、火災領域による差異はほとんどないことがわかる。

(3) 判定

火災領域の違いにより桁のRF値は異なるが、すべてのCASEにおいて制限値を満足している。判定の一例として、タンクローリーの横転などを想定した火災が発生した際でも、本解析条件においては、高力ボルトの取替えを行うことで通行可能の判断を下せると考えられる。

5. 結言

本研究では、合成桁橋を対象に、火災領域をパラメータとした熱伝導解析により受熱温度を把握しRF値による耐荷力評価を行った。その結果、火災領域は桁の耐荷力を変動させる主要因となるが、火災時に桁の局部座屈が生じていない条件下において、火災領域によらず桁は活荷重に対して安全である。一方、下フランジプレートの継手部は、火災領域によらず、約800°Cの熱に曝されると活荷重に対して安全ではない結果が得られた。今後の課題として、実橋梁を想定した加熱試験を実施し、温度分布を明確にするとともに、解析値の妥当性を検証する必要がある。

【参考文献】

- (公社)土木学会：火災を受けた鋼橋の診断補修ガイドライン，丸善(株)，2015年7月。
- 高橋佑介，大山 理：鋼材の加熱自然冷却後の常温時強度推定式の提案，平成29年度土木学会関西支部年次学術講演会，I-14，2017年5月。
- 古平章夫，藤中英夫，高田 司：高力ボルトの高温時及び加熱冷却後の強度，日本建築学会大会学術講演概要集，pp.117~118，2000年9月。
- CEN：Eurocode1-Actions on structures Part 1.2：General actions-Actions on structures exposed to fire，prEN1991-1-2，2002.11。
- 奥井義昭：鋼構造物のリダダンダンシー検討小委員会活動概要と海外の動向，第17回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集，pp.15~20，土木学会，2014年8月。
- 今川雄亮，竹原和夫，柳楽英俊，大山 理，栗田章光：鋼・コンクリート単純合成桁橋の耐火性能評価に関する解析的研究，構造工学論文集，Vol.53A，pp.1107~1116，2007年3月。