

橋梁下での火災に対するワッフル型 UFC 床版の受熱温度評価

大阪工業大学大学院 学生会員 ○村川友則
 大阪工業大学大学院 学生会員 高橋佑介
 大阪工業大学 正会員 大山 理
 大阪工業大学 正会員 今川雄亮

阪神高速道路(株) 正会員 小坂 崇
 阪神高速道路(株) 正会員 河野晴彦
 阪神高速道路(株) 正会員 松井章能
 阪神高速道路(株) 正会員 濱崎浩太

1. はじめに

近年、車両事故や失火など様々な要因により橋梁の火災事例が報告されている(写真-1)¹⁾。しかし、的確な診断手法の確立に至っていないなど様々な問題点がある。その課題を解決するため、鎮火後の診断補修に関するマニュアル²⁾が提案されているが、すべての構造材料および部材の熱影響を網羅しているわけではない。そのため、橋梁に対する各部材および構造形式に対して熱影響を明らかにしていく必要がある。

橋梁を構成する様々な部材がある中、床版は、橋梁路面で活荷重を直接支持し、それを主桁へ伝達する重要な部材であり、熱影響について把握しておく必要がある。圧縮強度が 180N/mm^2 を超えるエトリンガイト生成系の超高強度繊維補強コンクリート(Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete: 以下、UFC と略記)を用いた2方向リブを有するワッフル型 UFC 床版は、阪神高速道路で開発され2018年に初めて実構造物が供用された。

そこで、本稿では、形状が複雑でより耐火性状が不明確であるワッフル型 UFC 床版を対象に、その下面で火災が発生した際の損傷発生の有無や各部材の受熱温度を把握することを目的として、解析および実験の両面で検討を行った結果について報告する。

2. 試験概要

本試験は、本学が所有するガスバーナーを熱源とした大型水平加熱炉を用いて実施した。供試体寸法を図-1および図-2に示す。支点条件は両端250mmの面支点とした。温度計測は図-1に示すとおり、床版中央から東側および西側の2カ所で実施し、計測箇所は図-2のとおり、リブ、スラブならびにPC鋼材で計7カ所とした。本試験で用いた火災温度-時間曲線は、Eurocode³⁾に規定されている外部火災曲線を適用した。加熱範囲は床版中央から両側1.5mであり、加熱面は床版下面とし、加熱時間は火災事例を参考に60分間とした。また、試験結果との比較に汎用ソフトであるSOFiSTiKを用いた熱伝導解析を実施した。その際、放射熱が受熱面に到達する割合を示した形態係数は形状が類似しているデッキプレートの形態係数を参考に決定した⁴⁾。供試体の設置状況を写真-2に示す。

写真-1 橋梁火災事例¹⁾

写真-2 供試体設置状況

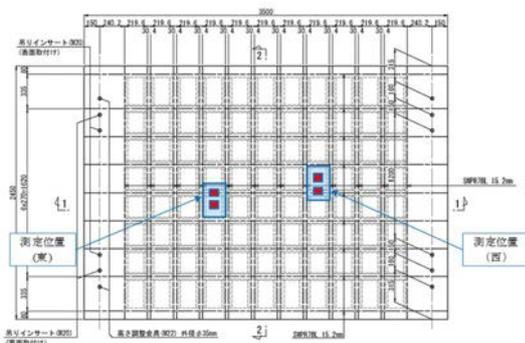


図-1 供試体平面(単位: mm)

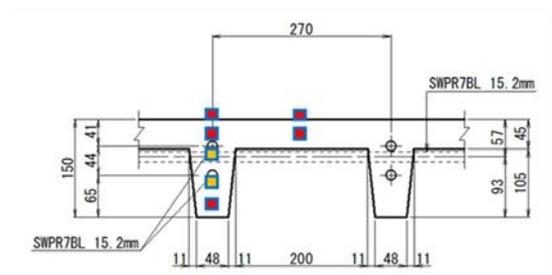


図-2 供試体断面および温度計測位置(単位: mm)

キーワード: UFC 床版, 火災, 熱伝導解析, 受熱温度, 加熱試験

連絡先: 〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮5丁目16番1号 Tel: (06)6954-4109, Fax: (06)6957-2131

3. 試験結果

(a) 加熱中および加熱後の供試体状況

試験開始から5分後に床版下面における爆裂の発生を音で確認し、50分まで続いた。また、爆裂のピークは加熱開始から10分から30分経過後の20分間であった。さらに、加熱開始から25分後に床版上面にひび割れが生じ、自由水の出現が確認され、その範囲は床版端部に集中していた。

試験終了後、床版下面を確認したところ、写真-3のように、爆裂によりリブ下面が最大で3cm程度剥離していた。また、爆裂性状としては層状に水平ひび割れが生じ、鋼繊維が剥落を防止している箇所が見られた。なお、加熱中および加熱後も床版は、自重に対して形状を保持しており、クレーンによって吊り移動し撤去することが可能な状態であった。

(b) 受熱温度と熱伝導解析結果との比較

実験で得られた受熱温度と解析値を図-4～図-6に示す。ここで、同図中の実線は解析値、破線は東側の実験値、一点鎖線は西側の実験値を示す。

図-4より、リブ上面および上面から22.5mmの解析値は実験値と概ね同様の傾向を示した。しかし、下面から25mmでは、加熱開始から50分経過後まで解析値が実験値を上回る結果となった。さらに、下面から25mmにおいて、東側で34分ごろ、西側で28分ごろに温度上昇勾配が変化していることが確認された。これは、爆裂の進行が起因していると考えられる。

図-5より、上面から22.5mmでは、解析値と実験値がほぼ同様の傾向を示したが、スラブ上面では解析値が実験値を上回る傾向を示した。

図-6より、PC鋼材上部では解析値と実験値が概ね同様の傾向を示したが、下面では、爆裂による断面欠損が原因で実験値が解析値を上回った。

各測点での解析値と実験値を比較した結果、解析の妥当性が概ね検証されたため、図-7に受熱面の熱伝導解析結果を示す。この結果より、爆裂が発生した加熱開始から5分経過後の受熱温度が150～200℃程度であり、温度上昇勾配が最低でも15℃/minと急激な勾配であることがわかった。

4. まとめ

ワッフル型UFC床版の下面で火災が発生したことを想定して実施した加熱試験の結果、UFC床版に爆裂の発生を確認し、断面形状などに大きな影響を及ぼすことがわかった。また、床版内の受熱温度は熱伝導解析で推定できることが確認できた。今後は、加熱前後での力学性状を把握する目的で静的載荷試験を実施する必要がある。また、UFC床版の下側に大規模な火災が想定されるような架橋地点では、消火活動等の安全性を確保するためには、耐火対策が必要といえる。よって、有機繊維混入や耐火被覆など爆裂抑制を実施したUFC床版を用いて加熱実験を実施する必要がある。

【参考文献】

- 1) Bruno Godart, Jacquse Berthelémy, Jean Pierre Lucas : Diagnosis of a large steel bridge close to collapse during a fire, IABSE Symposium Report, 2014.7.
- 2) 土木学会 : 火災を受けた診断補修ガイドライン, 2015.
- 3) CEN : Eurocode 1-Actions on structures-Part 1-2 : General actions-Actions on structures exposed to fire, prEN 1991-1-2, 2002.
- 4) Jian Jiang, Joseph A. Main, Jonathan M. Weigand, Fahim H. Sadek : Thermal performance of composite slabs with profiled steel decking exposed to fire effects, Fire Safety Journal, Vol.95, pp.25-41, 2018.2.



写真-3 加熱による床版下面の変状

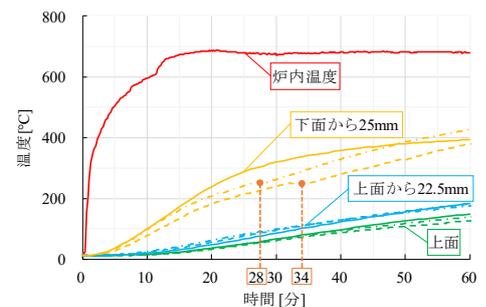


図-4 実験値と解析値 (リブ)

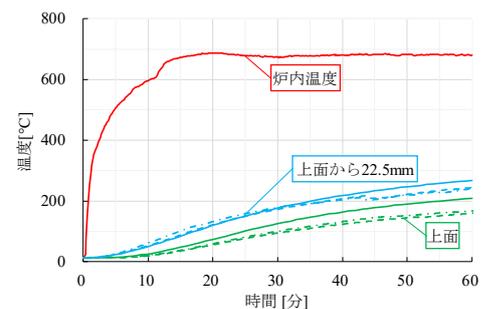


図-5 実験値と解析値 (スラブ)

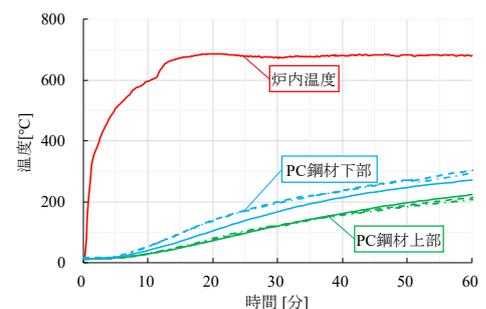


図-6 実験値と解析値 (PC鋼材)

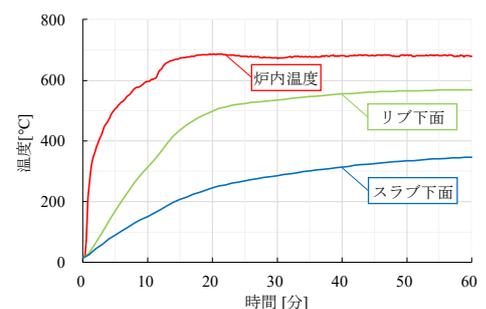


図-7 解析値 (受熱面)