

ひび割れ密度に基づく熱履歴を受けた合成桁橋の評価手法に関する検討

西日本高速道路株式会社 正 会 員 ○野上雄暉
大阪工業大学大学院 学生会員 吉田拓人
大阪工業大学 正 会 員 今川雄亮
大阪工業大学 正 会 員 大山 理

1. はじめに

近年、国内外を問わず、車両事故や塗装工事中の失火等に起因する火災により橋梁や高架橋が大きな被害を受ける事例が増加している。この現状を鑑みて、土木学会より、ガイドライン¹⁾が刊行され、火災後の鋼橋の診断・補修方法が記されている。しかし、合成桁のずれ止めのような、構造上、目視による確認が困難な部材の損傷度評価までは記されていないのが現状である。さらに、火災後の鋼橋を対象とした繰返し試験による成果が見当たらないことから、供用再開後における疲労耐久性に関する評価基準は未だに存在しない。

現在、わが国の中小スパン橋梁において建設頻度の高い鋼・コンクリート合成桁橋(以下に、合成桁橋と略記)を対象に、橋梁火災により、写真-1に示されるようなハンチ部の剥離やひび割れなどに起因し、合成度合いが低下することから、筆者らは、要素試験の結果を参考に、火災面に発生したひび割れ密度と加熱冷却後における頭付きスタッド(以下に、スタッドと略記)のずれ定数の関係を提案した²⁾。

そこで、提案した関係の妥当性を検証することを目的に、支間 7.0m の合成桁試験体を製作し、加熱試験および加熱冷却後における繰返し載荷試験を行った。本稿では、構造物レベルにおいて、提案したひび割れ密度とスタッドのずれ定数の関係適用性について報告する。なお、加熱冷却後の繰返し載荷試験の結果は、文献3)を参照されたい。

2. 加熱冷却後におけるスタッドのせん断試験に関する研究

加熱冷却後におけるスタッドのずれ性状は、軸径および熱影響により変化し、表-1に示すように、種々の研究²⁾⁴⁾により解明されつつある。同表より、ずれ定数は、軸径が小さくなることで、常温時において3割程度、熱影響により、最大7割程度の低下することが確認された。また、加熱冷却後における加熱面に発生したひび割れより算出されるひび割れ密度とスタッドのずれ定数の関係²⁾は、図-1に示されるように、熱影響が大きくなるほど、ひび割れ密度は大きくなり、ずれ定数は低下、ひび割れ密度が 400cm²/m²以上となると、



写真-1 橋梁火災による床版損傷例

表-1 スタッドの静的押抜きせん断試験結果

軸径 (mm)	加熱条件	ずれ定数 (kN/mm)	破壊形式
19	20℃(加熱なし)	270.5	スタッド
	340℃-30	261.1	スタッド
	510℃-30	228.4	スタッド
	680℃-30	132.0	コンクリート
	340℃-90	207.4	スタッド
	510℃-90	151.2	コンクリート
	680℃-90	87.3	コンクリート
22	20℃(加熱なし)	386.4	スタッド
	340℃-90	410.9	コンクリート
	510℃-90	201.2	コンクリート
	680℃-90	110.6	コンクリート

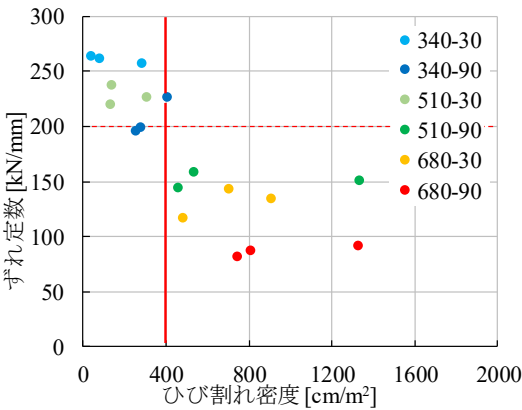


図-1 ずれ定数とひび割れ密度の関係²⁾

ずれ定数が 200kN/mm 以下となることが確認されている。

キーワード：橋梁火災、合成桁橋、ひび割れ密度、頭付きスタッド、ずれ定数
連絡先：〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号 TEL:(06)6954-3315

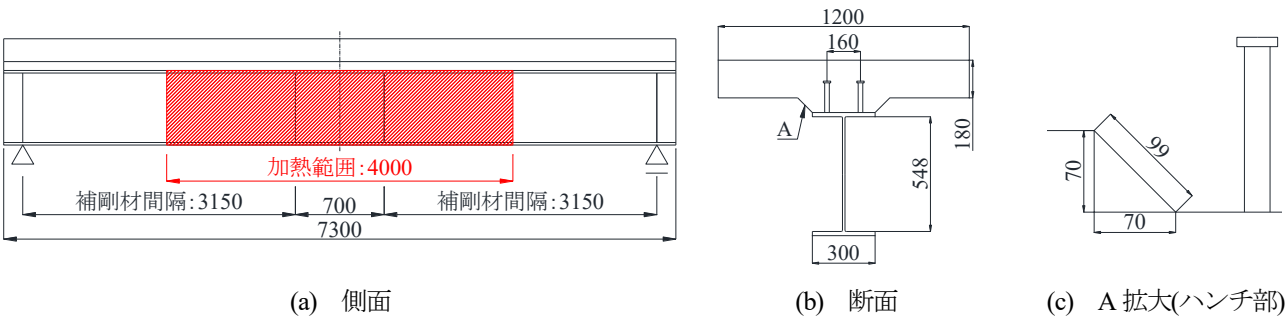


図-2 試験体および加熱範囲 (寸法単位：mm)

さらに、スタッドの疲労耐久性⁴⁾に関しては、加熱条件に関わらず、ずれ定数が 200kN/mm 以下では、Eurocode の規準値を下回ることから供用再開後に問題が生ずることが懸念されている。

3. 試験概要・結果

本試験における試験体は、図-2 に示すように、桁長 7.3m(支間 7.0m)、床版厚 180mm、スタッド(軸径 22mm、高さ 150mm)により、鋼桁と床版との一体化が図られている。加熱範囲は、支間中央を含む 4.0m とし、加熱条件は、Eurocode⁵⁾に規定される外部火災曲線に準拠し、最大加熱温度 680℃で 30 分間とした。加熱試験終了後の床版下面およびハンチ部の様子を写真-2 に示す。同写真より、広範囲のひび割れおよびハンチ部では、一部、剥離を確認した。

繰返し載荷試験では、200 万回載荷を目標に、荷重を 30kN ～320kN として実施した。なお、荷重は、支間 30m の合成桁橋の活荷重に伴い床版上縁に作用する圧縮応力度の値を参考に決定した⁶⁾。しかし、本試験では、繰返し載荷回数が 80 万回付近において、スタッドの破断が想定されるような損傷により、鋼桁と床版との間に 3mm 程度の乖離が発生したことで、繰返し載荷試験の終了とした。

4. ひび割れ密度とスタッドのずれ定数の関係適用性

先行研究では、スタッド周辺のコンクリートとして加熱面(100mm×400mm×2 面)を対象に、ひび割れ密度の検討を行った²⁾、本検討では、スタッド周辺のコンクリートとしてハンチにおいて、先行研究と同様に、スタッド 1 列当たり 400mm(橋軸方向)を対象に、ひび割れ密度の算出を行った。なお、加熱範囲内には、橋軸方向に 8 列(No.1～8)、1 列当たり 2 本のスタッド溶接されており、ハンチ部(99mm×400mm×2 面)の詳細は図-2 に示されるように、先行研究における計測範囲と同様であると言える。計測したひび割れ密度を表-2 に示す。同表より、いずれの位置においても、ひび割れ密度は 400cm/m²以上、表-1 より推定したずれ定数は 167kN/mm、つまり、200kN/mm 以下となり、疲労耐久性が懸念され、繰返し載荷回数が 80 万回付近において、スタッドが損傷した



写真-2 加熱後のコンクリート部材

表-2 合成桁試験体のひび割れ密度

位置 (No.)	ひび割れ密度 (cm/m ²)
1	927
2	927
3	1268
4	1226
5	1057
6	1231
7	503
8	503

こととの関係性が確認された。

5. まとめ

本検討では、加熱冷却後における合成桁試験体のハンチ部におけるひび割れ密度から要素試験結果の妥当性を検討した。その結果、構造物レベルにおいても、要素レベルと同様の傾向が確認されたことから、先行研究の妥当性が確認された。今後、ひび割れ密度による評価手法の構築に向けて、試験体数を増やし、引き続き、検討を行う予定である。

【謝辞】 本検討を進めるにあたり、当時、大阪工業大学橋梁工学研究室に所属した柏木 悠太 氏にご協力を頂き、深く感謝致します。

【参考文献】

1) 土木学会：火災を受けた鋼橋の診断補修ガイドライン、2015。
2) 野上雄暉ら：鎮火後の合成桁橋のずれ性状とひび割れ密度の関係に関する基礎的検討、構造工学論文集 Vol.69A、2023。
3) 吉田拓人ら：鎮火後の合成桁橋における疲労挙動に関する研究、土木学会全国大会 第 78 回年次学術講演会、2023。
4) 今川雄亮ら：火災時および火災後におけるスタッドの力学特性、土木学会論文集 A、Vol.65、No.2、pp.384-394、2009。
5) CEN：Eurocode1-Actions on structures Part1.2：General actions-Actions on structures exposed to fire, prEN1991-1-2、2002。
6) 中井 博、北田俊行：新編 橋梁工学、第 5 版、2018。