

火災を受けたスタッドの疲労挙動に関する研究

守口市役所 正会員 ○柳楽英俊*
大阪工業大学 正会員 大山 理**

大阪工業大学大学院 学生会員 今川雄亮**
大阪工業大学 正 会 員 栗田章光**

1. はじめに

近年において、車両事故や不審火などを出火原因とした橋梁の被災事例¹⁾が少なからず報告されている。橋梁が被災した場合、調査や補修のため通行止めや交通規制がなされ、交通開放のため迅速かつ適確な判断が必要となる。

ここで、鋼・コンクリート合成桁橋が火災を受けた場合、合成桁橋で重要なずれ止めの合成作用の低下が懸念される。そこで、まず、火災を受けたスタッドの静的挙動を把握するため、加熱冷却後のスタッドの静的押抜き試験を行った。その結果、せん断耐力の低下は小さいもののずれ特性の低下は著しいとの結果が得られた²⁾。つぎに、ずれ特性の低下が疲労強度に及ぼす影響を評価するため、疲労押抜き試験を実施した。

本文では、火災を受けたスタッドの耐荷挙動に関する一連の研究の一つとして、加熱冷却後におけるスタッドの疲労押抜き試験結果について報告する。

2. 加熱冷却後におけるスタッドの疲労押抜き試験の概要

(1) 供試体寸法および試験のフロー

本試験に用いる供試体は、図-1 に示す寸法のものを用いた。表-1 にスタッドの材料試験の結果(ミルシート値)および実験時のコンクリートの材料試験の結果を示す。

供試体の種類は、加熱せず常温のままの供試体と、300℃、500℃および 700℃で加熱する供試体の計 4 種類とした。

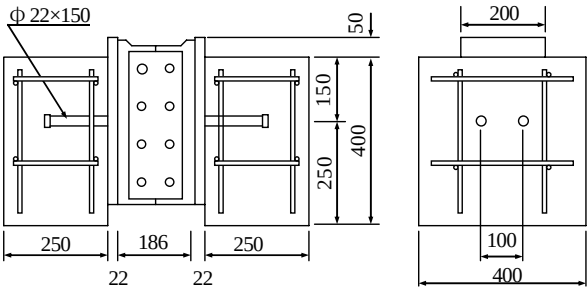


図-1 供試体の形状寸法 (単位：mm)

表-1 材料試験結果

スタッド (SS400)		コンクリート	
降伏強度 (N/mm ²)	392 【235】	圧縮強度 (N/mm ²)	37.2
引張強度 (N/mm ²)	492 【400～550】	弾性係数 (N/mm ²)	2.31×10 ⁴
伸び (%)	34 【20】	ポアソン比	0.17

* 【 】 内の値は規格値を示す。

(2) 加熱方法

加熱方法は、図-2 に示すように、ボルトを開放した状態で供試体を加熱炉に設置し、ガスバーナーを熱源として 90 分間の加熱を行った。ここで、加熱時間 90 分は、橋梁における過去の火災事例を参考にして決定した時間である。また、本試験のパラメータとなる各供試体の加熱温度は、同図に示す温度計測位置(①～⑤)における炉内温度の平均値とした。加熱終了後、供試体が常温に戻るまで自然冷却を行った。

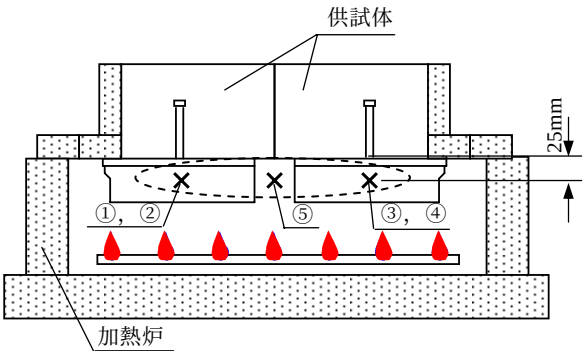


図-2 温度計測位置

(3) 疲労押抜き試験における荷重(応力)振幅

繰返し载荷における各供試体の荷重振幅は、表-2 に示す静的押抜き試験から得られた最大荷重の 14～43%程度(応力振幅 40～175N/mm²)となるように設定した。繰返し载荷中、所定の繰返し回数において静的なずれ量の計測を行った。

表-2 静的試験での最大荷重

供試体名	最大荷重 (kN)
常温	744
加熱温度300℃	580
加熱温度500℃	562
加熱温度700℃	570

Keywords：耐火性能、疲労押抜き試験、火災後の疲労強度

* 〒570-8666 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 2 番 5 号
TEL：(06)6992-1221 FAX：(06)6994-1691

** 〒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. 疲労押抜き試験結果

疲労押抜き試験より得られた結果を図-4 に、一例として応力振幅 145N/mm^2 における繰返し回数とずれ量の関係を図-5 に、それぞれ示す。なお、図-4 には、ヨーロッパの設計標準である Eurocode におけるスタッドの S-N 曲線³⁾も併せて示す。図-4 より、各供試体の疲労強度は、加熱温度が上昇するとともに著しく低下し、かつ、S-N 曲線の傾きが大きくなることがわかる。ここで、200 万回繰返し時の疲労強度は、常温、 300°C 、 500°C および 700°C において、それぞれ 128N/mm^2 、 110N/mm^2 、 81N/mm^2 、 49N/mm^2 である。とりわけ、 700°C の供試体の疲労強度は、常温時の 38%となり著しい低下を示した。さらに、Eurocode における 200 万回時の疲労強度 90N/mm^2 と比較すると、常温および 300°C に加熱された供試体はそれぞれ規準値を上回っていた。一方、 500°C および 700°C に加熱された供試体は、Eurocode の値に対し 500°C に加熱された供試体は 90%、 700°C に加熱された供試体は 54%の値となり下回る値であった。図-5 より、加熱温度が高い供試体ほど载荷の初期段階から大きなずれが生じることがわかる。これらの要因として、加熱することでスタッド基部周辺のコンクリートの力学特性が低下し、その影響により载荷の初期段階において過大なずれが生じると考えられる。また、過大なずれが生じることで鋼とコンクリートの一体性が悪くなり、その状態で繰返し载荷を行うため、疲労強度の低下をまねくことになると考えられる。

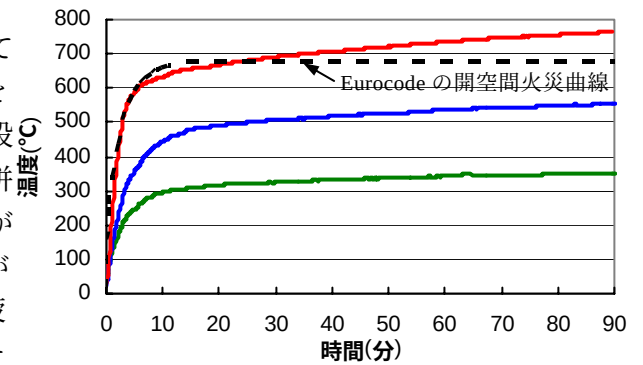


図-3 加熱温度-時間曲線

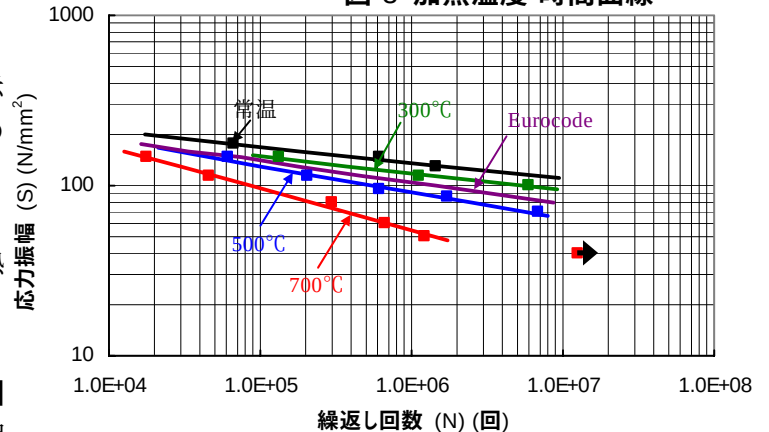


図-4 疲労押抜き試験結果

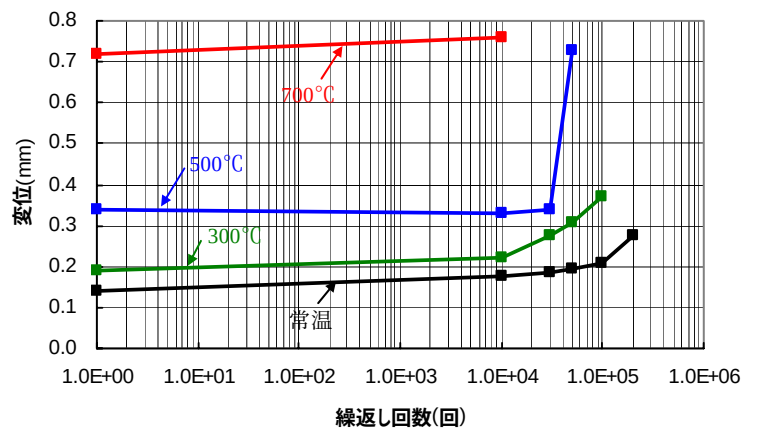


図-5 応力振幅 145N/mm^2 におけるずれ量

4. まとめ

加熱冷却後におけるスタッドの疲労押抜き試験を実施した結果、以下のような知見が得られた。

- (1) 加熱温度が高くなるほど繰返し回数が少ない段階でスタッドは疲労破壊する。
- (2) 加熱温度が高くなるにつれて、S-N 曲線の傾きは大きくなる。
- (3) 500°C 以上の火災を受けた場合、スタッドのずれ特性および疲労強度が著しく低下することから、疲労耐久性に問題が生じるものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 酒井利忠, 原田康弘, 三輪浩二, 高 良人, 本間 順: 火災を受けた橋梁の健全度評価と補修, 橋梁と基礎, pp.41~48, 2003 年 3 月。
- 2) 今川雄亮, 柳楽英俊, 大山 理, 栗田章光: 火災後における鋼・コンクリート合成桁橋の合成挙動に関する研究, 鋼構造年次論文報告集 14 巻, pp.33~40, 2006 年 11 月。
- 3) CEN: Eurocode4 Design of composite steel and concrete structures Part 1.1: General rules and rule for buildings, 2004.9.

【謝辞】

本研究を遂行するにあたり、(社)日本鉄鋼連盟から助成金を受けた。ここに記して深甚の謝意を表する。