火災を受けた単純合成桁橋のスタッドに対する疲労照査

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　大山　理
大阪工業大学　正会員　栗田　章光

1. はじめに

鋼・コンクリート合成桁橋が車両事故などにより火災を受けた場合，ずれ止めの損傷の有無を確認する必要がある．しかし今日まで，その力学特性は明らかにされていなかった．そこで，筆者らは，火災後のスタッドに対する静的および繰返し押抜きせん断試験を実施し，その結果，700℃で加熱したあと自然冷却したスタッドは，疲労強度が著しく低下することがわかった[1)]．本文では，この試験結果に基づいて，既設の単純合成桁橋が火災を受けた場合のスタッドに対する疲労耐久性の照査を実施した結果について報告する．

2. 加熱冷却後のスタッドに対する繰返し押抜きせん断試験の結果

本試験は，日本鋼構造協会の「頭付きスタッドの押抜き試験方法(案)」[2)]に準拠して製作した供試体に対して，所定の温度で加熱したあと自然冷却し，繰返し押抜き試験を実施したものである．本試験では，加熱せず常温のまま押抜き試験を実施する供試体と，それぞれ 300℃，500℃，700℃で加熱する供試体の計 4 種類をパラメータとした．本試験から得られた，各加熱温度における S-N 関係を**図-1** に示す．なお，同図には，Eurocode および日本道路協会におけるスタッドの設計疲労曲線も併せて示す．

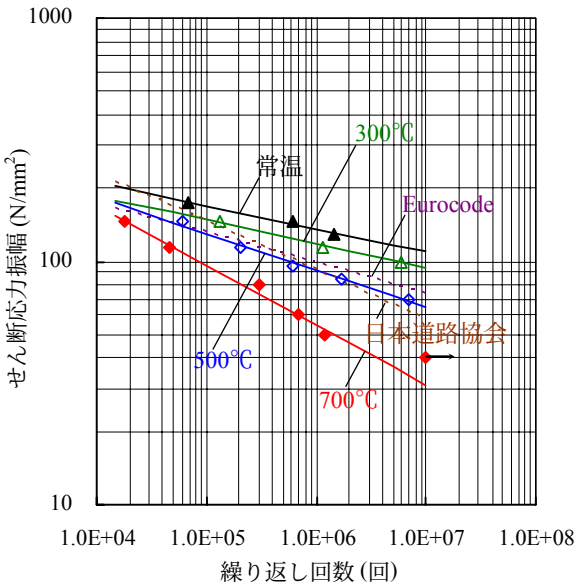
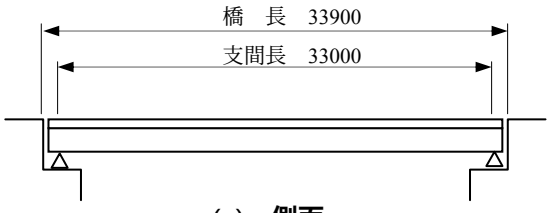


図-1　加熱冷却後のスタッドの S-N 関係

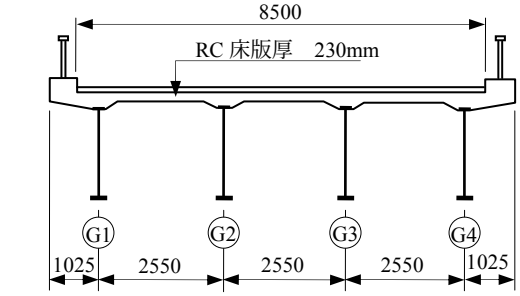
同図より，疲労強度は，加熱温度の上昇に伴って低下し，特に，700℃で加熱した供試体の疲労強度には著しい低下がみられた．これは，加熱よってスタッドの基部付近のコンクリートが損傷し，載荷初期の段階から大きなずれを生じたことが要因として挙げられる．また，2 つの設計規準と比較すると，常温および 300℃で加熱した場合は規準値を上回る値であるが，500℃および 700℃で加熱した供試体は，規準値を下回る結果となった．

3. 対象橋梁および照査条件

まず，火災後のスタッドの疲労照査において対象とする橋梁は，**図-2** に示すような単純合成 4 主桁橋である．主桁の材質は SM490Y 材，コンクリートの設計基準強度は 30N/mm^2 である．また，対象橋梁(G1 桁)の端支点部および支間中央部が火災を受けたものとして疲労照査を行う．対象橋梁では，軸径 22mm 全高 150mm のスタッドを橋軸直角方向に 3 本配置し，橋軸直角方向の配置間隔は，端支点部および支間中央部において，それぞれ 150mm および 340mm である．



(a)　**側面**



(b)　**断面**

図-2　対象橋梁　(単位：mm)

キーワード　合成桁橋，スタッド，火災，疲労照査
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

つぎに，火災後のスタッドに対する疲労照査は，式(1)に示すように，疲労設計荷重による水平せん断応力 $\Delta\tau_T$ が火災を受けたスタッドの疲労強度 $\Delta\tau_{R,fi}$ を上回るかどうかを判定する．

$$\frac{\Delta\tau_T}{\Delta\tau_{R,fi}} \leq 1.0 \qquad (1)$$

ここで，火災を受けたスタッドの疲労強度は，**図-1**より700℃で加熱した供試体のS-N関係に基づき，200万回時の疲労強度を45N/mm^2, S-N曲線の傾きを4.0とした．さらに，対象橋梁における一方向一車線あたりの日大型車交通量を3000台，火災後の供用期間を70年とし，疲労照査における補正係数などは日本道路協会の「鋼道路橋の疲労設計指針」[3]に基づいた．

表-1　火災後のスタッドに対する疲労照査結果

	端支点部	支間中央部
大型車交通量	3000台/(日･車線)	
頻度補正係数	0.03	
被災後の供用期間	70年	
疲労荷重の等価繰返し回数	2.30×10^6回	
火災後のスタッドの疲労強度	43.5N/mm^2	
最大垂直せん断力	102.3kN	51.2kN
最小垂直せん断力	0.0kN	-51.2kN
活荷重補正係数	3.0	
構造解析係数	0.8	
疲労設計荷重による水平せん断力	157.5kN/m	131.8kN/m
スタッドの断面積	380.1mm^2	
スタッド本数	20.00本/m	7.69本/m
疲労設計荷重による水平せん断応力振幅	20.7N/mm^2	45.1N/mm^2
照査値	0.48	1.04
判定	OK	NG

4. 火災後のスタッドに対する疲労照査結果

対象橋梁に対して火災後のスタッドに対する疲労照査を行った結果を，**表-1** に示す．

同表より，まず，本照査条件下において，火災を受けてから供用を再開して 70 年の間に最重量級の大型車両が対象橋梁を通過する回数は 230 万回程度であり，このときの火災後のスタッドの疲労強度は 43.5N/mm^2 である．つぎに，端支点部と支間中央部において疲労設計荷重による水平せん断力は大きく変わらないものの，水平せん断応力振幅に着目すると支間中央の方が大きい値である．これは，各照査位置におけるスタッド間隔が異なるためである．すなわち，スタッドが密に配置されている端支点部では，活荷重による水平せん断応力振幅は小さくり，スタッド間隔が広い支間中央部では水平せん断応力振幅は大きくなる．以上より，単純合成桁橋の端支点部では火災後の疲労照査を満足するものの，支間中央部では照査を満足しない結果となった．しかし，本照査例では支間中央部が疲労照査を満足しなくなるのが，火災を受けてから約 70 年後であることから，既設の合成桁橋が火災を受けてもスタッドの疲労に対して早急な対応を要することはないと考えられる．ただし，700℃以下の火災条件下の場合である．

一方，今後，限界状態設計法が導入された場合には，スタッド本数が減少することが想定されることから，火災を受けた場合のスタッドの疲労耐久性の低下が懸念される．

5. まとめ

加熱冷却後のスタッドの繰返し押抜きせん断試験の結果に基づいて，既設の単純合成桁橋が火災を受けた場合のスタッドに対する疲労照査を実施した結果，以下の知見が得られた．

(1) 試験から得られた火災後のスタッドの疲労曲線は，200 万回時の疲労強度が 45N/mm^2，傾きが 4.0 である．

(2) スタッドが密に配置されている端支点部において，700℃までの火災温度であれば火災後の供用期間内中に疲労耐久性に問題が生じる可能性は低い．

(3) スタッド間隔が広い支間中央部では，火災後 70 年程度で疲労耐久性に問題が生じる可能性がある．

参考文献

1) 柳楽英俊，今川雄亮，大山 理，栗田章光：火災を受けたスタッドの疲労挙動に関する研究，土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集，共通セッション pp.117～118，2007.9.

2) 日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押抜きせん断試験方法(案)とスタッドに関する研究の現状，1996.11.

3) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，2002.3.