

鋼の加熱自然冷却後の常温時強度に関する研究

大阪工業大学大学院  
(公財)鉄道総合技術研究所  
(株)東京鐵骨橋梁  
大阪工業大学

学生員  
正会員  
正会員  
正会員

○高橋 佑介  
小林 裕介  
細見 直史  
大山 理

1. はじめに

近年、国内外を問わず、不審火や走行車両の横転・炎上などが原因で、橋梁の火災事故が頻発している。そこで、今後、火災による熱影響を受けた鋼桁橋の耐荷力を把握する際、鋼の温度変化による力学的特性を把握することが重要である。現在、火災を受けた後の鋼の降伏強度や引張強度などの力学的特性についての研究は、1968 年以降、統計的なデータ収集が実施されておらず、当時も、最高加熱温度は 800℃(一部 900℃)までであった<sup>1)</sup>。しかし、近年の橋梁火災では 1000℃を超えるものも発生している<sup>2)</sup>。そこで、既往の研究以上の温度まで加熱された鋼の自然冷却後の常温時における力学的特性を把握するために実施した試験結果について報告する。

2. 試験概要

本試験では、鋼板供試体 JIS G 3106 SM490A(4 体)を対象としている。各種鋼板供試体に対して加熱試験を行い、自然冷却後、鋼板供試体から引張試験片を製作し、2000kN 万能試験機を用いて JIS Z 2241 に基づき引張試験を行った。また、各鋼板供試体から試験片(各 3 片)を採取しシャルピー衝撃試験を行った。なお、引張試験片を 3 体製作するため、図-1 に示す寸法とした。本試験における加熱条件は、野焼きや不審火などの比較的規模は小さいが発生確率の高い火災を対象とした EX 曲線(最高加熱温度 680℃)、タンクローリーの横転・炎上などの比較的規模は大きいが発生確率が低い火災を想定した HC 曲線(最高加熱温度 1100℃)とした<sup>3)</sup>。加熱時間はこれまでの火災事例を参考に、30 分間、一部 60 分間で行った<sup>2)</sup>。加熱試験状況を写真-1、火災曲線を図-2 に示す。図-2 の破線は炉内温度の測定結果を示している。また、各鋼板供試体の本試験における供試体名および試験条件を表-1 に示す。なお、At4 は、加熱をしない常温時強度算定の供試体を示している。

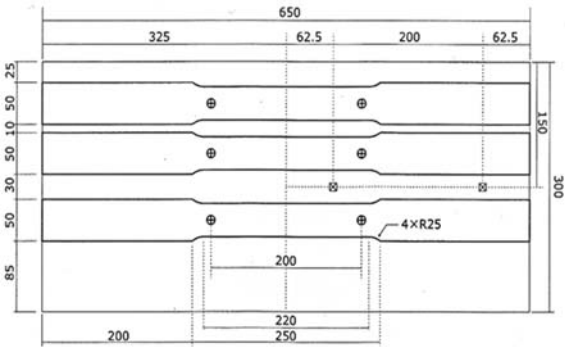


図-1 鋼板供試体の形状寸法 (単位：mm)

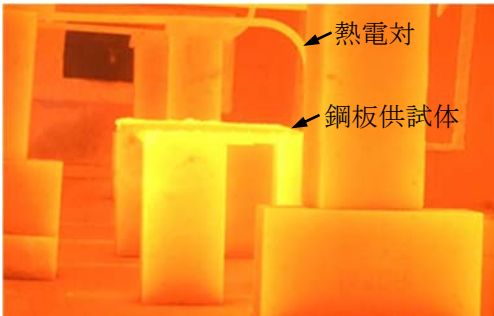


写真-1 加熱試験状況

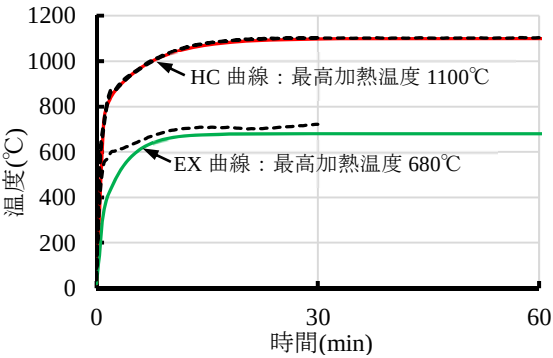


図-2 火災曲線

表-1 試験供試体一覧

| 種類      | 供試体名 | 火災曲線  | 加熱温度  | 加熱時間  | 供試体数 |
|---------|------|-------|-------|-------|------|
| SM490 材 | Ah1  | EX 曲線 | 680℃  | 30 分間 | 3 体  |
|         | Ah2  | HC 曲線 | 1100℃ | 30 分間 | 3 体  |
|         | Ah3  | HC 曲線 | 1100℃ | 60 分間 | 3 体  |
|         | At4  | —     | —     | —     | 3 体  |
| 計       |      |       |       |       | 12 体 |

キーワード：火災，鋼，力学的特性，加熱自然冷却後の常温時強度  
連絡先：〒535-8585 大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号 Tel：(06)6954-3315, Fax：(06)6957-2131

### 3. 試験結果

#### (1) 降伏強度

図-3 に 0.2%オフセット法を用いて算出した降伏強度および既往の研究結果の低減係数を併せて示す<sup>1)</sup>。これより、本試験結果は、既往の研究結果の延長線上に位置していることがわかる。また、図-3 より、降伏強度は、600~700℃付近から低下が始まり、680℃で、常温時における同強度から平均 12.0%、1100℃で加熱時間 30 分間および 60 分間において、それぞれ、常温時の同強度よりも平均 31.8%および 37.0%低下することがわかる。以上より、加熱温度および時間が長いほど、低減係数の値が大きくなる結果となった。

#### (2) 引張強度

図-4 に引張強度および既往の研究結果の低減係数を併せて示す<sup>1)</sup>。これより、本試験結果は、降伏強度の結果と同様、既往の研究結果の延長線上に位置していることがわかる。また、図-4 より、引張強度は 680℃で、常温における同強度から平均 2.6%、1100℃で加熱時間 30 分間および 60 分間において、それぞれ、常温時の同強度よりも平均 9.1%および 12.9%低下することがわかる。なお、低下の度合は、降伏強度よりも小さくなった。

#### (3) 弾性係数

図-5 に弾性係数の低減係数を示す。図-5 より、弾性係数は 680℃までは加熱温度の影響を受けず、1100℃で加熱時間 30 分間の場合、常温時の値よりも平均 3.7%、加熱時間 60 分間の場合、平均 9.2%低下することがわかる。

#### (4) シャルピー値

図-6 にシャルピー値の低減係数を示す。図-6 より、シャルピー値は 680℃で、常温から平均 12.4%、1100℃で加熱時間 30 分間および 60 分間において、それぞれ、常温時の値よりも平均 11.6%および 23.4%低下することがわかる。

### 4. まとめ

本研究では、鋼を対象に既往の研究以上の温度まで加熱、そして、自然冷却後の常温時における材料試験を行った。加熱自然冷却後の常温時における力学的特性のデータは少ないため、今後、さらなるデータ蓄積を行う必要がある。また、他の鋼種を対象に加熱試験および引張試験を行い、加熱自然冷却後の常温時における力学的特性を把握するとともに、火災による熱影響を受けた鋼桁橋の供用再開を数値的に判断するための耐荷力評価を行う予定である。

#### 【参考文献】

- 1) 日本鋼構造協会 技術委員会 安全性分科会 耐火小委員会 高温強度班：構造用鋼材の高温時ならびに加熱後の機械的性質，JSSC Vol.4, No33, pp.16-29, 1968 年。
- 2) 大山 理，今川雄亮，栗田章光：火災による橋梁の損傷事例，橋梁と基礎 2008 Vol.42, pp.35-39, 2008 年 10 月。
- 3) CEN：Eurocode1-Actions on structures Part 1.2：General actions- Actions on structures exposed to fire, prEN1991-1-2, pp.23-25, 2002.

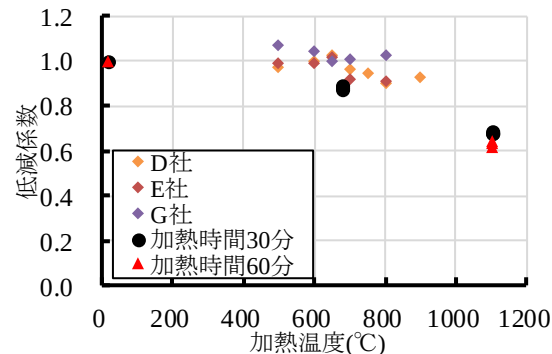


図-3 降伏強度の低減係数

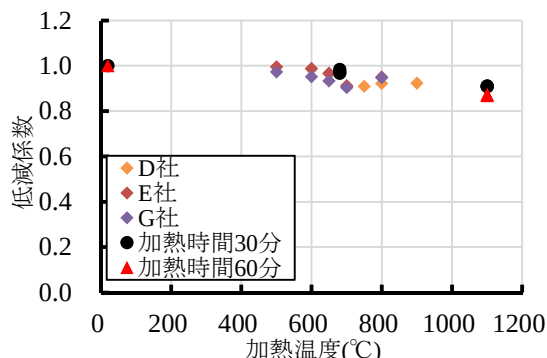


図-4 引張強度の低減係数

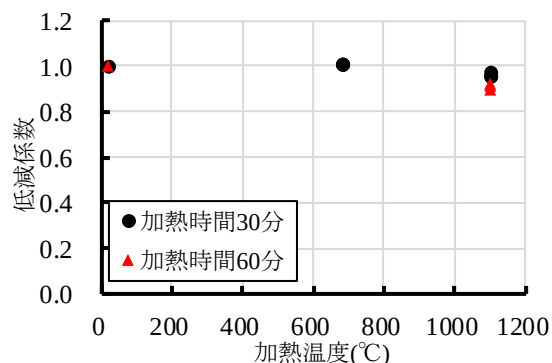


図-5 弾性係数の低減係数

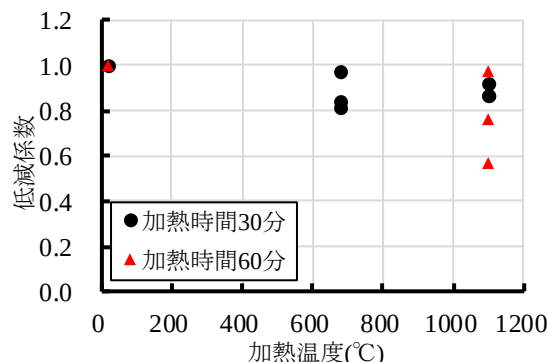


図-6 シャルピー値の低減係数