

橋梁用高降伏点鋼板 SBHS700 の機械的性質に及ぼす火災加熱の影響

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○松原 幸輝
大阪大学大学院工学研究科 正会員 廣畑 幹人
大阪大学大学院工学研究科 岡野 成威

1. はじめに

交通事故や失火を原因とした橋梁火災の被害が国内外で多数報告されている¹⁾。社会基盤である橋梁の供用が火災により停止された場合、交通網や物流が遮断され経済活動に多大な影響を及ぼすことが懸念される。そのため、橋梁の損傷規模や状況について適切な詳細調査を行い、早期の供用再開を目指すことが求められる。火災を受けた鋼橋の供用再開までのプロセスを体系的にまとめたガイドライン²⁾によれば、詳細調査においては、外観上の変状に対する点検だけでなく、被害を受けた部材の受熱温度を推定し、火災の被害度を正確に診断することが重要となる。火災を受けた鋼材の機械的性質の変状に関するデータは蓄積されつつあるが、2008 年以降に JIS 規格化された橋梁用高降伏点鋼板 (以降 SBHS と称す) の中でも特に高強度を有する SBHS700 は、火災加熱後の機械的性質の変状に関するデータが未だに提示されていない。本研究では、鋼構造物への SBHS の適用拡大を念頭に、火災後の鋼材の性能保証の観点から、加熱冷却に対する SBHS700 の機械的性質の変状を明らかにするため、加熱冷却実験および材料試験を実施した。

2. 加熱冷却実験

本研究で使用した SBHS700 の機械的性質および化学組成(ミルシート値)を表-1 および表-2 に示す。板厚は 12 mm であり、300 mm×200 mm に切断し、加熱冷却実験に供した。供試鋼材に火災を想定した熱履歴を付与するため、既往の研究³⁾を基に加熱冷却実験を実施した(図-1)。加熱温度は、中小規模火災を想定した 600 °Cと大規模火災を想定した 900 °Cとした。また、加熱後は空気中に放置する空冷および水で満たした容器に浸漬させる水冷の 2 種類により鋼材を冷却した。なお、供試鋼材と同寸法の鋼板を用い、側面の板厚中心に鋼板の中央まで達する孔を設けて熱電対を挿入し、温度を測定することで目標温度まで加熱されていることを確認した。

表-1 SBHS700 の機械的性質

	降伏応力 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び (%)
SBHS700	849	864	23
JIS 規格	≧ 700	780 - 930	≧ 16

表-2 SBHS700 の化学組成 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S	N
SBHS700	0.08	0.2	0.95	0.008	0.002	0.0032
JIS規格	≦0.11	≦0.55	≦2.00	≦0.015	≦0.006	≦0.006

3. 加熱冷却履歴を受けた SBHS700 の機械的性質

3. 1 引張試験

加熱冷却実験に供した各鋼材から JIS Z 2241 の 14B 号の試験片を 3 体採取し、引張試験を実施した。試験片の平行部の表裏面にひずみゲージを貼付し、標点間に取り付けたクリップ型変位計により伸びを計測した。また、降伏棚が明確に現れなかった場合は 0.2 %耐力を降伏応力とみなした。

各加熱冷却条件に対し、引張試験で得られた応力-ひずみ曲線を JIS の基準とともに図-2 に示す。SBHS700 を 600 °Cに加熱後空冷および水冷した場合、加熱冷却なしの場合と比べて降伏応力および引張強度は 10 %以上低下し、引張強度に関しては JIS に規定される範囲を下回った。また、900 °Cに加熱後空冷した場合は、加熱冷却なしの場合と比べ降伏応力は 57 %、

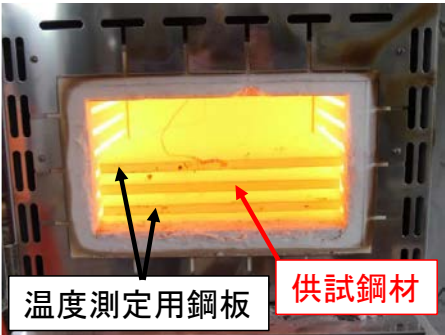


図-1 加熱冷却実験の様子(900 °C時)

引張強度は 22 %低下し、JIS の基準を大幅に下回った。これは、金属組織の変化が生じる変態温度以上の加熱により、SBHS700 の微細組織が粗大化したためと考えられる。対して、900 °C加熱後水冷の場合は、降伏応力が 35 %低下したものの引張強度は加熱冷却なしの場合と同等であった。

3. 2 硬さ試験による SBHS700 の強度推定

鋼材の硬さと引張強度には対応関係があることが実験的に知られている⁴⁾。火災加熱を受けた鋼材の機械的性質の変状調査に硬さを活用することを念頭に、ビッカース硬さ試験を実施した。

ビッカース硬さと引張試験により得られた各鋼材の強度との関係を図-3 に示す。図-3 より、ビッカース硬さと降伏応力および引張強度には明瞭な対応関係があることが確認できた。しかし、900 °C水冷の条件では、鋼材表面と内部の組織の違いにより、強度が上昇したにもかかわらずビッカース硬さは低下する結果となった。これは、ビッカース硬さが鋼材表面の状態に影響を受けやすく、板厚内部の組織状態の影響を受けにくいためと考えられる。本検討の範囲では、900 °C水冷のケースを除き、鋼材表面の複数点で測定した硬さの平均値を用いることで、降伏応力および引張強度を精度よく推定できると考えられる。

4. まとめ

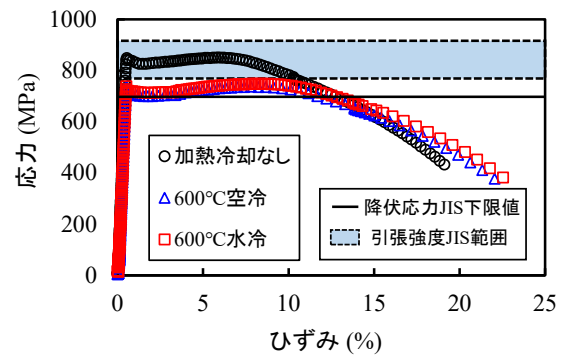
火災を想定した熱履歴が SBHS700 の機械的性質に及ぼす影響を明らかにするため、一連の基礎的実験を実施した。600 °Cまで加熱し空冷、水冷した場合、SBHS700 の引張強度は JIS に規定される範囲を下回った。一方、900 °Cに加熱し空冷、水冷した場合のいずれも、製鋼時に調整した SBHS700 の機械的性質が大きく変化した。また、ビッカース硬さと、熱履歴を受けた SBHS700 の降伏応力および引張強度の対応関係を確認し、鋼材表面の複数点で測定した硬さの平均値から、引張強度を精度よく推定できる可能性が示唆された。

謝辞

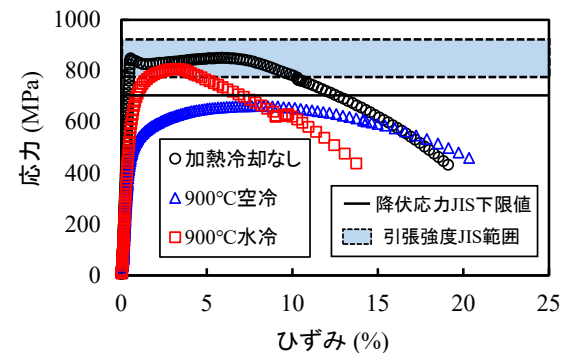
本研究の一部は、一般社団法人近畿建設協会 2022 年度建設技術に関する調査研究助成を受けて実施した。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 桑野忠生, 増井 隆, 鈴木寛久, 依田勝雄: 首都高速 5 号池袋線タンクローリー火災事故の復旧工事, 土木学会誌, Vol. 93, No. 12, pp.30-33, 2008.12.
- 2) (公社) 土木学会: 鋼構造シリーズ 24「火災を受けた鋼橋の診断補修ガイドライン」, 2015.7.
- 3) 廣畑幹人, 寺口大輝, 北根安雄: 火災を想定した加熱冷却履歴を受けた橋梁用高降伏点鋼の機械的性質, 鋼構造論文集, 第 26 巻第 101 号, pp.79-86, 2019.3.
- 4) P.Zhang, S.X. Li, Z.F. Zhang: General relationship between strength and hardness, Materials Science and Engineering A 529, pp.62-73, 2011.9.



(a) 加熱冷却なしと 600 °C加熱



(b) 加熱冷却なしと 900 °C加熱

図-2 SBHS700 の応力-ひずみ曲線

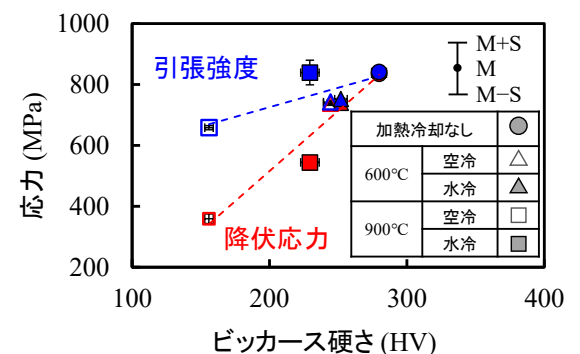


図-3 SBHS700 の硬さと強度の関係