

火災を想定した加熱・冷却履歴が橋梁用高降伏点鋼の材料特性に及ぼす影響

名古屋大学 学生会員 ○寺口 大輝
名古屋大学大学院 正会員 廣畑 幹人

1. はじめに

国内外における鋼橋の火災事例が報告されている¹⁾。火災による熱履歴が与えられた鋼材の材料特性の変化に関する研究が種々実施されているが、近年開発された橋梁用高降伏点鋼 (SBHS) については、熱履歴付与後の材料特性に関して不明な点が多々ある。SBHS は熱処理により所定の機械的性質を調整した鋼材であるため、火災などの予期しない熱履歴が与えられた場合の材料特性の変化を明らかにしておくことは重要と考える。本稿では、SBHS400 および SBHS500 を対象とし、鋼橋の火災および消火活動を想定した加熱・冷却履歴を与えた場合の材料特性の変化を明らかにするために実施した一連の実験の結果について報告する。

2. 供試鋼材の加熱・冷却実験

供試鋼材は橋梁用高降伏点鋼板 SBHS400 および SBHS500 であり、板厚は 16mm である。供試鋼材を電気炉により 900℃まで加熱し約 1 時間保持した後、空冷および水冷により冷却した。なお、加熱温度はタンクローリーの横転、炎上など大規模火災を想定したものであり、水冷は消火活動を想定したものである²⁾。

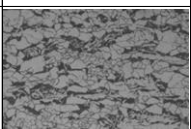
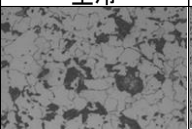
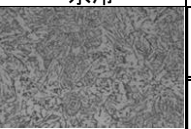
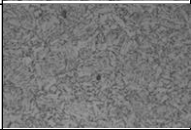
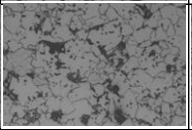
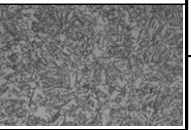
3. 材料特性評価実験

各加熱冷却条件の組織観察結果を表-1 に、ビッカース硬さ試験およびシャルピー衝撃試験の結果を図-1 および図-2 に示す。シャルピー衝撃試験の試験温度については SBHS400 では 0℃、SBHS500 では -5℃である。また、引張試験の結果を表-2 に示す。

組織観察の結果から、SBHS400 において、加熱後空冷した場合、熱処理により形成された微細なフェライト・パーライトの組織が粗大化した様子が確認できた。また、水冷した場合はベイナイトと思われる組織が形成された²⁾。加熱前の SBHS500 については SBHS400 とは異なりベイナイトと思われる組織が確認できた。加熱後冷却した SBHS500 の組織は、空冷の場合はフェライト・パーライト組織に変化し、水冷の場合は加熱前と同様にベイナイトと思われる組織が確認できた。加熱後水冷した場合に形成されるベイナイトと思われる組織は、SBHS400、SBHS500 のいずれにおいても加熱前の SBHS500 と比較してやや粗大であった。

硬さ試験の結果、加熱後空冷した場合は SBHS400 および SBHS500 いずれも軟化が生じた。水冷の場合、SBHS400 はやや硬化したが、SBHS500 の硬さは加熱なしの場合とほぼ同じであった。シャルピー衝撃試験の結果、SBHS400、SBHS500 のいずれも加熱後空冷した場合は吸収エネルギーが増加し、水冷した場合は吸収エネルギーが減少した。しかし、いずれの場合も JIS による規定値 (100J) を満足していた。

表-1 組織観察結果

	加熱なし	加熱	
		空冷	水冷
SBHS 400			
SBHS 500			

100μm

表-2 引張試験結果

		降伏応力 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び (%)
SBHS 400	加熱なし	437	522	33
	加熱後空冷	299	433	38
	加熱後水冷	400	619	25
SBHS 500	加熱なし	526	629	24
	加熱後空冷	317	441	38
	加熱後水冷	403	641	23

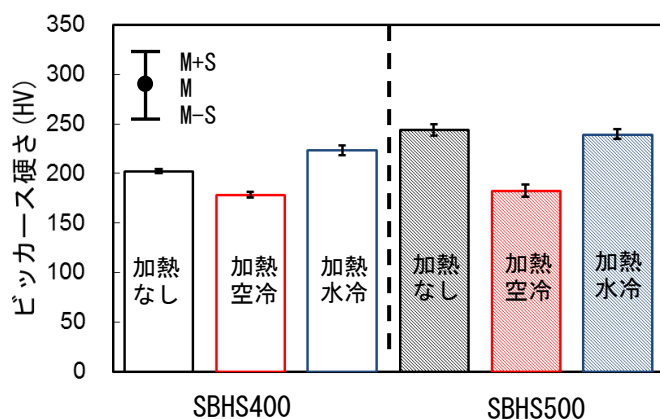


図-1 ビッカース硬さ試験結果

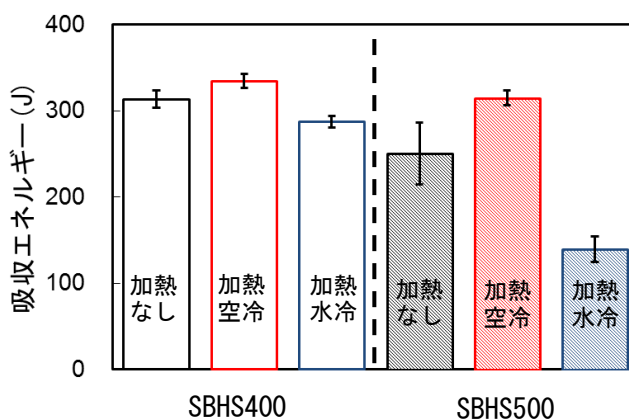


図-2 シャルピー衝撃試験結果

引張試験の結果、加熱後空冷した場合は SBHS400 と SBHS500 のいずれも降伏応力、引張強度が低下し、JIS の規定値を下回る結果となった。これは、製鋼時に調整した微細組織が熱履歴により粗大化したためと考えられる。降伏応力については、加熱なしの場合に比べ SBHS400 では約 32%、SBHS500 では約 40%低下した。引張強度については加熱なしの場合に比べ SBHS400 では約 17%、SBHS500 では約 30%低下した。

加熱後水冷した場合の降伏応力については、加熱なしの場合に比べ SBHS400 では約 8%、SBHS500 では約 23%低下した。引張強度は SBHS400 では約 19%上昇したが、SBHS500 の引張強度はほとんど変わらなかった。加熱後水冷したことにより SBHS400 の降伏応力は JIS の規定値 (400MPa) 程度となり、SBHS500 については JIS の規定値 (500MPa) を下回る結果となった。一般的な橋梁用鋼材を 900℃に加熱し水冷した場合、焼入れによる硬化に伴い降伏応力および引張強度が上昇する結果²⁾が報告されているが、本実験で用いた SBHS は製鋼時に制御した熱履歴により降伏応力や引張強度を調整しており、付加的な熱履歴を与えてもそれ以上は強度が上昇しなかったものと考えられる。

4. まとめ

鋼橋の火災を想定した加熱・冷却履歴が橋梁用高降伏点鋼の材料特性に及ぼす影響を明らかにするため、一連の実験を実施した。得られた知見を以下に示す。

- (1) SBHS400 および SBHS500 を 900℃に加熱後空冷した場合、いずれの鋼材も軟化が生じ加熱なしの場合に比べシャルピー吸収エネルギーは増加し、降伏応力および引張強度が低下した。これは、製鋼時に調整した微細組織が熱履歴により粗大化したためと考えられる。
- (2) SBHS400 および SBHS500 を 900℃に加熱後水冷した場合、シャルピー吸収エネルギーが減少したが JIS による規定値は満足していた。加熱なしの場合に比べ、降伏応力についてはいずれの鋼材においても低下した。引張強度については SBHS400 では低下したが、SBHS500 ではほぼ変わらなかった。橋梁用高降伏点鋼は製鋼時に制御した熱履歴により降伏応力や引張強度を調整しており、付加的な熱履歴を与えてもそれ以上は強度が上昇しなかったものと考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会鋼構造委員会 火災を受けた鋼橋の診断補修技術に関する小委員会：火災を受けた鋼橋の診断補修ガイドライン，土木学会，2005。
- 2) 廣畑幹人，北根安雄，伊藤義人：鋼橋の火災を想定した加熱および冷却過程が構造用鋼の溶接継手特性に及ぼす影響，鋼構造論文集，第 21 巻第 84 号，pp.67-78，2014.12。

謝辞

本研究の一部は一般社団法人日本鉄鋼連盟 2017 年度鋼構造研究・教育助成事業を受けて実施した。記して謝意を表す。