

熱履歴付与による橋梁用高降伏点鋼の材料特性変化に関する研究

名古屋大学大学院 学生会員 ○寺口 大輝
 大阪大学大学院 正会員 廣畑 幹人
 名古屋大学大学院 正会員 北根 安雄

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。火災による熱履歴を受け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おり、一般鋼材では受熱温度が 600℃未満の場合は材料特性に大きな変化は生じないとされている¹⁾。近年開発された橋梁用高降伏点鋼 (SBHS) の場合、火災による熱履歴付与後の材料特性の変化について不明な点が多々ある。SBHS は TMCP 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熱履歴を与えた SBHS の材料特性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. 熱履歴付与実験

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 600℃および 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、加熱温度は中規模火災および大規模火災を想定したものであり、空冷は自然鎮火を、水冷は消火活動を想定したものである²⁾。

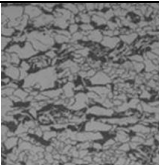
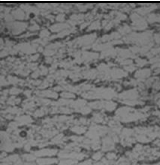
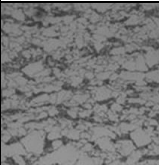
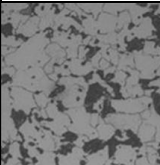
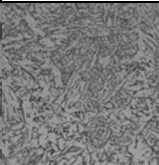
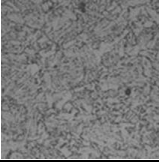
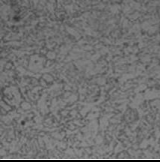
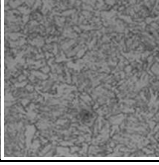
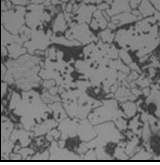
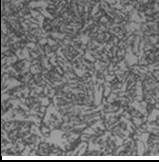
2.1 組織観察

各加熱冷却条件における組織観察結果を表-1 に示す。加熱なしの SBHS400 では TMCP により形成された微細なフェライト・パーライト組織が観察された。加熱なしの SBHS500 はベイナイトと思われる組織が主体であった³⁾。600℃に加熱後冷却した場合、SBHS400、SBHS500 のいずれにおいても、冷却条件によらず金属組織の変化は確認できなかった。SBHS400 において、900℃に加熱後空冷した場合、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された。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。900℃に加熱後空冷した SBHS500 の組織は、粗大なフェライト・パーライト組織に変化した。水冷の場合は加熱なしの場合と同様にベイナイトと思われる組織が観察された。900℃に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なしの SBHS500 と比較してやや粗大であった。

3.2 材料特性評価実験

表-1 組織観察結果

各種材料特性評価実験の結果を表-2 に示す。SBHS400、SBHS500 のいずれにおいても、600℃に加熱後冷却した場合、降伏応力、引張強度、シャルピー吸収エネルギーの値は、空冷/水冷にかかわらず加熱なしの場合とほとんど変わらなかった。これは、 A_1 変態温度以下の熱履歴の付与では金属組織の変化が生じなかったためと考えられる。

	加熱なし	600℃加熱		900℃加熱	
		空冷	水冷	空冷	水冷
SBHS 400					
SBHS 500					
					100μm

キーワード

SBHS, TMCP, 鋼橋, 火災, 材料特性

連絡先

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 Tel : 06-6879-7598

900℃に加熱後空冷した場合、加熱なしの場合に比べ SBHS400 の降伏応力は約 32%，引張強度は約 17%低下し、シャルピー吸収エネルギーは約 7%増加した。SBHS500 の降伏応力は約 40%，引張強度は約 30%低下し、シャルピー吸収エネルギーは約 26%増加した。その結果、いずれの鋼材においても降伏応力、引張強度が 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。

900℃に加熱後水冷した場合、加熱なしの場合に比べ、降伏応力については SBHS400 では約 8%，SBHS500 では約 23%低下した。引張強度は SBHS400 では約 17%上昇したが、SBHS500

の引張強度はほとんど変わらなかった。シャルピー吸収エネルギーは、SBHS400 では約 8%，SBHS500 では約 44%減少した。900℃に加熱後水冷したことにより、SBHS400 の降伏応力は JIS の規定値程度となり、SBHS500 については JIS の規定値を下回る結果となった。

一般鋼材を 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が報告されている²⁾。しかし、本実験で用いた SBHS は TMCP 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。

3. まとめ

鋼橋の火災を想定した熱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、加熱なしの場合と比べ、シャルピー吸収エネルギーがそれぞれ約 7%，約 26%増加した。降伏応力は SBHS400 では約 32%，SBHS500 では約 40%低下した。引張強度は SBHS400 では約 17%，SBHS500 では約 30%低下した。
- (2) SBHS400 および SBHS500 を 900℃に加熱後水冷した場合、加熱なしの場合と比べ、シャルピー吸収エネルギーがそれぞれ約 8%，約 44%減少した。降伏応力は SBHS400 では約 8%，SBHS500 では約 23%低下した。引張強度は SBHS400 では約 17%，SBHS500 では約 2%上昇した。
- (3) SBHS400 および SBHS500 を 600℃に加熱後冷却した場合、空冷、水冷のいずれの冷却条件においても材料特性は加熱なしの場合と比べほぼ変わらなかった。SBHS400 や SBHS500 を用いた鋼橋が火災を受けた場合も、材料特性変化の調査の可否を判断する受熱温度の基準は一般鋼材の場合と同じとして問題ないと考えられる。

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.
- 3) 日本熱処理協会：熱処理ガイドブック第 2 版，大河出版，2005

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。

表-2 熱履歴付与による材料特性の変化

			降伏 応力	引張 強度	破断 伸び	吸収 エネルギー
			(MPa)	(MPa)	(%)	(J)
SBHS 400	JIS規格値		400～	490～640	15～	100～
	加熱なし		437	522	33.4	313
	600℃	空冷	415	496	32.0	282
	加熱	水冷	430	510	32.4	276
	900℃	空冷	299	433	37.5	335
	加熱	水冷	400	619	24.7	287
SBHS 500	JIS規格値		500～	570～720	19～	100～
	加熱なし		526	629	24.4	250
	600℃	空冷	541	623	24.6	268
	加熱	水冷	545	625	25.0	259
	900℃	空冷	317	441	38.2	315
	加熱	水冷	403	641	22.7	140