

構造用鋼溶接継手の諸特性に及ぼす加熱および冷却の影響

名古屋大学大学院 正会員 ○廣畑幹人  
 名古屋大学大学院 正会員 北根安雄  
 名古屋大学大学院 フェロー 伊藤義人

1. はじめに

車両事故等を原因とする鋼橋の火災被害に対し、火災後における鋼橋の健全性評価のため、受熱温度推定や鋼材の機械的性質の変状調査などが実施されている<sup>1)</sup>。鋼材サンプルの入手しやすい一般部や高力ボルトについては調査事例が幾つか報告されているが、サンプルの入手が困難な溶接部について、火災後の継手健全性を調査・評価した例は少ない。製作時に熱履歴を受けている溶接部は、火災による加熱や消火による冷却の影響を受けて機械的性質や靱性が大きく変化する可能性があり、一般部以上の配慮が必要とされる。

本稿では、火災および消火を想定した加熱・冷却履歴が構造用鋼溶接継手の諸特性に及ぼす影響を明らかにするため実施した一連の基礎的実験の結果について報告する。

2. 供試鋼材および実験供試体

供試鋼材は溶接構造用圧延鋼材 SM490YA であり、板厚は 12mm である。供試鋼材の化学組成および機械的性質（ミルシート値）を表-1 に示す。供試鋼材に図-1 に示すレ形開先を設け、CO<sub>2</sub> アーク溶接により 3 層 3 パスの溶接継手を作製した。溶接金属は 490MPa 級鋼用（YGW11）を用いた。作製した継手を、溶接線を中心として 100mm×200mm に切断し、実験供試体とした。

3. 加熱・冷却実験

電気炉を用いて供試体を 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。供試体と同一寸法の鋼板に熱電対を挿入し測定した冷却時の温度履歴を図-2 に示す。900℃に加熱した場合、800℃から 600℃までの冷却速度は、水冷では 35.2℃/sec. であり、空冷では 0.55℃/sec.であった。

4. 継手特性の評価試験

加熱および冷却した供試体に対し、組織観察を実施した。また、板厚方向中央においてビッカース硬さ試験を実施した。さらに、試験温度 0℃でシャルピー衝撃試験（供試体数：3）を実施した結果を表-2、図-3、図-4 に示す。

表-1 供試鋼材の化学組成および機械的性質

Chemical compositions (Mass %)				
C	Si	Mn	P	S
0.16	0.31	1.44	0.023	0.003
Mechanical properties				
Yield stress (MPa)	Tensile strength (MPa)		Elongation (%)	
430	568		24	

Filler: YGW11  
 Heat input: 2326 (J/mm)  
 (Average per pass)

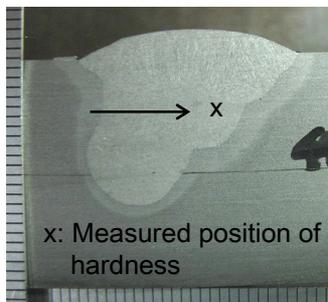
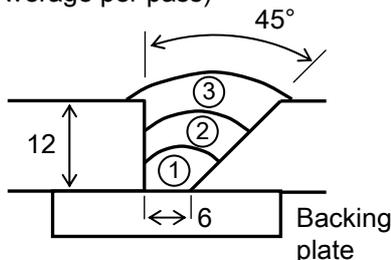


図-1 開先形状，積層および断面マクロ写真

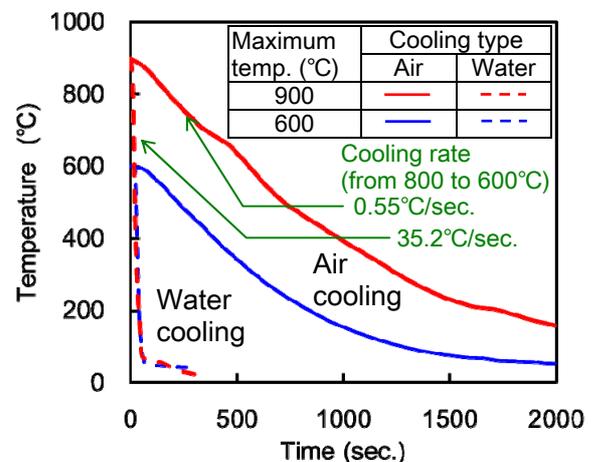


図-2 冷却時の温度履歴

キーワード 鋼橋，火災，溶接部，硬さ，シャルピー吸収エネルギー  
 連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学 TEL 052-789-4619

加熱温度が 600°C の場合は、冷却方法によらず各部位の組織状態および硬さ分布は溶接のままと変わらなかった。加熱温度が 900°C で空冷の場合は、母材部と HAZ の組織が均一化し、溶接金属部の組織が細粒化した結果、母材部、HAZ および溶接金属部の硬さはほぼ一様となった。加熱温度 900°C、水冷の場合（冷却速度 35.2°C/sec.）はマルテンサイト組織が生成され<sup>2)</sup>、母材部、HAZ において著しい硬化（H<sub>v</sub> 約 400）が見られた。

加熱温度が 600°C で空冷および水冷の場合と、加熱温度が 900°C で空冷の場合は、各部位のシャルピー吸収エネルギーは溶接のままと大差なかった。加熱温度が 900°C で水冷の場合は吸収エネルギーが著しく低下し、試験温度 0°C において母材部、HAZ の吸収エネルギーが 27J 以下になる場合があった。溶接金属部においても硬化や吸収エネルギーの低下が生じたが、溶接金属部の炭素量（カタログ値 0.08%）は母材に比べ少ないため、溶接金属部は加熱・冷却による性質の変状が母材に比べ抑制される可能性を結果は示唆している。

5. まとめ

火災および消火を想定した加熱・冷却履歴が構造用鋼溶接継手の諸特性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。得られた主たる知見を以下に示す。

- (1) A<sub>1</sub> 変態点 (727°C) 以下の加熱 (600°C) では、冷却方法によらず、加熱・冷却履歴が溶接継手の諸特性（組織、硬さ、シャルピー吸収エネルギー）に及ぼす影響は小さいことを確認した。
- (2) A<sub>1</sub> 変態点 (727°C) 以上の加熱 (900°C) から空冷した場合、溶接継手の特性は溶接のままと比べてほとんど変わらないことを確認した。水冷した場合は母材部、HAZ において著しい硬化と共にシャルピー吸収エネルギーの低下が生じた。
- (3) 溶接金属部は熱履歴を受けることを想定し炭素量を少なく抑えて製作されているため、加熱・冷却による性質の変状が母材に比べ抑制される可能性を結果は示唆していた。

謝辞

本研究の一部は日本鋼構造協会による平成 24 年度鋼構造研究助成を受けて行った。実験の一部は大阪大学接合科学研究所「接合科学共同利用・共同研究拠点」共同研究員制度を利用し実施した。結果の分析には日新製鋼(株)堀川裕史氏の協力を得た。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 例えば、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, 2008-10, pp.35-39.
- 2) 日本鉄鋼協会編:鋼の熱処理 改訂 5 版, 丸善, 1969.

表-2 組織観察結果 (400 倍)

Maximum temp. (°C)	As weld	600		900						
		Air	Water	Air	Water					
Cooling type	As weld	Air	Water	Air	Water					
						BM				
						HAZ				
						Depo				

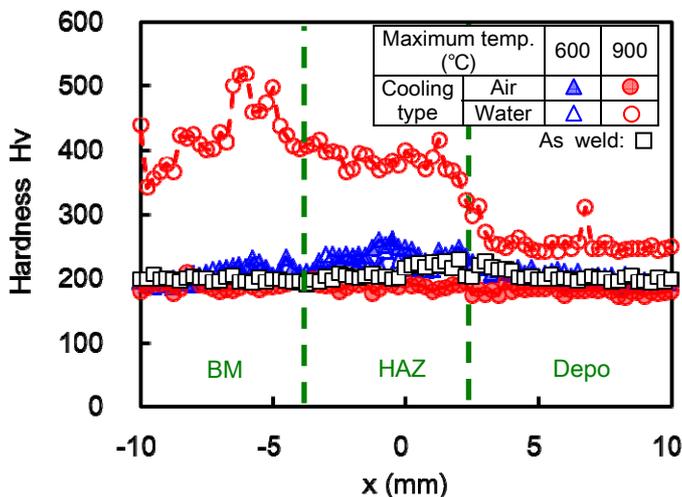


図-3 ビッカース硬さ試験結果

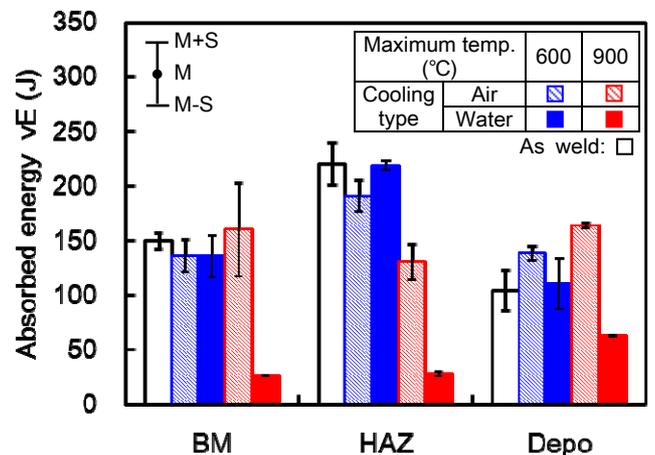


図-4 シャルピー衝撃試験結果 (試験温度 0°C)