

予熱低減型 HT780 調質高張力厚鋼板^{*1}中川 一郎^{*2} 大井 健次^{*3} 板倉 教次^{*4}

Preheat-insensitive HT780 High Strength Steel Plate

Ichiro Nakagawa Kenji Oi Noritsugu Itakura

1 はじめに

明石海峡大橋は中央径間 1990 m の世界最長の長大吊橋である。そこでは死荷重軽減のため、補剛桁に大量の引張強さ 780 MPa 級高張力鋼 (HT780 鋼) が使用された。従来の HT780 鋼では溶接低温割れを回避するために 100°C 以上の予熱作業が必要となり、構造物建設コストの増大や作業環境の悪化をまねくとともに、予熱に起因する熱変形などの問題を考慮する必要があった。そこで、溶接割れ感受性組成 (Pcm) を低減し、溶接熱影響部硬さの上昇を抑えることにより、施工性を改善し、建設コストの縮減と橋梁の安全性増大が図られた。

本報告では、高い靱性を維持しつつ、予熱温度 50°C 以下を満足する板厚 34 mm の HT780 鋼を製造したので、その特性を紹介する。

2 目標特性

目標特性を Table 1 に示す。強度および靱性の目標値は HBS-G-3102 (本州四国連絡橋公団規格) 仕様準拠している。目標予熱温度

Table 1 Target properties of new type HT780 steel for Akashi Kaikyo Bridge

Plate thick. (mm)	Tensile properties			Bend test	Charpy vE-40°C (J)	Oblique-y groove test
	YS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	El (%)			
34	≧ 685	780~930	≧ 16	180° R = 2.0 t	≧ 47	Preheat ≧ 50°C

Table 2 Concepts of chemical composition design of newly developed HT780 steel of low-preheat type

Target properties	Countermeasures	Control ranges	
		Conventional	Developed
Preheat temperature ≦ 50°C	(1) Low C content	0.10~0.13%	≦ 0.09%
	(2) Low Pcm value	0.24~0.25%	≦ 0.23%
	(3) Low B content	10~25 ppm	7 ppm (aimed)
Ultimate TS ≧ 780 N/mm ²	(1) DI-value design (2) Nb addition	65~110 mm —	65~110 mm 0.02%
Welded joint strength ≧ 780 N/mm ²	(1) Lower limit of Ceq	—	≧ 0.45%
	(2) Nb addition	—	0.02%

(以下予熱温度はy形溶接割れ試験における割れ阻止温度) はこれまでの予熱温度を大幅に低減すべく 50°C 以下と定めた。

3 開発鋼の考え方

溶接低温割れ発生は、主として以下の要因に影響される。

- (1) 鋼材組成により決定される溶接熱サイクル後の溶接熱影響部 (HAZ) の硬さ
- (2) 板厚により決定される拘束力
- (3) 溶接金属中の水素量

(2), (3) が変化しない同一板厚、同一溶接材料を使用する場合の予熱温度低減策としては (1) の低減が重要となる。HAZ 硬さを決定するマルテンサイトの硬さは含有する C 量に依存するため、C 量の制限が重要な因子となる。本鋼は C を 0.09 mass% 以下とし、低 B 化、Nb 添加によって、Pcm を 0.23 mass% 以下に低減したことで継手強度確保のために炭素当量 (Ceq) を 0.45 mass% 以上にしたことが特徴である。Table 2 に開発鋼に適用した成分系の考え方を従来鋼のそれと比較してまとめた。

4 開発鋼の特性

開発鋼の化学成分例を Table 3 に、機械的性質および y 形溶接割れ試験結果をそれぞれ Table 4, 5 に、最高硬さ試験結果を Fig. 1 に示す。さらに継手特性を Table 6 に示す。

開発鋼は HT780 鋼として十分な母材強度、靱性を有しており、20°C、60% 湿度の条件下で予熱温度 45°C 以下、30°C、80% 湿度の条件下でも予熱温度 50°C 以下と優れた耐低温割れ性を示している。最高硬さも Pcm が 0.25 mass% の従来 HT780 鋼よりも約 40 ポ

*1 平成10年7月21日原稿受付

*2 水島製鉄所 管理部技術サービス室 主査(課長)

*3 技術研究所 厚板・条鋼研究部門 主任研究員(課長補)

*4 技術研究所 厚板・条鋼研究部門 主任研究員(掛長)

Table 3 Chemical composition of newly developed HT780 steel plate

Thickness (mm)												(mass%)	
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	B	Ceq ^{*1}	Pcm ^{*2}
34	0.08	0.19	0.96	0.004	0.001	0.24	0.98	0.42	0.40	0.02	0.0007	0.46	0.21

*1 Ceq = C + Si/24 + Mn/6 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14

*2 Pcm = C + Si/30 + (Mn + Cu + Cr)/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B

Table 4 Mechanical properties of newly developed HT780 steel

Location	Tensile properties			Toughness		
	YS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	El (%)	vE-40°C (J)	vE-60°C (J)	vTrs (°C)
1/4 t (Quarter-thick.)	808	842	24	235	229	
	811	847	24	240	213	-92
				240	219	
1/2 t (Mid-thick.)	807	844	22	224	200	
	803	838	23	218	211	-91
				213	211	

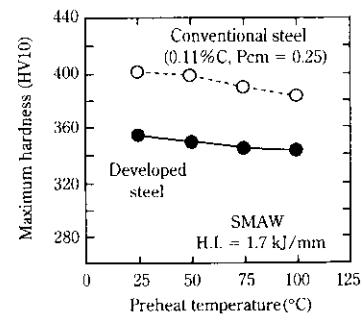


Fig. 1 Results of maximum hardness test of weld HAZ

Table 5 Improved susceptibility of weld HAZ to cold cracking evaluated by constraint oblique-y groove test

Welding conditions	Atmosphere		Crack ratio (%)						Desired preheat temp.	
	Temp.	Humidity	Location	Preheat temp.	25°C	45°C	50°C	55°C		75°C
SMAW*	20°C	60%	Root		17 0	0 0	0 0	0 0	— —	45°C
			Section		2 0	0 0	0 0	0 0	— —	
			Surface		0 0	0 0	0 0	0 0	— —	
	30°C	80%	Root		— —	— —	0 0	— —	0 0	≧ 50°C
			Section		— —	— —	0 0	— —	0 0	
			Surface		— —	— —	0 0	— —	0 0	

*Rod, KSA-116: H.I., 1.7 kJ/mm

Table 6 Mechanical properties of welded joint

Thickness (mm)	Welding method	Tensile properties		V Charpy impact test properties			
		TS (MPa)	Location of rupture	Test temp. (°C)	vE (J)		
34	SAW*	813	HAZ	-15	WM	FL	Center of HAZ
					104	90	177
Target value		≧ 780	—	—	≧ 47		

(WM: Weld metal FL: Fusion line HAZ: Heat affected zone)

*Welding condition

Welding material: KB-80C × KW-103B

Heat input: 4.6 kJ/mm

イント低下していることがわかる。

継手特性も溶接入熱 4.5 kJ/mm で、780 MPa 以上の引張強さと -15°C において 47 J 以上のシャルピー吸収エネルギーを示している。

減され、かつ高靱性を有する製品である。明石海峡大橋への適用の実績をもとに、今後各種橋梁への適用拡大や揚水発電所ベンストック材などへの適用拡大が期待される。

〈問い合わせ先〉

水島製鉄所 管理部技術サービス室 TEL 086(447)2773

FAX 086(447)2674

5 おわりに

本報で紹介した HT780 鋼板は Pcm を低く抑えることで、予熱低