新商品紹介

新日鐵住金(株)の橋梁用高降伏点鋼板SBHS 500

Typical Properties on SBHS 500 Produced by Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation

安藤隆 — Ryuichi ANDO

田 中 睦 人 Mutsuto TANAKA 髙 木 優 任 Masahide TAKAGI 本 間 宏 二 Koji HOMMA

抄 録

高性能な橋梁用鋼材として新日鐵住金(株)がその萌芽期から先導的な役割を果たしてきた SBHS は、JIS G 3140 として規格が制定され各種設計基準への反映が進められている。東京港臨海道路向けの BHS を含む累計出荷量が約 22000トンに達した新日鐵住金の SBHS の特性および実橋への適用状況について述べた。

Abstract

Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation has been leading the way in the ground design, standardization and realization for SBHS. NSSMC supplied around 22 000 tons of SBHS for the advanced steel bridges in Japan. This paper presents their superior performance along with recent activities on the application.

1. 緒 言

合理的な鋼橋の建設に寄与する高性能な鋼材として, 2008年にJIS G 3140橋梁用高降伏点鋼板 (SBHS) が制定 された。表1に示すSBHSの実用化にあたり,新日鐵住金 (株)はその萌芽期から鋼材の要求性能の策定,規格化およ び実用化に先導的な役割を果たしてきた。東京港臨海道路 の臨海中央大橋(建設時の仮称:南北水路横断橋)および東京ゲートブリッジ(建設時の仮称:東京港臨海大橋)向けに SBHS の前身ともいうべき BHS 規格の鋼材を約17000トン製造し納入したことを契機として、JIS G 3140橋梁用高降伏点鋼板の制定や各種設計基準への反映が進められ、各方面で SBHS の普及に向けての活動が本格的に進められることとなった。

表 1 SBHS の実用化年表 Progress in standardization and practical use of SBHS

Year	Events		
1994-2000	Basic concept of High Performance Steel for Japanese steel bridges was established by an industry-government-academia bridge		
1994-2000	research group.		
2003	BHS 500 and 700 was proposed based on the established concept.		
2004	BHS 500 and 700 were incorporated to NETIS (New Technology Information System).		
2005	The Japan Iron and Steel Federation standardized BHS 500, 500W and 700W.		
2006	First use of BHS 500 in Japan. NSSMC supplied 1 200 tons of BHS 500 for Rinkai Chuo bridge on Tokyo Port Seaside Road.		
2007	Second use of BHS 500. NSSMC supplied 15 000 tons of BHS 500 for Tokyo Gate Bridge on Tokyo Port Seaside Road.		
2008	BHS 500 and 700 were standardized in JIS G 3140 as SBHS was newly employed as designation along with substituteto express		
2008	High yield strength steel plates for bridges.		
	Tokyo Metropolitan Government Bureau of Construction approved SBHS for standard material for civil works. ¹⁾		
2000	Railway Technical Research Institute included SBHS in the Design Standards for Railway Structures and Commentary (Steel and		
2009	Composite Structures). ²⁾		
	Japan Society of Civil Engineers published design and fabrication guide for SBHS 500 (W) and SBHS 700 (W) steel bridges. ³⁾		
2011	SBHS 400 and 400W were added to JIS G 3140.		
2014	Specification for Highway Bridges introduced SBHS as a new material in Part II Steel Bridges. ⁴⁾		

^{*} 厚板事業部 厚板技術部 厚板商品技術室 主幹 東京都千代田区丸の内 2-6-1 〒 100-8071

2. SBHSの規格

表2に SBHS の規格を示す。熱加工制御(TMCP)の適用により溶接割れ感受性組成(P_{CM})を低減し溶接性の向上を図りながら,一定で高い降伏点と圧延直角方向で 100J という優れたシャルピー吸収エネルギーを板厚 $100\,\mathrm{mm}$ まで変えることなく保証している。

また、表3に示す様に、大きな塑性変形を伴う冷間曲げ加工を可能とするため、鋼板のシャルピー吸収エネルギーの保証値を高めた仕様も設けられている。

3. 新日鐵住金が納入したSBHSの機械的特性

表4に新日鐵住金のSBHSの受注実績を示す。2008年 にSBHSがJISに制定されて以降、自治体や高速道路会社

表2 SBHS の規格(抜粋) Digest of SBHS standard

		Parameter	Transverse Cha		se Charpy
	Thickness	crack	Yield	impact test	
Designation	t	measurement,	strength	Test	Absorbed
	(mm)	P _{CM}	(N/mm ²)	temp.	energy
		(%)		(°C)	(J)
SBHS400	6≤t≤100	≤ 0.22	≥ 400	0	≥ 100
SBHS400W	0 ≥ t ≥ 100				
SBHS500	6≤t≤100	≤ 0.20	≥ 500	-5	≥ 100
SBHS500W	0≥1≥100			-3	≥ 100
SBHS700	6≤t≤50	≤ 0.30	≥ 700	-40	≥ 100
SBHS700W	SBHS700W $50 < t \le 75$		≤ /00	-40	≤ 100

向けに耐候性鋼の SBHS 400W, SBHS 500W を含む約 5000 トンを納入している。SBHS は高強度化と製作性の向上に よる中小スパン橋の経済性向上を主目的に開発された鋼材 であるが、強度、溶接性、冷間曲げ加工性などの特性を活 かし、様々な橋梁形式で合理化、あるいは大型化の実現に 寄与するような使い方も多くなされており、橋梁建設の経 済性ならびに信頼性の向上に寄与している。

3.1 限界状態設計法の適用 - 東京港臨海道路向け BHS 500

東京港臨海道路向けには SBHS 500 の前身である BHS 500 (最大厚 59 mm) を約 17000 トン納入した。強度、溶接性、破壊じん性を兼ね備えた鋼とするため表5⁵ に示す様に C, P, S, N および合金添加量を低減し、溶接割れ感受性組成 (P_{CM}) を 0.20%以下とした化学成分で製造を行い、

表3 強冷間曲げ加工用 SBHS のシャルピー吸収エネルギー 仕様

Specification of Charpy absorbed energy for strong cold bending plates

Designation	Bending radius/ thickness	Test temp.	Charpy absorbed energy (J)	Test direction
SBHS400	≥ 7	0	≥ 150	
SBHS400W	≥ 5	0	≥ 200	Longitudinal
SBHS500	≥ 7	-5	≥ 150	or transverse
SBHS500W	≥ 5	-5	≥ 200	

表4 新日鐵住金の SBHS が使用された橋梁 Bridges constructed by use of NSSMC's SBHS

	Year	Bridge name	Structure	Client	Steel grade, Thickness, max.
1	2006	Rinkai Chuo bridge, Tokyo Port Seaside Road	Box Girder	Tokyo Metropolitan Gov.	BHS 500 59 mm
2	2006-2009	Tokyo Gate Bridge Tokyo Port Seaside Road	Truss - Box hybrid, Box Girder	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism	BHS 500 50 mm
3	2009	Nagata bridge	Space Truss	Tokyo Metropolitan Gov.	SBHS 500 67 mm
4	2009	Inba-shosuiro bridge	Box Girder	Chiba Pref.	SBHS 500 59 mm
5	2011	Makogo bridge (Shin-Itsuke bridge)	Box Girder	Tokyo Metropolitan Gov.	SBHS 500 50 mm
6	2011	Shin-Miyagawa bridge	Truss	Mie Pref.	SBHS 400W 22 mm
7	2012	Inba-shosuiro bridge	Box Girder	Chiba Pref.	SBHS 500 55 mm
8	2012	Otagawa-ohashi bridge (Otagawa-hosuiro bridge)	Arch	Hiroshima City	SBHS 500 67 mm
9	2012	Takatsuki JCT bridge, Shin-Meishin Expressway	Bridge Pier	West Nippon Expressway Co. Ltd	SBHS 500 57 mm
10	2012	Asakegawa bridge, Shin-Meishin Expressway	Arch	Central Nippon Expressway Co. Ltd	SBHS 500 86 mm
11	2012	Tsukiji-ohashi bridge (Sumidagawa bridge)	Arch	Tokyo Metropolitan Gov.	SBHS 500 80 mm
12	2014	Nutanohara bridge	Rigid Frame	Totsugawa Village	SBHS 500W 27 mm

表6および図1⁵⁾,図2⁵⁾に示す様に安定した高降伏点と高い破壊じん性を得ている。

東京港臨海道路の中核をなす東京ゲートブリッジでは、BHS 500 の高降伏点を活かした設計をするため、限界状態設計法の一種である"荷重抵抗係数設計法-LRFD"が採用されたの。その結果、全鋼重の50%にBHS 500が使用され、

表5 BHS 500 の化学成分例(mass%)⁵⁾ Example of chemical compositions (mass%) of BHS 500

	С	Si	Mn	P	S	N	P _{CM}
Specification	≤0.11	≤0.55	≤2.00	≤0.020	≤0.006	≤0.006	≤0.20
Ladle analysis	0.09	0.30	1.58	0.011	0.003	0.0030	0.19

表6 BHS 500 の降伏点とシャルピー吸収エネルギー Yield strength and transverse Charpy absorbed energy at -5°C of BHS steels

	Yield		Transverse Charpy impact test		
	strength	Test temp.	Absorbed energy		
	(N/mm ²)	(°C)	(J)		
Specification	≥ 500	-5	≥ 100		
Actual value (ave.)	574	-5	262		

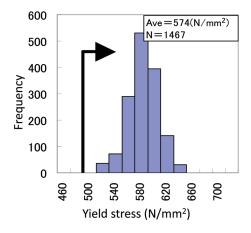


図1 降伏点の実績 ⁵⁾ Typical yield strength of BHS

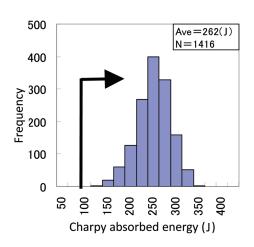


図2 シャルピー吸収エネルギーの実績 5 Typical Charpy absorbed energy of BHS

約12%のコスト縮減効果が得られたと報告されているの。

3.2 強冷間曲げ加工と大入熱溶接の適用 - 永田橋向け SBHS 500 鋼管

東京都の永田橋では、国内の道路橋として初めてスペーストラス構造が採用された。景観と経済性を両立させるため高強度でかつシャルピー吸収エネルギーの保証値を200J以上とした強冷間曲げ加工用 SBHS の適用検討がなされ、板厚67mmの SBHS 500 から外径800mmの鋼管(内曲げ半径5t)を製造しコンクリートを充填して、トラス下弦材に使用することが決定した。表7にSBHS 500の塑性ひずみ加工時の特性変化を示す。実橋と同等の10%の塑性ひずみ加工、時効処理をした後も高いシャルピー吸収エネルギーが保持されていることがわかる。

また、10kJ/mmの大入熱溶接(従来のSM570では7kJ/mmの制限がある)が適用され、現場溶接の予熱省略と併せて工期短縮が図られた7。表8に大入熱の潜弧溶接(SAW)の溶接条件と継手断面の例を、図3に溶接継手のシャルピー吸収エネルギーの例を示す。11kJ/mmの大入熱溶接を行っても、永田橋の継手じん性の要求値である47Jを満足している。

表7 SBHS 500 の塑性ひずみ加工前後のシャルピー吸収エネルギー

Charpy absorbed energy after strain aging (250°C × 1 Hr)

Thickness	Pre-strain	Charpy impact test at −5 °C		
(mm)	(%)	Direction	vE (J)	
67	0	Transverse	255	
	10	Transverse	185	

表8 SBHS 500 の大入熱溶接条件と継手断面 Welding conditions for large heat input SAW and joint section

Heat input	11 kJ/mm
Electrode	Y-DM (Diameter: 4.8 mm)
Flux	NF-320M
Groove preparation	8P 60° 34 10 23 90° (mm)
Macroetch cross-section	910123456789201234

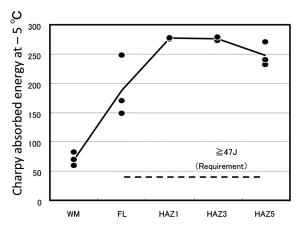


図3 大入熱 SAW 溶接継手のシャルピー吸収エネルギー Charpy absorbed energy at large heat input SAW joint



図4 格点部近傍に厚手の SBHS 500 が使用された築地大橋 Tsukiji-ohashi bridge applied over 50mm thickness SBHS 500 around panel point sectios

3.3 厚手化-橋梁格点部近傍への SBHS 500 の採用

橋の格点部近傍に50mmを超える厚手のSBHS500が使用される例も増加している。新名神高速道路の朝明川橋や東京都の築地大橋(建設時の仮称:隅田川橋りょう)(図4)では、図5に示す様に50mmを超える板厚が約半数を占め、朝明川橋では最大厚86mm、築地大橋では最大厚80mmのSBHS500が使用された。図6に築地大橋向けに出荷したSBHS500の降伏点ならびに規格下限値をSM570の規格下限値と併せて示す。板厚によらず安定した降伏点が得られている。

4. 結 言

新日鐵住金の SBHS 500 の材料特性およびその実績について述べた。東京港臨海道路向けの BHS を含め累計の出荷量は約 22000 トンに達し、板厚の要求も 100mm 程度まで拡大したが、JIS 規格制定以降その使途は複雑な溶接部の品質向上や SM 570 を SBHS 500 に変更して部分的に板厚の低減を図るなどの例が多く、本来の目的である橋梁全体系での合理化にまでは至っていない。この部分での利用を促進していくことがさらなる普及に向けての課題である

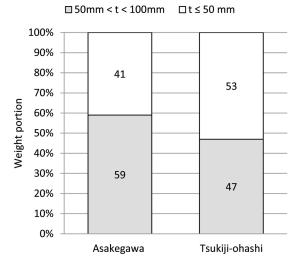


図5 朝明川橋, 築地大橋で使用された SBHS 500 の板厚 構成

Weight portion of over 50mm thickness SBHS 500 used for Asake and Tsukiji-ohashi bridge

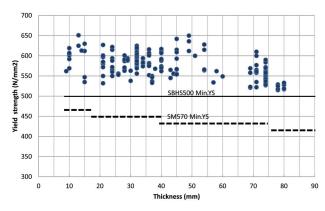


図6 築地大橋向け SBHS 500 の降伏点 Yield strength of SBHS 500 shipped for Tsukiji-ohashi bridge

と考えられる。

SBHSの高性能を活かし、橋梁全体系での経済性、ならびに信頼性の向上を図っていくことは、今後の橋梁整備に求められているトレンドに合致するものであると信じる。また、世界有数の地震国にあって、高降伏点を活用して橋梁構造そのものの重量低減を行うことは、橋梁の耐震性を向上させるだけでなく、持続可能な社会基盤の構築に有効な手段の一つであると考えられる。国土強靭化の観点からも広く SBHS が使用されることが期待される。

参照文献

- 1) 東京都建設局: 土木材料仕様書. 2009
- 2) (公財)鉄道総合技術研究所編:鉄道構造物等設計標準·同解説 鋼·合成構造物. 2009.7
- 3) (公社)土木学会 鋼構造委員会 新しい高性能鋼と利用技術 調査研究小委員会:新しい高性能鋼材の利用技術調査研究 報告書~SBHS 500(W), SBHS 700(W)の設計・製作ガイド ライン(案). 2009.11

- 4)(公社)日本道路協会:道路橋示方書·同解説 II 鋼橋編. 2012.3
- 5) 武野, 本間, 田中:土木学会第63回年次学術講演会講演概要集. I-384, 2008
- 6) 保坂, 池田: 橋梁・鋼構造物塗装. 40, 2012.9
- 7) 大谷, 今井, 大植, 根津, 村尾, 大久保: 橋梁と基礎. 2011.11



安藤隆一 Ryuichi ANDO 厚板事業部 厚板技術部 厚板商品技術室 主幹 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



田中睦人 Mutsuto TANAKA 厚板事業部 厚板技術部 厚板商品技術室長



髙木優任 Masahide TAKAGI 建材事業部 建材開発技術部 橋梁開発技術室 主幹



本間宏二 Koji HOMMA 建材事業部 建材開発技術部 橋梁開発技術室長