

橋梁用高性能鋼 BHS500 の製造と試設計によるコスト縮減評価

新日本製鐵(株) 建材開発技術部 正会員 武野 正和
 新日本製鐵(株) 建材開発技術部 正会員 本間 宏二
 新日本製鐵(株) 厚板営業部 正会員 田中 睦人

1. はじめに

橋梁用鋼材において、鉄鋼製造技術の進歩を反映した高性能な鋼材を使用することで、鋼橋の経済設計、製作面での効率化に寄与し、また、鋼橋としての性能向上にも寄与する可能性があることに着目し、新しい橋梁用高性能鋼材 BHS(Bridge High-performance Steel)の開発を行ってきた¹⁾。BHS 鋼は表 - 1, 2 に示す材料特性のように高強度、高靱性、優れた製作性能(溶接施工性、加工性)、耐候性を有する鋼材であり、その適用によって鋼橋の設計の合理化や製作効率化など経済性の向上が期待される。本論文では、橋梁の要求性能に応じて提案した BHS 鋼の製造実績および試設計について述べる。

表 - 1 BHS 鋼の材料規格²⁾

種類の記号	鋼板の厚さ(mm)	降伏点又は耐力(N/mm ²)	引張強さ(N/mm ²)	シャルピー吸収エネルギー, (J)	溶接割れ感受性組成 P _{cm}
BHS500 BHS500W	6 t 100	500 以上	570 ~ 720	100 @ -5 ¹	0.20
BHS700W	6 t 50	700 以上	780 ~ 970	100 @ -40 ²	0.30
	50 t 100				0.32

表 - 2 BHS 鋼の有する性能²⁾

種類の記号	鋼板の厚さ(mm)	予熱条件	溶接入熱(kJ/mm)	Z 又は絞り(%)
BHS500 BHS500W	6 t 100	予熱なし	10 以下	35 以上
BHS700W	6 t 50	50	5 以下	35 以上
	50 t 100			

2. 製造実績

1 V ノッチ圧延直角方向、2 V ノッチ圧延方向

BHS500 鋼の降伏点および引張強さについて、国内初の BHS 鋼使用橋梁である東京都南北水路橋の化学成分、機械的性質の実績³⁾に加え、仮称東京港臨海大橋向けに製造中の実績を加えたものを図 - 1 ~ 図 - 3 に示す。また、参考評価として、耐ラメラテア特性を評価し(図 - 4)十分な保有性能を有することを確認した。

3. BHS 鋼を適用した橋梁の試設計

BHS 鋼を鋼橋に適用した場合の試設計を実施しメリットについて検討を行った。支間長 60m の連続合成桁橋を対象とし、鋼桁断面を決定、普通鋼材(道示記載 SM570 まで)と BHS 鋼を用いた場合で検討した。図 - 5 に従来の SM570 と BHS500 の降伏強度の比較を示す。また、対象橋梁の諸元を図 - 6 に示す。検討方法は以下の二通りで行った。

- 1) 道示に基づく許容応力度設計法の連続合成桁設計プログラムを利用して、表 - 3 にあるような BHS500、BHS700W の許容応力度を仮定し、断面設計を行った。BHS 鋼には許容応力度が設定されていないため、BHS500 の許容引張応力度の安全率は SM570 同等の 1.75、BHS700W の安全率は HT780 同等の 1.97 を仮定した。
- 2) 限界状態設計法(AASHTO-LRFD)に基づき、表 - 4、表 - 5 に示す荷重係数、抵抗係数を用いて、終局限界状態、使用限界状態の照査を行い、断面設計を行った。

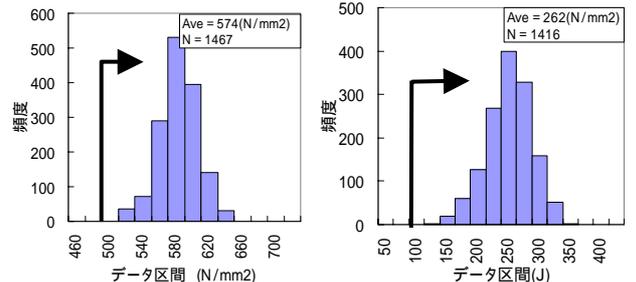


図 - 1 降伏点の実績

図 - 2 シャルピー吸収エネルギーの実績

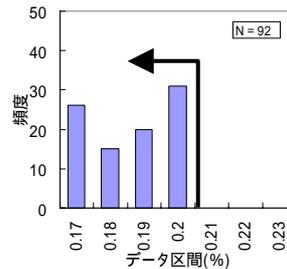


図 - 3 P_{cm}の実績

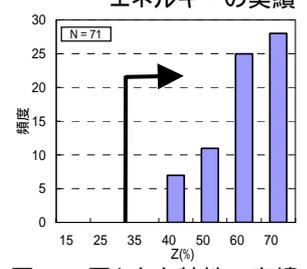


図 - 4 厚さ方向特性の実績

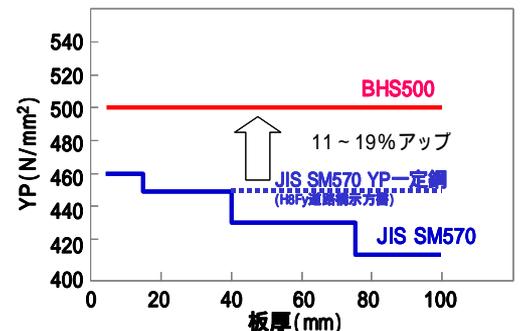


図 - 5 SM570 と BHS500 の降伏強度の比較

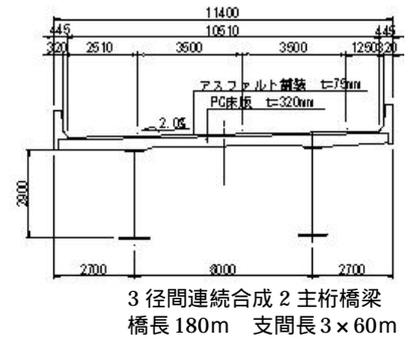
キーワード BHS 鋼、橋梁用高性能鋼材、試設計、鋼橋、コスト縮減
 連絡先 〒100-8071 東京都千代田区大手町 2-6-3 TEL 03-3275-7915

表 - 3 仮定した BHS 鋼の許容応力度

	単位	BHS500	BHS700	
基準降伏点	y	N/mm ²	500.0	700.0
許容引張応力度	ta	N/mm ²	285.0	355.0
安全率	y/ ta	-	1.75	1.97
許容せん断応力度	a	N/mm ²	160.0	200.0

表 - 4 抵抗係数

Type of Resistance	Resistance Factor,
For Flexure	f = 1.00
For shear	v = 1.00
For axial compression	c = 0.90



3 径間連続合成 2 主桁橋梁
橋長 180m 支間長 3 × 60m

図 - 6 対象橋梁の諸元

表 - 5 荷重係数

Limit State	Load Combinations and Load Factors						
	Load Factors						
	DC	DW	LL	IM	CR	SH	TU
Strength	1.25	1.50	1.75	1.75			
Service	1.00	1.00	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00
Constructibility	1.00						

以上の方法に基づき、従来鋼材との数量比較と国土交通省の積算基準を用いてコスト比較を行い、定量的メリットを算出した結果の一例を以下に示す。製作工数に関して SM570 材相当品による影響割増は BHS 鋼について未定であるので、SM490Y 相当の 1.00 から SM570 相当の 1.28 の両ケースを含む 4 ケース（表 - 6）で試算した。

- 1) SM570 との比較で、BHS500, BHS700W の使用により鋼材重量は高強度化に伴い減少し、許容応力度設計法によると、BHS500 の場合約 7%、BHS700W の場合約 15% 減少する（表 - 7）。
- 2) 工事費（材工）では BHS500 適用ケースが最も優れ、BHS500 の製作工数の条件を SM570 同等(1.28)とすると 4% 工費削減、SM490Y 同等(1.00)とすると約 10% 削減が可能である。図 - 7 に工事費（比率）の比較を示す。
- 3) BHS500 を適用した場合、SM570 との比較で、上下フランジで最大 19% の板厚低減が可能となり、特に厚手材での接合コスト低減や非破壊検査精度向上にも寄与することが考えられる。
- 4) 限界状態設計法(AASHTO-LRFD)によると、負曲げモーメント断面では、上記条件での許容応力度設計による結果とほぼ同等の鋼重であり、正曲げモーメント断面では、コンパクト断面設計の適用により、許容応力度設計による結果に比べてさらに 10% の鋼重低減が見られた。尚、これら上部工鋼重低減の効果は下部工のコスト縮減にも大きく寄与するが今回その部分の試算は実施していない。

表 - 6 検討ケース

	材質	製作工数 割増係数
Case1	SM570	1.28
Case2	BHS500	1.00
Case3	BHS500	1.28
Case4	BHS700W	1.28

表 - 7 鋼重と試算工事費（比率）の比較

	Case1 SM570 (YP=450N/mm ²)	Case2 BHS500 (YP=500N/mm ²)	Case3 BHS500 (YP=500N/mm ²)	Case4 BHS700W (YP=700N/mm ²)
鋼重	1.00	0.93	0.93	0.85
コスト(材工)	1.00	0.90	0.96	0.99

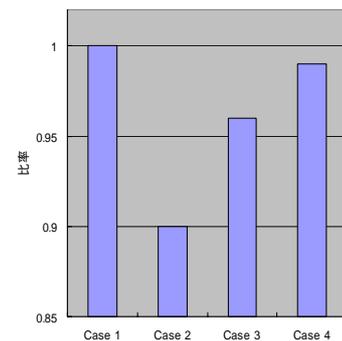


図 - 7 試算工事費（比率）の比較

4. まとめ

BHS 鋼は優れた強度、製作性能を有しながら安定した製造が可能であり、コストの縮減にもつながる鋼材である。さらに期待できる点として、桁高の低減や非破壊検査精度向上、輸送費の削減などがあり、今後、それらの付随的なメリットを評価していく予定である。

【参考文献】

- 1) 三木千壽、市川篤司、楠隆、川端文丸：橋梁用高性能鋼材(BHS500、BHS700)の提案、土木学会論文集 No.738/I-64, pp.1-10, 2003.7
- 2) (社)日本鉄鋼連盟：降伏点 500N/mm² 及び降伏点 700N/mm² 溶接構造用圧延鋼材.日本鉄鋼連盟製品規定(MDCR0014-2004) , 2005.3
- 3) 新日本製鐵(株)：新日鉄技報, 第 387 号, pp.47-52, 2007.10