

SBHS 鋼材の鉄道橋への適用に関する研究

鉄道・運輸機構 正会員 藤原 良憲, 横山 秀喜

鉄道総合技術研究所 正会員 斉藤 雅充, 濱上 洋平, 池田 学

トニーチコンサルタント 正会員 ○原 飛鳥, 久保 武明

1. はじめに

橋梁用高降伏点鋼板（以下、「SBHS」）は、鋼橋の建設コスト削減のために開発された高性能鋼材で、東京ゲートブリッジにおいて本格的に導入され、2008年に「JIS G3140」として規格化された。鉄道橋では、JIS 化および既往の検討¹⁾²⁾を受けて設計標準³⁾（以下、「鋼標準」）に SBHS が記載されたが、実橋梁への採用に至っていないのが現状である。

既往の検討²⁾においては、鉄道に用いる合成桁の標準的な支間長として、40～80m の複線単純 2 主箱桁形式を対象に、SM570 に対して 5～7%の鋼重低減効果が確認されたが、たわみ制限を単連橋梁に対する限界値としていた。

本研究では、長支間化、連続桁化、複数連橋梁での適用を考慮し、鉄道橋の合成桁に SBHS を適用した場合の設計上の特徴や適用効果を把握するための試設計を行った。

2. 検討条件

検討は以下の 2 段階とした。はじめに、支間や腹板高を変化させ、簡易な照査で必要断面を概算するパラメトリックスタディを行い、SBHS の適用効果の高い条件を把握した。これを踏まえ、適用する支間と腹板高を固定して試設計を行い、代表断面を詳細に設定して SM570 と SBHS の比較を行った。

対象橋梁は、表-1 に示すように、支間 120m までの単純、連続合成桁とし、断面は図-1 に示すように、複線 1 主箱桁形式とした。

現在の設計体系での照査結果に着目することから、鋼標準³⁾を準用して照査を行った。安全係数等の諸条件を表-2 に示す。なお、安全係数は SM 材に合わせて簡易に設定したものであり、厳密な設定値は今後検討予定である。たわみ制限（走行安全性、乗り心地）には、現在の一般的な条件として、隣接部も桁式の構造となっている複数連橋梁のたわみ制限値⁴⁾を用いた。

3. 適用効果の高い条件の把握（パラメトリックスタディ）

表-1 に示す各支間に対して腹板高を変化させ、安全性（耐荷性、耐疲労性、走行安全性）、使用性（乗り心地）の照査により必要断面を求め鋼重を算定した。なお、応答値の算定に用いる仮定鋼重、仮定剛度は平均的な値とし、詳細な精算は行っていない。また、鋼重の算定に用いる割増係数は水平添接の段数に配慮して腹板高 3m、6m を超えるごとに増加させている。

検討結果の代表例として、支間 80m の単純桁の支間中央および中央支間 120m の連続桁の中間支点における腹板高さと概算鋼重の関係を図-2、3 に示す。

単純桁では SBHS500 が鋼重最小となった。これはいずれの支間でも同様で、このときの腹板高とスパンの比は 1/17 程度であった。一方、腹板高を抑えた領域（グラフ左側）では、走行安全性により断面が定まり、SM570 と SBHS500 で鋼重に差がない状況となっ

表-1 検討ケース

	No.	支間長	使用材料		No.	支間長	使用材料
単純桁	1	60m	SM570	連続桁	1	67+80 +67m	SM570
	2		SBHS500		2		SBHS500
	3		SBHS700		3		SBHS700
	4	80m	SM570		4	84+100 +84m	SM570
	5		SBHS500		5		SBHS500
	6		SBHS700		6		SBHS700
	7	100m	SM570		7	100+120 +100m	SM570
	8		SBHS500		8		SBHS500
	9		SBHS700		9		SBHS700
	10	120m	SM570				
	11		SBHS500				
	12		SBHS700				

注) 着色箇所は試設計対象を示す。

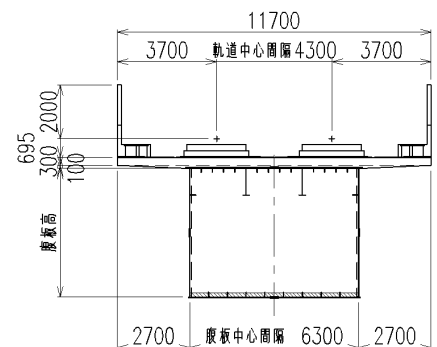


図-1 標準断面

表-2 検討条件

項目	条件							
活荷重	新幹線荷重P-16（作用修正係数 $\phi=1.23$ ）							
軌道構造	新幹線用スラブ軌道							
設計速度	260km/h							
安全係数					SM570	SBHS 500	SBHS 700	
	材料係数 γ_s	安全性(耐疲労性以外) および復旧性				1.05		
		安全性(耐疲労性) および使用性				1.0		
	部材係数 γ_b	安全性 (耐荷性)	軸力 曲げ	引張	1.1	1.1	1.15	
				圧縮	1.1			
			せん断		1.1			
強度の 特性値	(N/mm ²)		SM570			SBHS	SBHS	
			t $\leq$ 16	t $\leq$ 40	t $\leq$ 75	500	700	
	引張・圧縮 降伏強度	f _{yk}	460	450	430	500	700	
たわみの 照査 (複数連)	支間長Lb(m)	50	60	70	80	90	100以上	
	走行安全性	Lb/1200			Lb/1400			
	乗り心地	Lb/1700						

キーワード：鉄道橋，合成桁，SBHS，鋼重低減効果

連絡先：〒151-0071 東京都渋谷区本町 1-13-3 Tel:03-3374-4084 Fax:03-3374-4744

た。

連続桁では、径間中央はたわみ制限等により SBHS500 と SM570 の差はわずかである一方で、中間支点断面はたわみ制限と関連しないため耐荷性で断面が定まり、SBHS の鋼重低減効果がより大きくなった。なお、単純桁、連続桁のいずれのケースでも耐疲労性は断面決定要因とはならなかった。

4. 試設計結果

3. の検討結果から、単純桁は支間 80m、腹板高さ 4.8m、連続桁は中央支間 120m、腹板高さ 5.0m（側径間）～5.8m（中間支点）～4.6m（中央径間）として、SM570 と SBHS500 を用いた試設計による比較検討を行った。

単純桁の支間中央と連続桁の中間支点を代表例として、断面構成を表-3 に、照査結果を表-4 に示す。ここで、耐疲労性の照査は疲労限による照査と繰返し数の影響を考慮した照査の両方を掲載している。単純桁は、フランジでは 12%程度の鋼重低減効果が見られたが、総鋼重に対しては 4%程度である。上下フランジは耐荷性より板厚が定まり、材料強度の差によって板厚が減少した。一方、腹板では幅厚比の上限値が鋼材の降伏強度により定まるため、板厚が増加した。

連続桁の側径間、中央径間は、幅厚比制限および走行安全性で板厚が定まり、5%程度の鋼重増となった。中間支点は耐荷性でフランジ厚が定まり、約 13%程度鋼重減となった。代表断面から単純計算した桁全体の鋼重は 3%程度の低減だったが、中間支点部を SBHS500、径間部を SM570 とした場合には 6%程度の低減であった。

4. まとめ

今回設定した設計条件の下では、単純合成桁の支間中央や連続合成桁の中間支点部で、SBHS500 適用により SM570 と比べて鋼重を低減しうることがわかった。一方、幅厚比の制限により腹板の板厚は増加した。また、走行安全性の照査（たわみ制限）により、腹板高を抑えた領域では SBHS 適用による鋼重低減が見られなかった。これは、道路橋と比べてたわみ制限がより厳

しいことによる。今後、安全係数の設定や板要素の照査などの照査方法の詳細や、材料特性面での検討などに関して深度化を図って行きたい。

【参考文献】 1) 三木ほか、橋梁用高性能鋼材（BHS500、BHS700）の提案、土木学会論文集、No.728/I-64、pp.1-10、2003.7
2) 北ほか、高耐候性鋼材・高性能鋼材（BHS）の鉄道橋への適用性評価、鉄道総研報告、Vol.23、No.5、2009
3) 国交省鉄道局監修、鉄道総研編：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物、丸善、2009.7
4) 国交省鉄道局監修、鉄道総研編：鉄道構造物等設計標準・同解説 変位制限、丸善、2006.2

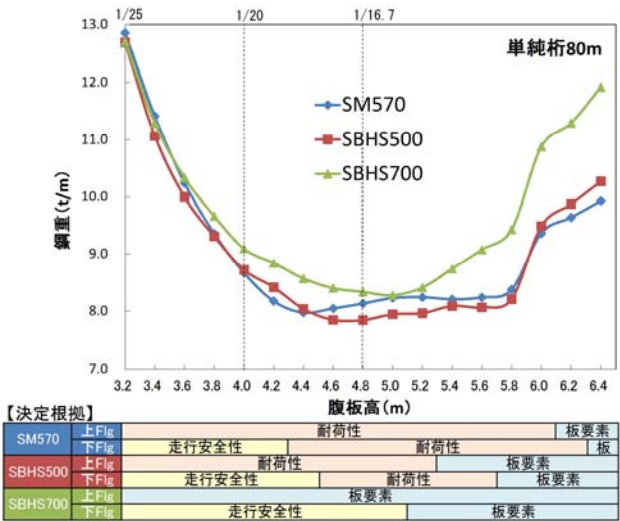


図-2 単純桁支間中央、鋼重腹板関係

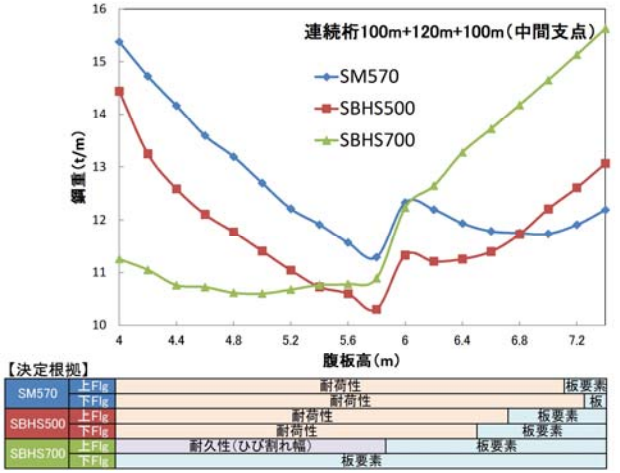


図-3 連続桁中間支点、鋼重腹板関係

表-3 断面構成の代表例

検討対象	単純桁 80m 支間中央		連続桁 100+120+100m 中間支点	
	SM570	SBHS500	SM570	SBHS500
材質	300	300	300	300
部材厚 (mm)	コンクリート床版	300	300	300
	上フランジ	17	16	46
	上縦リブ	20	21	20
	縦桁腹板	10	10	10
	縦桁下フランジ	12	12	12
	腹板	22	23	26
	下縦リブ	12	12	32
	下フランジ	26	22	52
				38

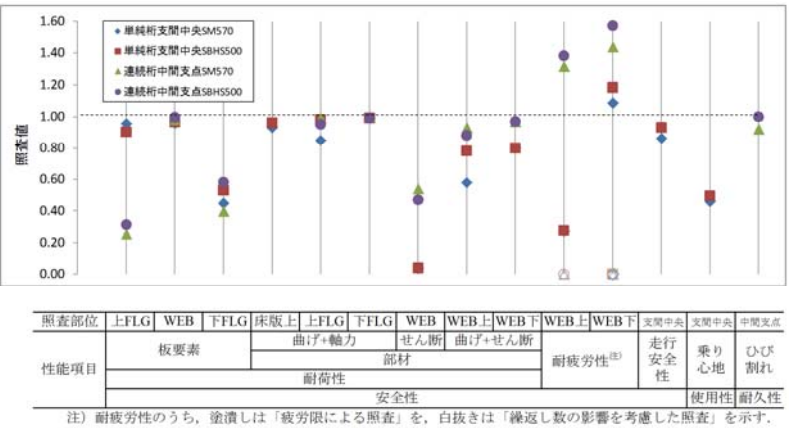


図-4 照査結果の代表例