

SBHS400 を用いたプレートガーダーのコンパクト化に関する検討

新日鐵住金(株) 正会員 ○横関 耕一
 新日鐵住金(株) 正会員 富永 知徳

1. 目的

SBHS400 は溶接性、じん性等の優れた鋼材であり、引張強度が同程度である従来鋼 SM490 と比べ降伏応力が高い(降伏比が高い)という材料特性を有する。

AASHTO¹⁾や EuroCode ではプレートガーダーを設計する際には、断面の幅厚比を規定値以下にすれば、全塑性曲げモーメント(M_p)に達するコンパクト断面として設計でき、経済的な設計を行える。国内でも金谷郷高架橋²⁾の SM490Y 材を用いた正曲げ断面に対して、上記の設計がなされた。これを SBHS400 に置き換え同等の断面性能を持つよう設計したところ、桁高を原設計の値に固定しフランジ面積を変化させた場合は 9%程度の鋼重減、フランジ面積を固定し桁高を変化させた場合は 150mm の桁高抑制がなされた(図 1)。SBHS400 を用いてコンパクト断面設計を行えば、より合理的な設計が可能となると言える。

しかしながら、降伏応力の高い鋼材へのコンパクト断面適用は制限されており、また米国内の州によ

っては降伏比の高い HPS 鋼材へも適用制限があることもあり、SBHS400 への適用についても検討が必要である。そこで今回は、SBHS400 を用いた桁の性能確認、およびコンパクト断面としての性能を有するために必要な幅厚比制限の検討を行う。

ここでコンパクト断面として使用するためには、従来鋼である SM490 を用いてコンパクト断面として設計した桁と同等以上の変形性能、および曲げ耐力が M_p 以上に達すること、を満たせばよいとした。

2. FEM によるパラメトリック解析

FEM, シェル解析を用いてプレートガーダーの性能確認を行った。解析コードは Abaqus6.1 を用いた。

検討では降伏比に着目した材料特性とウェブ幅厚比をパラメータとした。

材料特性はトリリニア曲線を用い、弾性係数は 205GPa, 降伏後の傾きは 2.05GPa, 引張強度に達した後は応力一定とした。表 1 に使用した 4 つの材料特性を示す。降伏応力および引張強度は材料のばら

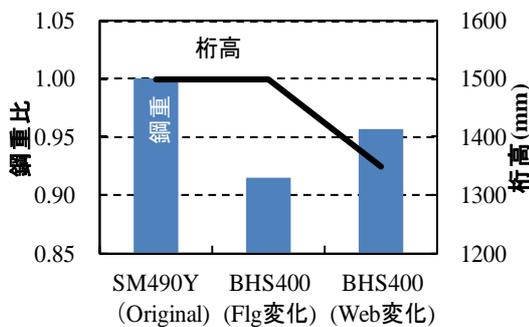


図 1 SBHS400 による鋼重・桁高低減効果

表 1 材料特性

材料名	F_y [N/mm ²]	T_s [N/mm ²]	YR
SM490	325(下限)	539(平均)	0.60
SBHS400L	400(下限)	559(平均)	0.72
SBHS400M	468(上限)	559(平均)	0.84
SBHS400U	468(上限)	490(下限)	0.96

表 2 各モデルの断面寸法および幅厚比・細長比

	H [mm]	B [mm]	t_w [mm]	t_f [mm]	R_w	R_f	R_b
SM490	462	229	9	16	0.50	0.75	0.78
	655				0.75		0.81
	835				1.00		0.83
	1005				1.25		0.85
SBHS400L	433	245	9	19	0.50	0.75	0.80
	619				0.75		0.82
	794				1.00		0.84
	959				1.25		0.85
SBHS400M SBHS400H	411	262	9	22	0.50	0.75	0.79
	593				0.75		0.81
	764				1.00		0.83
	927				1.25		0.84

$$R_w = \frac{2D_c}{t_w} \left(0.54 \frac{M_p}{M_y} - 0.09 \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$R_f = \frac{1}{0.38} \frac{B}{t_f} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$R_b = \frac{L_b}{r_t} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

D_c : ウェブ圧縮高さ
 L_b : 横座屈に対する座屈長さ
 r_t : 圧縮フランジおよびウェブの圧縮縁から $D_c/3$ を考慮した断面回転半径

キーワード SBHS400, コンパクト断面, 降伏比, FEM, 幅厚比

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 新日鐵住金株式会社技術開発本部 TEL0439-80-2745

つきを考慮し³⁾、分布の下限、平均、上限となる様な値を再現した。

断面寸法は、フランジ幅厚比・細長比に関するパラメータ R_f , R_b を各モデルで一定にし、ウェブ幅厚比パラメータ R_w を変化させた。表 2 に各モデルの断面寸法およびパラメータを示す。ここで R_w , R_f , R_b は値を 1.0 以下としたときに AASHTO コンパクト断面規定を満たすよう基準化されている。

図 2 に解析モデルを示す。モデルは 4 点曲げを模し、要素分割はウェブ高さを 16 分割、フランジ幅を 14 分割した。載荷点に強制変位を与え、支点および載荷点で軸直角方向変位を固定した。残留応力として図 2 に示す値を、初期不整としてウェブに次式で表わされる面外変位を入力した。

$$W_0 = \overline{W_0} \cdot \sin \frac{\pi}{a} X \cdot \cos \frac{\pi}{b} Y, \overline{W_0} = h_w / 250$$

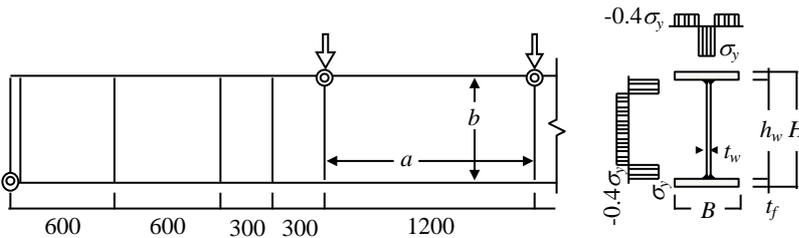


図 2 解析モデル

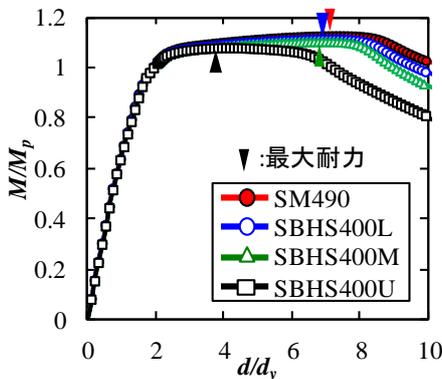


図 3 曲げ-たわみ関係($R_w=1.0$)

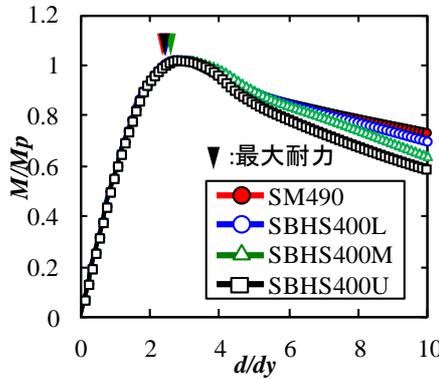


図 4 曲げ-たわみ関係($R_w=0.5$)

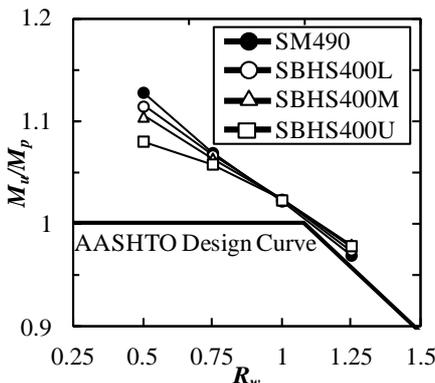


図 5 各 R_w での最大曲げ耐力

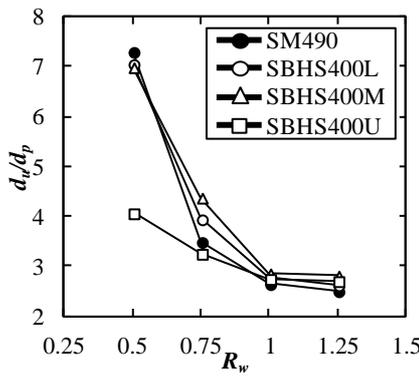


図 6 各 R_w での塑性率

3. 解析結果

図 3, 4 に $R_w=1.0, 0.5$ での曲げ-たわみ関係を示す。 $R_w=1.0$ では各鋼種について最大耐力、最大耐力時のたわみを理論降伏たわみで割った塑性率、ともに大きな差異は見られなかった。 $R_w=0.5$ では SBHS400U のみ小さな塑性率で最大耐力を迎え、他 3 鋼種では大きな差異はなかった。これは最も YR の高い SBHS400U のみ横倒れ座屈に先行してフランジが引張強度に達したためである。

図 5, 6 に各 R_w での最大曲げ耐力と塑性率を示す。 $R_w \geq 0.75$ では YR の影響はなく、SBHS400 でも SM490 と同等以上の変形性能、 M_p 以上の曲げ耐力を示している。幅厚比が小さい $R_w=0.5$ において鋼種による影響が出るが、この領域では最大耐力、変形性能ともに $R_w=1.0$ での従来鋼に比べて高くなっている。

4. まとめ

SBHS400 を用いたプレートガーダーをコンパクト化の際に必要な幅厚比の検討を行った。シェル解析による検討の結果、現行の AASHTO 基準の幅厚比制限を満たせば、SBHS400 を用いても従来鋼を使用したコンパクト断面の桁と同等の変形性能および、 M_p 以上の曲げ耐力が期待できることがわかった。

参考文献

- 1) American Association of State Highway and Transportation Officials: AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010
- 2) 高久ら: コンパクト断面を設計に採用した鋼連続合成桁橋-圏央道 金谷郷高架橋-, 橋梁と基礎, 2011 年 12 月号
- 3) 奈良ら: 橋梁向け構造用鋼板の板厚および強度の関する統計調査, 土木学会論文集 No.752/I-66, 299-310, 2004.1