

SBHS 鋼を用いたフランジ板の局部座屈と 鋼 I 桁の横倒れ座屈の耐荷力特性に関する基礎的研究

FUNDAMENTAL STUDY ON THE STRENGTH OF LOCAL BUCKLING OF FLANGE PLATE AND LATERAL BUCKLING OF AN I-GIRDER USING SBHS STEEL

橋梁工学分野 中川 翔太
Bridge Engineering Shota Nakagawa

橋梁用高降伏点鋼板として 2008 年に SBHS が JIS 規格化された。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にもかかわらず、現行の道路橋示方書には、具体的な設計法は提示されていない。本研究では、SBHS500 と SM490Y を用いた自由突出板の局部座屈および鋼 I 桁の横倒れ座屈の実験及びパラメトリック解析を実施した。SBHS500 は SM490Y と同等かそれ以上の座屈耐力を示したことから、現行の基準耐荷力曲線を SBHS にも適用できることがわかった。

SBHS has been normalized to JIS in 2008. It has been developed for construction cost reduction. Although it has high strength, high toughness and high weldability as compared with conventional steel, it has not yet been defined ultimate strength curves of compressive outstanding steel plates and lateral buckling for the specifications for Highway Bridges in Japan. In this research, local buckling of flange plates and lateral buckling of I-girder using SBHS steel were experimentally investigated, and parametric FE analysis considering the data for variability of the initial displacement and residual stress.

1. 緒論

“橋梁用高降伏点鋼板”として 2008 年に SBHS (Steels for Bridge High Performance Structure) が JIS 規格化された。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あり、現在、SBHS は 490N/mm² 級の SBHS400, 570 N/mm² 級の SBHS500, 780 N/mm² 級の SBHS700 が存在する。板厚によらず一定な降伏強度が保証され、従来鋼に比べて加工性・溶接性にも優れることから、より合理的かつ経済的な鋼橋建設の展開が期待される。

現在までに、SBHS の活用拡大に向けて様々な研究が行われてきている。衝撃特性および破壊靱性を評価したもの¹⁾、鉄道橋への適用性を評価したもの²⁾、鋼 I 桁のせん断および曲げ耐荷力を評価したもの³⁾などがある。

しかし、現状として SBHS が鋼橋で使用された例はいくつかあるが、2012 年に改訂された道路橋示方書⁴⁾

(以降、道示を略称として用いる)には、具体的な設計法は提示されておらず、材料として紹介されているだけである。そのため、SBHS の更なる活用には、照査式の妥当性や安全性の検討が必要である。

道示では許容応力度設計法が用いられており、横倒れ座屈と局部座屈に対して許容応力度が規定されており、それぞれに対して求めた値の小さい方を耐荷力として採用するように定めている。

本研究では、SBHS を I 桁部材に使用することを想定し、圧縮フランジ板の局部座屈および横倒れ座屈に関して、実験および解析から座屈挙動および耐荷力の評価を行い、耐荷力曲線の提案に向けたデータを得ることを目的とする。以降の実験及び解析では、SBHS500 と SM490Y の比較により評価している。

2. 十字断面柱圧縮実験

2.1. 供試体の設計

圧縮フランジ板の局部座屈は、一様圧縮を受ける自由突出板の座屈として取り扱うことができ、実験では、十字断面柱を用いた圧縮実験⁵⁾を実施した。図-1 に実験供試体概略図、表-1 に実測寸法を示す。実験供試体は、板厚 t を 9mm で一定とし、突出幅 b を変化させることによって、自由突出板の幅厚比パラメータ R_s (座屈係数 $k=0.425$) を 0.4~1.4 の 4 種類に設定した。

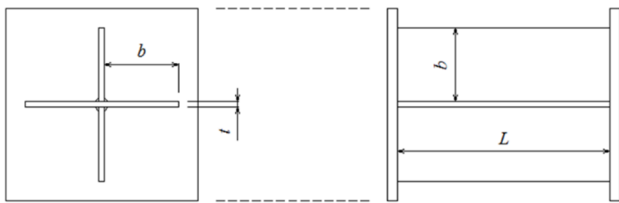


図-1 実験供試体の概略図

表-1 実験供試体の実測寸法

供試体名	鋼材	σ_y N/mm ²	R_s	t mm	b mm	L mm
B04	SBHS500	537.9	0.41	9.23	44.81	132.64
B04_4b			0.42	9.12	45.21	177.45
B07			0.72	9.20	78.47	233.38
B10			1.04	9.13	111.37	334.13
B14			1.44	9.19	155.73	468.00
M04	SM490Y	412.1	0.42	9.19	53.16	157.69
M04_4b			0.42	9.13	53.19	210.76
M07			0.73	9.15	92.75	277.27
M10			1.05	9.09	132.23	395.50
M14			1.47	9.12	185.40	555.30

2.2. 引張試験

対象鋼材の応力-ひずみ関係を得るために、引張試験を実施した。表-2 に引張試験結果を示す。縦軸は応力 σ を降伏点 σ_y で無次元化したもの、横軸はひずみ ε を降伏ひずみ ε_y で無次元化したものである。SBHS500 と SM490Y は降伏点と引張応力 σ_u の比を表す降伏比 σ_y/σ_u に大きな差が見られた。

表-2 引張試験結果

鋼材	降伏点	引張応力	降伏比	降伏ひずみ	弾性係数	破断時伸び
	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	σ_y/σ_u	ε_y	E (N/mm ² /s)	$\Delta L/L$ (%)
SBHS500	537.9	637.7	0.88	2689	2.00E+05	36.1
SM490Y	412.1	572.2	0.77	1978	2.08E+05	37.8

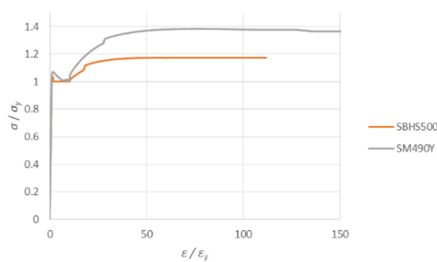


図-2 応力-ひずみ関係

2.3. 残留応力計測試験

残留応力計測用の試験体を別途4体製作し、応力緩和法により残留応力を計測した。図-3 に残留応力計測結果を示す。縦軸は残留ひずみ ε を降伏ひずみ ε_y で無次元化したもの、横軸は板幅 b の全長を1として、柱中心側からの計測位置を示したものである。残留応力分布に大きな差は見られなかったが、引張残留応力の大きさが SBHS500 に比べ SM490Y は 30%程度高い値を示した。

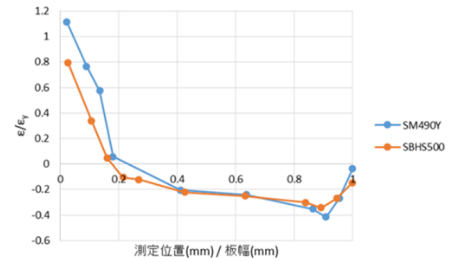


図-3 残留応力分布

2.4. 圧縮試験

荷重は、4枚の板パネルにそれぞれ同じ荷重がかかるように予備荷重を実施し、供試体位置を決定した。図-4 および図-5 に、それぞれひずみゲージの貼付位置および変位計の設置位置を示す。ひずみゲージは、計測断面 A~C の自由突出板先端の表裏および自由突出板の付け根位置付近に貼付し、座屈発生を検知および予備荷重時の4枚の板パネルに対する荷重分担の確認に用いた。変位計は各板パネルの自由突出先端に設置し、供試体の軸方向変位を、また板パネル N, W の2面には計測断面 B の面外方向に設置し、板パネルの面外変位を計測した。

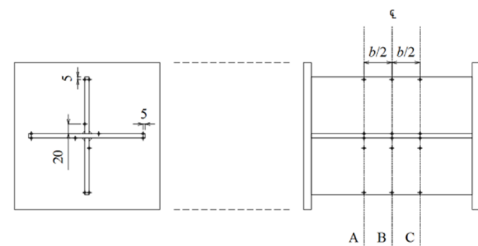


図-4 ひずみゲージ貼付位置

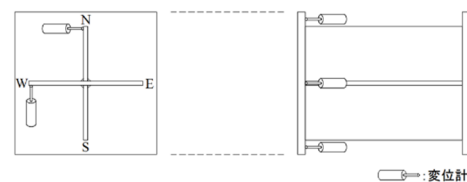


図-5 変位計設置位置

表-3 に最大荷重と最大荷重時の変位を、図-6 に無次元荷重-無次元変位を示す。縦軸は荷重 P を降伏荷重 P_y で無次元化したもの、横軸は鉛直変位 u を降伏変位 u_y で無次元化したものである。 $R_s=0.4$ (B04, B04_4b, M04, M04_4b) では、SM490Y が大きい値を示し、 $R_s=0.7$ 以上では、わずかであるが SBHS500 が大きい値を示した。

表-3 最大荷重と最大荷重時の変位

供試体名	P_u (kN)	u_u (mm)	P_u/P_y	u_u/u_y
B04	1261	10.76	1.35	30.16
B04_4b	1175	9.11	1.26	19.10
B07	1775	1.64	1.11	2.61
B10	2315	1.58	1.04	1.75
B14	2482	1.23	0.79	0.98
M04	1192	7.37	1.42	23.57
M04_4b	1240	10.25	1.48	24.55
M07	1522	1.73	1.06	3.15
M10	2022	1.59	1.00	2.03
M14	2175	1.02	0.77	0.92

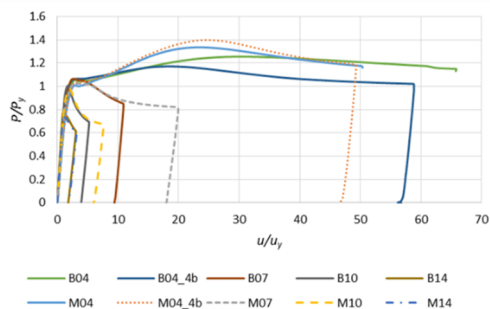


図-6 無次元荷重－無次元変位

図-7 に $R_s=0.4$ を代表して B04 および M04 の最大荷重時の 4 枚の板パネルのひずみを示す。ひずみは、図-4 の柱の中心近くに貼付したひずみゲージの値を用いた。ひずみ硬化開始のひずみを黒線で示している。 $R_s=0.4$ では、多くの断面でひずみ硬化の領域に入っていることが確認できる。このことから、 $R_s=0.4$ で最大荷重に差が生じたのは降伏比の影響であることがわかった。

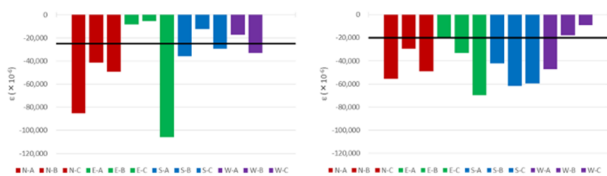


図-7 最大荷重時のひずみ (左: B04, 右: M04)

2.4. 再現解析

実験供試体から溶接部(計測結果から 8mm とした)を取り除いた寸法形状を有する解析モデルを用いて、実験同様に SBHS500 と SM490Y を用いた実験供試体について解析を行った。

図-8 に解析モデルを示す。赤線で 1 枚の自由突出板を示している。解析には、弾塑性有限変位解析プログラム EPASS/USSP を用いた。

荷重は、4 枚の板パネルに強制変位で与えている。境界条件は、実験と同様にするために、荷重辺と溶接接合されている上下端は固定支持、柱中央は回転を考慮できていることが実験供試体の変形より確認できたため単純支持としている。解析モデルには初期不整として、残留応力と初期たわみを導入した。

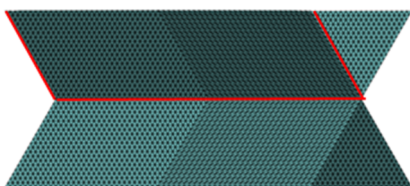


図-8 解析モデル

表-4 に解析と実験の比較を示す。実験結果が解析結果を上回るのは、解析では 4 枚の板パネルで同時に座屈が発生するが、実験では同時に発生せずそのタイミングがずれ、他の板の挙動の影響を受けるため荷重が高くなると考えられる。そのため、 R_s の大きい供試体では解析が実験を精度よく再現できたものと判断できる。

表-4 解析と実験の結果比較

鋼種	R_s	実験	解析	実験/解析 %
		σ/σ_y		
SM490Y	0.7	1.02	1.00	102.5%
	1.0	0.98	0.93	105.1%
	1.4	0.76	0.74	102.5%
SBHS500	0.7	1.06	1.00	106.5%
	1.0	1.01	0.95	105.5%
	1.4	0.78	0.75	103.1%

3. 圧縮フランジ板の耐荷力評価

3.1. 解析モデルと解析パラメータ

図-9 に解析モデルを示す。対象とした解析モデルは、I 形断面を構成する圧縮フランジ板であり、2 辺が鉛直補剛材、1 辺がウェブで支持、残りの 1 辺が自由である 3 辺単純支持 1 辺自由の板である。なお板厚は 9mm で一定とし、アスペクト比 $L/b=3$ に設定した。解析モデルには、初期不整として、残留応力は図-3 の試験結果を参考に矩形分布で、初期たわみは、自由辺中央に最大初期たわみ値 W_0 を持つ sin 波形で導入した。

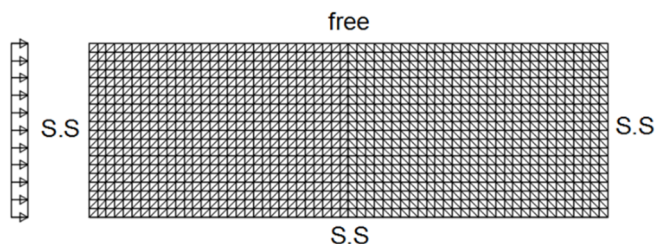


図-9 解析モデル

表-5 に解析パラメータを示す。SBHS500 を B、SM490Y を M で示している。引張残留応力 σ_{rt} -圧縮残留応力 σ_{rc} を 1.0-0.25、最大初期たわみ値 $L/200$ を基準とし、SBHS500 の残留応力は SM490Y から 30% 低減させたもの⁶⁾も含めている。

表-5 解析パラメータ

		W_0				
		$L/50$	$L/100$	$L/200$	$L/300$	$L/400$
$\sigma_{rt}-\sigma_{rc}$	0-0			B, M		
	1.0-0.125			B, M		
	0.7-0.0875			B		
	1.0-0.25	B, M	B, M	B, M	B, M	B, M
	0.7-0.175		B	B		B

3.2. 解析結果

応力-ひずみ関係の違いからは、耐荷力にほとんど影響を及ぼさなかった。つまり、降伏比の違いは自由突出板の局部座屈にはほとんど影響しないことがわか

った。

図-10 に SBHS500 の残留応力を SM490Y から 30% 低減させた場合の結果を示す。なお、 $W_0=L/200$ で統一し、残留応力は、SM490Y を $\sigma_{rl}-\sigma_{rc}=1.0-0.25$ 、SBHS500 を $\sigma_{rl}-\sigma_{rc}=0.7-0.125$ とした。 $R_s=0.8, 1.0$ で SBHS500 が比較的高い値を示していることがわかる。以上より、十字断面圧縮実験で SBHS500 が高い耐荷力を示したのは、残留応力の影響である可能性が高いことがわかった。

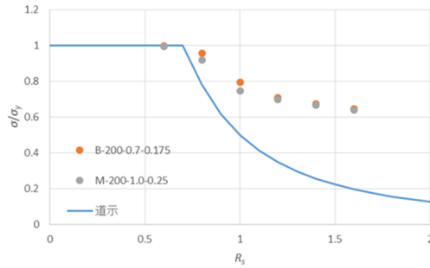


図-10 残留応力を変化させた場合の耐荷力

4. I 桁の横倒れ実験

4.1. 供試体の設計

図-11 に実験供試体の概略図、表-6 に実測寸法を示す。実験供試体の設計は、構成する板パネルの局部座屈が発生せず、全体として全塑性モーメントを確保できるコンパクト断面を用いた。板厚を 9mm で一定とし、2 軸対称 I 形断面におけるコンパクト断面の条件および道示に示されている横倒れ座屈パラメータ α により決定した。

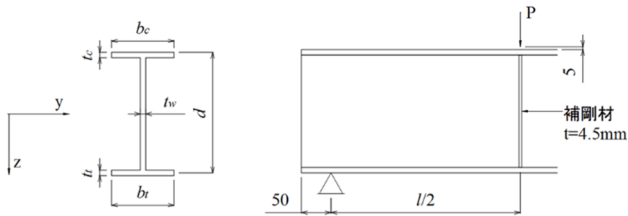


図-11 実験供試体の概略図

表-6 実験供試体の実測寸法

供試体名	鋼種	座屈パラメータ α	上フランジ		下フランジ		ウェブ		有効長さ l (mm)
			板幅 b_c (mm)	板厚 t_c (mm)	板幅 b_r (mm)	板厚 t_r (mm)	高さ d (mm)	板厚 t_w (mm)	
I-B05	SBHS500	0.56	89.46	9.13	90.14	9.14	178.27	9.14	790
I-B10	SBHS500	1.03	89.69	9.10	89.79	9.12	178.26	9.08	1440
I-M05	SM490Y	0.56	105.67	9.13	105.69	9.11	208.17	9.15	1070
I-M10	SM490Y	1.07	105.57	9.16	105.62	9.15	208.36	9.15	2000

4.2. 残留応力計測試験

試験方法は十字断面柱圧縮実験の残留応力計測試験と同様である。図-12 に残留応力計測結果を示す。両鋼材で大きな差異は認められなかった。

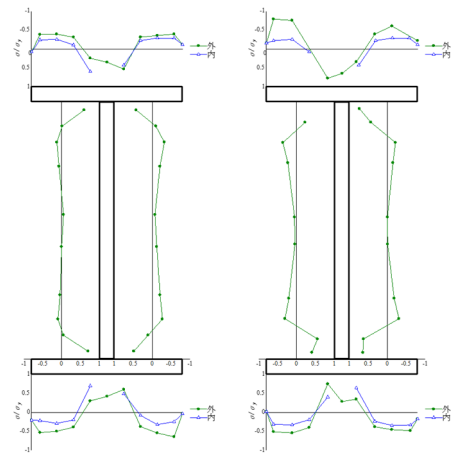


図-12 残留応力分布 (左 : SBHS500, 右 : SM490Y)

4.3. 荷重試験

図-13 に荷重点部治具および支点部治具の可動のイメージを示す。荷重条件は、中央一点集中荷重とし、荷重点部は滑らかに水平移動 (赤色部分) することによって、横倒れに対して拘束せず、支点部の境界条件は、横倒れおよび鉛直たわみに対して単純支持となるよう治具を設計した。

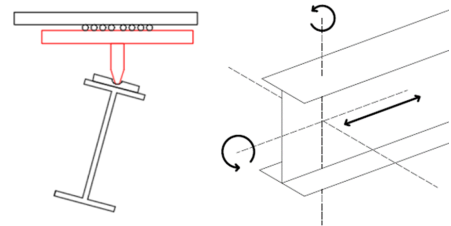


図-13 治具の可動イメージ

図-14 に実験結果と基準耐荷力曲線の比較を示す。縦軸は、終局モーメント M_u を計算から算出した降伏モーメント M_y で無次元化したものである。両鋼材で大きな差は無く、基準耐荷力曲線を大きく上回ったが、既往研究の実験結果に比べても高い耐力を示した。

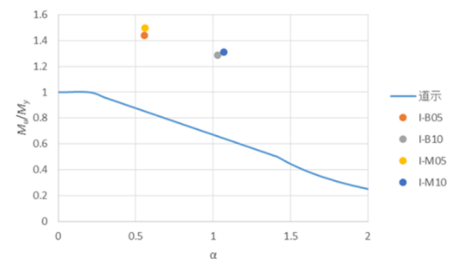


図-14 基準耐荷力曲線との比較

4.4. 再現解析

図-15 に解析モデルを示す。解析には、汎用有限要素法解析ソフトウェア ABAQUS を用いた。荷重点部治具をモデル化し、荷重点部治具に摩擦による抵抗を

導入した。なお、解析モデルは I-M10 に対応している。

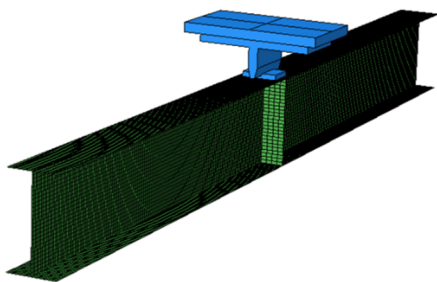


図-15 解析モデル

図-16 に、実験と解析の荷重－鉛直変位の比較を示す。実験結果は最大荷重以降を省略している。摩擦係数を 0 および 0.2（摩擦 0 および摩擦 0.2）の 2 パターンで実施した。摩擦係数 0.2 では、横倒れが発生せず荷重が低下することはなかったが荷重－変位関係がほぼ実験結果と一致していることから、鉛直たわみの変形は精度よく再現できていることがわかる。次に、摩擦係数 0 では、実験結果の 6 割程度となり実験では摩擦力が働いている可能性が大きいことがわかった。

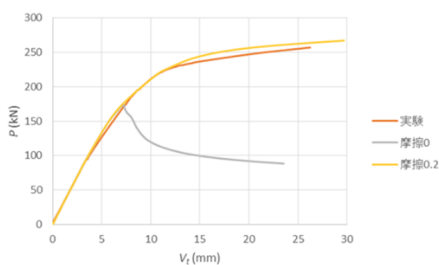


図-16 実験と解析の比較

5. I 桁部材の横倒れ耐荷力評価

5.1. 解析モデルと解析パラメータ

図-17 に解析モデルと断面寸法を示す。なお、断面は実験と同様にコンパクト断面とした。支持条件は単純支持とし、等曲げモーメントを与えることによって横倒れを発生させた。なお、局所的な変形を防ぐために剛体はり要素を両端に剛体結合している。解析モデルには、初期不整として、残留応力は図-12 の試験結果を参考に、初期たわみは、桁全体が曲がり、スパン中央で最大初期たわみ値 u_0 を持つ sin 波形で導入した。

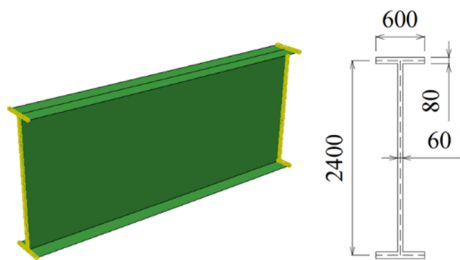


図-17 解析モデルと断面寸法

表-7 に解析パラメータを、図-18 に導入した残留応力を示す。初期たわみを 3 パターン、残留応力を 3 パターンとした。残留応力は図-18 に示すように、高降伏点を有する SBHS500 の残留応力の影響を小さくするために、SM490Y 同じ熱を導入することで、両鋼材の降伏点の比から残留応力の差が出るように導入した。なお、図-18 に示すものを rs としている。

表-7 解析パラメータ

鋼種	SM490Y, SBHS500
座屈パラメータ α	0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6
初期たわみ l/u_0	500, 1000, 2000
残留応力	0, rs, rs/2

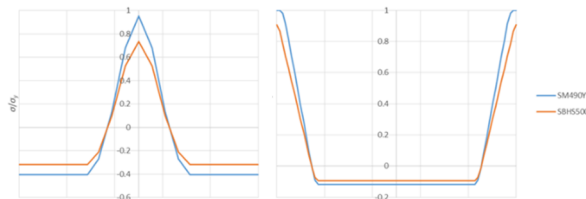


図-18 残留応力（左：フランジ、右：ウェブ）

5.2. 既往研究との比較

図-19 に文献 7) の実験結果と本解析モデルの解析結果を示す。文献 7) の実験結果は、残留応力除去焼鈍を行ったものとし、本解析モデルも残留応力を導入せず弱軸周りの初期たわみ $l/u_0=1000$ のみ導入したモデルで比較している。本解析結果は、文献 7) の実験結果とほぼ同様な結果となった。これより、本解析モデルの妥当性が確認された。

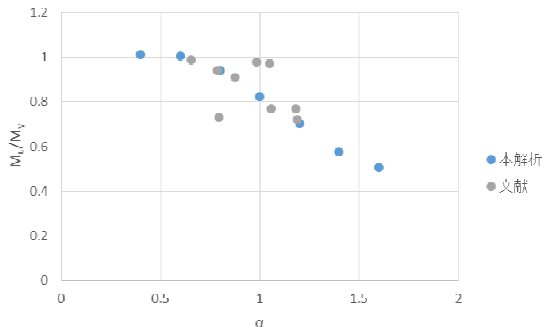


図-19 既往の実験結果との比較

5.3. 解析結果

図-20 に初期不整を統一した場合の、解析結果を示す。解析結果より、 $\alpha=1.0$ 以上では、応力－ひずみの違いが耐荷力に影響を及ぼすことはほとんど無いことが確認された。しかし、 $\alpha=0.8$ 以下では、SBHS500 で横倒れの発生前にウェブの座屈が発生して終局モーメントを迎えたために、 M_u/M_y に大きな差が生じた。しかし、本解析で導入した応力－ひずみ関係が公称応力－公称ひずみを用いたために、応力が引張応力に到達した後、ひずみが急増するためにウェブの座屈が発生

したと考えられる。そこで、SBHS500 の降伏比を SM490Y と同等のものとした場合を SBHS500 β とし、解析を行った。SBHS500 β は SM490Y と同等の結果を得られたことから、本解析では安全側で評価できると考え引張応力以降を一定値としたが、真応力を用いるとウェブの座屈が急増することにより荷重が低下することはほとんど無いと考えられる。

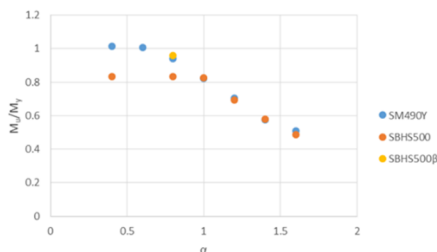


図-20 応力-ひずみ関係による違い

図-21 に、図-18 に示した残留応力を導入した場合の解析結果を示す。残留応力の影響が $\alpha=1.0\sim 1.4$ で生じたが、 $\alpha=0.8, 1.6$ ではほとんど変化が無かった。

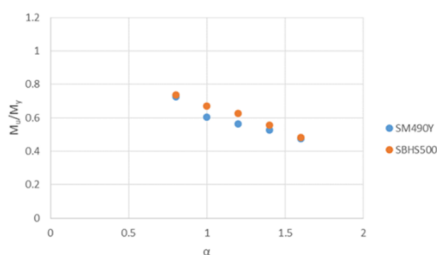


図-21 残留応力の違いによる比較 ($l/u_0=500$)

次に、図-22 に初期たわみの大きさを変化させた場合の耐荷力比を示す。縦軸は SBHS500 を SM490Y の座屈耐力で除した値である。つまり 1 を超える値では SBHS500 が SM490Y よりも高い耐荷力を得たことを示している。全パターンで $\alpha=1.0$ で耐荷力比の差が最大となりその値は $u_0=l/2000$ で 10%以上にもなった。

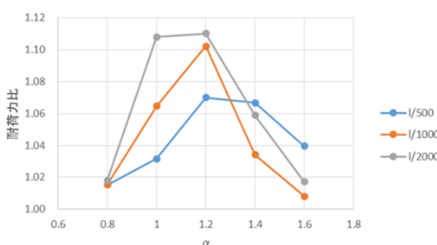


図-22 初期たわみを変化させた場合の耐荷力比

6. 結論

本研究は、SBHS を用いたフランジ板の局部座屈と鋼 I 桁の横倒れ座屈の耐荷力特性について実験および解析により検証した。

本研究により得られたフランジ板の局部座屈の結論

を以下に示す。

- I) 幅厚比パラメータ $R_s \leq 0.4$ では、SBHS500 に比べ SM490Y が降伏比の影響により、高い座屈耐力を示した。
- II) $R_s \geq 0.6$ では、SBHS500 と SM490Y の座屈耐力に大きな差は見られないが、残留応力の影響を降伏点の比から SBHS500 で影響が小さくなる可能性が高いことを考慮すると、 $R_s=0.8, 1.0$ 付近で座屈耐力の比が大きくなり、SBHS500 が安全側を示した。
- III) SBHS を用いた、自由突出板の局部座屈は、現行の道路橋示方書の基準耐荷力曲線を用いることが可能であることを明らかにした。

鋼 I 桁の横倒れ座屈の結論を以下に示す。

- IV) SBHS500 と SM490Y の応力-ひずみ関係による座屈耐力に差は生じなかった。
- V) 残留応力の影響を、SBHS500 と SM490Y に等しい熱を導入することで比較した場合、横倒れ座屈パラメータ $\alpha=1.0, 1.2$ 付近で座屈耐力の比が大きくなるが、導入する熱を小さくするとその影響が小さくなることを示した。
- VI) α が小さい領域では、ウェブの塑性領域が広がり、ウェブの座屈が先行して発生して最大荷重を迎えたが、公称応力-公称ひずみによる引張強度到達後のひずみ急増によるものであることが考えられ、 α が小さい領域では、真応力-真ひずみによる引張強度以降の応力増加も考慮する必要があることを示した。

参考文献

- 1) 南邦明・三木千壽・糟谷正・鶴田敏也・渡部義之：橋梁用高性能鋼 BHS500 の衝撃特性および破壊靱性の評価，土木学会論文集 A, Vol.63 No.1, pp142-152, 2007.2.
- 2) 北健志・杉館政雄・杉本一郎：高耐候性鋼材・高性能鋼材 (BHS) の鉄道橋への適用性評価，鉄道壮健報告，特集論文，鋼・剛性構造物の設計技術
- 3) 野阪克義・奥井義昭・小室雅人・宮下剛・野上邦栄・長井正嗣：SBHS を用いた鋼 I 桁の耐荷力特性に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.59A, 2013.3.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，II 鋼橋編，2012.
- 5) 福本昤士・伊藤義則：フランジの局部座屈強度と幅厚比制限，土木学会論文集，第 160 号，1968.12
- 6) 小松定夫・牛尾正之・北田俊行：補剛板の溶接残留応力および初期たわみに関する実験的研究，土木学会論文報告集，第 285 号，1977.9
- 7) 福本昤士・藤原稔・渡辺信夫：溶接 I 形部材の横倒れ座屈に関する実験的研究，土木学会論文報告集，第 189 号，1971.5.

討議

討議 [鬼頭 宏明 教授]

座屈パラメータや幅厚比パラメータの意味を示すべきである。

回答

オイラーの式で求められた、座屈荷重が降伏強度と等しいときを1としたもので、値が大きくなるほど座屈が生じやすくなる。

幅厚比パラメータ R_s は、残留応力や初期たわみの影響により $R_s=0.7$ より大きな範囲で弾性座屈が発生し、それ以下では弾性座屈が生じない領域となっている。

横倒れの座屈パラメータ α は、 $\alpha=0.2$ 以上で非弾性横倒れ座屈強度式を採用しており、許容応力度が極端に低下するのを防ぐためオイラー座屈領域は使用せず、 $\alpha=\sqrt{2}$ を最大値としている。

討議 [角掛 久雄 准教授]

SM材と同様な設計で良いのか。

回答

本研究では、SBHS鋼がSM材よりも危険側を示したのは、降伏強度よりも高い値で座屈が発生する場合であり、現行の道路橋示方書の許容応力度設計法では、降伏強度を設計の最大値としているため、同様の設計法でよいと考えられる。

さらに、既往研究の調査からも本研究の適用範囲以外にも様々な研究が実施されており、SM材と同様の値で設計が可能であると考えられる。

討議 [山口 隆司 教授]

通常よりも価格が高い鋼材を使っているのでは何か利点はないのか。耐荷力曲線は変わらないのか。

回答

本研究では、十字断面柱の圧縮実験でSBHS500がSM490Yよりもわずかに高い耐荷力を示し、解析より残留応力の影響であることが考えられ、既往研究では、降伏点が高い鋼材ほど残留応力の影響が小さくなることも示している。このことを考慮すると、耐荷力曲線を数%上げることができる座屈パラメータの範囲もあると考えられる。

さらに、溶接性の向上や降伏強度の向上により、鋼重の低減や建設コストの削減に効果があるため、その点で、大きな利点を持っている。

討議 [山口 隆司 教授]

残留応力の導入では、熱でどのような残留応力が生じているのか。

回答

鋼材の熱膨張により、残留ひずみが発生することで初期応力として導入している。なお、熱の大きさを調節し、実験より得られた残留応力分布に近づくようにしている。

討議 [角掛 久雄 准教授]

SBHS鋼が使用されている既存構造物はどういう設計法が使用されているのか。

回答

SBHS500を使用した東京臨海大橋では、限界状態設計法の一つである、荷重抵抗係数設計法(LRFD)が使用されている。なお、SBHSは道路橋示方書の鋼種の選定で“適用にあたっては、条文に規定される鋼材と同等の安全性が確保されるように設計するとともに、製作・施工において所定の品質が確保されることを確認する等、十分に検討を行う必要がある”とある。

さらに、「新しい高性能鋼材の利用技術調査報告書～SBHS500(W)、SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン(案)～、土木学会、2009.」では、許容応力度法—SBHS鋼の許容応力度(案)で、SBHS鋼の許容応力度を既存の耐荷力曲線で示している。

討議 [鬼頭 宏明 教授]

横倒れ実験で、予想通りの結果になったのか。また、予想と異なる場合は数値解析で確認ができていたのか。

回答

実験では、予想よりも高い耐荷力を示した。

再現解析で、載荷点部治具をモデル化し拘束が生じていると考えられる箇所に摩擦力を導入することにより、検証している。摩擦力が大きい場合は、実験値を上回ったが、荷重—たわみ曲線がほぼ同じ挙動を示したことから、載荷点部治具の摩擦力の影響により実験で高い値を示したと考えられる。なお、摩擦力を導入しない場合は、実験値の60%程度の耐荷力となった。