

大阪市立大学工学部 学生会員 ○杉本 卓哉

大阪市立大学大学院 正 会 員 山口 隆司

大阪市立大学大学院 正 会 員 松村 政秀

1. 研究背景および目的

近年、橋梁用に開発され、従来鋼と比べ強度や溶接性に優れる橋梁用高性能鋼 SBHS を適用した鋼橋の設計法に関する様々な検討が行われており、構造合理化と併せて、鋼橋の建設コスト削減が期待されている。また、鋼 I 桁の圧縮フランジや垂直補剛材等の自由突出板（3 辺が単純支持され 1 辺が自由な板）に高強度鋼を用いると、構造の合理化が図れることが示唆されていることから、本研究では SBHS 鋼の自由突出板への適用を考える。

しかしながら、従来鋼よりも降伏比が大きな SBHS 鋼からなる自由突出板の終局強度に関する、解析的/実験的研究は実施されていない。また、自由突出板の終局強度に関する既往の実験的研究には、4 枚の自由突出板から構成される十字断面柱が用いられ、この高さ a と突出幅 b の比であるアスペクト比 α が十字断面柱の終局強度に及ぼす影響が明確にされていない。さらに、十字断面柱における自由突出板の境界条件は、溶接線により理想的な単純支持とは異なるため、これが終局強度に及ぼす影響も明らかにする必要がある。

そこで、本研究では、SBHS500 鋼と SM490Y を用いた自由突出板および十字断面柱が圧縮力を受ける場合を対象として、パラメトリックな弾塑性有限変位解析を行い、鋼材の応力-ひずみ関係やアスペクト比、境界条件の違いが終局強度に及ぼす影響を検討している。解析には、弾塑性有限変位解析プログラム EPASS/USSP を用いる。

2. 解析モデル

解析モデルは、3 辺が単純支持され 1 辺が自由の板モデル（図-1(a)）、および上下端部が固定支持された十字断面柱である柱モデル（図-1(b)）の 2 種類である。板モデルの板厚 t は 9mm で一定とし、突出幅 b を変化させて、幅厚比パラメータ $R_s^{1)}$ を 0.4~1.4 (0.1 刻み)、アスペクト比 α ($= a/b$, a : 高さ) を 2.0~7.0 (1.0 刻み) に変化させるパラメトリックな解析を行う。柱モデルは SBHS500 とし、 R_s を 0.4, 0.7, 1.0, 1.4, α を 2.0, 3.0, 4.0 に変化させる。また、鋼種の違いに応じて、図-2 および表-1 に示

す応力-ひずみ関係、図-3 に示す残留応力分布を考慮する。各鋼材の応力-ひずみ関係は、SBHS500 鋼は降伏比が大きいことを考慮してバイリニア型、SM490Y 鋼は降伏比とひずみ硬化 ($E/100$, E : ヤング係数) を考慮したマルチリニア型にそれぞれ仮定する。また、SBHS500 鋼の残留応力分布は文献 2) に述べられている高張力鋼 HT70 の残留応力分布を参考に設定する。初期たわみ波形は、式 (1) により考慮し最大値は $a/1000$ である。なお、 R_s は座屈係数が 0.425 で一定として算出している。

$$w = \frac{a}{1000} \times \sin(\pi \times \frac{x}{a}) \times \sin(\frac{\pi}{2} \times \frac{y}{b}) \cdots \cdots (1)$$

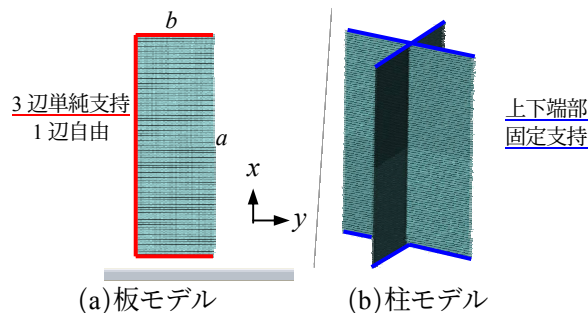


図-1 解析モデル概要

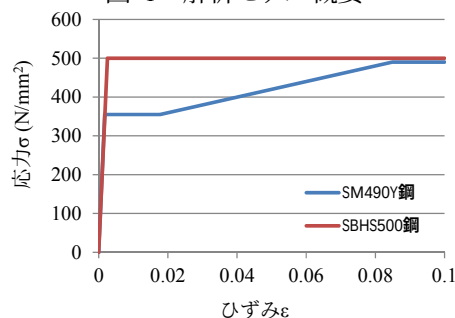
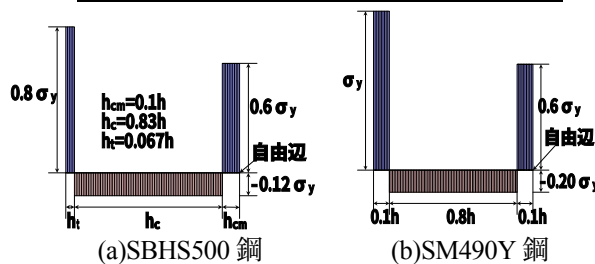


図-2 鋼材の応力-ひずみ関係

表-1 材料特性

鋼種	降伏応力 σ_y (N/mm ²)	引張強度 σ_u (N/mm ²)	ヤング率 E (N/mm ²)	ポアソン比 μ
SBHS500	500	500	2.0×10^5	0.3
SM490Y	355	490	2.0×10^5	0.3

図-3 残留応力分布²⁾

3. 解析結果

(1) アスペクト比が終局強度に及ぼす影響

図-4 には、道路橋示方書に示される自由突出板の耐力曲線に、板モデルにより得られた終局強度をプロットして示す。SBHS500 鋼と SM490Y 鋼の終局強度を比較すると、解析を実施したパラメータ範囲では、SBHS500 鋼の終局強度が SM490Y 鋼を上回り、弾塑性座屈が生じる $0.8 < R_s < 1.3$ において両者の差が顕著であった。これには、両解析モデルにおける残留応力分布の違い、すなわち SM490Y 鋼の圧縮残留応力が SBHS500 鋼に比べ大きいこと、とくに SBHS500 鋼の引張残留応力が SM490Y 鋼に比べ大きいこと、が影響している。ただし、 $R_s=1.4$ では両解析モデルの終局強度の差は小さく、弾性座屈領域では鋼種の影響は小さくなることから推察できる。

また、いずれの鋼種とも $R_s > 0.8$ の範囲で、 R_s の値が大きいほどかつアスペクト比 α の値が大きいほど、終局強度の低下が顕著に認められるが、 α が 4.0 以上では R_s の値にかかわらず α が終局強度へ及ぼす影響は小さい。ただし、 $\alpha=5.0$ の終局強度が $\alpha=4.0$ よりも若干大きくなっているが、これはモデルを構成する三角形要素の形が若干異なることが原因であると考えられる。

また、 $0.8 < R_s < 1.3$ において荷重変位関係に着目すると、SBHS500 鋼に比べ SM490Y 鋼の終局強度以降の荷重の低下が緩やかであり、これにはひずみ硬化の考慮の有無が影響している。

(2) 境界条件が終局強度に及ぼす影響

図-5 には SBHS500 鋼の、板モデルと柱モデルの終局強度を比較している。同図より、柱モデルでは、 $R_s=1.4$ 、 $\alpha=4.0$ を除き α が終局強度に及ぼす影響はほとんど認められず、 $R_s > 0.8$ であっても柱モデルに比べ終局強度が大きい。ただし、 $R_s=1.4$ 、 $\alpha=4.0$ の柱モデルの終局強度は $\alpha=2.0$ の板モデルの終局強度程度まで低下した。

4. 結論および今後の課題

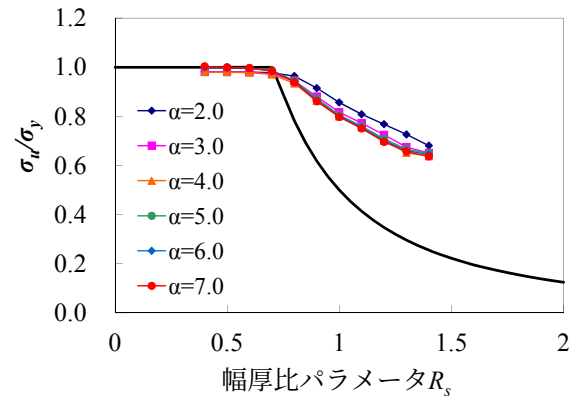
本研究では、SBHS500 鋼と従来鋼 SM490Y からなる自由突出板および十字断面柱の終局強度を解析により検討した。主な結果は以下のとおりである。

- 1) 自由突出板を、3 辺単純支持 1 辺自由の板としてモデル化すると、引張残留応力の絶対値が大きな SBHS500 鋼の終局強度が、弾塑性座屈が生じる $0.8 < R_s < 1.3$ において SM490Y 鋼よりも大きい。
- 2) また、 $R_s > 0.8$ の範囲で、 R_s の値が大きいほどかつ板の長さ a と幅 b の比であるアスペクト比 α の値が大きい

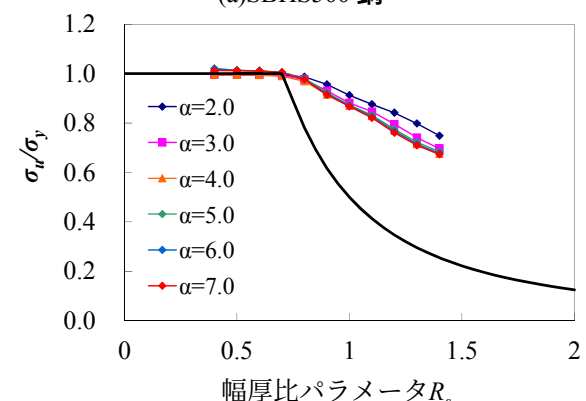
ほど、終局強度の低下が顕著に認められたが、 α が 4.0 以上では α が終局強度へ及ぼす影響は小さい。

- 3) 自由突出板の終局強度を得るための座屈実験に用いる十字断面柱では、 $R_s=1.4$ 、 $\alpha=4.0$ を除き α が終局強度に及ぼす影響はほとんど認められず、自由突出板の解析結果よりも大きい終局強度を得た。

今後、SBHS500 鋼からなる十字断面柱の座屈実験を行う等して、解析結果の妥当性を検証し十字断面柱を構成する自由突出板の境界条件を明確にする必要がある。



(a)SBHS500 鋼



(b)SM490Y 鋼

図-4 自由突出板の終局強度曲線

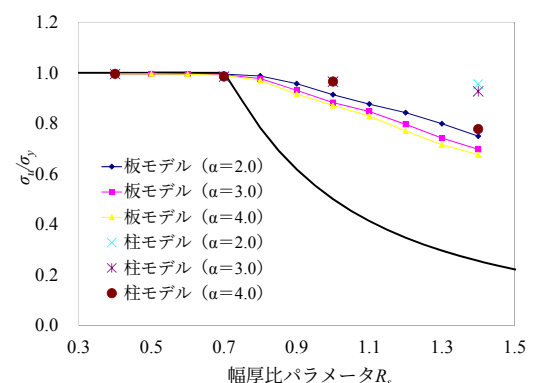


図-5 境界条件の違いによる終局強度の比較
(SBHS500 鋼、板モデルおよび柱モデル)

<参考文献>1)(社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説, II.鋼橋編, 2002.3, 2)北田俊行, 中井 博, 越智内土: 高張力鋼を用いた圧縮板・圧縮補剛板の終局強度に関する研究, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.179-190, 土木学会, 2000.3