

I-A120

ステンレスクラッド鋼板の圧縮耐荷力解析

広島大学 学生員○藤井 崇文

広島大学 正会員 藤井 堅

1. 研究の目的

鋼橋のメンテナンスフリー対策の一つとして、ステンレスクラッド鋼板の適用が考えられる。この場合、座屈耐荷力及び終局挙動を解明する必要がある。またクラッド鋼は製造過程で板厚方向の大きな残留応力が発生する。そこで本研究では初期不整合が座屈耐荷力に及ぼす影響を解明する。

2. 解析方法

有限要素プログラムでは、ミーゼスの降伏条件とプラントルイスの流れ則により材料非線形性を、また幾何学的非線形性は増分法と更新ラグランジェ法によって考慮している。要素は4節点6自由度のアイソパラメトリックシェル要素を用いた。多層複合材料の表現については、要素を板厚方向に層分割し、層ごとに材料特性を与える方法を採用することによって、単一材料だけでなく、複合材料についても解析が可能となった。

ステンレスクラッド鋼板の解析モデルは正方形板とし、周辺単純支持板のある一辺に等変位軸圧縮を与えている(図-1, 2)。Steel(SS400)とSUS316Lの材料特性を表-1に示す。また、解析では、板厚方向の層分割は20分割とし、初期たわみは $W=W_0 \sin(\pi x_1/a) \sin(\pi x_2/a)$ 、ここに、 $W_0=a/150$ (a :辺長)で与えた。

なお解析には、クラッド比と初期たわみの方向(Steel側が凸の初期たわみとSUS側が凸の2種類)、残留応力を考慮する。解析に用いた残留応力分布を図-3に示す。

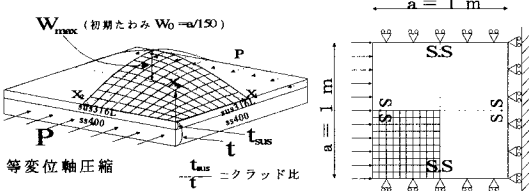


図-1 解析モデル

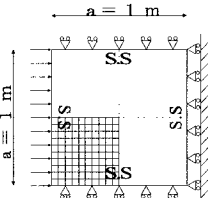


図-2 境界条件

表-1 材料特性

	弾性係数	降伏応力	ポアソン比
SS400	206GPa	275MPa	0.28
SUS316L	186GPa	402MPa	0.28

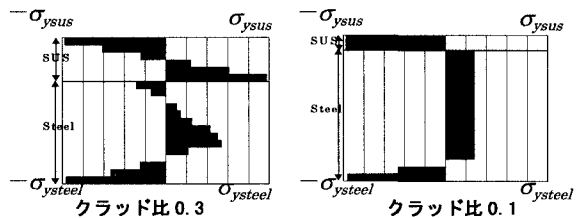


図-3 残留応力分布

3. 解析結果

3-1 荷重-たわみ曲線

図-4に荷重-たわみ曲線の一例を示す。図中 $\bar{\sigma} = P/at$ (t :板厚, P :圧縮力)で、 W はたわみを示す。またクラッド鋼の降伏応力及び弾性係数は次式によって求めている。

$$\sigma_y = \frac{t_b \cdot \sigma_{yb} + t_c \cdot \sigma_{yc}}{t_b + t_c} \quad (1)$$

$$E = \frac{t_b \cdot E_b + t_c \cdot E_c}{t_b + t_c} \quad (2)$$

ここに $t=t_b+t_c$ で添え字の b, c はそれぞれSteel, SUSを示す。またSUS側に凸などは初期たわみの方向を表している。図に示すように、板パネル中央のたわみは初期たわみを与えた方向に増加する。ここで、板の終局耐荷力 σ_u/σ_y は、荷重たわみ曲線での最高荷重とした。

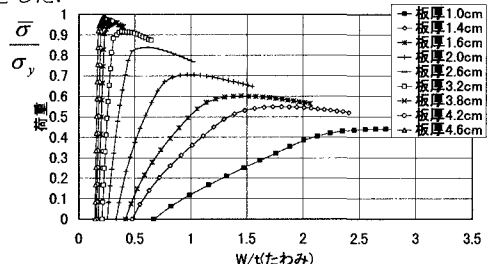
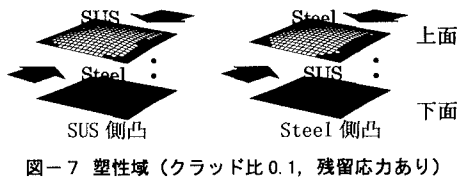
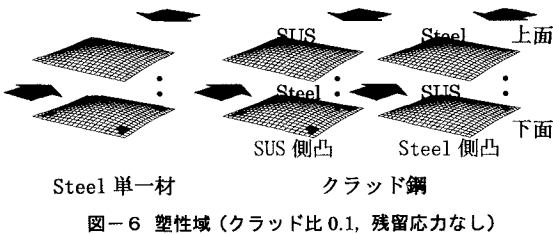
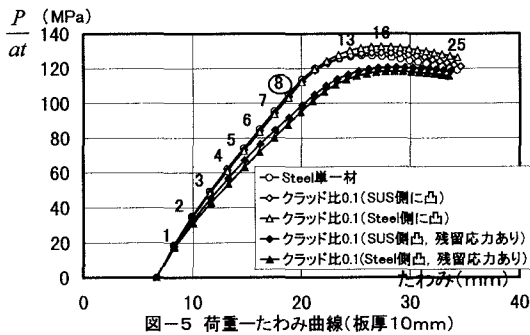


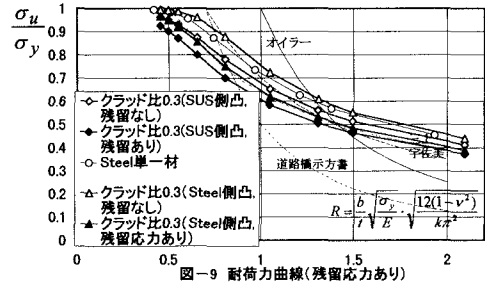
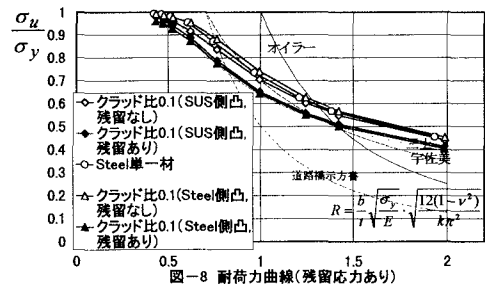
図-4 荷重-たわみ曲線(クラッド比0.1, SUS側凸)

キーワード、ステンレスクラッド鋼板、座屈耐荷力、残留応力、初期たわみ

連絡先：広島県東広島市鏡山1-4-1 Tel0824-24-7790 Fax0824-24-7792



一方、初期たわみの方向及び板厚方向の残留応力がクラッド鋼の荷重-たわみ曲線に及ぼす影響を示すと、図-5のようになる。図中の番号は増分変位ごとのステップ数を表し、Steel 単一材で最初に塑性域が発生した点(8)での塑性域の状態を図-6, 7 に示す。図-5から、残留応力のないクラッド鋼では、Steel 側に凸の初期たわみを与えたクラッド鋼が、SUS 側に凸のものよりも最高荷重が高く現れている。通常、板の塑性域は、たわみに伴う曲げの圧縮応力と軸力に伴う圧縮応力が加算される下面側から発生する(図-6, Steel 単一材)。Steel 側に凸の初期たわみを与えたクラッド鋼では、この部分に降伏応力の高い SUS 層が存在するため、降伏が遅れ(図-6, クラッド鋼)、結果として最高荷重は、Steel 側に凸のものは高く、逆に SUS 側に凸のものは低く現れる。また、図-5で残留応力があるクラッド鋼では、残留応力がない場合に比べ、面外たわみが大きく生じ、最高荷重が大きく低下していることがわかる。これは、残留応力を考慮しないクラッドに対して、残留応力があると、圧縮残留応力を有する層が早期に降伏すること起因する(図-7)。



3-2 耐力力曲線

周辺単純支持されたステンレスクラッド鋼板の耐力力曲線を、図-8, 9に示す。また同図には、今までに提案されている耐力力評価式もあわせて示す。図は板厚方向の残留応力がクラッド鋼の耐力力に及ぼす影響を示している。図-8と図-9を比較すると、クラッド比の大きいものほど、残留応力による耐力力の低下が著しいことがわかる。また、残留応力のないクラッド鋼では、SUS と Steel の降伏応力の大きな違いにより、初期たわみの方向に起因した耐力力の差異が見られる。しかし、残留応力がある場合には、降伏応力の高い SUS 層に大きな圧縮残留応力があるため、初期たわみの方向による耐力力の差は小さい。

4. 結論

- 1) 残留応力がある場合には、残留応力がない場合に比べ、クラッド比 0.1 のものでは約 10%程度、クラッド比 0.3 のものでは約 15%程度耐力力が低下する。
- 2) 残留応力を考慮した結果、クラッド鋼の耐力力は Steel 単一材のそれよりも低下した。よってステンレスクラッド鋼板では、鋼単一材の圧縮耐力力評価式を用いると危険側となる。

参考文献 1)土木学会:座屈設計ガイドライン, pp161-191, 1987. 2)藤井ら:構造工学論文集, Vol143A, pp1041-1050, 1997.3. 3)藤井ら:構造工学論文集, Vol144A, pp103-114, 1998.3. 4)西川:第 51 回年次学術講演会講演概要集 第 1 部, pp84-85, 1996. 5)増福:第 52 回年次学術講演会講演概要集 第 1 部, pp190-191, 1997.