

ステンレスクラッド鋼の材料特性を考慮した箱げた解析

東京工業大学工学部 正 員 三木 千寿 広島大学工学部 正 員 藤井 堅
 ○横河ブリッジ 正 員 牟田 圭造 広島大学大学院 学生員 西川 貴志

1. まえがき

本報告は、耐食性に優れ、かつメンテナンスフリーを期待できるステンレスクラッド鋼を、合せ材を強め材として設計する「1種」として扱った場合の橋梁適用性について検討したものである。まず、材料引張試験、残留応力測定を行ない、ステンレスクラッド鋼の材料特性を把握した。そして得られた材料特性を考慮し、クラッド鋼を考慮できる弾塑性有限要素法プログラムを開発し、ステンレスクラッド鋼を使用した箱げた橋の曲げ解析を行なった。

2. クラッド鋼の材料特性

材料特性試験に用いたクラッド鋼は、母材に軟鋼(SS400)、合せ材にステンレス(SUS316L)を使用した2層のクラッド鋼である。引張試験は、クラッド鋼のままのもの、母材のみ、合せ材のみのものについて行なった。得られた降伏点 σ_y 、引張強さ σ_B 、弾性係数 E_0 、ポアソン比 ν を表1に示す。今回の試験ではステンレスの降伏点、引張強さが大きいので、母材に比べクラッド鋼の方が σ_y 、 σ_B ともに高い結果となった。

クラッド鋼の物理特性、すなわち降伏点(σ_y)、表1 引張試験結果 (N/mm²)
 引張強さ(σ_B)、弾性係数(E_0)は次式で与えられている。¹⁾

$$\sigma_y = (1 - CR) \cdot \sigma_{yb} + CR \cdot \sigma_{yc} \quad (1)$$

$$\sigma_B = (1 - CR) \cdot \sigma_{Bb} + CR \cdot \sigma_{Bc} \quad (2)$$

$$E_0 = (1 - CR) \cdot E_{0b} + CR \cdot E_{0c} \quad (3)$$

供試材	σ_B	σ_y	E_0
クラッド(7.5+4.2)	530	438	213×10^3
母材 (7.5)	400	328	201×10^3
合せ材 (4.2)	738	644	211×10^3

ここに t は板厚、また添字 b, c はそれぞれ母材、合せ材を示す。(1)~(3)式に従い、引張試験の母材、合せ材の材料特性の結果を用いてクラッド鋼としての材料特性を計算をし、引張試験結果と比較して表2に示す。計算結果と試験結果は非常に近い値を示すことがわかる。

表2 計算値と実験値の比較

項目	計算値	実験値	実験値/計算値
E_0 (kN/mm ²)	205	213	1.03
σ_y (N/mm ²)	442	438	0.99
σ_B (N/mm ²)	522	530	1.01

3. クラッド鋼の板厚方向の残留応力分布

クラッド鋼の板厚方向残留応力分布を求めるために、クラッド鋼板からロール方向に幅2cm、長さ27cmの試験片を切り出し、その試験片の片面より外側を逐次除去し、反対の表面のひずみを測定して、これから残留応力を計算した。板厚方向の残留応力分布を図1に示す。母材、合せ材の表面残留応力は約80~90 N/mm²圧縮応力であり、板の厚さ方向中央は約50 N/mm²の引張応力となっている。なお今回使用したクラッドは圧延クラッドである。

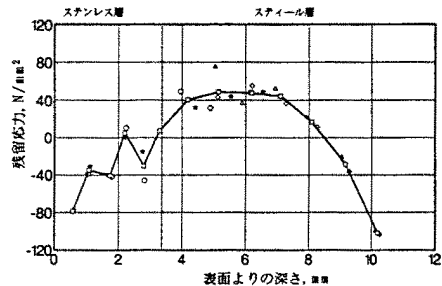


図1 板厚方向の残留応力分布

4. クラッド鋼の箱げた橋適用に関する考察

箱げたの3種類のモデルを図2に、また断面図を図3に示す。モデルAは使用鋼材にクラッド鋼、軟鋼、ステンレスを用いた。モデルBはモデルAと同じ寸法であるが使用鋼材が全て軟鋼である。モデルCは使用鋼材が全て軟鋼であり、断面隅角部を角溶接とした。材料性質は、引張試験の結果を用いた。箱げたの一端を固定し、反対側の端面に強制たわみ角を与え、箱げた橋に曲げが生じるようにした。その際の、クラッド鋼とスチールの材質の違いによる耐荷力および挙動の比較を行い、また曲率の有無による耐荷力および挙動の比較を行った。図3の点xにおける、各モデルの荷重-たわみ曲線を図4に示す。曲率を有する断面の

モデルA, Bを比較すると, モデルAのたわみがモデルBより大きく現れており, クラッド鋼(モデルA)の方が軟鋼(モデルB)より大きい耐荷力が得られることがわかる。また, 材質が同じ鋼のモデルB, Cを比較するとモデルCのほうが耐荷力が大きく, 曲面コーナーより角溶接の方が大きい耐荷力であることがわかる。隅角部に曲率を有する断面部材が耐荷力及び変形状ともに長方形断面に比較して優れているという報告がある²⁾が, 本解析では曲面にコーナーをつけたモデルA, Bは図2に示すように, モデルCに比べ圧縮フランジの断面積が小さく, これに起因して耐荷力が曲率がある方が低い結果になったと考えられる。図5にモデルA, B, Cでの, たわみ角φで分類した4つの荷重段階における中央断面での変形状を示している。モデルA, Bはほぼおなじ変形状, 変形量を示している。また, 断面隅角部から下フランジにかけて, ともに丸みを帯びてたわんでおり, ウェブとフランジが連成して変形するのがわかる。モデルCは板のたわみはモデルA, Bに比べ小さい。またモデルA, Bは下フランジは下に凸であるのに対し, モデルCでは下フランジは上に凸となっており, 各板パネルが単独に変形している。

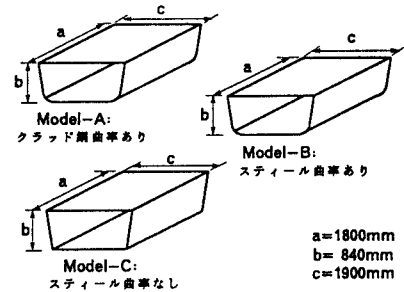


図2 解析モデル

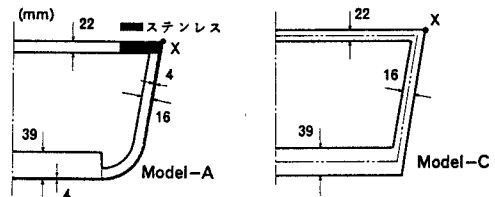


図3 断面図

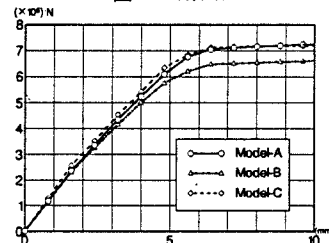


図4 荷重—たわみ曲線

STAG1 $\phi=0.003$ STAG3 $\phi=0.008$
STAG2 $\phi=0.005$ STAG4 $\phi=0.013$

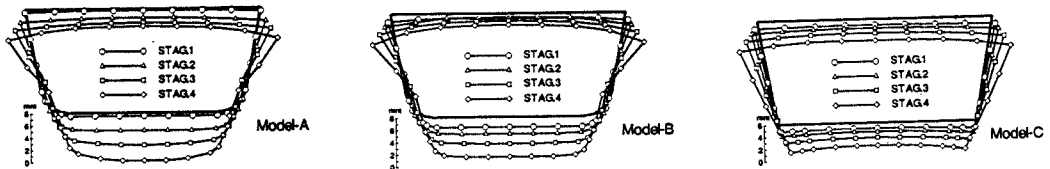


図5 中央断面での変形状

5. あとがき

材料特性試験の結果, クラッド鋼は母材, 合せ材の材料性質とクラッド比により許容応力を設定することができると考えられる。また, 板厚方向の残留応力についてはさらに実験データを増やす必要がある。

ステンレスクラッド鋼を箱げた橋に適用した場合, 同一形状ならばスチールを適用した場合に比べ, 変形状, 応力分布に大きな相違は見られなかった。本報告では, 土木学会鋼構造委員会 鋼構造新技術委員会 耐久性WGの御協力を頂いた。関係各位に記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本高圧力技術協会クラッド研究委員会：クラッド鋼溶接の実験，産報出版，1992年9月。
- 2) 大賀 水田生・北野 学・原 隆・門田 光平：隅角部に曲率を有する箱型断面部材の耐荷力について，土木学会論文集，1992。