

クラッド鋼板の残留応力と発生メカニズム

松尾橋梁(株) 正会員 ○福増 亜紀子, 中外テクノス(株) 正会員 寺田 宏行
中外テクノス(株) 正会員 上田 行夫 広島大学 正会員 藤井 堅

1. まえがき

圧延ステンレスクラッド鋼板の残留応力測定試験を行い、製造会社間（製造過程）の違いが残留応力に及ぼす影響を調べた。また、圧延後の冷却時に生じる残留応力の発生メカニズムの解明を試みるため、製造工程に沿った数値解析シミュレーションを試みた。

2. 引張試験

供試体は、異なる3社によりそれぞれ製造された合せ材(SUS316L)厚2mm、母材(SS400)厚4mm、7mm、13mm、18mmの4種の圧延ステンレスクラッド鋼板から切り出したJIS5号試験片を用いた。クラッド鋼製法の特徴としては、固溶化処理を行わない(As Roll材)。また、JS社は合せ材と母材の境界面にニッケルインサートがあるが、NS、MC社はニッケルインサートがない。また、本試験で用いたクラッド鋼の場合、全板厚が16mm以下のクラッド鋼は二枚板同時圧延なのに対し、18mm以上のものは一枚板圧延である。図1では、降伏点とクラッド比の関係を製造社別に比較した。図1からクラッド比が大きくなるとステンレスの影響がより顕著に現れるため、材料特性値が高い値を示した。

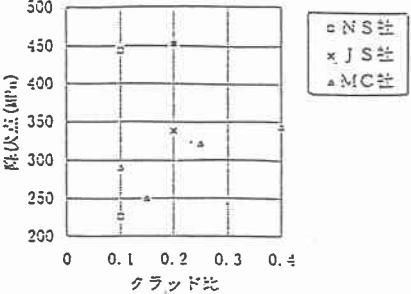


図1 降伏点-クラッド比関係

3. 残留応力測定試験

試験片(15mm×tmm×200mm)を中央100mmについて、片側から外層の逐次除去を行い、除去側の反対側のひずみ

変化から板厚方向の残留応力分布を求めた。図2は板厚9mm、図3は板厚20mmの残留応力の板厚方向分布を示す。図3から鋼とステンレスの境界面では3社とも大きな応力の転換がある。図2と図3を比較すると、ステンレス側の応力が、板厚20mmは板厚9mmと比べて大き

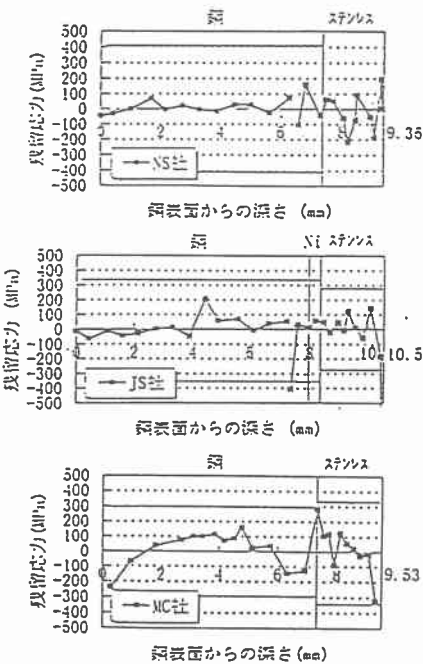


図2 残留応力分布(9mm)

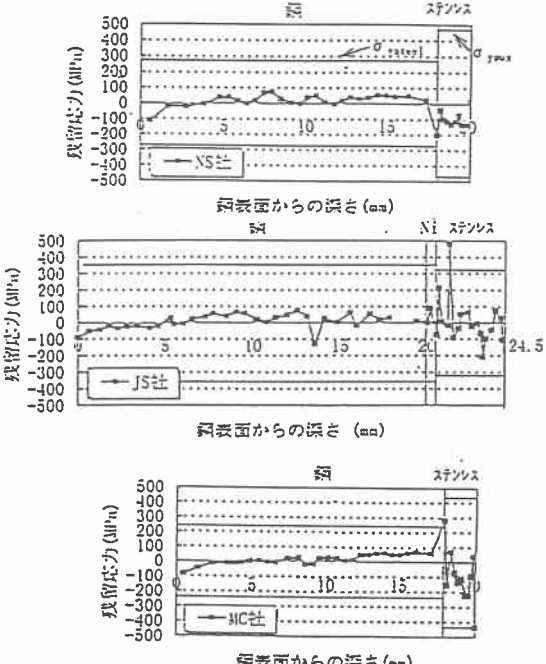


図3 残留応力分布(20mm)

い。また、製造社により比較すると、NS社は残留応力が比較的小さく、降伏応力に達するものは見られなかった。しかし、JS、MC社では、合せ材表面に降伏点を越える大きな圧縮応力が見られる。JS社はニッケルインサートがあるが、今回の残留応力分布形状にはその影響は見られないようである。

4. 残留応力発生メカニズム

製造過程に基づき、温度依存場での熱伝導解析、熱応力解析、弾塑性解析により、圧延後の冷却、矯正過程を数値シミュレーションで表し、圧延によって生じる残留応力の発生メカニズムの解明を試みた。

(1) 熱伝導解析

圧延後の冷却過程における板厚方向の熱伝導解析および熱応力解析では、熱伝導率、比熱、密度等が温度に依存するとしたが、冷却過程では塑性域には達しなかった。ステンレスクラッド鋼板(板厚24.5mm、ステンレス厚4mm)を対象とし、初期温度1000℃から外気温=30℃に冷却するとし

た。ステンレスクラッド鋼の各時間における温度分布を図4に示す。図4から、ステンレス側の熱伝導率が鋼よりも小さいために、冷え方が遅いことが分かる。また、5分程度経過するとほぼ一定の温度分布となっている。

(2) 熱応力解析及び弾塑性解析

圧延後の冷却過程の温度変動に対応した熱応力解析を行い、その後矯正過程を表現する弾塑性解析を行った。材料特性は温度の変動に依存するものとした。図5では、熱応力解析結果、その際に生じる鋼側に凸のひずみ矯正のための3750kgf・mmの曲げモーメント負荷時、さらにその外力を除荷した際の残留応力分布を示した。冷却時に生じる熱応力に比べて、矯正のための外力負荷時の応力の方がかなり大きい。その結果、最終的な外力を除荷した時点での残留応力は矯正時の影響を大きく受けているのが分かる。図5から、除荷後に発生する内部応力が、製品として出荷されるステンレスクラッドの残留応力と考え、図6において実験結果と比較する。鋼およびステンレス表面で応力値に大きな違いがでているが、この原因としては、矯正のロールの繰返し回数等が考えられる。しかし、鋼とステンレスの境界面で応力が大きく変化すること、残留応力分布形もだいたいの傾向をとらえていることから、解析的に残留応力をうまく表現しているといえる。

5. 結論

残留応力の解析値は実験値の形状をよく表現しており、熱伝導解析、熱応力解析、矯正に対応した弾塑性解析の組み合わせにより冷却過程で導入される残留応力の一応の把握は可能と判断できる。

6. 参考文献

米谷 茂：残留応力の発生と対策、養賢堂、pp49-54、1979。

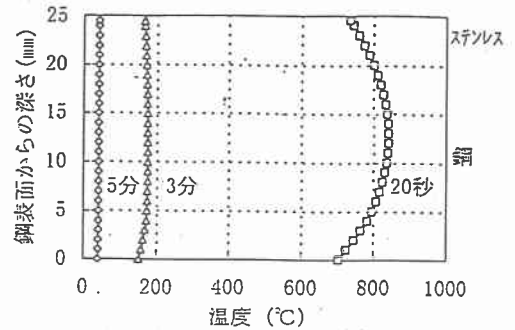


図4 時間における温度分布

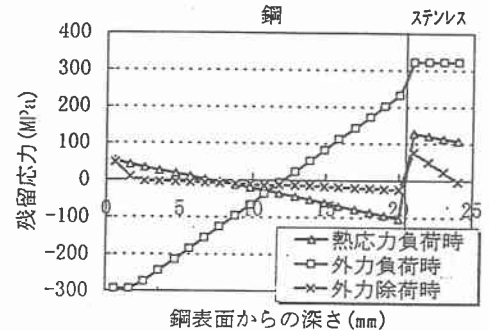


図5 解析による残留応力分布

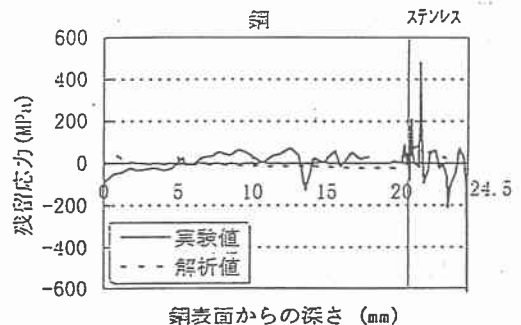


図6 解析結果と実験結果の比較