

I - A95

クラッド鋼板の残留応力と発生メカニズム

中外テクノス 正会員 寺田 宏行, 松尾橋梁 正会員 福増 亜紀子
東京工業大学 正会員 三木 千寿, 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. 残留応力測定試験

試験片(15mmXtmmX200mm)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1は板厚9mm、図2は板厚20mmの残留応力の板厚方向分布を示す。図2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1と図2を比較すると、ステンレス側の応力は、

板厚20mmは板厚9mmと比べて大きい。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

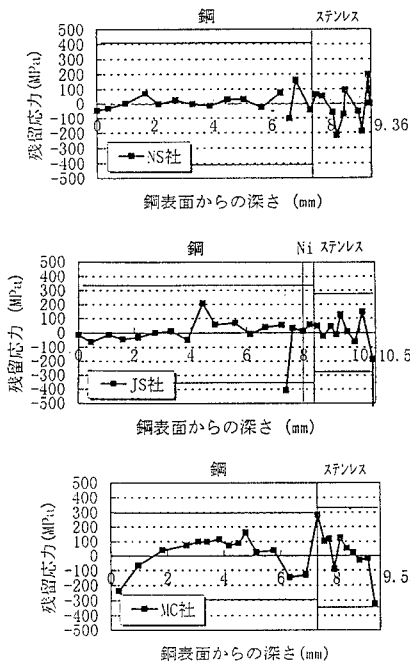


図1 残留応力分布(9mm)

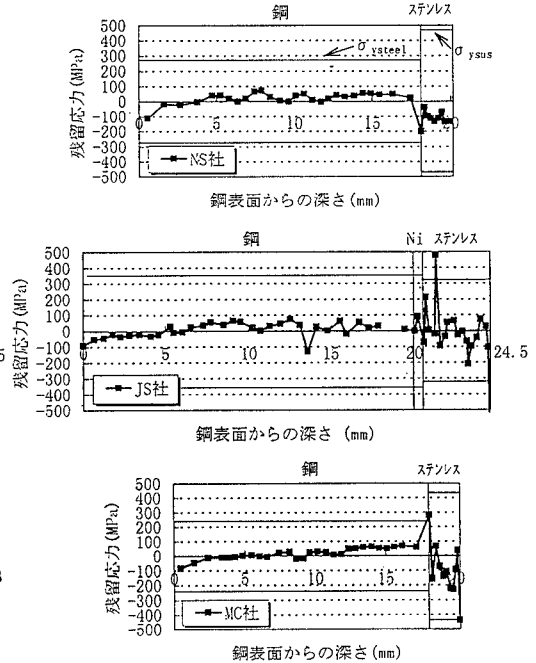


図2 残留応力分布(20mm)

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。

3. 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

残留応力

〒733 広島市西区山手町7番6号 中外テクノス(株) TEL 082-296-2155 FAX 082-232-9955

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と、板厚10.5mm, ステンレス厚2mm)を対象とし、初期温度1000℃から外気温=30℃に冷却するとした。板厚24.5mmのステンレスクラッド鋼の各時間における温度分布を図3に示す。図3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。

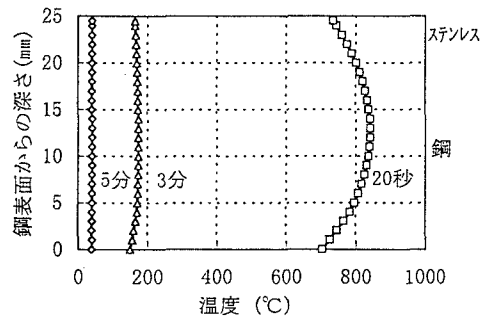


図3 時間における温度分布(24.5mm)

(2)熱応力解析及び弾塑性解析

2種の板厚からなるステンレスクラッド鋼板について、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4は板厚24.5mm、図5は板厚10.5mmの熱応力解析結果と、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。両結果とも、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。また、板厚10.5mmの各時点での応力は、板厚24.5mmのものと比較すると、すべて大きな値となった。図4と図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と図7において実験結果と比較する。両板厚とも、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、矯正のロール繰り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。

図4は板厚24.5mm、図5は板厚10.5mmの熱応力解析結果と、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。両結果とも、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。また、板厚10.5mmの各時点での応力は、板厚24.5mmのものと比較すると、すべて大きな値となった。図4と図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と図7において実験結果と比較する。両板厚とも、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、矯正のロール繰り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。

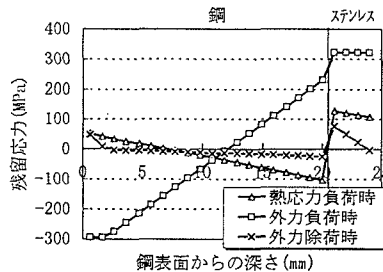


図4 解析による残留応力分布(10.5mm)

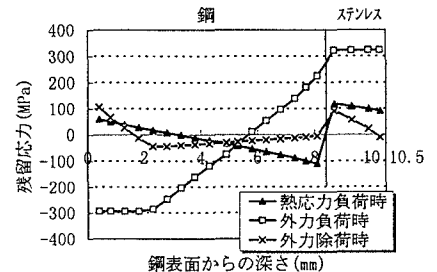


図5 解析による残留応力分布(24.5mm)

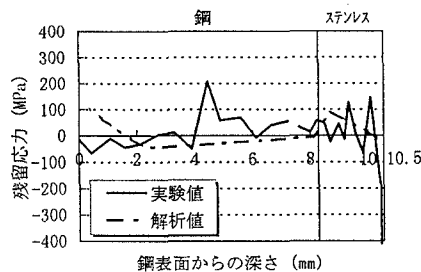


図6 実験値と解析値の比較(10.5mm)

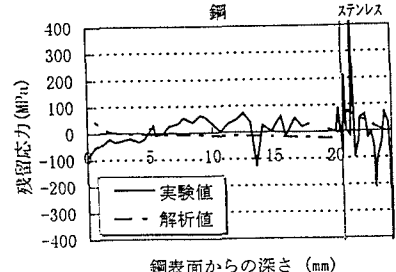


図7 実験値と解析値の比較(24.5mm)

しては、矯正のロール繰り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。

4. 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および矯正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。

5. 参考文献

米谷 茂：残留応力の発生と対策，養賢堂，pp49-54，1979。