

溶接 H 型鋼スカラップ部の溶融亜鉛めっき時の熱応力解析

(株)デンロコーポレーション 正会員 今野 貴史 西尾 吉史
岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二 出戸 秀明
岩手大学工学部 ○瀬川 敏正

1. まえがき

溶融亜鉛めっきは鋼部材を約 440～450℃の溶融亜鉛中へ浸漬させて鉄-亜鉛の合金層を形成させ、鉄を錆から守る処理のことである。しかし部材の急激な温度変化によって熱変形やめっき割れが生じる場合がある。

本研究では実際にめっき割れが発生した溶接 H 型鋼を研究対象としている。図-1に示す溶接 H 型鋼のウェブとフランジの溶接の付け根付近に、大きさの異なる大小2つのスカラップが設けられているが、このうち、小さなスカラップが加工されている鋼材のウェブ面にめっき割れが発生している。本研究は溶融亜鉛浸漬時に、この大きさの異なる2つのスカラップ付近に発生する熱応力を解析し、その結果からスカラップ形状がめっき割れに与える影響について考察し、この種の構造物のめっき割れ対策を検討することを目的としている。

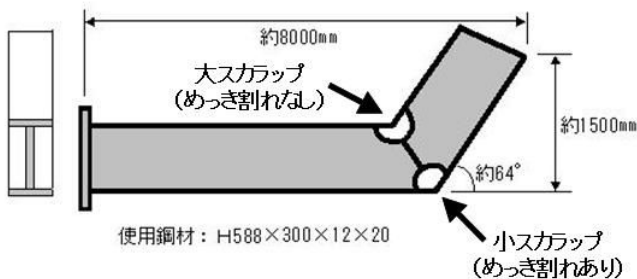


図-1 溶接 H 型鋼の全体モデル

2. 部分解析モデルと解析方法

上記めっき割れ発生メカニズムを推定するため、はじめに溶接 H 型鋼全体の中からめっき割れの発生した小さなスカラップ付近をモデル化し、部分解析モデルを作成する。その後、部分解析モデルが溶融亜鉛に浸漬する際の温度分布を一次元熱伝導方程式から求める。次に、得られた温度分布を外力として3次元有限要素法により熱応力解析を行い、部分解析モデルに生じる熱応力分布を計算する。大きなスカラップ付近も同様に温度分布及び熱応力分布を求め、発生する熱応力に違いが生じるか確認する。

図-1においてめっき割れの発生した小さなスカラップ部分を小スカラップ、めっき割れの起こらなかった大きいスカラップ部分を大スカラップとする。

温度及び熱応力を解析するために、図-2のように小スカラップの解析モデルを作成した。また、ウェブとフランジの付け根付近をA、ウェブの内部をBとしている。

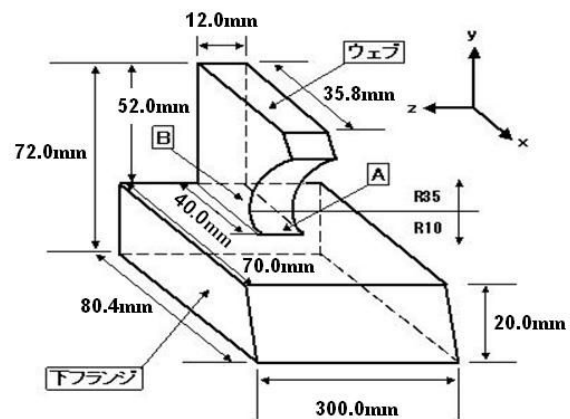


図-2 小スカラップの解析対象モデル

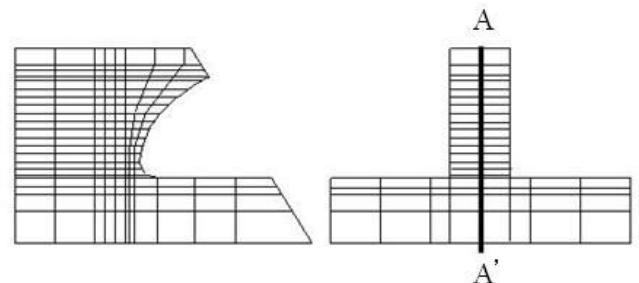


図-3 小スカラップの部分解析モデル

図-3は図-2のモデルを要素分割したもので、全要素数 624、総節点数 3579 である。なお、3次元有限要素法で用いる有限要素は、20 節点アイソパラメトリック立体要素である。また、本研究では、めっき割れの中心付近に着目しているため、以降に掲載している温度及び熱応力分布は図-3の A-A'断面のみを示す。

3. 温度分布の計算結果と考察

図-3に示した部分解析モデルを実際の作業条件(浸漬角度 30°、浸漬速度(0.083m/sec))で溶融亜鉛めっきした場合の温度分布を計算した。

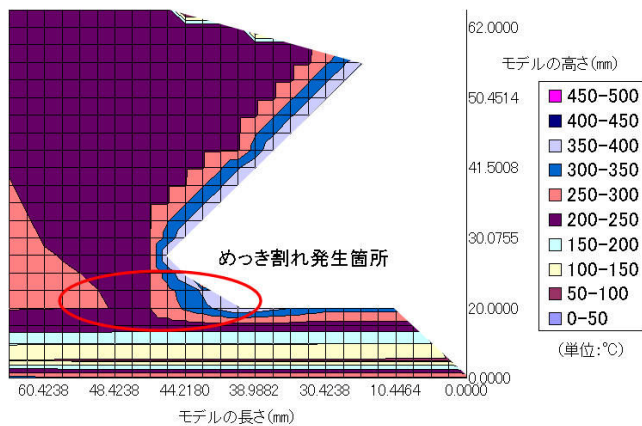


図-4 浸漬開始から 10 秒後の温度分布

図-4は浸漬開始 10 秒後の温度分布である。これを見ると、スカラップ表面付近の温度は急激に上昇しているが、ウェブとフランジの内部は表面に比べて温度が低いことが分かる。また、ウェブ内部の温度は 200℃以上に上昇するが、厚みのあるフランジ内部は 100℃～150℃程度であり、温度上昇が鈍いことが分かる。

4. 熱応力分布の計算結果と考察

前節で得られた温度分布を用いて図-3に示した解析モデルの熱応力分布を3次元有限要素法で求めた。

図-5は浸漬開始 10 秒後の σ_y の熱応力分布である。これを見ると、ウェブとフランジの付け根付近[A]からウェブ内部[B]付近にかけて、材料の引張強度(40000N/cm²)を超える引張応力が発生していることが分かる。

図-6は浸漬開始 10 秒後の σ_x の熱応力分布である。これを見ると、ウェブとフランジの付け根付近[A]からウェブ内部[B]付近にかけて、材料の引張強度(40000N/cm²)を超える大きな圧縮応力が発生していることが分かる。

σ_z についてはウェブとフランジの付け根付近[A]において、材料の引張強度(40000N/cm²)を超えるような熱応力の発生は無く、また、ウェブ内部の[B]においては大きな圧縮応力が発生したもの、 σ_x の圧縮応力のように、ウェブとフランジの付け根付近[A]までには範囲が至らなかった。

以上のことから小スカラップのウェブとフランジの付け根付近[A]のめっき割れは、材料の引張強度を超える大きな圧縮応力 σ_x により、材料の塑性化が進行し、同時に材料の引張強度を超える大きな引張応力 σ_y により、亀裂が発生すると推測される。

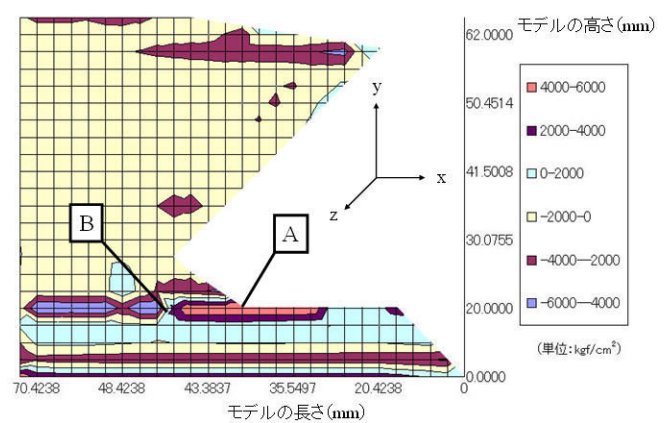


図-5 浸漬開始から 10 秒後の σ_y の熱応力分布

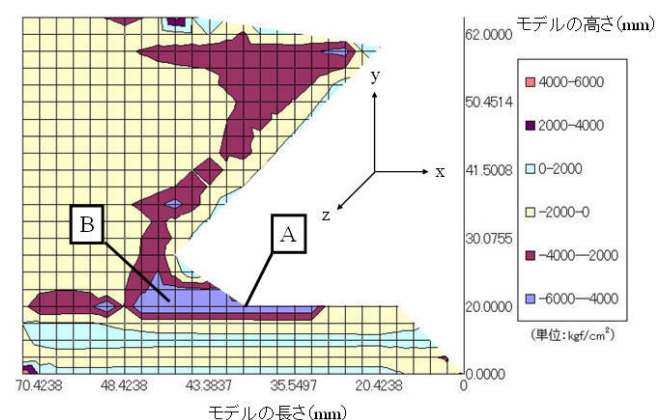


図-6 浸漬開始から 10 秒後の σ_x の熱応力分布

大スカラップについても同様に温度分布及び熱応力分布を算出した結果、ウェブとフランジの付け根付近には、x、y、z いずれの方向にも材料の引張強度を超える圧縮及び引張応力は発生しなかった。これは、スカラップ形状が大きくなると発生する熱応力がスカラップの曲線部に沿って拡散しやすくなるためだと考えられる。このため大スカラップにはひび割れが起こらなかったと推測される。従って、めっき割れは応力集中を避ける設計ディテール、すなわちスカラップの形状や大きさを事前に検討することで、抑制することが可能になると考えられる。

5. あとがき

本研究では溶接 H 型鋼スカラップ部の溶融亜鉛浸漬時の温度分布を一次元熱伝導方程式で求め、それを外力として3次元有限要素法を用い、熱応力分布を求めた。また、スカラップの形状に着目し、発生する熱応力の違いにより、めっき割れへの対策を検討した。