

溶融亜鉛めっき時の鋼 I 桁のねじれ変形について

岩手大学工学部	学生員	○関野俊洋
岩手大学工学部	正 員	岩崎正二 出戸秀明
岩手大学工学部	学生員	土屋和弘
(株)デンロコーポレーション		辻 英朗

1. はじめに

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、鉄を錆から守る表面処理である。しかし、大型鋼 I 桁を溶融亜鉛に浸漬させると急激な温度変化によって写真-1 に示すように構造全体にねじれ変形が生じることが知られている。本論文では、亜鉛浴面への鋼 I 桁の浸漬方法を変えて、どのような条件でねじれ変形が発生するのかを検討する。



写真-1 鋼 I 桁のねじれ変形

2. 解析手法

有限要素法を用いて、時刻ごとに境界条件を変えて温度分布を求めた。その得られた時刻歴の温度分布を外力として連成解析を行うことによって、熱応力分布を求めた。

本研究では、熱応力の発生状態を定性的に把握するだけであれば弾性解析でも十分な知見が得られと考え、熱応力分布の計算を弾性解析で行う。また鋼材や溶接部の残留応力は考慮していない。

図-1 は、実際にねじれ変形が生じた鋼 I 桁をモデル化したものである。寸法は図中に示す通りであり、補剛材は省略した。

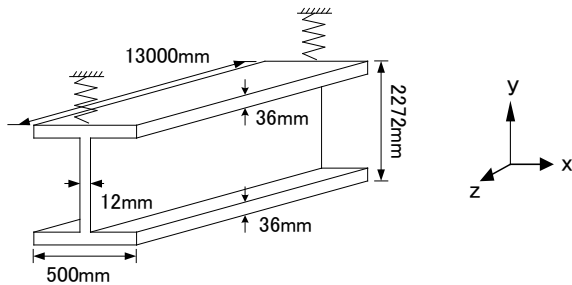


図-1 鋼 I 桁のモデル図

3. 亜鉛浴面への浸漬方法

図-2 に亜鉛浴面への浸漬方法を示す。case I は、亜鉛浴面に水平になるように浸漬させた場合であり、case II は、z 方向へ 20° 傾けて浸漬させた場合、case III は、x 方向へ 5° 傾けて浸漬させた場合、case IV は、z 方向へ 20°、x 方向へ 5° 傾けて浸漬させた場合と z 方向、x 方向の角度を数種類変えた場合の解析を行った。浸漬速度を 0.008(m/sec)とし、浸漬開始を 0 秒として 500 秒後までの熱変形を求めた。4 つの浸漬方法の違いで鋼 I 桁の熱変形がどのように変化するかを比較検討する。

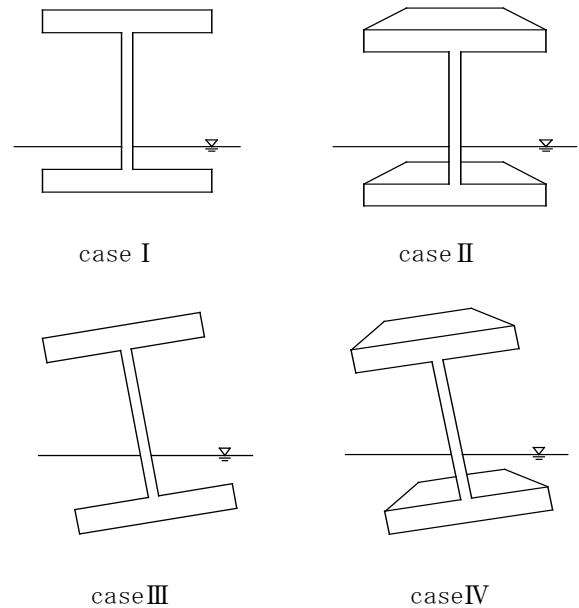


図-2 鋼 I 桁の浸漬方法

4. 鋼 I 桁の熱変形

(1) case I の場合の熱変形

温度分布図は省略するが、温度分布は下端部分から浸漬する順に温度が上がっている。これらの各時刻で求めた温度分布から 3 次元非線形構造解析により熱応力分布、熱変形を求めたが、溶融亜鉛に浸漬している部分が膨張しているだけでねじれ変形は生じなかった。

キーワード 溶融亜鉛めっき 鋼 I 桁 ねじれ変形 温度分布 熱応力分布

連絡先 〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5 岩手大学工学部 建設環境工学科 構造工学研究室
電話番号 019-621-6436

(2) caseⅡの場合の熱変形

始めは角度をつけて浸漬させたが、150 秒後以降は、実際の溶融亜鉛めっきの施工方法に近づけるため亜鉛浴面と水平になるように浸漬させている。図-3 より、先に温められた下フランジの左側と右側の変位がほぼ同じ値なのでねじれ変形は起きていないことが分かる。

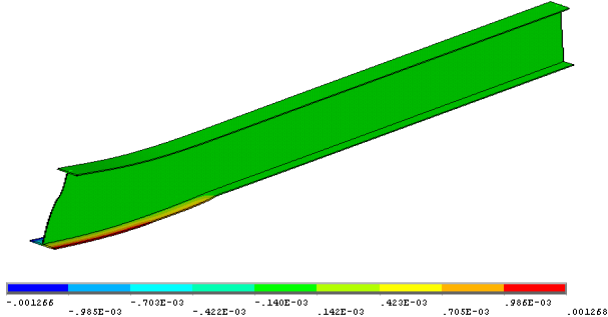


図-3 浸漬時間 150 秒後の x 方向の熱変形 (m)
(変形倍率 50)

(3) caseⅢの場合の熱変形

この場合も始めは左側に角度をつけて浸漬させたが、120 秒後以降は、亜鉛浴面と水平になるように角度調整している。

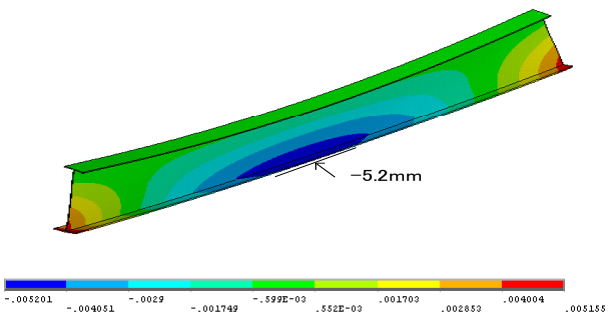


図-4 浸漬時間 30 秒後の x 方向の熱変形 (m)
(変形倍率 10)

図-4 より、鋼 I 桁の前側と奥側では右側に変位しているだけで、ねじれ変形は起こっていない。本ケースの場合 caseⅡと比べて x 方向の変位が大きくなっている。これは z 方向に 20° 傾けて浸漬させた caseⅡの場合は鋼 I 桁の一部分しか温められないのに対して、x 方向に 5° 傾けて浸漬させた caseⅢの場合は橋軸方向左側全体が、温められたためと考えられる。

(4) caseⅣの場合の熱変形

浸漬始めは角度をつけて浸漬させたが、150 秒後以降は、亜鉛浴面と水平になるように浸漬させている。図-5 より、先に下フランジの左側が溶融亜鉛に浸漬するためその部分が急激に膨張することにより右側に変位し、ねじれ変形が生じているのが分かる。x 方向の最大変位が約 3mm 生じており、構造半分がねじれている。

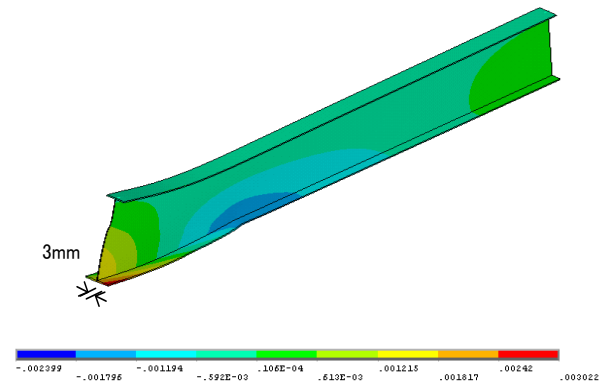


図-5 浸漬時間 150 秒後の x 方向の熱変形 (m)
(変形倍率 50)

次に、橋軸方向の角度 (θ_1) と橋軸直角方向の角度 (θ_2) を変化させた時刻歴の変位を図-6、図-7 に示した。図-6 より、橋軸方向の角度が大きくなるにつれて、最大変位が小さくなっている。また、図-7 より、橋軸直角方向の角度が大きくなるにつれて、最大変位が大きくなっているのが分かる。

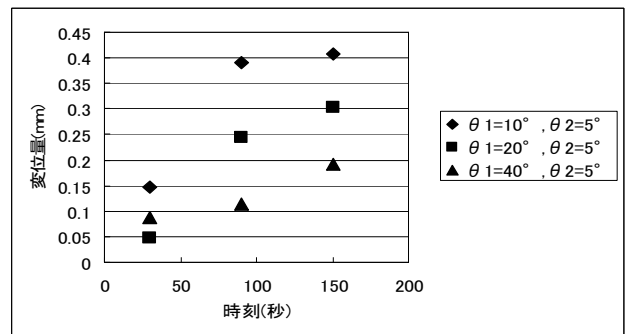


図-6 橋軸方向の傾きと最大変位 (mm)

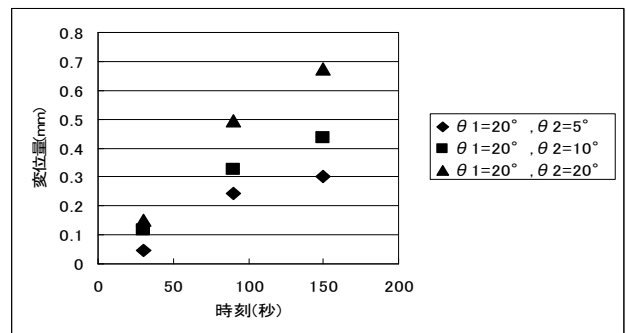


図-7 橋軸直角方向の傾きと最大変位 (mm)

5. おわりに

橋軸方向と橋軸直角方向に同時に傾けて浸漬させた場合にねじれ変形が生じ、橋軸直角方向の角度がより大きくなるとねじれ変形も大きくなる。また、橋軸方向の角度を大きくすることにより、ねじれ変形が小さくなることも分かった。

今後の課題としては、溶接部の残留応力を考慮した解析を行い、また熱弾性解析から熱弾塑性解析へ変更することにより、ねじれ変形のメカニズムをさらに解明したいと考えている。