

I — 33 溶融亜鉛めっき中の鋼平板の熱応力分布に及ぼす温度変化と初期変形の影響について

日本電炉（株） 正 員 ○今野 貴史
 岩手大学工学部 正 員 岩崎 正二 出戸 秀明 宮本 裕
 岩手大学工学部 学生員 青田 宗之

1. まえがき

溶融亜鉛めっき鋼構造物はメンテナンスフリー・長期防錆効果等が期待でき、送電・無線鉄塔、橋梁をはじめ、電力・通信・建築・土木・鉄道等、幅広い分野に採用されている。

しかし、めっき施工時、鋼部材が 450℃前後の溶融亜鉛中へ浸潤するため、部材内に非定常熱応力が発生する。これに対し、設計時に十分な配慮が行われなかった場合には部材の変形やめっき割れを起こすこともある。特に、溶接継手部は応力集中部のため、めっき時に大きな引張熱応力が発生し、溶接残留応力の影響をも合わせてめっき割れを起こす原因となりやすい。そこで著者等は、T継手を有する小型の鋼平板モデルを製作して溶融亜鉛浸潤試験を実施し、温度変化や熱ひずみの時刻歴応答を計測するとともに、それらの計測結果を FEM による計算結果等と比較検討してきた^{1) 2)}。そこで本論文の目的は、それらの検討結果から溶融亜鉛めっき中の鋼平板の熱応力分布に与える温度変化と初期変形の影響を明らかにすることである。

2. 試験概要

溶融亜鉛浸潤試験の方法・結果等に関する詳細は著者等が発表した文献^{1) 2)}を参照していただきたい。ここではその内容を簡単に説明する。溶融亜鉛浸潤試験は、写真-1 のような T 継手を有する鋼試験片を約 450℃の溶融亜鉛めっき中に浸潤させ、試験片の熱ひずみと温度を測定する試験である。子材と母材の板厚比 t/h は、1.0、5.0 の 2 ケースを採用し比較検討した。また、浸潤速度が発生する熱応力に大きく影響を与えるため、浸潤方法を連続浸潤、断続浸潤の 2 ケースについて行い、浸潤速度の影響を検討した。

3. 温度伝導率と温度分布

熱伝導方程式の計算結果と試験結果を比較検討するため、この方程式を一般的な鋼材の温度伝導率 κ で解いたところ、計算結果は試験結果と一致しなかった。そのため、解析解中の材料パラメータである温度伝導率の値を連続浸潤試験の母材と子材の部材内温度の時間変化曲線に一致するように逆算して求めた。

図-1 は、得られた温度伝導率 κ の時間変化曲線を示したものである。この図より、本来定数であるべき温度伝導率が若干時間に依存していることと、 $t/h=5.0$ の子材の温度伝導率が他のケースと比較して大きく算出される結果となった。そのため、温度-時間変化曲線の試験結果と熱伝導解析による計算結果の温度差が最小になるように、最適な温度伝導率を図-1 の範囲内で変化させて計算し求めた。得られた温度伝導率 κ を表-1 に示す。

子材の温度伝導率が板厚比によって異なる値となったが、これは板厚比の変化によって子材の板厚が異なるためと考えられる。一方、母材の温度伝導率は両者とも非常に近い値が

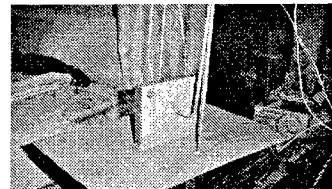


写真-1 試験片

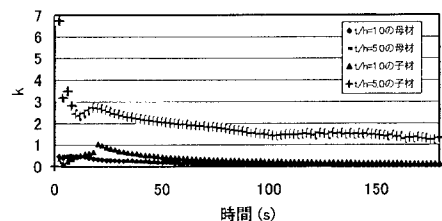
図-1 温度伝導率 κ の時間変化曲線

表-1 最適手法を用いて逆算した温度伝導率

板厚比 t/h	子材	母材
1.0	0.31	0.43
5.0	2.4	0.47

得られているが、これは板厚比が異なるものの母材の板厚は同じであるためと考えられる。

図-2は、表-1の温度伝導率を用いて計算した温度分布を示している。母材下面から子材高さ方向の温度分布を浸潤開始から2秒間隔で8秒まで示している。温度は、子材と母材ともに板厚方向に変化しているが、板厚方向に積分することにより平均温度を求めたため、高さ方向にのみ温度分布をもつ図が得られる。この図から子材と母材の境界で急激な温度変化が生じており、この傾向は $t/h=1.0$ に比べて図-2に示す $t/h=5.0$ の場合に顕著に表れる。

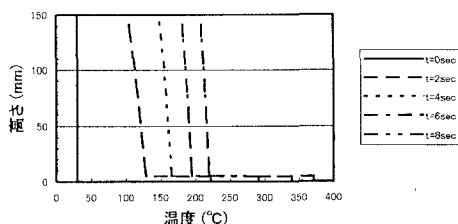


図-2 $t/h=5.0$ の場合の温度分布

t/h	1.0	5.0
全要素数	46	62
接点数	405	513

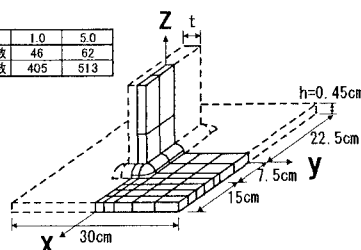


図-3 計算モデル

4. 鋼平板の熱応力分布

溶融亜鉛浸潤試験では熱ひずみの測定点は1点のみであり、どの部分で大きな応力が生じているかを調べるため、変位型三次元有限要素法により求めた熱応力分布により検討した。図-3は熱応力分布を計算するためのモデルであり、その対称性から4分の1モデルとしている。境界面についてはx方向、y方向それぞれの変位を拘束した。著者等¹⁾はモデルの温度分布を様々に仮定し、熱応力分布を求めた結果、母材下面で大きな応力が発生することを明らかにしている。したがって、本論文ではx方向、y方向ともに母材下面の熱応力を調べた。熱応力を比較する時刻は、試験で大きな熱ひずみが発生していた浸潤開始から6秒後とした。

図-4は $t/h=1.0$ のx方向の応力 σ_x 、y方向の応力 σ_y を示したグラフである。4分の1モデルのため左上付近に子材が存在し、その周囲はx(縦)方向がすみ肉溶接、y(横)方向が廻り込み溶接されている。図-4から、どちらの場合でも廻り込み溶接部の位置で最大の熱応力が発生していることが確認できる。また、図は省略するが、 $t/h=5.0$ の場合も同様に廻り込み溶接部の位置で最大の熱応力が発生しており、その値は $t/h=1.0$ の約2倍程度を示している。これは文献³⁾で述べられているように、パイロット試験箱桁の水平補剛材端部の廻り込み溶接部で亜鉛めっき割れの発生率が大きかった事実と一致する。

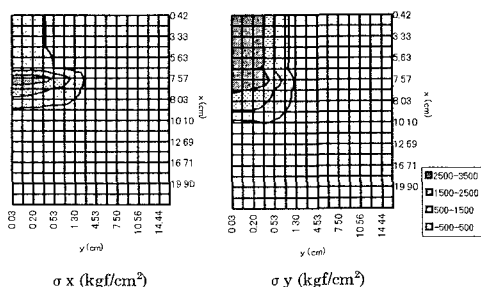


図-4 発生する熱応力分布 ($t/h=1.0$)

5. あとがき

本研究では温度分布の影響と並行して、試験片溶接時に生じた初期変形の影響について検討したが、紙面の都合により割愛させていただく。なお、その検討結果については当日発表の予定である。

参考文献

- 1) 今野貴史、岩崎正二等：溶融亜鉛めっき中に生じる鋼構造物熱応力について、平成12年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要、pp.96-97、2001
- 2) 今野貴史、岩崎正二等：T継手を有する鋼平板の溶融亜鉛浸潤試験中に発生する熱ひずみと温度変化について、平成13年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要、pp.30-31、2002
- 3) 阿部英彦、柴桃孝一郎等：非分割箱桁橋の亜鉛めっき割れ防止に関する基礎的研究、構造工学論文集、Vol.42A、pp.955-963、1996