

溶融亜鉛めっき中の合成床版鋼板パネルの熱応力解析

株式会社デンロコーポレーション 正員 ○西尾 吉史
 岩手大学工学部 正員 出戸 秀明
 岩手大学工学部 正員 岩崎 正二

1. まえがき

溶融亜鉛めっきは、鋼部材を約440(°C)の溶融亜鉛中に浸漬させると、鋼部材内で急激な温度変化が発生し、はじめに温度が加えられる部分と、後から温度が加えられる部分に温度差が生じ、鋼部材内に熱応力が発生する。合成床版に用いる鋼板パネルのような大型構造物では、温度分布の落差が大きくなる傾向にあるため、発生する応力も大きくなる可能性がある。そこで、熱応力がどの程度発生するのか、また熱応力を軽減させる対策として、初期温度を変化させるとどの程度軽減させることができるのか、3次元FEMを用いた熱応力解析を行ない比較検討する。

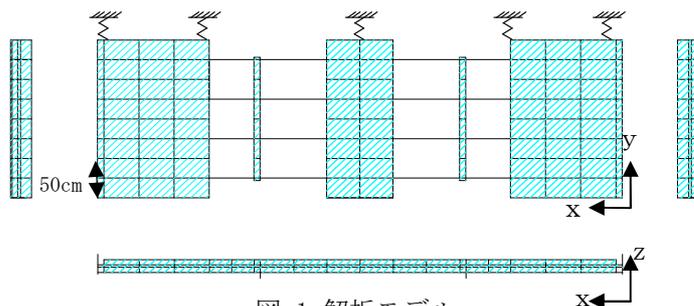


図-1 解析モデル

2. 熱応力解析概要

図-1のような鋼板パネルを442(°C)の溶融亜鉛中に下面から幅員の1/4、2/4、3/4および4/4と浸漬させた時の熱応力変化を線形弾性解析によって求めた。計算に関しては、汎用FEMプログラムANSYSを使用した。モデル化にあたっては接点数487、要素数396とし、24自由度4接点塑性大ひずみシェル要素を用いた。また、溶融亜鉛浸漬前に鋼板パネルへ予熱処理を施した場合を想定し、初期温度を20(°C)、70(°C)および100(°C)の3種類に設定した。その他の解析条件として、弾性係数を 2.1×10^{11} (N/m²)、ポアソン比を0.3、熱膨張係数を 1.21×10^{-5} (/°C)、密度を 7.874×10^3 (kg/m³)とする。

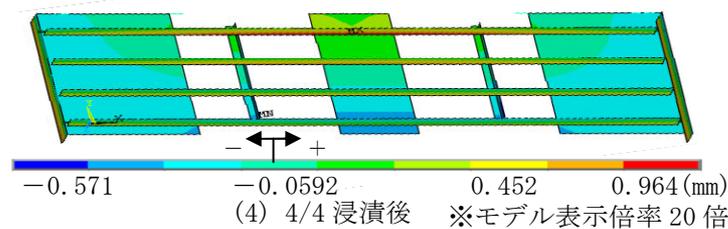
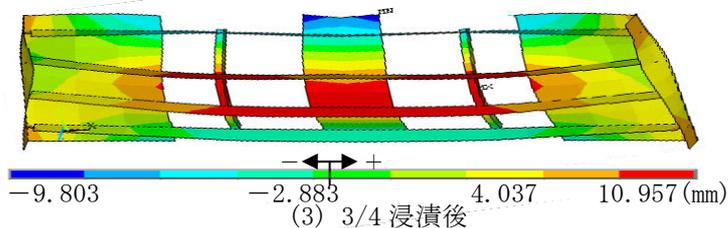
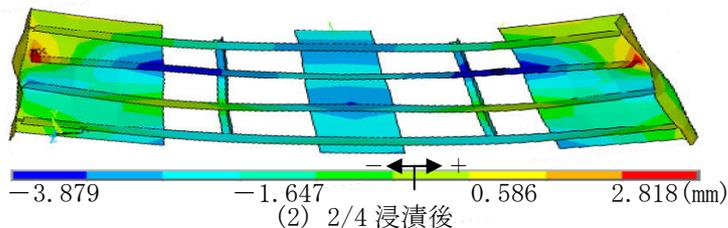
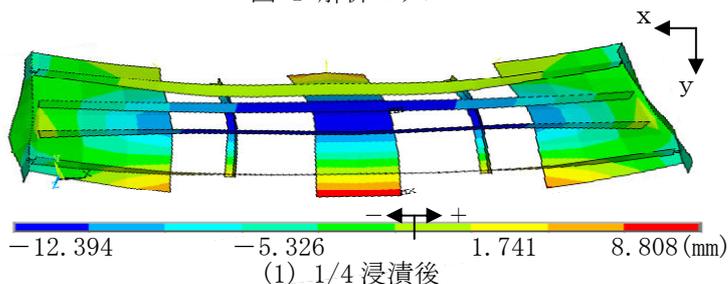


図-2 溶融亜鉛浸漬中のz方向変位図 (初期温度 100°C) ※モデル表示倍率 20 倍

3. 解析結果と考察

図-2は初期温度100(°C)の鋼板パネルを、溶融亜鉛中に浸漬させた時のz方向変位を、浸漬範囲

表-1 溶融亜鉛浸漬中のz方向最大変位 (mm)

浸漬範囲	変位方向	初期温度		
		20(°C)	70(°C)	100(°C)
1/4	最大変位 (+側)	10.9	9.6	8.8
	最大変位 (-側)	15.3	13.5	12.4
2/4	最大変位 (+側)	3.5	3.1	2.8
	最大変位 (-側)	4.8	4.2	3.9
3/4	最大変位 (+側)	13.5	11.9	11.0
	最大変位 (-側)	12.1	10.7	9.8
4/4	最大変位 (+側)	1.2	1.0	1.0
	最大変位 (-側)	0.7	0.6	0.6

キーワード 溶融亜鉛めっき、熱応力解析、鋼板パネル、初期温度

連絡先 (岩手県花巻市北湯口第18地割26-17 TEL. 0198-27-5501 FAX. 0198-27-5502)

毎に表示した一例である。1/4浸漬時では中央部位で $-z$ 方向に変形し、2/4浸漬時では $-z$ 方向の変位が0に近づき、3/4浸漬時では $+z$ 方向に変形し、4/4浸漬時では変位がほぼ0になっている。それらの結果から、鋼板パネルの全体が浸漬するまでは z 方向の変位が激しく変動していることが分かる。表-1は鋼板パネルの z 方向最大変位を初期温度別に表示したものである。表-1より、初期温度100(°C)時の変位が一番小さいことが分かる。また、初期温度20(°C)と比べて100(°C)では約19(%)最大変位が小さくなり、初期温度70(°C)と比べて約8(%)小さくなることが明らかになった。

図-3は初期温度100(°C)の鋼板パネルを、熔融亜鉛中に浸漬させた時の x 方向応力を、浸漬範囲毎に表示した一例であり、表-2は初期温度別に x 方向の最大応力を表に示したものである。これらの結果から、1/4、2/4および3/4浸漬時では浸漬部位と未浸漬部位で温度差が生じ、降伏点応力度を245(N/mm²)を越える応力が発生することが分かる。また、初期温度20(°C)に比べて100(°C)では約12(%)最大応力が小さくなり、初期温度70(°C)に比べると約8(%)小さくなることが分かった。

なお、1/4、2/4および3/4浸漬時に発生した変位及び応力は4/4浸漬時には消失した。これは塑性変形を考慮していない線形弾性解析を行ったことが原因の一つと推測される。

初期温度100(°C)時の解析結果から1/4浸漬した場合に505(N/mm²)の応力度が発生した。線形弾性解析であることから、浸漬位置と発生応力度の間に線形関係があると仮定すると、1/8浸漬した場合に降伏点応力度を超える応力が発生すると考えられる。

4. まとめ

線形弾性解析の結果より熔融亜鉛めっき浸漬前に予熱処理を施すと、鋼板パネルと熔融亜鉛との温度差が小さくなり、変位や熱応力変化も小さくなることが確認できた。また、1/4浸漬した時点で降伏点応力度を越える応力が発生している箇所もあり、鋼板パネル内に発生した応力は、弾性域を越え塑性域まで達しているため、実際には熔融亜鉛めっき後に残留変位が残る可能性がある。

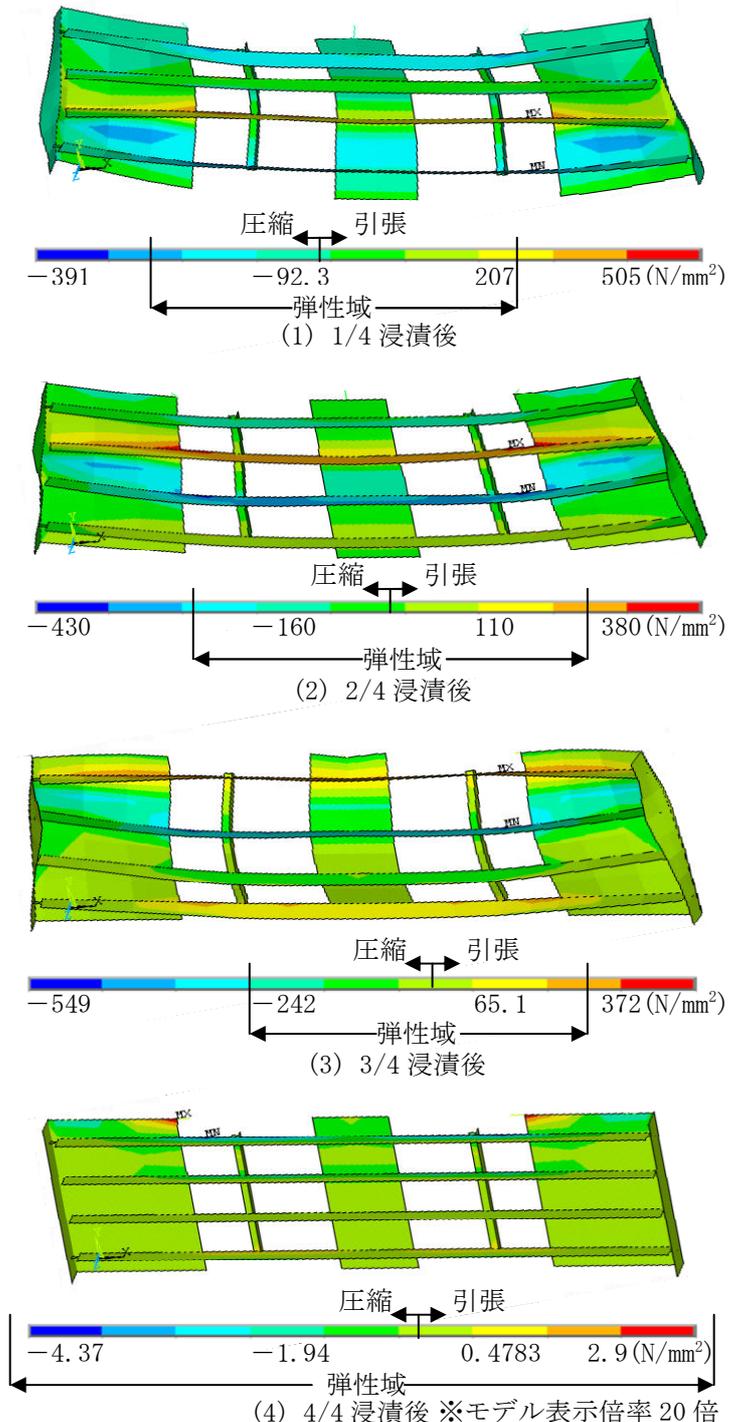


図-3 熔融亜鉛浸漬中の x 方向応力図(初期温度100°C)

表-2 熔融亜鉛浸漬中の x 方向最大応力(N/mm²)

浸漬範囲	応力種類	初期温度		
		20(°C)	70(°C)	100(°C)
1/4	引張	624	550	505
	圧縮	483	425	391
2/4	引張	469	413	380
	圧縮	531	468	430
3/4	引張	459	405	372
	圧縮	677	597	549
4/4	引張	3.6	3.2	2.9
	圧縮	5.4	4.8	4.4