

合成床版鋼板パネルの溶融亜鉛めっきにおける最適な処理条件の選定

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

1. 目的

溶融亜鉛めっきは、鋼構造物を錆から守る処理として長期耐久性・長期防錆効果に優れており、幅広い分野で採用されている。しかし、溶融亜鉛めっきは鋼構造物を約 440(℃)の溶融亜鉛中に浸漬させる処理であるため、始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、鋼構造物内に急激な温度変化が与えられ、思いがけない熱応力が発生する場合がある。特に、道路橋合成床版に用いる鋼板パネルのような薄板に縦横の補剛材を有する大型鋼構造物では、温度分布の落差が大きくなる傾向にあるため、発生する熱変形や熱応力も大きくなる可能性がある。そこで、本研究では、溶融亜鉛めっき中の実大鋼板パネルにどの程度の熱変形や熱応力が発生するのか、3次元 FEM を用いた弾性熱応力解析および弾塑性熱応力解析を行ない比較検討する。また、熱変形や熱応力を軽減させる対策の1つとして、溶融亜鉛めっき前に鋼板パネルの初期温度を変化させると、発生する熱変形や熱応力をどの程度軽減できるか合わせて検討する。

2. 解析概要

図-1 に示すような鋼板パネルを 442(℃)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と非線形弾塑性解析によりそれぞれ求める。計算には、汎用 FEM プログラム ANSYS を用いる。モデル化にあたっては 24 自由度 4 節点塑性大ひずみシェル要素を用いて、節点数 487、要素数 396 とした。また、溶融亜鉛浸漬前に鋼板パネルへ予熱処理を施す場合を想定し、初期温度を 20(℃)、70(℃)および 100(℃)の3種類に設定した。鋼材の材料特性は、表-1 に示す値を採用した。

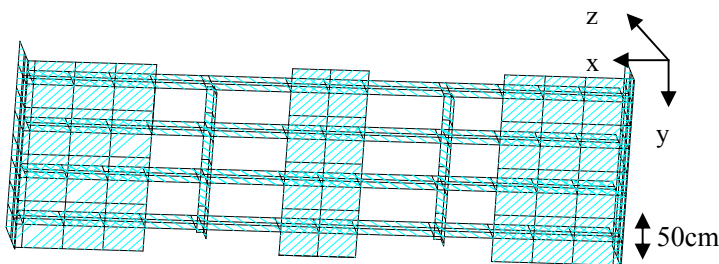


図-1 鋼板パネルモデル図

表-1 鋼材の材料特性

ヤング係数	2.1×10^{11}	(N/m ²)
接線係数	2.1×10^9	(N/m ²)
降伏点応力(底板 SS400 材)	2.45×10^8	(N/m ²)
降伏点応力(リブプレート SM490 材)	3.55×10^8	(N/m ²)
密度	7.874×10^3	(kg/m ³)

3. 解析結果と考察

図-2 は弾塑性解析による初期温度 100(℃)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、浸漬範囲毎に表したものである。1/4 浸漬時では中央部位は -z 方向に変形し、2/4 浸漬時にはそれらの変位が 0 に近づき、3/4 浸漬時では逆側の +z 方向に変位し、全体浸漬時には変位がほぼ 0 に戻っている。それらの結果から、鋼板パネルの変形挙動は、全体が浸漬するまでは z 方向に変位が激しく変動していることが分かる。また、弾性解析結果も発生する変位の推移はほぼ同様である。表-2 は弾性解析と弾塑性解析による鋼板パネルの z 方向最大変位を初期温度別に表示したものである。表-2 より、どちらの解析においても初期温度 100(℃)時の変位が一番小さくなるが、発生する最大変位は弾塑性解析の方が弾性解析より大きいことが分かる。すなわち、弾性解析の場合、最大変位は初期温度 20(℃)と比べて 100(℃)では平均約 18.6(%)小さくなり、弾塑性解析の場合は約 23.3(%)小さくなることがわかった。

キーワード 溶融亜鉛めっき, 弾塑性熱応力解析, 鋼板パネル, 初期温度

連絡先 〒025-0301 岩手県花巻市北湯口第 18 地割 26-17 (株)デンロコーポレーション TEL0918-27-5501 FAX0198-27-5502

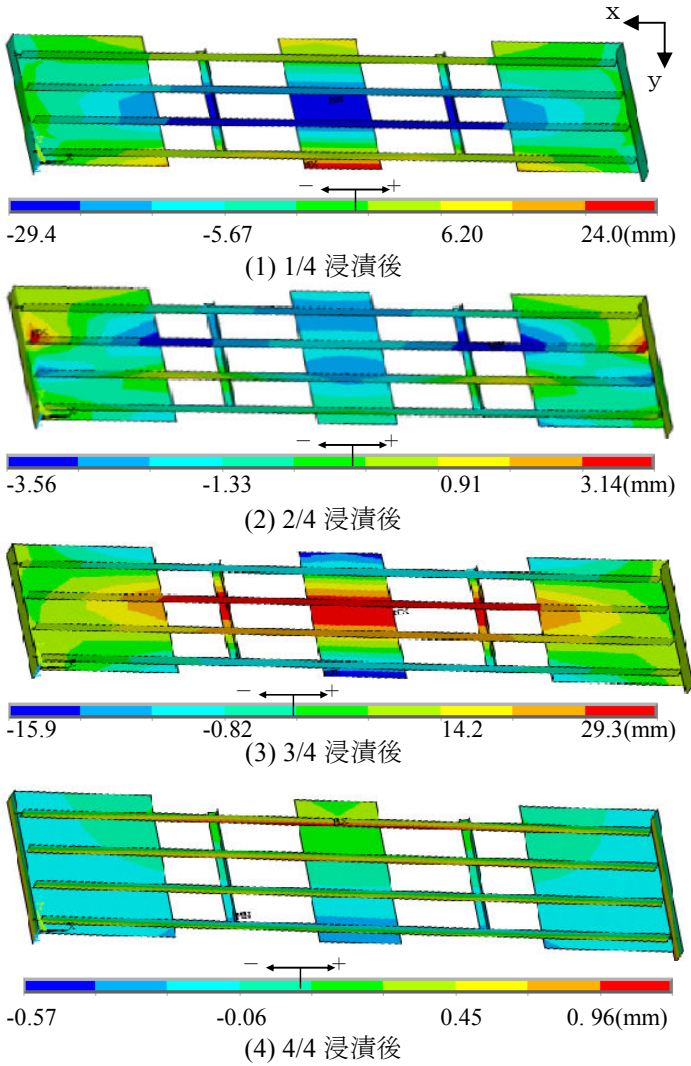


図-2 弾塑性解析による溶融亜鉛浸漬中の
z 方向変位図 (初期温度 100℃)

表-2 溶融亜鉛浸漬中の z 方向最大変位 (mm)

浸漬範囲	最大変位 z 方向	弾性熱応力解析 初期温度(℃)			弾塑性熱応力解析 初期温度(℃)		
		20	70	100	20	70	100
1/4	＋側	10.9	9.60	8.80	31.7	27.0	24.0
	－側	15.3	13.5	12.4	40.6	33.6	29.4
2/4	＋側	3.50	3.10	2.80	4.30	3.55	3.14
	－側	4.80	4.20	3.90	4.31	3.75	3.56
3/4	＋側	13.5	11.9	11.0	41.1	33.8	29.3
	－側	12.1	10.7	9.80	20.8	17.6	15.9
4/4	＋側	1.18	1.01	1.00	1.19	1.05	0.96
	－側	0.69	0.61	0.56	0.70	0.62	0.57

表-3 は弾性熱応力解析および弾塑性熱応力解析による初期温度別の x 方向最大応力を表に示したものである。表-3 より、発生する最大応力は、どの初期温度においても弾性解析の方が弾塑性解析より大きく、1/4、

2/4および3/4の時点で降伏応力度の355(N/mm²)を越える。特に、浸漬部位と未浸漬部位で温度差が生じ、リブプレートで最大応力が発生していることが分かった。また、3/4 浸漬時の弾性熱応力解析の場合、最大応力は初期温度 20(℃)に比べて 100(℃)では約18.9(%)小さくなり、弾塑性熱応力解析の場合は約6(%)小さくなることが分かった。なお、弾塑性熱応力解析結果において、発生した最大応力値が、SS400の引張強さ 400 (N/mm²) または、SM490 の引張強さ 490 (N/mm²) を超えていないことから、溶融亜鉛めっき浸漬中において合成床版鋼板パネルに破断は発生しないと分かる。

表-3 溶融亜鉛浸漬中の x 方向最大応力 (N/mm²)

浸漬範囲	応力の種類	弾性熱応力解析 初期温度(℃)			弾塑性熱応力解析 初期温度(℃)		
		20	70	100	20	70	100
1/4	引張	624	550	505	360	357	355
	圧縮	483	425	391	351	346	338
2/4	引張	469	413	380	352	340	331
	圧縮	531	468	430	355	352	350
3/4	引張	459	405	372	328	324	312
	圧縮	677	597	549	381	362	358
4/4	引張	3.63	3.20	2.92	3.58	3.16	2.90
	圧縮	5.41	4.78	4.43	5.39	4.75	4.37

4. まとめ

弾性熱応力解析の結果より、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ことが分かる。そのため、実際の溶融亜鉛めっき時に発生する変位や熱応力を再現するためには、弾塑性熱応力解析がより有効である。また、初期温度別の弾性および弾塑性熱応力解析の結果より、初期温度を上げることで鋼板パネルと溶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。以上から、最適な溶融亜鉛めっき条件の1つとして、溶融亜鉛めっき浸漬前に予熱処理を施し、初期温度を上げることで、熱応力や熱ひずみを軽減させることが可能である。

参考文献

- ・財団法人日本規格協会：一般構造用圧延鋼材，JIS G 3101, pp2, 2010
- ・財団法人日本金属学会：金属データブック, 改訂4 版, pp131, 2004