

溶融亜鉛めっき中の道路橋合成床版鋼板パネルの弾塑性熱応力解析

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 出戸 秀明
 岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二
 岩手大学大学院工学研究科 学生会員 関野 俊洋

1. まえがき

鋼部材を約440(°C)の溶融亜鉛中に浸漬させると、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、鋼部材に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熱応力が発生するのか、3次元FEMを用いた弾性および弾塑性熱応力解析を行ない比較検討する。また、初期温度を変化させると、どの程度発生する熱応力を軽減できるかも合わせて検討する。

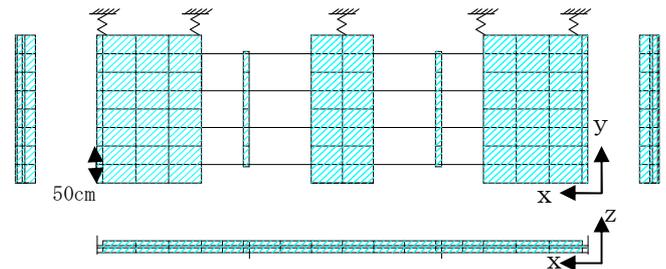


図-1 解析モデル

2. 熱応力解析概要

図-1に示す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(°C)、70(°C)および100(°C)の3種類に設定した。鋼材の材料特性は、ヤング係数を 2.1×10^{11} (N/m²)、密度を 7.874×10^3 (kg/m³)とする。降伏点応力については、底板(SS400鋼材)の部分を 2.45×10^8 (N/m²)、リブプレート(SM490鋼材)の部分を 3.55×10^8 (N/m²)にそれぞれ設定した。

3. 解析結果と考察

図-2は弾塑性解析による初期温度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

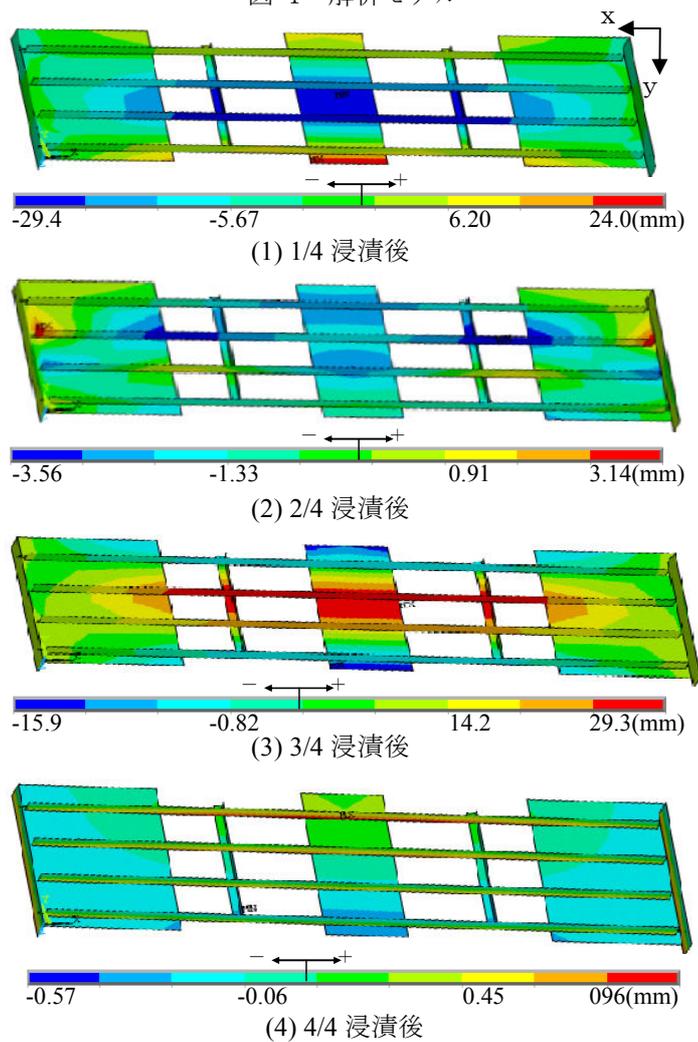


図-2 弾塑性解析による溶融亜鉛浸漬中のz方向変位図(初期温度100°C)

表-1 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(°C)			弾塑性熱応力解析 初期温度(°C)		
		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

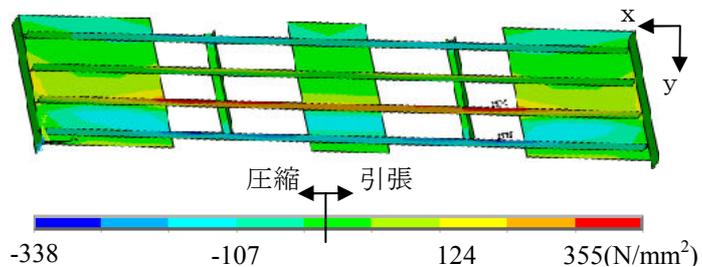
キーワード 溶融亜鉛めっき、弾塑性熱応力解析、合成床版鋼板パネル、初期温度

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)

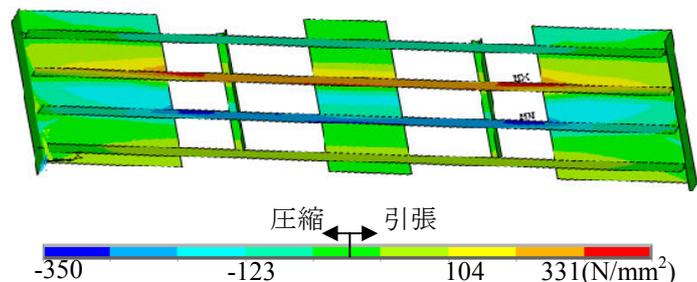
毎に表したものである。1/4浸漬時では中央部位は-z方向に変形し、2/4浸漬時にはそれらの変位が0に近づき、3/4浸漬時では逆側の+z方向に変位し、全体浸漬時には変位がほぼ0に戻っている。それらの結果から、鋼板パネルの変形挙動は、全体が浸漬するまではz方向に変位が激しく変動していることが分かる。また、弾性解析結果の変位図については割愛するが、発生する変位の推移はほぼ同様である。表-1は弾性解析と弾塑性解析による鋼板パネルのz方向最大変位を初期温度別に表示したものである。表-1より、どちらの解析においても初期温度100(°C)時の変位が一番小さくなるが、発生する最大変位は弾塑性解析の方が弾性解析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(°C)と比べて100(°C)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。

図-3は弾塑性熱応力解析による初期温度100(°C)の鋼板パネルについて、溶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、リブプレートで降伏応力度の355(N/mm²)を越える応力が発生していることが分かる。

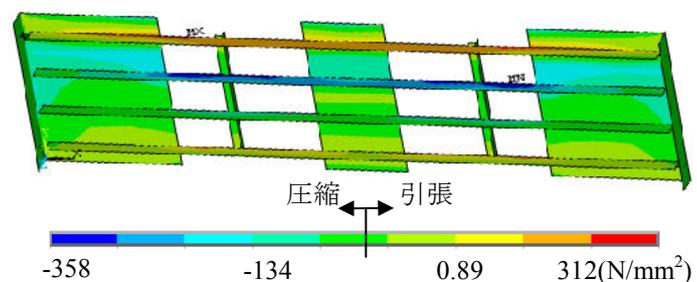
表-2は弾性熱応力解析および弾塑性熱応力解析による初期温度別のx方向最大応力を表に示したものである。表-2より、発生する最大応力は弾性解析の方が弾塑性解析より大きいことが分かる。また、3/4浸漬時の弾性熱応力解析の場合、最大応力は初期温度20(°C)に比べて100(°C)では約18.9(%)小さくなり、弾塑性熱応力解析の場合は約6(%)小さくなることが分かった。なお、弾塑性熱応力解析結果において、発生した最大応力値が、SS400の引張強さ400(N/mm²)または、SM490の引張強さ490(N/mm²)を超えていないことから、溶融亜鉛めっき浸漬中において合成床版鋼板パネルに破断は発生しないと分かる。



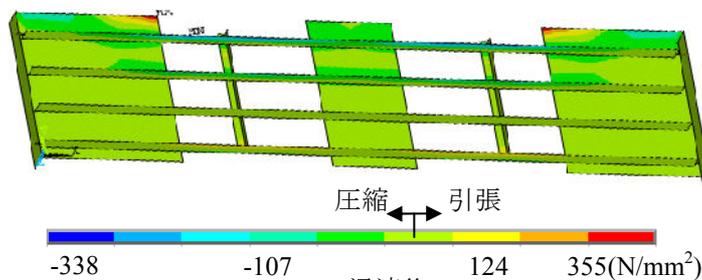
(1) 1/4 浸漬後



(2) 2/4 浸漬後



(3) 3/4 浸漬後



(4) 4/4 浸漬後

図-3 弾塑性熱応力解析による溶融亜鉛浸漬中のx方向応力図 (初期温度 100°C)

表-2 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(°C)			弾塑性熱応力解析 初期温度(°C)		
		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

弾性および弾塑性熱応力解析の結果より、溶融亜鉛めっき浸漬前に予熱処理を施すと、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。また、本研究で用いた鋼板パネルの場合、弾性熱応力解析の結果から、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。