

溶融亜鉛めっき板の熱応力について

大阪府立工業高等専門学校
日本道路公団

正員 日笠隆司
正員 ○宮澤敏孝

1. まえがき 現在、鋼橋の防錆はそのほとんどが塗装によって行われている。找因では、この塗装の防錆効果は3~8年である。そのため、鋼橋建設後も塗替えや補修を必要とし、その費用は年々増大している。塗装に代る防錆方法の一つとして、溶融亜鉛めっきがある。鋼材に対し、優れた防錆効果をもつ溶融亜鉛めっきの鋼材への適用例が少ない一因として、高温下(約450℃)でのめっき処理により熱応力が生ずること及び、処理後に生じ易い変形の矯正が出来ないことがあげられる。めっき処理における熱応力を知ることは局部座屈や液体金属局せい化によるクラックの検討及び、変形防止対策上重要である。このため、本文は有限要素法により2次元非定常温度解析を行い、熱応力を求めたものである。

2. 実験概要 溶融亜鉛中に鋼を一定速度で浸漬するとき、鋼板の1要素の表面における熱伝達は鋼・空気から鋼・亜鉛に換る。このため、図-1の容器(150×250×250mm)内の溶融亜鉛中に鋼板(1-102×6×199)を入れ、鋼板の中央に埋め込んだ熱電対により、時間と温度の関係を測定し、鋼と亜鉛の熱伝達係数を求めた。また、計算値と比較するため図-1のように、一定速度で鋼板(1-102×4×499)の一部を浸漬し、X印の温度と時間の関係を測定した。

3. 有限要素法による解析 有限要素法による非定常温度解析及び、熱応力解析の仮定は次の通りである。1)要素は3節点の三角形とし、熱応力

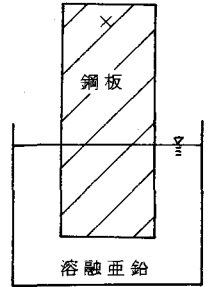


図-1 実験装置

表-1 熱伝達係数(実験値)

温度 °C	熱伝達係数 cal/cm ² sec °C
50	0.033
100	0.028
150	0.040
200	0.040
250	0.042
300	0.045
350	0.055
400	0.061
450	0.057

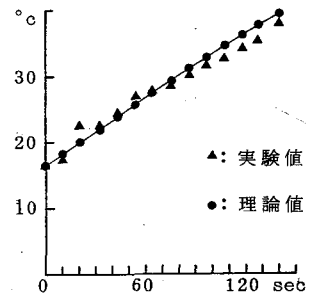


図-2 実験値と理論値の比較

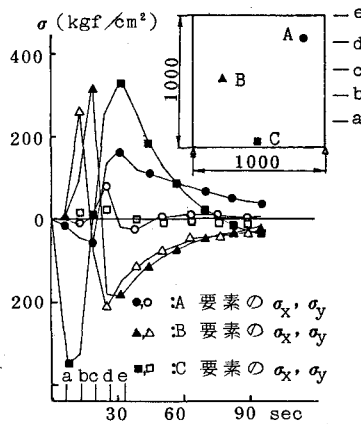


図-3 鋼板の応力変化
(浸せき速度3.0cm/sec
板厚10mm)

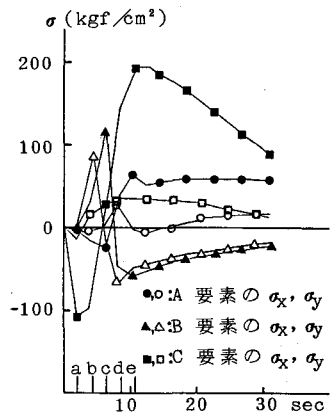


図-5 鋼板の応力変化
(浸せき速度9.2cm/sec
板厚10mm)

計算において、要素内の温度は平均値を用いる。2)鋼の線膨張係数 $=12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、鋼と空気の熱伝達係数 $=9.456 \times 10^{-4} \text{ cal/cm}^2\text{sec}^{\circ}\text{C}$ 、亜鉛の熱伝達係数 $=0.057(0.02) \text{ cal/cm}^2\text{sec}^{\circ}\text{C}$ 、鋼の温度伝導率 $=0.1 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、鋼の弾性係数 $=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $=0.3$ であり、全7温度に対し不感とする。

3)多元一次方程式はバンド化した変形コレスキー法により解く。

4. 実験結果・計算結果 図-1に示す鋼板(1-PL 102×4×499)を速度0.74cm/secで20cmまで浸漬したときのX印の温度変化の実験値及び、理論値は図-2のようになる。実験より得られた鋼と亜鉛の熱伝達係数は表-1の通りである。図-3~6に鋼板(1-PL 1000×10×1000, 1-PL 1000×20×1000)を速度3.0cm/sec, 9.2cm/secで浸漬したときのA,B,C点の σ_x, σ_y の変化を示す。図-7の鋼桁を速度3.0cm/sec, 9.2cm/secで浸漬したときのU,M,L点の温度変化を図-8,9に示す。また、図-3~6及び、図-8,9のa~eは溶融亜鉛の浸漬位置を示すものである。

5. 結び 本文より、今まで、不明確であった溶融亜鉛めっき槽の温度及び、熱応力が解明されることがわかる。詳細は講演時に発表する。なお、本研究は早金氏(神戸製鋼K.K.)の本校での卒業論文をさらに発展させたものである。また、日本橋梁K.K.より亜鉛を寄贈いただいた。ここに記し、謝意を表す。

- 参考文献 1) 御子柴・市川・窪田・野村: 溶融亜鉛めっき槽の施工, 土木学会誌, VOL 64 NO. 11 1979.
2) 菊池・家沢: 溶融亜鉛による鋼の液体金属ぜい化割れの応力集中部に対する影響, 材料, VOL 31 NO. 342 1982.

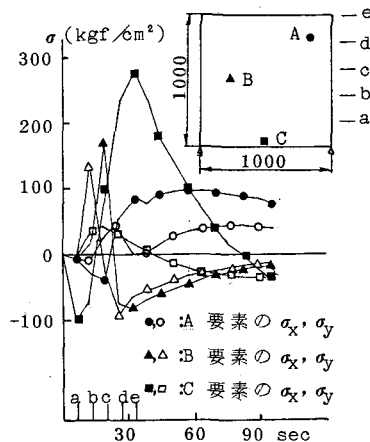


図-4 鋼板の応力変化
(浸せき速度3.0cm/sec
板厚20mm)

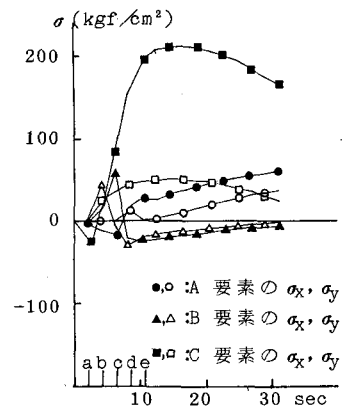


図-6 鋼板の応力変化
(浸せき速度9.2cm/sec
板厚20mm)

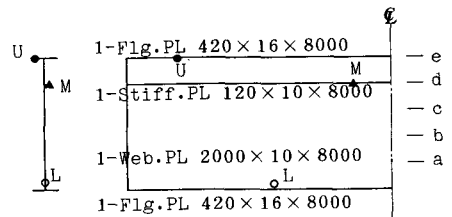


図-7 鋼けたの温度の計算位置

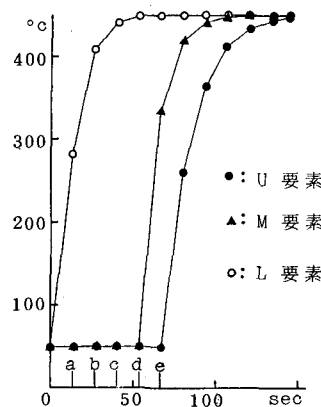


図-8 鋼けたの温度変化
(浸せき速度3.0cm/sec)

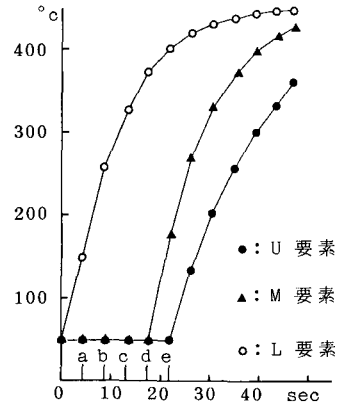


図-9 鋼けたの温度変化
(浸せき速度9.2cm/sec)