

めっき抜き孔を有するH形鋼構造物の溶融亜鉛浸漬実験と解析

株式会社デンロコーポレーション

正会員 ○西尾吉史

岩手大学工学部社会環境工学科

正会員 岩崎正二

岩手大学工学部社会環境工学科

正会員 出戸秀明

岩手大学工学部社会環境工学科

正会員 大西弘志

岩手大学工学部社会環境工学科

平出敬信

1. はじめに

溶融亜鉛めっきによるめっき割れは、部材形状、めっき作業条件、鋼材の成分や溶接条件等が相互に関連し合っ

て発生する。めっき割れ対策として、柱梁仕口部にめっき抜き孔を有するノンスラップ工法が適用されることがある。そこで、本研究ではめっき抜き孔を有するH形鋼構造物を試験体として、高温ひずみゲージを用いて、溶融亜鉛浸漬時および冷却時に試験体内に発生するひずみ量の測定を行う。また、試験体内に発生する熱応力分布を再現するために、3次元熱伝導—熱応力解析を実施し、実験結果と解析結果の比較検討を行うことにより、溶融亜鉛浸漬時にH形鋼構造物内にどのような熱応力が生じるかを明らかにする。

2. 実験方法

2-1. 試験体モデル

めっき抜き孔を有するH形鋼構造物の試験体を図-1に示す。鋼材の材質はSN490鋼材を使用し、PL16 400×400 (mm) 鋼材にJASS6¹⁾を参考にしためっき抜き孔を設けたH250×250×9×14鋼材を垂直に溶接した試験体とする。また試験体には、高温ひずみゲージを2箇所および熱電対を10箇所

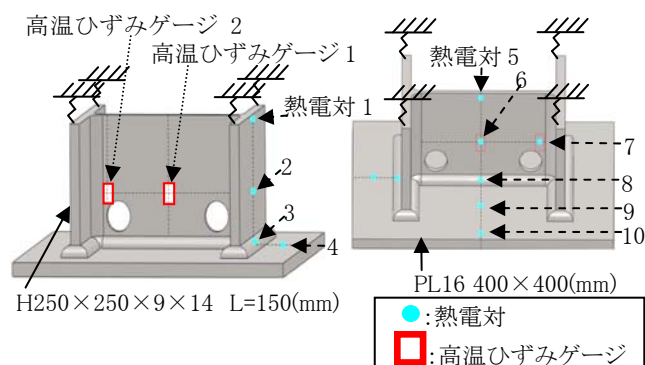


図-1 試験体モデル

2-2. 浸漬実験方法

試験体を下面より約440度の溶融亜鉛へ浸漬速度2.4m/minで浸漬させる。その後、溶融亜鉛から試験体を引き上げ、空冷によって試験体の温度を下げる。その間の試験体内に発生するひずみ履歴および温度履歴を2秒間隔で約5分間測定する。

2-3. 残留ひずみ測定方法

試験体内には、鋼材圧延時や溶接による残留ひずみが内在すると考えられる。そこで、浸漬実験と同一な試験体を用いて、図-1に示す高温ひずみゲージの位置に一般用ひずみゲージを取り付け、その周辺を全て切断して残留ひずみを測定する。

3. 解析方法

解析モデルは、4面体および6面体SOLID要素を用いて、図-2 に示すようなFEM解析モデルを作成する。

解析には、汎用FEMプログラムANSYSを用いる。また、解析の流れについては、溶融亜鉛浸漬深さに従い、時刻毎に浸漬条件を変えて3次元熱伝導解析を行い、試験体モデルの温度分布を求める。その得られた時刻毎の温度分布を外力として3次元FEMを用いた弾塑性熱応力解析を行うことにより、熱応力分布を求める。

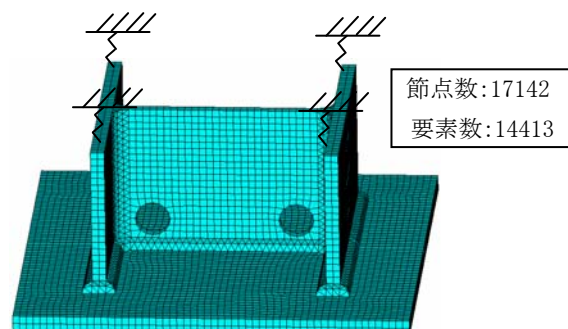


図-2 FEM解析モデル

鋼材の材料特性については、試験体を製作した同一ロットの材料を使用し、JIS規格²⁾に基づいた材料試験を行い、常温時のヤング率および降伏応力を求めた。さらに、高温時の温度依存性を考慮するために、文献³⁾を参考に温度変化によって材料特性値が変動するように設定する。

表-1 材料特性値

熱伝導解析	熱伝導率	51.9~39.3 (0~500(°C))	(W/(m・°C))
	密度	7873~7646 (20~916(°C))	(kg/m ³)
	比熱	486~661 (30~500(°C))	(J/(kg・°C))
熱応力解析	ヤング率(PL 材)	193~146 (30~500(°C))	(kN/mm ²)
	ヤング率(H 形鋼)	211~160 (30~500(°C))	(kN/mm ²)
	降伏応力(PL 材)	385~215 (30~500(°C))	(N/mm ²)
	降伏応力(H 形鋼)	341~191 (30~500(°C))	(N/mm ²)
	熱膨張係数	11.6×10 ⁻⁶ ~13.9×10 ⁻⁶ (30~500(°C))	(1/°C)

4. 結果と考察

浸漬実験によるひずみ履歴を図-3に示す。図-3より、めっき浸漬工程において各ひずみゲージに大きな引張り応力が発生しているが、冷却工程においても同様に大きな引張応力が発生していることが分かる。また、めっき抜き孔近傍(ひずみゲージ2)においては、めっき浸漬工程よりも冷却工程の方が大きな引張応力が発生していることが分かる。

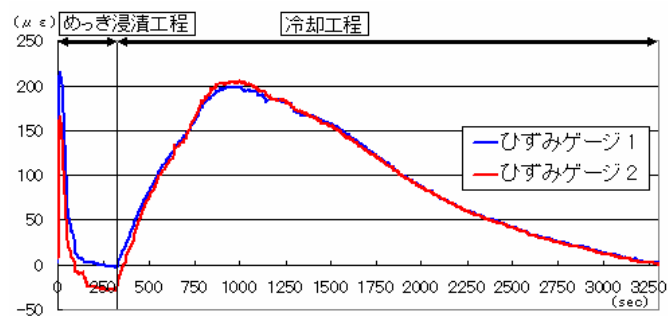


図-3 浸漬実験によるひずみ履歴曲線

切断法によって3体の試験体内の残留ひずみを測定した結果、ひずみゲージ1では平均+66μεであるのに対して、ひずみゲージ2では平均+519μεと大きな残留ひずみが存在することが分かった。

めっき浸漬工程における実験値と解析値のひずみ履歴を図-4に示す。図-4より、ひずみゲージ1において、実験値と解析値はほぼ同等な履歴曲線であることが分かる。しかし、ひずみゲージ2において、実験値では引張り側に履歴曲線が得られているのに対し、解析値では圧縮側の履歴曲線となっている。その最大値も、実験値では約+160μεであるのに対して、解析値では最大約-600μεとなっており、全く異なる結果となった。これらの原因の一つとして、ひずみゲージ2では、残留引張りひずみの影響により、圧縮ひずみが引張りひずみの履歴曲線へ変化したと考えられる。

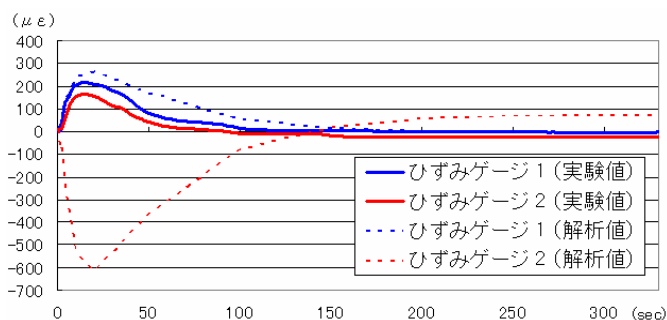


図-4 めっき浸漬工程における
実験値と解析値のひずみ履歴曲線

5. まとめ

本論文では、めっき抜き孔を有するH形鋼構造物を試験体として、高温ひずみゲージを用いて、熔融亜鉛浸漬時および冷却時に試験体内に発生するひずみ量の測定を行った。また、3次元熱伝導-熱応力解析を実施し、実験結果と解析結果の比較検討をした。その結果、H形鋼構造物の中央部のひずみ履歴は、ほぼ一致した。しかし、めっき抜き孔の周辺については、一致しないところもあり残留応力を考慮した解析など今後の検討課題としたい。

<参考文献>

- 1) 社団法人日本建築学会：鉄骨工事技術指針－工場製作編,p594,2007
- 2) 一般財団法人日本規格協会：JIS Z 2241金属材料引張試験方法,2011
- 3) 財団法人国土開発技術研究センター：建築物の総合防火設計法第4巻,p118,1989
- 4) 財団法人日本金属学会：金属データブック,改訂4版,p131,2004