

めっき抜き孔を有するH形構造物の溶融亜鉛浸漬時における解析的検討

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		菊池嘉優

1. はじめに

溶融亜鉛めっきによる鋼部材のめっき割れは、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。柱梁仕口部のめっき割れ対策としては、めっき抜き孔を有するノンスカラップ工法が適用されることがある。そこで、本研究では柱梁仕口部を想定しためっき抜き孔を有するH形鋼構造物を実験体として取り上げ、高温ひずみゲージを用いて、溶融亜鉛浸漬時に実験体内に発生するひずみ量の測定を行う。その際、溶融亜鉛めっき工程において、2種類の浸漬速度によって浸漬実験を行い、浸漬速度の違いによるひずみ量の違いを検討する。加えて、使用した鋼材の溶融亜鉛めっき割れ感受性当量を測定し、鋼材が化学成分的にめっき作業を行うことで割れが発生しやすい鋼材であるかの確認を行う。また、実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—弾塑性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、溶融亜鉛浸漬時にめっき抜き孔を有する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. 実験体モデル

めっき抜き孔を有するH形鋼構造物の実験体を図-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実験体とする。また実験体には、図-1中に示すように高温ひずみゲージを2箇所および熱電対を10箇所設置する。

2-2. 溶融亜鉛浸漬実験方法

Case1として、実験体を下面より約440(°C)の溶融亜鉛浴へ浸漬速度2.4(m/min)で浸漬させる。また、Case1よりも溶

融亜鉛浴への浸漬速度を遅くした場合の影響を検討する。Case2として、実験に用いたクレーン設備の最低速度0.5(m/min)で溶融亜鉛浴へ浸漬させる。各ケースともに、その間の実験体内に発生するひずみ履歴および温度履歴を2(sec)間隔で約30(min)間測定する。

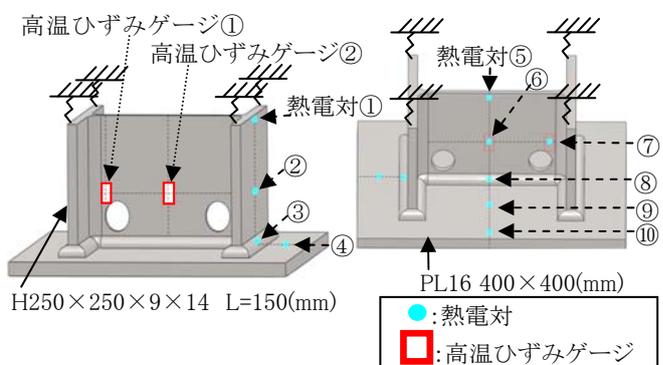


図-1 実験体モデル

2-3. 溶融亜鉛めっき割れ感受性当量の測定方法

実験体の製作に使用したPL鋼材およびH形鋼材について、鋼材の化学成分を発光分光分析によって測定し、化学成分の観点からめっき割れの可能性を検討する。その分析結果からJIS G 3129²⁾における溶融亜鉛めっき割れ感受性等量(CEZ)≤0.44%を満たしているかを確認する。

3. 解析方法

実験体の解析モデルは、4面体および6面体SOLID要素を用いてFEM解析モデルを作成し、溶融亜鉛浸漬実験の再現を試みる。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、実験体の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、実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。

鋼材の材料特性については、実験体を製作した同一ロットの材料を用いて引張試験を行い、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。それらの結果を表-1に示す。

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))
構造解析	ヤング率	211~146(30~500(°C))	(kN/mm ²)
	降伏応力	385~191(30~500(°C))	(N/mm ²)
	熱膨張係数	11.6~13.9(30~500(°C))	(10 ⁻⁶ /°C)

4. 結果と考察

Case1およびCase2の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を、それぞれ図-2, 3に示す。図-2, 3より、ひずみゲージ1, 2において、実験値と解析値の最大発生ひずみは、発生時刻に若干の差はあるが、ほぼ一致していることが分かる。また、浸漬速度の違いによる最大ひずみの差については、浸漬速度0.5(m/min)と比べて浸漬速度2.4(m/min)の方が、ひずみゲージ1では約54(%)、ひずみゲージ2では約60(%)に減少している。これらの結果から、本研究の材料特性値の温度依存性を考慮した弾塑性熱応力解析によって溶融亜鉛時に発生する最大ひずみを推定することが可能である。しかし、最大ひずみ発生以降において、Case1の場合では解析値のひずみは約0~80(μ)に収束しているのに対して、実験値では約200~350(μ)の圧縮ひずみに収束している。これらの原因の一つとして残留ひずみの存在が、最大ひずみ発生以降のひずみの収束に影響した可能性が考えられる。

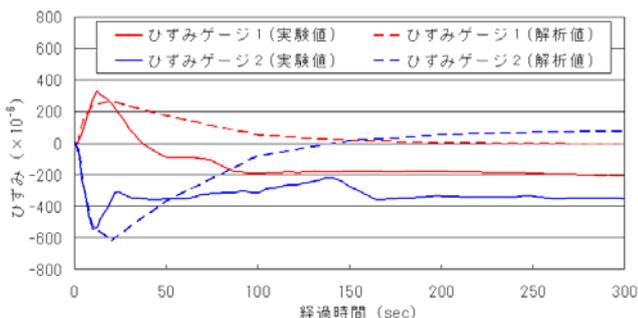


図-2 Case1(浸漬速度2.4(m/min))のめっき浸漬工程における実験値と解析値のひずみ履歴曲線

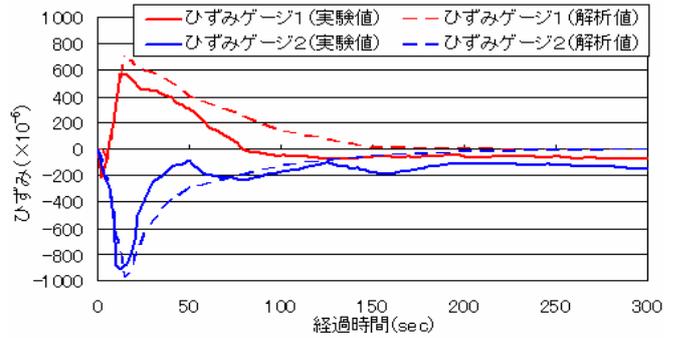


図-3 Case2(浸漬速度0.5(m/min))のめっき浸漬工程における実験値と解析値のひずみ履歴曲線

実験体の製作に使用したPL鋼材およびH形鋼材のCEZを表-2に示す。表-2より、いずれもJIS²⁾規定されている0.44%を超えている。そのため、化学成分の観点からめっき割れが発生し易い鋼材であったが、本実験後のめっき抜き孔近傍にめっき割れは確認できなかった。

表-2 溶融亜鉛めっき割れ感受性当量値

鋼材の種類	CEZ
PL16	0.46%
H形鋼	0.59%

5. まとめ

本論文では、めっき抜き孔を有するH形鋼構造物を実験体として、高温ひずみゲージを用いて、溶融亜鉛浸漬時に実験体内に発生するひずみ量の測定を行った。その結果、浸漬速度については、浸漬速度0.5(m/min)と比べて浸漬速度2.4(m/min)の方が発生ひずみが小さくなっており、最大ひずみを比較するとひずみゲージ1では約54(%)、ひずみゲージ2では約60(%)のひずみ量に抑えられることが分かった。CEZについては0.44%以上であったが、実験体のめっき抜き孔近傍にめっき割れは確認できなかった。また、材料特性値の温度依存性を考慮した3次元FEM熱伝導-熱応力連成解析より求めたひずみ履歴曲線の解析値を実験値と比較した結果、最大ひずみまでの挙動はほぼ一致した。よって、溶融亜鉛浸漬時の柱梁仕口部の最大ひずみ推定については、本解析手法が有効であることが分かる。

<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 G 3129鉄塔用高張力鋼鋼材, 2005
- 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