

# めっき抜き孔を有する柱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

JFEシビル株式会社

中村信行 阿久津英典

岩手大学工学部社会環境工学科

正会員

岩崎正二

出戸秀明

大西弘志

## 1. はじめに

溶融亜鉛めっきによる割れは、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。また、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。しかし、そのような対策を講じたにもかかわらず割れが発生した事例がある。そこで、本研究では柱梁仕口部を想定して、部分的な解析モデルを作成し、3次元熱伝導—熱応力解析によって、溶融亜鉛めっき中にモデル内にどのような熱応力が生じるかを明らかにする。また、解析は、めっき抜き孔の位置を変更した2パターンで行い、構造を変更することで割れの発生を低減できるかを検討する。

## 2. 解析概要

### 2-1. 解析モデル

柱梁仕口部を部分的に抜き出したモデルを図-1に示す。Case1として、SN490鋼材を使用したH450×200×9×19のウェブにJASS6<sup>1)</sup>を参考にしためっき抜き孔(孔径35mm, 溶接ビードから5mm離れた孔)を設ける。さらに両端部を拘束するように、PL25およびPL40を溶接し、最大板厚差4.4倍のモデルとする。また、Case2として、めっき抜き孔位置を溶接ビードから15mm離れたモデルとする。

### 2-2. 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FEM解析モデルを作成し、溶融亜鉛浸漬過程の再現を試みる。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、モデルの溶融亜鉛浸漬深さに従い、時刻毎に浸漬条件を変化させて3次元熱伝導解析を行い、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。

めっき条件として、モデルを吊上げた状態を図-2に示す。

モデルは、長手方向および幅方向ともに浸漬面に対して45°傾けた状態で吊上げた状態とする。また、初期温度30°Cの状態からモデル下面より445°Cの溶融亜鉛浴へ浸漬速度0.5m/minで浸漬させた場合を、浸漬開始から600秒間解析する。

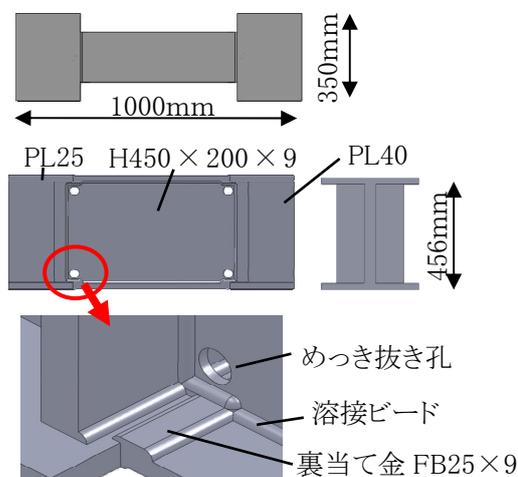


図-1 解析モデル図(Case1)

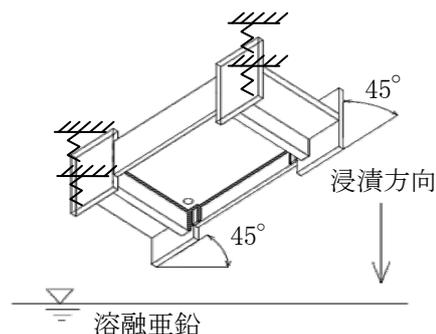


図-2 浸漬イメージ図

鋼材の材料特性については、高温時の温度依存性を考慮するために、PL, H形鋼, 溶接棒の各ミルシートを用いて、文献<sup>2)</sup>を参考に温度変化によって降伏点(耐力)の値が変動するように設定する。そのほかの材料特性値についても文献<sup>2)3)</sup>を参考に設定した。それらの結果を表-1に示す。

キーワード 溶融亜鉛めっき, めっき割れ, めっき抜き孔, 熱伝導—熱応力解析

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)

表-1 材料特性値の温度変化

解析	熱伝導			
	熱伝導率	51.9~39.3(0~500(°C))	(W/(m・°C))	
	密度	7873~7646(20~916(°C))	(kg/m <sup>3</sup> )	
	比熱	486~661(30~500(°C))	(J/(kg・°C))	
構造解析	ヤング率	210~159 (30~500(°C))	(kN/mm <sup>2</sup> )	
	降伏点(耐力)	H形鋼	425~238 (30~500(°C))	(N/mm <sup>2</sup> )
		溶接部	599~335 (30~500(°C))	
		PL 25	357~200 (30~500(°C))	
		PL40	360~201 (30~500(°C))	
熱膨張係数	11.6~13.9 (30~500(°C))	(10 <sup>-6</sup> /°C)		

#### 4. 結果と考察

Case1における最大第一主応力発生時の全体図と最大値発生箇所の拡大図を図-3に示す。また、Case1, 2の各めっき抜き孔周辺の最大主応力発生箇所の第一主応力履歴曲線を図-4に示す。図中の+(-)は引張り(圧縮)を表す。

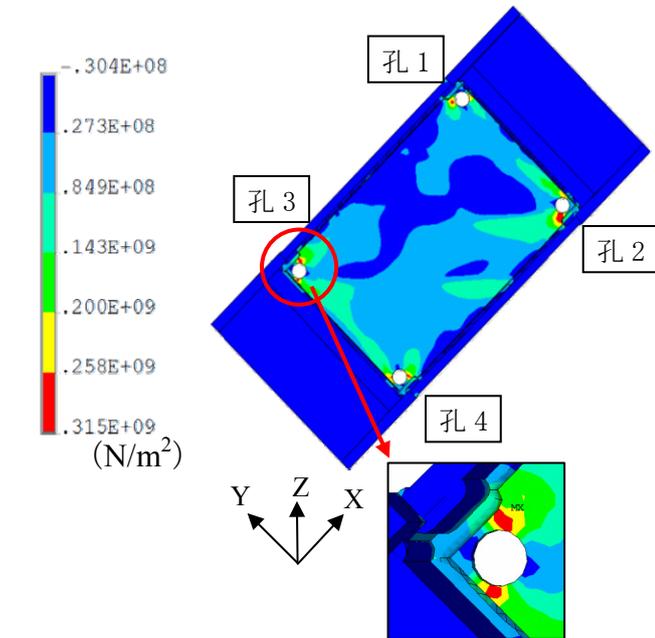


図-3 Case1の最大第一主応力発生時における第一主応力分布図(浸漬開始600秒後)

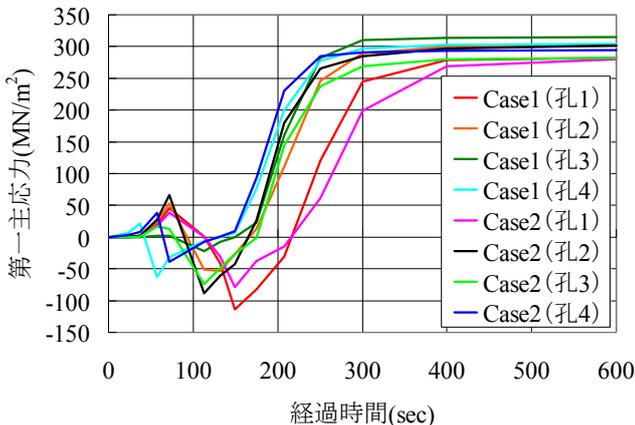


図-4 各めっき抜き孔における第一主応力履歴曲線

図-3より、各めっき抜き孔ともにめっき抜き孔からH形鋼のフランジおよびPL40の方向に最大で315N/mm<sup>2</sup>の大きな引張応力が発生する。これが割れの原因と思われる。

図-4より、本解析条件ではモデルを傾けて浸漬した場合を想定しているため、各めっき抜き孔の温度上昇が異なる。そのため応力発生に時間差があるものの、浸漬開始から200秒までの挙動は、すべての履歴曲線で引張応力発生後に圧縮応力が発生していることがわかる。熱伝導解析結果については割愛するが、板厚が薄いH形鋼のウェブは温度上昇が早い、そのほかの板厚が厚いPLは温度上昇が遅い傾向にある。また、モデルを溶融亜鉛へ完全に浸漬させるためには210秒の時間が必要であるため、溶融亜鉛に浸漬する過程で部位や場所によって温度分布が異なり、めっき浸漬過程で応力の変化が発生している。その後、200秒以降は急激に大きな引張応力が発生しているが、Case1の場合は孔3周辺で最大引張応力が315N/mm<sup>2</sup>となり、Case2の場合は孔2周辺で最大引張応力が303N/mm<sup>2</sup>となり、異なる結果となった。H形鋼のミルシートより常温時の引張強さは542N/mm<sup>2</sup>であったが、文献<sup>2</sup>より450°C時の引張強さは約360N/mm<sup>2</sup>程度まで低下すると予測される。よって、両Case共に引張強さに近い引張応力が発生しており、Case2の最大引張応力の方が4%小さいため、割れの可能性を低減できると思われる。

#### 5. まとめ

本論文では、柱梁仕口部を想定した部分モデルに対し3次元熱伝導-熱応力解析を用いて、溶融亜鉛めっきによる割れの発生を低減できるかを検討した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 溶融亜鉛めっき中において、めっき抜き孔から溶接ビード方向に大きな引張応力が発生し、割れ発生の原因となっている。
- (2) めっき抜き孔位置は、JASS6で示された孔位置より、さらに溶接ビードから離すことで割れの発生を低減できる。

<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) 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
- 3) 財団法人日本金属学会: 金属データブック,改訂4版,p131,2004