

柱梁接合部の溶融亜鉛めっき割れ対策に関する解析的検討 — 鋼構造物めっき割れ防止技術の開発 (第2報) —

正会員 ○西尾 吉史* 非会員 岩崎 正二***
正会員 中村 信行** 非会員 大西 弘志****
正会員 阿久津 英典**

溶融亜鉛めっき めっき割れ めっき抜き孔
3次元熱伝導-熱応力解析

1. 序論

溶融亜鉛めっきによる割れは、さまざまな原因が相互に関連し合って発生する。その割れ対策として、柱梁接合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する場合がある。そこで、本研究では柱梁接合部の部分的な解析モデルを作成し、3次元熱伝導-弾塑性熱応力解析によって、溶融亜鉛めっき中の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、構造を変更することで割れの発生を低減できるかを構造変更した FEM 解析モデルを用いて検討する。

2. 解析概要

(1) 解析モデル

柱梁接合部を抜き出した実験体として図1を対象とする。実験体 No.1 として、H450×200×9×19のウェブに、溶接ビードから15mm離れた位置に孔径35mmのめっき抜き孔を設ける。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、孔位置について JASS6¹⁾を参考にして溶接ビードから5mm離れた実験体をNo.2とする。その他、部材内の板厚差3.3倍となるようにH形鋼ウェブの板厚を12mmに変更し、かつ溶接ビードから5mm離れた実験体をNo.3とする。

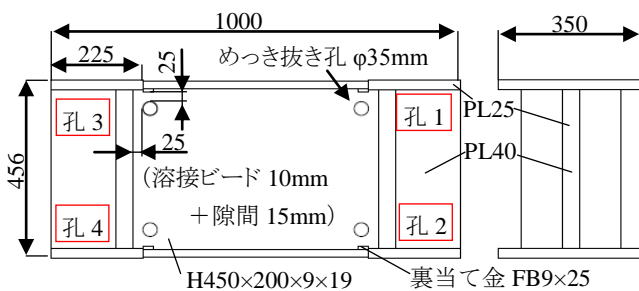


図1 実験体No.1部材詳細図(mm)

実験体No.1の3次元FEM解析モデルを図2に示す。FEM解析モデルは、4面体および6面体SOLID要素を用いて、総節点数61705、総要素数86469のモデルとした。

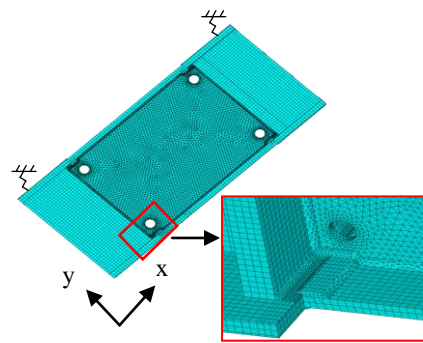


図2 FEM解析モデル(実験体No.1)

(2) 解析方法

実験体を45°傾けて溶融亜鉛面に浸漬させた状態を想定し、浸漬深さごとに境界条件の変化に従い熱伝達面を定義し、解析モデルの溶融亜鉛浸漬中の温度分布を求める。得られた時刻歴の温度分布を外力として、時刻歴毎に浸漬開始から溶融亜鉛槽へ浸漬させた600sec間について、3次元FEM弾塑性熱応力解析を行う。本解析に用いる各部材の降伏点は、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²⁾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。例えば、H形鋼の場合は、30°C時425N/mm²~500°C時238N/mm²まで変動するように設定する。そのほかの熱伝導解析および構造解析に使用する材料特性値については文献²⁾³⁾を参考に設定した。

3. 解析結果と考察

熱応力解析結果より、実験体No.1(めっき抜き孔径35mm、溶接ビードからの隙間15mm)における最大第一主応力発生時の第一主応力分布図を図3に示す。図3より、浸漬開始270sec後において、孔位置1-2の孔端部からH形鋼フランジ側の方向に最大302N/mm²の第一主応力が発生している。また、各めっき抜き孔からPL40側およびH形鋼フランジ側に大きな引張応力が発生している。実際の浸漬実験において、実験体No.1には割れが発生しなかったため、事前の解析検討において最大第一主応力が302N/mm²の以下であれば、実際に孔端部に割れが発生する可能性は低いと考えられる。

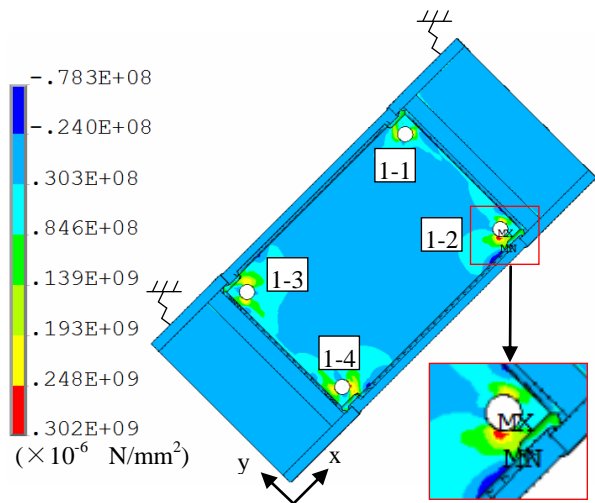


図3 実験体No.1における最大第一主応力発生時の第一主応力分布図(浸漬開始270sec後)

実験体No.2(めっき抜き孔径35mm, 溶接ビードからの隙間5mm)における最大第一主応力発生時の第一主応力分布図を図4に示す。図4より, 浸漬開始270sec後において, 孔位置2-3の孔端部からH形鋼フランジ方向側に最大326N/mm²の第一主応力が発生している。浸漬実験で割れが発生した孔位置2-4において, 解析結果では孔端部からH形鋼フランジ方向に315N/mm²の第一主応力が発生しており, 解析結果の応力集中部と実験結果の割れの進展方向は一致している。また, 浸漬実験では, 孔位置2-3に割れは確認できなかったが, 解析結果から割れが発生しやすい状態であったということが分かる。

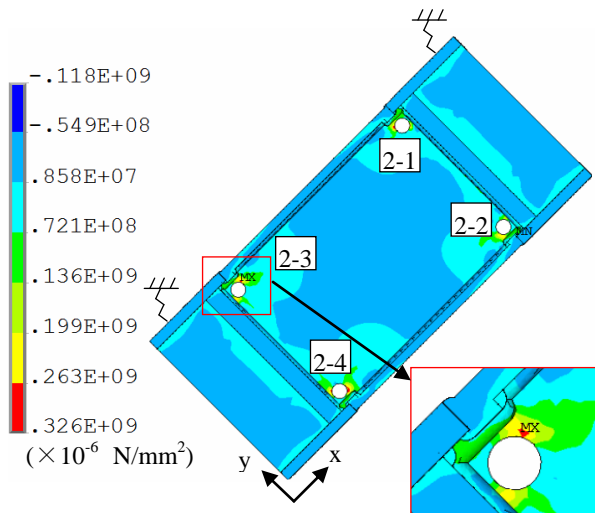


図4 実験体No.2における最大第一主応力発生時の第一主応力分布図(浸漬開始270sec後)

実験体No.3 (部材内の板厚比を3.3倍)における最大第一

主応力発生時の第一主応力分布図を図5に示す。図5より, 浸漬開始360sec後において, 孔位置3-3の孔端部からH形鋼フランジ方向側に最大292N/mm²の第一主応力が発生している。これは, 実験体No.1の最大第一主応力より低く抑えられているため, 割れの発生確率をさらに低下させることができると推測できる。

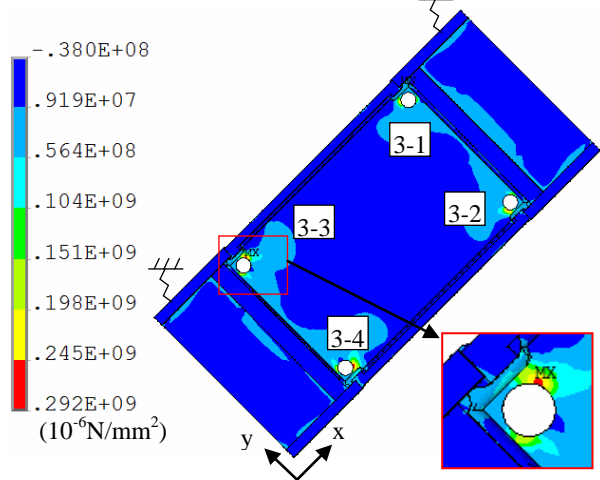


図5 Case3における最大第一主応力発生時の第一主応力分布図(浸漬開始360 sec後)

4. まとめ

本研究では, 柱梁接合部のめっき割れに着目し, 鋼構造物の柱梁接合部を抜き出した実大部分モデルに対して, 3次元熱伝導-弾塑性熱応力解析を行い, 割れが生じにくい部材構造を検討した。以下に得られた結果を示す。

- ① 溶融亜鉛浸漬工程において, 各めっき抜き孔の端部から PL40 側および H 形鋼フランジ側に大きな引張応力が発生する。これが, 割れの原因の一つと考えられる。
- ② 孔位置について JASS6 で示された溶接ビードから 5mm 離れた場合よりも, 隙間を 15mm 程度離すことで割れが発生する可能性を低減できると考えられる。
- ③ 孔位置対策に加えて, 部材内の板厚比小さくすることも割れ対策としては有効と考えられる。

実際の溶融亜鉛めっき割れ防止対策においては, 本検討で示した割れ対策以外の対策も含めて, 複合して採用することが最も有効な割れ対策であると考えられる。

<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, p.594, 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, p.118, 1989.
- 3) 財団法人日本金属学会：金属データブック, 改訂4版, p.131, 2004.

*デンロコーポレーション 工博

**JFE シビル

***岩手大学理工学部 名誉教授・工博

****岩手大学理工学部 准教授・工博

* Denro Corporation, D.E.

**JFE Civil Engineering & Construction

***Professor Emeritus/Faculty of Science and Engineering, Iwate University, D.E.

**** Associate Professor/Faculty of Science and Engineering, Iwate University, D.E.