



Title	力学および冶金学的因子を考慮した溶接高温割れ解析技術に関する研究
Author(s)	前田, 新太郎
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/88071
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (前田 新太郎)	
論文題名	力学および冶金学的因子を考慮した溶接高温割れ解析技術に関する研究
論文内容の要旨 溶接高温割れは、構造物の強度を大きく低下させる可能性があり、実施工において非破壊検査や手直し溶接などにより製造コストの増大の一因となっている溶接欠陥の一つである。本論文の主たる目的は、実構造物溶接時に発生する溶接高温割れ発生の可能性を予測し、防止法について検討可能な高温割れ解析手法を開発することである。具体的には、溶接高温割れの発生には溶融金属の融点直下における凝固現象と溶融部に作用する変形や拘束の影響に注目して、力学および冶金学的因子を考慮した高温割れの解析技術に関する基礎研究を行い、高温割れの防止法を実構造物溶接継手に適用した成果を示す。本論文は序論も含めて 6 章から構成される。 第 2 章では、溶接高温割れの発生を評価し、力学および冶金学的因子の影響を取り入れた高温割れ解析手法を開発した。力学的因子のモデル化について、溶融に伴う固液状態の強度差を考慮し、FEM 熱弾塑性解析による塑性ひずみの増分を用いた高温割れ評価法を提案した。金属の凝固に伴う結晶成長方向や凝固偏析、凝固収縮、凝固潜熱などの冶金学的因子をモデル化した。 第 3 章では、提案手法の妥当性を検証するため、実構造物溶接の高温割れに関する数値解析を実施した。特にこれまで考慮されなかった凝固収縮ひずみや固液状態の強度差による影響の基礎検討を行い、本手法の有用性を確認した。加えて、凝固形態や溶込み形状が凝固割れ発生に及ぼす影響を、実験結果との比較により明らかにした。 第 4 章では、提案手法を用いて、力学および冶金学的な観点から凝固割れを低減・防止可能な溶接条件を導出し、実構造物溶接への適用検討を行った。温度勾配・凝固形態を制御することによる冶金学的な割れ防止法について、実験結果との比較を通してその有用性を検証した。また力学的な割れ防止法として、入熱条件や拘束条件を適正化する、あるいは溶接熱源に追従する付加加熱を用いることにより、溶接部における高温引張ひずみを低減する効果を確認した。加えて、提案した高温割れ解析手法と最適化手法を組み合わせた高温割れ防止条件を導出するシステムを構築し、さらには、高温割れを防止するための最適化仮付け施工システムを開発することで、それらの適用性について検討した。 第 5 章では、更なる高温割れ解析手法の高度化を目的として、凝固時における柱状晶の成長を表現する可能な解析法を提案し、高温割れの進展解析を実施した。前者では、FEM 熱伝導解析の結果を用いてアーク溶接部の柱状晶成長を簡易化したモデリング手法について述べた。そして溶接諸条件が結晶成長に及ぼす影響について検討し、本手法の妥当性を検証した。後者では、提案手法を凝固割れの基礎試験である TransVarestraint 試験に適用し、本試験で発生する高温割れ現象の力学挙動を明らかにした。 第 6 章では、各章の結論を総括した。特に、一連の解析技術の開発・検討を通して、実溶接継手における高温割れの発生位置を良好に再現できることを示したと共に、溶接高温割れを防止する条件の検討・導出が可能となった成果をまとめた。加えて、溶接高温割れの防止技術を実構造物の溶接建造に適用する場合の課題と期待を述べた。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (前 田 新 太 郎)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	麻 寧緒
	副 査	教授	藤久保 昌彦
	副 査	教授	大沢 直樹
	副 査	准教授	柴原 正和 (大阪府立大学大学院工学研究科航空宇宙海洋系専攻)
論文審査の結果の要旨 溶接高温割れは、溶接欠陥の一つであり、実施工において非破壊検査や手直し溶接などによる製造コスト増の一因となるだけではなく、構造物の強度を著しく低下させるリスクが大きい。本論文は、力学および冶金学的因子を考慮した溶接高温割れの解析技術、ならびにそれを用いた溶接高温割れ防止法を開発することを主な研究目的としている。内容は、以下の6章から構成される。 第1章では、溶接高温割れの発生メカニズム、評価指標および予測技術に関する歴史と現状を調査し、本論文の目的と構成を説明している。 第2章では、力学および冶金学的因子の影響を取り入れた新しい高温割れ解析技術を開発している。すなわち、溶融・凝固に伴う固液状態の強度差を力学的因子として FEM 熱弾塑性解析モデルに導入し、凝固時に発生する塑性ひずみの増分を用いた高温割れ評価法を提案している。さらに溶接金属の凝固に伴う結晶成長方向や凝固収縮および凝固潜熱などの冶金学的因子を評価する数値的手法を提案している。 第3章では、提案手法の妥当性を検証するため、実溶接継手の高温割れに関する数値解析を実施している。特に、これまで考慮されていなかった凝固収縮ひずみや固液状態の強度差による影響について基礎研究を行い、本手法の有用性を確認している。さらに、凝固形態や溶込み形状が凝固割れ発生に及ぼす影響について、評価した結果を実験結果との比較により検証すると共に、新たな知見を見出している。 第4章では、提案手法を用いて、力学および冶金学的な観点から凝固割れを低減・防止する溶接条件を導出し、実溶接継手に対して適用している。また、温度勾配や凝固形態を制御することによる冶金学的な割れ防止法の有用性について、実験結果との比較を通して検証している。さらに、入熱条件や拘束条件を適正化することによる力学的な割れ防止法を提案している。具体的には、付加熱源や溶接電極の間隔および仮付け位置の最適化による高温割れ防止条件を算出するシステムを開発している。 第5章では、FEM 熱伝導解析の結果を用いて、溶接金属の凝固時における柱状晶の成長を簡単に高精度で推定する解析手法を提案し、溶接諸条件が結晶成長に及ぼす影響について検討している。さらに、高温割れ基礎試験である Trans-Varestraint 試験に対し提案手法を適用し、高温割れ現象の力学挙動を明らかにしている。 第6章では、各章の結論を総括し、溶接高温割れの防止技術を生産現場に適用する際の課題と展望を述べている。 以上のように、本論文では、力学および冶金学的因子を共に考慮した溶接高温割れ解析技術を開発し、その手法を用いた数値解析により高温割れの発生位置を予測し、予測結果が実験と良好に一致することを確認している。さらに提案する高温割れの防止技術を実溶接継手に適用することで、その有効性を示している。これらは実構造物溶接建造の高品質化・低コスト化に資する研究成果である。 よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。			