



Title	界面要素を用いたFEMによる溶接高温割れに関する理論的研究
Author(s)	柴原, 正和
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43460">https://hdl.handle.net/11094/43460</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	柴 原 正 和
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 17070 号
学 位 授 与 年 月 日	平成14年3月25日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科船舶海洋工学専攻
学 位 論 文 名	界面要素を用いた FEM による溶接高温割れに関する理論的研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 村 川 英 一  (副査) 教 授 富 田 康 光    教 授 矢 尾 哲 也    教 授 西 本 和 俊 教 授 中 長 啓 治

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文の主たる目的は、複雑な構造物を溶接する際に発生する高温割れの可能性を、事前に予測することができる解析法を開発することである。本論文は、それを行うための基礎的研究を行った成果をまとめたものである。

第1章では、高温割れ解析の重要性について述べ、既往の研究を冶金学および力学的な研究に分類し総括するとともに、本論文の学問的位置付けについて述べた。

第2章では、高温割れの発生および進展を解析するために、割れ表面の生成を温度依存型界面要素の形で直接解析に導入した、高温割れ解析法の開発について述べた。この手法では、BTR 内の領域が開口変位を受けることにより高温割れが発生すると仮定している。また、任意の場所に発生する高温割れのモデル化およびルートギャップを考慮した高温割れ解析のモデル化についても述べた。

第3章では、FEM 静的・動的混合解法の開発とその応用例について述べた。割れの発生・成長は静的平衡状態を維持しながら安定に進行するとは限らず、状況によっては割れが不安定となり現象が動的になる場合も考えられる。このような場合には、もはや静的解析で解を追跡することは不可能であり、動的解析が必要となる。そこで本研究では、FEM 静的・動的混合解法の開発を行った。本章ではその概要について述べるとともに、有用性についても検証を行った。

第4章では、提案手法を最も単純な例である矩形平板の始端割れ試験に応用し、実験結果と比較することで、提案手法の妥当性について基本的な検証を行った。

第5章では、提案手法を代表的な高温割れ試験法である Houldcroft 試験に応用し、実験結果と比較することで、提案手法の妥当性について検証を行った。Houldcroft 試験には、溶接方向が異なる一見互いに矛盾した2種類の試験法が存在する。その試験法に提案手法を応用することで、力学的な視点から2種類存在する Houldcroft 高温割れ試験の割れ発生メカニズムの相違について検討を行った。

第6章では、提案手法を用いて定量的な解析を行うために、解析結果に影響を及ぼすパラメータについて検討を行った。次に、影響が大きいパラメータの決定法について、Trans-Varestraint 試験を用いる方法および Houldcroft 試験を用いる方法について具体的に検討を行い、両試験法により決定されたパラメータの妥当性について検証を行った。

第7章では、溶接横断面内における溶け込み形状が高温割れに及ぼす影響について検討を行った。この問題では、割れの発生する場所や進展方向は事前に予想できないために、全ての通常要素間に温度依存型界面要素を挿入し解析

を行った。

第8章では、実施工時における高温割れの代表的な例である板継溶接時の端部割れ問題を対象に提案手法を応用した。さらに、タブ板や仮付け位置および溶接条件が高温割れにおよぼす影響を明らかにするとともに、提案手法の有用性を示した。

第9章では、第2章から第7章までに得られた主な結果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

高温割れに関する研究の多くは、冶金学的な立場からの研究であり、材料組成や凝固組織が割れの発生に及ぼす影響について、種々の高温割れ試験法を用いた検討が実施されている。一方、力学的には、有限要素法を用いて溶接高温割れ発生を予測する試みが行われている。こうした解析は、ひずみあるいはひずみ速度が限界値に達した時に、割れが発生するという仮定に基づいているので、割れの発生までは予測することができる。しかし、割れそのものが陽の形でモデル化されていないために、割れの発生に引き続いて生じる、割れの進展や停止を含めた全過程が予測できない。また、限界ひずみとして、全ひずみ、塑性ひずみなどの中で何れを採用すべきかという点に関しても決定的な指針が示されていないのが現状である。

本研究は、溶接高温割れの発生、進展、停止の全過程を解析するための手法を新しく開発するとともに、現施工における溶接割れの予測に適用し、その有用性を示したものである。本研究で得られた成果を要約すると次のとおりである。

- (1)溶接高温割れの全過程を解析するための手法として、割れの発生、進展にともなう表面の生成を直接モデル化した温度依存型界面要素を開発している。さらに、解析を安定に進めるための対策として静的-動的混合解法、および、任意位置に発生し、任意方向に進展する割れのモデル化法の提案を行っている。
- (2)提案手法を代表的な溶接高温割れ試験である Houldcroft 試験および Trans-Varestraint 試験に適用し、実験結果との比較を通して、手法の妥当性を検証している。
- (3)提案手法において、割れの発生および進展を決める重要なパラメータは、BTR 幅と寸法パラメータ  $r_0$  の2つに絞られることを示している。さらに、両者を基礎試験に基づき決定する方法を示し、Houldcroft 試験からは  $r_0$  の値として  $20 \sim 30 \mu\text{m}$  が、また、Trans-Varestraint 試験からは  $20 \mu\text{m}$  を得ている。このように、異なった試験法から得られた値がほぼ一致したことから、寸法パラメータ  $r_0$  は、第一近似的に高温割れ試験の種類に依存しない材料固有の値として扱えることを示すと同時に、提案手法は、実構造物における高温割れの定量的予測に適用できることを示唆している。
- (4)実溶接施工を対象とした例のひとつとして、レーザー溶接時の高温割れ問題を採り上げ、割れの発生場所や長さが溶け込み形状により変化することを解析結果として明瞭に示している。
- (5)今ひとつの例として、大型鋼板の突合せ溶接における始末端割れを対象に、検討を行っている。実施工では、タブ板や仮付けが割れ防止のために設けられるが、提案手法を用いた解析により、これらの影響を明らかにするとともに、始端割れと、終端割れの差を発生条件の観点から明らかにしている。

以上のように、本論文は、従来の解析手法では予測が困難であった溶接高温割れの発生から進展、停止に至る全過程が解析できる温度依存型界面要素を提案し、その有効性を、実施工上の問題への適用を通して検証している。これらの成果は、船舶海洋工学、とりわけ船舶建造学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。