

| | |
|--------------|---|
| Title | 熱収縮法による溶接変形の簡易解析手法の構築とその実機適用に関する研究 |
| Author(s) | 村上, 寛企 |
| Citation | 大阪大学, 2022, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.18910/88049 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (村上 寛 企)

論文題名

熱収縮法による溶接変形の簡易解析手法の構築とその実機適用に関する研究

論文内容の要旨

ものづくりの高度化および合理化の流れを受けて、溶接構造物で生じる溶接変形を把握および制御することは非常に重要であるが、既存の溶接変形解析手法をそのまま適用するには、計算時間や解析上の設定に関する課題が残されている。本論文では、溶接変形の事前評価ツールとして実用的に使用可能な溶接変形解析手法の構築を目的とし、簡易解析手法である熱収縮法に着目した研究を実施した。熱収縮法の従来アプローチの課題を明確化するとともに、熱収縮法の入力データ設定方法論を構築し、構築した入力データ設定方法論による熱収縮法を多層溶接や実機構造物へ適用した結果についてまとめており、全7章で構成されている。

第1章では、溶接構造物やその製造工程において、溶接変形が及ぼす影響について述べるとともに、溶接変形の適切な予測・制御が必要であることを示した。溶接変形の解析手法として詳細な挙動を把握可能な熱弾塑性解析と簡易手法である固有ひずみ法を取り上げ、製品規模の大型構造物に適用する上でのこれらの手法の課題について整理した。整理した結果に基づいて、本研究の目的を明確にした。

第2章では、溶接変形の解析手法に関する従来研究について論じた。代表的な解析手法である熱弾塑性解析や固有ひずみ法を中心に、近年開発された熱収縮法の従来研究についても整理した。そこから、製品規模の大型構造物に対する溶接変形の予測・評価といった観点から簡易手法が有効であること、また、簡易手法の入力データとなるひずみの設定指針は必ずしも明確になっていないことに注目することにより、本研究の検討項目を明確にした。

第3章では、簡易解析手法である熱収縮法に着目した検討を実施した。熱収縮法の解析上必要となる入力データが収縮ひずみと収縮領域の2つであることを明確にした上で、現行の工学的なアプローチを用いて実機構造物を対象に熱収縮法による溶接変形評価を実施した。その結果、入力データを適正化できれば溶接変形の予測・評価手法としての熱収縮法の有用性が示唆された。一方で、入力データ設定の汎用的な設定指針が確立されていないことを課題として抽出した。

第4章では、熱収縮法の適正な入力データ設定に関して検討した。熱収縮法の入力データの設定値が、収縮ひずみを決める温度変化が1000℃、収縮領域を決める最高到達温度が500℃の場合に、種々の溶接条件において得られた溶接変形の測定結果と良好に一致することを示した。設定値の妥当性に関する考察の結果、熱収縮法は、実際の固有ひずみ分布を厳密に再現せずとも、角変形の駆動力となるモーメントが再現できれば、結果として得られる角変形を精度良く再現できることを明らかにした。

第5章では、熱収縮法の適用範囲拡大に向けて、第4章で確立した入力データ設定値を用いた熱収縮法による溶接変形解析を複数パス溶接(6パスの突合せ溶接)に応用し、その有用性について評価した。熱収縮法の解析結果として得られた各パス終了後の角変形は、実測値と良好に一致した他、熱弾塑性解析との比較により、各パス終了後における試験片全体の変位分布や横収縮に関しても良好に一致した。結果より、複数パス溶接においてもモーメントの考え方に基づく熱収縮法の適用が可能であることを示した。加えて、約10万節点、約9万要素の解析規模で、熱収縮法の解析時間は熱弾塑性解析と比較して約1/6であり、熱収縮法により計算時間を大幅に短縮可能であることを示した。

第6章では、製品規模の大型構造物に対する熱収縮法の適用性を評価することを目的に、40パスのすみ肉溶接を有する建設機械構造物を対象に検討した。熱収縮法の解析結果として得られた溶接後の変位分布は熱弾塑性解析結果と全体的に良く一致した。加えてサイドフレーム左側端部の各パス変位を比較した結果、ほとんどの溶接パスにおいて熱弾塑性解析結果と定量的に良く一致した。約170万節点、約130万要素の解析規模で、熱収縮法の解析時間は熱弾塑性解析と比較して約1/10であり、熱収縮法により計算時間を大幅に短縮可能であることを示した。

第7章では、本研究で得られた結果について総括しており、入力データ設定を構築した熱収縮法による溶接変形解析手法が、製品規模の大型溶接構造物においても実用的な時間かつ精度で溶接変形の予測・評価が可能であることについて言及した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 (村 上 寛 企) | | | |
|-----------------|-----|-----|-------|
| | (職) | 氏 名 | |
| 論文審査担当者 | 主 査 | 教授 | 望月 正人 |
| | 副 査 | 教授 | 大畑 充 |
| | 副 査 | 教授 | 三上 欣希 |
| | 副 査 | 准教授 | 岡野 成威 |

論文審査の結果の要旨

本論文では、設計段階における溶接変形の事前評価ツールとして実用的な溶接変形解析手法の開発を目的としている。溶接変形の代表的な解析手法として、熱弾塑性解析や固有ひずみ法などが挙げられ、大型溶接構造物を対象とした簡易シミュレーション手法である熱収縮法も近年開発されているが、これらの解析手法をそのまま実機構造物に適用するには、計算時間や解析上の設定に関する課題が残されている。本研究では、簡易シミュレーション手法である熱収縮法に着目し、熱収縮法の入力データ設定方法論を構築することによって、溶接条件によらない設定方法を確立している。確立した設定方法に関する考察の結果として、熱収縮法は、実際の固有ひずみ分布を厳密に再現せずとも、角変形の駆動力となるモーメントが再現できれば、結果として得られる角変形を精度良く再現できることを明らかにしている。確立した設定方法を複数パス溶接や実機構造物の例として建設機械構造物に適用しており、結果として得られる溶接変形と計算時間に関する評価を行っている。熱収縮法の解析結果として得られた溶接変形は、複数パス溶接や建設機械構造物に対しても従来手法である熱弾塑性解析結果と良好に一致しており、様々な構造物において適用可能であることを示している。また、計算時間に関しても熱弾塑性解析と比較して大幅に短縮できたことから、大型構造物においても実用的な計算時間で溶接変形を評価できることを示している。

第1章では、溶接構造物やその製造工程において、溶接変形が及ぼす影響について述べるとともに、溶接変形の適切な予測・制御が必要であることを示している。溶接変形の解析手法として詳細な挙動を把握可能な熱弾塑性解析と簡易手法である固有ひずみ法を取り上げ、製品規模の大型構造物に適用する上でのこれらの手法の課題について整理しており、それに基づいて、本研究の目的を明確にしている。

第2章では、溶接変形の解析手法に関する従来研究について論じている。代表的な解析手法である熱弾塑性解析や固有ひずみ法を中心に、近年開発された熱収縮法の従来研究に関して整理することで、製品規模の大型構造物に対する溶接変形の予測・評価といった観点から簡易手法が有効であること、また、簡易手法の入力データとなるひずみの設定指針は必ずしも明確になっていないことに注目することにより、本研究の検討項目を明確にしている。

第3章では、簡易解析手法である熱収縮法に着目した検討を実施している。熱収縮法の解析上必要となる入力データが収縮ひずみと収縮領域の2つであることを明確にした上で、現行の工学的なアプローチを用いて実機構造物を対象に熱収縮法による溶接変形を評価している。その結果、入力データを適正化することで溶接変形の予測・評価手法としての熱収縮法の有用性を明らかにしている。一方で、入力データ設定の汎用的な設定指針が確立されていないことを課題として抽出している。

第4章では、熱収縮法の適正な入力データ設定に関して検討している。熱収縮法の入力データの設定値が、収縮ひずみを決める温度変化が1000℃、収縮領域を決める最高到達温度が500℃の場合に、種々の溶接条件において得られた溶接変形の測定結果と良好に一致することを示している。設定値の妥当性に関する考察の結果、熱収縮法は、実

際の固有ひずみ分布を厳密に再現せずとも、角変形の駆動力となるモーメントが再現できれば、結果として得られる角変形を精度良く再現できることを明らかにしている。

第5章では、熱収縮法の適用範囲拡大に向けた検討を実施している。第4章で確立した入力データ設定値を用いた熱収縮法による溶接変形解析を複数パス溶接(6パスの突合せ溶接)に応用し、その有用性について評価しており、各パス終了後の角変形の実測値と熱収縮法の解析結果は良好に一致した他、比較対象として実施した熱弾塑性解析との比較により、各パス終了後試験片全体の変位分布や横収縮に関しても良好に一致することを示している。結果より、複数パス溶接においてもモーメントの考え方に基づく熱収縮法の適用が可能であることを示している。加えて、約10万節点、約9万要素の解析規模で、熱収縮法の解析時間は熱弾塑性解析と比較して約1/6であり、熱収縮法を活用することで計算時間を大幅に短縮可能であることを示している。

第6章では、製品規模の大型構造物に対する熱収縮法の適用性を評価することを目的に、40パスのすみ肉溶接を有する建設機械構造物を対象に検討している。熱収縮法の解析結果として得られた溶接後の変位分布が熱弾塑性解析の結果と全体的に良く一致していることに加えて、サイドフレーム左側端部の各パスの変位に関しても、ほとんどの溶接パスにおいて熱弾塑性解析結果と定量的に良く一致していることを示した。約170万節点、約130万要素の解析規模で、熱収縮法の解析時間は熱弾塑性解析と比較して約1/10であり、熱収縮法を活用することで計算時間を大幅に短縮可能であることを示している。

第7章では、本研究で得られた結果について総括しており、入力データ設定を構築した熱収縮法による溶接変形解析手法が、製品規模の大型溶接構造物においても実用的な時間かつ精度で溶接変形の予測・評価が可能であることについて言及している。

以上のように、本論文は、熱収縮法の入力データ設定方法論を構築することで、製品規模の大型溶接構造物に対して実用的な時間かつ精度で溶接変形の予測・評価が可能な解析手法を構築したものであり、学術的のみならず工業的にも重要な成果を有している。今後、設計段階における実機構造物の溶接変形の事前評価ツールとして熱収縮法が有用となることが期待される。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。