

理想化陽解法FEMを用いた船体二重底ブロック溶接組立の大規模変形解析

大阪府立大学大学院 工学研究科 海洋システム工学分野 柴原研究室 生島 一樹

船体ブロック組立における溶接変形

船体ブロックの溶接変形

- 溶接は船体の組み立てにおいて必要不可欠な接合技術
- 施工時に必ず変形が発生し問題となる場合がある

溶接変形の矯正

- 熟練作業者の経験に依存
- 多大なコスト・時間・労力



溶接変形を考慮した設計が必要

船体ブロックの溶接変形予測

大規模構造物の定量的溶接変形予測手法が必要

溶接変形予測手法

熱弾塑性解析¹⁾

- 溶接の過渡現象を再現
- 計算時間・メモリ消費量が膨大
- 大規模問題への適用が困難

本研究：理想化陽解法FEM

- 熱弾塑性解析の高速化・省メモリ化
- 大規模解析への適用

固有ひずみ法²⁾を用いた弾性解析

- 弾性解析
- 溶接継手・溶接条件毎の固有ひずみデータベースが必要

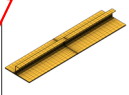
¹⁾ Y. Ueda, T. Yamakawa, Analysis of Thermal Elastic-Plastic Behavior of Metals during Welding by Finite Element Method, Journal of Japan Welding Society, 42(6), 567-577 (1972)

²⁾ 日本焊接学会編, 溶接継手の固有ひずみ法に基づく三次元弾塑性解析法, 日本造船学会, 1978, pp.25-31 (1978)

既往研究の解析規模

従来手法
(静的陰解法FEM)

数万要素程度
溶接継手



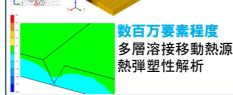
理想化陽解法FEM

百万要素程度
小規模構造物



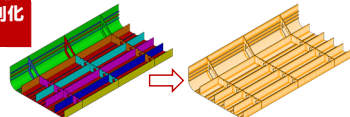
GPU並列化理想化陽解法FEM

数百万要素程度
多層溶接移動熱源
熱弾塑性解析



反復サブストラクチャ法 (ISM) を適用したGPU並列化理想化陽解法FEM

千万要素～
大規模構造物



大規模構造物の溶接組み立てに対して理想化陽解法FEMを適用

理想化陽解法FEMによる熱弾塑性解析

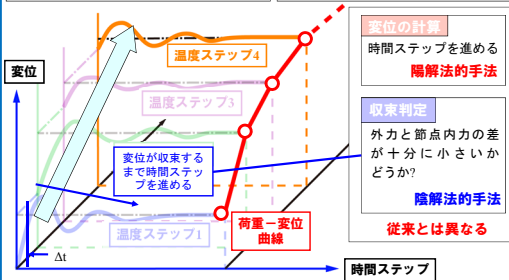
理想化陽解法FEMの概念

理想化陽解法FEM

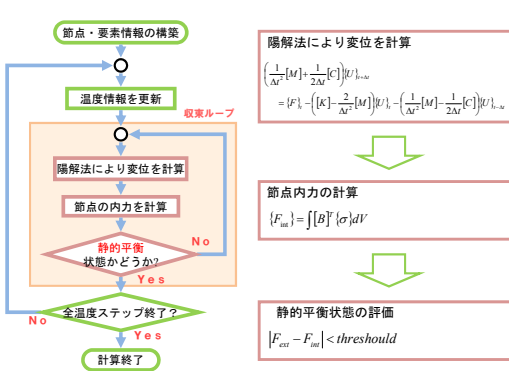
温度ステップにおいて変位が収束するまで時間ステップの計算を行い、**静的平衡状態**を得た後に次の温度ステップに進む

一般的な動的陽解法FEM

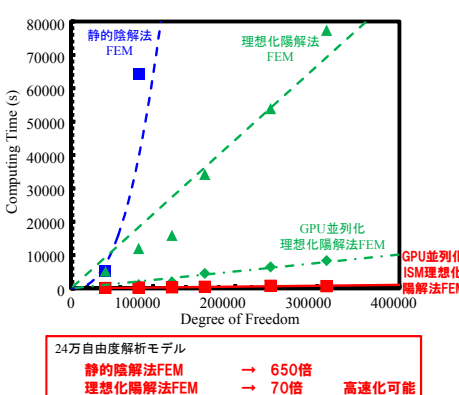
時間ステップを進めて変位を計算するのみで平衡状態への収束計算をしない(解析精度の悪化)



解析の流れ



計算時間の比較



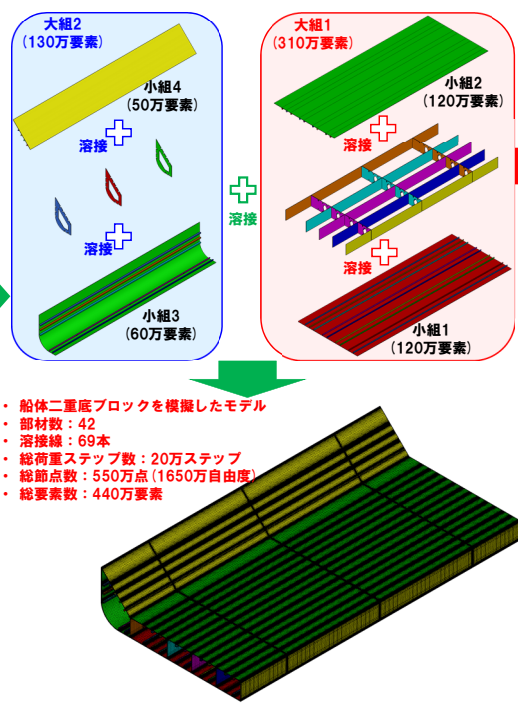
理想化陽解法FEMを用いることで大規模構造物の過渡の溶接変形・応力を高精度かつ高速・省メモリに解析可能

船体二重底ブロックの組み立て工程の解析

船体ブロック組立ての流れ



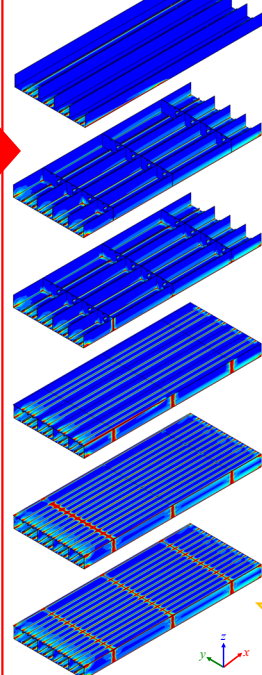
ブロック組立工程解析の流れ



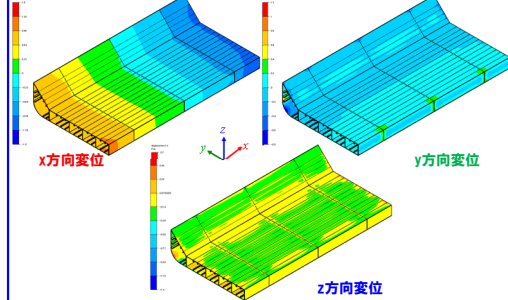
- 船体二重底ブロックを模擬したモデル
- 部材数: 42
- 溶接線: 69本
- 総荷重ステップ数: 20万ステップ
- 総節点数: 550万点 (1650万自由度)
- 総要素数: 440万要素

解析結果

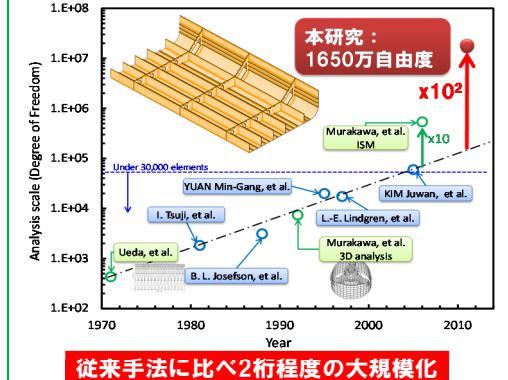
大組1組立の過渡解析結果 (相当応力分布)



最終変形分布



本解析の位置づけ



従来手法では不可能であった船体ブロック組み立て工程の溶接変形が解析可能

本研究のまとめ

- 船体二重底ブロックを模擬した溶接構造物の組み立て時における溶接変形の予測に対して、理想化陽解法FEMを適用した結果、理想化陽解法FEMが1000万自由度以上の超大規模非線形非定常熱弾塑性問題の解析が可能であり、溶接変形を考慮した大規模構造物の設計に応用できる可能性を示した。

今後の展開

- 切断からブロック搭載までの船体建造工程における一貫した熱変形予測手法の確立、並びに、計算技術に応用した船体建造システムの提案。
- 溶接残留変形を考慮した大規模船体座屈崩壊挙動解析への応用。