

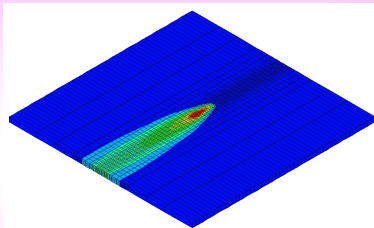
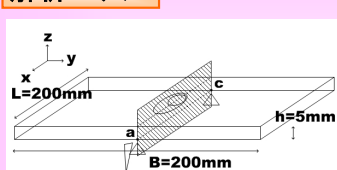
反復サブストラクチャー法を用いたFEMによる溶接変形の解析

大阪府立大学 正岡研究室 てんさい 秦 睦弥

研究概要

溶接問題の特徴は、トーチ付近のごく小さい領域のみが非線形挙動を示し(局所非線形性)、非線形領域がトーチとともに移動する点(移動非線形性)である。しかし、従来の計算方法を用いて溶接変形の熱弾塑性解析を行うと、モデル全体を非線形領域として解く必要があり、計算時間が非現実的に長くなる。そこで本研究ではモデルを線形領域と非線形領域に分離することにより、計算速度を高めた**反復サブストラクチャー法**を用いて、溶接変形の解析を行った。またこの手法の有用性についても検討を行った。さらに本研究では、提案手法を基礎的な溶接問題に応用することにより、溶接諸条件の影響について検討した。

解析モデル



解析条件

- 溶接速度: $v=5(\text{mm/sec})$
- 非線形領域判定基準: $300(^{\circ}\text{C})$ 以上の要素

要素数5550

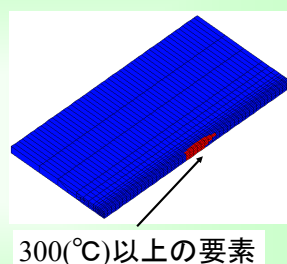
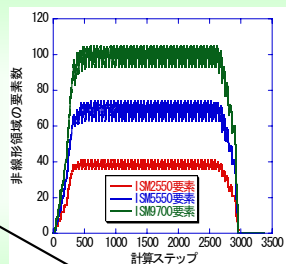
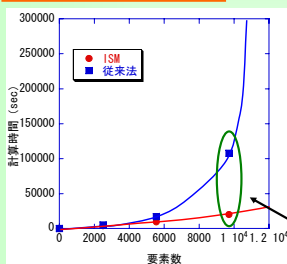
結論

- 反復サブストラクチャー法の導入により、10000要素程度の計算においては、計算時間が約1/5に短縮される。また応力および変位における誤差も非常に小さい事が分かった。
- 反復サブストラクチャー法を用いた解析の結果、横収縮、縦収縮および角変形について、実験結果とほぼ同様の傾向が得られた。特に横収縮、縦収縮においては、定量的にも良好に一致した。

反復サブストラクチャー法の概要

- 計算領域を**線形領域**と**非線形領域**に分離して計算を行う。
- 線形領域では剛性行列は不変であると仮定し、**前進消去は最初に一度だけ行う**ので、ステップごとの前進消去の計算時間が省ける。
- 非線形領域ではステップごとに剛性行列を更新し、前進消去と後退代入を繰り返すが、**計算領域が小さい**ため計算時間が短い。
- 線形領域と非線形領域の判定は要素温度および塑性状態によって行う。
- 境界における**変位は常に連続**するように設定し、**荷重の釣り合いを反復計算**により満足させる。

計算時間の検討



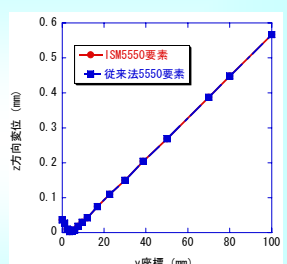
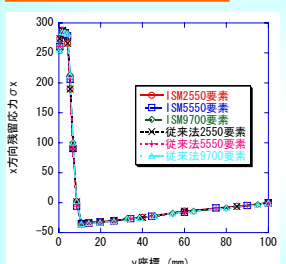
300($^{\circ}\text{C}$)以上の要素

要素数と計算時間の関係

計算時間が約1/5

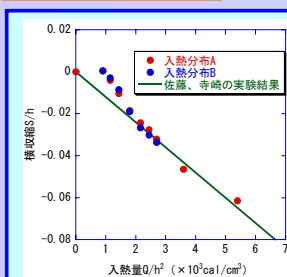
非線形領域要素

計算精度の検討

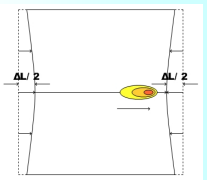


誤差が非常に小さい

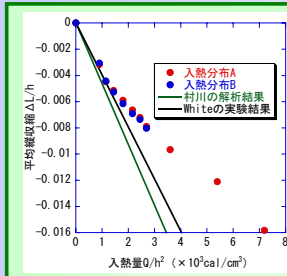
溶接変形の解析



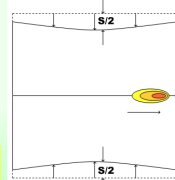
佐藤、寺崎の実験式と良好に一致



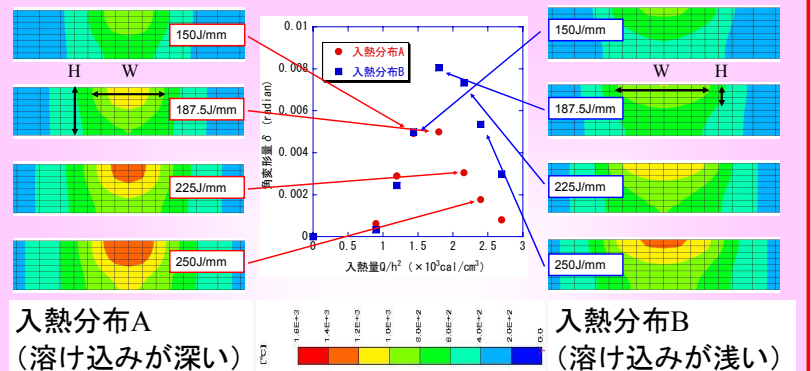
横収縮に及ぼす入熱量の影響



入熱が小さい時はWhiteの実験結果、村川の解析結果と良好に一致



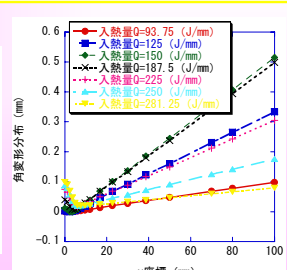
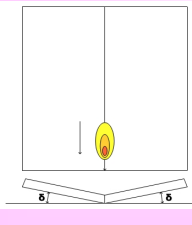
平均縦収縮に及ぼす入熱量の影響



入熱分布A (溶け込みが深い)

入熱分布B (溶け込みが浅い)

角変形に及ぼす入熱量の影響



力学的な溶融池(H/W)が小さいほど、最大角変形量が大きくなる傾向にある