

研究背景・目的

大型構造物・原子カプラント

厚板使用 → 多層溶接

複雑構造物 → 多パス溶接



泊発電所

相変態: 溶接変形や残留応力の発生に大きく影響する

溶接変形・残留応力

- 応力腐食割れの発生, 疲労亀裂
- 製品精度の悪化



FEM解析による事前評価が重要

研究目的

相変態を考慮したより正確な残留応力の解析手法の確立が求められる

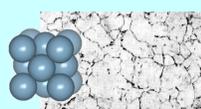
相変態の数値解析手法

相変態とは

相変態: 鋼や合金において, 同一元素の集合状態の異なる変化
特に冷却速度によって最終状態の物理的性質が変化

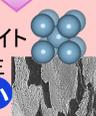
オーステナイト相

- ・面心立方格子構造
- ・比較的高温で生成
- ・収縮の変態ひずみ



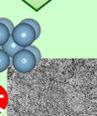
拡散変態

- ・パーライト, ベイナイト
- ・ゆっくり冷却→発生
- ・膨張変態ひずみ⊖



無拡散変態

- ・マルテンサイト
- ・急冷→発生
- ・膨張変態ひずみ⊕



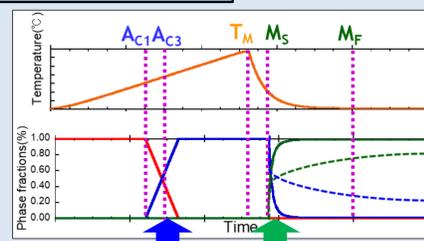
変態ひずみ

変態膨張ひずみ

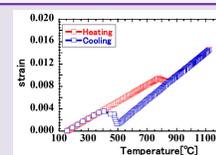
$$\Delta \varepsilon_{kl}^{tr} = \Delta \xi \cdot \varepsilon_{phase}^{tr} \cdot \delta_{kl}$$

- ・変態膨張ひずみは相変態に伴う体積変化
- ・冷却過程で収縮ひずみ
- ・加熱過程では膨張ひずみ

相変態モデル

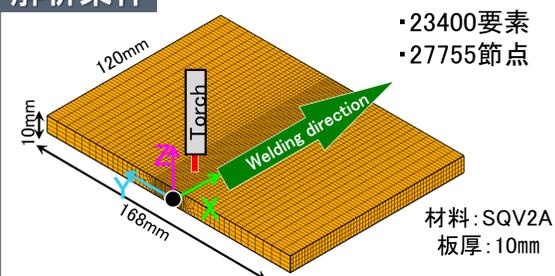


収縮の変態ひずみ 膨張の変態ひずみ
冷却に伴う相変態挙動を温度および時間に基づいてモデル化



相変態を考慮した残留応力解析

解析条件

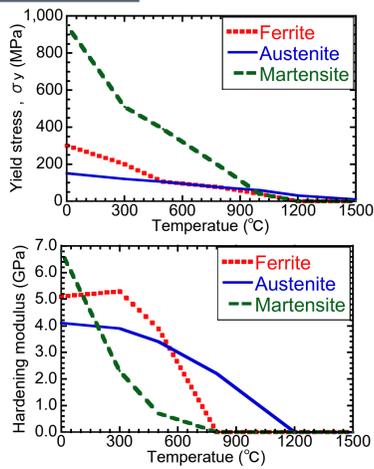


- ・23400要素
- ・27755節点

材料: SQV2A
板厚: 10mm

条件	実験値
電流 [A]	140.0
電圧 [V]	10.8
溶接速度 [mm/s]	1.0

材料定数

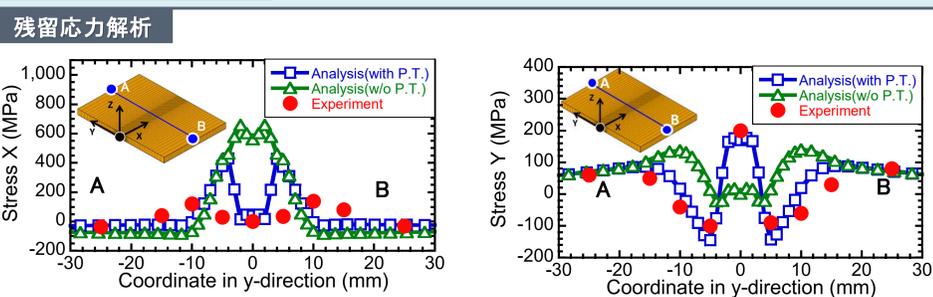


Steel	Ac1 (°C)	Ac3 (°C)	Ms (°C)	オーステナイト変態ひずみ: $\varepsilon_h^{\Delta V}$	マルテンサイト変態ひずみ: $\varepsilon_c^{\Delta V}$
SQV2A	775	850	500	-2.0×10^{-3}	4.0×10^{-3}

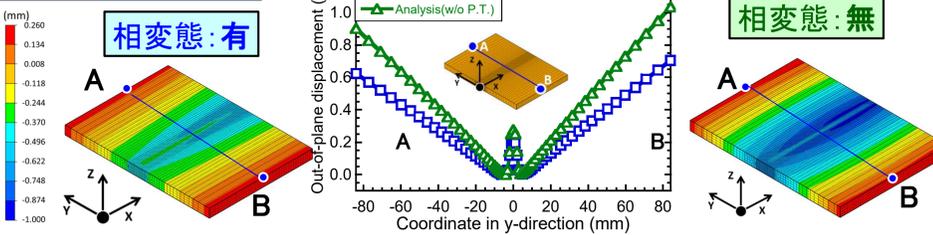
基礎的な試験体を対象に相変態モデルの妥当性の確認

ビードオンプレート解析結果

検証結果



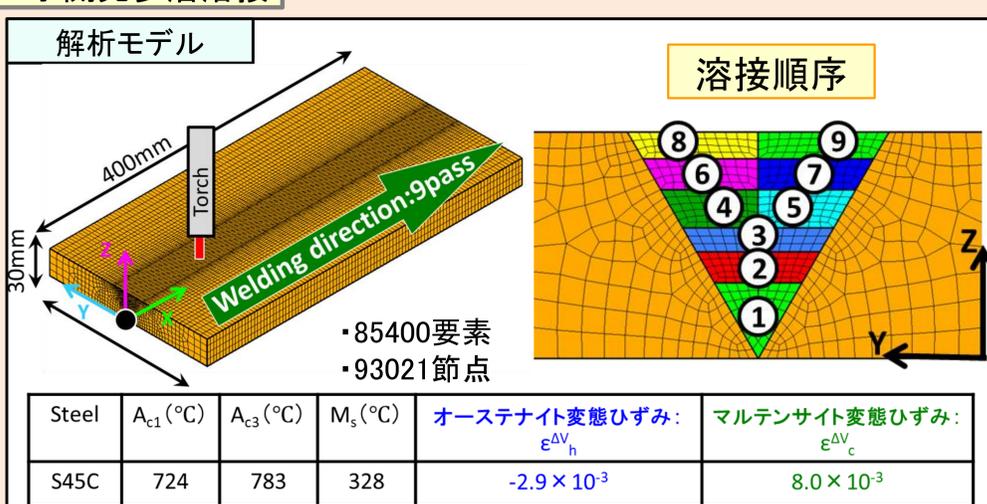
溶接変形解析



提案手法による解析結果と実験結果が良好に一致

多層溶接への適用結果

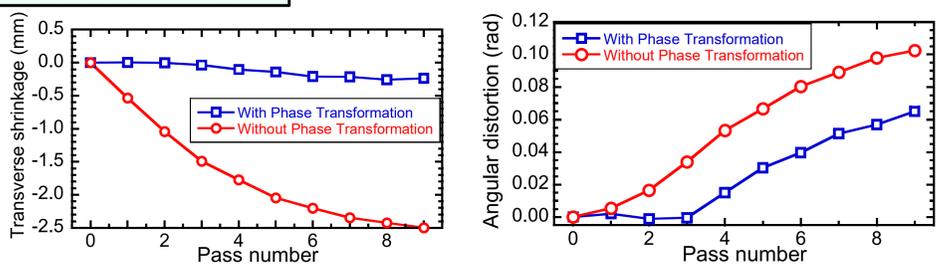
V字開先多層溶接



- ・85400要素
- ・93021節点

Steel	Ac1 (°C)	Ac3 (°C)	Ms (°C)	オーステナイト変態ひずみ: $\varepsilon_h^{\Delta V}$	マルテンサイト変態ひずみ: $\varepsilon_c^{\Delta V}$
S45C	724	783	328	-2.9×10^{-3}	8.0×10^{-3}

溶接変形の比較

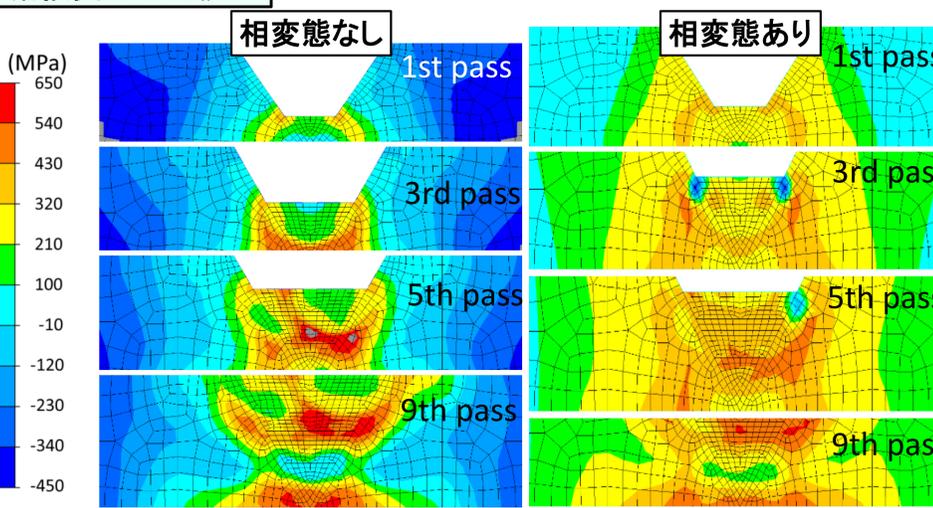


初パスから相変態の影響は大きい

4パス目以降は影響は小さい

溶接変形に対する相変態の影響は大きい

溶接変形の比較



相変態を考慮することによって引張応力のピークが減少

変態膨張による応力低減

相変態が溶接変形・残留応力に及ぼす影響について示した

結言

相変態を考慮しない数値解析と相変態を考慮した数値解析の結果を比較することで, 相変態が溶接変形・残留応力に及ぼす影響が大きいことが確認でき, マルテンサイト変態膨張による残留応力の低下を示した。