

MLPG(メッシュレス)法を用いた溶接ビード止端部に働く応力集中の解析

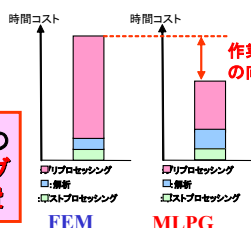
大阪府立大学大学院 工学研究科 航空宇宙海洋系専攻 正岡研究室 M1 有村翼

研究背景

近年、数値シミュレーション技術の進歩及びコンピュータの演算能力の向上に伴い、FEMによる構造解析は実用上十分な要素分割及び精度で解析可能となりつつある

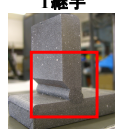
短所

メッシュ生成などの
プリプロセッシングに多くの時間を消費

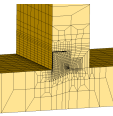


MLPG法

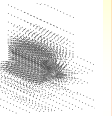
解析モデル例



FEM



MLPG



- バックグラウンドセルを必要としない完全なるメッシュレス解析法
- 要素・節点間のコネクティビリティ情報が不要

プリプロセッシング時間の短縮

FEMに代わる次世代構造解析法として期待される

研究の流れ

MLPG法を用いた弾性解析法プログラムを独自に開発

MLPG法を用いた弾性解析法の精度検証

研究目的

溶接ビード止端部に働く応力集中問題に適用することによりMLPG法の適用性について検討

MLPG法とFEMとの比較

	変位の近似関数の作成方法	領域積分
MLPG	移動最小二乗法等 (MLS)	評価点の近傍領域で積分
FEM	要素の節点変位から内挿	要素単位で積分

MLPG法による定式化

応力つりあい方程式

$$\sigma_{ij,j} + b_i = 0 \text{ in } \Omega$$

境界条件

$$\begin{cases} u_i = \bar{u}_i & \text{on } \Gamma_u \\ t_i = \sigma_{ij} n_j = \bar{t}_i & \text{on } \Gamma_t \end{cases}$$

重みつき残差法

$$\int_{\Omega_S} (\sigma_{ij,j} + b_i) v_i d\Omega - \alpha \int_{\Gamma_u} (u_i - \bar{u}_i) v_i d\Gamma = 0$$

弱形式化

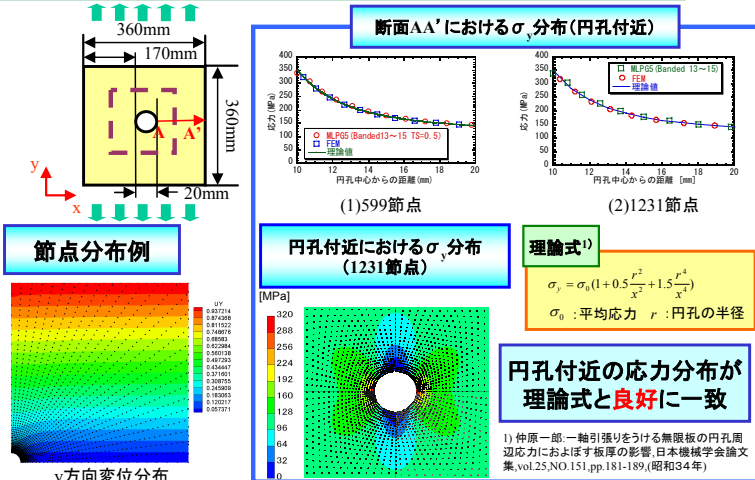
$$\int_{\Omega_S} t_i v_i d\Gamma + \int_{\Gamma_u} t_i v_i d\Gamma + \int_{\Gamma_t} \bar{t}_i v_i d\Gamma - \int_{\Omega_S} (\sigma_{ij,j} + b_i) v_i d\Omega - \alpha \int_{\Gamma_u} (u_i - \bar{u}_i) v_i d\Gamma = 0$$

整理

$$\sum_{j=1}^N K_{ij} u_j = f_i \text{ で整理}$$
$$K_{ij} = - \int_{\Omega_S} NDB^j d\Gamma - \int_{\Gamma_u} SNDB^j d\Gamma + \alpha \int_{\Gamma_u} S\Phi^j d\Gamma$$
$$f_i = \int_{\Omega_S} \bar{t}_i d\Gamma + \alpha \int_{\Gamma_u} \bar{u}_i d\Gamma + \int_{\Gamma_t} \bar{b}_i d\Omega$$

パラメータ:
N : 方向余弦 D : 応力-ひずみ関係マトリックス
Φ : 形状関数 B : 変位-ひずみ関係マトリックス

精度検証一円孔を有する帯板の引張試験一



溶接ビード止端部に働く応力集中の解析

解析結果

フランク角と曲率半径の定義

目的

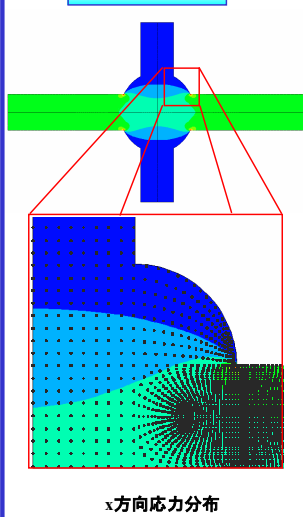
ビード止端部の応力状態を定量的に評価

二つの円弧で溶接ビード止端部のフランク角 θ 、曲率半径 ρ を定義

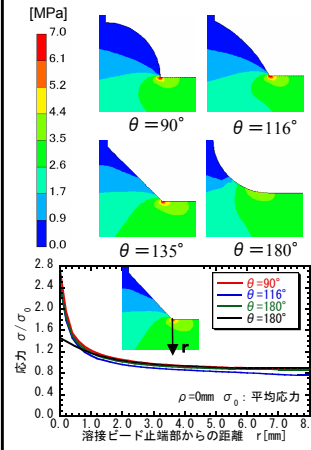
ρ : 溶接ビード止端部の曲率半径
 θ : 溶接ビード止端部のフランク角

解析対象および節点分布

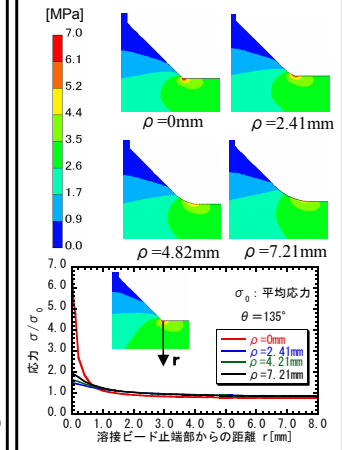
- 解析対象: 十字継手
- 境界条件・および寸法: 72mm, 8mm, 32mm, 8mm
- 対称性を考慮し1/4モデルを解析
- 節点分布: 溶接ビード止端部 節点を密に配置



溶接ビード止端部に及ぼすフランク角 θ の影響($\rho=0$)



溶接ビード止端部に及ぼす曲率半径 ρ の影響($\theta=135^\circ$)

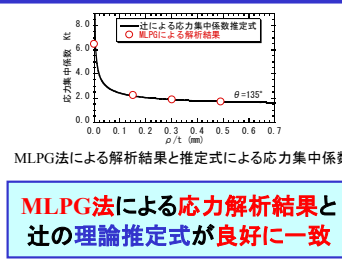


曲率半径 ρ ・フランク角 θ が小さくなるに従い応力集中が大きくなる

十字継手止端部の応力集中係数 K_t の推定式²⁾

$$K_t = 1 + \{ 1.348 + 0.397 \cdot \ln((t_2 + 2h_p)/t_1) \} \cdot Q^{0.467} \cdot f_\theta$$
$$Q = \frac{1}{2.8((t_2 + 2h)/t_1) - 2} \left(\frac{h}{\rho} \right) \quad f_\theta = \frac{1 - \exp\{-0.90\sqrt{(t_2 + 2h)/2h} \cdot \theta\}}{1 - \exp\{-0.90\sqrt{(t_2 + 2h)/2h} \cdot \pi/2\}}$$

2) 辻勇、比荷重伝達型すみ肉溶接継手の止端部の応力集中係数の推定式、西部造船学会報、(1990)



結言

- ・MLPG法による応力解析が実用上十分な精度で解析できることを確認した。
- ・本手法を溶接ビード止端部に働く応力集中問題に適用した結果、応力集中係数が辻等の理論推定式と良好に一致した。このことは、MLPG法の有用性を示唆するものである。

今後の展望

- ・要素分割が困難な複雑なモデルへの適用
- ・三次元MLPG法の開発
- ・MLPG熱弾塑性解析手法の開発