

(319) クリープモデルによる連鑄鑄片熱応力の解析

(連鑄々片熱応力解析用有限要素法の開発 (1))

新日本製鉄 (株)
生産技術研究所

○田中 純
有吉敏彦

1. 目的

連鑄々片の割れと冷却条件の関係を調査する目的で、連鑄々片の熱変形とそれに伴う応力を解析するシミュレーターを開発した。

2. 方法

仮想仕事の原理に基づく二次元有限要素法による。ただし変位・歪の変換は、要素内の変位 $(\delta) = (u, v)$ を、節点の変位 $\delta_i, \delta_j, \delta_A, \delta_L$ の一次結合、

$$\{\delta\} = \begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \varphi_i & 0 & \varphi_j & 0 & \varphi_A & 0 & \varphi_L & 0 \\ 0 & \varphi_i & 0 & \varphi_j & 0 & \varphi_A & 0 & \varphi_L \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_i \\ \delta_j \\ \delta_A \\ \delta_L \end{Bmatrix} \quad (1)$$

で表わされるよう、荷重函数 $\varphi_m = a_m + b_m x + c_m y + d_m xy$ を求め、鑄片進行方向の伸びと反りを $(K) = (K_0, K_x, K_y)$ と置いて、

$$\begin{Bmatrix} \tau_{xy} \\ \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \partial u / \partial y + \partial v / \partial x \\ \partial u / \partial x \\ \partial v / \partial y \\ K_0 + K_x(x+u) + K_y(y+v) \end{Bmatrix} = [B_i B_j B_A B_L B_\rho] \begin{Bmatrix} \delta_i \\ \delta_j \\ \delta_A \\ \delta_L \\ k \end{Bmatrix} = [B] \{\delta\} \quad (2)$$

$$B_m = \begin{bmatrix} c_m + d_m x & b_m + d_m y \\ b_m + d_m y & 0 \\ 0 & c_m + d_m x \\ K_x & K_y \end{bmatrix} \quad m = i, j, A, L \quad B_\rho = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & x & y \end{bmatrix}$$

として矯正時の変形に対処した。溶鋼静圧は未凝固部の応力(静圧)から $[B]^T \{\sigma\}$ より節点反力として得られる。凝固部はマックスウェル体として取扱い、変位速度を時間で積分する。なお、クリープの粘性係数は、

$$\eta = \frac{\alpha}{E} (\frac{\bar{\sigma}}{S_y} - 1) \quad \bar{\sigma} > S_y \quad \bar{\sigma}; \text{相当応力} \\ = 0 \quad \bar{\sigma} \leq S_y \quad S_y; \text{降伏応力} \\ E; \text{弾性率} \quad (3)$$

として塑性変形をシミュレートした、 α は精度と計算時間の兼ね合いで決める。Fig. 2 の計算例のように、反復法や増分法⁽¹⁾と異なり、30%程度の大きな変形に対しても、安定な計算ができる。

3. 計算例

Fig. 1 は連鑄鑄型内での熱応力におよぼす形状の影響、Fig. 2 は円柱の圧縮時の応力を計算した例。

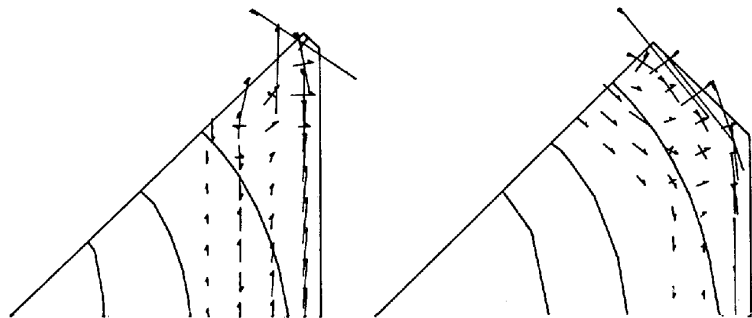


Fig. 1 Stress distribution of solidified shell in CC mold

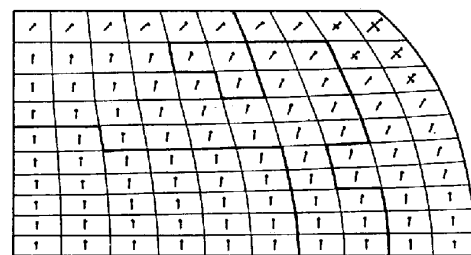


Fig. 2 Stress distribution when cylinder Compressed

〔文献〕 (1) 有吉ら ; 第 31 回塑性加工連合会講演会 (1980), P195