539.388.22　　　　'80—S19

PS—18 非硬化剛塑性体の二次元圧延における変形効率の計算

東京大学　工学部　　木原諄二
佐久田博司

1．緒言　　従来，圧延プロセスの数値解析としては，スラブ法，エネルギー法などの様々な試みがなされてきた。しかし，それから導き出せるのは，圧下力であり，トルクを主体としたものは，ほとんど無かった。そこで，本報告においては，圧下力関数に対するところのトルク関数を導出することに主眼をおくことにした。

2．理論　　Lee・小林らは，完全剛塑性体の塑性変形において，次の関数Φが速度場V_iの正解に対して極小値をとるという考えに基づき，汎関数を作った。

(2-1)　$$\Phi = \int_V \bar{\sigma}\cdot\dot{\bar{\varepsilon}}\,dV - \int_S F_i V_i\,dS$$

本研究では，さらに，拘束条件をLagrangeの未定乗数を使って，拡大汎関数を定義する。

(2-2)　$$\Phi^a = \dot{W}_I + \dot{W}_F - \dot{P} + \lambda V$$

(2-3)　$$\dot{W}_I = \sum_i \bar{\sigma}\cdot\dot{\bar{\varepsilon}}\,V_i$$ （材料内部のひずみによる仕事）

(2-4)　$$\dot{W}_F = mk\sum_j l_j\,|R\dot{\omega} - v_j|$$ （ロールー材料間の摩擦仕事）

(2-5)　$$\dot{P} = \sum_j \tau_j l_j R\dot{\omega} = mk\sum_{j=0}^{K} l_j R\dot{\omega} - mk\sum_{j=K+1}^{N} l_j R\dot{\omega}$$ （ロールの仕事）

(2-6)　$$V = \sum_i \bar{\sigma}\,\dot{\varepsilon}\,V_i$$ （各要素の体積の総和＝一定）

Φ^aを節点速度$\{\delta\}$の全体に対して極小にするためには，次の様にせねばならない。

(2-7)　$$\partial\Phi^a/\partial\{\delta\} = \sum_i(\partial\dot{\pi}_i/\partial\{\delta\}_i) = 0$$

この方程式は，非線型連立方程式なので，Newton-Raphson法によって解を求める。

(2-8)　$$\frac{\partial^2\dot{\pi}(\delta_{(n)})}{\partial\delta_i\,\partial\delta_j}\{\Delta\delta\} = -\left\{\frac{\partial\dot{\pi}(\delta_{(n)})}{\partial\delta}\right\}$$

(2-9)　$$\{\delta_{(n+1)}\} = \{\delta_n\} + \{\Delta\delta\}$$

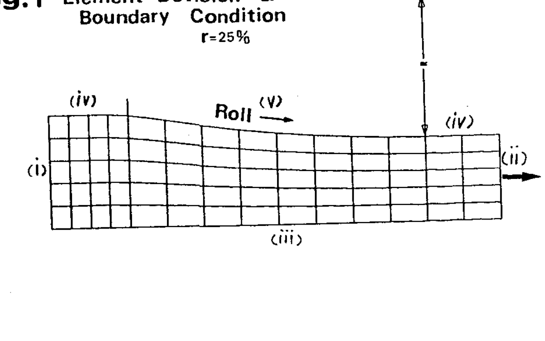
- $\bar{\sigma}$：相等応力
- $\dot{\bar{\varepsilon}}$：相等ひずみ速度
- F_i：面力
- m：摩擦率
- k：剪断降伏応力
- R：ロール半径
- $\dot{\omega}$：ロール角速度
- v_j：材料のロールに沿った速度
- l_j：要素のロールに沿った長さ
- K：ロールに固定された要素数
- N：ロールに接触する要素数
- $\sum_i$：全要素についての総和
- T：トルク
- f：先進率
- r：圧下率
- h_1：出口材料厚さ
- h_m：平均 〃
- ld：接触長さ

3．境界条件　　以上の解を得るアルゴリズムに対して，境界条件は次の様に設定する。(i)入口境界……節点速度$\{\delta\}$一定，(ii)出口境界……(i)に同じ．但し入口側とMass Balanceをとる，(iii)対称中心軸……$\{\delta\}_{NORMAL}=0$，$\tau_{xy}=0$，(iv)外表面……$\bar{\sigma}=0$，$\{\delta\}_{NORMAL}=0$，(v)ロールとの接触部……入側は．3次関数近似，また，ロールに固定する材料の．要素の数は．最小のトルク関数を与えるものを選ぶ。ここでトルク関数は

(3-1)　$$Q_T = -\frac{T}{2k\ln(1-r)Rh_1(1+f)}$$

である。

Fig.1 Element Devision & Boundary Condition r=25%



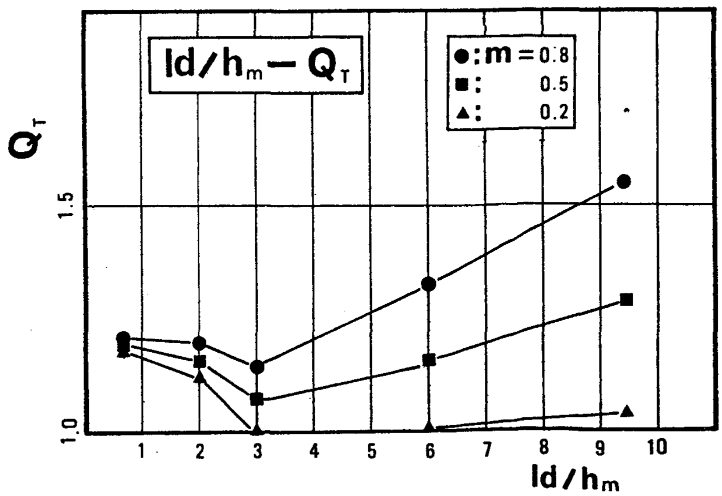


Fig. 2