

(262) 剪断変形をも考慮した梁理論利用による連铸々片バルジングの動的解析計算法

新日本製鐵(株) 基礎研究所 ○松宮 徹 中村 泰

緒言：近年，鋳片が移動する点を重視したバルジングの動的解法が梁理論を応用して展開されているが^{1,2)}境界条件に問題があり，同解法を隣接するロール区間にも適用すると，ロール直上で変形応力が ∞ となり，またモーメントの均衡がとれない。そこで，これらを改善する様境界条件を改め，また，クリープ歪の他に弾性歪をも考慮した解法をたてた。さらに，凝固殻横断面に作用する剪断応力による変形をも加味した。ロール区間に亘り凝固殻厚・温度分布，溶鋼圧とも一定とみなし，鋳片幅中央でのバルジングを一次元梁の変形と考へて解析した。

方法：ロール・鋳片接触点($X=0, L$)でモーメント M は均衡しなければならぬから， $M=M_1-P(X-L/2)^2 \dots (1)$ (M_1 ：未知の定数， P ：静圧， X ：引抜方向座標， L ：ロールピッチ)が成り立つ。 M による弾性変形，クリープ変形がそれぞれ単独に生じた時の梁の曲線を $1/\zeta_e, 1/\zeta_c$ とすると両変形が同時に生じた時の梁の曲線 $1/\zeta$ を $1/\zeta=1/\zeta_e+1/\zeta_c \dots (2)$ と近似する。 $\zeta_e, d(1/\zeta_e)/dx$ は宮沢ら¹⁾と同様に求める。 $d(1/\zeta_c)/dx$ を積分し $1/\zeta_c$ を求める。これらを梁の変形式 $d^2\delta/dx^2=1/\zeta$ に用い，2回積分して梁の変位 δ を求める。以上の積分での3つの積分定数及び， M_1 が未知数であるが，それを以下の4つの境界条件より決める：①，② $X=0$ と $X=L$ で $\delta=0$ ，③ $d\delta/dx$ が $X=0$ と L で同じ，④ $d^2\delta/dx^2$ が $X=0$ と L で同じ。次に弾性曲げの中立軸($y=y_0^e, y$ ：凝固殻厚方向座標， $y=0$ が鋳片表面)での剪断応力 τ を(3)式より求め $\tau=P(L/2-X)\int_0^y E(y-y_0^e)dy/I_E \dots (3)$ (I_E ：¹⁾を参考)，(4)式に代入して，剪断応力による弾性変形を求める。 $d\delta^s/dx=-\tau/G \dots (4)$ (G ：剪断弾性係数)。 $X=0$ で $\delta^s=0$ とする。クリープ変形については $\sigma_y(y$ 方向応力) ≈ 0 とし，クリープ曲げの中立軸($y=y_0^c$)では $\sigma_x(x$ 方向応力) $=0$ を考慮し，またそれ以外の所では， $\sigma_x \gg \tau$ とみなし，クリープ変形速度を計算した。幅方向の拘束については平面歪と平面応力の2通りを考えた。von Misesの降伏説を用いた。以上の条件より，クリープ変形による $y=y_0^c$ の剪断応力を平面応力の場合について計算すると， $\tau_c=P(L/2-X)/I_c \int \alpha(T)^{-1/m}(y_0^c-y)^{1/m}dy \dots (5)^*$ となり，剪断歪速度は $\dot{\gamma}_c=\alpha(T)\sqrt{3}^{m+1}|\tau_c|^{m-1}\tau_c \dots (6)$ となる。これを(7)式に代入して剪断力によるクリープ変形を求めた。 $d^2\delta^s/dx^2=-\dot{\gamma}_c/V \dots (7)$ (V ：引抜速度)。 $Z=0$ と L で $\delta^s=0$ であることより積分定数を定めた。計算においては一軸クリープ試験の結果から $\sigma-\dot{\epsilon}$ の関係を $\sigma=\alpha(T)\dot{\epsilon}^m$ と表わして用いた。また弾性係数は宮下ら⁴⁾の値を用いた。結果：凝固厚が 10 cm で表面温度 1000°C ，固液界面で 1500°C とし，その間は直線的な温度分布をなす場合， $P=8\text{ kg/cm}$ の時の結果を図示する。 L が大きくなるにつれクリープ変形が支配的となり，バルジングの非対称が著しくなる。また，平面歪と平面応力での差が大きくなる。 L が小さくなるにつれ，剪断変形の寄与は大きくなり， $L=28\text{ cm}$ では約5割となる。

* I_c ：¹⁾を参考

文献 1) K. Miyazawa et al. : Ironmaking & Steelmaking, 6 (79), 68. 2) A. Palmaers et al. : Stahl u Eisen, 99 (79), 1039. 3) 松宮ら：未発表。 4) 宮下ら：鉄と鋼, 63 (77), S562

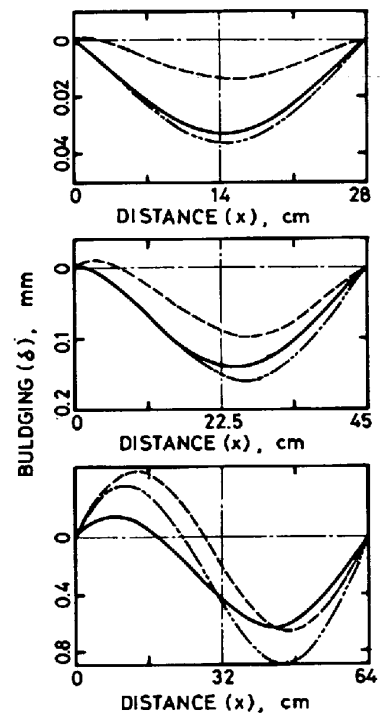


図 バルジング変形

(--- : 曲げ変形のみ・平面応力, - · - : 剪断変形考慮・平面応力, — : 剪断変形考慮・平面歪)