

$$\cdot \sin(\varphi + \varphi_0) - (V_s' + V_0') \cos(\varphi + \varphi_0) \Big] = T_s + M_{\omega}' + N \left[\left\{ y_s \cdot y_s \right\} \sin(\varphi + \varphi_0) \right] + K(\varphi + \varphi_0) + m_{\omega} \quad (10)$$

$$\cdot (U_s' + U_0') - (V_s' + V_0') x_s \Big\} \cos(\varphi + \varphi_0) + \left\{ (U_s' + U_0') x_s + (V_s' + V_0') \varphi = C_T \text{ または } n \bar{M}_{\omega} = M_{\omega} \right. \quad (11)$$

線形弾性体を対象とし, (x, y) 座標として主座標を用いると断面力と変位の間には次式が成立する。

$$N = \int_A \sigma_x dA = EA \tilde{w}_c' + \frac{1}{2} EG_p (\varphi'^2 + 2\varphi'\varphi_0') \quad (12) \quad \cdot \sin(\varphi + \varphi_0) \Big] (\varphi' + \varphi_0') - \left\{ (y_s U_0' - x_s V_0') \cos \varphi_0 \right.$$

$$M_y = - \int_A \sigma_x x dA = EI_y \tilde{w}_c'' - \frac{1}{2} EI_{pg} (\varphi'^2 + 2\varphi'\varphi_0') \quad (13) \quad + (x_s U_0' + y_s V_0') \sin \varphi_0 \Big\} \varphi_0' \quad (16)$$

$$M_x = \int_A \sigma_x y dA = -EI_x \tilde{w}_c'' + \frac{1}{2} EI_{px} (\varphi'^2 + 2\varphi'\varphi_0') \quad (14) \quad \tilde{w}_c' = (U_s' + U_0') \cos(\varphi + \varphi_0) + (V_s' + V_0') \sin(\varphi + \varphi_0)$$

$$M_{\omega} = \int_A \sigma_x \omega_n dA = -EI_{\omega} \varphi'' + \frac{1}{2} EI_{p\omega} (\varphi'^2 + 2\varphi'\varphi_0') \quad (15) \quad - U_0' \cos \varphi_0 - V_0' \sin \varphi_0 \quad (17)$$

$$\tilde{w}_c' = w_c' + \frac{1}{2} (U_s'^2 + 2U_s'U_0' + V_s'^2 + 2V_s'V_0') + \left\{ \left\{ y_s (U_s' + U_0') \right. \right. \quad \tilde{w}_c'' = (V_s' + V_0') \cos(\varphi + \varphi_0) - (U_s' + U_0') \sin(\varphi + \varphi_0)$$

$$- x_s (V_s' + V_0') \Big\} \cos(\varphi + \varphi_0) + \left\{ x_s (U_s' + U_0') + y_s (V_s' + V_0') \right\} \quad - V_0' \cos \varphi_0 + U_0' \sin \varphi_0 \quad (18)$$

3. 数値計算例

式(1)~(18)を与えられた荷重条件および境界条件のもとに直接解くことは不可能に近いので, 面内荷重が支配的な場合について解析を行なう。数値計算は求めた基礎方程式を $V > U_0$, $\varphi_0 \gg u$, $\varphi, V_0 = 0$ なる条件を用いて1階の常微分方程式系に表現し, 伝達マトリックス法により行う。

図-1は $1/1000$ なる sin 形の初期変形を有する3種の単純ばりに等曲げが作用する場合の弾性限界作用モーメントを示す。図では φ_0 の方が u_0 より危険側となる。図-2は, 等曲げ単純支持, $\varphi_0 = 0$ を例に, 伝達マトリックス法 (sin の半波) および近似解法 (sin の半波と放物線) による荷重・変形挙動の差異を示す。また, $u \rightarrow \infty$ なる荷重を初期不整ばりの座屈荷重と定義すると次式をえる。

$$M_E^{\oplus} = \sqrt{\frac{I_x}{I_x - I_y} \frac{\pi^2 EI_y}{L^2} \left(GK_T + \frac{\pi^2 EI_{\omega}}{L^2} \right)} \quad U_0: \text{sin の半波長} \quad M_E^{\oplus} = \sqrt{\frac{I_x}{I_x - I_y} \frac{\pi^2 EI_y}{L^2} \left(GK_T + \frac{\pi^2 EI_{\omega}}{L^2} - \frac{64 EI_x U_0^2}{L^2 \pi^2} \right)} \quad U_0: \text{放物線} \quad (19)$$

今後, 初期変形の形状による強度の相異と断面の塑性化を考慮した解析へと研究を進めたい。

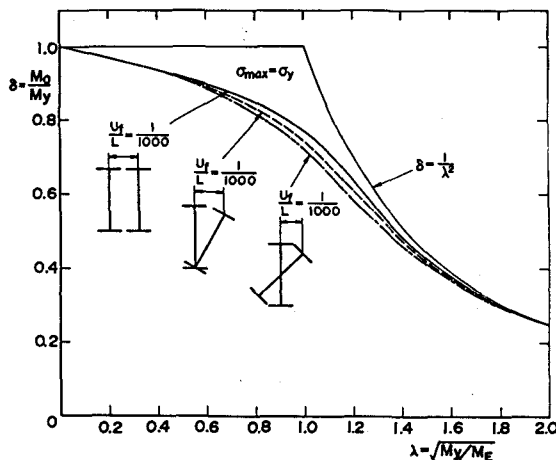


Fig. 1 Approximate Ultimate Strength Curves

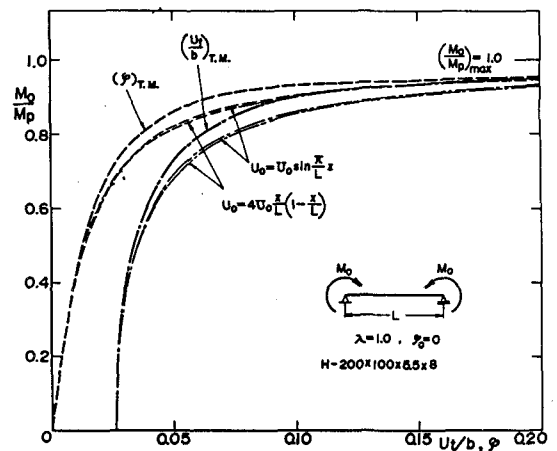


Fig. 2 Deflection Analysis of Beams

1) 西野文雄, 他: 軸力と曲げおよびねじりを受ける薄肉断面部材, 土木学会論文報告集, No. 225, pp. 23~31.