

名古屋工業大学大学院 学生員 〇竹村雅人
 名古屋工業大学 正員 長谷川肇夫
 名古屋工業大学 正員 松浦聖

都市高速道路の発達に伴い、曲線橋が非常に多く用いられている。しかし、その設計には直線材の断面量がそのまま用いられている場合が多い。本報告では、曲線材の断面量において曲率を考慮し、その影響について定量的に調べる。対象とする断面は、Fig. 1 に示すようなI形、□形、箱形の3つの断面である。

直線材での断面量と曲率を考慮した断面量及びその比は、次のように与えられる¹⁾。

$$\begin{aligned} I_{xx}^S &= \int x^2 dA & I_{xx}^C &= \int \frac{r_c}{r} x^2 dA & \bar{I}_{xx} &= I_{xx}^C / I_{xx}^S \\ I_{yy}^S &= \int y^2 dA & I_{yy}^C &= \int \frac{r_c}{r} y^2 dA & \bar{I}_{yy} &= I_{yy}^C / I_{yy}^S \\ I_{\omega\omega}^S &= \int \omega^2 dA & I_{\omega\omega}^C &= \int \frac{r_s}{r} \omega^2 dA & \bar{I}_{\omega\omega} &= I_{\omega\omega}^C / I_{\omega\omega}^S \\ J^S &= \int \theta^2 dA & J^C &= \int \frac{r_s}{r} \theta^2 dA & \bar{J} &= J^C / J^S \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、上添字Sは直線材、Cは曲線材での値、()はそれらの比を表す。また、 ω 、 θ は文献1)に従う。

たとえば、I形断面でのその比は解析的に求めると次のように計算される。

$$\begin{aligned} \bar{I}_{xx} &= \frac{2 t_f (-b x_D r_c - b r_c^2 + r_c^3 \log \frac{r_D + b/2}{r_D - b/2}) + \frac{h t_w x_D^2 r_c}{r_D}}{b^3 t_f} \\ \bar{I}_{yy} &= \frac{r_c \left(\frac{h^2 t_w}{12 r_D} + \frac{t_f h^2}{2} \log \frac{r_D + b/2}{r_D - b/2} \right)}{\frac{h^2 t_w}{12} + \frac{b h^2 t_f}{2}} \\ \bar{I}_{\omega\omega} &= \frac{\left(\frac{r_s}{r_c} \right)^5 \left\{ \frac{r_c}{r} \omega_c^2 dA - \left(\frac{r_s}{r_c} \right)^4 x_D \left(\frac{r_c}{r} \omega_c \theta dA \right) \right\}}{\frac{b^3 h^2 t_f}{24}} \\ \bar{J} &= \frac{r_s^3 \left[\frac{2 b t_f^2 r_D}{3 (r_D^2 - b^2/4)} + \frac{h t_w^2}{3 r_D^2} + \frac{3 h t_w}{80 r_D^3} \right]}{\frac{2 b t_f^2}{3} + \frac{h t_w^2}{3}} \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、

$$x_D = \frac{-2 b t_f + 2 r_D t_f \log \frac{r_D + b/2}{r_D - b/2}}{\frac{h t_w}{r_D} + 2 t_f \log \frac{r_D + b/2}{r_D - b/2}}, \quad r_c = r_D - x_D$$

$$x_S = \frac{\int \frac{r_c}{r} \omega_c \theta dA}{I_{yy} - \frac{1}{r_c} \int \frac{r_c}{r} \omega_c \theta dA}, \quad r_s = r_c + x_S$$

$$\int \frac{r_c}{r} \omega_c \theta dA = r_c^2 \left[t_f \left(\frac{h^2}{2} \log \frac{r_D + b/2}{r_D - b/2} - \frac{b h^2}{2 r_D} + \frac{x_D b h^2}{2 r_D^2} \right) + \frac{x_D h^2 t_w}{12 r_D^2} \right]$$

$$\int \frac{r_c}{r} \omega_c^2 dA = r_c^3 \left[t_f \left(\frac{h^2}{2} \log \frac{r_D + b/2}{r_D - b/2} - \frac{b h^2}{2 r_D} + \frac{x_D^2 b h^2}{2 r_D^3} \right) + \frac{x_D^2 h^2 t_w}{12 r_D^3} \right] \quad (3)$$

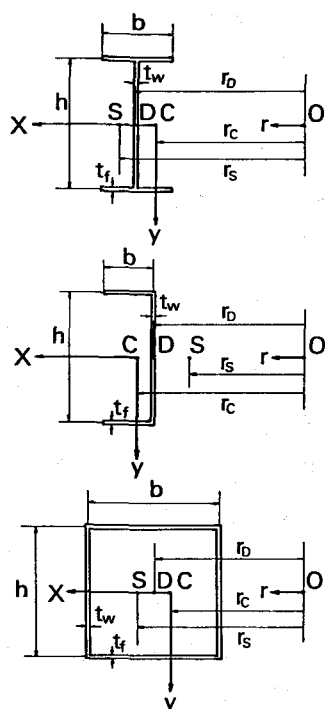


Fig. 1 各断面の座標系と基準点

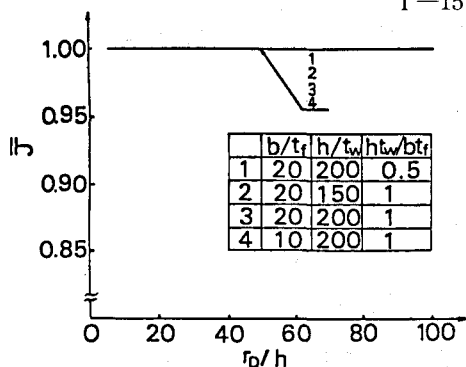
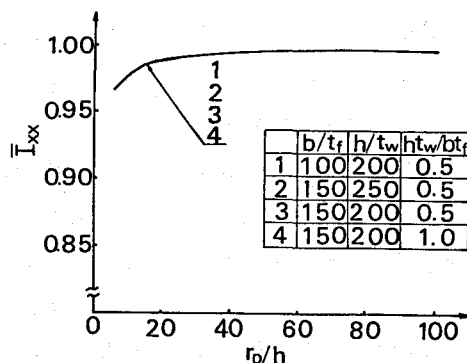
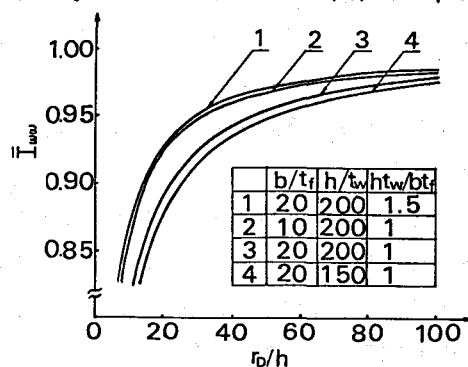
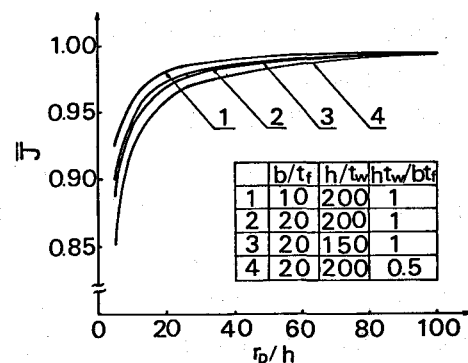
Fig.1 及び式(1~3)において用いた記号は次のとおりである。
 ω_c : 中立点でのそり関数 $\omega = \frac{r_s^2}{r_c^2} \omega_c - \frac{r_s}{r_c} \gamma x_s$
 O: 曲率中心, C: 断面の中立点, S: 断面のせん断中心, D: Fig.1に示す各断面の基準点, r_c : C点の曲率半径, r_s : S点の曲率半径, r_b : D点の曲率半径, x_b : D点のx座標, x_s : S点のx座標
 □形, 箱形断面についても同じように, 解析的な表現を誘導することができる。

式(2)等を用いて, 実用曲線材で問題となる r_b/h が15~100 程度の曲線材について, フランジの幅厚比 b/t_f , ウェブの幅厚比 h/t_w , ウェブとフランジの断面積比を実用的に変化させて計算した結果の例を Fig. 2~5 に示す。I形断面の断面量の例として $\bar{I}$ と r_b/h との関係を図. 2 に示す。 $\bar{I}$ の値はほぼ1で, 曲率による影響が全く無いと考えてよい。

Fig. 3 は箱形断面での $\bar{I}_{xx}$ と r_b/h との関係を示す。曲率の影響が若干見られるが, 実用的にはほとんど無いと判断される。Fig. 4, 5 は, □形断面での $\bar{I}_{\omega\omega}$ と r_b/h , $\bar{I}$ と r_b/h の関係を示す。 $\bar{I}_{\omega\omega}$ と $\bar{I}$ は, r_b/h が大きくなるに連れて1に漸近し, 幅厚比や断面積比の影響も少なくなる。 r_b/h が小さくなると, その値は徐々に小さくなり, 幅厚比や断面積比の影響もでてくる。 $\bar{I}_{\omega\omega}$ については, 曲率の大きさによる影響が大きく, r_b/h が30~40で5%程度あり, r_b/h が100程度で2~3%違っている。また, 幅厚比や断面積比による影響も2~5%程度でている。 $\bar{I}$ については, $\bar{I}_{\omega\omega}$ ほどではないが2~3%の影響がでている。他の断面量については省略するが, 計算の結果によれば Fig. 2, 3 の例と同様に曲率による影響はほとんど無い。

ここに示した計算例を含む全ての断面と断面量に関する数値的検討の結果から, □形断面のように2軸対称でない断面を用いる場合には, ねじれに関する量 $\bar{I}_{\omega\omega}$, $\bar{I}$ において曲率の大きさによる影響がかなり生じ, 断面の幅厚比や断面積比による影響も無視し得ないことがあるので, それらの値については実用設計上注意する必要がある。

〈参考文献〉 1) 西野文雄・深沢泰晴: ひずみ場の仮定に基づく薄肉曲がりばりの静的挙動の定式化, 土木学会論文報告集第247号, pp. 9~19, 1976-3

Fig.2 I形断面の $\bar{I}$ と r_b/h との関係Fig.3 箱形断面の $\bar{I}_{xx}$ と r_b/h との関係Fig.4 □形断面の $\bar{I}_{\omega\omega}$ と r_b/h との関係Fig.5 □形断面の $\bar{I}$ と r_b/h との関係