

局所荷重を受ける鋼桁の座屈解析

名城大学理工学部 学生 張 耿輔
名城大学理工学部 フェロー 久保 全弘

1. まえがき

プレートガーダーの無補剛パネルに局所荷重が作用した場合の座屈解析を汎用有限要素法解析プログラム MSC/NASTRAN for Windows を用いて行い、弾性座屈荷重に及ぼすフランジの影響を調べ、その評価法について報告する。

2. 数値解析

図-1 に示す上フランジ面に局所荷重を受ける鋼 I 形断面桁を対象に、腹板厚 $t_w=9\text{mm}$ と $t_f=22\text{mm}$ を一定にして、腹板の幅厚比 d_w/t_w 、フランジの幅厚比 $b_f/(2t_f)$ 、アスペクト比 $\alpha=b_w/d_w$ および載荷幅比 c/d_w を多様に変化させて数値計算する。解析は MSC/NASTRAN プログラムの 4 節点四角形シェル要素を用いて行い、図-2 に示す (a) 腹板モデル：フランジがない場合の四辺単純支持の腹板パネル、(b) 鋼桁モデル：両側垂直補剛材取付け位置で単純支持されたフランジ付き部分桁の 2 種類に対して行う。要素分割は、腹板の高さ方向に 20 等分、幅方向に 20 等分、およびフランジの長さ方向に 20 等分、幅方向に 4 等分を標準にアスペクト比により適宜変化させた。

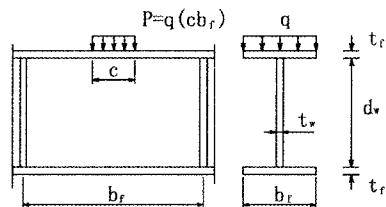


図-1 局所荷重を受ける鋼 I 形断面桁

3. 解析結果

図-3 は、アスペクト比 $\alpha=1$ 、載荷幅比 $c/d_w=0.2$ を一定にして、腹板とフランジの幅厚比 d_w/t_w 、 $b_f/(2t_f)$ を変化させた場合の結果であり、縦軸にフランジがない (a) 腹板モデルの場合の座屈荷重 $(P_{cr})_{b_f=0}$ を基準にした荷重比 δ_p を用いて描いてある。荷重はフランジ幅が変化しても全幅に等分布させてある。この図から、フランジの有無によって座屈荷重は大きく変化することがわかる。腹板の幅厚比が小さいほど荷重増加が大きく、 $b_f/d_w=0.2$ 程度のフランジ幅より大きくなると緩やかに上昇している。

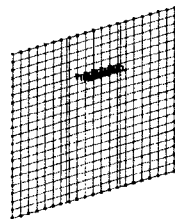
横軸に腹板の幅厚比 d_w/t_w をとって示すと、図-4 のようになる。プレートガーダーにおける実用のフランジの幅厚比では、荷重比は $\delta_p=2\sim 2.5$ の範囲で d_w/t_w の増大につれて緩やかに低下する。

図-5 は、アスペクト比 α と載荷幅比 c/d_w の相違による座屈荷重の変化を求めたものであり、 c/d_w の影響は $1.0 < \alpha < 2.0$ の範囲ではあまりみられない。これに対し、 α による変化は大きく、 α が増加すると c/b_w が小さくなり座屈荷重比 δ_p は上昇するものと思われる。

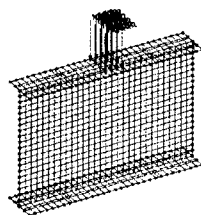
鋼桁諸元と載荷幅 $c/d_w=0.2$ を一定にして、フランジの幅方向の分布幅比 b_q/b_f の相違を調べると、図-6 のように $b_q/b_f \geq 0.2$ であれば $b_q/b_f=0$ ：線荷重より 3% ほど大きいだけでほとんど影響がないとみなすことができる。

4. 考察

鋼桁のフランジを考慮した座屈荷重 P_{cr} を評価する方法を検討する。図-3、4 から座屈荷重比 δ_p は、フランジの幅厚比に比例し、腹板の幅厚比に反比例して変化する。また、アスペクト比 $\alpha=b_w/d_w$ に比例して変



(a) 腹板モデル



(b) 鋼桁モデル

図-2 解析モデル

化するので、次式のように評価する。

$$P_{cr} = \delta_\alpha \delta_\beta (P_{cr})_{b_f=0} \quad (1)$$

ここに、 $(P_{cr})_{b_f=0}$: フランジのない腹板パネルの座屈荷重、 δ_α はアスペクト比 $\alpha = b_w/d_w$ の修正係数および δ_β はフランジと腹板の幅厚比 $b_f/(2t_f)$ 、 d_w/t_w の修正係数であり、次式のような断面パラメータを用いて一つの変数で表す。

$$\beta = \lambda_{pf} / \lambda_{pw} \quad (2)$$

ここに、フランジの幅厚比パラメータは、圧縮による座屈係数 $k_f = 0.43$ を用いて

$$\lambda_{pf} = 1.064 [b_f/2t_f] \sqrt{\sigma_Y/E} \quad (3)$$

σ_Y は降伏応力、 E はヤング率である。そして、腹板の幅厚比パラメータは、アスペクト比 $\alpha = a/2$ のせん断パネルと考える

$$\lambda_{pw} = 1.052 / \sqrt{k_s} (d_w/t_w) \sqrt{\sigma_Y/E} \quad (4)$$

で与える。ここに、せん断座屈係数は次式から求める。

$$\alpha \leq 2: k_s = 4 + 10.68/\alpha^2 \quad (5a)$$

$$\alpha > 2: k_s = 5.34 + 8/\alpha^2 \quad (5b)$$

図-7 は、横軸に β をとって図-3 に示す $\alpha=1$ 、 $c/d_w=0.2$ の場合の曲線を描いたものであり、フランジと腹板の幅厚比が変化しても良くまとめて表現できる。

次に、断面パラメータを $d_w/t_w=150$ 、 $b_f/(2t_f)=10$: $\beta=0.511$ と一定にして、 $(P_{cr})_{\alpha=1}$: $\alpha=1$ 、 $c/d_w=0.2$ を基準にアスペクト比の影響を調べると図-8 のようになり、載荷幅比とほとんど無関係にまとめて表現できる。両図から式(1)の修正係数として、次式が求められる。

$$\delta_\alpha = -0.293 \alpha^3 + 1.104 \alpha^2 - 1.039 \alpha + 1.228 \quad (6)$$

$$\delta_\beta = 3.565 \beta^5 - 16.066 \beta^4 + 27.516 \beta^3 - 22.211 \beta^2 + 8.872 \beta + 1 \quad (7)$$

5. あとがき

鋼桁パネルの局所荷重に対する弾性座屈荷重に及ぼすフランジの影響を調べ、その評価法を提案した。腹板パネルの座屈荷重 $(P_{cr})_{b_f=0}$ の精度良い算定式が与えられれば、本提案式が利用できると思われる。

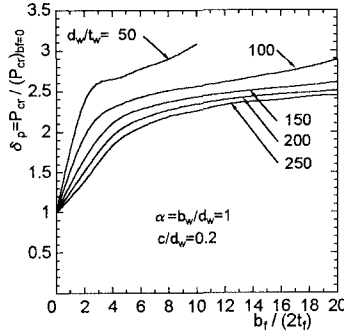


図-3 フランジ幅の影響

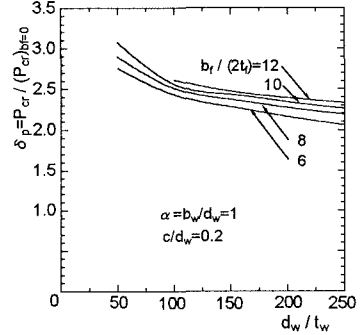


図-4 腹板高さの影響

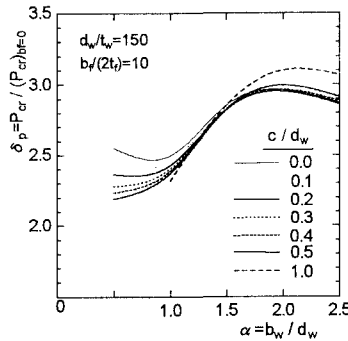


図-5 アスペクト比と
載荷幅の影響

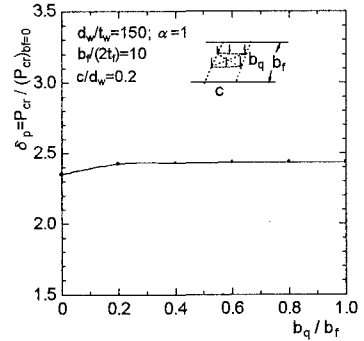


図-6 荷重の分布幅の影響

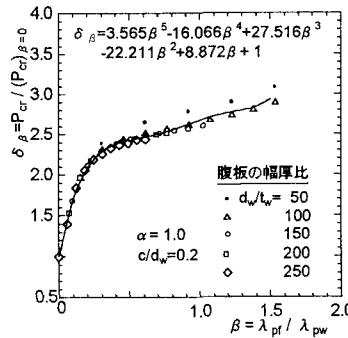


図-7 断面の修正係数

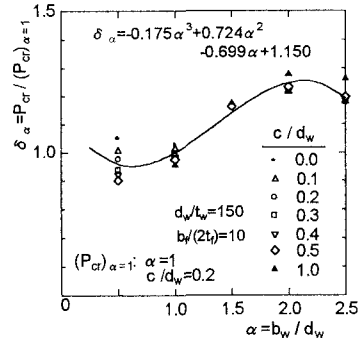


図-8 アスペクト比の
修正係数