

秋田高専 正員 堀江 保
秋田大学 正員 薄木 征三

1. はじめに 我々は、これまで箱形のフランジ有効幅に影響を及ぼす種々の因子について検討してきた。その結果、スパン長に対するフランジ幅の比 b/l の他に、フランジ幅とウェブ高の比およびそれらの厚さの比等もかなり影響を及ぼす場合があることが認められた。本報告では、さらに縦リブの影響を検討するために、任意寸法および任意本数のリブを等間隔に配置した2軸対称単断面モデルを想定し、著者らの展開したshear lagを考慮したはり理論による有効幅の求め方を示すとともに数値計算例を報告する。

2. 理論式 shear lagを考慮したはり理論よりフランジ上の軸応力分布は次式のように誘導される。

$$\sigma = \sigma_B \left\{ 1 + \frac{U_s''}{U_B''} \left(1 + \frac{J_y}{k D_{yy}} B_x \right) \right\} \quad \text{--- (1)}$$

σ_B : 従来のはり理論による軸応力
 U_B : 曲げによるたわみ U_s : せん断によるたわみ

J_y は断面2次モーメント、 D_{yy} , B_x は各々新しい断面量および座標で、(4)式および(5)式に本法で用いるそれらとともに定義を示す。本法では種々の桁形式に対し等価スパンを用いることとし桁モデルは単純桁のみと考え荷重状態として次の2つの場合を考えた。各々の場合に対し、(1)式中の U_s''/U_B'' は次式で与えられる。

$$\text{等分布荷重荷重} \quad \frac{U_s''}{U_B''} = \frac{8(n-1)}{(kl)^2} \left(1 - \frac{1}{\cosh \frac{kl}{2}} \right) \quad \text{--- (2a)} \quad n = \frac{1}{1 - K_{yy}^2 / (J_y \cdot R_{yy})} \quad \text{--- (3a)}$$

$$\text{桁中央に集中荷重作用} \quad \frac{U_s''}{U_B''} = \frac{2(n-1)}{(kl)} \tanh \frac{kl}{2} \quad \text{--- (2b)} \quad k^2 = \frac{G}{E} n \frac{D_{yy}}{R_{yy}} \quad \text{--- (3b)}$$

(3)式に含まれる断面量は(4)式のように定義され、また(4)式中の座標 S_x , B_x は(5)式のように定義した。

$$\left. \begin{aligned} J_y &= \int_A x^2 dF & D_{yy} &= \int_A \left(\frac{S_x}{k} \right)^2 dF \\ K_{yy} &= \int_A x \cdot B_x dF & R_{yy} &= \int_A (B_x)^2 dF \end{aligned} \right\} \quad \text{(4) a-d}$$

$$\left. \begin{aligned} S_x &= \int_{s_1}^s x \cdot t ds \\ B_x &= \int_{s_1}^s \frac{S_x}{k} ds \end{aligned} \right\} \quad \text{(5) a, b}$$

3. 有効幅の求め方 ここでは、図-1に示すような任意寸法および任意本数の縦リブがフランジ上で等間隔に配置された箱形モデルを対象に有効幅の求め方を示す。図-2はフランジ部分を拡大したものであるが、 S 座標は各部分の肉厚中心線に沿ってとった座標で、リブ部分では自由縁を、また、フランジ部分では各リブ間の左端を $S=0$ としてゐる。リブは厚さ t_0 、長さ l の寸法を持ち、全フランジ幅を I 等分するよう配置すると各区間幅 $b_0 = (2b)/I$ 、リブ本数 $N = I-1$ となる。任意の i 区間の S_x , B_x 座標を S_x^i , B_x^i と表わすと(5)式の定義より次式のようになる。

$$S_x^i = t_f h s + t_f a_i \quad B_x^i = \frac{1}{2} h (S^2 - b_0^2) + (S - b_0) a_i + B_i \quad \text{(6) a, b}$$

$$a_i = (i-1) \left(h b_0 + \frac{S_s}{t_f} \right) - \left(h b + \frac{S_s}{2 t_f} N \right) \quad S_s = A_0 h'$$

A_0 : リブ1個の断面積 B_i : 各区間の $S = b_0$ における B_x の値

(4)式の新しく定義した断面量は、これらの座標によって表わせる。例えば、フランジ上の D_{yy} は次式のように表示できる。

$$D_{yy} = \int_A \left(\frac{S_x}{k} \right)^2 dF = \sum_{i=1}^I D_{yy}^i \quad D_{yy}^i = \int_0^{b_0} \left(\frac{S_x^i}{t_f} \right)^2 t_f ds \quad \text{--- (7) a, b}$$

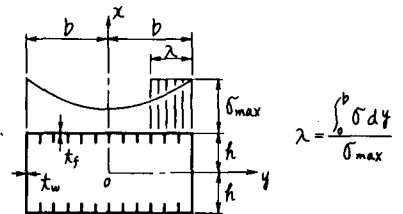
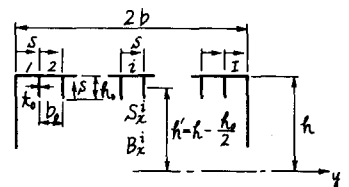


図-1 対象とした箱形断面モデル



t_0 : リブ厚 l : リブ長 b_0 : リブ間隔
 k : 全断面の図心からリブの図心までの距離

図-2 縦リブ寸法および座標

S_x 座標, B_x 座標を例示すれば図-3に示すようになる。図には各
 縦リブ部分の分布を示していないが、フランジとの接合部において S_x
 座標値は各フランジ区間の差の値, B_x 座標値は接合部のフランジ上
 の値と等しい値になっている。 S_x 座標, B_x 座標は各々せん断応力,
 軸応力に関係しており、特にこの B_x 座標を軸応力式に含めこむによ
 り本理論で shear lag を評価できることがわかる。有効幅は (1) 式を
 図-1 に示す定義式に代入して求められるが、その際、分子の B_x 座
 標の積分は次のようにして求められる。

$$\int_0^b B_x dy = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^I \bar{B}_x \quad \bar{B}_x = \int_0^{b_i} B_x^i ds \quad \text{--- (8) a, b}$$

また、 $\sigma_{\max}$ はウェブとの接合部の軸応力を示し、その点の B_x 座
 標を (1) 式に代入することにより求められる。

4. 数値計算例 縦リブの有効幅に及ぼす影響として I.D.R.¹⁾ お
 よびその後の BS 5400²⁾ では、縦リブ断面積のフランジ断面積に対
 する比 $\alpha = \bar{A}_0 / (b \cdot t_f)$ をパラメーターにしている ($\bar{A}_0$ は幅 b 区
 間の縦リブ断面積)。この規定は有限要素法の結果に基づいており³⁾、
 それを示したのが図-4の△印である。その計算に用いた断面では
 リブ厚 t_o のみを変化させることにより α が変わるよう他の寸法を選
 んでいる。図の破線のようにこれらは直線で結ばれ、したがって規
 定では $\alpha = 0.0$ と $\alpha = 1.0$ の有効幅比を表で与え、中間値は直線補
 間を求めることとしている。同じようにして本法で種々の b/l に
 対し計算したのが図の○印であり、実線で示すようほぼ直線関係を
 示す。レガレながら、この α をパラメーターとして採用するには他
 の断面形状、リア寸法およびリブ本数に対し、 α を一定とした時同
 一の有効幅値を持つ必要がある。ここでは $b/l = 1 \sim 3$, $t_f/t_w = 1 \sim 3$,
 $h_o/h = 0.05 \sim 0.2$ の範囲内で計算してみた。図-5は、図に示す
 断面に対し λ/b (有効幅比) と b/l の関係を示したものである。図
 より両荷重状態とも $\alpha = 1.0$ と固定してリブ長さ h_o の寸法によりか
 なるの差異が認められる。I.D.R. では、これら2本の曲線間の領域
 を破線で示す1本の曲線で補っているといえ、分布荷重の場合本法
 の下限値にほぼ一致しているものの、集中荷重の場合にはもはや1本
 の曲線では補えないように思われる。集中荷重の場合、図の例では
 $b/l \neq 0.1$ 以上でリブなしの方が有効幅が小さくなってきているが、
 $b/l = 3.0$, $t_f/t_w = 1.0$ の断面ではリブ付きの方が小さくなる
 結果が得られた。本法では、 b/l , t_f/t_w , α , h_o/h をパラメ
 ーターにとっており、実橋等で用いられるこれらの値の検討が必要
 であるが α のみで縦リブの影響を表わすのは無理なように思われる。

参考文献 1) Interim Design and Workmanship Rules

2) BS 5400, Part 3 Under Rough Draft 3) Moffatt, Dowling:

Parametric study on the shear lag phenomenon in steel box girder bridge, SESLIC Report, BG/17

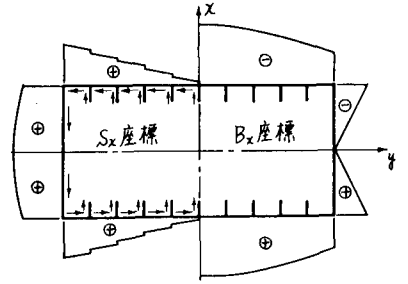


図-3 S_x 座標および B_x 座標

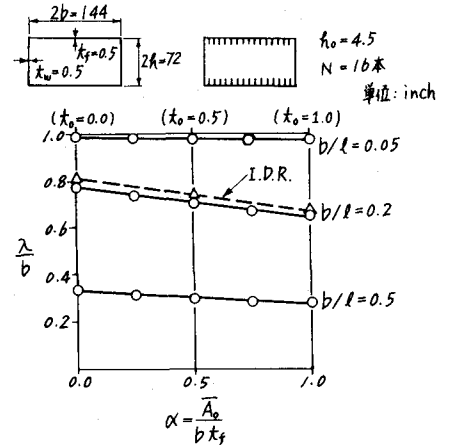


図-4 I.D.R. のパラメーター

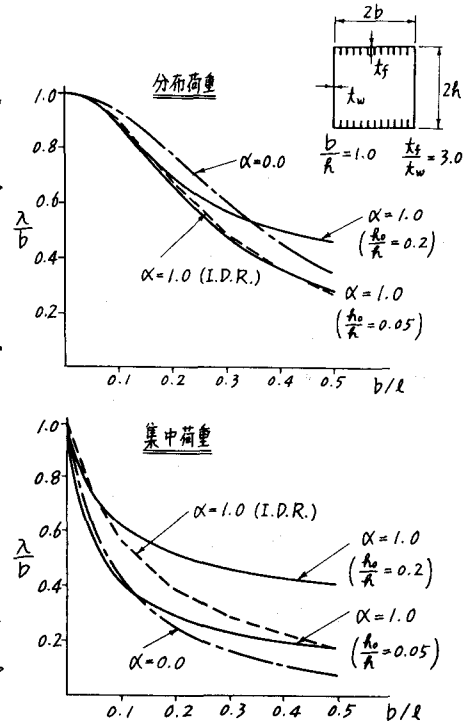


図-5 縦リブの影響