

Chap. 11 板とスラブ

11.1. フランジの有効幅

例題 11.1-1 セン断遅れと有効幅（道示関連，鋼橋編，フランジの有効幅）

道路橋示方書（鋼橋編）の 10.3.5 フランジの有効幅では，図 11.1-1-1 に示すように，鋼げたのフランジ幅 b に対する有効幅 λ がけたの等価支間長 l に対応して，以下のように与えられている．

$$\begin{aligned} \lambda &= b && (b/l \leq 0.05) \\ &= [1.1 - 2(b/l)]b && (0.05 \leq b/l \leq 0.30) \\ &= 0.15l && (0.30 \leq b/l) \end{aligned} \tag{11.1-1-1}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= b && (b/l \leq 0.02) \\ &= [1.06 - 3.22(b/l) + 4.5(b/l)^2]b && (0.02 \leq b/l \leq 0.30) \\ &= 0.15l && (0.30 \leq b/l) \end{aligned} \tag{11.1-1-2}$$

ここに，

λ : 図 11.1-1-1 に示す支間部，または張り出し部の各有効幅 ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$)

b : 同図に示す主げたの間隔の 1/2 (b_2, b_3)，またはフランジ突出幅 (b_1, b_2)

l : 単純げたまたは片持ちげたと見なしたときの支間長（等価支間長と呼んでいる）

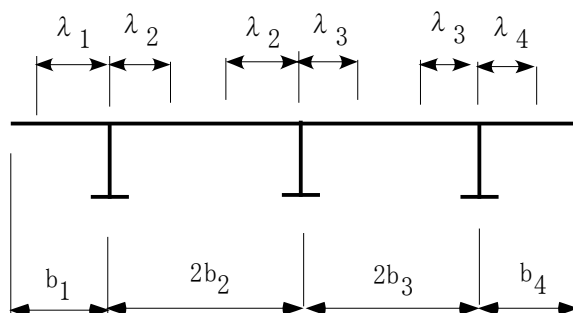


図 11.1-1-1 フランジの有効幅

以上の有効幅 λ はどのような定義に基づいているのかを述べ，ついで等価支間長はどのような理由で定められたのかを示せ．

解答

幅の広いフランジを有する桁が曲げを受けた場合には，フランジの応力は桁の取り付け部から離れるに

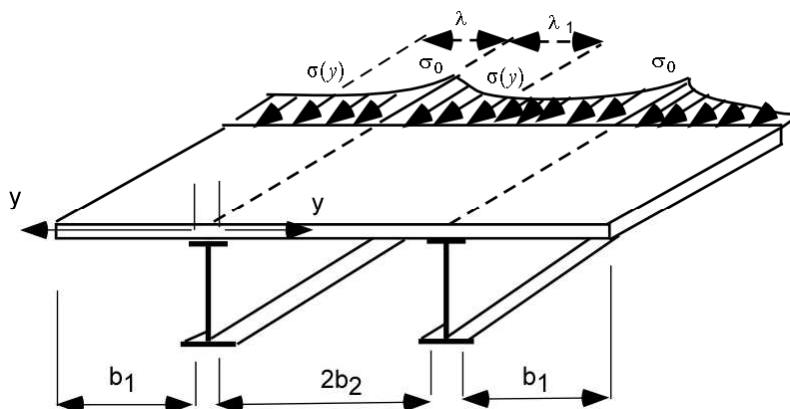


図 11.1-1-2 セン断遅れと有効幅

したがって応力が減少する（せん断遅れと呼ばれている）ことがよく知られている．ここでの有効幅 λ はせん断遅れ現象を考慮して一様な応力を受ける等価な幅として以下のように定義されたものである．

$$\lambda = \frac{\int_0^b \sigma(y) dy}{\sigma_0} \quad (11.1-1-3)$$

ここに、 $\sigma(y)$ は、図 11.1-1-2 に示すように、フランジ応力の桁直角方向での分布を意味しており、 σ_0 はけたとの接続部でのフランジ応力である．すなわち、 λ は σ_0 が幅方向に一様に分布するとしたときの等価な片側フランジ幅を意味している．

式(11.1-1-3)の λ の算定は、フランジ面内のせん断遅れ問題の解析に他ならなく、荷重分布、フランジ端部の支持条件やけた断面の形状にも影響され、煩雑な解析が必要になる．しかしながら、前述の示方書では、最大曲げモーメントの位置に着目し、けたは等断面と仮定し、曲げモーメント分布のみによって式(11.1-1-3)の算定を行っている．すなわち、フランジ厚はけた高に比べて十分に小さく、フランジの曲げ剛性を無視し、図 11.1-1-3 に示すように、フランジは面内力のみを受ける平面応力問題として取り扱っている．この場合の基礎方程式は

$$\frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} = 0 \quad (11.1-1-4)$$

ここに、 ϕ は Airy の応力関数であり、面内応力と以下の関係にある．

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \phi}{\partial x \partial y} \quad (11.1-1-5)$$

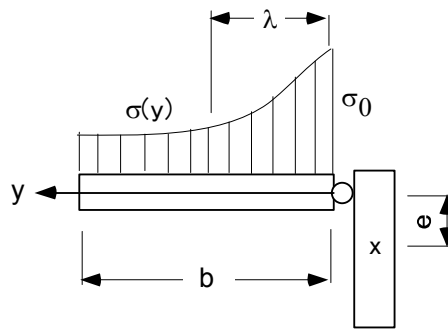


図 11.1-1-3 平面応力問題としての取り扱い

けたの曲げモーメント分布が荷重分布に依存し多様であるが、代表的な分布として図 11.1-1-4 に示すような、放物線分布と三角形分布を考え、左端に $x=0$ を採り、フーリエ級数展開すると、

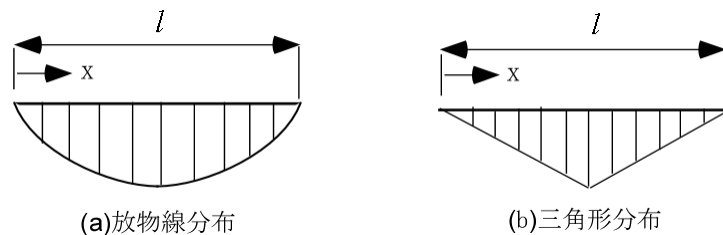


図 11.1-1-4 代表的な曲げモーメント分布

$$M = \sum_{i=1,3,5}^{\infty} M_i \sin \frac{i\pi x}{l} \quad (11.1-1-6)$$

応力関数は以下のように表せる．

$$\phi = \sum_{i=1,3,5}^{\infty} f_i(y) \sin \frac{i\pi x}{l} \quad (11.1-1-7)$$

上式を式(11.1-1-4)に代入すれば、

$$f_i(y) = A_i e^{-i\pi y/l} + B_i \left(1 + \frac{i\pi y}{l}\right) e^{-i\pi y/l} + C_i e^{i\pi y/l} + D_i \left(1 + \frac{i\pi y}{l}\right) e^{i\pi y/l} \quad (11.1-1-8)$$

ここに、 A_i 、 B_i 、 C_i 、 D_i は積分定数で、 $y=b$ でのつり合い条件および $y=0$ でのけたとの適合条件より決定される。以下に、 $b=\infty$ の場合の文献11.1)で与えられた解析結果を示すと、

(1) 図11.1-1-4(a)の放物線分布を $M = M_i \sin \pi x/l$ で近似した場合

$$\lambda = \frac{2l}{\pi(3+2\nu-\nu^2)} \quad (11.1-1-9)$$

(2) 図11.1-1-4(b)の三角形分布の場合

$$\lambda = 0.85 \frac{2l}{\pi(3+2\nu-\nu^2)} \quad (11.1-11.1)$$

道路橋示方書では、任意の b/l に対して、同様の解析を行い、各種の曲げモーメント分布に対応した有効幅 λ が与えられている。たとえば、図11.1-1-5に示すような連続げたの曲げモーメント分布に対しては、支間中央部では放物線分布とみなし、等価スパン長 l の解析結果を適用し、支点部では三角形分布とみなし、

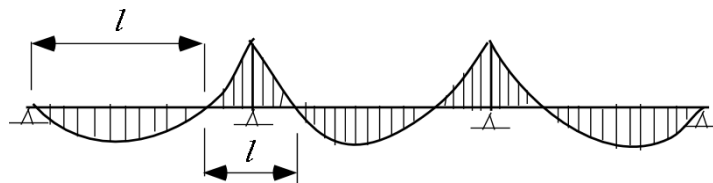


図11.1-1-5 連続げたでの等価スパン長

モーメントゼロ区間を等価スパン l とした解析結果を適用している。