

秋田高専 正員 堀江 保
秋田大学 正員 榎 農知徳
秋田大学 正員 薄木 征三

1. はじめに 連続桁の中間支点部等 shear lag現象の顕著な部分では、通常、設計の際有効幅の概念が用いられる。有効幅は実情に合った軸応力分布より計算されるが、ここでは我々の展開した理論より導かれる応力分布より有効幅を求めた。本理論は、はり理論の立場を保持した上で新しく定義した座標により shear lagを評価できるという特長を持つが、それを張出し部と有する箱形断面を例に説明する。

本報告では、連続桁の実験により理論軸応力分布の検証を行なった結果、および有効幅による実利値の最大応力評価についで検討を行ない、さらに示方書の有効幅との比較により得られた2・3の結果を示す。

2. 理論式 張出し部と有する箱形断面の有効幅は、各フランジ部分に対し図-1のように与えられる。この有効幅を計算するために用いた著者らの理論では新座標 S_x, B_x を定義したが、それらの座標は板厚中心線に沿う S 座標の関数となる。図-2は、その分布を示したもので、図-1の断面諸寸法を用いて各区間の座標は次式のように表わされる。

$$\begin{aligned} (1-2) \text{区間} \quad S_x &= t_{s1} h_1 S, \quad B_x = \frac{h_1}{2} (S^2 - b_1^2) - \frac{J_{y1}}{2t_w} & (1) a, b \\ (3-2) \text{区間} \quad S_x &= t_{s1} h_1 S, \quad B_x = \frac{h_1}{2} (S^2 - b_2^2) - \frac{J_{y1}}{2t_w} & (2) a, b \\ (2-4) \text{区間} \quad S_x &= -\frac{t_w}{2} S^2 + \frac{1}{2} C_y, \quad B_x = -\frac{1}{6} S^3 + \frac{C_y}{2t_w} S & (3) a, b \\ (4-5) \text{区間} \quad S_x &= -t_{s2} h_2 S, \quad B_x = -\frac{h_2}{2} (S^2 - b_1^2) + \frac{J_{y2}}{2t_w} & (4) a, b \end{aligned}$$

これらの式において、 J_{y1}, J_{y2} は各々 y 軸より上側および下側部分の y 軸に関する断面2次モーメントであり、また、(3) 式中の C_y は片側部分の断面1次モーメントを表わしている。 S_x 座標および B_x 座標は各々せん断応力分布および軸応力分布に関係しており、特に B_x 座標によってはり理論でありながら shear lagを評価できるという特長を持つ。本理論による軸応力 σ 、およびそれを有効幅の定義式に代入して得られる有効幅比 ψ は各々次式のよう表わされる。

$$\sigma = \sigma_B \left\{ 1 + \frac{U_s''}{U_B''} \left(1 + \frac{J_y}{x \cdot D_{yy}} B_x \right) \right\} \quad (5)$$

$$\psi = 1 - \frac{b^2 J_y / (3 \cdot D_{yy}) U_s'' / U_B''}{1 + U_s'' / U_B'' \left\{ 1 + J_y / (x \cdot D_{yy}) \cdot B_x \right\}} \quad (6)$$

(5) 式において、 σ_B は従来の曲げ応力を表わし、両式中の U_B, U_s は各々曲げおよびせん断変形によるたわみを表わしている。また、ダッシュは z 軸（部材軸方向）に関する微分と意味している。式中の b および x には、各フランジの幅および図心からの距離を代入し、また、 B_{x0} にはそのフランジのウェブとの接合部における B_x 座標値を代入すればよい。 U_s'' / U_B'' は、各桁形式に対し微分方程式を解くことにより求められる¹⁾、さらに連続桁に対しては、任意位置に単位集中荷重が作用する単断桁の解を求め重ね合わせによって求められる。両式中の断面

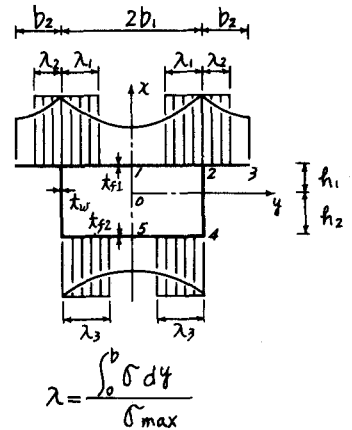


図-1 有効幅の定義式

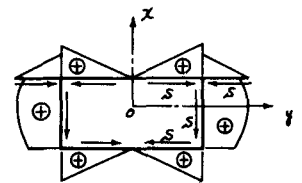


図-2(a) S_x 座標

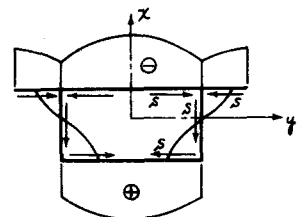


図-2(b) B_x 座標

諸量 J_y, D_{yy} とともに本理論に含まれる断面諸量は、前記の S_x, B_x 座標等を式(7)の定義式に代入して得られる。

$$J_y = \int_F x^2 dF, D_{yy} = \int_F \left(\frac{S_x}{x} \right)^2 dF, K_{yy} = \int_F x \cdot B_x dF, R_{yy} = \int_F B_x^2 dF \quad (7) a-d$$

3. 結果 理論応力分布を検証するために、鋼製模型桁を作製し、等2径間連続桁形式により載荷実験を行なった。供試体は全長180cmの張出し部と有する箱形断面とし、両端部支点を移動することにより全スパン $L = 175\text{cm}, 150\text{cm}, 125\text{cm}, 100\text{cm}$ の4種について実験を行なった。載荷方法は、中間支点から各々25cm離れた対称な位置にそれぞれ $P/2$ の集中線荷重が作用するようにした。溶接により桁が多少変形していたため中間支点の高さを微調整できるように構造とし、荷重計により中間支点反力を測定しながらその値が理論値に近い値を示すよう調整して測定を行なった。図-3は、 $L = 175\text{cm}$ 、 $P = 4000\text{kgf}$ のときの中間支点断面の結果を示した例である。フランジ上の実測値はウェブの接合部で最大値を示しウェブから遠ざかるに従って減少する傾向にあり、一定分布レか得られない曲げ理論はもはや適用できないことがわかる。中間支点断面の実測値と理論値は、張出し部およびウェブにおいてほぼ一致するもののフランジ中央部において若干異なる値となる。しかしながら、中間支点からわずか離れた近傍断面において両者はよく一致しており、中間支点直上のフランジ応力を除いて本理論はほぼ満足できるものと思われる。さらに、最大応力評価の観点より実測値と有効幅を用いて計算される応力とを比較したのが表-1である。表において実測値は両ウェブ接合部でのフランジ応力の平均値を用い、 σ_e は有効幅により低減した断面に対する曲げ応力としている。ここでは、各々の L に対する示方書と本理論値の比較を示した。本理論ではすべての L について実測値よりわずかに大きめの値を示すが、示方書では $L = 100\text{cm}$ の場合を除き実測値より小さい値となる。図-1に示す各フランジ部分の有効幅 b_1, b_2 に対して、有効幅比を ψ_1, ψ_2 とすると、表-1の応力値を計算するために用いた中値は各々図-4の丸印および三角印となる。本理論では下フランジの ψ_2 も計算に用いられるが本例の場合それは ψ_2 とほぼ等しい値となる。示方書の中値は b/L に対して1曲線上より求められるが、本法では図のように ψ_1, ψ_2 が異なる曲線上のところに思われる。そこで、等2径間連続桁に等分布荷重が載荷した場合を対象に本法により $\psi - b/L$ 曲線を計算してみた。その際、 $b_2/b_1 = 2.0$ 、 $t_{f1}/t_w = 3.2$ 、 $t_{f2}/t_w = 4.0$ と箱形部分の寸法を固定し、張出し部のフランジ幅比 b_2/b_1 を3種選び比較した。図より ψ_2 値は b_2/b_1 によりかなり変化し、特に比が小さい時は b/L の影響ははくほぼ一定値となることがわかる。また、実線は $b_2/b_1 = 0.25$ の ψ_1 を表わし $b_2/b_1 = 1.0$ の時は ψ_2 の曲線に一致する。これより各フランジに対してそのフランジ幅のスパン長に対する比のみで ψ 値を規定するには無理があるように思われる。

参考文献

1) 堀江、稼農、薄木：連続桁の有効幅に対する2,3の考察、オ36回年次講演会要集、オ1部、p137

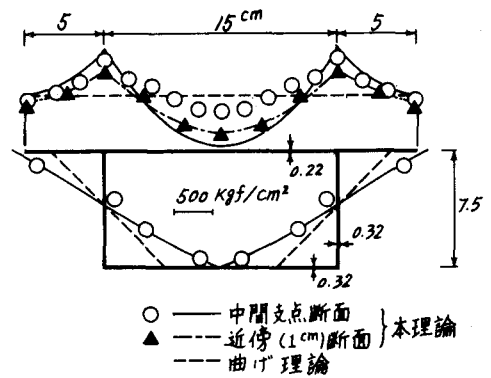


図-3 中間支点軸応力分布

L (cm)	実測値 σ (kgf/cm²)	示方書		本理論	
		σ_e (kgf/cm²)	σ_e/σ (%)	σ_e (kgf/cm²)	σ_e/σ (%)
175	1130	1000	88.5	1201	106.3
150	1070	959	89.6	1107	103.5
125	950	881	92.7	976	102.7
100	720	789	109.6	784	108.9

表-1 有効幅による最大応力評価

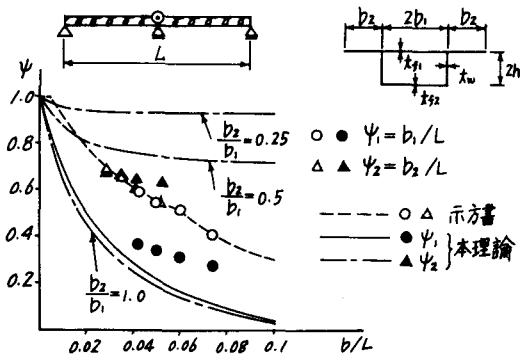


図-4 連続桁の有効幅比