

はり理論による薄肉断面部材の Shear-lag について

秋田高等土木工学科

秋田大学土木工学科

秋田大学土木工学科

正員 ノ 坂 江 保

正員 榎 農 知 徳

正員 薄 木 征 三

1. はじめに

スパン長に比べ幅の広いフランジをもつ箱形、T形部材では、軸応力がフランジを横切って一定分布せず、ウェブとの接合部から離れるに従い減少することが認められている。このいわゆる shear-lag 効果と呼ばれている現象は、フランジのせん断ひずみによるせん断変形の影響と考えられ、E. Reissner が問題を提起して以来多くの研究者により研究されてきた。E. Reissner は、フランジの軸応力分布を放物線と仮定し、ウェブとの結合部の境界条件、最小ポテンシャルエネルギーの原理より解を示した¹⁾。また、他の方法として フランジとウェブより切り離し、平面応力問題として 2 次元弾性論より厳密解を求めたものもある。

著者らは、これまで、せん断変形の影響を考慮したより精密なはり理論の展開を試みてきた。従来のはり理論では、せん断ひずみ率の仮定よりひずみ場と求め、実際のせん断応力は、やむをえず軸応力との釣り合いより修正して求めた。我々は、このひずみ場を第一近似的とし、くりがえし応力の釣り合いを満たすべく修正し、せん断変形の影響を考慮したひずみ場と明示した。このひずみ場より軸応力を求めると、断面内の応力変化すなわち shear-lag を評価できることがわかった。本報告は、種々のはり形式、断面形状について、その数値計算結果を示したものである。

2. 応力分布表示式

一方向曲げに関し 本法では次式の軸方向ひずみが得られる²⁾。

$$\varepsilon_x = U''x + \frac{E}{G} B_y U' \quad (1)$$

ここで、

$$B_y = \int_0^s \frac{1}{x} S_y ds, \quad S_y = S_{y0} - S_{y1}, \quad S_{y0} = \int_{y_1}^s x^* t ds, \quad S_{y1} = \frac{\oint \frac{1}{x} S_{y0} ds}{\oint \frac{1}{x} ds} \quad (2)$$

であり、 s は薄肉部材中心線の座標、 t は板厚である。断面力として

$$M_y = \int_A \sigma_x x dF, \quad H_y = \int_A \frac{E}{G} \sigma_x B_y dF \quad (3)$$

と定義すると、軸応力は次式のように表わせる。

$$\sigma_x = n \left(x - B_y \frac{K_{yy}}{R_{yy}} \right) \frac{M_y}{J_y} - n \left(x \frac{K_{yy}}{J_y} - B_y \right) \frac{H_y}{E R_{yy}} \quad (4)$$

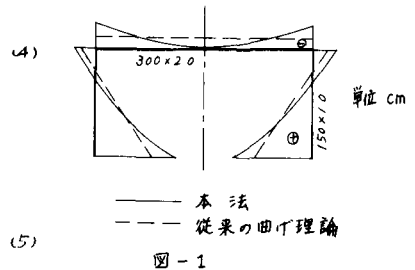
上式中、断面諸量 J_y, K_{yy}, R_{yy} , および n は次式で定義した。

$$J_y = \int_A x^2 dF, \quad K_{yy} = \int_A x \cdot B_y dF, \quad R_{yy} = \int_A B_y^2 dF$$

$$n = 1 / \left(1 - \frac{K_{yy}^2}{J_y R_{yy}} \right)$$

3. 数値計算例

種々のはり形式について、微分方程式の解より M_y, H_y が得られ (5) 式より断面諸量と計算し、(4) 式を用いて軸応力分布が求められる。図-1 は、スパン長 $l = 15m$ の単純はり中央に $P = 100$ たる集中荷重が作用したとき、チャンネル断面の載荷点の応力分布を示したものである。



参考文献 1) E. Reissner; Analysis of shear lag in Box beams by the Principle of minimum potential energy, Journal of the Aeronautical Sciences, 1946年 2) 坂江, 榎農; 薄肉直線材のせん断変形解析, 第31回年次学術講演会要集 3) 坂江, 榎農, 薄木; 薄肉箱形の shear-lag に ついて, 第33回年次学術講演会要集