

1 まえがき

ボックス断面を有する鋼ラメン隅角部においては、Shear-lagのためその応力分布は慣用はり理論から得られる値と著しく異なり、垂直応力の最大値はかなり大きな値を示すことが知られている。K. Klöppel, F. Thieleは連続箱げたに対し、各要素間のずれ力と変位を考え、荷重をフーリエ級数として与え各板についての境界条件および各板要素の接合部の変位の適合の関係から、各板に働く不静定力を求めている。奥村等はこの解法をラメン隅角部に適用し、いわゆるせん断おくれ推定図表としてまとめた。¹⁾ また、Bharat, L. Mehrotra等はボックス断面を有するはりおよび柱が十字型に交わる隅角部のせん断おくれについてE. Reissnerが導いた微分方程式を用いて解析を行い、垂直応力の分布を表わす式を導いた。²⁾

はりおよび柱を構成されるこの種の隅角部においては、それぞれの有する曲げ剛性の相互に影響を及ぼし合うと思われるが、従来の研究ではこのことについて考慮が払われていないようである。本報告は、Reissnerの微分方程式を用いて、はりおよび柱の断面形状および曲げ剛性の相互の影響を考慮し、曲げ応力の最大値を慣用はり理論から得られる値に対する比率として表し、簡単な模型試験の結果と比較したものである。

2 解析の方法

図-1のように座標軸を定める。原点はラメン管組のはりおよび柱の交点とする。それぞれの軸の部材に対して基礎微分方程式を適用する。この場合、作用曲げモーメントは隅角部内では一定と仮定する。

はり側に関する基礎微分方程式は

$$\frac{d^4 w}{dx^4} - \alpha_b^2 \frac{d^2 w}{dx^2} = \frac{\alpha_b^2}{EI_b} M - \frac{\eta_b}{EI_b} \frac{d^2 M}{dx^2} \quad \text{----- (1)}$$

ここに $\alpha_b = \frac{1}{w} \sqrt{\frac{5\eta_b}{2} \frac{G}{E}}$ $\eta_b = \frac{1}{1 - \frac{5I_{fb}}{6I_b}}$

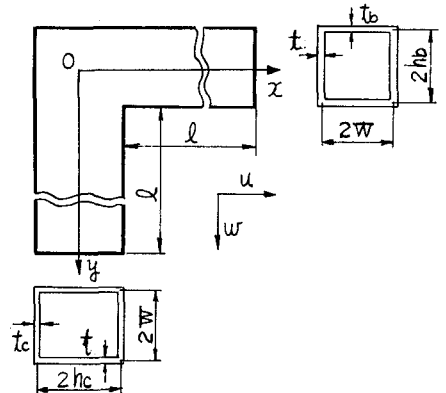


図-1 隅角部モデル

I_b : はり側の全断面二次モーメント, I_{fb} : はり側フランジの断面二次モーメント, G : せん断弾性係数, E : 弾性係数

$0 \leq x \leq hc$ においては作用曲げモーメントは一定値としたから、(1)式の右辺が2項は0となりこの一般解は

$$\frac{d^2 w}{dx^2} = A_b \sinh(\alpha_b x) + B_b \cosh(\alpha_b x) - \frac{M}{EI_b} \quad \text{----- (2)}$$

したがって

$$\frac{dw}{dx} = \frac{A_b}{\alpha_b} \cosh(\alpha_b x) + \frac{B_b}{\alpha_b} \sinh(\alpha_b x) - \frac{M}{EI_b} x + C_b \quad \text{----- (3)}$$

$$w = \frac{A_b}{\alpha_b^2} \sinh(\alpha_b x) + \frac{B_b}{\alpha_b^2} \cosh(\alpha_b x) - \frac{M}{2EI_b} x^2 + C_b x + D_b \quad \text{----- (4)}$$

ただし A_b, B_b, C_b, D_b は積分定数。柱側についても同様に $\frac{d^2 u}{dy^2}, \frac{du}{dy}, u$ が求まる。これらとそれぞれ(5),(6)および(7)式とする。境界条件および適合条件は

$$\left. \begin{aligned} x=0: & \quad d^2w/dx^2 = -M/EI_b, \quad dw/dx = \varphi, \quad w=0 \\ y=0: & \quad d^2u/dy^2 = M/EI_c, \quad du/dy = \varphi, \quad u=0 \\ x=hc, y=hb: & \quad w=hc \cdot du/dy, \quad u=hb \cdot dw/dx \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

ここに φ は原点における第1回回転角である。また添字のcは柱側を表す。以上から積分定数 B_b, A_b を求めると $B_b=0, A_b$ は

$$A_b = \frac{X \cdot S_c - X' \cdot \alpha_c \cdot hc \cdot C_c}{S_b \cdot S_c - \alpha_c \alpha_b \cdot hb \cdot hc \cdot C_b \cdot C_c} \cdot \frac{M}{EI_b} \quad (9)$$

ここに

$$S_c = \sinh(\alpha_c hb) - \alpha_c \cdot hb, \quad C_c = \cosh(\alpha_c hb) - 1, \quad S_b = \sinh(\alpha_b hc) - \alpha_b hc, \quad C_b = \cosh(\alpha_b hc) - 1$$

$$X = \alpha_b^2 (I_b/I_c \cdot hc \cdot hb + hc^2/2), \quad X' = \alpha_b^2 (hb \cdot hc + I_b/2I_c \cdot hb^2)$$

したがって $x=hc$ における曲げ応力の最大値 σ_{max} は

$$\sigma_{max} = E / (1-\nu^2) \cdot hb \left(A_b \sinh(\alpha_b hc) - \frac{M}{EI_b} \right) \quad \nu: \text{ポアソン比} \quad (10)$$

いま $\rho = \sigma_{max}/\sigma_0$ ($\sigma_0 = M/I_b \cdot hb$) はる係数と応力集中率とすると

$$\rho = A_b \sinh(\alpha_b hc) \cdot EI_b / M(1-\nu^2) - 1 \quad (11)$$

図-2は(11)式の数値計算の一例である。

3 試験値との比較

計算結果と比べるために、鋼板(SS41相当)を溶接にて組立てた供試体を用いた試験を行った。万能試験機のテーブル上にく型にセットされた供試体に鉛直方向から荷重を行った。供試体の諸元および試験結果、並びに計算結果を表-1に示す。試験値および計算値は、文献(1)と比較するために軸方向応力を考慮した値である。断面形状が横長のものは、(1)式の方が集中率は大きくなるが、それ以外は本報の値の方が大きく表れる傾向を示している。

4 あとがき

図-2に示すように慣用より理論に対する比として曲げ応力の値を $h_b/w, hc/w, t_b/t, t_c/t$ の4つの変数として表すことができる。(11)式を計算することは多少面倒なので、 $h_b/w, hc/w, t_b/t$ および t_c/t の変化に対しては図-2を基本としてこれに補正係数を乗じ集中率とすれば、設計式として有効に使用できると考える。補正係数については現在検討中である。

図-2 数値計算例

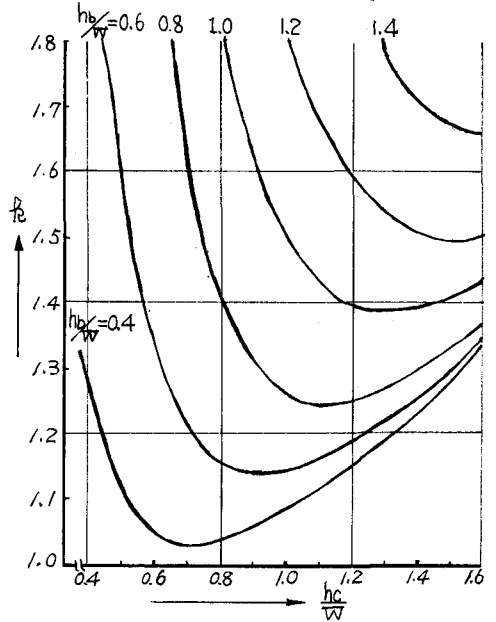


表-1 供試体諸元および試験結果

供試体名	$h_c/h_{c,mm}$	w_{mm}	l_{mm}	t_{mm}	試験値	計算値(報)	計算値(測)
NO. 1	103	97	250	3	1.42	1.46	1.29
NO. 4	83	117	250	3	1.35	1.48	1.53
NO. 10	123	129	330	3	1.55	1.44	1.39
光弾性-3)	27	27	115	3	1.53	1.46	1.32

参考文献

- 1) 奥村, 石沢 薄板構造ラ-メ>隅部部の応力計算について 土木学会論文集 第153号, 1968.5
- 2) Bharat L. 他 Shear-lag Analysis of Rectangular Full-Width Tube Junction
J. of the Structural Div. Proc. of A.S.C.E 1971.1
- 3) 結城, 塩見 箱型断面を有するラ-メ>隅部部の応力状態 土木学会第27回講演会 昭和47年10月