

北海道大学 正負 渡辺 昇
秋田大学 正負 川上 洵

1. まえがき

扇形腹板の座屈に関して、著者は、フランジの有無について¹⁾、円弧方向補剛材のある場合、そして組合せ応力状態における座屈安全率について²⁾研究を行ってきた。本報告は、先に一部発表の半径方向補剛材のある場合の座屈値³⁾に加えて、フランジのないものとするものに関して比較し、半径方向補剛材の必要剛比を求め、さらに、実験を行ったものである。

2. 仮定

① 半径方向補剛材は、板の中立面に関して対称に設置する。 ② 半径方向補剛材を設置しても腹板内の応力分布は、変化しない。 ③ 半径方向補剛材は、作用外力による仕事をしない。 ④ 半径方向補剛材のねじり剛性は無視する。

3. Ritzの方法

板のポテンシャルエネルギーは、1)のとおりであり、図-1のように、 $\varphi = \varphi_2$ に $\chi_2 = EI_2/D(B-A)$ なる半径方向補剛材を設置するとき、式(1)の補剛材のひずみエネルギーを加える。

$$A_2 = \frac{EI_2}{2} \int_A^B \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} \right)_{\varphi=\varphi_2}^2 dr \quad (1)$$

周辺単純支持の座屈曲面 $w = \sum \sum A_{mn} \sin \frac{m\pi\varphi}{\varphi} \sin \frac{n\pi \ln(r/B)}{\ln d}$ を全ポテンシャルエネルギーに代入し固有方程式を導くと

$$\left\{ \sum_{\varphi} A_{m\varphi} R_{mnn\varphi} + \sum_p \sum_{\varphi} A_{p\varphi} S_{mnp\varphi} \right\} - R \left\{ A_{mn} B_{mnmn}^{(1)} + \sum_{\varphi} A_{m\varphi} B_{mnn\varphi}^{(2)} + \sum_{\varphi} A_{m\varphi} B_{mnn\varphi}^{(3)} + \sum_p \sum_{\varphi} A_{p\varphi} B_{mnp\varphi}^{(4)} \right\} = 0 \quad (2)$$

ここで、 $R = \frac{M}{D}$ であり、 R_{mnmn} 、 $B_{mnmn}^{(1)}$ 、 $B_{mnn\varphi}^{(2)}$ 、 $B_{mnn\varphi}^{(3)}$ 、 $B_{mnp\varphi}^{(4)}$ は、1)のとおりである。

また、半径方向補剛材が1本設置されているとき

$$S_{mnp\varphi} = 2(1-d) n_{\varphi} \left(\frac{\pi}{\varphi} \right)^2 \left[1 - (-1)^{n_{\varphi}} d^{-3} \right] \times \left[\frac{27 + 12(n^2 + \varphi^2) \left(\frac{\varphi}{\varphi_2} \right)^2 + 6n^2 \varphi^2 \left(\frac{\varphi}{\varphi_2} \right)^4 + (n^2 - \varphi^2) \left(\frac{\varphi}{\varphi_2} \right)^4}{\left(9 + \frac{(n-\varphi)^2 \pi^2}{\varphi_2^2} \right) \left(9 + \frac{(n+\varphi)^2 \pi^2}{\varphi_2^2} \right)} \right] \times \sum_{\varphi} \chi_2 \sin \frac{m\pi\varphi}{\varphi} \sin \frac{p\pi\varphi}{\varphi}$$

4. フランジ幅が異なるときの剛比と座屈値

図-2は、中心角 90° で 45° の箇所半径方向補剛材を1本設置した 径比 $A/B = 0.5$ の扇形腹板に、曲げモーメントのみ載荷したときの剛比と座屈値の関係を描いたものであり、次式で表わされる。

$$b = 10 \text{ tw} \quad R = -24.19 \chi^2 + 14.11 \chi + 24.92$$

$$b = 20 \text{ tw} \quad R = -18.33 \chi^2 + 13.16 \chi + 23.87$$

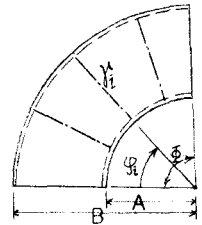


図-1

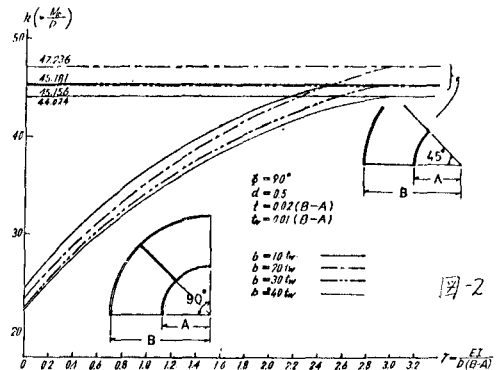


図-2

$$b = 30tw \quad k = -1.770f^2 + 12.68f + 23.20$$

$$b = 40tw \quad k = -2.007f^2 + 13.17f + 22.60$$

図-2において、曲線の交点は、中心角 45° の場合の座屈値であり、交点における剛比よりも大きな補剛材を設置しても効果がないことを示す。ただし、 b :フランジ幅、 t :フランジ厚、 tw :腹板厚である。

5. 半径方向補剛材の必要剛比

図-3は、 $b=40tw$ のとき、径比を変化させたときの関係を示したものであり、これより図-4の必要剛比曲線が式(3)で決定される。

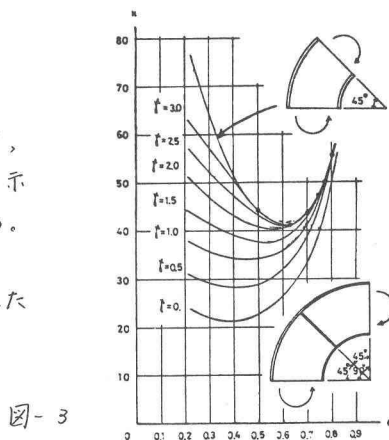


図-3

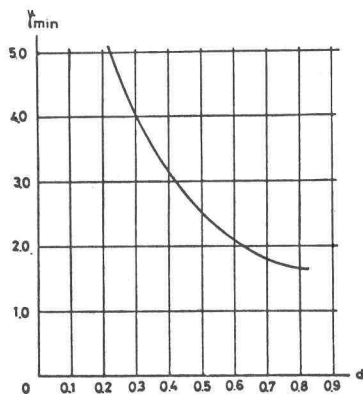


図-4

$$k_{min} = 2.14 + \frac{0.18}{d^2} - 1.43d^2 \quad (2)$$

6. 実験

写真のように、鋼材 S41、腹板厚 23 mm、フランジ厚 45 mm、フランジ幅 92 mm の供試体に、三軸ロゼットストレインゲージを貼り、同時にダイヤルゲージを設置して面外の変位を測定した。座屈の判定は、面外変位および合成応力度-作用外力図における曲線の変曲点より推定を行った。その結果、実験値は、理論値よりも約 2割大きくなった。また、フランジ部の座屈は、みられなかった。

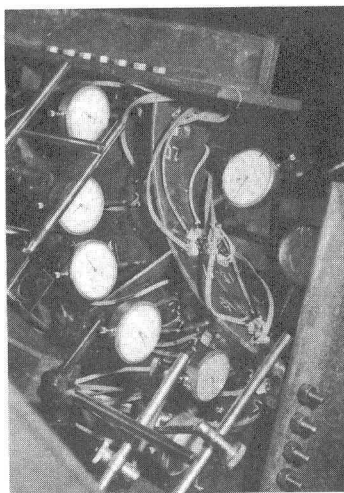
7. あとがき

本解析および実験より次のことが結論としていえる。

- ① 半径方向補剛材の必要剛比が、式(3)のように決定され経済的な設計を行なうことができる。
- ② 扇形腹板においては、円弧方向補剛材よりも、半径方向補剛材の効果の方が大きく部材も少なくて済む。
- ③ フランジがある場合の扇形腹板の耐力が問題になるときは、フランジ部の座屈が問題になる。従って、本解析、実験で用いたフランジ幅、フランジ厚より薄いものでは、注意を要する。

参考文献

- 1) 渡辺, 川上, 堀; フランジを有する扇形腹板の座屈について; 土木学会北海道支部研究発表論文集 29
- 2) 渡辺, 川上; 扇形腹板の座屈値について; 土木学会オ 28 回年次講演会; I-26
- 3) 渡辺, 川上, 堀; ラーメン隅角部の腹板の座屈値について; 土木学会オ 27 回年次講演会, I-79



写-1