

集中荷重をうけるらせん板の実験的研究

早大 学生員 ○土生修二

早大 正 員 平嶋政治

早大 学生員 井浦雅司

1. 序

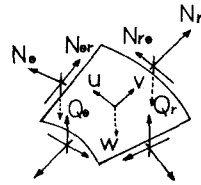
土木・建築構造物において用いられているらせん殻の理論的研究は、梁理論に基づくものが多いが、最近では有限要素法の発達により、シェル構造物としての解析がなされている。^{3) 4) 5)} 一方、実験的研究は、軸方向の挙動を調べたものが多く、シェル構造物としての研究は少ないようである。⁶⁾ 本報告は、有限要素法の妥当性を調べると同時に、らせん殻の二次元的挙動を調べる目的で、中央に鉛直方向集中荷重をうけるらせん殻の静的載荷実験の結果をまとめたものである。

2. 有限要素法

本報告においては、Reissner の変分原理に基づく混合型有限要素法を用いており、要素としては4節点を有する曲面要素を用いている。Fig. 1 に示す記号を用いると汎関数は次のようになる。

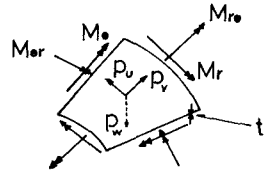
$$\begin{aligned} \Pi_R = & \iint \left[\left(-\frac{\partial N_\theta}{F \partial \theta} - \frac{\partial N_r}{\partial r} - 2 \frac{r}{F^2} N_{r\theta} - \frac{Q_r}{F^2} M_\theta + \frac{a}{F^2} \frac{\partial M_{r\theta}}{\partial \theta} \right. \right. \\ & + \frac{a}{F^2} \frac{\partial M_r}{\partial r} + \frac{Q_r}{F^2} M_r \Big) u + \left(\frac{r}{F^2} N_\theta - \frac{\partial N_{r\theta}}{F \partial \theta} - \frac{\partial N_r}{\partial r} - \frac{r}{F^2} N_r + \frac{a}{F^2} \frac{\partial M_\theta}{\partial \theta} \right. \\ & + \frac{a}{F^2} \frac{\partial M_{r\theta}}{\partial r} + 2 \frac{Q_r}{F^2} M_{r\theta} \Big) v - 2 \frac{a}{F^2} N_{r\theta} w + \left(\frac{\partial M_\theta}{F \partial \theta} + \frac{\partial M_r}{\partial r} \right. \\ & + 2 \frac{r}{F^2} M_{r\theta} \Big) \frac{\partial w}{F \partial \theta} + \left(-\frac{r}{F^2} M_\theta + \frac{\partial M_{r\theta}}{F \partial \theta} + \frac{\partial M_r}{\partial r} + \frac{r}{F^2} M_r \right) \frac{\partial w}{\partial r} \\ & - \frac{N_r(N_r - v N_\theta)}{2B(1-\nu^2)} - \frac{N_\theta(N_\theta - v N_r)}{2B(1-\nu^2)} - \frac{N_{r\theta}^2}{B(1-\nu)} - \frac{M_r(M_r - v M_\theta)}{2D(1-\nu^2)} \\ & \left. - \frac{M_\theta(M_\theta - v M_r)}{2D(1-\nu^2)} - \frac{M_{r\theta}^2}{D(1-\nu)} - P_\theta u - P_r v - P_w w \right] F d\theta dr \\ & - \oint_{S_r} M_{rs} \frac{\partial w}{\partial s} ds - \int_{S_r} \hat{V}_n w ds - \left[\int_{S_u} (-N_\theta \hat{u} - N_r \hat{v} + M_r \frac{\partial \hat{w}}{\partial n}) ds \right] \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{ここで、} \quad B &= Et/(1-\nu^2), \quad D = Et^3/(12(1-\nu^2)), \\ M_{rs} &= -m(\ell M_\theta + m M_{r\theta}) + \ell(\ell M_{r\theta} + m M_r), \\ M_v &= \ell(\ell M_\theta + m M_{r\theta}) + m(\ell M_{r\theta} + m M_r), \\ V_n &= \ell Q_\theta + m Q_r + 2M_{rs}/\partial s, \\ N_{\theta v} &= \ell N_\theta + m N_{r\theta} - a(\ell M_{r\theta} + m M_r)/F^2, \end{aligned}$$



u: θ 方向の変位
v: r 方向の変位
w: 法線方向の変位

Fig. 1 - a



Pθ: θ 方向の分布荷重
Pr: r 方向の分布荷重
Pw: 法線方向の分布荷重

Fig. 1 - b

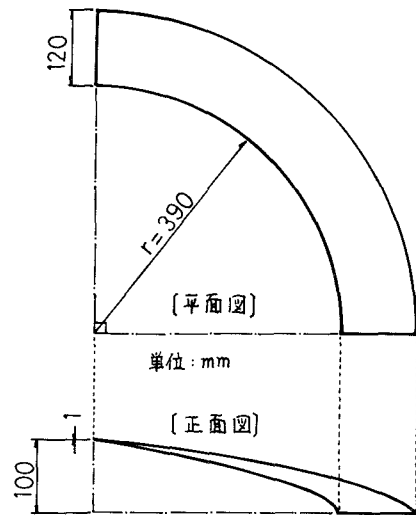


Fig. 2

$$N_{rv} = \ell N_{r\theta} + m N_r - a(\ell M_\theta + m M_{r\theta})/F^2,$$

$$F = \sqrt{a^2 + r^2} \quad (2-a \sim r)$$

であり、 $2\pi a$ はシェルのピッチを、 n は境界上の外向き法線を、 $\hat{}$ は境界で規定される量を、 S_r, S_u はそれぞれ力学的及び幾何学的境界を、 ℓ, m は境界における法線方向余弦を示す。

3. 実験方法

供試体は真チユウを用いており、その寸法を Fig. 2 に

示す。支持条件としては、両端の直線辺を固定支持として、円弧辺は自由である。載荷装置としては、常に荷重が一定の方向を向くように、シェル下面にフックを取り付け、そこから載荷皿をつり下げた。荷重は200gの錘を用いて、1000gまで5段階にて載荷した。なお、引張試験の結果、真チユウの材料定数は、Young係数 $E = 1.19 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、Poisson比 $\nu = 0.333$ であった。

4. 実験結果

鉛直方向集中荷重1000gを載荷した時の、たわみ w 、曲げモーメント M_r, M_θ の結果をFig. 3～Fig. 7に示す。

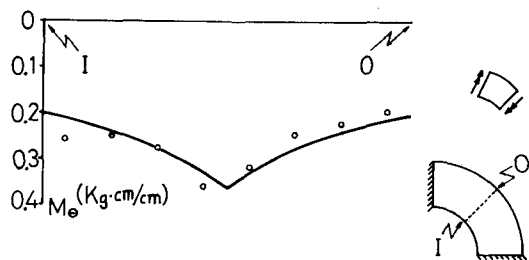


Fig. 5 M_θ

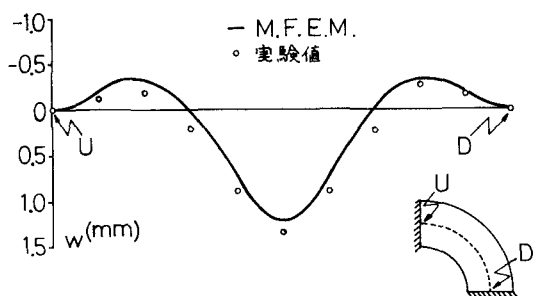


Fig. 3 w

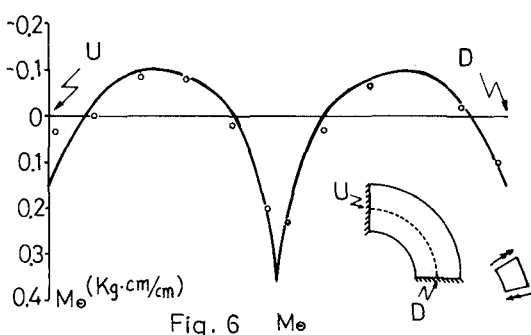


Fig. 6 M_θ

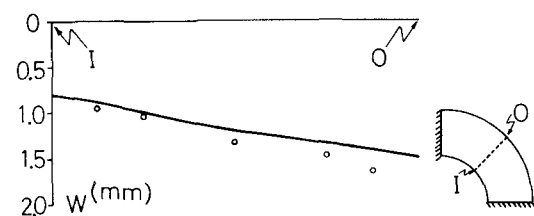


Fig. 4 w

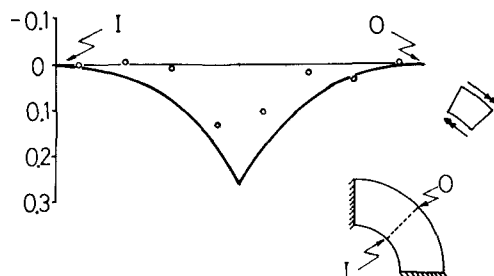


Fig. 7 M_r

5. 結語

荷重及び支持条件にもよるが、今回用いた試体においては、軸方向曲げモーメント M_θ に比べ、横方向曲げモーメント M_r は必ずしも無視し得ないことがわかった。さらに有限要素法と実験結果とは、少々のバラツキも見られるが、比較的よく一致している。バラツキの原因としては、らせん面が可展面でないために、成形した際の初期不整の影響が大きいと考えられ、現在、比較的成形し易いアクリル樹脂を用いて実験を行っており、その結果は当日発表する予定である。

6. 参考文献

- 1) Abdul-Baki A. & A. Shukair: Proc. of ASCE, ST10, 1973. 2) 築地恒夫: 土木学会論文報告集 第236号, 1975.
- 3) 神蘭勝彦: 第28回応力連合講演会論文集, 1978. 4) 内山武司: 日本建築学会論文報告集 第265号, 1978.
- 5) 平島政治: 第13回アクリル解析研究発表論文集, 1979. 6) Cusens A.R.: Concrete and Constructional Engineering, 1964.