

○東北学院大学 正員 樋渡 滋  
 東北大学 正員 倉面 茂  
 中部地建 正員 岡部 安水

曲線プレートガーダーが曲げ作用を受ける場合、そのウェブは面外に曲率を有するために、直線プレートガーダーの場合とは異った挙動を示すと思われる。すなわち、ウェブに作用する曲げ圧縮応力が、曲率の存在によってウェブに曲げ応力を生じさせ、それがウェブの面外へのたわみを進行させるため、座屈強度が低下することが予想される。

本研究は、曲線プレートガーダーのウェブを円筒パネルとみなし、その円周方向へ曲げ応力が作用した場合について、幾何学的な非線形問題として解析したものである。ウェブは等方性弾性材料で構成されているものとし、材料的な非線形性は考慮されていない。解析は浅いシェルの理論 (*shallow shell theory*) に基づいて、有限要素法を用いて行なわれた。

円筒パネルは四辺とも面外変位が拘束され、回転は自由であり、非載荷辺では面内変位も拘束されているものとする (fig-1)。円筒要素を fig-2 に示す。変位関数は次のものを採用した。<sup>(1)</sup>

$$u = \alpha_1 + \alpha_2 \xi + \alpha_3 \eta + \alpha_4 \xi \eta$$

$$v = \alpha_5 + \alpha_6 \xi + \alpha_7 \eta + \alpha_8 \xi \eta$$

$$w = \alpha_9 + \alpha_{10} \xi + \alpha_{11} \eta + \alpha_{12} \xi^2 + \alpha_{13} \xi \eta + \alpha_{14} \eta^2 + \alpha_{15} \xi^3 + \alpha_{16} \xi^2 \eta + \alpha_{17} \xi \eta^2 + \alpha_{18} \eta^3 + \alpha_{19} \xi^3 \eta + \alpha_{20} \xi \eta^3$$

計算に用いられた断面の定数は次の通りである。

$$\text{ヤング率 } E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{ポアッソン比 } \nu = 0.3$$

$$\text{板厚 } t = 0.5 \text{ cm}$$

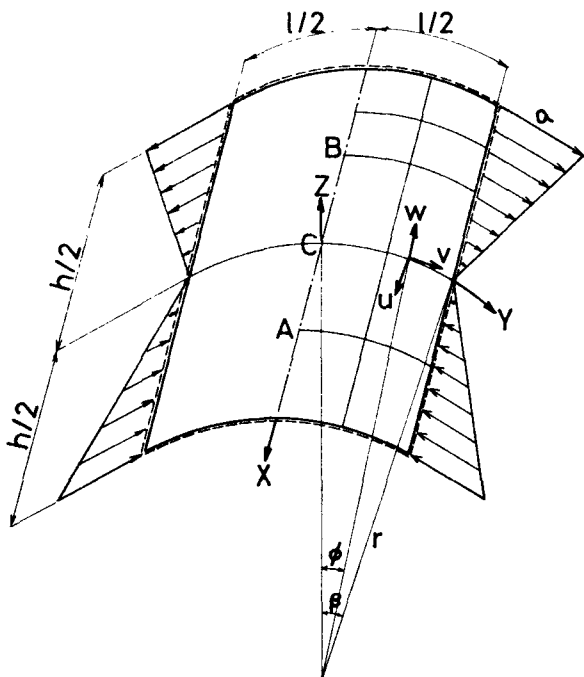


fig-1 Cylindrical Shell

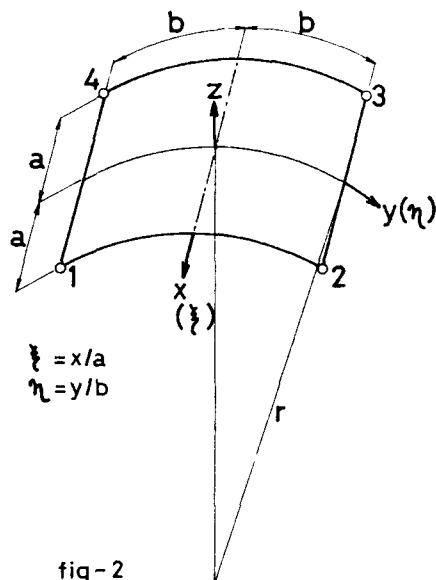


fig-2  
 Element of Cylindrical Shell

巾厚比  $\lambda = r/t = 240$

曲率半径  $r = 30 \text{ m}$

辺長比  $d = l/r$

$= 0.5, 0.667, 0.8, 1.0, 1.5$

さらに、曲率半径  $r$  の非線形性への影響を調べるために  $\alpha = 0.667$  の場合のみ、 $r = 30 \text{ m}$  の他に  $r = 60 \text{ m}$ 、 $120 \text{ m}$  についても解析した。非線形方程式の不つりあい力の収束条件の判定精度を  $0.5\%$  とした。

今回は主として面外の変形について報告する。

$\alpha = 0.5, 1.2$  の場合の荷重-たわみ曲線を *fig-3, 4* に示す。図の横軸は

$\bar{w} = w/t$ 、縦軸は  $\bar{\sigma} = \sigma/\sigma_c$

として無次元化されている。

$[\sigma_c = \pi D^2 / r^2 t, D = E t^3 / (2(1-\nu^2))]$

図中、細線 ( $A', B', \dots$ ) は線形解を示している。辺長比  $\alpha$  の差による非線形性への影響、たわみ形の違い等を推測できる。

*fig-5* は、 $\alpha$  をパラメータとして  $A$  点、 $B$  点および  $F$  点 (*fig-4*) について荷重と  $\gamma = w$  (非線形解) /  $w$  (線形解) の関係を示したものである。

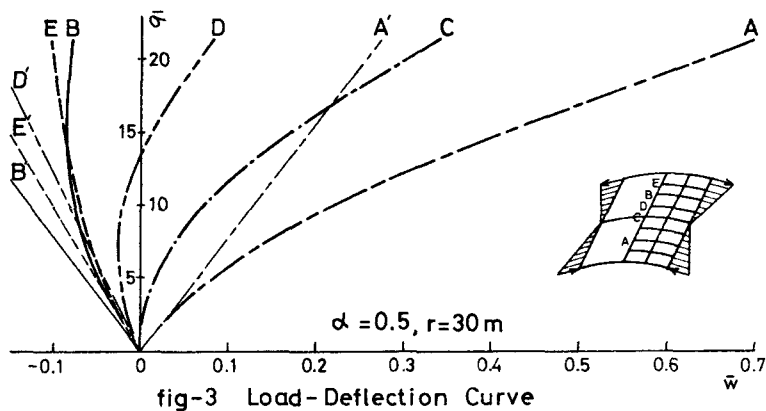


fig-3 Load-Deflection Curve

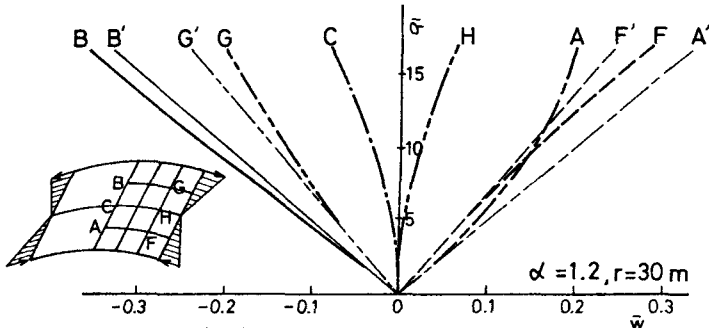


fig-4 Load-Deflection Curve

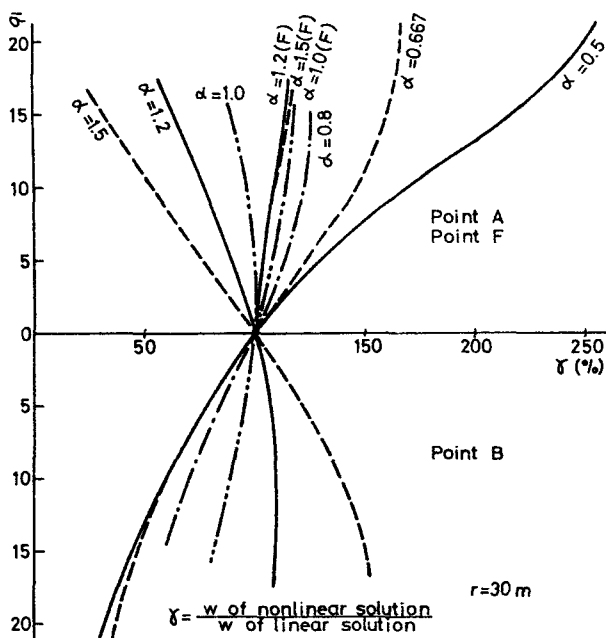


fig-5 Load-Nonlinearity Curve

(1) C.Brebbia and J.Connor, "Geometrically nonlinear finite-element analysis", Proc. ASCE, 95, EM2, pp.463-483(1969)