

東北学院大学 正員 樋渡 滋  
 東北大学 正員 倉面 茂

曲線プレートガーダーが曲げ作用を受ける場合の変形、応力の性状については、未解決の部分が少なくない。筆者らは、先に、ウェブの面外たわみについて報告した<sup>(1)</sup>。今回は、ウェブに生ずる応力のうち、主として、面内曲げ応力の分布について報告する。

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、幾何学的非線形問題として扱った。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。

円筒パネルに四辺とも面外変位は拘束されているが、回転は自由であり、非載荷辺においては面内変位も拘束されている (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>(2)</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。

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

$$\text{ポアソン比 } \nu = 0.3$$

$$\text{板厚 } t = 0.5 \text{ cm}$$

$$\text{巾厚比 } \lambda = R/t = 240$$

$$\text{曲率半径 } r = 30 \text{ m}$$

$$\text{辺長比 } \alpha = L/R$$

非線形方程式のつりあい力の計算は、荷重増分法と *Newton-Raphson* 法とを組合わせて用い、その収束判定精度を 0.5% とした。

fig-3 は、要素断面に分布する応力の、中央面の単位巾当りの合応力および合モーメントの方向を示したもの

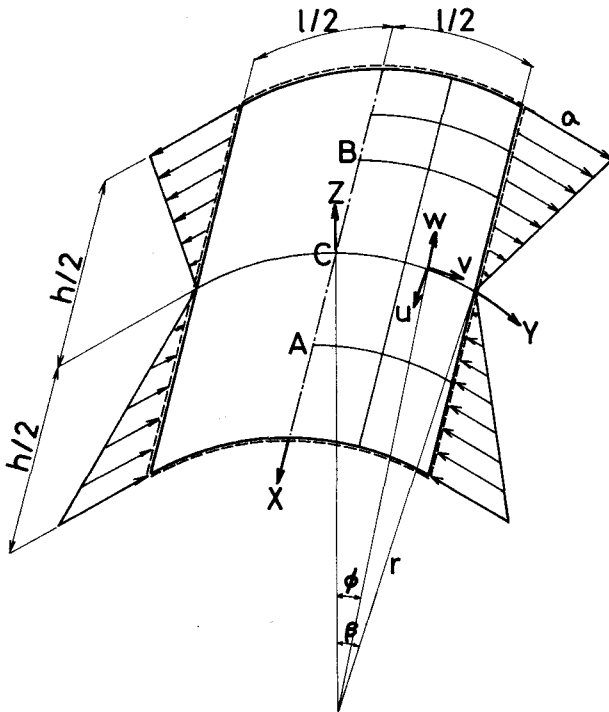


fig-1 Cylindrical Shell

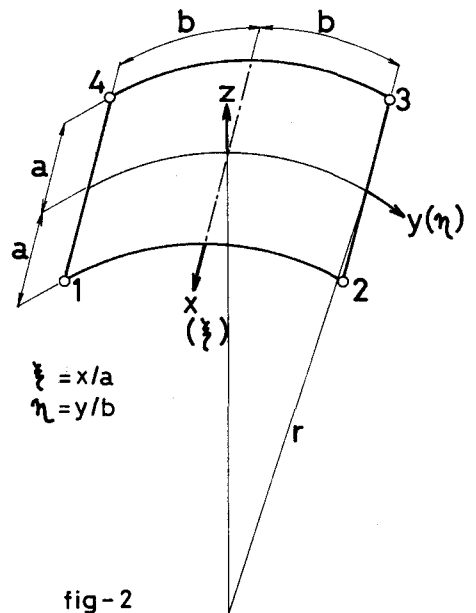


fig-2  
Element of Cylindrical Shell

である。fig-4 に辺長比  $\alpha = 0.5$  と  $1.5$  の場合の  $N_y$  の分布を示す。

図中  $\bar{\sigma} = \sigma/\sigma_e$  [ $\sigma_e = \pi D^2/\kappa^2 t$ ,  $D = E t^3/12(1-\nu^2)$ ],

$\bar{N}_y = N_y/t/\sigma_e$  として無次元化されている。荷重増分の定め方や計算時間の制約などから未だ充分の結果とはいえないが、定性的な傾向は一応みられる。中立軸の移動はあまり顕著でないが、圧縮縁での応力増加の割合が著しい、 $\alpha = 1.5$  の場合、載荷辺に近い部分 (C-C' 線上) の方が応力が大きくなるが、その分布は直線分布に近い形になっている。これは載荷重を直線分布の形で与えたことの影響と思われ、改良の余地が残されている。

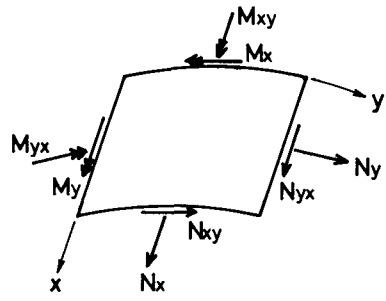


fig-3 Stress Resultants & Stress Couples

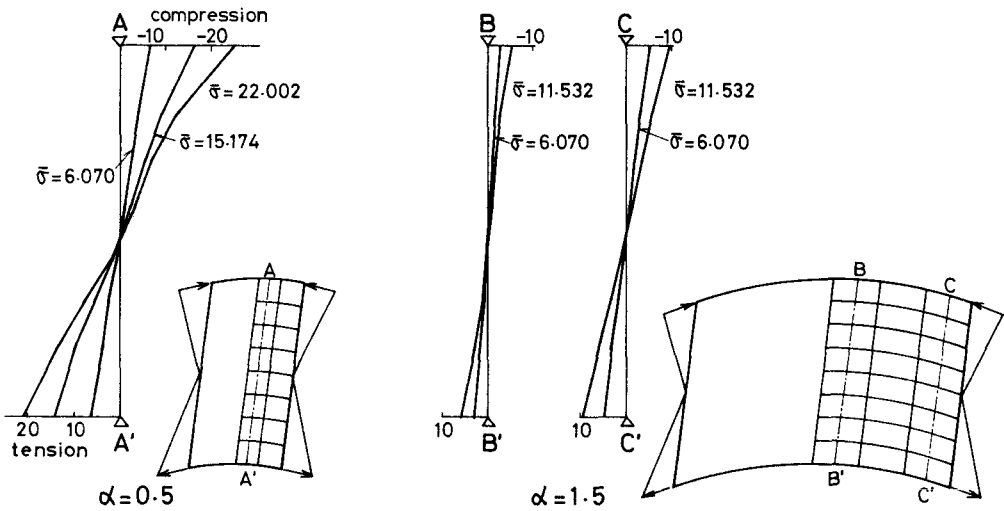


fig-4  $\bar{N}_y$ -Distribution

fig-4 は  $\alpha=0.5$  の場合の  $\bar{N}_y$  と  $\bar{\sigma}$  の関係を示したものである。

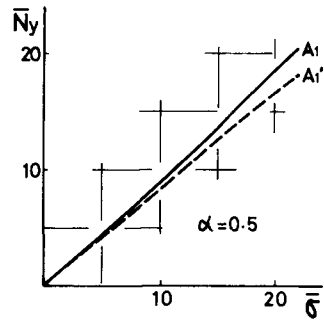


fig-5  $\bar{\sigma} - \bar{N}_y$  Curve

(1) 樋渡・倉西・岡部, "曲線ウェブの有限変形解析" 昭和52年度土木学会東北支部技術研究発表会, S.53.3  
P. 40 ~ 41  
(2) C.Brebbia and J.Connor, "Geometrically nonlinear finite-element analysis"  
Proc. ASCE, EM2, pp463-483(1963)