

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のウェブを円筒パネルとみなして解析するとき、パネルの支持条件や載荷方法をどのように仮定するのが妥当であるかの問題がある。今回は境界条件の異なる3種類の円筒パネルの解析結果の比較について報告する。

解析はshallow shell theoryに基づいて有限要素法を用いて、弾性範囲での幾何学的非線形問題として行なわれた。計算に用いられたパネルは、ヤング率 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、パネル高 $h=120 \text{ cm}$ で板厚 t 、曲率半径 r 、辺長比 $\alpha=1/h$ をパラメータとした。(fig-1) 対称条件からパネルの半分のみを解析したが、対称軸(ad)上で円周方向(Y方向)変位、パネル周辺(ab, bc, cd)で面外方向(Z方向)変位、載荷辺(bc)でX方向変位とY軸回りの回転、非載荷辺(ab, cd)でX軸回りの回転が拘束されている。3種類の境界条件は次の通りである。

i) 載荷辺に曲げ応力に相当する直線分布の荷重を作用させ(上辺が圧縮側)、非載荷辺のX方向変位を拘束したもの。(type-A)

ii) 載荷辺に曲げ応力を作用させるが非載荷辺のX方向拘束を解いたもの。(type-D)

iii) type-Dの曲げ応力のかわりに、載荷辺の直線性を保持しながら強制変位を与えたもの。(type-E)

fig-2に円筒シェル要素に分布する合応力とストレスカップルを示す。

fig-3以下は $t=0.5 \text{ cm}$, $r=30 \text{ m}$, $\alpha=1.0$ パネルのS-S断面における変形あるいは応力をそれぞれのtypeごとに表したものである。

fig-3に断面の面内変位(u)と面外変位(w)を表示した。type-Dとtype-Eではパネルが面内方向で圧縮されている。

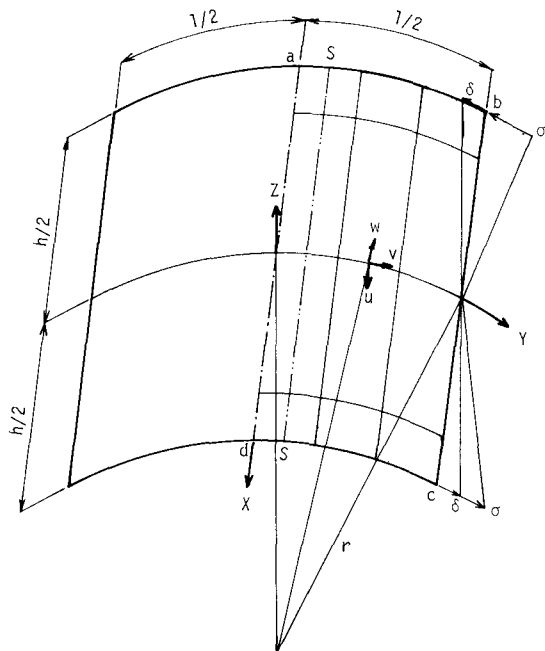


fig-1 Cylindrical Shell

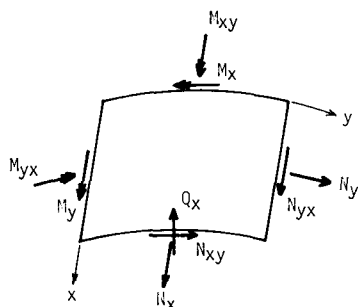


fig-2 Stress Resultants & Stress Couples

type-A

- ① $\sigma = 500 \text{ kg/cm}^2$
- ② $\sigma = 1000 \text{ kg/cm}^2$
- ③ $\sigma = 1500 \text{ kg/cm}^2$

type-D

- ① $\sigma = 500 \text{ kg/cm}^2$
- ② $\sigma = 1000 \text{ kg/cm}^2$
- ③ $\sigma = 1500 \text{ kg/cm}^2$
- ④ $\sigma = 2000 \text{ kg/cm}^2$

type-E

- ① $\delta = 0.016 \text{ cm}$
- ② $\delta = 0.032 \text{ cm}$
- ③ $\delta = 0.048 \text{ cm}$
- ④ $\delta = 0.064 \text{ cm}$
- ⑤ $\delta = 0.080 \text{ cm}$

fig-4は断面のY方向面内応力 N_y を表示したものである。type-A では応力分布はほぼ直線に近く線形解析の結果に近い。type-D,Eでは中立軸が圧縮側に移動していることと、非載荷辺に近づくに従って応力が急激に増大していることが示されている。

fig-5はパネルのX方向座屈を生じさせる N_x の分布を表したもので、type-A と type-D,E では分布の様子がまったく異っている。

fig-6は面外せん断力 Q_x の分布を示したものである。これはウェブの横分力となりフランジの水平座屈を生じさせる成分である。

fig-7は N_y の圧縮応力の累加曲線を示すが、type-D,E の場合には圧縮端から 20cm (板厚の40倍)までで約80%の応力を受け持っていることになる。累加曲線は荷重あるいは強制変位の大きさにはほぼ無関係である。

曲りはりのウェブ応力はこれらの境界条件の中間の値になるものと思われる。

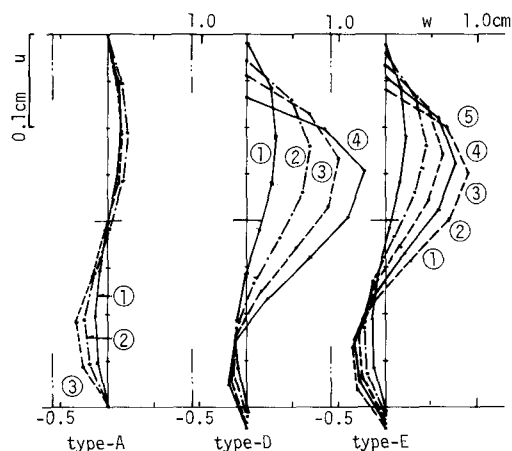


fig-3 Deflection & Displacement of Section S-S

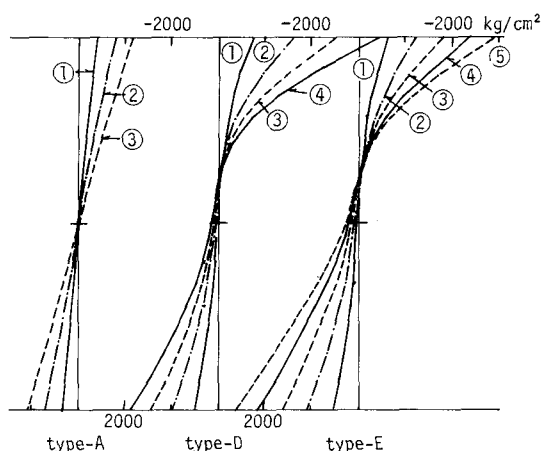


fig-4 N_y -Distribution

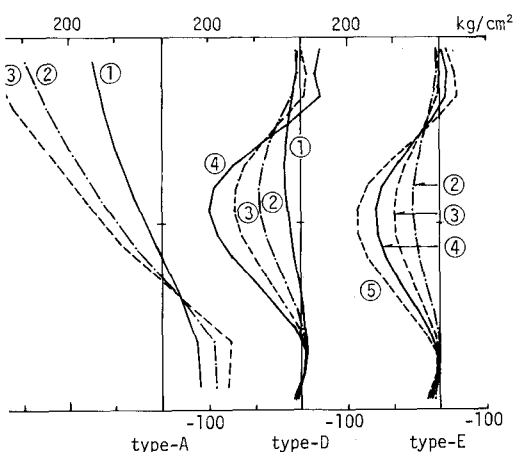


fig-5 N_x -Distribution

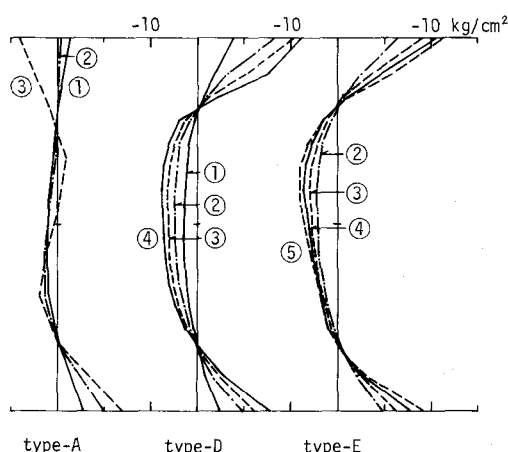


fig-6 Q_x -Distribution

参考文献

- (1) 樋渡・倉西・岡部 "曲線ウェブの有限変形解析" 昭和52年度東北支部技術研究発表会講演概要集 S 53.3
- (2) 樋渡・倉西 "曲線橋のウェブ応力について" 第33回年次学術講演会講演概要集 I-51, S 53.9
- (3) 樋渡・倉西 "曲線ウェブの応力分布" 昭和53年度東北支部技術研究発表会講演概要集, S 54.3