

豊田高専 正員 桜井 孝昌
 豊田高専 正員 忠 知男
 東京大学 正員 西野 文雄

1. まえがき

薄肉シェル座屈荷重は、初期不整が存在することにより、かなり低減することが知られている。一定の圧力が作用する球形ドームの場合では、実験値の座屈荷重が古典理論値のその1/3～1/4となることが既往の研究で確かめられている。

本報告は球形ドームにおけるこの実験値と理論値の相違の原因を幾何形状の初期不整に注目し、実験と数値計算を行って比較検討した。

2. 実験結果および数値計算結果

実験は周辺固定の球形ドームの球面に一定の圧力を作用させて行った¹⁾。実験装置をFig. 1に示す。供試体はアルミ製で、ヤング係数は $7.22 \times 10^6 \text{ gr/mm}^2$ 、ポアソン比は0.33であり、その寸法はFig. 2に示す。

数値計算は全荷重-全変位関係をもとに有限要素法を用いて、逐次代入法により行った²⁾。つり合い径路を求めると同時に固有値解析を行って特異点の存在を確認した。計算は球面の変形が2軸対称として、球面の1/4について72個の三角形要素に分割して行った(Fig. 2参照)。

Fig. 3に実験結果と計算結果を示す。計算は曲面に垂直方向の一定圧力が作用している場合について、球面に初期不整がない場合と、それがある場合について行った。Fig. 3の縦軸は外力 q を古典理論による座屈荷重 q_{cr} で割った値を取り、横軸は球の頂点の鉛直下方向の変位 s を板厚 t で割った値を取った。図中の

■、◆印はそれぞれ初期不整がない場合およびそれがある場合の特異点の位置を表す。このつり合い点は荷重の極限点があるいは分岐点である。Fig. 3のつり合い径路における変形形状を分類してFig. 4に $n=0, 2, 4, 8$ で示した。この n の値は球の同心円上の波数を表わし、 $n=0+8$ とあるのは波数0と8が混在していることを表わしている。

初期不整がない場合のシェルに圧力 q を零から増加させていくと、球の頂点の変位 s は圧力の大きさに比例して増加していく。つり合い径路が0から出発して点Aに達すると、変形形状が $n=2$ と $n=4$ の2つのつり合い径路に分岐する。 $n=4$ の変形形状で分岐したつり合い径路は点Bに達した後 $n=0$ を主とする対称形のつり合い径路に添って変形が進みこの形状で球面が反転する。

最初の分岐点Aにおける座屈荷重は古典理論による座屈荷重より20%程度小さくなっている。これは有限変位解析を行っているため、つり合い点Aに達するまでの変形量が球面の座屈に影響を及ぼしたためと考えられる。なお、最初の座屈は変位 s が板厚の0.3程度に達したとき起っている。

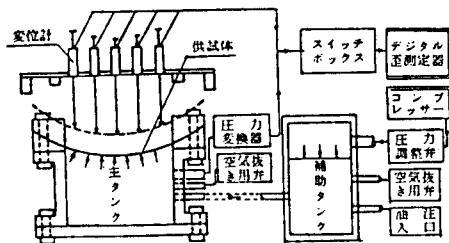


Fig. 1 Test equipment

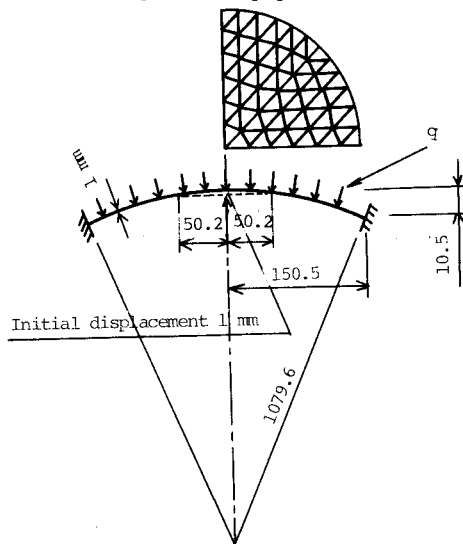


Fig. 2 Spherical shell

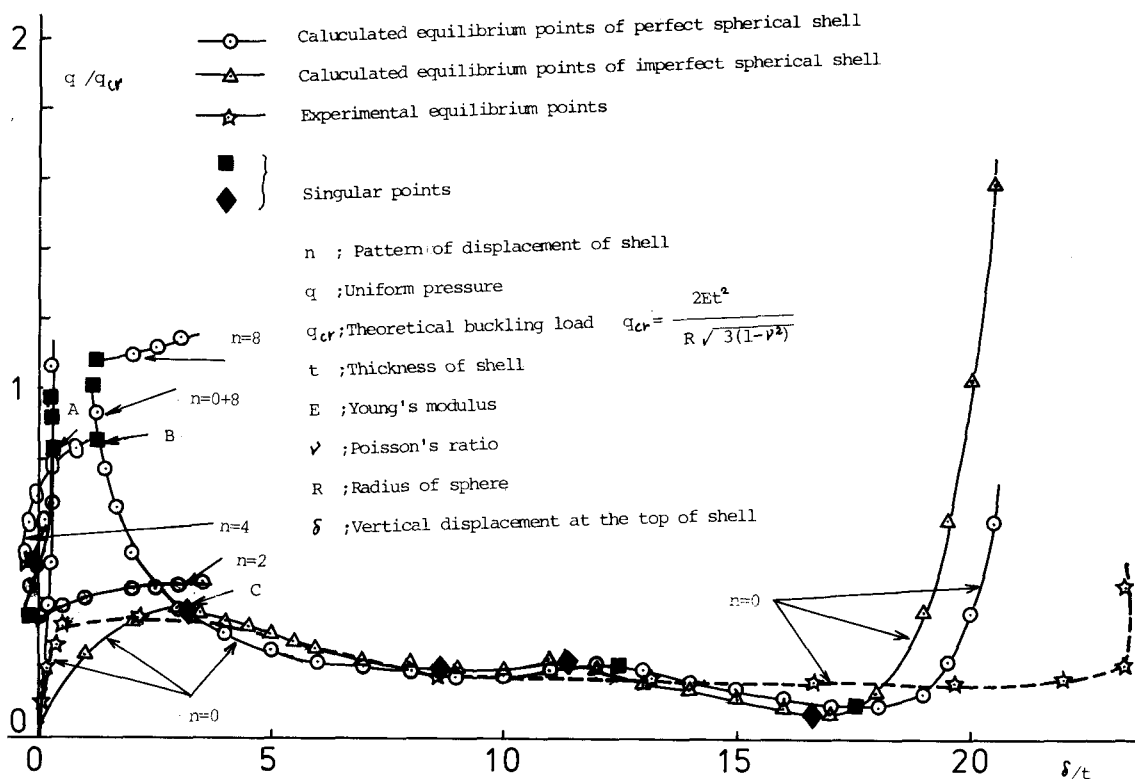


Fig.3 Comparison of calculated and experimental equilibrium points of spherical shell subjected to uniform pressure

初期不整がある場合のシェルについて、初期不整量をシェルの頂点が鉛直方向に板厚の大きさだけ下がり、その幅は弧長の1/3の範囲とした(Fig.2参照)。この場合の圧力 q と変位 δ の関係はFig.3に Δ 印で示すごとく、滑らかな曲線に添って表わされる。変形形状は常に $n=0$ の対称変形のみである。最初に生じる圧力の極限点は点Cであり、古典理論による座屈荷重の0.37倍である。

3. 結語

球形ドームの頂点近傍に板厚程度の大きさの幾何学的初期不整があるとき、座屈荷重が古典理論によるものの1/3程度になることが計算上で確認でき、実験値ともよく一致している。この結果より、球面の幾何学的不整が座屈荷重の低減に大きく影響していることが確認できた。

数値計算は豊田高専端末より名古屋大学大型計算機センターのFACOM M-200を使用して行った。

- 参考文献 1) 忠和男, 桜井孝昌 「浅ハドーム状殻体の座屈実験」土木学会第36回年次学術講演会, I-146, 1981.10
 2) 桜井孝昌, 西野文雄 「固有値解析を併用したシェルの有限変位問題の数値解析」土木学会第36回年次学術講演会, I-33, 1981.10

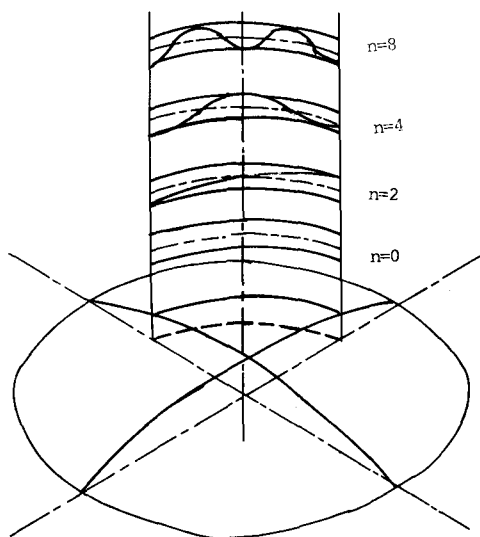


Fig.4 Pattern of displacement of shell