

I-70

弾性シェル構造物の耐荷力におよ
ぼす初期たわみの影響

○豊田高専 正員 桜井孝昌
豊田高専 正員 忠 和男
東京大学 正員 西野文雄

まえがき

不整のない構造物の座屈荷重の理論値に対して、それらに対応する実験値が、軸圧縮を受ける薄い円筒および等分布圧力を受ける部分球殻では、それぞれ $1/2$ および $1/3$ 程度まで減少することが知られている。さらに、これらの主要な原因の一つが形状の不整であることも明らかとなっている。

本報告は弾性シェルの有限変位解析によって求めたつり合い経路の特性に基づいて、シェル構造物の座屈荷重におよぼす初期形状の不整の影響の一般性について検討した。

座屈荷重の減少率について

つり合い経路が不安定領域を有しない構造物の例として、Fig. 1 (a), (b) にそれぞれ両端が単純支持された軸圧縮力を受ける柱および四周辺が単純支持された一方向圧縮力を受ける板のつり合い経路を示す。不整がない構造物(完全系)の場合と、それがある構造物(不完全系)の場合のつり合い経路をそれぞれ実線と破線で示してあるが、この例のような、つり合い経路に不安定領域が存在しない構造物では、座屈荷重 P_{cr} は初期たわみが存在しても、その値は減少しない。

一方、つり合い経路に不安定領域を有する構造物の例として、Fig. 2 に軸圧縮を受ける円筒のつり合い経路を示す。完全系の円筒の諸元および初期不整の形状を同図に示す。

初期不整の形状として、完全系の座屈変形形状を選び、その不整の最大値は円筒の板厚の大きさとした。図の縦座標は軸方向外力 P と円筒の座屈荷重の古典理論値 P_{cl} との比をとり、横座標は図中の円筒の点 B における軸方向変位と板厚との比をとった。数値解析は有限要素法による有限変位解析¹⁾によって行った。

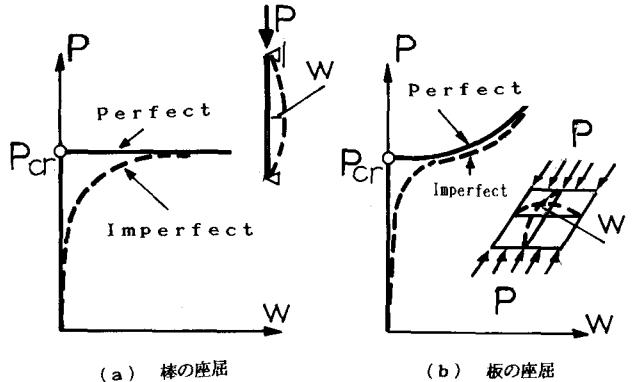


Fig. 1 不安定領域を有しないつり合い経路

Fig. 1 に示した構造物と異なり、完全系の円筒の最大座屈荷重 P_{max}/P_{cl} が 1.0 に対して、不完全系のそれは 0.37 とかなり小さくなっている。一方、その最小荷重 P_{min}/P_{cl} は完全系では 0.35 に対して、不完全系のそれは 0.30 と両者の差はわずかである。

Fig. 3 は図に示す諸元の、周辺が固定され、等分布圧力を受ける部分球殻のつり合い経路を示す。初期不整は球殻の頂点部が平面になるような形状および完全系より曲率半径の大きい球面となる形状を選んだ。不整の大きさは図に示すとうりである。完全系の P_{max}/P_{cl} が 0.80 に対して、前述した 2 つの不完全系のそれはそれぞれ 0.37 および 0.14 とかなり小さくなっている。

これに対して、 P_{min}/P_{cl} は不整の有無にかかわらず 0.07 と一定値となる。さらに、不整量が大きくなるに従い P_{max} と P_{min} の差が縮まり、不安定領域のないつり合い経路に近づいて行く。

Fig. 4 は Fig. 3 に示した球殻について、初期不整の形状を図に示すような頂点部分が平面となる Type A とそこが曲面となる Type B の 2 種類に選んで、それらの不整の大きさと最大荷重値 P_{max}

の関係を示した。図の縦座標は P_{max}/P_{cl} をとり、横座標は球殻頂点の初期不整量 δ_0 と頂点の高さ H の比 δ_0/H とした。図より δ_0/H が 0.0 から 0.08 まで変化する間に P_{max}/P_{cl} の値は急激に低下し、Type B では 0.8 から 0.14 にまで低下する。

Fig. 3 と Fig. 4 の結果より、初期不整の存在によって減少する座屈荷重の範囲は完全系の最大荷重 P_{max} から最小荷重 P_{min} の範囲程度であることが推論できる。いま、これらの値の差を K と表し、

$$K = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{max}}$$

と定義すると、Fig. 1 で示した構造物は $K = 0.0$ となり、Fig. 2 および Fig. 3 の円筒および球殻のそれは、それぞれ $K = 0.65$ および 0.91 となる。この K 値は初期たわ

みの存在による座屈荷重の減少率の最大値を表すと考えられる。 K の値が大きい程、初期たわみの座屈荷重におよぼす影響が大きいことになり、従って、この K 値が初期不整の座屈荷重におよぼす影響の程度を表す基準値と考えられる。

参考文献

- 1) T.Sakurai, K.Chu and F.Nishino; A Numerical Analysis of Finite Displacement Problems of Elastic Shell Structures, Proc. of JSCE No.368/1-5, pp.401-411, April 1968

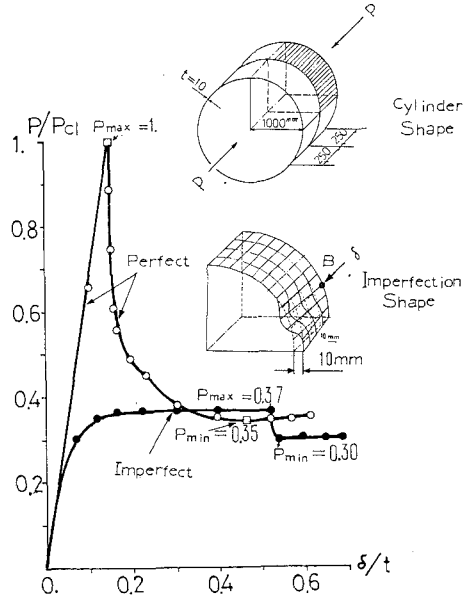


Fig. 2 円筒の座屈

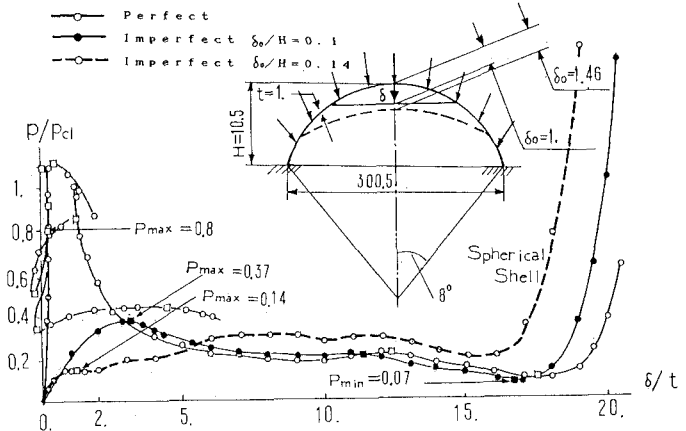


Fig. 3 球殻の座屈

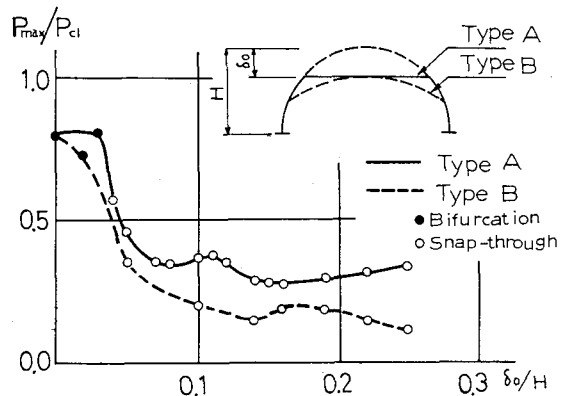


Fig. 4 初期不整による最大荷重の減少