

『球形ドームの座屈荷重に及ぼす初期不整の影響』

豊田高専 正会員 〇忠 和男
 豊田高専 正会員 桜井孝昌
 東京大学 正会員 西野文雄

1. まえがき 薄肉の球形ドーム等では、初期不整の存在がその座屈荷重を低下させることが知られている。既往の研究では、初期不整の存在により古典理論値の $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ になることが確認されている。そこで、初期不整として形状の不整、板厚の不整および、境界条件の不整を採り上げ、これらが座屈荷重に与える影響を数値計算により検討した。

2. 計算結果

計算の対象としたシェルの寸法は、Fig. 1 に示す。シェルの材質は、アルミ製で、ヤング係数は $7.22 \times 10^6 \text{ kgf/mm}^2$ 、ポアソン比は0.33である。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なった。計算は、球面の変形が2軸対称として、球面の $\frac{1}{4}$ について72個の三角形要素に分割して行なった。

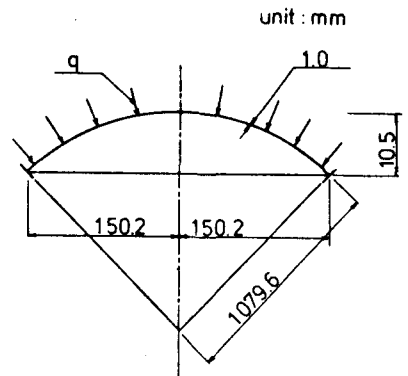


Fig. 1 Spherical Shell

Table 1・Table 3には、初期不整のタイプを示した。Table 1の〇印は、初期不整として用いた種類の組み合わせを示す。Aは、初期不整の存在しない、周辺固定の場合である。Bは、クラウン部で直径0.33rの範囲にわたりフラットになったことを示す。Cは、同じ領域で板厚が0.1t薄くなった場合を考えている。Table 3に示す図中の n は、変形時に生じる円周上の波数を表わす。Table 3のG~Jは、初期変位として波数 n の形状で最大振幅1 mmを与えた場合の座屈荷重比を示す。なお、 $n=2, 4$ の場合は、中心より半径上の $\frac{1}{2}$ 点で最大振幅が生じるように初期変位を与えた。これら初期不整として採用している形状は、不整がない場合の座屈形状として計算されるものである。 $n=0^{+,-}$ の $+$ はクラウン部の凸方向に $n=0$ を与え、 $-$ は凹方向に $n=0$ を与えた。Table 2・3は、初期不整を有するシェルの座屈荷重と古典理論値との比較を示したものである。Fig. 2

		A	B	C	D	E	F
Initial Imperfection		○				○	
			○		○		○
				○	○		
Boundary Condition						○	○
		○	○	○	○		

Table 1 Initial imperfection type and Boundary condition type

は、縦軸に q/q_{cr} の値を横軸に不整のタイプを示した。

Table 2 The relation of buckling pressure to classical buckling pressure

	A	B	C	D	E	F
q/q_{cr}	0.79	0.37	0.67	0.34	0.68	0.38

Table 3 The relation of buckling pressure to classical buckling pressure

TYPE	Initial Imperfection	q/q_{cr}
G	$n = 4$	0.41
H	$n = 2$	0.44
I	$n = 0^+$	0.72
J	$n = 0^-$	0.37

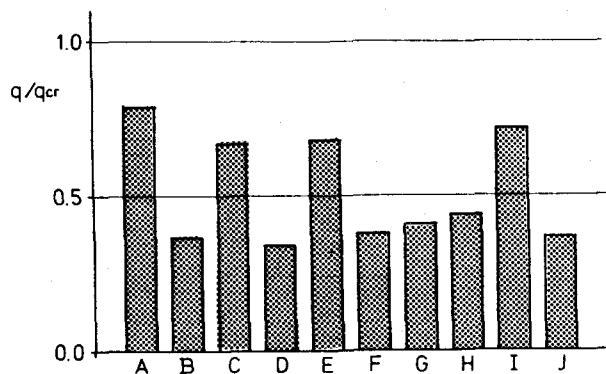
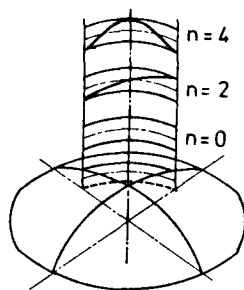


Fig. 2 The relation of buckling pressure to classical buckling pressure

これらの図・表から、周辺固定の場合のタイプBの値が0.37と初期不整の影響が顕著に表われている。Cは0.67とBに比べて影響が少ない。すなわち、0.1程度板厚が薄くなるとかあろうとも座屈荷重に大きな差はなく、むしろBのような鉛直変位量の存在が、座屈荷重に大きな影響を与える。次に周辺条件が全ヒンジ状態のE(0.68)とA(0.79)とを比較すると大差がないことから、周辺条件が座屈荷重を低下させる大きな要因ではない。さらにA～Fにおいて、B・D・Fは0.34～0.37である。これらは、いずれもクラウン部が偏平になる不整が存在する場合である。ゆえに、この種の不整が座屈荷重を低減させる極めて大きな要因である。G～Jについて、このような形状を与えると、G・H・Jの平均が0.41となりB・D・Fの平均が0.38と同じ程度に座屈荷重が低減する。ゆえに、B・D・F・G・H・Jのような幾何形状が初期不整として存在すると、座屈荷重に大きな影響を与える。

3. 結語

1). B・D・F・G・H・Jタイプの初期変位の不整の存在が座屈荷重に大きな影響を与える。(B・D・F・G・H・Jの平均0.39) 2) 境界条件は、周辺固定の場合(A-0.79)と全ヒンジの場合(E-0.68)との差があまりないことから、座屈荷重に与える影響は小さい。3) 板厚の不整に関しては、板厚のみ不整がある場合(C-0.67)、および、初期変位と板厚の両者の不整がある場合(D-0.34)と板厚の不整を除いたそれぞれの場合(A-0.79およびB-0.37)との比較により、大きな影響がないことがわかった。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を使用した。

参考文献 1) 桜井・忠・西野;「球形ドームの座屈荷重に及ぼす初期形状の不整の影響」土木学会第37回年次学術講演集, I-173, 1982-10. 2) 忠・桜井;「浅いドーム状殻体の座屈実験」土木学会第36回年次学術講演集, I-146, 1981-10.