

光学的全視野ひずみ計測装置を用いた薄肉円筒シェルの座屈挙動の評価法に関する研究

長崎大学大学院
長崎大学

学生会員
正会員

○上里 尚也
松田 浩

長崎大学
非会員

山下 務

1. 序論

薄肉円筒シェルの使用分野は、航空機、各種貯蔵タンクなど多岐にわたり、軸圧縮力・内外圧などの各種外力により座屈安定性が問題となる。さらに、近年の省資源化の要求から薄肉化・軽量化が求められ、座屈設計の重要性が益々高まっている。このような円筒シェルの座屈の特徴は、一般に座屈後強度の低下、及び形状初期不整に対する敏感性にある。これらの特徴は薄肉円筒シェルに特に顕著であり、設計においてはこれらの座屈問題に関する検討が不可欠である。

本研究では、初期不整を有するアルミニウムおよびCFRP製の薄肉円筒シェル試験体を用いて一軸圧縮試験を行い、薄肉円筒シェルの座屈挙動への初期不整の影響を検証した。あわせて光学的全視野計測技術であるデジタル画像相関法（以下、DICM）を用いて座屈挙動の可視化を行った。また、アルミニウム試験体に関しては、有限要素解析を行い、あわせて検討を行った。

2. デジタル画像相関法

今回、計測に使用したDICMの計測システムを図1に示す。DICMとは、変形前後のデジタル画像を解析処理することにより全視野で変形を計測する方法である。なお、本実験においては図に示すように2台のデジタルカメラを使用することで変形前後の3次元形状の計測をあわせて行っている。

3. アルミニウム試験体

3.1 軸圧縮試験・解析概要

DICMによる計測から得られた形状初期不整計測を図2に、計測結果を図4示す。アルミニウム試験体の試験体写真を図に、また各寸法およびパラメータを表1に示す。形状初期不整計測した試験体において軸圧縮荷重試験を実施し、デジタル画像相関法によって座屈挙動を計測した。荷重速度は0.05mm/secとし、座屈に至るまで荷重した。座屈が発生した直後に、荷重を停止し、円筒シェル全表面を三次元形状計測し、座屈形状データを作成した。

解析概要を表2に示す。初期不整計測データをもとに、有限要素モデルを作成した。

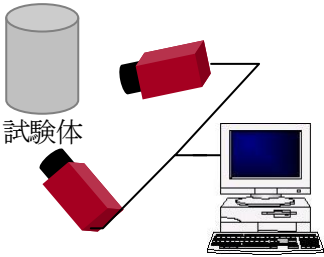


図-1 計測システム

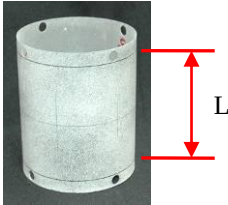


図-2 アルミニウム試験体

表-1 解析概要

試験体	L(mm)	H(mm)	R(mm)	R/H	Z
No.1	66	0.213	33	155	591
No.2		0.141		234	893

表-2

要素タイプ	4 節点薄肉シェル要素
ヤング率	70000MPa
ポアソン比	0.3
材料構成則	完全弾塑性
境界条件	両端完全固定

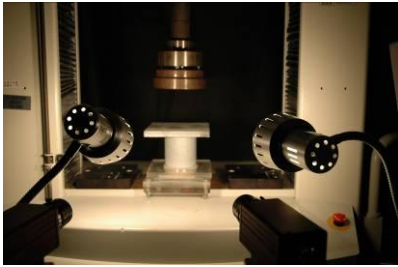


図-3 初期不整計測状況

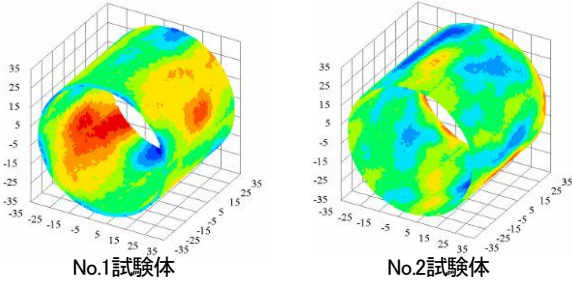


図-4 形状初期計測結果(半径方向増分変位dR)

キーワード：デジタル画像相関法、非接触、円筒シェル、形状初期不正
住所：長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学大学院生産科学研究科環境システム工学専攻
電話、FAX：095-819-2590

3.2.軸圧縮試験・解析結果

軸圧縮試験結果を図 5 に示す。実験結果と解析結果の比較を表 3, 図 6 にそれぞれ示す。形状初期不整を考慮することにより、座屈荷重および座屈モードともに実験値を良好にシミュレートしていることがわかる。

4.CFRP 試験体

アルミニウム試験体と同様に形状初期不整計測を行った結果を図 7 に示す。また、試験体寸法および試験体寸法および概要を、表 4, 5 にそれぞれ示す。計測結果からは、大きな形状初期不整が計測されなかった。そこで試験体に円孔を作成後、円孔の縁にひずみゲージを添付し、軸圧縮試験を行った。試験体写真を図 8 に示す。なお、ゲージ添付位置は写真に示すとおりである。

4.2 軸圧縮試験結果

軸圧縮試験結果を図 9, 10 に示す。
試験結果から、グラフ上の c 点でひずみゲージの値が小さくなっている。DICM の結果も同様の挙動を示していることから、良好な計測結果が得られたと考えられる。

5.まとめ

- ・形状初期不整を考慮することで、良好な解析結果が得られた。
- ・DICM の計測結果から、座屈挙動を良好に可視化していることが確認できた。

参考文献

- (1) 社団法人日本機械学会,シェルの振動と座屈ハンドブック技法堂出版, 2002.
- (2) 山田聖志,機械の研究-シェル構造の振動と座屈の基礎(座屈編), 2007

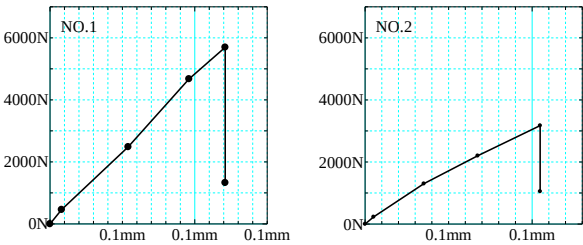


図 5：軸圧縮試験結果

表-3 軸圧縮試験結果

試験体	解析 (N)	実験 (N)	誤差 (%) (低下率)
No.1	6,680	5,695	14.7
No.2	3,327	3,172	4.7

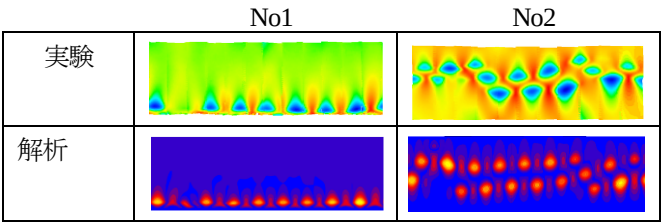


図-6 座屈モード

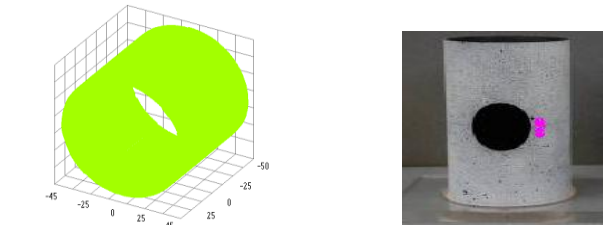


図-7 形状初期不整計測結

図-8 試験体写真

表-4 試験体寸法

No	半径 R(mm)	厚さ H(mm)	径厚比 R/H	高さ L(mm)	孔の直径 (mm)
1	42.5	0.75	56.7	100	0
2	42.5	0.75	56.7	140	40

表-5 試験体概要

使用材料	三菱レイヨン製高強度炭素繊維 3 K平織物 エポキシ樹脂グリブレ[0° /90°]× 3
使用炭素繊維	TR30S
引張弾性率	235MPa
密度	1.77g/cm3
引張強度	4410MPa
樹脂含有率	40wt%

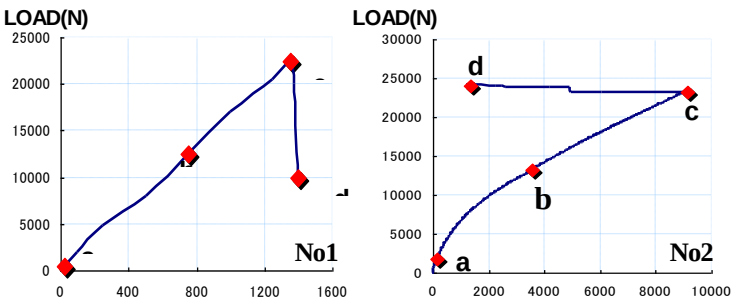


図-9 軸圧縮試験結果

