

三次元計測装置を用いたシェル計測・解析及び張力膜しわ計測に関する研究

長崎大学大学院 工学研究科 学生員 ○ 和田 眞禎 長崎大学 工学部 正会員 松田 浩
日本構研情報(株) 正会員 仲村 政彦 長崎大学 工学部 非会員 大石 裕介

1 はじめに

CCD カメラとスポットレーザ投光器及び、簡易な三次元計測理論を用いて計測の高精度化、操作性の向上を目標とし、可搬・非接触型三次元計測装置をシェル及び張力膜しわ計測に応用し、本計測装置の利用可能性と計測データの有用性について検討を行った。

2 可搬・非接触型三次元計測装置の概要

写真1に示すように、本計測装置はCCD カメラ2台とスポットレーザ投光器を同一定盤状に一体化させている。本計測装置に用いた計測理論は、スポットレーザ投光法、スリットレーザ投影法の2種類の計測法で、三次元計測を行うことが可能である。

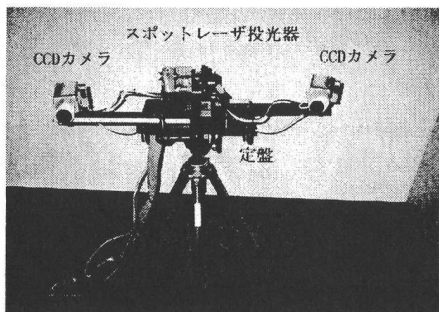


写真1 三次元計測装置

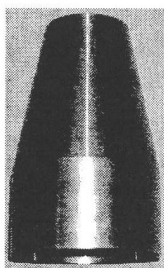


写真2 アルミニウム合金製の円錐殻



写真3 円錐殻から切り出した試験片

3.3 三次元計測データからFEMメッシュの作成

試験片の曲面板を本計測装置で計測して得られる三次元座標データを用いて、応力・変形及び振動解析を行うために、①高速・高精度計測を追求した可搬・非接触型3D計測装置の開発、②三次元座標からFEM解析のための自動メッシュ分割できるシステムの構築、③汎用有限要素法コードへ組み込んだ解析システムの開発のような計測・解析システムを構築した。

3.4 曲面板の振動解析・実験結果の比較

本計測装置、触針式3D計測器により得られたデータを用いて有限要素解析による固有振動解析とともに、レーザホログラフィの結果を図1に示す。

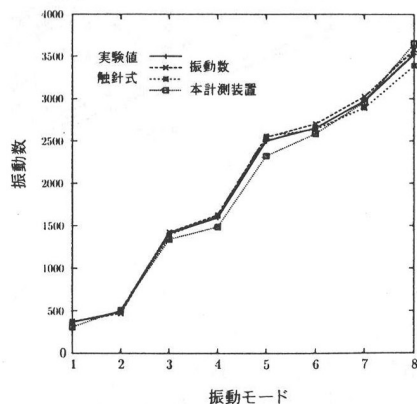


図1 曲面板の自由振動解析結果

実験結果および3つの解析結果は、本計測装置のデータによる解析結果の精度が若干悪いもののほぼ一致した解が得られていることがわかる。

3 シェル計測及び振動解析

3.1 目的

複雑な曲面形状をもつシェル構造物を対象として、三次元計測を行い、得られた三次元座標データを用いてFEMメッシュを作成し、汎用FEMコードによる応力・変形及び振動特性の解析を行うことを目的とする。比較対象として、触針式3D計測器及びレーザホログラフィ¹⁾を用いて比較検討を行った。

3.2 試験片

試験片は写真2に示すアルミニウム合金製(ヤング率71GPa、ポアソン比0.33、密度 $2.7/cm^3$)より、中心角 60° の曲面板に対し円錐断面の中心ねじれの中心とする初期ねじれ角 $K=0, 30, 60^\circ$ を切り出し製作した(写真3参照)。試験片の表面はレーザホログラフィ装置のよる振動モード測定のため白色のラッカーで薄く塗装されている。今回は $K=0^\circ$ に着目し報告を行う。

図2に、低次モード(1次)と高次モード(8次)の振動モード図について、レーザホログラフィによる実験結果と本計測器による解析結果をそれぞれ示す。実験結果とほぼ同じ振動モード図が得られている。

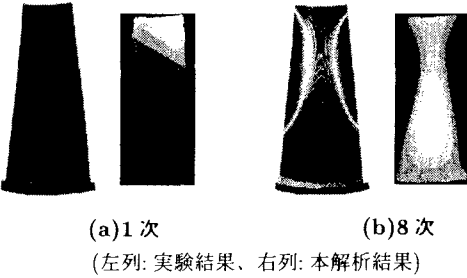


図2 振動モード図

4 張力膜しわ計測

4.1 目的

膜材は、圧縮、曲げ、面外せん断に対して全く抵抗できない。また、膜面に引張りを受けることで、しわが発生する。本装置を用いて、膜しわを計測し、データの有用性について検討することを目的とする。

4.2 膜モデル

本実験で用いた膜モデルの形状を図3に示す。膜材に直交異方性のコーティングされたC種膜材料を用い、図3に示すアスペクト比1:3の寸法の膜を用いた。材料特性を表1に示す。

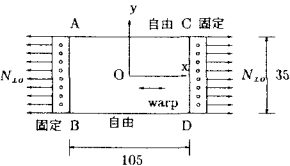


図3 実験モデル

(単位:cm)

表1 膜材の材料特性

材料名称	C種膜材料
厚さ (cm)	0.061
$E_1 t$	24300
ν_{12}	0.55
$E_2 t$ (Kg f /m)	22700
ν_{21}	0.51
G_t (Kg f /m)	2419

4.3 実験装置及び計測風景

しわ計測に用いられている荷重装置の平面図を図4に示す。実験装置は膜材料の一方の固定端部を2つの小型ロードセルと接合し張力を計り、ラチェットウィンチにより面内引張荷重を載荷する。試験体は最大2tまで載荷可能である。

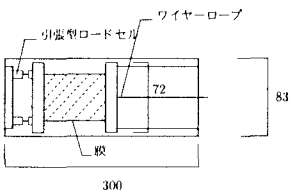


図4 実験装置の概要図 (単位:cm)

4.4 膜しわの計測及び結果

本計測では、スリットレーザ投影法およびスポットレーザ投光法の2種類の計測法を用いて計測を行った。スリットレーザ投影法による計測では、取得総数77514点、スポットレーザ投光法による計測法では、取得総数2220点の三次元データが得られた。両計測法から得られた三次元座標から中央部分を抽出したデータから、それぞれ膜のしわ断面形状を得た。図5はスリットレーザ投影法から得られた膜のしわ断面図、図6はスポットレーザ投光法から得られた膜のしわ断面図を示す。また、呂・川口ら²⁾がレーザ変位計を用いた結果を図7に示す。それら3計測法から得た断面図を合わせたものを図8に示す。

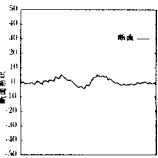


図5 スリットレーザ投影法によるしわ断面 (mm)

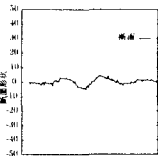


図6 スポットレーザ投光法によるしわ断面 (mm)

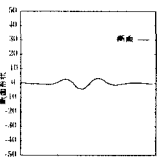


図7 レーザ変位計によるしわ断面 (mm)

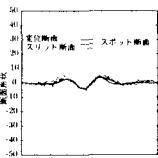


図8 3計測法の合計しわ断面図 (mm)

5 まとめ

本研究では、可搬・非接触型三次元計測装置を開発し、計測精度及び計測性能を検証し、曲面板の自由振動解析問題や張力膜のしわ計測へ応用した。以下に得られた結果をまとめた。

1. 本計測装置を用いて、曲面板を対象として三次元計測を行い、得られた三次元データから有限要素メッシュ分割プログラム作成した。その結果、ほぼ良好な自由振動解析結果が得られた。
2. 本計測装置は、触針式3D計測器と比較して、可搬性があり、また非接触式なので天井・壁・床など任意方向の形状計測や、膜のような構造物にも適用可能である。

《参考文献》

1. 築地 恒夫ほか: ねじれた薄肉円筒曲板の振動実験結果, 第38回構造強度に関する講演会, 日本航空宇宙学会, pp101-104, 1996.
2. 呂 品崎, 川口 健一: 平面矩形張力膜のしわ発生に関する実験的研究, 膜構造研究論文集'98