

平成 14 年 2 月 22 日

機械・構造システム工学専攻	学籍番号	933118
申請者氏名	権 田 岳	

指導教官氏名	竹園茂男	教授
	上村正雄	教授
	埜 克己	助教授

論 文 要 旨 (博士)

論文題目	粘性流体を含む多孔質殻の動的応力と変形に関する研究
------	---------------------------

多孔質材料は、焼結金属などのフィルター材料をはじめ、構造軽量化材や耐火材、衝撃吸収材等として広範な用途をもっている。さらに、心臓、血管、横隔膜などの生物学的構造物も流体に満たされた多孔質弾性体として取り扱うことができる。それゆえ、これらの力学的挙動を解明する上で、流体を含む多孔質構造に関する研究は非常に重要であり、様々な分野において行なわれ、数多くの報告がなされている。

しかしながら、これまでに殻構造物に多孔質材料を用いた場合の研究は、Taber らのものを除けば、あまり見られない。Taber らは、流体を含む多孔質薄肉殻に周期的に変動する内圧が作用する問題を取り扱い、負荷の変動周期による応答の相違を調べている。内部の空隙中を流体で満たされた多孔質体では、圧力勾配により流体が浸透する際に、流体の粘性の影響により、変形速度が高いほどひずみ速度依存性を示すようになる。Jayaramanをはじめ、倉茂ら、Okuno ら、Taber らは、多孔質平板内や円筒内および円筒殻体内の流体と固体の連成問題を取扱っている。

本研究では、均質な多孔質弾性殻について、一般軸対称薄肉殻あるいは厚肉殻の動的応答問題の解法を、また、近年、製法の進歩に伴って見られるようになってきた多層多孔質殻、および傾斜空隙多孔質殻についても解法の提案を行なった。

薄肉殻の運動方程式には、Sanders, Jr.の薄肉殻理論式に、また厚肉殻の運動方程式には Reissner-Naghdi の理論式に慣性項を加えたものを用いた。構成関係式には、殻体内に浸透した流体圧力の影響を考慮した M. A. Biot の構成式を採用した。また、殻壁内の流体の支配方程式には、Darcy の法則を用いた。

導かれた基礎式の数値解法には、空間および時間に対して差分法を適用した。空間に対しては、連続部に中間差分式を、境界部に前進および後退三点差分式を用いた。時間に関しては Crank-Nicolson 法を、慣性項には Houbolt の後退差分式を適用した。厚さ方向の積分には、Simpson の 1/3 則を適用した。そして、任意時刻における解は、変位、応力、内力成分などの各計算段階の増分を積分することにより求めた。

数値例として、両端単純可動支持の多孔質円筒殻と両端単純支持の多層薄肉せつ頭円錐殻に、殻の内側から衝撃的な荷重が作用する問題を取り扱い、多孔質でない緻密固体の円筒殻や、流体を含まない多孔質円筒殻と結果を比較した。

また、著者らの研究を含め、流体を含む多孔質体に関する研究は数値解析によって行われているものがほとんどであり、実験を伴う研究はほとんど報告されていない。そこで本研究では実験装置を作製し、数値解析結果との比較を行うことにより数値解法の妥当性の検討を行った。試験円筒殻には焼結青銅(BC3 種相当)のものを、浸透流体には潤滑油を用いた。

本研究により、粘性流体を含む多孔質軸対称殻の動的応答問題の一解法が提案され、また実験との比較により、その解法の妥当性が一部検討された。