

【 298 】

氏 名	國 枝 治 郎 くに えだ はる お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 92 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	曲 面 板 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主 査) 教授 横尾義貫 教授 棚橋 諒 教授 小堀鐸二

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、建築物としてあるいは圧力容器等各種構造物としてますます需要の高まる曲面板構造物の実用化にあたって、残された構造学上の数個の重要な問題を微小変形弾性論にもとづいて解決すると同時に、これらの問題を通じて Gauss の曲率によって形態的に三分類される曲面板の力学的特質を明確にし、又、同一形態の曲面板においても曲率やライズ、厚さなどの影響がその力学的性質においてどのようなものであるかを明確にする資料を得るための研究について記述したものである。

従って本論文の構成は序論および5部から成っており第I部 曲面板の振動、第II部 曲面板の円孔問題、第III部 集中荷重をうける曲面板、第IV部 曲面板の Inextensional 解、第V部 H. P. 型曲面板の実用的な解についてそれぞれ述べている。I, II, III部ではそれぞれ曲面板形態の三分類の典型として球殻、円筒殻、H. P. 殻をとりあげて検討をおこなっており、したがって各部共3章より成っているが、第IV部ではその性質上これらの曲面板を一括して論じている。

第I部では地震や風に対する曲面板構造の応答の基礎的研究として曲面板の自由振動を取り扱っており第1章球殻の振動では直断面力の応力関数表示に時間の変化に従う項を導入することによって厳正理論解をえ、各種検討を加えた後それより数値計算容易な近似解を導びき、頂点で閉じ、脚部で固定のドーム状球殻の逆対称振動時の固有振動数および固有ベクトルを開角および厚さとの関係において求め、この振動の場合、開角の振動数におよぼす影響の非常に大きいことを示している。理論式樹立に先立って球殻理論の徹底的吟味をおこない完べきを期し、また特性値による諸理論との比較をおこないこの理論の位置付けをおこなっている。第2章は円筒殻の振動に関する内外における既往研究の調査であって、この問題に関して既に多くの優れた研究が存在し、一応この方面の研究の充分なることを示すとどめている。第3章では H. P. 殻の振動を取り扱い、第1章と同様な手法で一般厳正解を求めた後、理論の精度、Inextensional 振動、Extensional 振動等との関係などを明らかにし、数値計算例として周辺単純支持、4点で固定の場合の固有振動数をライズ、厚さ等の関係において求めている。また法線方向慣性項のみを考慮し

た場合について周辺完全固定の境界条件に対する解を正規直交関数列の形で求め、固有振動数をライズ、厚さ等の関係において求めている。これらの結果より固有振動数にはライズの影響が非常に大きいこと、ライズの存在によって振動モードに注目すべき点のあらわれることなどを示し、また初期緊張力の固有振動数に与える影響の小さいことなどを明らかにしている。この章における研究は単に風等に対する応答のためだけのものではなく、この種タイプの曲面板の設計上重要な剛性を与えることに対する一つの指標としてのものである。

第Ⅱ部は天窗やダクト等のための開口部の問題を取り扱ったものであり、第1章では球殻に円孔があく場合の円孔周辺の応力変形攪乱に対する解を偏平球殻の理論により求めている。第2章では円筒殻の側面に円孔がある場合の円孔周辺の応力変形攪乱を取り扱ったものである。諸式の極座標表示において変数分離不可の問題を解決して一般解をえ、円孔周辺での応力集中度を母線方向に等分布荷重を受ける場合について数値計算し、円孔のある壁板の場合との比較検討をおこなっている。第3章では H. P. 殻について前章の手法をもちいて、天窗や釣屋根に近似的に見られる円形境界の解を求め、数値計算をおこなって天窗を有する場合のその周辺の応力状態を円孔の大きさ、ライズ、厚さ等から論じている。

第Ⅲ部では曲面板に生じる集中荷重問題を論じており、第1章では第Ⅰ部で求めた球殻の厳正解より頂点における集中外力に対する解を分離し（4種類）求めた厳正なものを示している。集中外力の力の釣合を満す薄膜解が曲げ理論の一部であることが第Ⅰ部で示されたことにより、それに付加曲げ解の頂点における特異解を変形条件を満すように決めることによっている。第2章では第Ⅱ部でえられた円筒殻の解のうち原点における特異解を分離して円筒側面に垂直に作用する集中荷重に対する近似解を示し、数値計算をおこない、曲率、厚さ等の関係から変形、応力状態等の傾向を示している。第3章では H. P. 殻に集中荷重の作用するときの解を第Ⅱ部の解から分離して求めたもので厳正解である。数値計算をおこなってライズ、厚さ等との関係から H. P. 殻の特性を明確にしている。

第Ⅳ部では曲面板一般解の内容を調べるためいままですべて追求されなかった Inextensional 解について徹底的吟味をおこない、この解をもちいて曲面板設計を簡便ならしめようとするものであり、また動的問題等への曲面板理論の拡張などの資料としようとするものである。したがってまずこの方面の既往研究を明確にした後、一般的にこの解がどの程度の近似で存在するものかを論じている。一般的に論じるためすべての諸量はテンソル量であらわしたままである。第二基本量の値に応じてこの解が厳正に存在する場合、近似的に存在する場合等を明確にし、この解を与える式を示し、球殻、円筒殻、H. P. 殻に対して解を示している。またこの状態がおこらない境界をもあわせて論じており、Inextensional 解の存在状態が明確にされている。

第Ⅴ部では建築物として最近急速に需要の高まった H. P. 殻の力学的解析において数値計算が容易でかつ性状把握に充分役立つ解の形を求める目的でなされたものであり、境界において未知常数を決める通常の解法をとらず実用的な数個の境界条件を決め、それらを満すような直交関数列を作り、釣合条件式および適合条件式を満すように未知常数を決定するという方法により、精度のよい実用解をえている。とくに最も普通に見られる境界条件2例について数値計算例を示し、一般解法による数値例と比較をおこない、精度の良いこと、計算容易なことを示している。

論文審査の結果の要旨

建築構造あるいは圧力容器構造などに曲面板構造は広く応用されており、その大局的な実用的応力解析の手段はすでに大方えられているといえるが、なお詳細にわたっては解決されなければならない問題を残している。本論文はそれらの最も重要な諸問題を取りあげ、曲面板構造の力学的特性を明確にする貴重な資料を提供している。ここに取り扱われている諸問題は次にかかげるときのものである。

(1) 曲面板の自由振動, (2) 曲面板の円孔問題, (3) 曲面板の集中荷重問題, (4) 曲面板の Inextensional Solution の検討, (5) H. P. 曲面の実用解法

曲面板はガウスの曲率の正負により力学的性格をことにするものとみられている。ここではそれぞれの代表的なタイプとして球面, 円筒面及び HP 曲面をえらび, (1)~(4)の問題ともすべてこれらについて研究し, 曲面性状を総括的に理解するよう努めている。

(1) とくに薄肉な曲面板は風による振動が問題となり, 近年その基礎的研究として自由振動解が研究されるようになってきた。筆者は三種の曲面について論じているが, とくに球面については厳正解を究明し, 逆対称振動最低次固有振動数を求め, また HP 曲面については, 初期張力, ライズ, 厚さなどが固有振動数に及ぼす影響を論じているが, これらは注目に値する。

(2) 曲面板には天窓その他しばしば円孔があげられる。円孔周辺の応力の乱れは, 構造設計上重要な問題である。球面については既往の解があるが, 独自の解を示し, 円筒面についてはその解法を樹立し, 数値計算を遂行して応力の集中度などを示している。HP 曲面についても解を求め, 円孔の大きさ, ライズ, 厚さなどの影響を論じている。

(3) 曲面板構造はしばしば集中荷重を受ける場合があり, 集中荷重による応力状態を知ることは設計上必要であるが, 同時に曲面の性格を理解する上からも重要である。球面については在来近似解があったにすぎないが, 筆者は4種の型の集中荷重に対して厳正な解法を求め, また円筒面については実用的近似解法を導びき数値計算をおこなっており, さらに HP 曲面についても解を求め数値計算をおこないこれら曲面の性格を明らかにしている。

(4) 曲面板の一般解には剛体的変形のほかに中心面に歪を生じない解すなわち Inextensional 解がふくまれる場合がある。この解が厳正に存在する場合, 近似的に存在する場合を論じ, 球面, 円筒面及び HP 曲面の三種の曲面について解を示し, かつそれらの解の状態が生じない境界条件を論じている。

(5) HP 曲面は近年しばしば用いられる曲面構造であるが, 各種荷重, 各種境界条件に応ずる応力状態がまだ充分究明されていない。筆者は境界条件を満す直交関数列を用い, 釣合及び適合条件式から未定係数を定める方法を収斂のよい実用解法として提案し例解を示している。

上記要約して述べた諸点はいずれも曲面板構造研究の最新の問題であり, それらを解明したことは, 同分野の研究の発展に寄与するばかりでなく, 建築構造学上貢献するところがすくなくない。

よってこの論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。