

| | |
|---------|--|
| 氏 名 | 勇 秀 憲 いさみ ひで のり |
| 学位の種類 | 工 学 博 士 |
| 学位記番号 | 工 博 第 918 号 |
| 学位授与の日付 | 昭 和 61 年 3 月 24 日 |
| 学位授与の要件 | 学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当 |
| 研究科・専攻 | 工 学 研 究 科 土 木 工 学 専 攻 |
| 学位論文題目 | APPLICATIONS OF CATASTROPHE THEORY TO STRUCTURAL INSTABILITIES (構造不安定性へのカタストロフィー理論の適用) |

論文調査委員 (主査) 教授 丹羽義次 教授 白石成人 教授 山田善一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、構造物特に鋼構造物の静的な不安定現象に対してカタストロフィー理論を適用し、その弾性及び弾塑性域における安定性と耐荷力特性を、釣合曲面の特異点の位相幾何学的特性のみから評価するための数値解析法を定式化し、その適用性と有用性について検討したもので、3部全9章と結論からなっている。

第I部では、工学的かつ位相幾何学的観点から、従来の構造安定性理論とカタストロフィー理論の概念を記述している。

第1章では、弾性安定性に関する研究の歴史的概観と、本論文の目的とするところを述べている。

第2章では、写像の特異点論という位相幾何学的な観点から、カタストロフィー理論とその応用についての研究の歴史的概観を述べ、工学的な静的不安定現象の数学的意味を要約している。なお章末の附記では、カタストロフィー理論に必要な主要な数学概念を、写像の特異点論より順を追って簡潔に説明している。

第II部では、構造物の静的不安定性を評価するための弾性カタストロフィー数値解析法と、その応用について記述している。

第1章では、離散化手法を適用して求めた構造系のポテンシャル関数に、静的縮合、モード変換の手法を適用して、7つの基本的カタストロフィーをもつトムの理論と等価なポテンシャル関数を導出しうることを示し、具体的なカタストロフィー数値解析のための定式化を行っている。

第2章では、構造物の耐荷力に対する初期不整の敏感性曲面を求め、これを視覚化するため、カタストロフィー理論における特異点条件である分岐集合を直接図化するための計算法を定式化している。

第3章では、軸方向伸縮を無視した3種の弾性率を連続体、有限要素及び簡易化要素モデルとして解析し、それらの不安定特性を比較検討している。

第4章では、軸方向伸縮を考慮した離散化弾性柱に本解析法を適用し、伸縮性が安定性評価に及ぼす影

響を明らかにしている。また、圧縮をうける数種の支持条件を異にする矩形板を、後座屈域において定荷重及び定変位で制御して解析し、その適用性と有用性を確かめている。更に、補剛板の全体座屈、局部座屈及びこれらの連成座屈に関し、不安定特性を数値的に評価すると共に、それらに対応する初期不整の敏感性曲面を図化している。なお章末の附記では、柱及び板に対する簡易化要素法の基本的定式化を要約している。また構造系のポテンシャルエネルギーを、トムの初等カタストロフィーの標準形へ変換するための微分位相同型写像を簡潔に示している。

第Ⅲ部では、構造物の弾塑性耐荷力の簡易評価法を数種の構造について定式化し、それらを統一的に要約している。

第1章では、カタストロフィー解析理論を弾塑性域へ拡張して耐荷力を推定する簡易評価法の柱、板及び殻への統一的適用法を示している。そして中心圧縮柱の曲げ座屈に関する数値計算を行い、多くの従来の理論的、実験的研究成果と比較して、本手法の有用性を実証している。

第2章では、圧縮をうける板及び補剛板に対して本手法を定式化し、その有用性を既往の成果と比較して実証している。また、本評価法の応用例として、板及び補剛板に対し初期にたわみと残留応力のばらつきを統計学的に取り扱い、モンテカルロシミュレーションによる耐荷力評価から、ある一定の超過確率をもつ耐荷力に対応する初期にたわみと残留応力の、最も発生しやすい組み合わせを示している。

第3章では、軸圧縮をうける円筒殻に対して弾塑性耐荷力を評価し、その独自の不安定性と初期不整の敏感性を論じている。なお章末の附記では、本論文中で参考にした実験成果が得られたコンピュータシステムによる自動制御繰り返し載荷試験の概要を述べている。

結論では、各章で得られた成果を総括して記述している。

論文審査の結果の要旨

構造物の安定性や耐荷力に関する研究では、弾塑性大変形を考慮した理論的、数値的解析がその大きい部分を占めている。しかし、このような手法で耐荷力特性を広範に把握するためには、複雑で膨大な非線形計算が必要となる。

本論文は、このような非線形解析によらず、構造物の弾性及び弾塑性耐荷力を、カタストロフィー理論を適用し不安定臨界点での位相幾何学的特性だけから、効率的かつ統一的に評価しようとしたものである。すなわち、多自由度離散系構造に対する弾性カタストロフィーを解析するための数値計算手法を、位相幾何学的観点から定式化し、かつ構造物の耐荷力に対する初期不整の敏感性曲面をカタストロフィー解析理論における分岐集合として直接求め、これを作図して視覚化する計算手法を定式化した。そして、これらの手法を具体的な問題に適用して多くの新しい知見を得た。その主なものは次のとおりである。

1. 軸方向伸縮を無視した数種の弾性柱モデルに対して本解析法を適用し、位相幾何学的特性並びに初期不整の敏感性曲面を具体的に示し、これによって、くさび、双対くさび、折目及び双曲のへその不安定特性が数値的に評価できること、特にくさびの特性はポテンシャル関数での変位の4次微分項までを厳密に考慮することにより求められることを明らかにした。

2. 軸方向伸縮を考慮した弾性離散化柱モデルを解析し、その伸縮性の不安定性に及ぼす影響を明らか

にすると共に、非対称座屈モデルの不安定特性は、通常伸縮性には無関係であることを示した。

3. 弾性離散化圧縮矩形板モデルに対し、離散化法、周辺支持条件及び後座屈制御方式を変化させて解析を行い、本論文で提案された解析法の優れた適用性と有用性を実証した。

4. 対称補剛材を有する圧縮板の全体座屈及び局部座屈は共にくさびであること、また非対称偏心補剛材を有する圧縮板では、全体座屈は折目、局部座屈はくさびであり、その連成座屈は双曲的へそであることを明らかにし、それぞれに対し初期不整の敏感性曲面を作図して視覚化した。

5. 圧縮補剛板に対し、カタストロフィー解析理論を弾塑性域に拡張した耐荷力簡易評価法を定式化し、得られた耐荷力曲線が各国示方書や各種実験結果と十分よく整合していることを示した。

6. 軸圧縮円筒殻の弾塑性耐荷力をカタストロフィー解析理論で評価し、その独自の不安定性と初期不整の敏感性を明らかにした。

7. 最後に、本弾性及び弾塑性耐荷力評価の各構造系への適用基本概念と定式化手法を統一的にまとめ、この論文で取り扱った構造以外に対しても、本方法が有効に適用できることを示唆した。

以上、本論文は構造物の弾性不安定現象に対しカタストロフィー理論を適用し、その耐荷力を評価するための数値解析法を定式化すると共に、更にこれを弾塑性域に拡張し、その優れた適用性と有用性を実証したものであって、学術上、実際上貢献するところが少なくない。

よって、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、昭和61年1月30日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。