氏　　　　名	荒　木　慶　一（あら き よし かず）
学位(専攻分野)	博　士（工　学）
学位記番号	工　博　第1678号
学位授与の日付	平成10年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科建築学専攻
学位論文題目	Stability of Steady States and Steady-State Limit of Elastoplastic Trusses under Quasi-Static Cyclic Loading （準静的繰返し載荷を受ける弾塑性トラスの定常状態の安定性と定常状態限界）
論文調査委員	（主　査）教授 上谷宏二　　教授 辻　文三　　教授 國枝治郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は，単軸の弾塑性応力 - ひずみ関係を用いて記述される離散化構造物の代表例であるトラスについて，準静的繰返し載荷時に収束挙動が生じる領域と発散挙動が生じる領域を隔てる境界として定義される定常状態限界を，載荷振幅の連続的変化に伴う定常状態の変化を規定する定常状態経路の臨界点として求めるための定常状態限界理論を一般化するとともに，それに基づく解析手法を提示したものであり，5章から構成されている。

第1章では，本研究の背景と内容の概要を述べている。

第2章では，シェイクダウン状態への収束挙動が生じる領域と発散挙動が生じる領域との間の限界を求める手法を提示している。本手法では，既往の定常状態限界理論に基づき，「定常状態におけるひずみ反転は，載荷反転時にのみ生じる」とする仮定の下で，一つの定常状態を載荷反転時の状態量で記述している。次に，繰返し載荷振幅の変化に伴う定常状態の変化の微分可能性を仮定し，テイラー展開の高次項まで考慮した増分関係式を導いている。この増分関係式を用いて，載荷振幅を連続的に変化させたときの定常状態の変化を表す定常状態経路を逐次追跡し，その極限点として定常状態限界の理論予測解を求めている。この理論予測解が，パラメトリックに行われた静的弾塑性応答数値解析の結果と十分な精度で一致することをいくつかの例について示している。

第3章では，交番塑性部材を含む定常状態への収束挙動が生じる領域と発散挙動が生じる領域との間の限界を求める手法を提示している。まず，交番塑性部材を含む定常状態においては，ひずみの反転が載荷反転時のみならず，交番塑性を呈する部材の降状時にも生じる場合があることを，2部材アーチ型トラスの数値解析例を通じて示している。さらに，載荷反転時以外にひずみの反転が生じる原因について考察を行い，その発生機構を解明している。この考察に基づき，従来理論における最大の制約であったひずみ反転に関する仮定を，交番塑性部材の降伏に起因するひずみ反転を取り入れた形に一般化している。次いで，この一般化された仮定に基づき，定常状態を記述するための変数として，載荷反転時状態量の他に，それ以外のひずみ反転時状態量を加えて応力とひずみの変化率関係式を導き，載荷振幅の変化に伴う定常状態の変化を定式化した。前章と同様に定常状態経路の極限点として定常状態限界の理論予測解を求めている。数値解析例を通じて，以下の2つの事項を例証している。(1)通常の静的弾塑性応答解析により得られる段階的漸増振幅繰返し載荷の下での収束挙動と発散挙動を隔てる限界振幅値は，載荷履歴を連続的漸増振幅載荷プログラムに近づけるにつれて理論予測解に漸近する。(2)2種類の異なる典型的載荷プログラムの下で得られる限界振幅値に対し，本手法で予測される連続的漸増振幅載荷プログラムの下での定常状態限界値は下限値を与えることを例証している。

第4章では，載荷振幅の変化に伴う定常状態の変化を第3章とは異なる方法で新たに定式化している。さらに，定常状態の安定性という概念を導入し，定常状態変化のこの新たな定式化の結果を用いることにより，安定・不安定の判別条件式を誘導している。本章では，まず，定常状態の閉釣合経路を時間軸方向に離散化し，増分形式で表現している。ここで，ひずみ反転に関する制約は全く設けられていない。次に，載荷振幅の変化に伴う釣合経路の変化を，一周期離れた一対の釣合状

態を関係づける漸化式で表現し，この漸化式に「一周期離れた状態が一致する」という条件を代入して定常状態の変化率解を導いている。更に，定常状態が安定であるための十分条件として，「漸化式の係数行列の固有値の絶対値が全て１以下である」という条件を誘導している。従来理論および前章までの手法では定常状態経路の極限として定常状態限界を特長付けていたのに対し，本章では定常状態の安定性が初めて失われる点としてこれを特長付け，ここで導かれた安定条件式を用いて定常状態限界の予測解を求める方法を提示している。この方法で得られた定常状態限界の予測が，前章までの方法で得られた予測値に一致することを数値解析を通じて示し，本方法の妥当性を検証している。

第５章では，本論文を通じ得られた成果について要約し，論文全体の結果を取り纏めている。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は，単軸応力 - 関係を用いて記述される離散化構造物について，準静的繰返し載荷の下で収束挙動が生じる領域と発散挙動が生じる領域を隔てる境界として定義される定常状態限界を，載荷振幅の連続的変化に伴う定常状態の変化に着目して求めるための定常状限界理論を一般化し，それに基づく解析法を提示したものであり，得られた主な成果は以下の通りである。

１）従来の理論は，「定常状態におけるひずみ反転は，載荷反転時にのみ生じる」という仮定の下に展開されていたのに対し，この仮定が成り立たないタイプの限界が存在することを見いだし，載荷反転時以外にひずみの反転が生じる原因と，その発生機構を解明した。それに基づいて，従来理論における最大の制約であったこの仮定を除去し，部材破断等が生じるような特殊な場合を除いて適用範囲に制限のない定常状態限界理論の一般的枠組を構築し，最も単純な離散化構造物であるトラスを対象として解析手法を提示した。

２）定常状態の連続的変化を表す定常状態経路の解析過程において，２つの新しい定式化の方法を提案した。第１は，定常状態を記述する変数として，載荷反転時状態量以外に，その他のひずみ反転時状態量を付加し，応力とひずみの変化率関係式を導く方法である。第２は，定常状態の閉釣合経路の支配式を増分形式で表現し，それを定常状態経路パラメターで直接微分する方法である。

３）定常状態の安定性の概念を導入し，定常状態が安定であるための十分条件式を誘導した。従来理論では，定常状態限界を定常状態経路の極限点として特長付けていたのに対し，本論文では定常状態の安定性が初めて失われる点として特長付け，ここで導いた安定条件式を用いて定常状態限界の予測解を求める方法を提示している。

以上要するに，本論文は単軸応力 - ひずみ関係を用いて記述される離散化構造物について，適用範囲に制限のない定常状態限界理論を構築したものであり，学術上，実際上寄与するところが少なくない。よって，本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また，平成10年１月20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。