

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	トラス梁から成る空間構造の崩壊挙動再現のためのトラス梁要素に関する研究
Title(English)	Study on a truss beam element to simulate collapse behavior of spatial structures composed of truss beams
著者(和文)	沖佑典
Author(English)	Yusuke Oki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10523号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:元結 正次郎,翠川 三郎,笠井 和彦,盛川 仁,佐藤 大樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10523号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	人間環境システム	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	沖 佑典		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	元結 正次郎	
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)		

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

トラス梁から成る空間構造は、多数のトラス梁部材を組み合わせることで無柱空間を形成する方法として広く普及している。構造設計者はこのような構造物の崩壊挙動を考える時、空間構造特有の全体座屈はもとより、トラス梁の構成部材である弦材の座屈等に起因する応力再配分が空間構造全体の崩壊挙動に与える影響を正しく捉えなければならない。近年では離散化手法等の数値計算手法が普及の途上にあるが、検討の際の作業の煩雑さの面で、設計業務の中で常に使用する方法としては不向きである。そこで、トラス梁の弾性設計の際に用いられる線材置換手法に基づき、トラス梁部材を単一の梁要素に置換し、構造設計者が必要とする部材の材端力のみを抽出して取得することを可能としつつ、座屈現象を適切に考慮することができる新たな手法が望まれる。以上の背景より、トラス梁に生じる主要な座屈現象である弦材の構面外座屈後挙動を再現可能な「トラス梁要素」が提案されてきた。しかしながら、この手法は弦材の接合条件が限定的であり、それ故実在する空間構造に含まれる境界条件を設定可能なものではなかった。境界条件の差異はトラス梁の座屈荷重および座屈後挙動に影響を与えるため、トラス梁要素によって空間構造全体の崩壊挙動を追跡するには再度考察が必要である。そこで本研究では、空間構造における崩壊挙動を再現することを目的とし、弦材同士が剛な接合条件において単一の梁要素でトラス梁に生ずる構面外座屈後挙動を考慮した上で追跡可能な「トラス梁要素」を提案する。本論文は以下の6章により構成される。

第1章「序論」では、本研究の背景として、設計に資する構造解析は単純な線形解析が主流であること、この理由として、空間構造を構成するトラス梁弦材の座屈現象を簡便かつ高精度に再現するための解析法が存在しないことを指摘し、線材置換手法に基づくトラス梁の解析法における重要性を述べている。また、既往の研究を概説するとともに、既往の「トラス梁要素」に対する問題点に言及し、本論文の目的を述べている。

第2章「弦材の弾性座屈後挙動解析法」では、材端に回転拘束を受けたトラス梁の弦材を抽出し、斜材から中間軸方向力が入力される弦材の構面外弾性座屈後挙動を単一要素により解析する手法を提案している。まず、弦材の材端力を追跡するための基本式である軸力、中間軸方向力、材端モーメントに対する弾性構成則および内部のモーメント釣合い式を、熱力学の基本原則に基づく誘導過程に準じて導出する。次に座屈の進展に伴う材端力の計算手順を示す。さらに数値計算例を通して、本章の解析法と離散化手法の数値解の比較により、座屈の進展に対する本章の解析法の妥当性を示している。

第3章「弦材の弾塑性座屈後挙動解析法」では、弦材の塑性化に伴って座屈が進行する場合について、第2章で提案した弦材の解析法を拡張し、塑性ヒンジ法に基づいて定式化をおこなう。第2章と同様に抽出した弦材において、塑性ヒンジが最大3箇所が生じると仮定し、新たに定義した塑性変位成分によるエネルギーの散逸を熱力学の第2法則に基づき誘導する。次に、トラス梁の構成部材とし

て一般的に用いられる断面を想定し、塑性化に伴う変位の進展を考慮するための塑性流れ則を導出する。さらに、数値計算に用いる際の接線剛性の算出方法および数値計算手順を示す。本章で提案した基本式、塑性流れ則および数値計算手順の妥当性を、様々な細長比や境界条件を想定した例題に対する本章の解析法および離散化手法による数値解との比較を通して示している。

第4章「剛な接合条件における構面外座屈後挙動を考慮したトラス梁要素の提案」では、第2章および第3章で導出してきた弦材の座屈後挙動に関する解析法をトラス梁要素の評価手法に適用する。既往のトラス梁要素は、弦材の接合条件がピンである場合のみを想定していた。しかしながら、弦材の材端条件が拡張されたことにより、トラス梁に対する自由度も拡張する必要がある。そこで、まずはトラス梁要素を構面外回転および振り率を考慮した自由度数とし、弦材とトラス梁要素の変数間の関係則を得る。次に、追加した自由度を含む全自由度に対して熱力学第2法則および最大塑性散逸の原理に基づく弾性構成則、エネルギー散逸および塑性流れ則を導出している。さらに、トラス梁要素によって座屈や塑性の進展を追跡するための数値計算手順を示している。以上の解析法の妥当性を、円形鋼管の弦材によって構成されるトラス梁一部材を対象に、提案手法と離散化手法の数値計算結果を比較することで明らかにしている。

第5章「トラス梁要素の空間構造への適用例」では、空間構造を想定した解析対象に対する崩壊挙動の再現を目的として、離散化手法により部材を細かく要素分割した解析モデルと第4章に基づくトラス梁要素を用いた解析モデルの荷重変位関係を比較し、トラス梁要素を空間構造の崩壊挙動の解析に適用した時の妥当性を示すとともに、トラス梁要素を使用する際の留意点について言及している。

第6章「結論」では、トラス梁からなる空間構造の崩壊挙動を再現することを目的として提案したトラス梁要素による数値解析法の妥当性について、構築の際に提案した弦材の数値解析法の妥当性とともに総括して述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 人間環境システム 専攻
Department of
学生氏名： 沖 佑典
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 元結 正次郎
Academic Advisor(main)
指導教員(副)：
Academic Advisor(sub)

要旨(英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

It is necessary to examine the collapse behavior of a spatial structure composed of truss beams due to out-of-plane buckling of one truss beam. Structure engineers can simulate the behavior numerically using discrete method. But the method needs high calculation costs and accurately considerations with the buckling behavior make it difficult for them to carry out the simulation. The main purpose of this study is to present a truss beam element which enables us easily to simulate the out-of-plane buckling behavior of the truss beam by itself. This study is composed of six chapters as follows:

In Chapter 1, "Introduction", we describe the background and the objective of this study.

In Chapter 2, "Numerical method for a chord member of truss beams considering elastic buckling", we suggest the numerical method for a chord member extracted from a truss beam. The basic equations for the elastic buckling are derived considering joint condition with other truss chord members.

In Chapter 3, "Numerical method for a chord member of truss beams considering post-elasto-plastic buckling", we extend the numerical method of the chord member in chapter 2 to the method for the elasto-plastic buckling problem.

In Chapter 4, "Truss beam element for out-of-plane buckling behavior with rigidly connected chord members", we present the new truss beam element by applying the numerical method for a chord member in chapter 2 and 3 to a beam element considering warping of the section.

In Chapter 5, "Application example of the truss beam element to the collapse analysis for a spatial structure", we examine whether the present truss beam element is valid as the calculation tool for simulating the collapse of the spatial structure composed of the truss beam through the comparison between the results by present method and the results by discrete one. We also refer to the points to note to use the truss beam element.

In Chapter 6, "Conclusion", we summarize each chapter and future works.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).