

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	沖 佑典	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	元結 正次郎	教授	佐藤 大樹	准教授
	審査員	翠川 三郎	教授		
		笠井 和彦	教授		
盛川 仁		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「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」と題し、以下の6章から成っている。

第1章「序論」では、トラス梁から成る空間構造は無柱空間を合理的に覆うことを可能とするために大屋根架構形式の一つとして広く普及しているにもかかわらず、その設計の際に用いられている構造解析は単純な線形解析が主流となっていること、およびその理由が、当該構造に内在する様々な不安定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ていないためであることを述べた上で、設計の実務において設計者自らによって、トラス梁における局所的な不安定現象を伴う崩壊挙動を簡便に追跡可能とする解析法の提案が本研究の目的であることを述べている。

第2章「弦材の弾性座屈後挙動解析法」では、トラス梁の弦材が構面外に弾性座屈する状態を想定し弦材のみを抽出した上で、その両端部が回転拘束状態にある場合の弾性座屈後挙動を単一要素で追跡可能とする手法を提案している。まず、弦材の座屈後挙動を追跡するために必要となる軸力、中間軸方向力および材端モーメントに対する弾性構成則、ならびに内部モーメントの釣合い式を導出した後、これらの連立非線形方程式の数値計算手順を示している。また、両端部の回転が拘束された中間軸方向力を受ける弦材の弾性座屈問題を例題として、単一要素による本解析結果と要素分割を施した離散化手法による結果を比較することにより、座屈後挙動に対する本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、弦材の塑性化を伴って座屈が進行する挙動について追跡可能とするために、2章で提案した解析法を熱力学的アプローチにより再定式化している。2章と同様に抽出した弦材に塑性ヒンジが最大3箇所生じると仮定し、これら塑性ヒンジ位置における塑性変形によるエネルギー散逸を熱力学第2法則に基づき誘導している。また、トラス梁の構成部材として一般的に用いられる円形鋼管やH形鋼を対象として断面の塑性化に伴う塑性変形の進展方向を表す塑性流れ則を最大塑性散逸の原理に基づき導出している。更に、数値計算を行う際の接線剛性の算出方法および数値計算手順を示すとともに、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、様々なパラメータおよび接合条件を想定した例題に対する本解析法による結果と離散化手法による結果とを比較することで明らかにしている。

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、前章までに提示してきた弦材単体の座屈後挙動に関する解析法をトラス梁に含まれる弦材に適用することで、弦材の座屈現象を考慮し得るトラス梁要素を構築している。既往の研究によるトラス梁要素は、弦材の接合条件がピンである場合のみを想定しているが、弦材の接合条件が拡張されたことによりトラス梁の構面外回転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の構面外回転および振り率を自由度として追加し、弦材とトラス梁要素における変数間の関係性を得た後、追加した自由度を含めた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きエネルギー散逸項などおよび塑性流れ則を導出している。さらに、トラス梁要素に対する弦材の座屈変形や塑性化の進展を追跡するための数値解析手順を示した後、本解析法の妥当性を、円形鋼管を弦材とするトラス梁を対象として本解析結果と離散化手法による数値解析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、本論文で対象としているような複数のトラス梁が連結されて構成される空間構造の崩壊挙動を高精度で求めるためには、座屈後におけるトラス梁間の適合条件、すなわち隣接する弦材間における併進変位および回転の連続性が正しく確保されていなければならないことを踏まえて、この点を検証するための数値解析例として、複数のトラス梁で構成され、かつ局所的に発生する弦材の構面外座屈挙動が架構全体の挙動に大きな影響を及ぼすと想定される例題を設定している。4章で提示したトラス梁要素による結果は、一部の弦材が起因する架構としての耐力劣化現象および応力再配分によるその後の耐力回復現象なども含めて高自由度を有する離散化モデルによる結果とよい対応を示しており、本トラス梁要素により要素間の適合条件が正しく表現されることを明らかにしている。

第6章「結論」では、各章で得られて知見を総括するとともに、今後の課題について述べている。以上を要するに、本論文は、建築における屋根架構形式として多用されるトラス梁から成る空間構造を対象とし、その崩壊挙動を設計の実務において設計者が簡便に解析し得る解析法の提案を目的として、隣接するトラス梁における弦材間の変形の連続性を満足するトラス梁要素を提案するとともに、その妥当性を従来の高自由度モデルによる解析結果と比較することで示したものであり、建築構造学分野における学術的価値は高く、工学上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士(工学)の学位論文として十分価値があるものとして認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(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。