

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	組合せ剛性理論に基づく3次元構造物生成手法の探究 - 建築デザインへの応用を目指して -
Title(English)	
著者(和文)	小林祐貴
Author(English)	Yuki Kobayashi
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:乙第4150号, 授与年月日:2018年1月31日, 学位の種別:論文博士, 審査員:藤井 晴行,大佛 俊泰,中井 検裕,竹内 徹,斎尾 直子,鍵 直樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4150号, Conferred date:2018/1/31, Degree Type:Thesis 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

(論文博士)

論 文 要 旨 (和文2000字程度)

報告番号	乙 第	号	氏 名	小林 祐貴
<p>(要 旨)</p> <p>本論文は組合せ剛性理論に基づいた剛な構造物の生成手法を探求し、建築デザインに応用することを目的とする。建築の形態をデザインする際には、スケッチや模型の作成、CAD ソフトによるモデリングといった方法を用いて設計を行なう。そのようなとき、設計者は実際に構造物を建築することを想定し、直感的に部材の接続関係などから「剛な構造物として実現可能である」、「実現するために柔らかそうな部分には部材を追加する」といった判断を行なっていると言える。実際に構造物を建築する段階では部材の正確な座標位置を決定し、数値解析によって構造物が剛であるかを判断するが、設計の初期段階から厳密な座標を決定することはデザインを限定することともなる。本論文で扱う「組合せ剛性理論」とは、構造物の接続関係をグラフとして扱うことで構造物が剛であるかを組合せ的に扱う理論である。その成果は、構造物の剛性について人が働かせる直感を、厳密に数理の問題として議論したものであると言える。これらのことから、組合せ剛性理論を建築デザインへと応用することにより、設計の初期段階より剛性の検討が可能となり、設計者が直感的に思い浮かべる形態をより自然に建築物として実現可能とすると考える。しかしながら組合せ剛性理論による構造物が剛であるかの判定は、ある種の一般性の仮定のもとで行なわれ、このことに建築デザインに応用する難しさがある。</p> <p>本論文では剛なパネルがヒンジによって繋がれた panel-hinge フレームワークと剛な棒材がピン接合によって繋がれた bar-joint フレームワークを扱う。はじめに極小剛な panel-hinge フレームワークに対応するグラフをもれなく全て列挙する手法を示す。さらに冗長性を考慮した剛なグラフの組合せ的な特徴付けを示す。次に、グラフを列挙する操作に基づき、一般的ではない配置の剛な panel-hinge フレームワークを生成する操作を示す。操作に基づき形態生成や模型作成を行ない、建築デザインへの応用可能性を示す。bar-joint フレームワークについては、空間充填立体を極小剛にする手法を提案し、建築的な構造物を想定し筋交いを追加することにより極小剛な構造物を得る手法を示す。</p> <p>【第1章 序論】</p> <p>第1章では、研究の背景、既往研究、研究の目的及び概要について述べる。</p> <p>【第2章 構造物の剛性行列と剛性の組合せ的な特徴付け】</p> <p>第2章では、本論文で扱う構造物である bar-joint フレームワークと panel-hinge フレームワークを定義し、剛性行列による剛性の判定方法を述べる。その後、それぞれの構造物について、剛性の組合せ的な特徴付けを述べる。</p> <p>【第3章 極小剛な panel-hinge グラフの逐次生成手法】</p>				

第3章では、逐次的に panel-hinge グラフを生成する5つの操作を定義し、次のことを示している。(i) 極小剛な panel-hinge グラフに対して5つの操作を行なってできるいずれのグラフもまた、極小剛な panel-hinge グラフである。(ii) 5つの操作の操作列を施すことにより、任意の極小剛な panel-hinge グラフを生成可能である。

【第4章 panel-hinge グラフの冗長剛性及び冗長大域剛性の特徴付け】

第4章では、2次元において次の三条件が等価であることを示している。(i) panel-hinge グラフが (k, h) -剛である。(ii) panel-hinge グラフが $(k, h+1)$ -大域剛である。(iii) グラフが $(k, h+2)$ -連結である。さらに、3次元以上においては次の三条件が等価であることを示している。(i') panel-hinge グラフが (k, h) -剛である。(ii') panel-hinge グラフが (k, h) -大域剛である。(iii') グラフが $(k, h+1)$ -連結である。

【第5章 剛な panel-hinge フレームワークの生成手法】

第5章では、極小剛な panel-hinge グラフを逐次的に生成する操作に基づき、非一般配置の剛な panel-hinge フレームワークを生成する手法を探究している。さらにフラクタル図形に基づき、空間充填多面体を基本形とする非一般配置の剛な panel-hinge フレームワークを生成する手法を提案している。その後、提案手法が建築デザインに応用可能であることを、構造物の例や模型を作成することで示している。

【第6章 極小剛な bar-joint フレームワークの生成手法】

第6章では、空間充填立体の bar-joint フレームワークに対して、最小本数の筋交いを追加することで極小剛とする手法を示す。さらに開発した操作を拡張し、内部空間や開口部を想定した極小剛な構造物の生成手法を提案している。

【第7章 結論】

第7章では、本論文で得られた成果と今後の課題をまとめる。

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).

(論文博士)

論 文 要 旨 (英 文)

(300語程度)

(Summary)

報告番号	乙 第	号	氏 名	小林 祐貴
<p>(要 旨)</p> <p>This dissertation aims to explore methods of generating rigid structures based on the theory of combination rigidity and apply it to architecture design. The theory of combinatorial rigidity aims to characterize the rigidity of frameworks in terms of the underlying graph that represents the connection relationships of joints by members. It can be said that the results of the theory of combinatorial rigidity argued intuition which people can work on rigidity of structures as mathematical problem. By applying the theory of combinatorial rigidity to architecture design, it becomes possible to examine the rigidity from the initial stage of design, and realize the form which the designer imagines intuitively as a building more naturally. In this dissertation, I deal with a panel-hinge framework where rigid panels are connected by hinges and a bar-joint framework where rigid bars are connected by pin joints. First, I present an inductive construction for minimally rigid panel-hinge graphs corresponding to minimally rigid panel-hinge frameworks. All minimally rigid panel-hinge graphs can be constructed by this methods. Then, I characterize the redundant rigidity and the redundant global rigidity of panel-hinge graphs in terms of graph connectivity. Next, I show operations of generating non-generic rigid panel-hinge frameworks of based on the operations of enumerating graphs. I give examples of forms created by the proposed method in order to demonstrate the applicability of the proposed methods to architecture design. For bar-joint frameworks, I present algorithms for making minimally rigid bar-joint frameworks consisting of union of space-filling convex polyhedra by adding braces. Moreover, I present the generation method for making minimally rigid framework assuming the internal empty space and the openings by extending the algorithms.</p>				

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).