

## 課題情報シート

テーマ名	グラウンドストラクチャ法を用いた建物の構造位相最適化				
担当指導員名	黒木 宏之	実施年度	23 年度		
施設名	九州職業能力開発大学校				
課程名	専門課程	訓練科名	建築科		
課題の区分	総合制作実習課題	学生数	2	時間	16 単位 (288h)

### 課題制作・開発のポイント

#### 【開発（制作）のポイント】

学生の興味の対象でもあるデザイン中心の建築物において、これを担う構造設計は、概してコストや意匠面に対し非常に大きな制約を受けることが多いと思われます。デザイン重視のもとで構造設計を試みる場合、計算を試行錯誤しながら行うこととなりますが、これでは設計者の主観や経験則に大きく依存することとなり、経験の少ない学生には困難です。

そこでこのような問題を解決すべく、計算手法および利便性の点から効率的な構造設計を行う判定手法の開発を通して、構造設計の計算方法および計算ツールを自分で制作することで力学システムの理解および構造設計に求められるコストと安全性のバランスなど複合的な知識を身につけます。

#### 【訓練（指導）のポイント】

構造物の設計段階において、最近では壁面に特徴的なデザインをもった構造や柱・梁といった軸組材を明確に区別しない多様なデザインが採用されることが多くなっています。また入学時の建築に対する興味は、建築デザインをイメージして入学してくるものが多いものの、実際は、学生生活の中で現実を知り興味を失ってしまうこともあります。

そこで、一連の構造設計を実施しながら、例えば学生にとって身近な構造物である木造住宅の筋かいの配置をどうすれば少ない本数で効率良く配置できるかを考えさせ、なぜそのように考えたのか。なぜ効果的なのかを模型を作りながら、あるいは計算をしながら理解させることにより、ときには楽しみながら、あるいは構造設計実務者の難しさを経験しながら学習できると思います。最終的には、先輩学生が後輩学生に荷重コンテストのような模型づくり等を指導して、建築への興味を持ってもらうことや後輩指導の中でヒューマンコンセプトチュアルスキル等の向上が図れるような訓練が展開できればと考えています。

### 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 九州職業能力開発大学校  
住所 : 〒802-0985 福岡県北九州市小倉南区志井 1665-1  
電話番号 : 093-963-0125 (代表)  
施設 Web アドレス : <http://www.3.jeed.or.jp/fukuoka/college/>

## 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# ＜グラントストラクチャ法を用いた建物の構造位相最適化＞

## 1 目的

近年、建築技術の発展とともに、雑誌等で取り上げられるようなデザイン性の高い建物が多く建てられるようになった<sup>1)</sup>。このような建物を設計する際、コストや構造面から制限を受けてしまい設計者の意図どおりに計画を進めることができない場合がある。デザイン性を尊重しながら構造設計を行うためには、様々な規定を用いて計算を繰り返し、可能な限り理想のデザインに近づけるよう試行錯誤する。しかし、この方法は設計者の経験則に左右され、知識の少ない人が設計をするのは困難である。一方で、安全設計を重視することは本来不必要な部材を過剰設計してしまうこともある。そこで、これらの問題を解決するため、より効率的に構造設計を行う手法の開発は重要となっている。

本報では、グラントストラクチャ法を用いた構造位相最適化手法を提案する。グラントストラクチャ法では、はじめに設定した部材から不必要な部材を取り除いていくため、効率的に最適化を行うことができる。この手法を用いることで、設計時に一定の検討を進めることが容易になる。

## 2 位相最適化

### 2.1 構造位相最適化

位相最適化とは、図1に示すようなある条件を満たすたくさんの選択肢の中から不要なものを取り除き、最適な答えを見つけ出す方法である。本報で取り上げる構造の位相最適化では、これを利用して不要な部材の質量や本数を最小限に抑えた中で、剛性が最大になるような形を導き出す。この位相最適化を応用することで材料の使用量を軽減することができ、コストの削減や工期の短縮に繋がると考えられる。

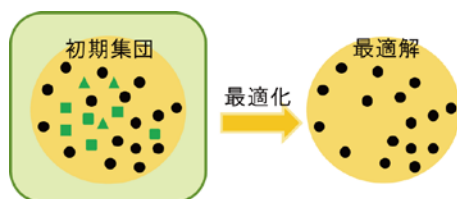


図1 位相最適化

### 2.2 最適化手法

ここで、最適化問題を取り扱う場合、現在まで従前の研究において様々な方法が提案されている<sup>2),3)</sup>。そこで、構造部材の配置を比較的容易に扱うことのできるグラントストラクチャ法と遺伝的アルゴリズムを組み合わせた手法を提案する。これは図2に示す様な梁や筋かいのかけ方をパターン化したものをあらかじめ定義しておいて最適化を進めるものである。しかし、この中には構造上不要な梁等も存在する。したがって、これを取り除くための手法の1つとして、遺伝的アルゴリズムを組み合わせることにした。

この方法を用いる利点として、部材を施工上可能な長さで設定できることにある。これにより、設計時間の短縮を図ることができ、設計者の意図に合わせて部材配置パターンを設定ができることが挙げられる。

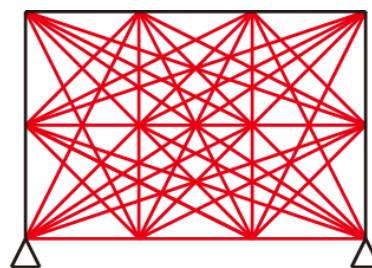


図2 グラントストラクチャ

### 2.3 構造位相最適化プログラム

本来、このような問題を解くプログラムは計算を繰り返し実施する必要があるため、例えばExcel<sup>®</sup>を用いて計算することは非常に時間がかかるため実用上問題となる。そこで本報においては、計算の効率化を図るため、最適化計算部分には計算の速いFortran90を使用した。加えて、入出力ファイルには作業がしやすく容易に図を描くことのできるExcel<sup>®</sup> VBA等を使用し、これらを連携させることで利便性の向上を図ることとした。図3は本解析プログラムの流れを示している。また、図4は最適化計算の流れを示すフローチャートを示す。

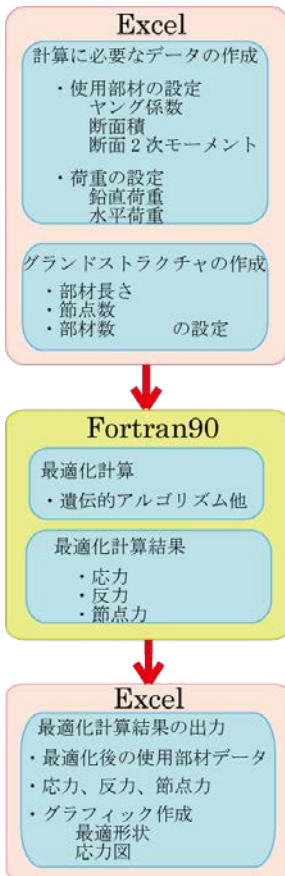


図3 プログラムの流れ

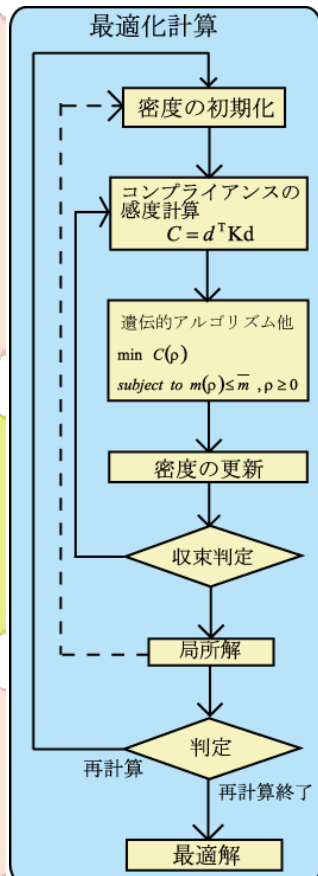


図4 最適化計算の流れ

部材数が大幅に減少していることが分かる。また柱や筋かいが下階になるほど太くなり、建物の中央に向かって部材数が増加していることが分かる。本解析では、質量を最小限に抑えた中で剛性を最大にすることを目的に最適化を行った。表1は最適化前後の部材数と総体積の変化を示している。表1を見れば分かるように、最適化前と比べて最適化後の部材数は144本減り、総体積は約63%削減している。また、結果には応力図も表示されるため、これを確認することでどこに一番応力が集中しているのかも確認できる。

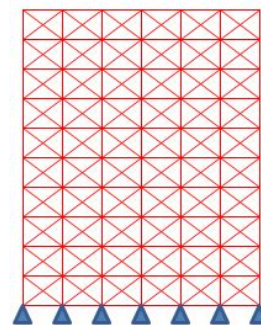


図6 中層ビル

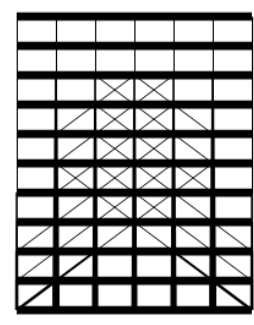


図7 中層ビルの形状

表1 最適化の結果

	最適化前	最適化後
部材数[本]	322	213
総体積[cm <sup>3</sup> ]	29.2×10 <sup>6</sup>	27.0×10 <sup>6</sup>

### 3 解析結果の検討および考察

#### 3.1 プログラムの妥当性

作成した解析プログラムの妥当性を検討するために既存の論文で答えの分かっている梁について最適化を行った<sup>4)</sup>。その結果、図5のような最適形状が得られた。本結果は、既存の論文の最適形状とほぼ一致していることから、この解析プログラムの妥当性が確認できた。



図5 梁の最適形状

#### 3.2 中層ビル(S造)

10階建中層ビルに対し、図6のようなグラッドストラクチャを仮定した。計算を行う際の条件として、鉛直荷重は最上階で100KN/cm、水平荷重は鉛直荷重をもとにAi分布で設定している。この構造に対し、解析プログラムを用いて最適化を行った結果、図7のような最適形状が得られた。

図6および図7を比較すると、最初に仮定したグラッドストラクチャに最適化計算を適用すると、

### 4 まとめ

本報では、例としてS造中層ビルを挙げているが、本手法は木造、鉄筋コンクリート造、鉄骨造など構造種別に関係なく同様の結果を得られることがわかった。本手法を構造設計に適用することにより効率的に検討を進めることが可能であるといえる。

加えて、構造力学等で実施されている演習問題等の解説など教育ツールとしての活用も十分可能であると思われる。

#### <参考文献>

- 1) 石渡健文, 亀井誠一: カーサブルーパス, pp. 67-77, 2008年5月号
- 2) 藤井大地 他: 均質化設計法を用いた弾性変形機構の位相最適化, 日本建築学会 鋼造論文集, No. 528, pp. 99-105, 2000.
- 3) Y. Sakamoto, Y. Bonkobara, T. Kondou and H. Kuroki: Simultaneous Optimization for topology and geometry of framed structure using hybrid optimization method, 13<sup>th</sup> APVC, 2009
- 4) M. Zhou and G. I. N. Rozvany: The COC algorithm, Part II Topological, geometrical and generalized optimization, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol. 89, pp. 309-336, 1996

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日：12月 1 日

科名： 建築科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		グランドストラクチャ法を用いた建物の構造位相最適化	
担当教員		担当学生	
○建築科 黒木宏之			
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>構造設計を実施する中で、問題となる構成部材の配置や数量を決定するプロセスを実際に体験し、これを簡易に行うためのツールを自分自身で製作することによって、構造設計上の計算方法はもとより、力学システムの理解および構造設計に求められるコストと安全性のバランスなど複合的な知識を身につけます。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>構造設計は、概してコストや意匠面に対し非常に大きな制約を受けることが多いと思われます。デザイン重視のもとで構造設計を試みる場合、計算を試行錯誤しながら行うこととなりますが、これでは設計者の主観や経験則に大きく依存することとなり、本来必要ではない部材や寸法を設計してしまうなど過大設計となることもありえます。そこでこのような問題を解決すべく、計算手法および利便性の点から効率的な構造設計を行う判定手法の開発は大きな課題となっています。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>本テーマにおいて、骨組構造物に対して有効なグランドストラクチャ法と最適設計に非常によく用いられている遺伝的アルゴリズムなどを組み合わせた構造位相最適化手法を提案し、この有効性について検討を行います。このため、今までに学習したことのないプログラミング知識や文献をグループで協力し合いながら問題解決を図っていきます。また他大学との共同研究も含まれるため、発表や報告に際して困難な場面に遭遇することもあります。グループで協力し合いながら課題に取り組みましょう。</p>			
No	取組目標		
①	各種構造設計手法を調査し、構造計算書の作成を行います。		
②	過去の文献や論文等を調査分析し、最適設計手法の流れを学習します。		
③	コンピュータソフトの活用法およびプログラミング言語の使用法を理解し、自分でプログラム等を作成します。		
④	グループメンバーの意思疎通を図り、フォローしあいながら協力体制を構築を行います。		
⑤	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		
⑥	問題を解決するために必要な情報を収集し、試作・分析・評価を通して合理的な手順や方法を提案します。		
⑦	報告書および論文の作成、パネル等の展示及び発表会を行います。		
⑧	実習の進捗状況や発生した問題等については、単独、グループの場合にかかわらず、担当教員へ報告します。		
⑨			
⑩			