

位相最適化	形態創生	構造デザイン
均質化設計法	橋梁デザイン	ビルデザイン

1. はじめに

従来の建築構造は、柱と梁を基本とする格子状のものがほとんどであったが、自然の木々や生物などから観察される構造には様々な形態があり、建築物の荷重を支える構造は、必ずしも格子状である必要はない。しかしながら、従来の技術では、複雑な形態を持つ建物は、構造設計を行うことが不可能であったため、建てることができなかつたと考えられる。しかし、最近の計算機と解析技術の発達により、様々な形態の構造設計が可能となり、従来の概念を破るような構造形態をもつ建物が建てられるようになった (図 1¹⁾, 図 2²⁾)



図 1 伊東豊雄設計のビル



図 2 風袋宏幸設計のビル

しかしながら、地震国日本においては、構造の合理性を全く無視することはできず、無理な構造形態で建築しようとするれば高コストとなり、また地震の洗礼を受けることになる。したがって、新しい構造形態を模索する場合、力学的にも合理的な形態を採用することが望ましい。しかしながら、デザイナーが、必ずしも力学的センスを持ち合わせているとは限らない。したがって、力学的に合理的な構造形態が解析的に創生できれば、デザイナーにとって有効なツールとなり得る。

そこで、本研究では、機械分野で発達してきた位相最適化手法をこのようなデザインのツールとして利用することを提案する。そして、本論文では、いくつかの構造モデルの形態創生を行い、このような方法の有効性を検討する。

2. 形態解析法

本論文で用いる形態解析法は、連続体の位相最適化手法であり、図 3 に示すように、設計領域を有限要素で分割し、最適化手法を用いて、必要な要素の密度を高くし、不必要な要素の密度を低くしていくことにより、最適な形態を浮かび上がらせる方法である。このような方法には、要素密度を直接設計変数にする密度法³⁾と、要素材料のマイクロ構造の穴の大きさと角度を設計変数にする均質化設計法⁴⁾がある (図 4 参

照)。本論文では、この内、より滑らかな形態が得られる均質化設計法を用いる。ただし、本手法では、施工上問題となるような複雑な形態が得られやすいため、藤井ら⁵⁾の開発したフィルタリング法を適用する。本方法によれば、複雑な形態をよりシンプルな形態にすることができる。このような手法は、藤井の著書⁵⁾にソフトとして提供されており、本論文では、このソフト (Otto) を利用して解析を行った。

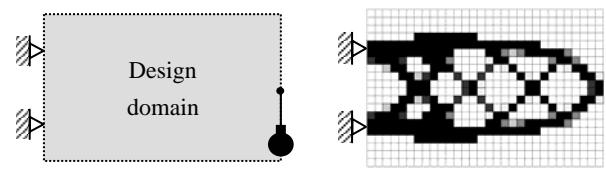


図 3 設計領域の設定と最適位相

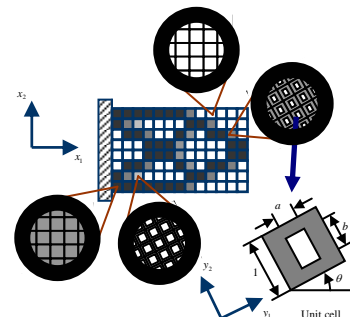


図 4 均質化設計法 (マイクロ構造の穴の大きさと角度)

3. 形態創生例

3.1 橋梁のデザイン

まず、構造デザインとしてわかりやすい橋梁の形態創生を行った。図 5 の設計領域は、図 6 に示す天翔大橋を参考に考えたものである。ただし、図中の矢印は荷重を示す。

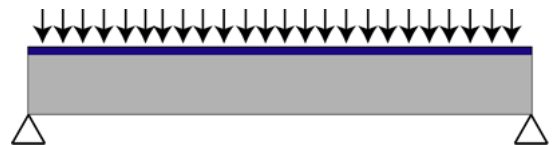


図 5 設計条件



図 6 宮崎県天翔大橋

図7は、解析によって得られた結果（位相）と、これをもとに、作成した3次元デザインを示している。また、下の図は、背景画像に橋梁をレイアウトしたものである（風袋の制作）。ただし、図7では、美観を考慮して、道路端の柱部分を省略している。

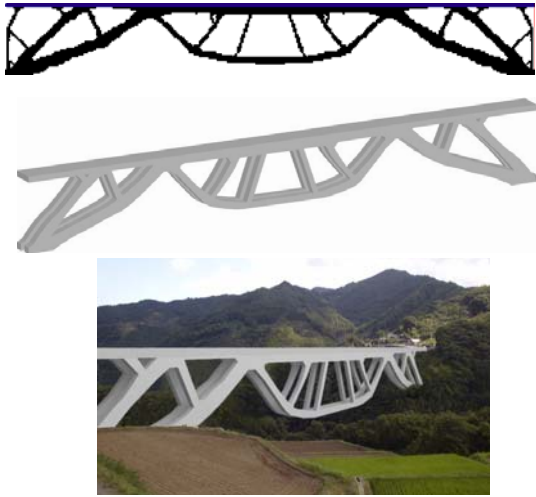


図7 橋梁の最適位相と3次元デザイン

3.2 アーチのデザイン

次に、図8は、2種のアーチ構造のデザインを試みたものである。図には、設計条件、最適位相、3Dデザインが示されている。

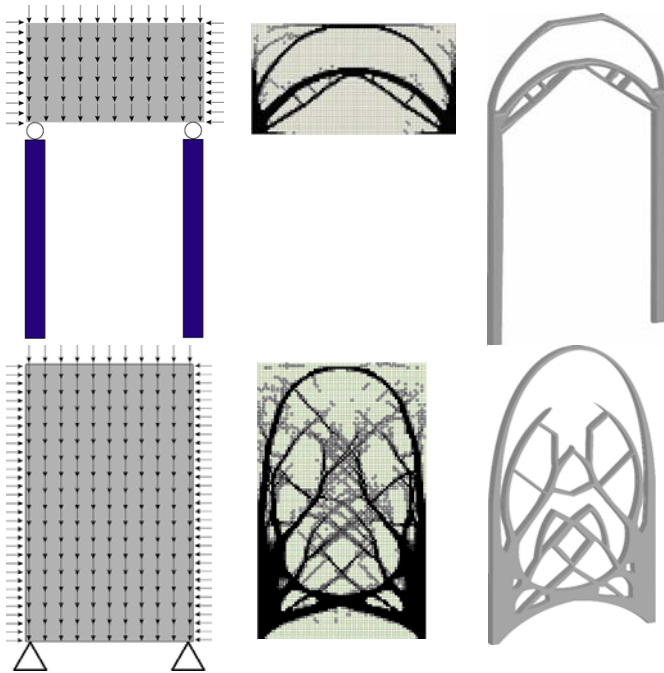


図8 アーチの設計における設計条件・位相・3Dデザイン

3.3 ビルのデザイン

最後に、図9は、2種のビル構造のデザインを試みたものである。上側の設計条件は、大森ら²⁾と同様の設定で解析を行ったものである。下側の設計条件は、独自に考えたものである。

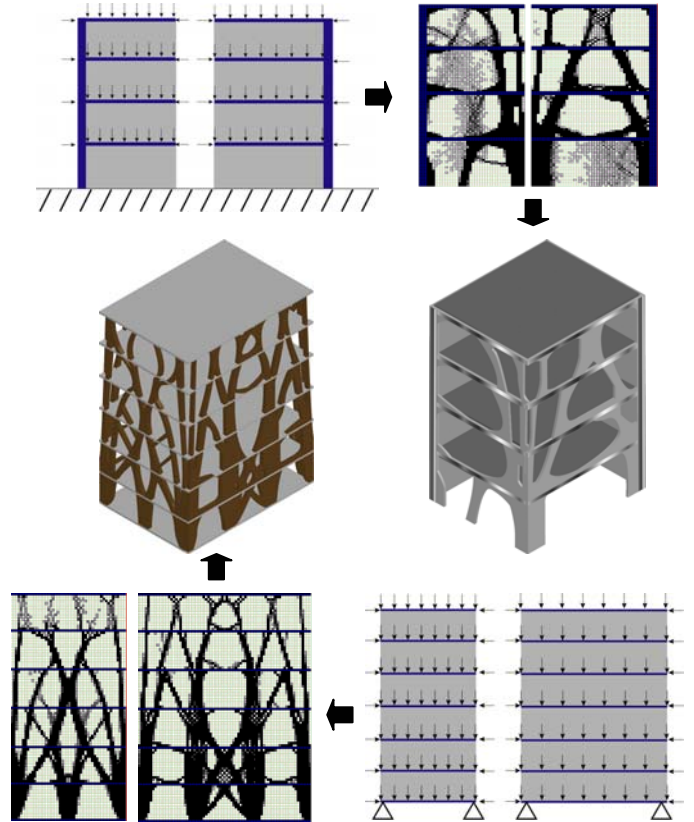


図9 ビルの設計における設計条件・位相・3Dデザイン

3. まとめ

本論文では、機械分野で発達してきた位相最適化手法を建築構造のデザインのツールとして利用することを提案し、いくつかの例題により、このような方法の有効性を検討した。その結果、このような方法を利用することにより、力学的な合理性を備えた魅力ある構造形態が創生できることが確かめられた。

謝辞：図7下図に示す背景への橋梁のレイアウトは、風袋宏幸氏（フータイアーキテクト）によって行っていたものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 伊東豊雄設計：http://www.c-channel.com/c00088/より引用
- 2) 大森博司，本間俊雄：構造形態の解析から創生へ，特集・建築形態の数理，建築雑誌，Vol.118, No.1507, pp.20-23, 2003
- 3) Yang, R.J. and Chuang, C.H., Optimal topology design using linear programming, Computers & Structures, 52(2), 265-275, 1994
- 4) Bendsøe, M. P. and Kikuchi, N : Generating Optimal Topologies in Structural Design using a Homogenization Method, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol.71, pp.197-224, 1988
- 5) 藤井大地著，「パソコンで解く構造デザイン」，丸善，2002.4