

12. IESO 法を用いた有機的建築物の形態創生に関する研究
 - 洪水対策ピロティの形態創生 -

1510920089 石居直子
 指導教員 藤井大地 教授

IESO 法, 有機的建築, 洪水対策, 形態創生, ボクセル有限要素法

1. はじめに

本研究では, アンтони・ガウディが目指した自然形態とフランク・ロイド・ライトが提唱した「有機的建築」を融合し, 樹木のような力学的合理性を有する自然形態で有機的建築物を構築する構造計画手法について検討する. 本研究で用いる手法は, 藤井ら¹⁾が提案した IESO 法 (+ 仕上アルゴリズム) で, 本手法は, ボクセル分割された直方体固定設計領域に荷重条件と境界条件を与えることで, 力学的合理性を有する最適構造形態を創生する手法である.

本論文では, その具体的適用例として, 洪水対策ピロティの形態創生を試みる. これは, 近年, 堤防の決壊や越水などの影響で, 戸建住宅の床上浸水被害が増えているため, あらかじめ防災マップによる浸水高さに応じたピロティを設置し, その上に戸建住宅を建設するという提案である. しかしながら, 西洋的なピロティは, 日本の風景になじまないため, ここでは, 建設用 3D プリンターの普及を見越して, 自然の風景になじむ樹木のような柱で床スラブを支える有機的ピロティが創生できないかを検討する.

2. IESO 法 (+ 仕上アルゴリズム) の概要

IESO 法²⁾は, ボクセル分割された直方体設計領域において, 各ボクセルの目的関数に関する感度を指標として, 感度の低いボクセル要素を徐々に除去する (材料密度を 1 から 0 にする) ことで形態を創生する方法である. また, 本手法では, 要素を除去する閾値として, 残存要素の感度の平均値と偏差値から計算される関数を用いる. また, 本手法では, IESO 法で得られた形態に対して, CA 法による要素付加と IESO 法による要素除去を繰り返して細部を修正する仕上アルゴリズムが適用される.

本論文では, 開発したプログラムをさらに改良し, IESO 法により, 残存要素数が設定した目標要素数に達すると自動的に仕上アルゴリズムが開始されるようにし, IESO 法の除去率 λ_E と仕上アルゴリズムにおける CA 法の付加率 λ_A^f と IESO 法の除去率 λ_E^f をあらかじめ与え, また, 最適化のステップ数も, 仕上アルゴリズムのステップも含めて与えるようにしている. また, 要素感度の平滑化に用いる影響半径倍率も仕上過程前 (b_r) と仕上過程 (b_r^f) で別々の値を与える.

3. 洪水対策住宅の概要

図 1 は, 本論文で提案する洪水対策戸建住宅のイメージである. 図に示すように, 本住宅は, 中空スラブの上に免震層を設置し, その免震層の上の架台に住宅を建築するものとする. そして, 今回の設計対象は, 中空スラブを支えるピロティ部分である.

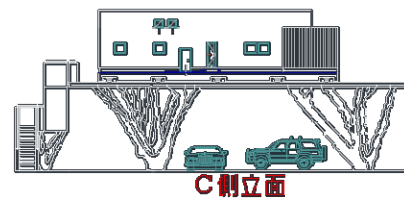


図 1 洪水対策住宅のイメージ図

4. 洪水対策ピロティの形態創生例

図 2 は, 本解析の直方体固定設計領域を示す. ボクセル (要素) 分割数は, $170 \times 45 \times 100$ とし, 上面スラブ (z 方向 2 要素分) は非設計対象とし, この部分に鉛直等分布荷重とその 0.2 倍の x, y 方向の水平力 (地震力) を加えるものとする.

図 3~図 6 は, IESO 法による形態創生の結果を示している. 図には, 設計領域底面の支持条件が示されており, より自然な形態が創生されるように配置している. また, 図 5, 6 は, 自動車の駐車スペースを確保したモデルで, 濃いグレーの領域は, 空間領域として設計固定している. なお, これらの最適化解析におけるパラメータは, STEP 数=100, 除去率 $\lambda_E=0.05$, 仕上げ除去率 $\lambda_E^f=0.01$, 仕上げ付加率 $\lambda_A^f=0.02$, 目標体積比 (目標要素数/全要素数) 0.1 で統一し, その他のパラメータは図中に示している.

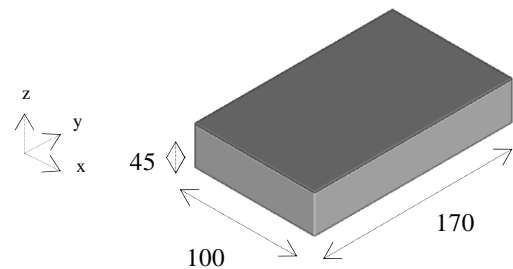


図 2 解析モデル

なお、図中の Step は解が得られた Step 数を示す。これらの図より、いずれの場合も、樹木が根を張るような有機的な形態が得られ、影響半径倍率を変えることで、形態をよりシンプルにできることがわかる。実際の建設では、影響半径を大きくした場合の結果が現実的と思われるが、金属材料の 3D プリンタが開発されれば、影響半径が小さい場合の結果も有効と考えられる。また、このような形態では、自然に苔や植物が生えてきても違和感がなく、経年変化を楽しめる可能性もある。

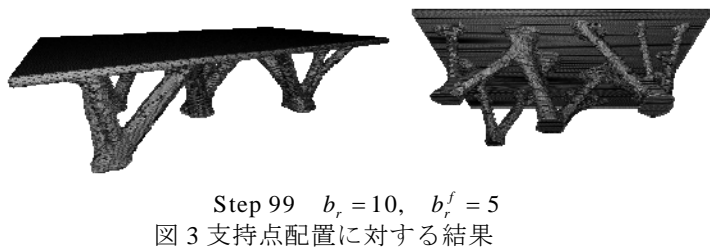
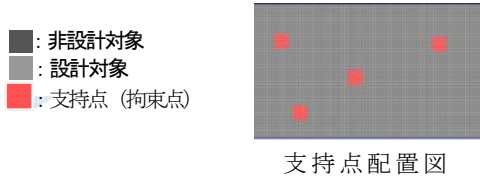


図 3 支持点配置に対する結果

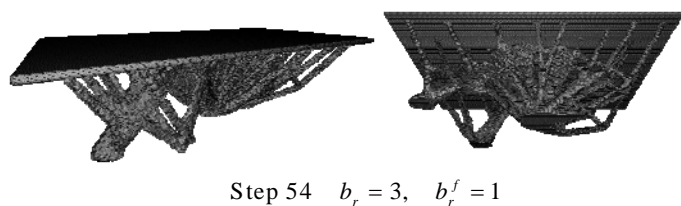
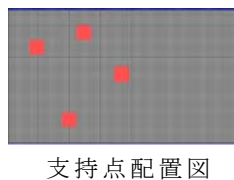


図 4 支持点配置に対する結果

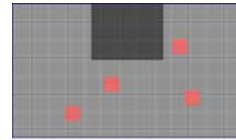


図 5 支持点配置に対する結果

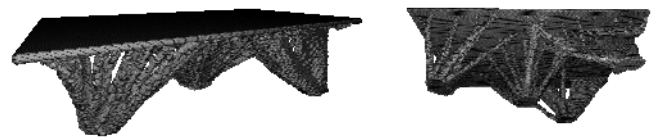
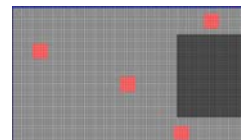


図 6 支持点配置に対する結果

5. まとめ

本論文では、IESO 法を用いた有機的建築物の構築例として、自然の風景になじむ樹木のような柱で床スラブを支える洪水対策ピロティの形態創生を試みた。その結果、柱支持点配置を変化させることで、自然界と同様の多様な有機的形態を創生できることが検証された。

参考文献

- 1) 新内洋平, 松本慎也, 藤井大地: IESO 法を用いた建築構造の形態創生—鉛直荷重と地震荷重に抵抗する建築の自然形態, 日本建築学会構造系論文集, Vol.82, No.731, p.97-103, 2017.1