

## 審査の結果の要旨

氏名 矢島 和樹

エネルギー消費量やコストなどを目的関数にした建築設備システムの最適化に関しては、これまでの多くの研究によってその効果と重要性が広く認識されている。しかし、実務的な時間制約や評価ツール不足によって、現実にはその最適化を業務の一環として行うことが難しいという課題が残されている。

本論文は、「建設プロセスにおける熱源システム設計・施工の段階的な最適化－Building Information Modeling と System Simulation の連携による最適化検討の効率化と拡張－」と題し、熱源システムを対象とした詳細なエネルギー・コストシミュレーションの開発、および BIM (Building Information Modeling) との連携プログラムの開発を通じて、所与の水準の設計・施工しか行われていない現状を進展させ、建設プロセス全体にわたって段階的に最適化を行う方法論と有効性を提示したものである。本論文は全 6 章で構成され、各章をまとめると以下の通りとなる。

第 1 章では、本論文の背景と目的を述べている。

第 2 章では、本論文で提案している設計・施工の段階的な最適化の意義について述べている。まず、現状では、仮に VE (Value Engineering) によって設備性能を高める提案をしてもその効果を定量化しにくいこと、また、それに伴うコスト増の対価も得にくいことなどを指摘している。また、設計・施工プロセスのある特定の段階で独立的になされる既往の最適化を実際の熱源システムに適用し、その最適化効果や適用範囲には実務的な限界があることを検証している。これらのことを踏まえ、基本設計、実施設計、施工の各段階で実務的に検討可能な説明変数や BIM 情報などを考慮した設計・施工の段階的な最適化の考え方や方法について提案している。

第 3 章では、設計・施工の段階的な最適化を実現するために独自に開発した要素技術について述べている。一つは、制御系や搬送系を考慮した熱源システムの詳細なエネルギーシミュレーション、および部材コスト、施工コスト、メンテナンスコストなどを考慮したライフサイクルコスト (LCC) シミュレーションを MATLAB/Simulink により開発している。もう一つは、段階的な最適化

には BIM との連携が不可欠という考えのもと、BIM モデルから共通フォーマットを経由して MATLAB 用の M 言語、M 言語からシミュレーション入力データに変換するといった新たな連携プログラムを開発している。そして、この連携プログラムの有用性を作業効率や作業精度に関する実験から検証している。

第 4 章では、第 2 章の考え方や第 3 章の要素技術に基づいて、提案している設計・施工の段階的な最適化の方法を実在する研究用途建物と大規模複合用途建物の熱源システムの冷却塔まわりに適用している。最適化の説明変数には、実務的な観点から、既往の最適化では一般には考慮されない冷却水の配管口径や配管経路、配管材料などを加えている点が特徴的であり、基本設計、実施設計、施工の各段階に応じて最適な熱源システムの各種設計変数を順次選択していくと、段階を追うごとにエネルギー消費量と LCC が小さくなっていくことを明らかにしている。

第 5 章では、第 4 章に引き続いて、提案している設計・施工の段階的な最適化の方法を、一般的な設計基準を与えた場合や既往の最適化の場合と比較している。最適化する設計変数の種類を実務にあわせて拡充し、設計から施工にかけて継続的な最適化を行うことによって、一般的な設計基準を与えた場合よりもエネルギー消費量で約 23%、LCC で約 16%削減すること、既往の最適化と比べてもエネルギー消費量や LCC を最も小さくすることができることを示しており、設計・施工の段階的な最適化の有用性を明らかにしている。

第 6 章では、本論文で得られた知見と今後の課題をまとめ、総括としている。

以上、要するに、本論文は、建築の熱源システムを対象に、設計・施工の段階的な最適化という考え方や、それを BIM との連携によって効率的に実施する方法論を新たに提示したもので、独自に開発した熱源システムのシミュレーションや BIM との連携プログラムを用いて、その新たな最適化の方法論の有用性を定量的に明らかにしたものである。このことは、実務上の最適化を阻害している技術的課題の解決に寄与する有用な知見を示しており、建築設備工学に寄与するところが多い。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。