

| | |
|--------------|--|
| Title | Airflow Analysis for Prediction of Building Cross-Ventilation Rate based on Energy Balance |
| Author(s) | 小林, 知広 |
| Citation | 大阪大学, 2009, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/49591 |
| rights | |
| Note | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。 |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

| | |
|------------|---|
| 氏名 | 小 林 知 広 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (工 学) |
| 学位記番号 | 第 22990 号 |
| 学位授与年月日 | 平成21年3月24日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 工学研究科地球総合工学専攻 |
| 学位論文名 | Airflow Analysis for Prediction of Building Cross-Ventilation Rate based on Energy Balance (エネルギーバランスに基づく建物の通風量予測を目的とした気流解析に関する研究) |
| 論文審査委員 | (主査) 准教授 甲谷 寿史 (副査) 教授 相良 和伸 教授 山中 俊夫 |

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、従来の風力換気量予測手法による予測精度が通風時に悪化するという背景から、新たな通風量予測手法として流管内のエネルギーバランスに基づく予測手法（パワーバランスモデル）を確立することを目的として通風時のエネルギー輸送量及びエネルギー損失量等の流管の基礎的性状を明らかにしたものである。

第1章では、研究の背景及びパワーバランスモデルの概念を示し、本論文の目的と構成について述べた。

第2章では、通風時の流れのパターンを定性的に解明することを目的として、可視化実験とPIV (Particle Image Velocimetry) による風速測定実験を行った。この結果、圧力駆動タイプの風力換気と、速度圧が保存されて通風輪道が形成される通風タイプの風力換気の差異が明確に示された。

第3章では、定量的なデータを取得することを目的として、全圧・静圧及び風速測定を行い、第2章の検討を定量的に裏付けた。また、本論文では最終的に流管解析を数値解析により行ったが、その数値解析の精度検証用の測定データを得た。

第4章では、流管を同定するために必要な手法である計算流体力学解析（CFD解析）の乱流モデリングの理論を解説した。ここでは本研究で用いた乱流モデルの紹介を行った。

第5章では、第2章及び第3章で行った風洞実験をCFD解析により再現し、実験結果との比較を行うことでCFD解析の精度検証を行った。その際、3種類の乱流モデルを用いた。計算精度と計算負荷のバランスを考慮した結果、最も適当な乱流モデルとして応力方程式モデルを選定した。

第6章では、流管解析を行う前段階として従来の通風量予測手法の問題点を示した。その結果、従来の手法を大開口条件に適用した場合には、建物の換気経路全体の抵抗と換気駆動力が過大評価されるという問題を明らかにし、またその原因を解明した上で、両者の誤差が通風量に与える誤差を明示した。

第7章では、CFD解析結果に基づき流管を同定し、室内外において輸送されるエネルギー及びエネルギー損失量を各条件について算出した。パワーバランスモデルを用いて風量を予測する際は、流管を有限体積とみなし流入検査面と流出検査面を決定した上で、検査面での全圧と検査面間のエネルギー損失を予測する必要がある。そこでパワーバランスモデルの単純な例として、室内を通過する流管のみを対象として検査面を決定し、検査面全圧及び検査面間エネルギー損失と室パラメータ（開口率、アスペクト比、相対室奥行き）との関係を示した。この検討から、有限体積としての流管を室内部と風下部に分離し、それぞれの有限体積においてエネルギー損失と各室パラメータの関係を最終的に示した。

第8章では、本研究で得られた知見をまとめ、新たな通風量予測モデルとしてパワーバランスモデルを確立するため

の今後の展望を示した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、古くから多くの研究が見られる建物の「通風」に関する研究であり、従来の風力換気量予測手法が通風時に予測精度が低下するという問題に取り組み、新たなる通風量予測手法を目指したものである。新たなる通風量予測手法として採用したのは、その概念の提案自体は成されているものの、未だその詳細な検討が成されていない流管内のエネルギーバランスに基づく予測手法（パワーバランスモデル）であり、その確立を目的として通風時のエネルギー輸送量及びエネルギー損失量等の流管の基礎的性状を明らかにしている。主な成果を要約すると以下の通りである。

(1) 通風時の流れのパターンを定性的に解明することを目的として、可視化実験とPIV (Particle Image Velocimetry) による風速測定実験を行い、圧力駆動タイプの風力換気と、速度圧が保存されて通風輪道が形成される通風タイプの風力換気の差異が明確に示されている。また、風洞での高レイノルズ数の流れ場における広領域のPIV測定は、この分野の研究としては非常に先駆的な試みであり、体系だったパラメータに基づいて通風現象の把握が行われている。また、この成果は計算流体力学解析（CFD解析）の精度検証のための汎用的なデータベースとしても非常に有用なものである。

(2) 困難である空間の全圧・静圧測定に関して、PIV測定結果を用いた上で圧力測定管を回転することによって行ったものであり、実用的に十分な精度で建物周辺圧力場の詳細な把握が行われている。

(3) 風洞実験をCFD解析により再現し、実験結果との比較を行うことでCFD解析の精度検証を行い、計算精度と計算負荷のバランスを考慮した結果、応力方程式モデルがこの種の流れ場に対して十分な精度を有する乱流モデルであることを示している。

(4) 従来の風力換気量予測手法を大開口条件に適用した場合には、建物の換気経路全体の抵抗と換気駆動力が過大評価されるという問題を明らかにし、またその原因を解明した上で、両者の誤差が通風量に与える誤差を明示した。この検討により、古くから用いられてきた従来の風力換気量予測手法を通風量予測に適用する際の問題点を明確に示したことになる。

(5) CFD解析結果に基づいて流管を同定する手法を新たに開発し、室内外流管において輸送されるエネルギー及びエネルギー損失量を種々の条件について算出している。

(6) パワーバランスモデルの単純な例として、室内を通過する流管のみを対象として検査面を決定し、検査面全圧及び検査面間エネルギー損失と室パラメータ（開口率、アスペクト比、相対室奥行き）との関係を示している。最終的には、有限体積としての流管を室内部と風下部に分離し、それぞれの有限体積においてエネルギー損失と各室パラメータの関係を示している。

以上のように、本論文は建物の通風量予測法に関して、従来から指摘されていた問題点を定量的に明示しながら、パワーバランスの概念に基づいた新たなる予測法の提案に向けて、基礎的かつ先進的な知見を得ており、建築環境工学の発展に寄与するところが大きい。また、本論文で扱った対象が基本的な形状の建物であることから、その成果は汎用性を有しており、建物周辺気流などの解明にも貢献し、建築風工学等の周辺研究分野の発展にも寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。