



Title	Airflow Analysis of Natural Ventilation Driven by Turbulence under Isothermal and Non-isothermal Conditions
Author(s)	蒋, 子韜
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/98788
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (JIANG ZITAO)	
論文題名	Airflow Analysis of Natural Ventilation Driven by Turbulence under Isothermal and Non-isothermal Conditions (等温および非等温条件下における乱流駆動の自然換気気流の解析に関する研究)
論文内容の要旨	
<p>本研究は、時間平均の開口間圧力差が微小な場合に、従来の自然換気の換気量予測式の予測精度が低下することに着目し、乱流効果を考慮する簡易な自然換気量予測手法を提案することを目的とした。気流の乱れによる自然換気量の予測に関しては、その気流の複雑さゆえに室内及び開口付近の詳細な気流性状が十分に理解されていないために、簡易的な予測手法が確立されていない。そのため、本研究では主に乱れにより駆動される自然換気現象に着目し、実験および計算流体力学(CFD解析)による自然換気気流の詳細な解析を行った上で、最終的に等温場を対象とした換気量予測式を提案した。</p> <p>第1章では、自然換気の駆動力と一般に自然換気量の予測に用いられるオリフィス式について紹介し、本研究の目的と構成について述べた。</p> <p>第2章では、本研究で用いた境界層風洞と実験時の測定方法について紹介した。</p> <p>第3章では、計算流体力学(CFD解析)における乱流モデリングの理論について紹介した。</p> <p>第4章では、従来の自然換気量予測法であるオリフィス式の適用可能範囲を検証するため、建物の設計パラメータ(開口数、開口距離、開口位置)をパラメータとして変化させ、時間平均の開口間風圧係数差およびその標準偏差を測定し、風の乱れが換気量に及ぼす影響を明らかにした。</p> <p>第5章では、風洞実験を実施して周辺建物密度、風向、開口数が風力換気の換気効果に及ぼす影響を確認した。</p> <p>第6章では、片側換気における内部間仕切りの影響に着目し、風洞実験および数値計算により検討を行った。具体的には、開口を有する間仕切りにより2ゾーンに分けられる建物モデルを用いて通気量(AFR)と有効換気量(PFR)を算定し、間仕切りが自然換気の効果に与える影響を検討し、全室と単室の換気効果の差異の原因を分析した。</p> <p>第7章では、ラージ・エディ・シミュレーションを用いた粒子追跡法により片側換気時の気流解析を行い、気流特性の解析に加え、片側換気時の空気の再循環流を流跡線解析により明らかにした。</p> <p>第8章では、等温および非等温条件下における自然換気の相似性を確認した。風洞実験と数値解析における縮小モデルを採用する際、検討される物理量について実物大モデルとの相似性が重要となるため、本章では数値計算により縮小モデルと実物大モデルを解析し、レイノルズ数とアルキメデス数の2種の無次元数が自然換気時の室内気流性状に及ぼす影響を確認した。</p> <p>第9章では、風力と浮力の両者が作用する非等温の自然換気を対象とする風洞実験を行った。ここでは風速と内外温度差の異なる条件下での室内気流性状を主に粒子画像流速測定(PIV測定)により評価した。風力と浮力の両者が作用する場合の自然換気時であっても、その換気量は風力と浮力による圧力差の和により変化するが、特に時間平均の圧力差が小さくなる場合には従来の方法では換気量の予測が困難であることを示した。</p> <p>第10章では、風洞実験で得られた風圧係数と換気量の測定値を用いて、等温場を対象とした乱流効果を考慮した自然換気量の予測手法を提案し、各手法の精度を提示した。</p> <p>第11章では、本研究で得られた知見についてまとめるとともに、今後の展望を示した。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (JIANG ZITAO)										
	(職) 氏 名									
論文審査担当者	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">主査</td><td style="width: 30%;">教授</td><td style="width: 40%;">小林 知広</td></tr> <tr> <td>副査</td><td>教授</td><td>下田 吉之</td></tr> <tr> <td>副査</td><td>准教授</td><td>伊丹 絵美子</td></tr> </table>	主査	教授	小林 知広	副査	教授	下田 吉之	副査	准教授	伊丹 絵美子
主査	教授	小林 知広								
副査	教授	下田 吉之								
副査	准教授	伊丹 絵美子								

論文審査の結果の要旨

本研究は、時間平均の開口間圧力差が微小な場合に、従来の自然換気の換気量予測式の予測精度が低下することに着目し、乱流効果を考慮する簡易な自然換気量予測手法を提案することを目的としている。気流の乱れによる自然換気量の予測に関しては、その気流の複雑さゆえに室内及び開口付近の詳細な気流性状が十分に理解されていないために、簡易的な予測手法が確立されていない。そのため、本研究では主に乱れにより駆動される自然換気現象に着目し、実験および計算流体力学（CFD 解析）による自然換気気流の詳細な解析を行った上で、最終的に等温場を対象とした換気量予測式を提案している。

第 1 章では、自然換気の駆動力と一般に自然換気量の予測に用いられるオリフィス式について紹介し、本研究の目的と構成について述べている。

第 2 章では、本研究で用いた境界層風洞と実験時の測定方法について紹介している。

第 3 章では、計算流体力学（CFD 解析）における乱流モデリングの理論について紹介している。

第 4 章では、従来の自然換気量予測法であるオリフィス式の適用可能範囲を検証するため、建物の設計パラメータ（開口数、開口距離、開口位置）をパラメータとして変化させ、時間平均の開口間風圧係数差およびその標準偏差を測定し、風の乱れが換気量に及ぼす影響を明らかにしている。

第 5 章では、風洞実験を実施して周辺建物密度、風向、開口数が風力換気の換気効果に及ぼす影響を確認している。

第 6 章では、片側換気における内部間仕切りの影響に着目し、風洞実験および数値計算により検討を行っている。具体的には、開口を有する間仕切りにより 2 ゾーンに分けられる建物モデルを用いて通気量 (AFR) と有効換気量 (PFR) を算定し、間仕切りが自然換気の効果に与える影響を検討し、全室と単室の換気効果の差異の原因を分析している。

第 7 章では、ラージ・エディ・シミュレーションを用いた粒子追跡法により片側換気時の気流解析を行い、気流特性の解析に加え、片側換気時の空気の再循環流を流跡線解析により明らかにしている。

第 8 章では、等温および非等温条件下における自然換気の相似性を確認している。風洞実験と数値解析における縮小モデルを採用する際、検討される物理量について実物大モデルとの相似性が重要となるため、本章では数値計算により縮小モデルと実物大モデルを解析し、レイノルズ数とアルキメデス数の 2 種の無次元数が自然換気時の室内気流性状に及ぼす影響を確認している。

第 9 章では、風力と浮力の両者が作用する非等温の自然換気を対象とする風洞実験を行っている。ここでは風速と内外温度差の異なる条件下での室内気流性状を主に粒子画像流速測定 (PIV 測定) により評価している。風力と浮力の両者が作用する場合の自然換気時であっても、その換気量は風力と浮力による圧力差の和により変化するが、特に時間平均の圧力差が小さくなる場合には従来の方法では換気量の予測が困難であることを示している。

第 10 章では、風洞実験で得られた風圧係数と換気量の測定値を用いて、等温場を対象とした乱流効果を考慮した自然換気量の予測手法を提案し、各手法の精度を提示している。

第11章では、本研究で得られた知見についてまとめるとともに、今後の展望を示している。

以上のように、本論文は建築の省エネルギーのために有用な手段となり得る自然換気に関して、その現象を明らかにするための有益な学術的知見と、自然換気量を高精度で予測するための工学的応用性が高い知見を提供している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。