

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 高野康夫
 学位 博士 (工学)
 学位記番号 新大院博(工)第439号
 学位授与の日付 平成27年9月24日
 学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
 博士論文名 数値解析を利用した風速変動による住宅の自然換気・通風性状に関する研究

論文審査委員 主査 教授・赤林伸一
 副査 教授・加藤大介
 副査 教授・藤澤延行
 副査 准教授・大嶋拓也

博士論文の要旨

申請論文は7編から構成されている。

第1編では研究目的、論文全体の構成について述べている。RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes Simulation) などの定常数値解析だけでは評価できない、外部の風速変動による自然換気・通風性能の評価手法を構築し、提案することが本論文の目的である。

第2編では解析対象の概要について述べている。実在の風洞を模擬した解析領域内に解析対象の単純住宅モデル(一辺 300mm の立方体形状)を設置した。この単純住宅モデルは、開口位置とガイドベーンパネル(換気促進装置)設置条件によりモデルA~Gの7つのモデルがあり、更に2棟の単純住宅モデルが隣接する場合について3ケース(モデルH~J)用意されている。

第3編では数値流体解析の手法について述べている。本研究で用いた数値解析手法は、LES 解析と標準 $k-\epsilon$ モデルによる RANS 解析である。LES 解析における SGS モデルは、Dynamic Smagorinsky モデルであり、Werner-Wengle 型の境界条件を三層モデルに拡張したものを壁面境界条件として用いた。流入変動風の作成は、ドライバー領域を用いる手法を採用している。

第4編では新たに開発・提案した自然換気・通風性能評価手法について述べている。LES 解析で得られた解析結果を用いて流入開口部から粒子を散布し、粒子が十分に換気性能評価領域まで達する到達率を算出する。開口部の流入量と到達率から有効換気量を求め、更に有効換気量を各 case で比較し、有効換気量比を求める手法を提案した。

第5編では数値流体解析の解析結果について述べている。

第1章では LES 解析による解析結果を述べた。アプローチフローは $1/4$ 乗則 ($U \propto Z^{1/4}$) の鉛直プロファイルとほぼ一致するよう作成した。風洞実験による PIV 測定結果と比較すると、剥離域内の渦で大きさ、位置共にほぼ一致しており、定性的に流れ場の基本的な構造を再現できている。LES では、単純住宅モデル外壁側面、上面周辺で剥離流や逆流が生じた。平均的には通風現象が発生しないとされる対称的な位置に開口を有するモデルでも、外部風の変動に起因する通風現象を再現した。

第2章ではRANS解析による解析結果を述べた。本研究によるRANS解析結果ではモデル側面や上面周辺の剥離流や逆流を再現できていない。外部風の非定常性が再現されないため、対称的な位置に開口を有するモデルでは、流入変動風による換気現象は観察されなかった。これにより、LESによる解析が風速変動による換気性状を評価するのに必要不可欠であることを再確認している。

第6編では自然換気・通風性能評価結果を述べている。LES解析の解析結果を用いて到達率、平均有効換気量及び有効換気量比を求め、各モデルについて比較評価した。定常的には換気に寄与する気流が得られないとされる対称な位置に開口を有する建物においても、外部の流入変動風に起因する換気現象を定量的に評価可能なことを示した。

第7編では結論として数値解析結果と自然換気・通風性能評価結果をとりまとめると共に、今後の展望を述べた。今後は、より実情に近い街区モデルを対象とした、隣接する建物相互での気流交換の影響やガイドベーンの換気性能に及ぼす因子の検討を行い、更なる自然換気の有効利用法の構築及び通風設計資料の蓄積を行うとした。

審査結果の要旨

1. 単純住宅モデルを対象とした数値解析

LES解析とRANS解析の手法を用いて開口条件別に数値解析を行い、RANS解析では再現されない、流入変動風に起因する換気現象を再現している。非定常の自然換気・通風現象について性能を評価する上でLES解析が有用であることを示した。

ガイドベーンパネル(換気促進装置)を開口周辺に設置した場合の換気量を定量評価した。パネル設置位置により異なる換気量を、LES解析により定量評価可能であることを示し、自然換気の有効利用法を構築する上で重要な知見を提供した。

2. 自然換気・通風性能評価

提案された自然換気・通風性能評価手法は、定常数値解析では評価できなかった、外部の流入変動風に起因する自然換気・通風現象の定量評価を可能にした。又この手法を用いることで、既往の評価手法では不十分と考えられるショートサーキットの影響を考慮した換気性能評価が可能になった。

申請論文では、LESが非定常の自然換気・通風現象を再現可能であることに着目し、従来の評価手法では困難であった、流入変動風に起因する自然換気・通風性能の定量評価手法を新たに開発・提案している。本論文で提案された評価手法は、自然換気・通風現象を有効利用するための実務設計資料を蓄積する上で有用な手段である。住宅の省エネルギー性能向上にもつながり、建築環境工学分野の発展に寄与する重要な成果と判断される。

よって、本論文は博士(工学)の博士論文として十分であると認定した。