

審査の結果の要旨

氏名 挾間 貴雅

本論文は「LES と DES による一開口通風換気特性の解明」と題して、□Large-eddy simulation (LES) を用いた一開口通風換気時の空気流動特性の解明、□通風換気性状解析に対する Detached-eddy simulation (DES) の適用可能性の検討をする事を目的としている。

本論文は、空気の流出入が動的に変化し通風量や流入出の変動特性の詳細が未だ十分に解明されていない単一開口のみを利用した風力による自然通風性状を解明することをその主たる目的としている。この為、流れの変動特性を詳細に解析することが可能な LES を使用してこの流れ場の解析を行い、その性状を明らかにしている。一開口通風換気は、室内と屋外を結ぶ1つのみの開口により室内の通風換気を行うもので、通風のための開口の数が最小限の1つである言わば「自然通風換気の基本」となるものである。しかし、風力により生じる一開口通風は、主として開口面における乱れ性状により通風換気が生じるもので、2開口以上の通風換気が主として平均流の移流により生じているものと異なり、通風量評価が理論に基づいたものではなく、実験に基づいた評価しかないのが現状であった。また開口部の流れの乱れ性状の解析も現状ではほとんどなされていなかった。本論文は、この困難な課題に挑戦し、その性状を初めて詳細に分析したものである。本論文はまた、通風換気解析に対する DES の適用可能性に関する検討も行っている。近年、レイノルズ平均モデル (RANS) と LES のハイブリッド手法である DES は計算格子増加を抑えつつ高精度に気流場を予測出来る手法として注目されており、高精度の流れ場予測性能が求められる今日の建築環境工学分野への適用が期待される。しかしながら流れ場によっては、同手法は RANS/LES の組み合わせに起因する問題点が顕在化する恐れがあり、建築環境工学へ応用する上で同手法の適用可能性を検証する必要がある。そのような背景を受けて、本論文は同手法固有の問題が顕在化する流れ場として一開口通風換気を選定し、先の LES 解析結果と比較する事により建築環境工学分野、特に通風換気解析に対する DES の適用可能性を検討している。

本論文の構成は以下の通りである。

第1章では、本論文の研究背景及び目的を提示している。

第2章では、一開口通風換気解析で使用する LES に関する基礎方程式やフィルター操作、SGS モデル等の基礎理論について述べ、更に DES に関する基礎方程式及びその付随関数群について説明し、RANS と LES を組み合わせることにより生ずる速度不整合性問題点についての理由を示している。

第3章では、LES 及び DES に関する基礎方程式に関して、空間的・時間的な離散化手法および計算進行アルゴリズムについて検討し、同様に温度場及び濃度場を求める上で必要な熱輸送方程式及び濃度輸送方程式についても取り上げ、各種手法を適用する事を行っている。

第4章と第5章では、LES を用いて単一の開口を通して生じる動的に変動する空気流入特性の解明を行っている。前半の第4章においては既往の研究について述べ、単一開口を通した空気流入に関する知見を示している。後半の第5章では、単一の開口を有する建物を想定した流れ場を対象に LES を適用することで単一の開口を有する系の空気流入特性の解明を行っている。

第6章では、通風換気解析に対する DES の適用可能性に関する検討を行っている。まず、既往の研究から RANS/LES ハイブリッド手法の現状及び DES の位置づけについて述べ、通風換気解析に適用する上での問題となりうる点及び DES の適用可能性について論じている。そして、通風換気解析に DES を適用する上での一開口通風換気解析を用いた適用可能性検証の必要理由について述べた上で、第5章と同様の流れ場に DES を適用し、流れ場の予測性能に関する問題点を示す事で通風換気解析における DES の適用可能性に関する検討を行っている。

第7章では本論文各章の結論を纏め、今後の課題を示している。

本研究論文を総括するに、単一の開口のみを使用した通風換気時における非定常かつ 3 次元的な流入特性を明らかにしている。特に新たに開口内に形成され、空気交換に支配的な影響を及ぼす渦の生成機構を明らかにした。これは通風換気の研究へ大きな示唆を与えるもので、建築環境工学の発展に大きな寄与をなすものである。また、一開口通風換気解析に対して DES を適用する事で、同解析に対する DES の可能性と限界を明らかにし、通風換気解析、引いては建築環境工学全般に対する DES の適用範囲を明らかにした。これは建物に関連する流れの研究者や設計実務従事者への DES 利用を容易とし、これを促すものとなる。

以上のように、本論文は、建築環境学及び建築設備工学のみならず、設計実務にも寄与するところが極めて大きい。

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。