

非居住空間 貫通孔 通気率
 隙間特性値 測定 CFD 解析

1.はじめに

夏季蒸暑期の外気湿度が高い地域において、室内を過度に長時間冷房した場合、隙間を通じ室内側近傍まで多湿な外気が侵入する部位では夏型結露の発生が危惧される。既報¹⁾では、気密が確保された非居住空間では外気侵入による高湿化の影響は見られず、配線用貫通孔を想定した小さい孔でも間仕切壁上下部等に存在すれば、その孔から外気が侵入することで非居住空間の湿度は上昇することを確認した。

様々な条件における非居住空間内の湿度環境および結露発生状況を評価することを目的に、既報¹⁾で示した実験条件下における非居住空間内の湿度環境を数値解析によって再現できることを確認するためには、実験で用いた貫通孔の隙間特性が必要となる。本報では、配線用貫通孔における隙間特性に関する測定結果、CFD 解析による貫通孔における気流性状および隙間特性に関する推定精度について報告する。

2.測定概要

2.1.測定方法²⁾

測定装置の概要を図 1 に示す。気密箱に試験体を取り付け、ファンおよび電圧調整器を用いて試験体前後の圧力差を段階的に変化させ、その際の通気量を測定した。差圧と通気量の関係に以下に示す式(1)を用い、最小 2 乗法により隙間特性 (通気率, 隙間特性値) を求めた。測定機器には風量計(キーエンス製超音波流量計 FD-G50, 精度±2% of reading), 微差圧計(sensirion 製 SDP800, 精度±3% of reading)を用いた。

$$Q = a \cdot \Delta P^{1/n} \quad \text{式(1)}$$

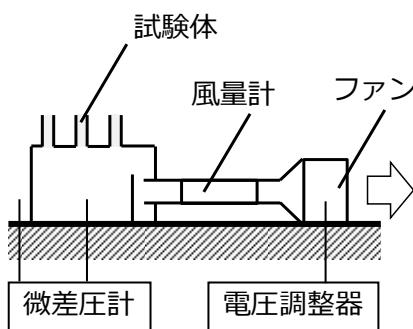


図 1 測定装置

2.2.測定対象

木造住宅において、設備配線等を通すために現場にて梁や下地材に貫通孔を開けることがある³⁾。既報¹⁾の実験で扱った貫通孔である直径 25mm, 深さ 12.5mm(壁垂直面), 39.5mm(天井部), 141mm(床部)について、ドリルビットで穴を開けた木材を、気密箱にそれぞれ 3 カ所ずつ設置した。通気量は 3 カ所の平均値で評価した。

3.測定結果

3.1.実験で扱った貫通孔に関する隙間特性

測定した貫通孔における差圧と通気量の関係を図 2 に示す。測定値を○, 近似曲線を実線で示した。通気量が多い順に、深さ 39.5mm, 141mm, 12.5mm となった。深さ 141mm の方が 39.5mm より通気量が少なかったのは、管内壁面における摩擦抵抗による圧力損失の増加と考えられる。最も浅い 12.5mm において最も通気量が少なかったことについて、3.2.にて深さの種類を増やした測定および CFD 解析により検討する。

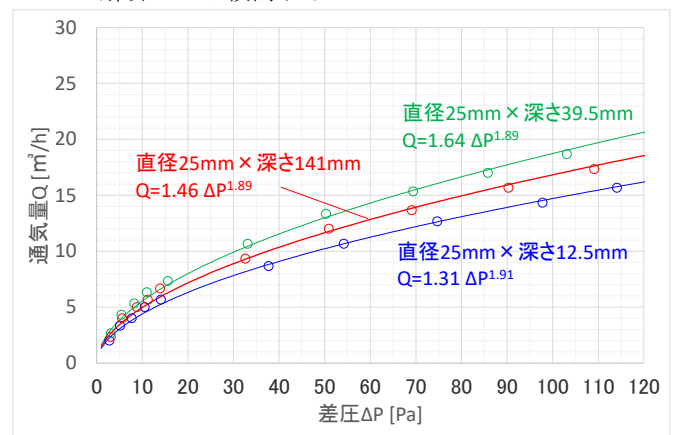


図 2 差圧と通気量(既報¹⁾の実験で扱った貫通孔)

3.2.貫通孔の深さごとの通気量に関する検討

管内壁面の粗度がいずれの条件においても同等となるように水道配管を用い、直径 25mm, 深さ 10mm, 20mm, 40mm, 60mm, 100mm, 140mm, 200mm における差圧と通気量の関係について測定した結果を図 3 に示す。10mm における通気量が最も少なく、20mm と 40mm の通気量が同程度で最も多く、60mm 以上は順に通気量が少なくなった。前項と同様、最も浅い 10mm において最も通気量が少なかった。

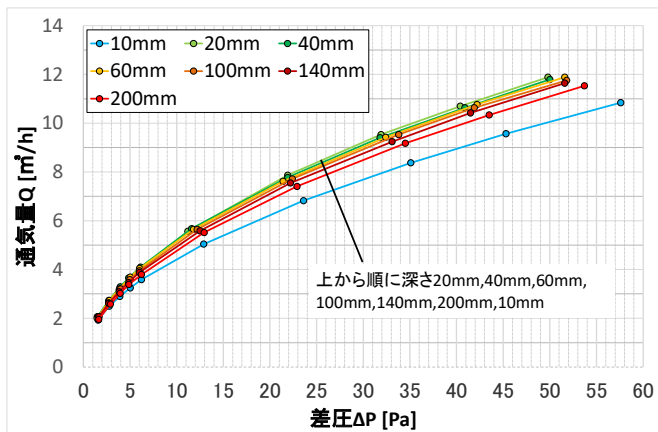


図 3 差圧と通気量(水道配管 10~200mm)

次に、貫通孔における気流性状および数値解析による推定精度について確認するため、深さ 10mm, 40mm, 100mm, 200mm に対し CFD 解析を行った。解析概要を表 1、解析モデルを図 4 に示す。貫通孔前後で差圧を設け、貫通孔の通過風量を求めた。解析にあたっては、計算負荷軽減のため、対称面を 2 面設けて対象空間の 1/4 のみを扱った。深さ 10mm, 40mm の場合の流れ場を図 5、図 6 に示す。深さ 10mm においては貫通孔を通過するときに縮流が生じている⁴⁾。一方、深さ 40mm において流れは管内壁面に再付着することで回復し、深さ 10mm に比べ 40mm の方が通気量は多くなっていると考えられる。差圧と通気量の関係について、測定値と解析結果を図 7 に示す。深さ 40mm, 100mm, 200mm に関して測定値と解析結果は精度良く一致している。一方、10mm の場合、測定値と解析結果に 1 割程度の差が生じているため、浅い貫通孔の場合に CFD 解析による隙間特性に関する結果を用いる場合は注意が必要である。

4.まとめと今後について

配線用貫通孔における隙間特性に関する測定結果を示した。また、CFD 解析によって、貫通孔における気流性状について縮流および再付着の影響を確認し、隙間特性に関する推定精度について示した。実際には、貫通孔に配線が通るため、配線がある場合の隙間特性について今後検討していく必要がある。

記号一覧 Q : 通気量[m³/h], a : 通気率[m³/h(Pa^{1/n})], P : 圧力[Pa], n : 隙間特性値[-]

参考文献 1)出端祐輔, 小椋大輔: 戸建住宅における非居住空間の温湿度形成に関する基礎的研究-気密性能や換気方式, クロスの透湿抵抗が非居住空間の湿度環境に及ぼす影響に関する実験的検討-, 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学 I), pp. 593-596, 2023 年 2)国土交通省 国土技術政策総合研究所, 独立行政法人建築研究所監修: 平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の

方法Ⅲ住宅の設計施工指針, 株式会社連合印刷センター, pp. 164-165, 2014 年 3)佐藤実: 貫通孔をもつ梁の構造的性能とその補強方法に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(構造Ⅲ), pp. 269-270, 2018 年 4)前田敏男, 石黒一郎, 中村泰人: 直角曲り並びに管入口の形状抵抗, 日本建築学会論文報告集, pp. 145-148, 1960 年

表 1 解析概要

解析ツール	STREAM ver.2023.1
乱流モデル	RNG k-εモデル
解析方法	定常解析
解析範囲[m]	0.3(x)×0.3(y)×1.0(z)
分割	基準長さ 1mm, 等比率 1.2 例)深さ 10mm の場合, 約 160 万メッシュ

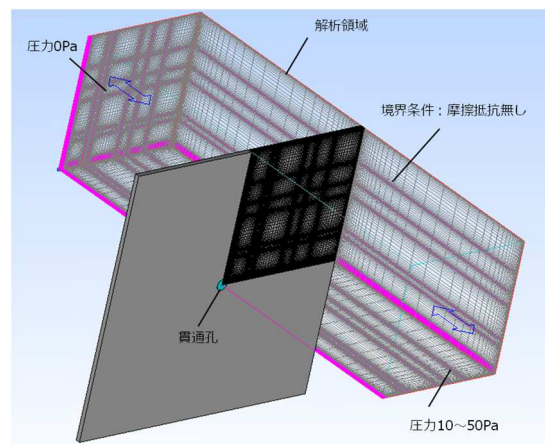


図 4 解析モデル

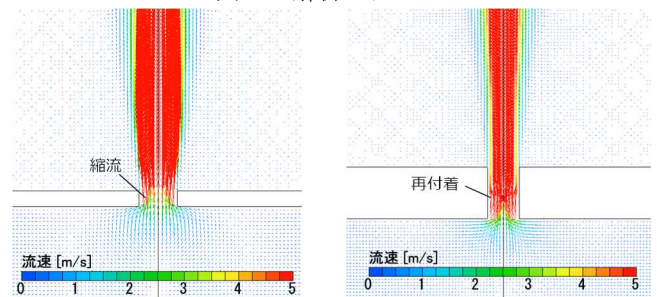


図 5 流れ場(深さ 10mm)

図 6 流れ場(深さ 40mm)

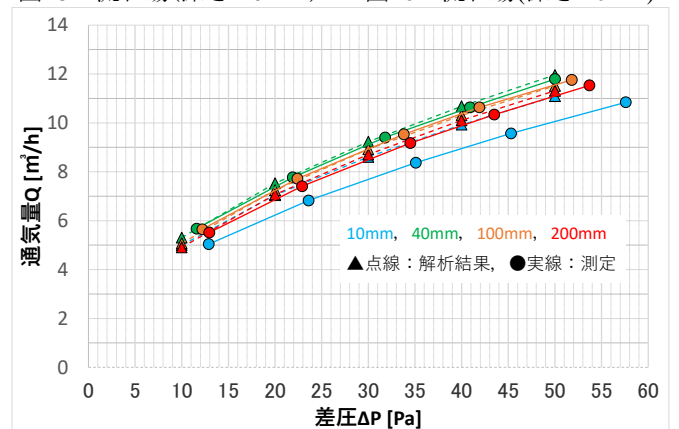


図 7 差圧と通気量(測定値と解析結果)

*1 積水ハウス 修士(工学)

*2 京都大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)

*1 Sekisuihouse, M.Eng.

*2 Prof., Graduate School of Engineering Kyoto University, Dr.Eng.