

ドライエリアを有する地下居室における自然換気性状に関する研究 (その2)

地下室およびドライエリアにおける換気量に関する風洞実験

正会員 ○ト 震*¹ 同 加藤信介*²
同 高橋岳生*³ 同 黄 弘*⁴
同 河野良坪*⁵

地下居室 ドライエリア (空堀) 換気量 風洞実験

1. はじめに

前報¹⁾では風洞実験によりドライエリア内部の風速分布およびガス拡散性状について検討し、空堀の幅や地上建物などが空堀内の渦運動に及ぼす影響を調べた。本報では、ドライエリアを有する地下居室の換気性能に着目し、風向や建物など種々の換気要因を取り上げ、地下室および空堀の換気量を風洞実験によって測定した結果を示す。

2. 実測概要

2.1 検討モデル 前報¹⁾のドライエリアモデルをもとにして、空堀に接する地下室模型 (内寸 200×95×95mm) を地上建物の下に設け、これを地下室モデルと呼ぶ (図1 参照)。地下室の室内空気質を確保するため、地下室と空堀との間に開口を設置し、この開口を通じて外部の新鮮な空気が地下室内空気と入れ替わり、地下室内部に発生した汚染物を排出する。

2.2 実験条件 風洞および境界層は前報¹⁾を参照。地上建物高さを代表長さ ($H_0=200\text{mm}$)、この高さに対応する位置での風速を代表速度 ($U_0=2.9\text{m/s}$) とする。

2.3 測定概要 換気量の測定にはエチレン (11900ppm) をトレーサーガスとし、連続供給した。本報では対象空間 (地下室、空堀) の換気性状を把握するため、筆者らの実験方法²⁾に改良を加えて^{注1)}、内径 1mm の銅パイプを供給・吸引共に 24 本ずつ空間で均一的に配置し、総量 100sccm のトレーサーガスを放出・サンプリングし、その空間平均濃度を FID により測定する。

2.4 測定ケース 表1に測定ケースを示す。Case1 と Case1' を基本ケースとし、中心1開口の鉛直断面およびモデルの対称断面を図2に示す。Case3 と Case5 は両側2開口のケースである (図3 参照)。Case1~Case8 は地下室の換気性能の把握を目的とし、Case1' と Case8' は Case1、Case8 に対応する空堀の換気性能についての検討である。各ケースにおいて、風向 0°から 180°まで 22.5°ピッチで、濃度実験を行う^{注2)}。地下室モデルの形状の対称性から、16 風向別の地下室および空堀の換気性状を把握する。

3. 実験結果

各ケースにおける平均濃度から、局所排出換気量 PFR を算出する^{注3)}。また、PFR を $U_0 H_0^2$ で無次元化し、ここで PFR* と表記する。

3.1 地下室と空堀における換気量の比較 (Case1、Case1')

Case1、Case1'における風向別の地下室と空堀の無次元換気量 PFR* を図4に示す。全体として、空堀は地下室より約5倍~10倍程高い換気量を示している。両者とも流入風向によって換気

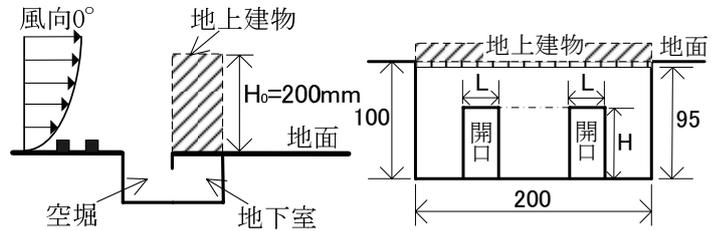


図1 地下室モデル

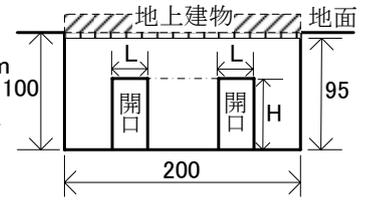


図3 両側2開口のケース

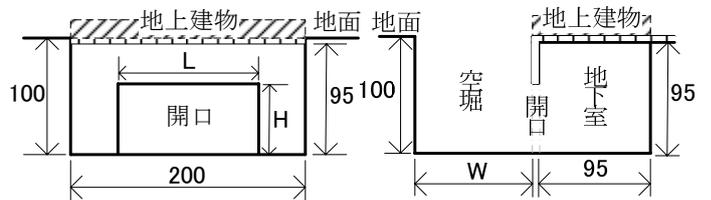


図2 基本ケース (Case1、Case1')

(W:空堀の幅; L:開口の幅; H:開口の高さ 単位:[mm])

表1 測定ケース (単位:[mm])

Case	開口部	空堀幅	建物	測定対象
	形式、総面積 A=開口数×幅 L×高さ H			
1	中心1開口、A=1×120×60	W=100	有	地下室
1'	中心1開口、A=1×120×60	W=100	有	空堀
2	中心1開口、A=1×60×60	W=100	有	地下室
3	両側2開口、A=2×30×60	W=100	有	地下室
4	中心1開口、A=1×30×60	W=100	有	地下室
5	両側2開口、A=2×15×60	W=100	有	地下室
6	中心1開口、A=1×15×60	W=100	有	地下室
7	中心1開口、A=1×120×60	W=50	有	地下室
8	中心1開口、A=1×120×60	W=100	無	地下室
8'	中心1開口、A=1×120×60	W=100	無	空堀

量が大きく異なることが分る。風向 0°~45° (建物の風上側に空堀がある) の場合、強い循環流が生じることにより空堀の最大換気量を示す。しかし、この循環流が開口位置で強い下向きの流れを形成し、これにより開口部が仮想的に閉鎖されるため、地下室では換気量がかなり小さくなる。また、風向角の増加につれて空堀の換気量が小さくなる傾向を示している。風向 67.5°~180°の広い範囲で空堀の換気量はあまり変化していないが、地下室の換気量は大きくばらついている。地下室において換気量の最小値を示す風向は 180°であり、最大値を示す風向は 135°である。風向 157.5°と比較すると、135°ではわずかの角度差で2倍の換気量の増加が見られる。この結果は筆者らが CFD シミュレーションで計算した結果³⁾と概ね一致している。

3.2 地下室における開口と換気量の関係 (Case1~Case6)

Case1~Case6 において地下室開口の形式および開口面積を変化させた場合、風向による地下室換気量の変化を図5に示す。中心1開口の場合(図5の実線)開口面積が小さくなるに従い、風向の変化にかかわらず地下室の換気量は少なくなり、換気量は開口面積にほぼ比例することが分る。また風向角による換気量の変化する傾向は大体同じだが、幅Lが狭いCase6では風向間の換気量差がほとんどない。それに対し、両側2開口のCase3とCase5(図5の点線)の場合は、風向角による換気量の変化する傾向は異なり、2開口のケースにおいて最小換気量を示す風向も1開口と同様180°であるが、最大値を示す風向は90°となる。更に等しい面積を持つ1開口のケースと比較すると、2開口のCase3、Case5では全風向において換気量が多くなることから、2開口の方が自然換気の利用の点からみると、一層有利となることが分る。

3.3 空堀幅の影響に関する検討 (Case7)

図6の実線に示すように空堀幅が半分になる場合、Case1に比べ(図4)風向角による換気量の変化する傾向が変化し、最大値と最小値を示す風向は90°、157.5°になる。また、地下室の換気量は全体として7割になる。これは、前報より空堀幅の減少に従い渦運動が弱くなるためである。

3.4 地上建物の有無による換気量の変化 (Case8、Case8')

地上建物が無い場合の地下室と空堀の風向別換気量を図6の点線に示す。図4の基本ケースと比べ、Case8、Case8'では地下室と空堀とも換気量が50%程度低下する。また、地下室の換気量が最大となる風向は112.5°であるが、空堀では67.5°~112.5°に存在することになる。地上建物が両方の換気量に及ぼす影響はかなり大きい。

4. まとめ

1) 基本ケースにおいて地下室の換気量は空堀の1/5~1/10程度である。最大換気量を示す風向は135°であり、換気量の最小値の2倍以上となった。2) 地下室では1開口の場合、換気量が開口面積に比例する。2開口の場合、地下室の換気効率は向上する。3) 空堀幅と地上建物が地下室および空堀の換気効果に及ぼす影響は大きいことが見られた。

注1) 供給ガスのバランスを確保するため、4台のマスフローコントローラ(MFC)を使用した。

注2) Case4~6において、風向22.5°と112.5°での換気量は測定していない。

注3) 局所排出換気量PFRは局所領域で発生する汚染質の希釈に有効な換気空気量を評価するものである⁴⁾。次式で計算する。

$$PFR = q_p / C_p \quad (2)$$

ここで、 q_p 、 C_p は局所領域の汚染質発生率(kg/s)と平均濃度(kg/m³)である。

謝辞 本研究は、文部科学省の安全・安心科学技術プロジェクト「有害危険物質の拡散被害予測減災対策研究」(研究代表 加藤信介)の一環として実

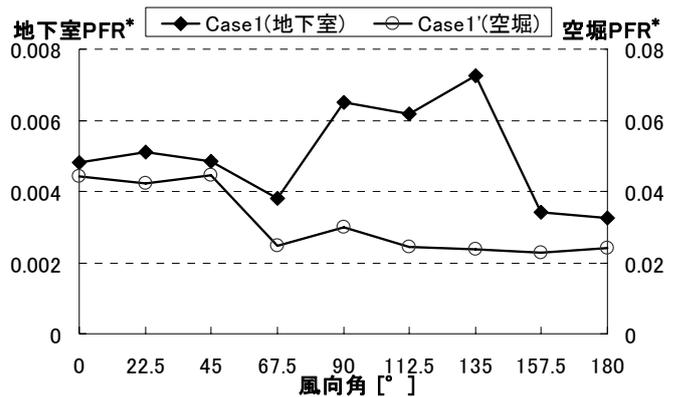


図4 風向角による換気量の変化 (Case1、Case1')

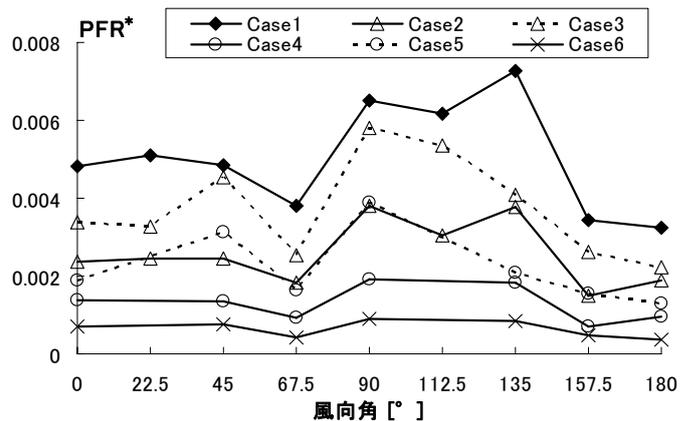


図5 風向角による地下室換気量の変化 (開口の検討)

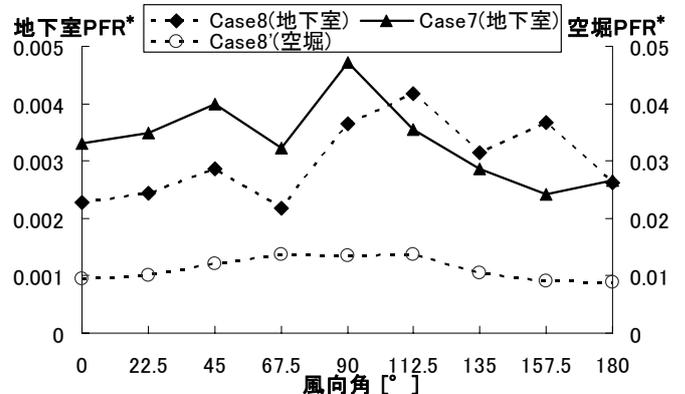


図6 風向角による換気量の変化 (Case7、Case8、Case8')

施した。関係各位に対し、ここに記して謝意を表します。

参考文献 1) 高橋他: ドライエリアを有する地下居室における自然換気性状に関する研究 (その1)、日本建築学会大会学術講演梗概集、2008.9、投稿中。2) 河野他: 横風時における片側開口建物の通風性状に関する研究 (その2)、日本建築学会大会学術講演梗概集、2006.9。3) 卜他: 超過確率手法を用いたドライエリアに面する地下室における風力換気ポテンシャルの分析、生産研究No.60(1)、p.22-26、2008.1。4) 加藤他: 換気システムを変化させた場合の規準化居住域濃度、Visitation Frequency, Purging Flow Rateの系統的解析、気調和・衛生工学会論文集 No.78、p.45-56、2000.7。

* 1 東京大学大学院 大学院生
 * 2 東京大学生産技術研究所 教授・工博
 * 3 東京大学生産技術研究所 技術専門員
 * 4 東京大学生産技術研究所 助教・博士 (工学)
 * 5 東京大学生産技術研究所 特任研究員・博士 (工学)

* 1 Graduate Student, University of Tokyo
 * 2 Professor, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.
 * 3 Senior Technical Support Specialist, Institute of Industrial Science, University of Tokyo
 * 4 Research Associate, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.
 * 5 Project Researcher, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.