

予習確認プリント

学年：_____ 学籍番号：_____ 名前：_____

- ・どのような**仕組み**で、屋外での風圧力による換気がおきますか。できるだけ詳しく説明してください。

- ・どのような**仕組み**で、屋内外での温度差による換気がおきますか。できるだけ詳しく説明してください。

※予習の段階に比べて、授業を聞き終わった段階では、何がわかりましたか？よくわからなかったところは、どこですか？質問はありませんか？

第 4 回 自然換気 (教科書 pp. 97~101)

※おおよそ板書の 1 面が, 配付資料の半ページに相当

◎ 空気環境の全体像

- └ 【1】 どんな質の空気か? —————┬——①濃度の計算
 - | →空気を「かたまり」として考える |
 - | |
 - | |
 - | |
 - | (準備として, 流れに関する基礎式←流体力学)
 - | |
 - └ 【2】 どんなふう to 動くか? —————┬——③自然換気
 - | →空気を「流れ」で考える | →仕組みを理解
 - | |
 - | |
 - └——④機械換気
 - どんな方法があるか?
 - ⇨換気の注意点

0 今日の内容

1

2

参考資料 1 「風圧係数」の補足

3

4

参考資料 2 直列の際の開口部の合成の式を導いてみよう

1 自然換気のポイント 3つ!!

(1) 自然換気には、次の2種類がある。

①

②

(2) 換気量は、

ベルヌーイの式 (ただし、位置圧は省略)

(3) では、圧力差とは何か? どの圧力とどの圧力の差か? 基準はどこか?

身近な例: 天気予報で良く聞く、「高気圧」と「低気圧」

※1000hPa だから「高気圧」、または「低気圧」ではない。

注) 高度が 10m 高くなると、1hPa (ヘクトパスカル) ずつ、気圧が減少する

1hPa = 1m² の面積に 100N の力が働く \approx 10kgf

hPa: 小文字のエイチ, 大文字のピー, 小文字のエー

2 温度差による換気

(1) 温度差換気のイメージ (とても重要!!)

原因：

◎室内の温度と屋外の温度の差←室内ではどこも同じ温度

××室内の中での上下の温度差

(2) 圧力と空気の温度(気温)の関係

・大気圧は、その上にある空気の重量による圧力

大気圧 = 空気の密度 [kg/m³] × 高さ [m] × 重力加速度 [m²/s]

・空気の密度は、空気の絶対温度に反比例する (ボイルシャルルの法則)

→つまり、高温の空気は、密度が小さい

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{T_0}{T}$$

ここで、

ρ : 室内の気温の密度 [kg/m³], ρ_0 : 屋外の気温の密度 [kg/m³]

T : 室内の気温の絶対温度 [K], T_0 : 屋外の気温の絶対温度 [K]

⇒温度の差は、密度の差!!

・密度の小さい空気、つまり高温の空気による大気圧は小さい

(3) どんな圧力を考えるのか？

1) 屋外と室内を別々に考える

屋外 (の大気圧)

室内

地上に近づくほど圧力は大きい
→気圧の変化も大きい (傾きが緩やか)

室内の空気の温度が高い
→室内の空気の密度は小さい
→全体的に空気は軽い
→上方と下方で重さの変化が小さい
→気圧の変化の勾配も小さい (傾きが急)

2) 屋外と室内の差を考える

屋外での圧力の変化と
室内での圧力の変化を重ねる

⇨

屋外を基準に変える

3) 数式で考えてみると

※室内と屋外の温度差が大きい方が，換気量が大きい

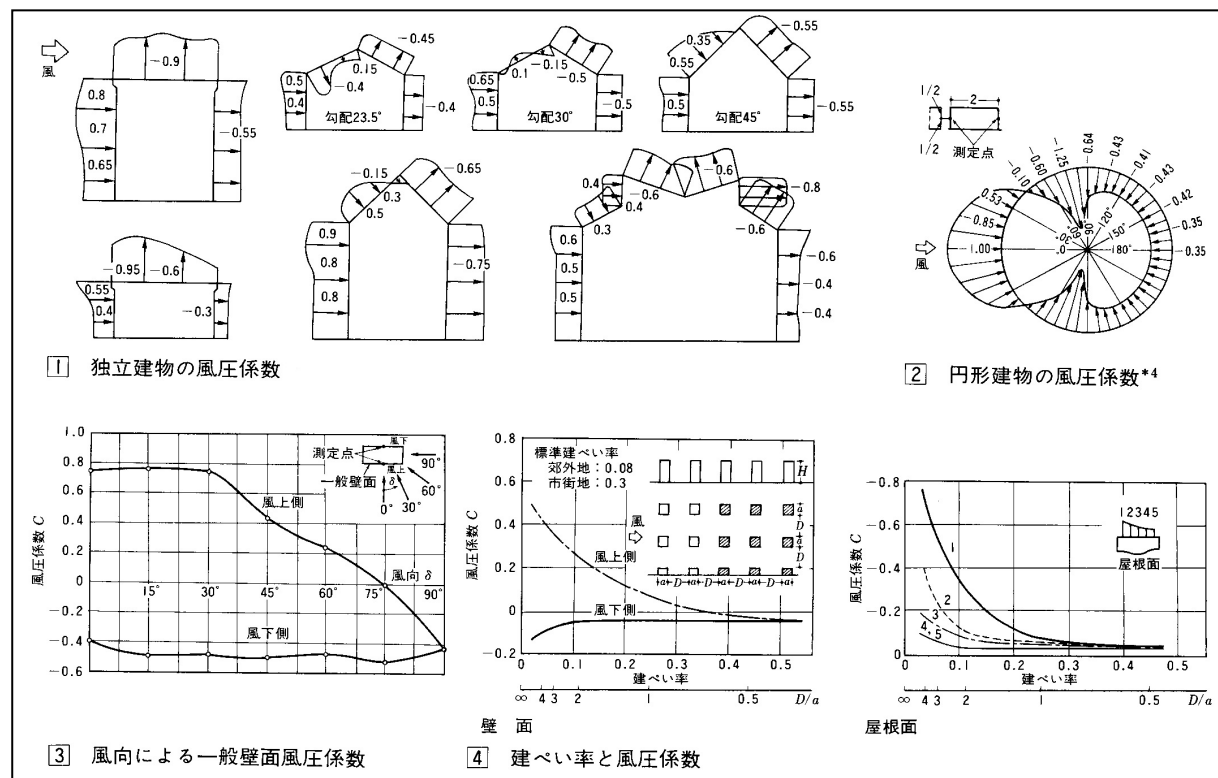
←室内と屋外の温度の差が大きいと，屋外と室内の密度の差が大きい

※※室内へ給気する開口部と室内から排気する開口部の高さの差が大きい方が，換気量が大きい

3 風圧力による換気 (上流側の大気圧と下流側の大気圧の差で生じる換気)

参考資料 1 「風圧係数」の補足 (参考文献[1], p. 74)

風圧係数は、建物の形状、表面の位置、風向によって異なる値を取る。通常は、風洞を用いた模型実験によって決める。



4 開口部の扱い

実際に空気が入り出す開口部の面積：

→少し小さくなる

◎開口部の合成

①同じ面にあり、かつ空気の流れる方向が同じ時：

そのまま、開口部の面積を足す（入口は入口で、出口は出口でそれぞれ足す）

→開口部は大きくなる（並列）

②入口から出口への経路上にある開口部：それぞれの開口部での換気量が同じ

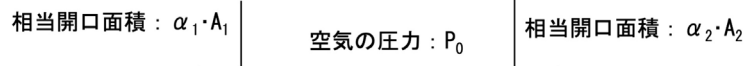
→直列（少し複雑な式になる）

参考資料 2 直列の際の開口部の合成の式を導いてみよう

右図のように建物の左右に開口部がある場合を考える。



空気の密度を ρ [kg/m³],
全体での流量を Q [m³/s],



全体での (合成した後の) 相当開口面積を $\alpha \cdot A$ [m²], 圧力を P [Pa] などとすると,

$$Q = \alpha \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2(P_2 - P_1)}{\rho}}$$

と表せる。

左の開口部を通過する流量について屋外と室内の圧力差を考え、右の開口部を通過する流量について屋外と室内の圧力差を考えれば、それぞれの開口部を通過する流量は、次のように表せる。

$$Q_1 = \alpha_1 \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{2(P_0 - P_1)}{\rho}} \quad Q_2 = \alpha_2 \cdot A_2 \cdot \sqrt{\frac{2(P_2 - P_0)}{\rho}}$$

それぞれ、変形すると、

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho \cdot Q^2}{2 \cdot \alpha^2 \cdot A^2} \quad P_0 - P_1 = \frac{\rho \cdot Q_1^2}{2 \cdot \alpha_1^2 \cdot A_1^2} \quad P_2 - P_0 = \frac{\rho \cdot Q_2^2}{2 \cdot \alpha_2^2 \cdot A_2^2}$$

さらに、 $P_1 = P_0 - \frac{\rho \cdot Q_1^2}{2 \cdot \alpha_1^2 \cdot A_1^2}$ と $P_2 = \frac{\rho \cdot Q_2^2}{2 \cdot \alpha_2^2 \cdot A_2^2} + P_0$ を $P_2 - P_1 = \frac{\rho \cdot Q^2}{2 \cdot \alpha^2 \cdot A^2}$ に代入すると

$$\frac{\rho \cdot Q^2}{2 \cdot \alpha^2 \cdot A^2} = \left\{ \left(\frac{\rho \cdot Q_2^2}{2 \cdot \alpha_2^2 \cdot A_2^2} + P_0 \right) - \left(P_0 - \frac{\rho \cdot Q_1^2}{2 \cdot \alpha_1^2 \cdot A_1^2} \right) \right\} \quad \text{なので、} \quad \frac{\rho \cdot Q^2}{2 \cdot \alpha^2 \cdot A^2} = \left\{ \frac{\rho \cdot Q_2^2}{2 \cdot \alpha_2^2 \cdot A_2^2} + \frac{\rho \cdot Q_1^2}{2 \cdot \alpha_1^2 \cdot A_1^2} \right\}$$

結局、 $\frac{Q^2}{\alpha^2 \cdot A^2} = \left\{ \frac{Q_2^2}{\alpha_2^2 \cdot A_2^2} + \frac{Q_1^2}{\alpha_1^2 \cdot A_1^2} \right\}$ となり、流量はどこでも同じで、 $Q = Q_1 = Q_2$ であるから

$$\frac{1}{\alpha^2 \cdot A^2} = \frac{1}{\alpha_2^2 \cdot A_2^2} + \frac{1}{\alpha_1^2 \cdot A_1^2} \quad \text{となる。}$$

※他にも、導き方はありそうだが。

【参考文献】 (順に、タイトル、編著者名、出版社、発行年月、価格、ISBN。[] 内は熊本県立大学学術メディアセンター図書館所蔵情報。)

- [1] 『建築環境工学用教材 環境編 第3版』(日本建築学会, 日本建築学会 (丸善), 1995年2月, ¥1,845+税, ISBN: 4-8189-0442-2) [和書 (2F), 525.1||N 77, 0000236338]
→第4版にも同じ図表あり ((2011年3月, ¥1,900+税, ISBN: 978-4-8189-2223-5) [和書 (2F), 525.1||N 77, 0000346944])。

学年：_____ 学籍番号：_____ 名前：_____

【演習問題】 単位に注意して、下記の問いに答えよ。

(1) 図 1 の室の 1 時間当たりの風力換気による換気量を求めよ。

各開口の相当開口面積と風圧係数は、次の通りとする。

$$\text{開口 1 : } \alpha_1 \cdot A_1 = 0.03 \text{ [m}^2\text{]} \quad C_1 = 0.7$$

$$\text{開口 2 : } \alpha_2 \cdot A_2 = 0.01 \text{ [m}^2\text{]} \quad C_2 = 0.7$$

$$\text{開口 3 : } \alpha_3 \cdot A_3 = 0.02 \text{ [m}^2\text{]} \quad C_3 = -0.55$$

(2) 図 2 の室の 1 時間当たりの温度差換気による換気量を求め

よ。ただし、 $\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{T_0}{T}$ (T_0 : 屋外の気温の絶対温度 [K],

T : 室内の気温の絶対温度 [K]) の関係を用いよ。なお、重力加速度を、 $g = 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ とする。

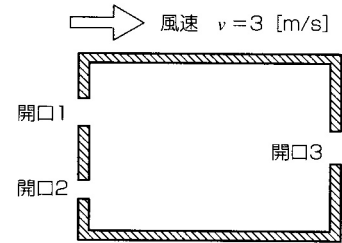


図 1

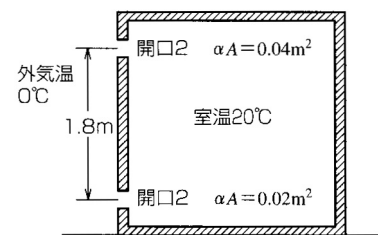


図 2