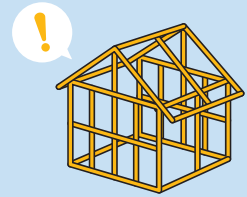




外装材に作用する風圧力と風速の関係



はじめに

「建築物の外装材に作用する風圧力 ○○N/m^2 は風速何 m/s に相当しますか」というご質問を頂くことがよくあります。外装材に作用する風圧力は、風速と1対1には対応しておらず、建築物がどの地域に建設されるのか、外装材が建築物のどの位置に取りつけられるのか、またどちらの方位から風が吹くのかにより異なります。本稿では、外装材に作用する風圧力と風速の関係を解説します。

地表面粗度区分

市街地を流れる風は、**図-1**に示すように、地表面にある地物の影響により、風速の鉛直分布は高い位置ほど大きい形となります。風速の鉛直方向の差異は、海上や田園地域などでは小さく、高層ビルが建ち並ぶ市街地などでは大きくなります。このような地表面の状況を区分けたものを地表面粗度区分と呼び、建築基準法告示1454号および1458号（以降、告示と呼びます）ではI～IVの4区分で**表-1**のように示されています。建築物の周辺状況が、どの地表面粗度区分に該当するかにより、風速の鉛直分布が異なります。

設計風速と設計速度圧

告示では、風荷重に対する外装材の設計を行う際には、建築物の基準高さ H における風速を基準値とし、設計風速 V_H と呼びます。 V_H は、告示に示されている各地方の基準風速 V_0 から計算します。 V_0 は、地表面粗度区分IIの地上10mにおける10分間平均風速の50年再現期待値です。 V_H と V_0 の関係の概念図を**図-2**に示します。 V_H は V_0 に式(1a)もしくは式(1b)に示す風速の鉛直分布を表す係数 E_r を乗じて式(2)により求めます。この係数により、対象建築物周辺の地表面粗度区分における風速の鉛直分布を考慮して、高さ方向の風速換算を行うことができます。

$$E_r = 1.7(Z_b/Z_G)^\alpha \quad (H < Z_b) \quad \dots\dots\dots(1a)$$

$$E_r = 1.7(H/Z_G)^\alpha \quad (H \geq Z_b) \quad \dots\dots\dots(1b)$$



図-1 市街地を流れる風の概念図

表-1 地表面粗度区分

区分	Z _b (m)	Z _G (m)	α	例
I	5	250	0.10	海上
II	5	350	0.15	田園地帯
III	5	450	0.20	中低層市街地
IV	10	550	0.27	高層市街地

注) Z_b、Z_G、α：風速の鉛直分布を定めるパラメータ

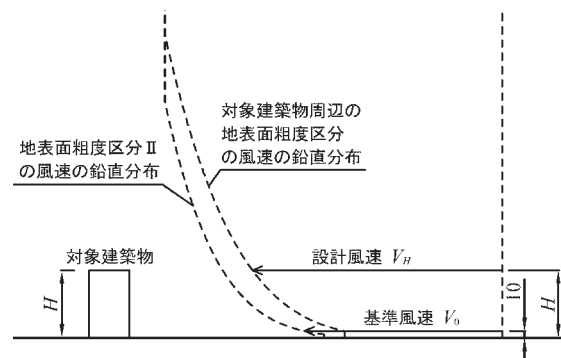


図-2 設計風速と基準風速の関係

$$V_H = V_0 E_r \quad \dots\dots\dots(2)$$

また、式(3)により、 V_H から設計速度圧 \bar{q} が求められます。

$$\bar{q} = \rho V_H^2 / 2 = 0.6 V_H^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 $\rho (= 1.2)$ は空気密度 (kg/m^3)です。

外圧

建築物に風速の鉛直分布を持つ風が当たると**図-3**に示すような平均外圧分布となります。赤色が正圧（外装材を屋内側へ押す方向の圧力）、青色が負圧（外装材を屋外側へ引く方向の圧力）、色の濃淡で圧力の強さを表

しています。風上面では建物高さの2/3付近で高い正圧を示し、側面および屋根面では、風上側端部で大きな負圧となっています。このように、建築物周りの外圧は場所によって正負や強さが異なります。

■内圧と差圧（風圧力）

外圧について先に説明しましたが、外装材を变形や破壊する風圧力はこれだけでは決まりません。建築物内部にも圧力（内圧と呼びます）がかかっており、外圧と内圧の差圧が生じることにより、外装材に実質的な風圧力が作用して变形や破壊が生じます。外装材の風荷重の設計では、外圧と内圧の差圧のことを風圧力と呼びます。

■圧力の時間変動

図-3で示した外圧分布は平均値ですが、通常市街地を流れる風は乱れているため、実際には外圧、内圧および風圧力はそれぞれ時々刻々と変化しています。外圧、内圧および風圧力の変動の例を図-4に示します。外装材設計用の風圧力 W には、時々刻々と変化する風圧力の全風向中の最大値を用います。

■ピーク風力係数と風圧力

告示では、 W と基準高さの平均速度圧の比を表すピーク風力係数 \hat{C}_f が記載されています。式(4)で示すように、 \hat{C}_f はピーク外圧係数 \hat{C}_{pe} からピーク内圧係数 \hat{C}_{pi} を減じることにより求められます。

$$\hat{C}_f = \hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi} \quad \dots\dots(4)$$

\hat{C}_{pe} の値は、建築物の外装材の位置により異なります。なお、 \hat{C}_{pe} は正の場合と負の場合の2パターンあり、正のピーク風力係数と負のピーク風力係数の2種類が算定できます。式(5)で示すように、 W は設計速度圧 \bar{q} に \hat{C}_f を乗じることにより求められます。

$$W = \bar{q}\hat{C}_f \quad \dots\dots(5)$$

■風圧力の算定例

建築物の側面に取りつく外装材に作用する風圧力を告示に基づき算定した例を示します。算定条件を表-2に示します。本算定例では正の風圧力を算定します。まず、基準高さ H は表-1の Z_b 高さ以上となっているため、式(1b)により E_r を算定すると式(6)のようになります。

$$E_r = 1.7(H/Z_G)^\alpha = 1.7(100/450)^{0.2} = 1.258 \quad \dots\dots(6)$$

次に式(2)および式(3)により、基本風速 V_0 を設計風速 V_H と設計速度圧 \bar{q} に換算すると、式(7)および式(8)のようになります。

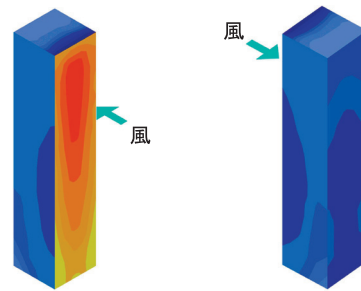


図-3 風により建築物に作用する外圧のイメージ

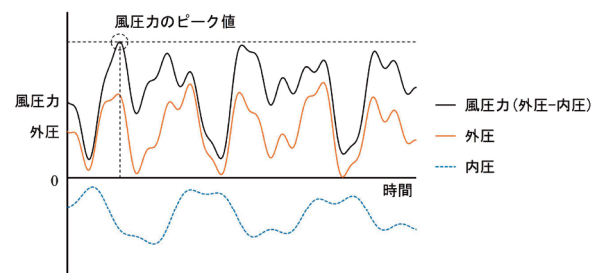


図-4 外圧、内圧および風圧力の変動の例

表-2 外装材設計用風圧力の算定条件

基準風速 V_0	34m/s (大阪市)
地表面粗度区分	III
基準高さ H	100m
外装材の取り付け高さ Z	50m

$$V_H = V_0 E_r = 34 \times 1.258 = 42.8 \quad [\text{m/s}] \quad \dots\dots(7)$$

$$\bar{q} = 0.6V_H^2 = 0.6 \times 42.8^2 = 1099 \quad [\text{Pa}] \quad \dots\dots(8)$$

外装材の取り付け高さ Z に対応した正のピーク外圧係数 $\hat{C}_{pe}=1.74$ およびピーク内圧係数 $\hat{C}_{pi}=-0.5$ （告示参照）を用いて、式(4)よりピーク風力係数 \hat{C}_f が式(9)のように求められます。

$$\hat{C}_f = \hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi} = 1.74 - (-0.5) = 2.24 \quad \dots\dots(9)$$

最後に式(5)により風圧力 W は式(10)のようになります。

$$W = \bar{q}\hat{C}_f = 1099 \times 2.24 = 2462 \quad [\text{Pa}] \quad \dots\dots(10)$$

「はじめに」のご質問に対する回答として、以上の数式を風圧力から風速を求める形に変形しますと、式(11)、式(12)のようになります。

$$V_H = \sqrt{\frac{W}{0.6(\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})}} = 0.8626\sqrt{W} \quad [\text{m/s}] \quad \dots\dots(11)$$

$$V_0 = V_H/E_r = 0.6857\sqrt{W} \quad [\text{m/s}] \quad \dots\dots(12)$$

お問い合わせ先

試験研究センター 環境部 耐風試験室
〒565-0873 大阪府吹田市藤白台5-8-1
Tel.06-6834-0919 Fax.06-6834-0995
E-mail : info.taifu@gbrc.or.jp