

1) - 4 合理的な耐風設計のための地表面付近の設計風速の提案 【安全・安心】

(研究開発期間 令和3~4年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

高舘祐貴
TAKADATE Yuki

Design wind speeds for a low-rise building below Z_b are provided as a constant value in Japanese codes and specifications. The wind loads for a low-rise building are usually safer, but impractical structural designs are sometimes required when the building height is lower than Z_b . In the present study, wind speeds near the ground with roughness blocks were measured with a wind tunnel experiment and computational fluid dynamics with large eddy simulation (LES). The characteristics of the mean and fluctuating wind speeds were compared to the results of the previous studies, and the previous equations for estimating the gust factor and turbulence intensity were extended based on the result of the present study.

【研究開発の目的及び経過】

国土交通省では、近年の強風被害を踏まえて昭和46年建設省告示第109号等を改正することで新築建築物の全ての屋根瓦の緊結を義務化することとした¹⁾。住宅等の低層建築物では建築基準法では構造計算が義務付けられていない「四号建築物」として扱われるため、詳細な耐風設計がなされていない場合も多い。一方、現行の基規準を用いて建築物を設計する場合は、平成12年建設省告示第1454号(以下、告示1454号)や平成12年建設省告示第1458号並びに建築物荷重指針・同解説(2015)²⁾(以下、荷重指針)を用いることとなる。地表面付近の風速は周辺の建築物等の影響を受けるだけでなく、地表面摩擦の影響で地表面に近づくほど徐々に風速が小さくなる。しかし、地表面近傍の風速性状が複雑であることや設計用風荷重を安全側で与えることを目的とすることから地表面付近の高さ Z_b 以下の風荷重が高さ方向に一定値となるように与えられている。このような場合、低層建築物等で求めるべき設計用風荷重に対して、基規準で要求される設計用風荷重が過大となり、現実的ではない工法を選択せざるを得ない場合も考えられる。

以上の背景を踏まえて、本研究では低層建築物等を安全かつ合理的に設計するために地表面付近の風速性状を検討することを目的とする。

【研究開発の内容】

本研究では、風洞実験及び数値流体解析で粗度内部の風速性状を評価した。ここでは主に数値流体解析の結果を示す。解析は風洞実験を模擬したものとしており、流入気流は別途風洞を模擬して生成した地表面粗度区分IIIに相当するべき指数0.2の流入変動風を用いた(図1)。

図2に解析領域及びブロックの配置と風速の取得位置を示す。ブロックの間隔 x はブロックの幅 $D(=5\text{ cm})$ で基準化し、 $x/D = 1.0$ の間隔で一様に配置した。粗度内部およびその上空の風速は高さ方向に25点取得した。なお、風速3成分は主流方向(x 方向)を u 、主流直交方向(y 方向)を v 、鉛直方向(z 方向)を w とする。

【研究開発の結果】

図3に $z/H = 0.1$ のPoint AとPoint Cの2点の風速のヒストグラムを示す。熱線風速計を使った風洞実験では風速が負となることはないが、CFD解析では u 成分には負の風速が含まれるため、CFD解析の結果は u 成分及び $\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$ 成分を用いて比較する。

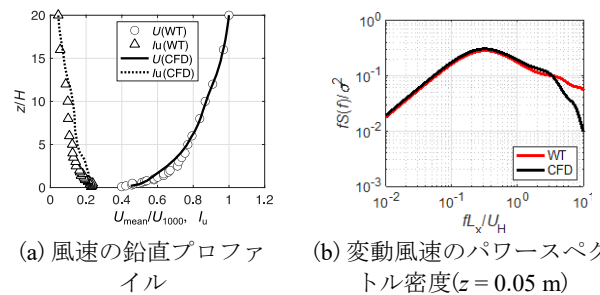
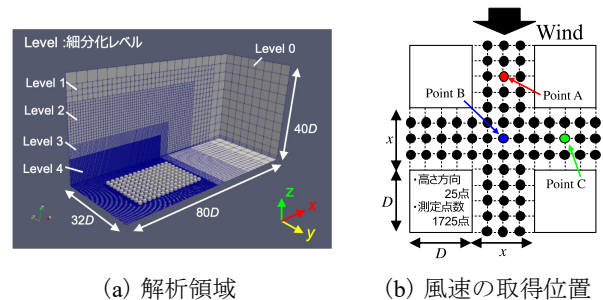


図1 Point Bの気流の特性(モデルなし)



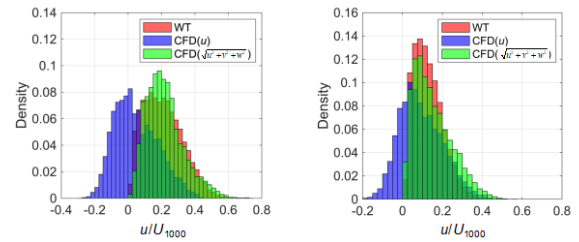
(a) 解析領域 (b) 風速の取得位置
図2 粗度ブロックの配置と風速の取得位置

粗度ブロックの風下側に位置する Point C では風速が負となる割合が高く、サンプリング位置によっては風洞実験では測定できない負の風速が統計値の大部分を占める場合がある。一方、 $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ 成分では風洞実験(WT)の結果と概ね対応している。

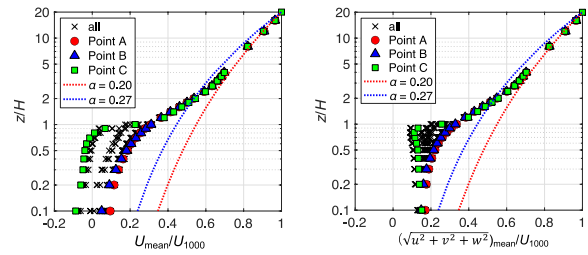
図4にCFD解析で取得した u 成分及び $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ 成分で評価したときの平均風速の高さ方向分布を示す。図には Point A~C の結果に加えて、Point A~C を除く全てのサンプリング位置での結果(all)と告示1454号や荷重指針の地表面粗度区分Ⅲ及びⅣに相当するべき指数0.20及び0.27の風速をプロットした。なお、2つのべき指数分布の Z_0 以下の値もべき指数に従うものとした。ここでは一様配置の $x/D = 1.0$ のみを示しているが、 u 成分のみで評価した場合、解析で得られた全ての結果は告示1454号や荷重指針で規定されるべき指数による平均風速よりも小さくなり、Point A または Point B の平均風速に包絡されるものとなった。

図5に平均風速比 R とガストファクター G_v の関係を示す。この図には比較のために文献³⁾、⁴⁾による提案式をプロットしている。平均風速比とガストファクターの関係は、 u 成分及び $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ 成分のいずれの場合でも風洞実験と同様に西村ら⁴⁾の提案式にかなりよく対応している。平均風速比が小さい範囲の結果も考慮すると、 u 成分のみで評価した場合は平均風速比の小さい範囲でガストファクターがさらに上昇し、西村らの風洞実験による近似式を図5の点線のようにそのまま拡張した形で概ね近似できる。一方、 $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ 成分で評価した場合は平均風速比が比較的小さい範囲でガストファクターが頭打ちとなっている。これは、 $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ 成分では風速3成分の2乗和平方根となり、 u 成分より平均風速が大きくなったためと考えられる。

図6にガストファクター G_v と気流の乱れ強さ I_u の関係を示す。比較のために文献⁵⁾、⁶⁾による提案式もプロットしている。 $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ 成分で考えた場合、ガストファクターと気流の乱れ強さの関係はいずれの提案式でもほぼ適切に評価できている。一方、 u 成分のみで考えた場合は $G_v > 2.5$ で気流の乱れ強さが著しく増加している。これは、ガストファクター及び気流の乱れ強さを評価する時に用いる平均風速の絶対値が小さいことに起因するものである。実用上は、負の風速及び平均値が極めて小さい風速を代表風速とした建築物の設計や風の一方方向の成分のみを取り出した風環境評価をすることは考えにくいことから、地表面付近のガストファクター及び気流の乱れ強さを推定するにあたっては、文献⁵⁾、⁶⁾の提案式で評価できると考えられる。



(a) Point A ($z/H = 0.1$) (b) Point C ($z/H = 0.1$)
図3 風速のヒストグラム



(a) u 成分 (b) $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ 成分
図4 平均風速の鉛直プロファイル

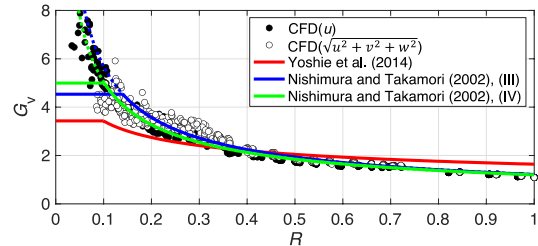


図5 平均風速比 R とガストファクター G_v

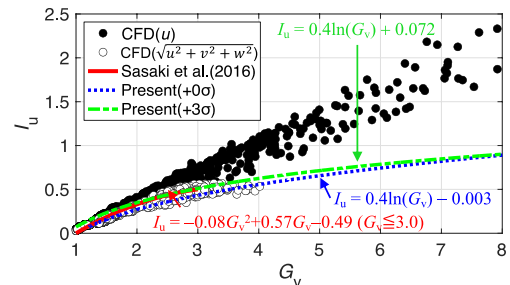


図6 ガストファクター G_v と気流の乱れ強さ I_u

[参考文献]

- 1) 高館祐貴, 喜々津仁密, 奥田泰雄: 近年の強風被害を踏まえた建築基準法の告示基準の改正, 2021年度日本風工学会年次研究発表会梗概集, pp. 143-144, 2021
- 2) 日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説(2015), 2015
- 3) 義江龍一郎, 富永禎秀, 伊藤真二, 岡田創, 片岡浩人, 喜々津仁密, 佐々木澄, 西村宏昭, 野田博, 林田宏二, 宮下康一, 山中徹, 吉川優: 日最大瞬間風速の超過確率に基づく風環境評価に用いるガストファクターの提案, 日本風工学会論文集, 第39巻, 第2号(通号139号), pp. 29-39, 2014.
- 4) 西村宏昭, 高森浩治: ビル風評価のためのガストファクター-接近流の乱れ強さの影響-, GBRC, No. 105, pp. 27-32, 2002.
- 5) 佐々木亮治, 赤星明紀, 植松康: 地表面粗度に関する数値情報と風速変動特性の定量的関係, 第24回風工学シンポジウム論文集, pp. 13-18, 2016.
- 6) 高館祐貴, 奥田泰雄, 喜々津仁密: 風洞実験に基づく粗度ブロックまわりの平均風速と風の乱れの性状, 2022年度日本風工学会年次研究発表会梗概集, pp. 89-90, 2022.