T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報 Article / Book Information

| 論題(和文) | 高層建物に作用する層風力に対しメンテナンスバルコニーが与える影響 |
|-------------------|--|
| Title(English) | Effect of maintenance balcony on layer wind force acting on high-rise building |
| 著者(和文) | |
| Authors(English) | Yoshiyuki Fugo, Daiki Sato, TETSURO TAMURA, Akira KATUMURA |
| 出典 / Citation | |
| Citation(English) | , , , pp. 325-328 |
| 発行日 / Pub. date | 2019, 3 |

高層建物に作用する層風力に対しメンテナンスバルコニーが与える影響

構造ー荷重・信頼性

高層建物 層風力 メンテナンスバルコニー 風圧実験

1. はじめに

超高層建物や高層免震建物の構造設計では、風洞実験 を用いて風荷重や居住性の検討を行う場合が多い。近年 の実験手法としては、多点同時に風圧を計測し空間積分 することで層風力および建物全体の風力を算定する手法 (以下、風圧実験)が多く用いられる。

風圧実験模型のファサードの細部形状は、風力計測に 与える影響が不明のままデフォルメ再現されることが多い。この理由は模型縮尺が風洞施設サイズの制限により 1/400程度と小さく、細部形状の再現が困難であるか、再 現したとしても計測が困難な場合が多いためである。

バルコニーはデフォルメ再現されることが多い形状の 1つである。手摺や床に通気性がない場合は平面の外郭形 状でボリューム再現されることが多い。一方、メンテナン スバルコニーのように手摺や床に通気性がある場合はバ ルコニー自体が省略されることもある。

バルコニーを有する建物の風圧模型再現が層風力に与 える影響を検討した既往研究は見当たらない。バルコニ ーに関する研究は外装材の耐風設計の視点からバルコニ ー手摺に作用する局所風力やバルコニー内側の壁面のピ ーク風圧を検討しているものが主である^(例えば 1)2)。文献 1)2)を参照すると、バルコニーに作用する局所風力は決し て小さくはない。

本報は、バルコニー再現の有無およびバルコニー計測 の有無が層風力に与える影響を確認し、適切な風圧計測 方法を検討することを目的としている。メンテナンスバ ルコニー(以降、単にバルコニーと記す)が設置される高 層建物を対象として風圧実験を行い、バルコニーを再現 した場合と省略した場合の層風力を比較する。次いで層 風力におけるバルコニーに作用する風力の寄与を確認し、 最後に変動層風力のパワースペクトル密度分布を比較す ることで応答に対する影響を検討する。

2. 風圧実験概要

対象建物およびバルコニーの概要を述べる。対象建物 は図1に示す高層の大学校舎である。東面はバルコニー が壁全体に、西面はバルコニーが部分的に設置される。バ

Effect of maintenance balcony on layer wind force acting on high-rise building

| 正会員 | ○ 普後良之*1 | 正会員 | *2 田村哲郎 |
|-----|----------|-----|------------|
|]] | 佐藤大樹 |]] | *4 勝村章 |

ルコニー形状は一般的な住戸用バルコニーと異なり、手 摺は数本の鋼棒のみで構成され開口率が94%と遮風効果 がない。一方で、高さ方向には遮風効果がある連続した目 隠し壁が設置されている。また戸境壁がない点も住戸用 とは異なる。

次に対象建物の模型再現について述べる。模型縮尺は 1/400 とし、図2に示すようにバルコニーを再現した「詳 細形状」、バルコニーを省略した「単純形状」の2つを対 象とした。計測対象は図1に示すように、建物高さHに 対し 0.8H に相当する 17F の 1 層である。この理由は、 風向が正対する状況において最大の平均層風力が発生す る層、すなわちよどみ点付近の層を計測するためである。 また高さ方向の風圧分布を確認するため、西面の中央の1 列を計測対象とした。詳細形状のバルコニーは手摺を再 現せず、目隠し壁と床を通気性のない材料で再現した。よ ってこの模型ではバルコニーに作用する風力は目隠し壁 に作用する風力と同義であり、単にバルコニーに作用す る風力と称する。17Fにおける風圧測定点を図3に示す。 バルコニーに設置される測定点の位置の詳細を図 4 に示 す。図4に示すC点は目隠し壁の裏側の風圧を計測する ものである。模型寸法が小さく目隠し壁裏側には風圧測 定点を設置することが困難なため、目隠し壁裏側に作用



Yoshiyuki FUGO^{*1}, Tetsuro TAMURA^{*2}, Daiki SATO^{*3}, Akira KATSUMURA^{*4}

する風圧は、C点と等圧と見なせると仮定した。

実験条件について述べる。実験風向は 0~360°を72 分割した 5°ピッチとした。実験気流は建築物荷重指針 (2015)に示される地表面粗度区分 IIIとし、建物頂部風速 を 9m/s とした。サンプリングは 800Hz とし、実風速を 60m/s (再現期間 500 年程度を想定)とした場合のデー タ長 10 分相当を 10 波計測した。周辺建物や地形は考慮 せず、対象建物のみが建っている状況を計測した。







※この図には本報で検討対象とした測定点のみ示す。

図 3 風圧測定点配置



図4 バルコニー内の測定点位置

3. 実験結果

3.1.層風力係数の比較

層風力係数は、計測された風圧時刻歴から以下の手順で 空間積分により算定する。躯体が負担する層風力係数 *C_{FXw}(t)*は(1)式で算定する。バルコニーが負担する層風力 係数*C_{FXb}(t)*は(2)式で算定する。(2)式は目隠し壁の表裏に 作用する風力を目隠し壁の面積だけ空間積分したもので、 以降は単にバルコニーの負担する層風力と記す。

| $C_{FXW}(t) = \sum k P_{Ai}(t) B_i / (q_H \sum B_i)$ | (1) |
|--|-----|
| | (-) |

 $C_{FXb}(t) = \sum k (P_{Bi}(t) - P_{ci}(t)) B_i / (q_H \sum B_i)$ (2) ここで、k: 1(西面の測定点)または - 1(東面の測定点)、 $P_{Ai}(t), P_{Bi}(t)$ および $P_{ci}(t)$:測定点iにおいて図4に示すA、 B および C の各点の風圧時刻歴、 B_i :測定点iの負担幅、 q_H : 建物頂部速度圧である。

層風力係数 $C_{FX}(t)$ は(3)式により算定する。

 $C_{FX}(t) = C_{FXw}(t) + C_{FXh}(t)$

また一般的な風圧実験では模型に格納できるチューブの 本数に限りがありバルコニーの内側を計測することが困 難な場合も多いため、図4の破線で囲む測定点のみ計測す ることが多い。この場合は(4)式で層風力を算定する。 $C_{FXo}(t) = \sum k P_{oi}(t) B_i / (q_H \sum B_i)$ (4) ここで、 $P_{oi}(t) : 目隠し壁がない部位では P_{Ai}(t)、目隠し壁$

(3)

(5) (6)

がある部位では $P_{Bi}(t)$ である。 層風力係数の時刻歴を統計処理し求めた平均層風力係数 $\overline{C_{FX}}$ の風向変化を図5に、変動層風力係数 C_{FX} の風向変化を 図6に示す。また $C_{FXw}(t)$ に対する平均および変動層風力 係数をそれぞれ $\overline{C_{FXw}}$ および C_{FXw} 、 $C_{FXb}(t)$ に対する平均およ び変動層風力係数をそれぞれ $\overline{C_{FXw}}$ および C_{FXb} 、また $C_{FXo}(t)$ に対する平均および変動層風力係数をそれぞれ $\overline{C_{FXo}}$ およ び C_{FXo} と定義し、図5および図6に示す。

詳細形状の $\overline{C_{FX}}$ と C_{FX} は共に、非対称な平面形状の影響が 見られず、風向角 90° および 270° 付近で絶対値が最大 となった。風向角 90° および 270° の±15° の範囲では、 単純形状と比べ詳細形状の $\overline{C_{FX}}$ は 5%程度、 C_{FX} は 5%~15% 程度絶対値が小さくなった。詳細形状の $\overline{C_{FXw}}$ および C_{FXw} は 詳細形状の $\overline{C_{FX}}$ および C_{FX} と良く一致した。一方で詳細形状 の $\overline{C_{FXb}}$ および C_{FXb} は詳細形状の $\overline{C_{FXo}}$ および C_{FXo} は詳 細形状の $\overline{C_{FXo}}$ および C_{FXb} と良く一致した。また $\overline{C_{FXo}}$ および C_{FXo} は詳 細形状の $\overline{C_{FX}}$ および C_{FX} と良く一致した。

単純形状に比べ詳細形状の*C_{FX}とC_{FX}*が小さい原因を検 討する。1つに、詳細形状はバルコニー床が鉛直方向の風 の流れを制限する形状であり、詳細形状の最大層風力が発 生する層、すなわちよどみ点が発生する層が単純形状と異 なる可能性が考えられる。よって風圧の鉛直分布を確認す る。ここで測定点*i*の躯体の平均風圧係数*C_{pwi}およびバルコ ニーの平均風力係数<i>C_{fbi}*を(5)式および(6)式に定義する。

| $C_{pwl} =$ | P_{Al}/q_H |
|-------------|--------------|
| | |



詳細形状と単純形状の差が生じた原因を確認するため、 $\overline{C_{FX}}$ 、 $\overline{C_{FXw}}$ 、 $\overline{C_{FXw}}$ 、 $\overline{C_{FXw}}$ および $\overline{C_{FXb}}$ の各パラメータに 対して東面の測定点のみ空間積分の対象とした $\overline{C_{FXE}}$ 、 $\overline{C_{FXE}}$ 、 $\overline{C_{FXWE}}$ 、 $\overline{C_{FXWW}}$ 、 $\overline{C_{FXWW}}$ 、 $\overline{C_{FXWW}}$ およ $\overline{C_{FXWW}}$ を定義し、風向変化を図8および図9に示す。対 称性があるため風向角 180~360°は省略した。風向角 90°付近に着目すると、詳細形状の $\overline{C_{FXWW}}$ および C_{FXWW} は 単純形状の $\overline{C_{FXW}}$ および C_{FXWE} は単純形状の $\overline{C_{FXWW}}$ は 単純形状の $\overline{C_{FXWE}}$ は単純形状の $\overline{C_{FXE}}$ および C_{FXWE} に比べ て絶対値が小さい。風向角 90°における東面は風上面で あり、風上面に生じた差が詳細形状と単純形状の $\overline{C_{FX}}$ およ び C_{FX} の差に対して寄与が大きいことが示された。風向角 270°についても 90°と同様に風上面の差が $\overline{C_{FX}}$ および C_{FX} の差に対して寄与が大きい。



風向角 270°における詳細形状と単純形状の $\overline{C_{pwn}}$ および $\overline{C_{fbt}}$ の水平方向分布を図 10に示す。図 10中に点線で囲む 部位以外は大きな差が見られない。赤丸部分の差が詳細形 状と単純形状の $\overline{C_{FX}}$ および C_{FX} に差が生じた原因である。ま たバルコニーに作用する風力 $\overline{C_{fbt}}$ は建物端部を除き 0 に近 い値を示し、これらを空間積分しても層風力が 0 に近い値 となることは明らかである。 $\overline{C_{fbt}}$ が 0 に近い値を示すのは、 目隠し壁の表側に作用する風圧と目隠し壁裏側の壁に作 用する風圧がほぼ等圧となるためである。

次に図 10 に示す測定点 P₁の平均風圧係数*C_{pw1}*の風向 変化を図 11 に示す。図 11 より風向角 225°~360°の範 囲で詳細形状の平均風圧係数は単純形状に対して負側の 値を示している。この風向範囲ではバルコニーの目隠し壁 が P₁の風上側に位置する。よって建物端部に最も近いバ ルコニーの目隠し壁から剥離する流れが P₁付近にぶつか ることが、詳細形状の平均風圧係数が単純形状より負側に なる原因と考えられる。

3.2.変動層風力のパワースペクトル密度分布

風向角 270°における*C_{FX}(t)*のパワースペクトル密度分 布を図 12に示す。この風向角は X 軸方向に対して風方向 である。同図には対象建物の固有周期を建物高さの 2%、



再現期間1年の風速を20m/s、再現期間500年の風速を60m/sと仮定した場合の無次元振動数を併記した。詳細形状は単純形状と比較して殆ど差が見られない。次に風向角0°における*C_{FX}(t)のパワースペクトル*密度分布を図13に示す。この風向角はX軸方向に対して風直交方向である。無次元周波数0.4以下の範囲で差がみられるものの、再現期間1年から500年の無次元振動数に対応する範囲においては殆ど差が見られない。以上から、バルコニー再現の有無は周波数領域において影響が小さく、応答評価に対し影響が小さい。

4. まとめ

メンテナンスバルコニー再現の有無およびバルコニー 計測の有無の影響を検討することを目的として、板状の高 層建築物を対象として詳細形状と単純形状の2つの模型 を用いた風圧実験を行い、以下の知見を得た。

*1,*4 株式会社 風工学研究所

*2,*3 東京工業大学



1)本研究の対象建物では、層風力におけるバルコニー部に 作用する風力の寄与は無視しうるほど小さかった。よって この建物で層風力の取得を目的とする場合は、バルコニー 内側の壁面のみ計測するか、またはバルコニーの外側のみ 計測しても大きな影響はない。ただしバルコニーそのもの の形状再現を省略することは、広い面に風が正対する風向 において、風方向平均層風力を 5%程度、変動層風力 5~ 15%程度過大評価した。

2)変動層風力のパワースペクトルに対し、バルコニー再現 の有無の影響は小さく、応答評価に対し影響が小さかった。 謝辞

本研究はJ2-風応答観測研究会の研究成果の一部です。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) 山内 豊英, 岡崎 充隆, 谷口 徹郎, 谷池 義人, 建築 物のバルコニー手摺りに作用する風荷重, 第19 回風 工学シンポジウム論文集, pp. 383-388, (2006)

2) L. Ludena, A.G. Chowdhury, B. Hajra, M. Moravej, M.A. Mooneghi, P. Irwin, I. Zisis, The effect of Balconies on the Wind Induced Loads on a Fifteen Story Building, 4th American Association for Wind Engineering Workshop,2016.8

* Wind Engineering Institute^{*1,*4}

*Tokyo Institute of Technology *2,*3