

切妻屋根に設置される太陽電池パネルの風荷重  
(その2) ピーク風力係数

太陽電池パネル 風荷重 切妻屋根  
JIS C8955 ピーク風力係数 低層建築物

準会員 ○中川 尚大\* 正会員 高森 浩治\*  
正会員 西村 元吾\*\* 正会員 西村 宏昭\*

1. はじめに

屋根上に置かれた太陽電池パネルは、上面の圧力と下面の圧力の差、つまり風力で表される。太陽電池パネルが軒で剥離した流れの領域の中にある場合でも、パネルの上下面の圧力変動には時間的なずれが生じるので、変動する風力が発生する。本稿では平均風圧性状を述べたその1に続いて、パネルに生じるピーク風力の特性を述べ、JISの規定値と比較する。

2. パネルの風力係数の定義

太陽電池パネルは屋根上で連結された一つの面を形成するが、パネルごとに風荷重を設定することが望ましい。屋根上に設置された太陽光パネルは、屋根表面から少し持ち上げられる。その隙間の影響を把握するために、パネルと屋根面の隙間を  $a=1,1.5,2,3,5\text{mm}$  (実スケール 30,45,60,90,150mm) に変化させた。本実験ではパネル1枚当たりに上面4点、下面2点の圧力点を設けており、これらの風圧係数よりパネル1枚当たりに作用する風力係数を次のように定義した。

$$C_f(t) = \sum_{i=1}^4 C_{pu,i}(t) \frac{A_i}{A} - \sum_{j=1}^2 C_{pl,j}(t) \frac{A_j}{A}$$

ここで、 $C_f(t)$ は時刻  $t$ におけるパネル1枚当たりの風力係数で、面平均風力係数を意味する。 $C_{pu,i}$ 、 $C_{pl,j}$ はそれぞれパネル上面と下面の風圧係数、 $A_i$ 、 $A_j$ は圧力測定点の支配面積、 $A$ はパネル1枚の面積である。ここでは、パネルの風力係数の時系列データ  $C_f(t)$ から、正のピーク風力係数  $\hat{C}_f$ と負のピーク風力係数  $\bar{C}_f$ を求めた。これらのピーク風力係数は5回のアンサンブル平均値である。なおパネル下面の風圧係数はその直下の屋根面で測定された風圧係数と等しいと仮定した。一般に狭い間隔の平行面間の流れは面に平行な流れ成分しか持たないので、両平行面の正対する風圧係数が正しいという仮定は妥当であると思われる。パネルの番号と風向角  $\alpha$ の定義を図1に示す。

3. 実験結果

パネル上面と下面の風圧係数およびパネルの風力係数の時間変化の例を図2に示す。 $C_{pu}$ と $C_{pl}$ の時間平均値はほぼ等しいが、 $C_{pu}$ は短い時間の変動が大きいのに対し、 $C_{pl}$ は比較的ゆっくりとした変動のみが現れている。その結果、 $C_f$ は $C_{pu}$ とよく似た波形となり、瞬間的に鋭いピークの荷重がパネルに作用する。

風向角  $\alpha=0^\circ$  における屋根中央断面のパネル No.5, No.10, No.15 での太陽電池パネルの正・負ピーク風力係数を図3に示す。実際の試験では、太陽電池パネル模型は屋根の片面にのみ設置したが、図3では  $\alpha=180^\circ$  の正・負ピーク風力係数を重ね合わせ模式的に表している。この風向では、風上側屋根上のパネルには大きい正のピーク風力係数が見られ、負のピーク風力係数は小さい。一方、風下側屋根上のパネルには、大きい負のピーク風力係数が見られるが正のピーク風力係数は小さい。風下側屋根では、3列のうち中央部のパネルの負のピーク風力係数が大きいことが注目される。

全風向中の負最大ピーク風力係数の分布は、図4(a)に示すように、屋根中央部のパネルが軒側および棟側パネルよりも大きく、正最大ピーク風力係数は、図4(b)に示すように、軒側およびケラバ側パネルで大きい。屋根の軒、ケラバまたは棟で剥離した流れによって引き起こされる大きい変動の強い負圧は、すべてのパネル上面に作用するが、パネル下面には剥離直後の端部近くのパネルにのみ作用し、屋根中央部のパネルには、図2に示したよう

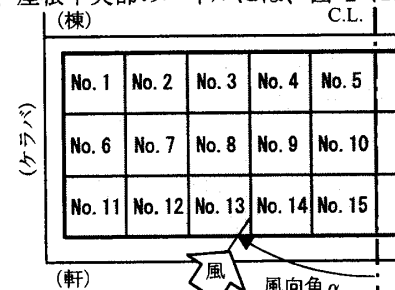


図1 パネル番号と風向角  $\alpha$ の定義

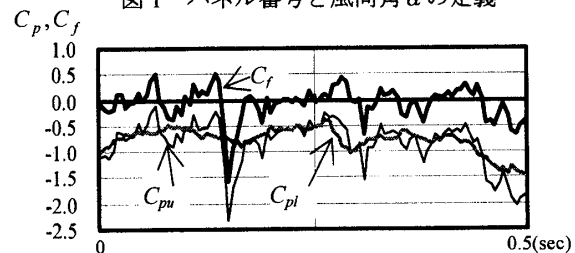


図2 時系列データ ( $a=2\text{mm}$ ,  $\alpha=180^\circ$ , パネル No.8)

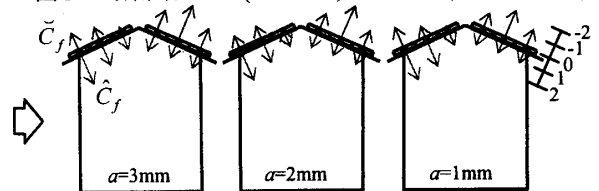


図3 中央断面における正・負ピーク風力係数 ( $\alpha=0^\circ$ )

に、比較的ゆっくりとした圧力変動が生じる。その結果、屋根中央部のパネルには強い負のピーク風力が発生する。一方、端部付近のパネル下面には剥離直後の強い負圧だけが伝わるので、端部付近のパネル下面の負圧は上面の負圧よりも強く、その結果強い正のピーク風力係数が作用すると考えられる。

隙間  $a$  と各パネルの負のピーク風力係数の関係を図 5 に示す。隙間による負最大ピーク風力係数の変化はあまり大きくない。その中で負の最大値は、隙間 2mm のパネル No.9 での  $-2.32$  である。1~3mm の隙間で負の最大値はパネル No.7~No.9 で現われ、図 4 にも示したように、中央部のパネルで強い負の風荷重が作用する。一方、隙間 5mm での負の最大値はパネル No.2 で現われ、棟側のパネルで強い負の風荷重が作用する。

図 6 は隙間ごとの負最大ピーク風力係数が見られたパネルでの風向角  $\alpha$  と負のピーク風力係数の関係を示す。隙間  $a=1\sim 3\text{mm}$  では風向角  $\alpha=100^\circ$  付近および風向角  $\alpha=200^\circ$  付近のときに負のピーク風力係数が大きくなり、隙間 5mm では風向角  $\alpha=150^\circ$  付近のときに負のピーク風力係数が大きくなる。

4. 実験結果と JIS C 8955 との比較

図 7 に JIS C 8955 に規定される屋根勾配による風力係数の変化を示す。この JIS では太陽電池パネルの風荷重は平均風力係数  $C_w$  にガスト影響係数  $G_f$  を乗じて求める。つまり構造部材として設計する手順を採用しているので、本実験結果と整合するために、JIS の平均風力係数  $C_w$  に告示 1454 号のガスト影響係数  $G_f$  を乗じて、ピーク風力係数として図示した。本実験結果は JIS の規定値よりはるかに大きい負の値を示していることがわかる。

また、JIS C 8955 には、高さ 10cm 以上の棟瓦がある場合には棟に近いパネルの風力係数を半分にまで低減できるとしている。これを確認するために実スケール 10cm 相当の棟瓦模型を設置して太陽電池パネルの風力係数を測定した。図 8 では棟瓦の有無による各パネルの負最大ピーク風力係数の変化を示す。棟に近いパネルは No.1~No.5 であるが棟側パネルよりむしろ中央列のパネル No.8~10 の方が棟瓦の影響を受けて  $\bar{C}_f$  が低減される。しかし、パネル全体で見た場合でも低減率は 9% で、JIS の規定値のように風力係数を半減できないことが明らかである。

5. まとめ

切妻屋根の上に設置される太陽電池パネルの上下面の風圧測定（パネル下面の圧力は直下の屋根表面の圧力と同じとした）からパネルごとに面平均された風力変動の時系列を求め設計用風力係数を決定した。本実験では屋根勾配  $24^\circ$  のみの結果であるが、パネルの設計用ピーク風力係数は  $-2.3$  であった。決定された値は JIS C 8955 の

規定値よりも大きく、JIS の規定値が太陽電池パネルの風力係数をうまく包含していないことを明らかにした。

参考文献

- 1) JIS C 8955, 太陽電池アレイ支持物設計標準, 2004

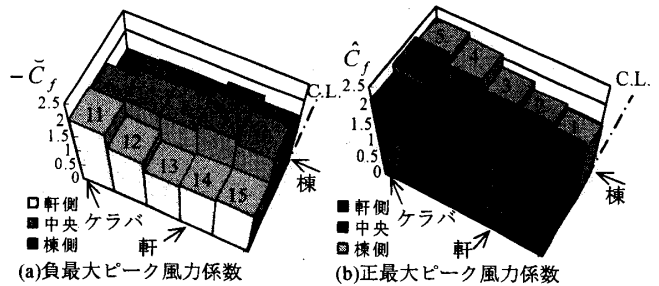


図 4 全風向中における最大  $\hat{C}_f$  と  $\bar{C}_f$

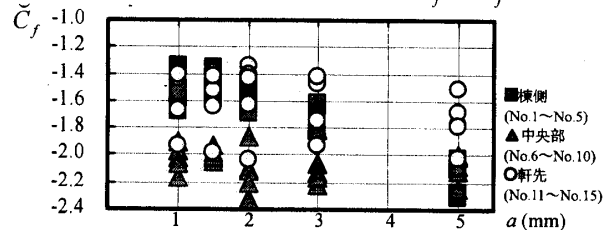


図 5 隙間  $a$  と負のピーク風力係数  $\bar{C}_f$  の関係

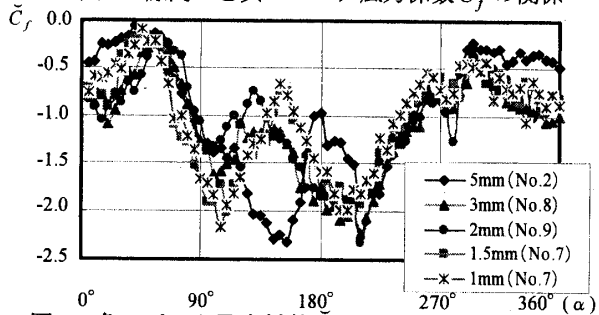


図 6 負のピーク風力係数  $\bar{C}_f$  の風向角  $\alpha$  による変化

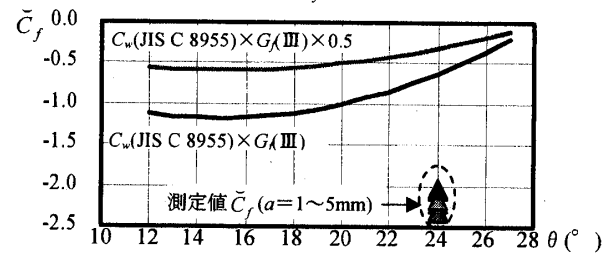


図 7 負最大ピーク風力係数の測定値と JIS C 8955 の規定値との比較

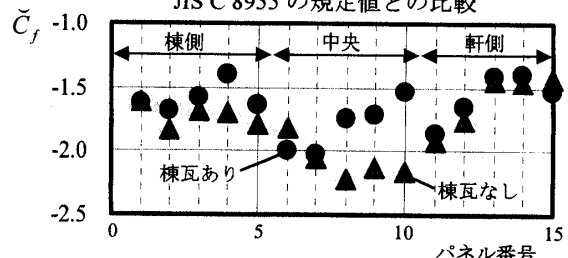


図 8 棟瓦の有無による負最大ピーク風力係数の変化 ( $a=3\text{mm}$ )

\* (財) 日本建築総合試験所 建築物理部 耐風試験室  
 \*\*大和ハウス工業 (株) 総合技術研究所

\*General Building Research Corporation Wind Eng.Lab  
 \*\*Daiwa House Industry Co.,Ltd.Central Research Laboratory