

パラペットを有する校舎屋上に設置されたソーラーパネルに作用する空気力特性の定性的検討

九州工業大学大学院 学生会員 清水大貴 九州工業大学大学院 正会員 松田一俊
九州工業大学 (研究当時) 田川裕貴 九州工業大学 (研究当時) 正会員 加藤九州男

1.はじめに

近年、太陽光発電を代表とする再生可能エネルギーに注目が寄せられ、ソーラーパネルの設置が着実に進められている。しかしながら、ソーラーパネルは面積の割に軽量であるため、パネルを支持する架台及び基礎の耐風性の確保が必要である。また、太陽光発電の設計標準として JIS C 8955「太陽電池アレイ用支持物設計標準」¹⁾があるが、この中では陸屋根型のパネルについて、**図-1**に示すパラペットの高さによる風荷重への影響について考慮がされていない。そこで本研究では、陸屋根型パネルの空気力特性に与えるパラペットの影響を定性的に把握し、地上設置型パネルの空気力特性と比較することで、パラペットを有する校舎屋上に設置されるパネルの耐風安全性を評価することを目的とした。

2.既往の研究

JIS 規定¹⁾では、単体のソーラーパネルに作用する風力係数 C_w の近似式を地上設置型・陸屋根型のそれぞれの場合において、以下のように与えている。また、**図-2**に風向によって区別される順風及び逆風の定義を示す。図中の風荷重 F_w を動圧とパネル面積で割った値が風力係数 C_w であり、 θ はパネルの設置角度である。

【地上設置型・陸屋根型】 (ただし、 $15\text{deg} \leq \theta \leq 45\text{deg}$)

$$\text{順風 } C_w = 0.65 + 0.009 \cdot \theta \quad / \quad \text{逆風 } C_w = 0.71 + 0.016 \cdot \theta$$

【陸屋根型】 (ただし、 $0\text{deg} \leq \theta \leq 15\text{deg}$)

$$\text{順風 } C_w = 0.785 \quad / \quad \text{逆風 } C_w = 0.95$$

3.単体パネルにおける耐風安全性の検討

3-1 実験概要

図-3に単体パネルの概要図を示す。本実験に用いた測定パネル（模型縮尺 1/4.5）のパネル長さ L は 900mm、パネル奥行き B は 180mm、パネル設置角度は $\theta = 5\text{deg}$ とした。偏角 β は、**図-4**に示すようにソーラーパネル模型を反時計回りに 15deg 刻みで回転させていくことによって $\beta = 0\text{deg}$ から $\beta = 75\text{deg}$ まで変化させた。風向はソーラーパネルに負圧が作用する逆風のみとした。

3-2 実験結果及び考察

図-5に、偏角 β が単体パネルの風力係数 C_w に及ぼす影響の結果と、2013 年度に本学で実施した $\theta = 10, 20, 30\text{deg}$ における風力係数 C_w の結果²⁾を併せたグラフを示す。これより、 $\theta = 5\text{deg}$ の風力係数 C_w は $\theta = 10, 20, 30\text{deg}$ の風力係数 C_w と比べ、全体的に値が減少することが確認できた。これは設置角度 θ が小さいことに起因し、パネルによる風の剥離が相対的に小さくパネル上下面に圧力差が生じにくかったためと考えられる。また、偏角 $\beta = 0\text{deg}$ で風力係数 C_w は最大となり、 β が大きくなると C_w が小さくなることを確認できた。これは偏角 β を大きくすることで、パネルの受風面積が小さくなりパネルに作用する風荷重

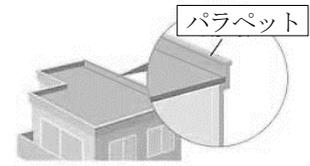


図-1 パラペットについて

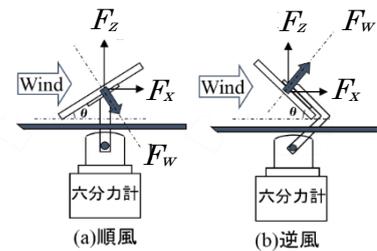


図-2 順風及び逆風の定義

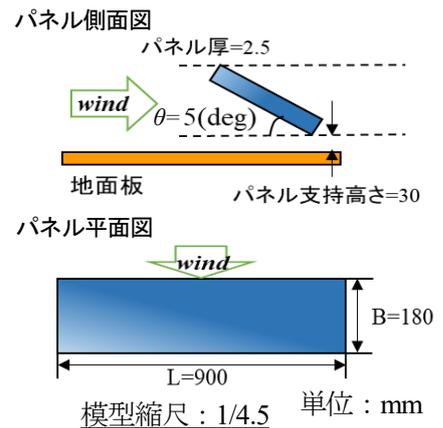


図-3 単体パネルの概要図

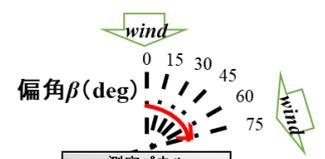


図-4 偏角 β の定義 (平面図)

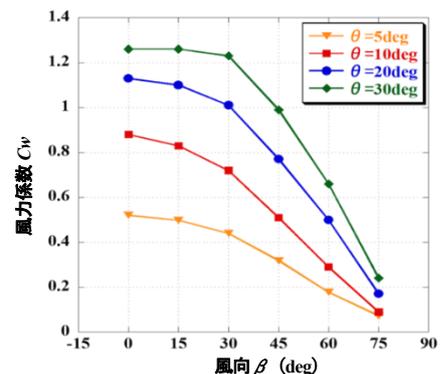


図-5 実験結果 (単体パネルのみ)

が小さくなったためと考えられる。また設置角度 θ が大きいほど風力係数 C_w の値は大きく、偏角 β が大きいほど風力係数 C_w が小さくなるという既往の研究²⁾と同様の傾向が確認できた。

4.スモークワイヤー法による屋上付近の流れ場の可視化

本実験では、パラペットからの流れの剥離によってパラペット下流側の屋上付近で風速が低下する領域が生じるかどうかの確認を行った。また、前述の単体パネルにおける耐風安全性の検討ではパラペットを考慮しない状況での実験であったことから、本実験により風速の低下を定性的に確認することができれば、ソーラーパネルの耐風安全性の更なる裏付けとなることが考えられる。

4-1 実験概要

スモークワイヤー法は流れの可視化手法の一つであり金属細線に油を塗布し、その細線に電流を流すことで白煙を発生させ風洞気流を可視化するという手法である。この方法は極めて簡便かつ制御が容易な上、様々な流れに適用が可能のため、広く一般に用いられている。なお、風洞の閉塞率を考慮したうえで校舎全体をモデル化すると、パラペットの大きさが極めて小さくなってしまったため、全階模型及び最上階模型と称した2種類の模型を作製し、実験を行った。図-6に本実験で使用した全階模型及び最上階模型の概略図を、図-7に模型設置状況を示す。

4-2 実験結果及び考察

図-8に全階模型及び最上階模型の可視化画像を示す。どちらも校舎屋上付近の流れ場に注目すると、白煙の滞留よりソーラーパネルが設置される屋上表面からパラペット高さ付近の空間の風速は、接近流の風速より大幅に低下することがわかった。また、模型再現部分の大きさによる流れの変化は無く、最上階模型のみで風況を再現できているということが分かった。

5.まとめ及び今後の課題

パネル設置角度 $\theta=5\text{deg}$ における単体パネルの偏角 β を変化させて行った実験結果より、 θ が小さく β が大きいほど風力係数 C_w が小さくなることが明らかとなった。また、可視化実験によりパラペットを有する陸屋根型パネルは地上設置型パネルと比べ、作用する風荷重が小さくなるということを定性的に推察できた。従って、地上設置型ソーラーパネルに作用する風荷重を設計に用いればパラペットを有する校舎屋上に設置されるパネルの耐風安全性を確保することができると考えられる。

今後の課題としては、今回対象とした校舎は可視化の結果、気流の再付着が見られず、パネル高さもパラペット高さよりも低く設計されているため、種々のパラメーターが変化した場合において、常に安全であると断定することはできない。そこで十分なデータ構築のため再度、より高いレイノルズ数領域における検討を行うことが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 日本規格協会：太陽電池アレイ用支持物設計標準 JIS C 8955, 2004.
- 2) 中牟田和典：「菱形配置されたメガソーラーパネルに作用する空気力特性と風力係数低減領域の提案」, 九州工業大学大学院修士論文, 2014.

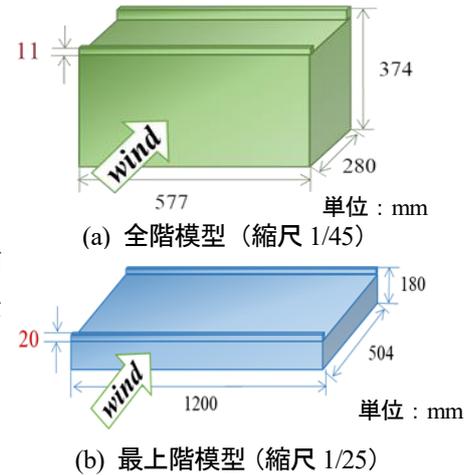
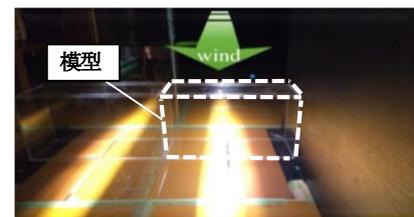
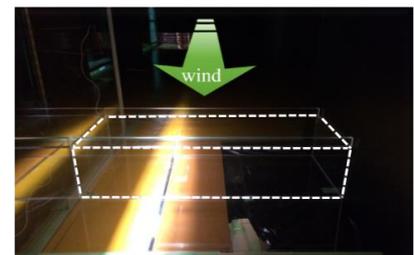


図-6 模型概略図



(a) 全階模型

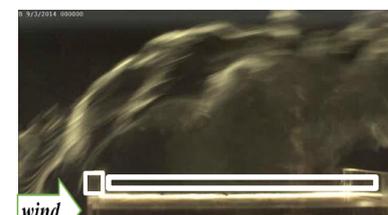


(b) 最上階模型

図-7 模型設置状況



(a) 全階模型



(b) 最上階模型

図-8 可視化静止画像 ($V=1.0\text{m/s}$)

V : 風洞風速