

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 学生会員 ○中牟田 和典
九州工業大学大学院 正会員 松田 一俊 加藤 九州男
九州電力株式会社 正会員 池田 博嗣

1.はじめに

近年、環境負荷低減対策として再生可能エネルギーを利用した発電方式の導入が進められ、わが国でも大規模太陽光（メガソーラー）発電施設が建設され始めている。本発電施設の設計上の課題として、パネルを支持する基礎部分の耐風性の確保と建設コストの削減が挙げられる。池田ら¹⁾は、矩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を明らかにした。しかし、パネルに作用する空気力は、支持条件や配置によって異なることが知られており、パネル配置は敷地形状や日射量に依存して複雑な配置になることが多い。そこで本研究では、菱形配置されたメガソーラーパネルに作用する空気力の基本特性を明らかにし、今後の大規模太陽光発電施設の基礎部の建設コスト削減に役立てることを目的とした。

2.既往の研究

JIS²⁾ 規定では、ソーラーパネル単体に作用する風力係数 C_w の近似式が式 (a)、(b) のように与えられている。また、ソーラーパネルの群集内において直接風が当たらない部分の風力係数は、単体パネルに作用する風力係数の 1/2 の値を使用しても良いとされている。風向によって区別される順風と逆風の定義を図-1 に示す。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 である。 θ はパネルと地面のなす角(°)である。

順風のケース $C_w = 0.65 + 0.009\theta \dots \dots \dots$ (a)

逆風のケース $C_w = 0.71 + 0.016\theta \dots \dots \dots$ (b)

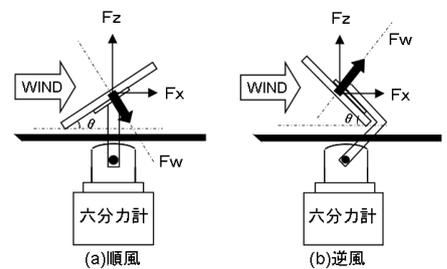


図-1 順風と逆風の定義

3.菱形配置がパネル縦列方向へ与える影響

3-1. 実験概要

菱形配置されたパネル(縮尺 1/20)に作用する空気力特性を明らかにするため、形状角 γ を図-2 のように定義した。この配置の際、JIS 規格にて θ のみで風力係数 C_w が定義されている周囲端部のパネルに着目し、実験を行った。パネル右端部を a 列とし、測定パネルを最上流側に設置した場合を 1a、測定パネルを 7 枚目に設置した場合を 7a とした。形状角 γ は 0° 、 $\pm 15^\circ$ 、 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ の 7 ケースとし、実験パターンは 1a、2a、3a、5a、7a の 5 パターンにおいて実験を行った。パネル設置角度 θ 及び設置間隔 d は、 $\theta=20^\circ$ の時 $d=144\text{mm}$ とした。また測定パネル長 L は、 $L=300\text{mm}$ とした。

3-2. 実験結果及び考察

実験結果を図-3 に示す。形状角 $\gamma=0^\circ$ では測定パネルが最上流側となる 1a において風力係数は最大となり、2a において最小となっている。また、2a より下流側の測定位置では、風力係数の値は徐々に上昇し 7a にて収束する結果となった。また形状角 $\gamma=+15^\circ$ 、 $+30^\circ$ 、 $+45^\circ$ となるにつれて風力係数 C_w が上昇する傾向となった。これは前方パネルによる遮蔽効果が小さくなり、風が直接パネルに当たるためと考えられる。

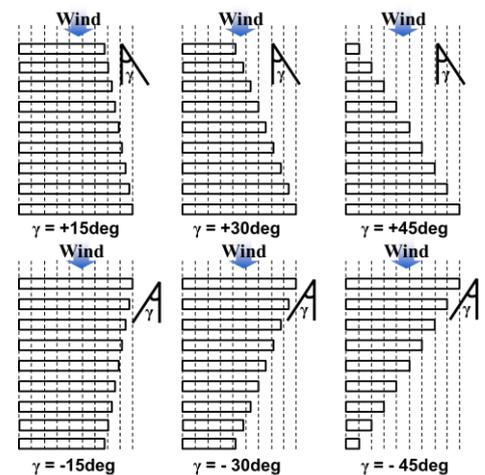


図-2 形状角 γ の定義

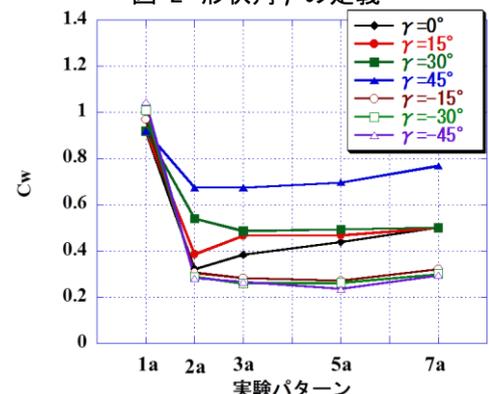


図-3 縦列方向 風力係数

次に形状角 $\gamma = 0^\circ \sim -45^\circ$ について着目すると、形状角 γ がついた場合、矩形配置と比較して風力係数 C_w が小さくなっている。これは形状角 γ がついたことによって右端部パネル下面の圧力が外側へ移動したためと考えられる。また γ が大きくなっても C_w の値に変化はなかった。

4. 菱形配置がパネル横列方向へ与える影響

4-1. 実験概要

先の実験と同様に形状角 γ を定義し、菱形配置された場合の横列方向の影響を調べる実験を行った。測定パターンはパネル最端部を a 列とし、そこから単体ユニット 1 枚分 (L=300mm) 中央部の測定位置を b 列、さらにそこから単体ユニット 1 枚分中央部の測定位置を c 列としたとき、先頭パネルから 5 枚目の 5a, 5b, 5c の測定を行った。その他の実験条件については 3 に示す実験条件と同様である。

4-2. 実験結果及び考察

実験結果を図-4 に示す。形状角 $\gamma = 0^\circ \sim +45^\circ$ についての実験結果に着目する。全体として形状角 γ によらず中央部にいくにつれて風力係数 C_w は小さくなる傾向が得られた。しかし、形状角 $\gamma = +15^\circ$ の 5b と形状角 $\gamma = +30^\circ$ の 5c のケースでは風力係数 C_w は大きくなっていることから形状角 γ によってパネル中央部に及ぼす影響が異なることがわかった。この影響を調べるため煙を用いた可視化実験を行った。可視化実験の様子を図-5 及び図-6 に示す。この結果から中央部へ影響を与える流れとして前方パネルから剥離した渦の再付着とパネル角から発生する円錐渦とが存在することがわかった。形状角 $\gamma = 0^\circ \sim -45^\circ$ について着目すると、形状角 γ が変化しても中央部の風力係数 C_w の値は形状角 $\gamma = 0^\circ$ と変わらず形状角 γ による影響はないものと考えられる。

5. まとめ及び今後の予定

形状角 γ が正の場合、菱形配置がパネル縦列方向に与える影響として形状角 γ が大きくなれば C_w が大きくなる傾向が得られた。またパネル横列方向に与える影響については、形状角 $\gamma = 0^\circ \sim +45^\circ$ の間で風力係数 C_w が上昇する配置が存在することがわかった。形状角 γ が負の場合、菱形配置がパネル縦列・横列方向に与える影響はなかった。

今後は得られた実験結果を用いて図-7 のような 1MW 規模の菱形配置パネルを対象とし、風力係数低減領域の提案を行っていく予定である。提案の流れについては以下のように行っていく。まず周囲端部のパネルに関しては菱形配置がパネル縦列方向へ与える影響の実験結果から収束値の推測をし、次に中央部のパネルに関しては菱形配置がパネル横列方向へ与える影響の実験結果から収束値の推測を行う。その後風向角が変化した場合の風力係数の変化の検討を行うことで、菱形配置における風力係数低減領域の提案を進めていく予定である。

6. 参考文献

- 1) 池田 博嗣 他：複数列配置された太陽光発電所用ソーラーパネルの風力係数に風向角が及ぼす影響の一検討，構造工学論文集，Vol.58A，pp559~565，2012，3.
- 2) 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.

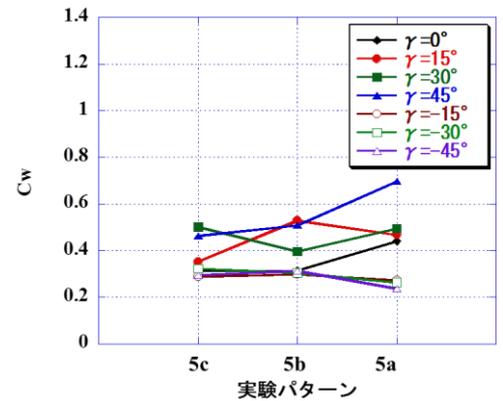


図-4 横列方向 風力係数

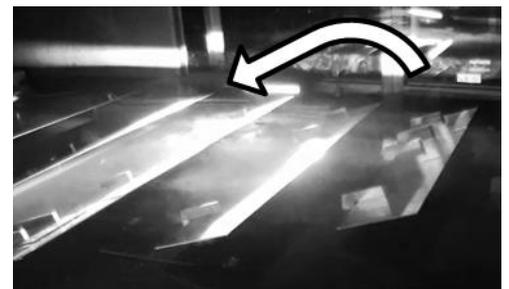


図-5 剥離による再付着

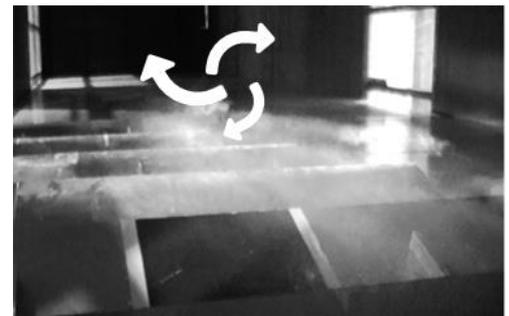


図-6 パネル角から剥離した円錐渦

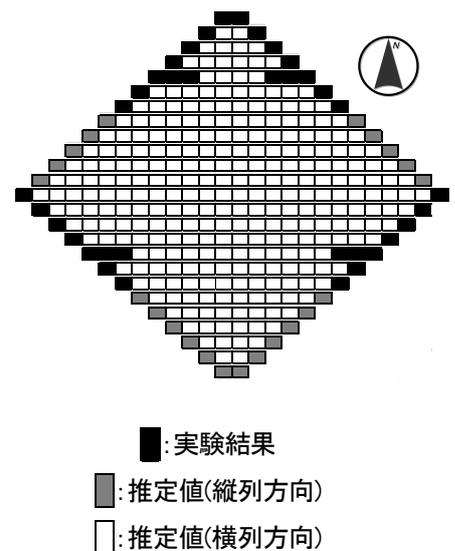


図-7 1MW 規模 菱形配置パネル