

技術報文

太陽光発電ベースマット工法の適用

太陽光発電土木工法協会 太陽工業(株)

横山 美憲

川岸 靖

旭化成ジオテック(株)

鍋嶋 靖浩

大嘉産業(株)

竹村 治夫

ネクストエネルギー・アンド・リソース(株) 竹山 正樹

ホリー(株)

高橋 俊明

1. はじめに

近年、遊休地や水面等の未利用地の有効活用として太陽光発電システムの設置が増加している。今後は、道路・鉄道・河川堤防・公園・ダム湖・道の駅等の未利用地法面などでの活用が期待されている。従来、法面へ太陽光発電システムを設置する場合は、杭基礎やコンクリートブロック基礎を設ける方法が多くとられてきた。太陽光発電ベースマット工法（以下 PV ベースマット工法と云う）は化学繊維の袋体にモルタルを注入することで、簡易に太陽光発電システムの基礎を構築でき、従来の大きな架台や基礎を簡素化できる工法である。

本報文では、PV ベースマット工法の概要を紹介するとともに、初めて PV ベースマット工法が採用された施工事例を紹介する。

2. PV ベースマット工法 (PV : Photovoltaic)

PV ベースマット工法は、図-1 のようなベースマットに太陽電池モジュールを支持できる接続用アンカーを一体化した基礎を有する図-2 のような構造である。ベースマットは、2 枚の化学繊維を特殊な方法で織合わせた一定厚さの袋体である。この中に、モルタルを注入することにより、高強度で、耐久性に優れた構造物を形成することができる。

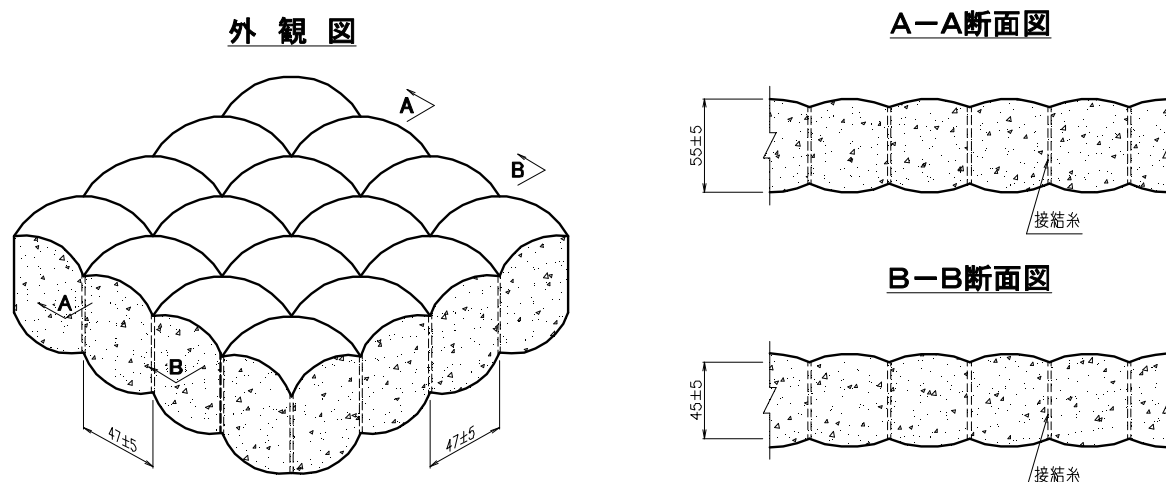


図-1 PV ベースマット形状例

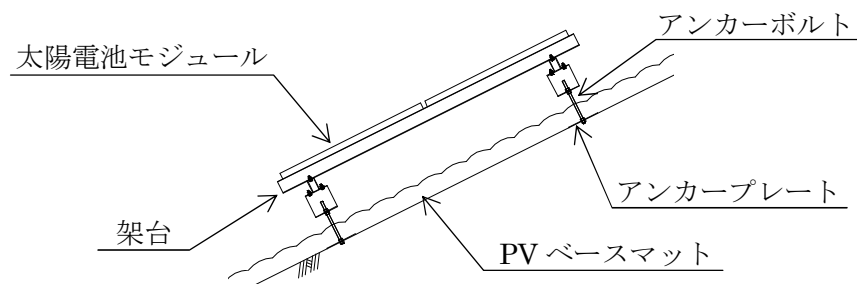


図-2 PV ベースマット工法概要図

(1) PVベースマット工法の特徴

ベースマット工法は以下の特徴がある。

① 施工性が良い

PV ベースマットは、軽量であるため重機等が入ることのできない山間部においても、極めて簡単に搬入できる。また、マットが型枠となるため、施工現場において敷設し、仮固定するだけでPV ベースマットを施工できる。

② 用途範囲が広い

ダム、調整池及び処分場の法面など、コンクリートブロック基礎や杭基礎が施工できない場所でもPV ベースマットを施工できる。

③ 寸法（大きさ）が自由

施工現場に合わせた形状で製作するオーダーメイドタイプのため、PV ベースマットの寸法（大きさ）を制限なく計画できる。

④ 地盤になじむ

PV ベースマットが布製で現場打設を行うため、地盤の起伏に対してなじむ。

⑤ 防草効果

PV ベースマットによりモルタルで地盤を被覆するため、防草効果がある。よって、雑草の影による太陽電池の発電効率低下を防ぎ、除草（草刈り）などのメンテナンスも不要である。

⑥ 浸食防止効果

PV ベースマットにより十分な厚さのモルタルで被覆されているため、集中豪雨などによる地盤の浸食を防止する。

(2) PVベースマットの規格

PV ベースマットには表-1 に示すように厚さ 5cm のものと 10cm のものがある。

表-1 PV ベースマット規格

平均厚さ	5cm	10 cm
注入材料	モルタル (1 : 2)	
施工面積 100 m ² 当り 注入量	6.0 m ³ 以上	12.0 m ³ 以上
施工面積 1 m ² 当り 重量	1.05 kN/m ² 以上	2.1 kN/m ² 以上

※) モルタル単位体積重量 21 k N/m³

※) 作業上の割増量等で 20% 程度の注入量割増しとなる

4. PVベースマット工法施工事例

(1) 工事の概要

農地基盤整備事業により生じた法面への太陽光発電システム設置工事において、太陽電池モジュールの基礎として初めてPVベースマット工法が採用された。現場の地盤は、脆弱な岩質であり、従来の杭基礎やコンクリート基礎では施工が困難であったため本工法が採用された。

本工事のPVベースマットは10cm厚であり、法面の勾配は1:1.5、法長は約9.2m、使用面積は1165m²である。架台は、太陽電池モジュール6段4列を基本ブロックとし、太陽電池モジュールは396枚を設置した。

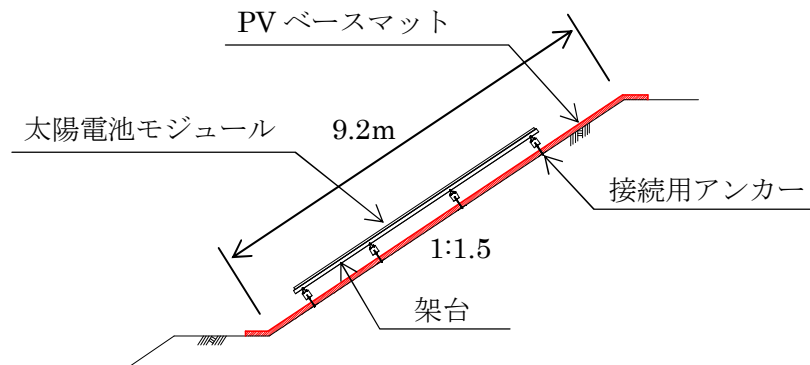


図-4 施工断面図

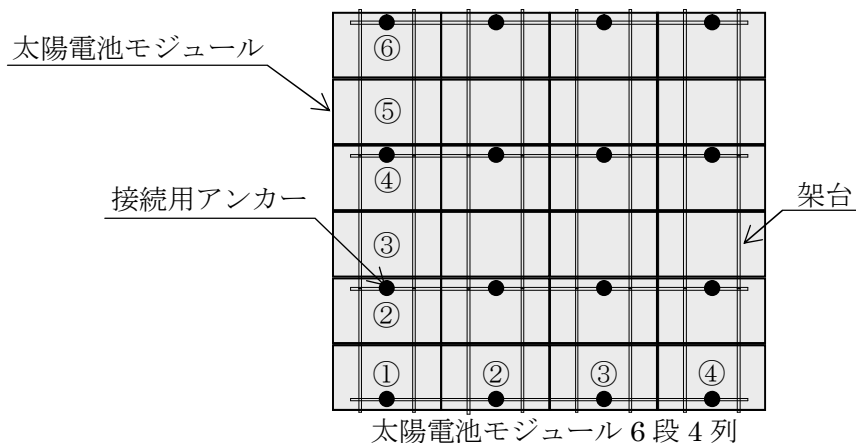


図-5 架台1ブロック

(2) PVベースマット工法の検討

施工前に現地調査を行い、使用する太陽電池モジュールの検討、PVベースマットの滑動検討を実施した。

a. モジュールの検討

太陽電池モジュールの設計検討については、建築基準法施行令の規定に基づき、固定荷重（死荷重）と積雪荷重、風荷重の組み合わせのうち最も厳しい条件となる荷重で検討を行なった。荷重の組み合わせ計算結果は以下のようになる。

- ① 固定荷重+積雪荷重（積雪量30cm）591.0N/m²
- ② 固定荷重+風圧荷重（正圧）690.2N/m²
- ③ 固定荷重+風圧荷重（負圧）1263.8N/m²

本現場では③の荷重の組み合わせが最も大きくなったがモジュールの許容荷重2400N/m²以下であった。

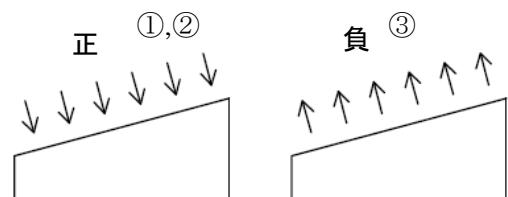


図-6 荷重モデル図

b. PVベースマットの検討

法面に PV ベースマットを施工すると法勾配によっては滑動力が発生する。正圧方向の荷重は、地盤との摩擦による抵抗力が大きくなるため、検討では摩擦抵抗力を減少させる負圧荷重(モジュールに作用する風圧荷重)を用いる。

滑動には以下の式²⁾を用いて判定を行なった。本現場について検討した結果、PV ベースマットに滑動力が発生することがわかった。そのため、本現場では、鉄筋杭(φ22、ℓ=650)を打ち込むことで PV ベースマットの滑動対策を行なった。

$$\text{安全率: } F_s = \frac{N}{F} = \frac{\mu \cdot (W \cdot L \cdot \cos \theta - \beta \cdot W_p \cdot L)}{W \cdot L \cdot \sin \theta} \geq 1.2$$

ここで、F は PV ベースマットの滑動力、N は PV ベースマットの抵抗力、W は PV ベースマットの単位面積当たりの重量、β は PV 率(太陽光パネルの面積/PV ベースマットの面積)、θ は法面傾斜角、L は法長、μ は地盤との摩擦係数、W_p は PV ベースマット設計用風圧荷重(負圧)である。

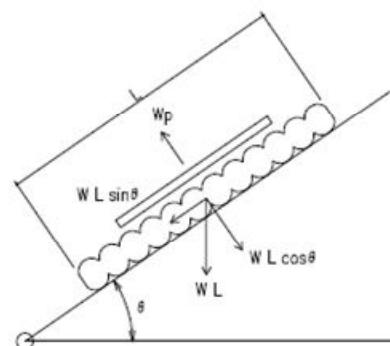


図-7 滑動力モデル図

c. 浮き上りの検討

PV ベースマットと太陽電池架台を接続する接続用アンカーについては、太陽電池モジュールが受ける風圧荷重(負圧)に対する PV ベースマットの浮きあがりの検討を行なった。接続用アンカー1ヶ所当たりに発生する引張力Tは807.1Nとなり、接続用アンカーの許容引張荷重8000N(表-2 参照)以下であることを確認した。

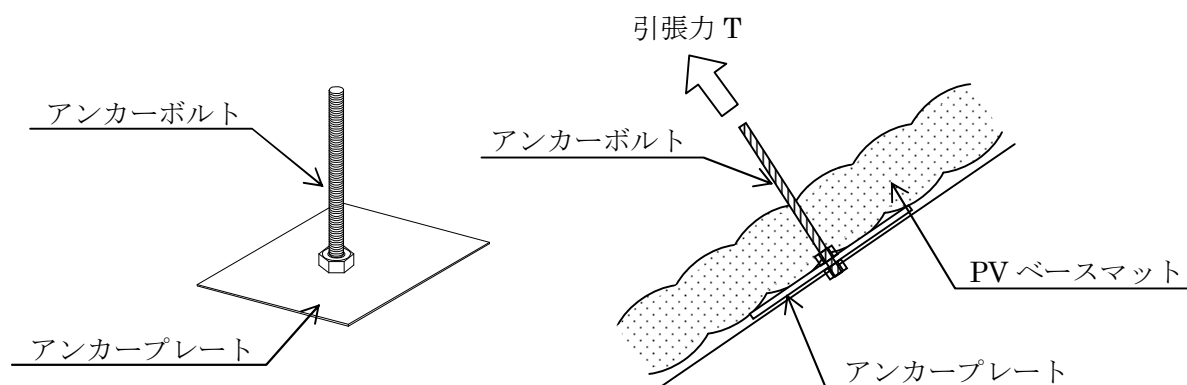


図-8 接続用アンカー

表-2 最大引張荷重および許容引張荷重²⁾

PV ベースマット厚 (mm)	アンカーボルト	アンカープレート (mm)	最大引張荷重: Nmax 平均変位量 0.0mm(n = 5)		許容引張荷重 Na (N)
			(kgf)	(N)	
50	M12 以上	200×200 以上	400	4,000	2,000
100	M12 以上	100×100 以上	1,600	16,000	8,000

(3) 施工方法

施工は、図-9 のフローに従って行なった。

PV ベースマットを所定の位置に敷設し、マットにあらかじめ加工されたスリット部分に接続用アンカーを挿入する。その後モルタルを注入するが、接続用アンカーの位置がずれないように水を張り、アンカー位置を調整しながら打設を行なった。



写真-1 PV ベースマット敷設

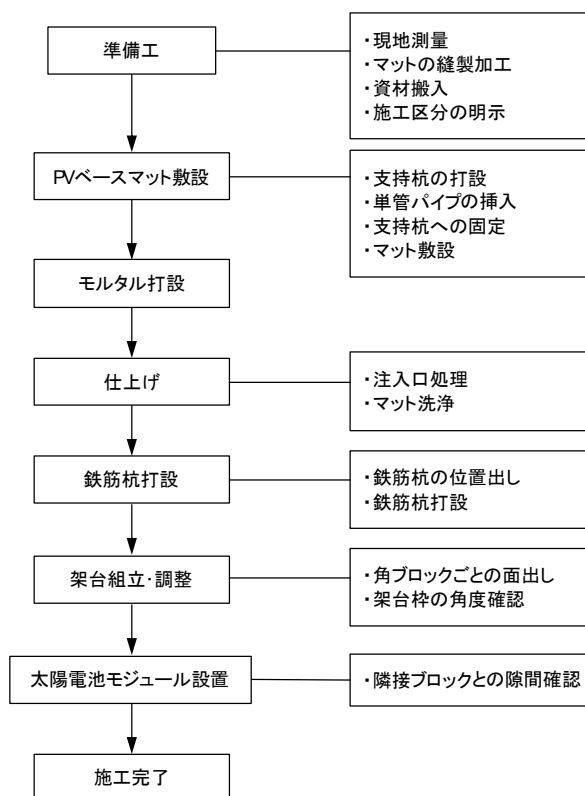


図-9 施工フロー図

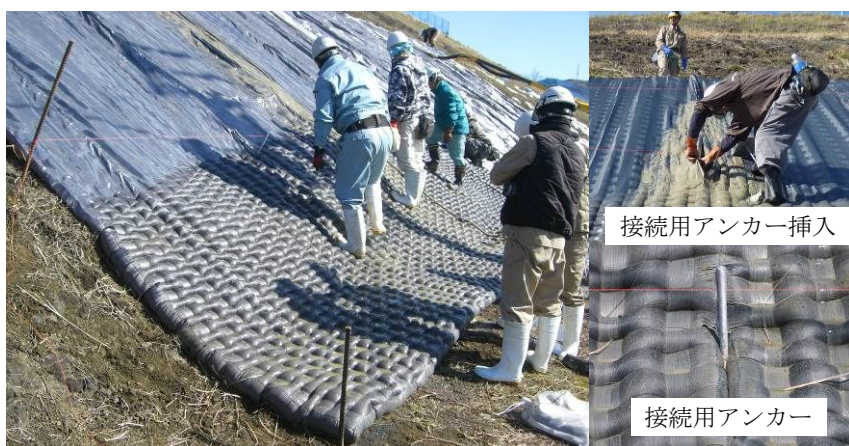


写真-2 モルタル打設



写真-3 仕上げ（マット洗浄）



写真-4 鉄筋杭打設

マット打設後、マット表面に露出したノロ、注入口からこぼれ出たモルタルを除去するためマットの洗浄を行い、滑動対策である鉄筋杭を打設した。PV ベースマット硬化後、接続用アンカーに架台を取付ける。この際、地盤の不陸により接続用アンカーの高さにばらつきがあるため角度計等を用いて架台を調整しながら組立を行なった。この架台の調整は、太陽電池モジュールを取り付ける際に重要となるため精度よく施工する必要がある。



写真-5 架台組立・調整



写真-6 架台組立完了



写真-7 太陽電池モジュール設置



写真-8 施工完了

5. まとめ

初めて太陽光発電システムの基礎として PV ベースマット工法が採用された事例を示した。今後も本現場のような未利用地法面を使用した太陽光発電システムの設置が増加していくものと考えられる。PV ベースマット工法は、法面における太陽光発電システムの基礎の施工を容易にし、且つ法面の侵食防止、防草効果が期待できるため、設置後の除草などのメンテナンスが不要となる。今後もこれらの特徴を生かし実績を増やして行きたいと考える。

参考文献

- 1) 石川雅英、鍋島靖浩、竹村治夫、秋山昌之：太陽光発電ベースマット工法における架台基礎の検証、土木学会第 68 回年次学術講演会、2013
- 2) 太陽光発電土木工法協会：太陽光発電ベースマット工法技術資料、2014