

水上太陽光発電フロートシステムの開発

Development of a Floating Solar Power System

環境・リニューアブル技術部	小林 誠	KOBAYASHI MAKOTO
技術研究所	新上 浩	SHINJO HIROSHI
技術研究所	作田 美知子	SAKUTA MICHIKO
企画推進部	土屋 星	TSUCHIYA SEI

近年、水上設置型の太陽光発電が国内外で注目されている。本研究で開発を進めている水上設置型の太陽光発電システム(以下、水上太陽光フロートシステム)が短期荷重を受けた場合を想定し、各部位の荷重実験を行った。結果、フロート、システム連結部、パネル差込部および係留部の強度を把握することができた。

キーワード：水上設置型、水上太陽光フロートシステム、荷重実験

In recent years, there has been great interest in floating solar power systems in Japan and other countries. In this study, load testing at various positions under the assumption of short-term loading of the developed floating solar power system were performed. Through these tests the strength of the floats, the system connection section, the panel insertion section, and the mooring section is designed.

Key Words: Floating, Floating Solar Power System, Load Testing

1. はじめに

再生可能エネルギーの固定価格買取制度施行以降、全国で太陽光発電の導入が急激に進み、地上では事業適地が減少している。しかしながら、水上は日射を遮るような障害物が少ないうえに、太陽光パネルの冷却効果が得られ陸上よりも高い発電量が期待できることから、ため池や貯水池を中心に導入が進んでいる。

地上設置あるいは屋根面に設置する太陽光電池アレイ支持物については、JISC8955:2014¹⁾に設計用荷重算定方法が示されているが、水上太陽光フロートシステムでは明確な基準が今のところ存在しない。しかしながら、水上設置の場合は強風時のフロート浮上りや浮遊等が懸念される。既報²⁾では、水上太陽光フロートシステムが受ける風力について、風洞実験を行い、耐風安全性の検討に必要なデータを取得した。

本報では、水上太陽光フロートシステムが風荷重を受ける際の強度把握を目的とし、各部位の荷重実験を行った。

2. 水上太陽光フロートシステムの概要

水上太陽光フロートシステムのイメージを図-1に示

す。本研究で開発を進める水上太陽光フロートシステムは、本体フロートに垂直架台を固定した浮力体兼太陽光パネルの装着架台(以下、フロート)、フロートを連結する連結板(以下、ブリッジ)、フロートとブリッジを固定する接続バンドによって構成される。フロートのサイズは、幅 1,007 mm、奥行 1,553 mm であり、太陽光パネルはフロート毎に一枚ずつ取り付ける。設置可能な太陽光パネルの外形サイズは幅 1,500 mm~1,700 mm、奥

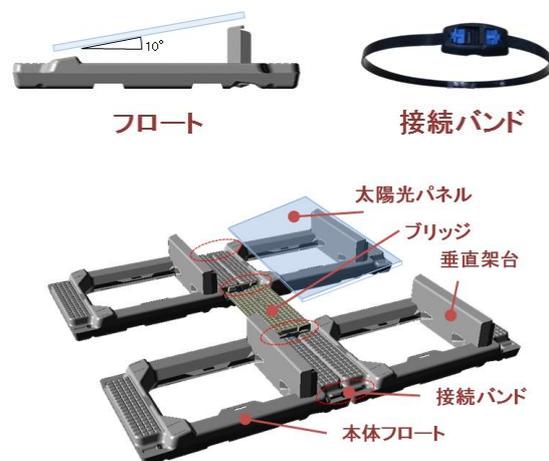


図-1 水上太陽光フロートシステムイメージ

行 980 mm～1,000 mm, 高さ 30 mm～50 mm であり, 設置角度は 10 度である。また, フロートの材質は高密度ポリエチレン, 接続バンドの材質はナイロン 66 である。

3. 本体フロートバンド通し穴強度実験

(1) 実験概要

本体フロート連結部のバンド通し穴の強度把握を目的とし, 本体フロートの短辺・長辺各方向を載荷する引張実験を行った。試験体数は各方向 2 体ずつ, 計 4 体である。

載荷装置と変位計測位置を写真-1 に示す。試験体のバンド通し穴に直径 19mm の丸鋼を挿入し, その両端に載荷治具を取付け, 2000kN 万能試験機により引張力(載荷速度: 毎分約 5mm)を載荷した。計測項目は, 引張荷重 P と巻込型変位計により計測した上・下のつかみ具間距離 S である。

(2) 実験結果

短辺方向, 長辺方向の引張荷重 P -変位 S 関係をそれぞれ図-2, 図-3 に, 最大荷重と最大荷重時の変位の一覧を表-1 に示す。ここで変位 S は, 載荷軸およびシャックルの遊びの影響を取り除くために, 引張荷重 1kN 時の変位 S を 0.0 mm に基準化した。

短辺方向では, 両試験体の最大荷重と変位に差異は見られなかった。引張荷重が 7～8 kN 程度に達したところで穴形状が円形から引張方向に広がり楕円状となり, 穴形状の変化とともに変位が大きくなった。両試験体ともに最大荷重は 12kN 程度であり, その時の変位は 224mm～240mm であった。最大荷重後は, 緩やかに荷重が低下し, 最大荷重の 80%に低下した時点で加力を終了した。

長辺方向でも短辺方向と同様, 試験体間の差異は見られず, 引張荷重が 9 kN 程度で穴形状が変化し, それとともに変位が大きくなった。両試験体ともに最大荷重は 15kN 程度となった。その後は, 変位の増大とともに荷重が低下し, 載荷装置の与変形の限界に至り, 加力を終了した。

4. システム連結部強度実験

(1) 実験概要

水上太陽光フロートシステムの連結部の強度把握を目的とし, フロート 4 台からなる最小ユニットを組上げた試験体を 3 体製作し, 引張実験を行った。

載荷装置を図-4 に, 計測位置を写真-2 に示す。最小

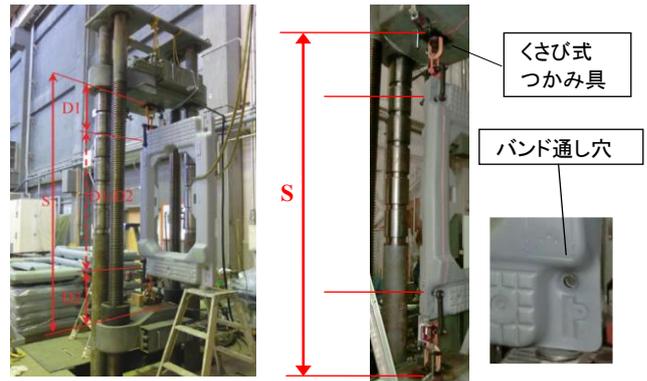


写真-1 載荷装置と変位計測位置

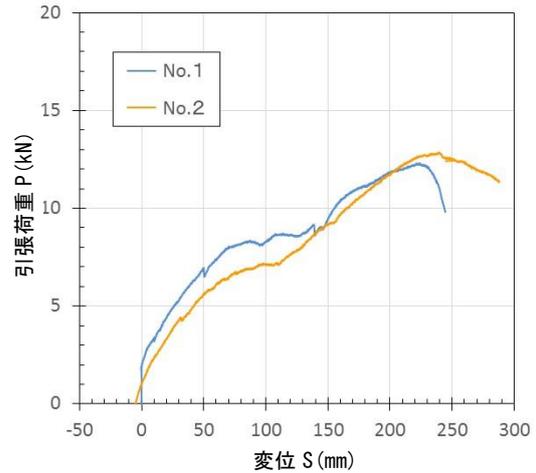


図-2 短辺方向の荷重-変位関係

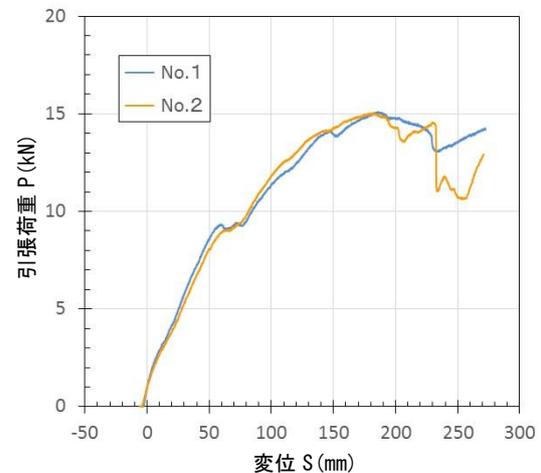


図-3 長辺方向の荷重-変位関係

表-1 最大荷重と最大荷重時の変位一覧

		最大荷重 [kN]	最大荷重時変位 [mm]
短辺方向	No.1	12.3	224
	No.2	12.9	240
長辺方向	No.1	15.1	186
	No.2	15.0	181

ユニットの両端部を溝形鋼で支持し, 溝形鋼下部の架台(図-4, LM ブロック)をレールに沿って引張ることに

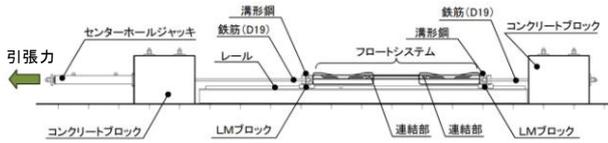


図-4 荷重装置

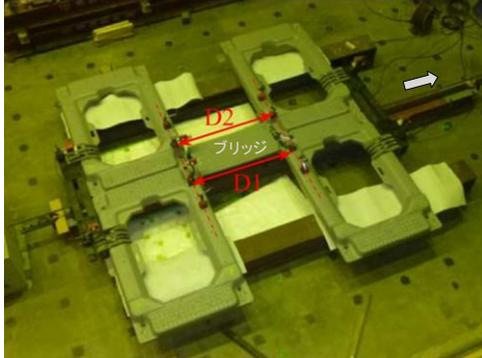


写真-2 計測位置

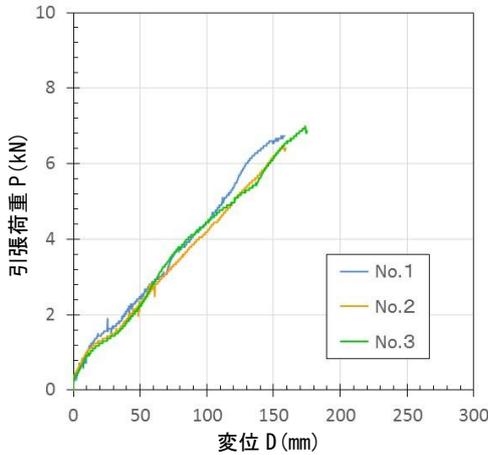


図-5 荷重-変位関係

表-2 最大荷重と最大荷重時の変位一覧

	最大荷重 [kN]	最大荷重時変位 [mm]
No.1	6.7	156
No.2	6.5	157
No.3	7.0	174

よってフロート-ブリッジ間の連結部に引張力を与えた。レールはブリッジの軸芯に合わせている。引張荷重 P はセンターホール型ジャッキに取り付けたロードセルにより計測し、変位 D はブリッジ両側の距離 D1, D2 を巻込型変位計により計測し、その平均値で評価した。

(2) 実験結果

荷重 P-変位 D 関係を図-5 に、最大荷重と最大荷重時の変位の一覧を表-2 に示す。荷重が増加すると、ブリッジ端部が反り上がるとともに接続バンドが通し穴に食い込み、終局時には接続バンドが破断した。最大荷重は 6.5～7.0kN,

最大荷重時変位は 156～174mm となり、各試験体の最大荷重と変位に差異は見られなかった。

5. パネル差込部強度実験

(1) 実験概要

太陽光パネルの固定イメージを図-6 に示す。フロートへの太陽光パネルの固定は、垂直架台の溝形状部（以下、パネル差込部）へ太陽光パネルのフレームを差込む工法を採用している。パネル差込部の強度把握を目的として、パネル差込部に引張力を与える実験を実施した。

荷重装置を図-7 に、変位計測位置を図-8 に示す。荷重は、垂直架台を本体フロートにセットした状態でフロート面を床面から 10° の角度で固定し、パネル差込部にアルミの溝形材を差し込み、垂直架台の上面を引き上げた。引張荷重 P はセンターホール型ロードセルで計測し、変位 D はひずみゲージ式変位計で溝形材 2 ケ所の変位 D1, D2 を計測し、その平均値で評価した。

(2) 実験結果

荷重 P-変位 D 関係を図-9 に、最大荷重と最大荷重時の変位の一覧を表-3 に示す。No.1 の荷重-変位関係は、

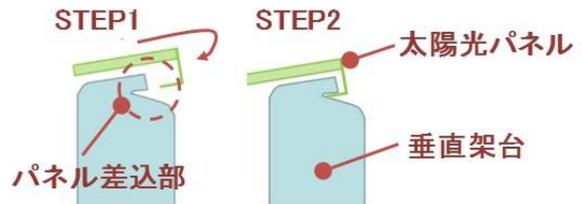


図-6 太陽光パネル固定イメージ

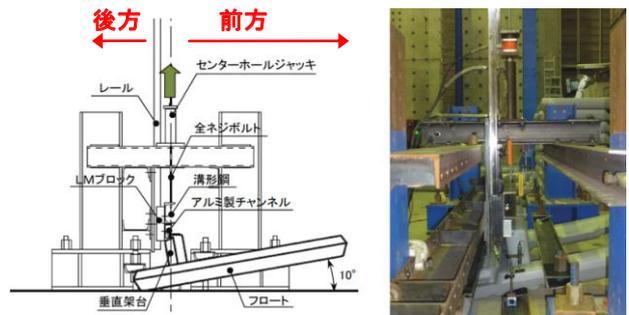


図-7 荷重装置

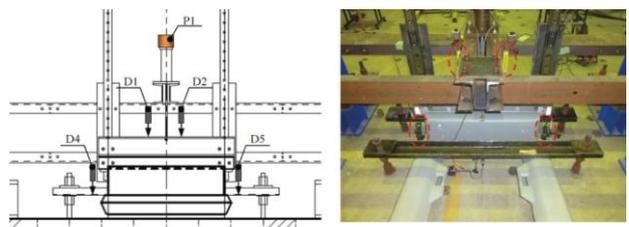


図-8 計測位置

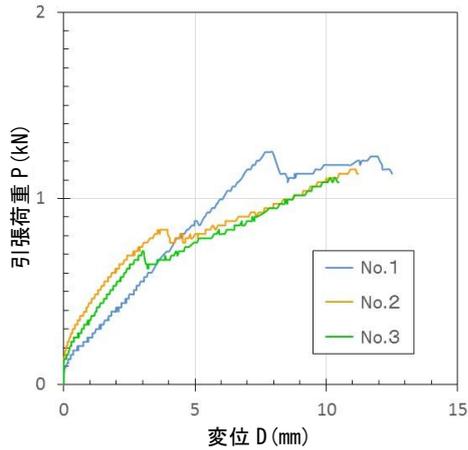


図-9 荷重-変位関係

表-3 最大荷重と最大荷重時の変位一覧

	最大荷重 [kN]	最大荷重時変位 [mm]
No.1	1.25	7.7
No.2	1.16	10.9
No.3	1.11	10.2

他の試験体とやや異なっており、試験体の個体差が影響をしていると考えられるが、各試験体の最大荷重に大きな差異は見られなかった。破壊のメカニズムは共通しており、引張荷重を与えると同時に垂直架台が前方に倒れはじめ、パネル差込部への溝形材の掛かりが徐々に浅くなり、いずれの試験体もパネル差込部からの溝形材の外れが生じた。最大荷重の平均値は 1.17kN であり、最大荷重時変位の平均値は 9.6mm であった。

6. 係留索取付け部強度実験

(1) 実験概要

水上太陽光フロートシステムの係留イメージを図-10 に示す。水上太陽光フロートシステム全体を水上の定位位置に留めつける方法として、フロート中央の開口部を利用した係留を採用している。

フロート開口部の係留索を取付ける部分の強度把握を目的とし、開口部の最も肉薄な短辺方向に引張力を与える実験を実施した。

載荷装置と計測位置を写真-3 に示す。載荷には 2000 kN 万能試験機を用い、載荷速度が毎分約 5mm となるように試験体に引張力を与えた。係留索を幅 75mm のナイロンスリングで再現し、両端をシャックル、リングボルトを介して試験機に固定した。測定項目は、引張荷重 P と上下つかみ具間の距離 S、上つかみ具と上係留索取付け部間の距離 D1 および下部の D2 とし、変位はフロート長辺部の材軸間の距離 D (=S-D1-D2) で評価した。

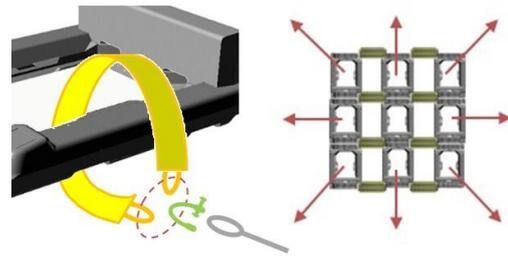


図-10 係留イメージ



写真-3 載荷装置と計測位置

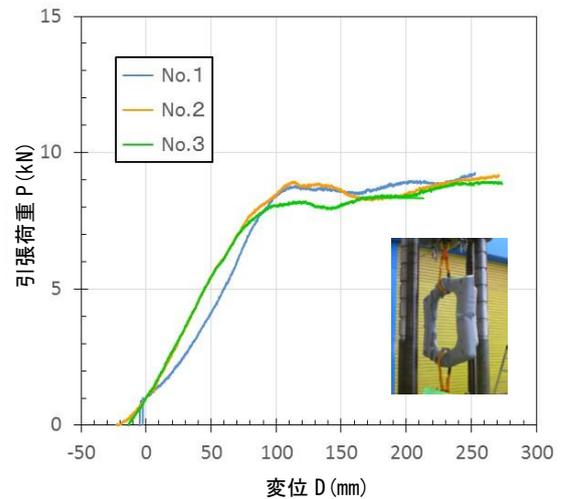


図-11 荷重-変位関係

表-4 最大荷重と最大荷重時の変位一覧

	最大荷重 [kN]	最大荷重時変位 [mm]
No.1	9.3	253
No.2	9.2	271
No.3	8.9	259

(2) 実験結果

荷重 P-変位 D 関係を図-11 に、最大荷重と最大荷重時の変位の一覧を表-4 に示す。各試験体の荷重-変位関係および最大荷重に大きな差異は見られなかった。フロートの長辺部の中央位置に引張力を加え外側に広がると、

短辺部は図-11 内に示すように逆に内側に変形し、荷重は頭打ちとなるが変位は進行した。加力は試験機のストロークの制限により終了した。最大荷重の平均値は 9.1kN であり、最大荷重時変位の平均値は 261mm であった。

7. おわりに

本報では、水上太陽光フロートシステムの本体フロート、システム連結部、太陽光パネル固定部および係留索取り付け部の強度を把握するために、実機を対象に載荷実験を実施した。実験結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 本体フロートのバンド通し穴の強度は、短辺方向では平均 12.6kN、長辺方向では平均 15.0kN であった。
- ② システム連結部の強度は、接続バンドの破断で決

定し、平均 6.7kN であることを確認した。

- ③ 太陽光パネルの差込部の引張強度は、平均 1.17kN であった。
- ④ 係留索取付け部の強度は、平均 9.1kN であった。
本フロートシステムを水上に係留した際には、各部に多様な方向の外力が作用するため、4シリーズの実験を行い、破壊限界まで試験体に引張力を与えて各部の強度を確認したが、今後は疲労強度も把握する予定である。

参考文献

- 1) JIS C 8955 : 2014 太陽電池アレイ用支持物設計標準
- 2) 作田美知子, 岩本毅, 土屋星 : 水上太陽光フロートシステムに作用する風力係数, 三井住友建設技術研究開発報告第 14 号, pp.91-94, 2016