

傾斜地設置型/営農型/水上設置型

太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2023 年版

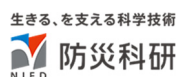
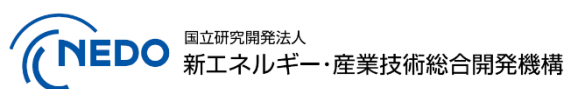
技術資料：

水上設置型太陽光発電設備のフロート間接合部の

載荷試験結果の概要

この成果物は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP20015）「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発」事業の結果として得られたものです。

2023 年 4 月 28 日





## 水上設置型太陽光発電設備のフロート間接合部の載荷試験結果の概要

### 1. 概要

水上設置型太陽光発電設備（以下、水上 PV）では、動揺に対して追従するためにフロート間の接合部には樹脂製のピンやバンドによってピン接合されている場合が多く、また 1 か所の接合部に複数の部材が留めつけられる場合があることから、荷重作用時には変形が大きくなりやすく、構造計算や FEM 解析によって適切に強度評価することが難しいものが多い。本資料では、水上設置型太陽光発電設備の接合部強度を把握することを目的として、水上設置型太陽光発電設備のフロート-フロート間接合部とフロート-係留索間の接合部の部分的な強度試験及び評価方法について確認した内容を紹介する。

### 2. 試験内容

アイランド全体の再現をして実験を行うことは、規模やコスト面からも現実的ではないため、部分試験で評価することとした。部分試験を行う場合、実環境にあった試験体を構成する必要がある。よって、部分試験の試験体構成としては、フロート-フロート間接合部は、接合部に隣接するフロートまでとし、フロート-係留索間の接合部は、フロートと係留索とした（図 2-1 参照）。

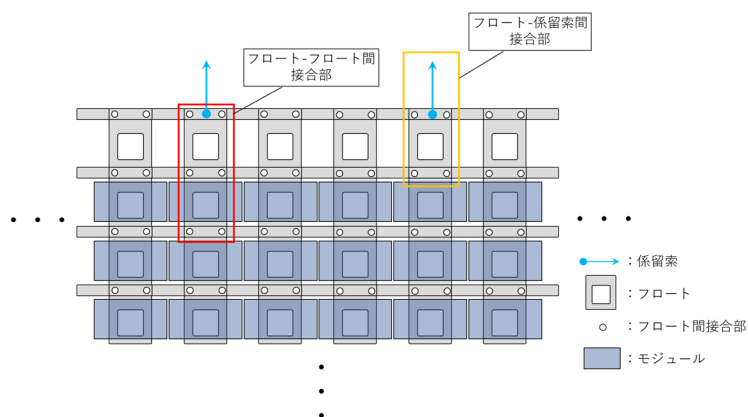


図 2-1 試験体の構成

接合部に生じる荷重については、アイランド形状によって荷重が異なってくるため、本試験では一例として単純な矩形モデルに基づいて想定した。なお、実際の設計においてアイランド形状が L 字型などの場合は入隅部の荷重集中の評価したうえで荷重を検討する必要がある。下図のような構成（8 行 8 列のモジュール配列、アイランド外周の係留索は一辺あたり 4 本、北からの風）とした場合、1 本あたりの係留索の負担範囲は、図 2-2 に示す赤色網掛け部となる。ただし、これは各係留索に均等に張力が生じた場合であり、風向やアイランドの移動状況によっては、特定の係留索に力が集中することがあるので実際の設計では適切に考慮する必要がある。

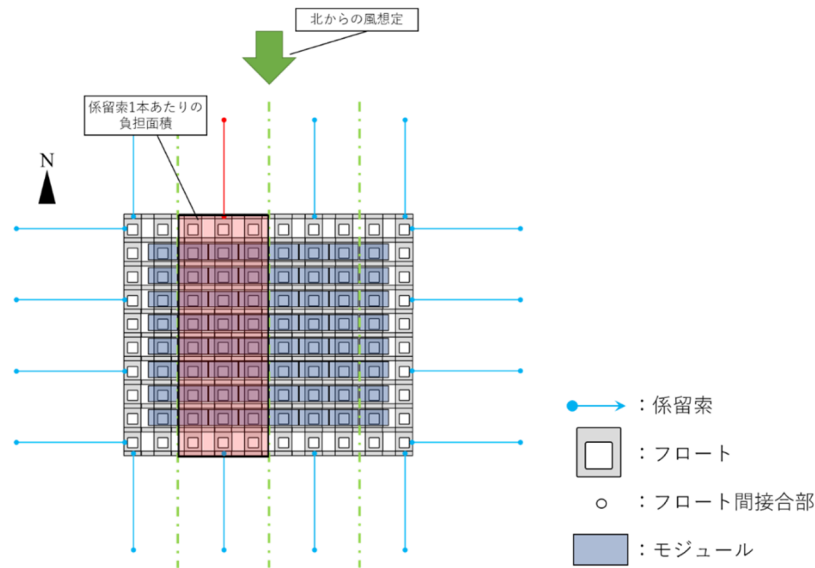


図 2-2 接合部の荷重

係留索とフロートの接合部に生じる荷重の方向については、強風時には下図のように係留索とフロートが直線的に引っ張られるため、このような状態を前提として検討することとした（図 2-3 (c) 参照）。ただし、フロートの浮力が大きい場合には下図の弱風時のように係留索とフロート間に角度が生じるので、その角度を適切に評価したうえで強度確認を行う必要がある。

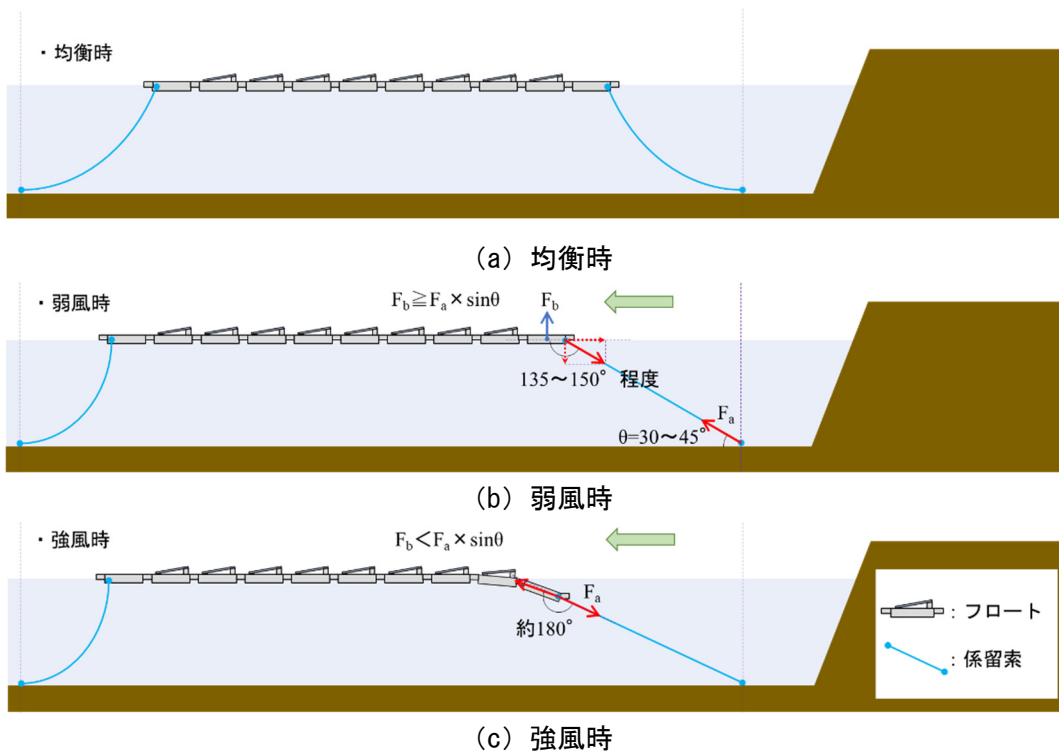


図 2-3 係留索とフロートの接合部に生じる荷重の方向

### 3. 試験体

試験体には、代表的なフロートを対象として、フロートメーカー3社のフロート-フロート間接合部とフロート-係留索間の接合部を用いた、載荷条件は、南北方向、東西方向の2種類の引張載荷とした。

### 4. 試験方法

載荷方向は、南北、東西の2種類とした。試験モデル及び試験風景を図4-1～図4-7に示す。

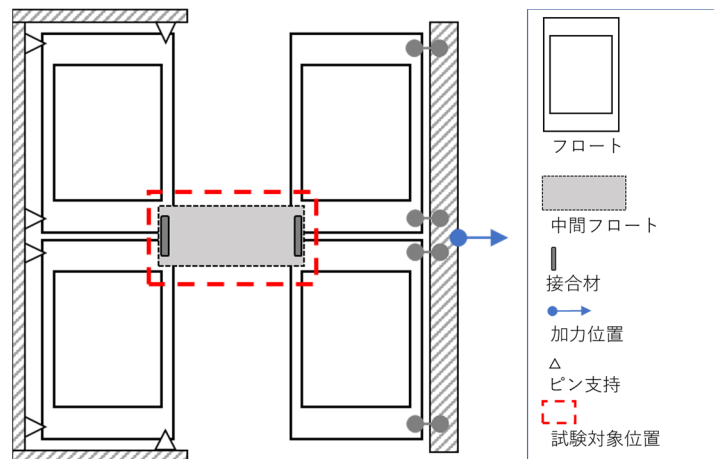


図4-1 フロート-フロート間接合部試験モデル（東西方向）

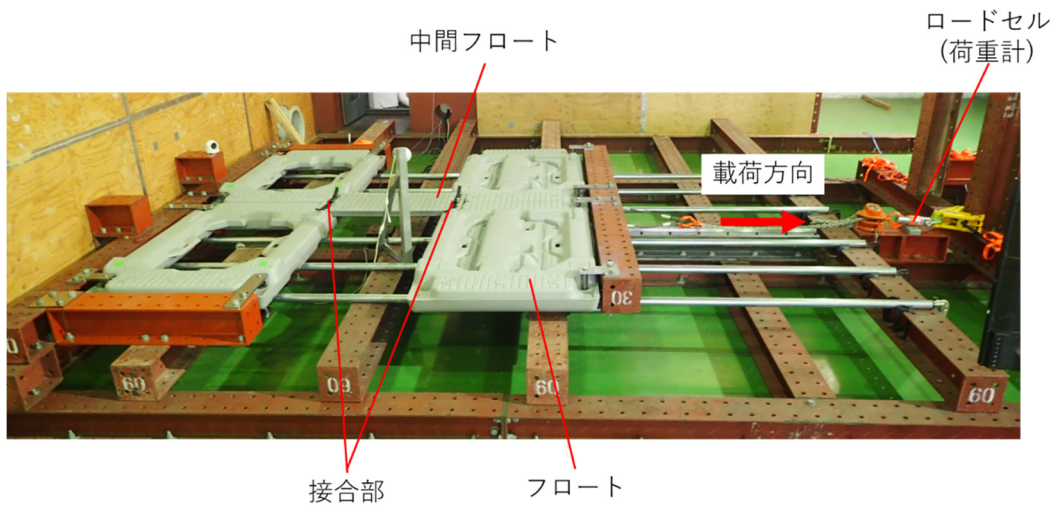


図4-2 フロート-フロート間接合部試験風景（東西方向）

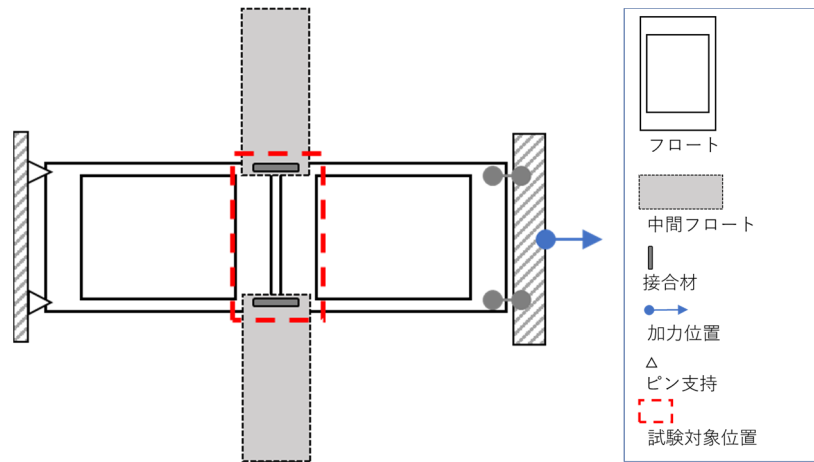


図 4-3 フロート-フロート間接合部試験モデル（南北方向）

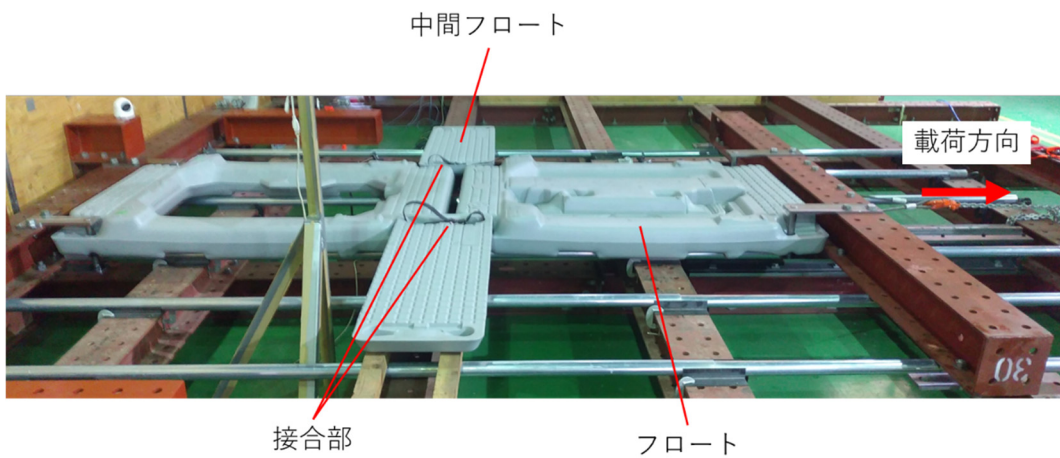


図 4-4 フロート-フロート間接合部試験風景（南北方向）

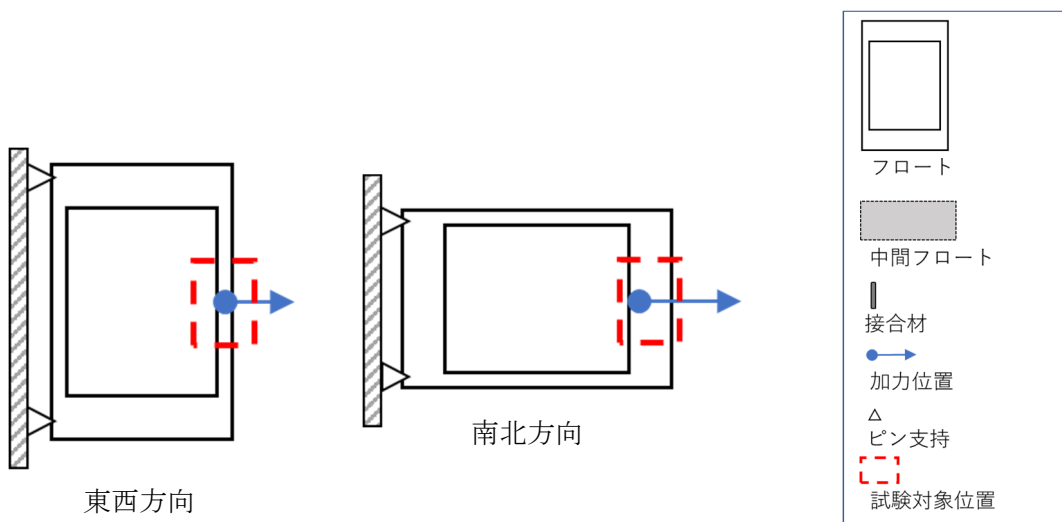


図 4-5 フロート-係留索間接合部試験モデル（左：東西方向、右：南北方向）

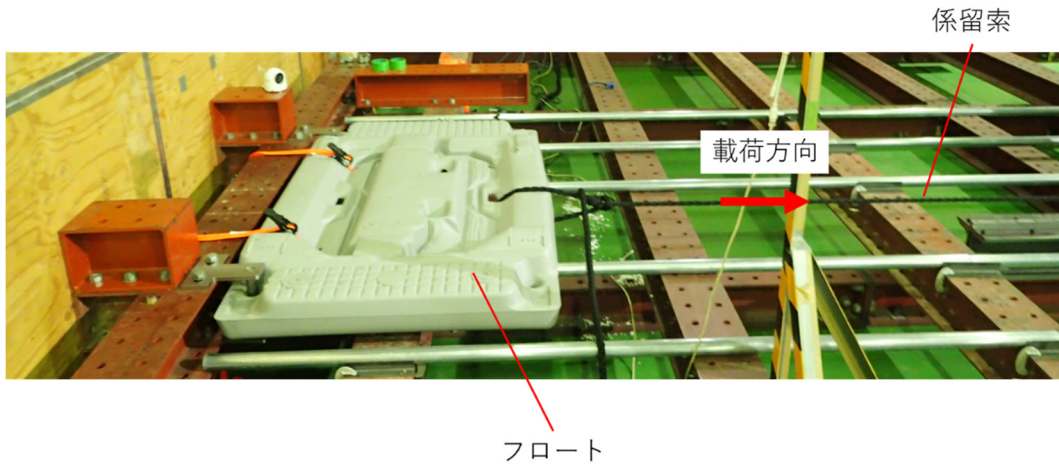


図 4-6 フロート-係留索間接合部試験風景（東西方向）

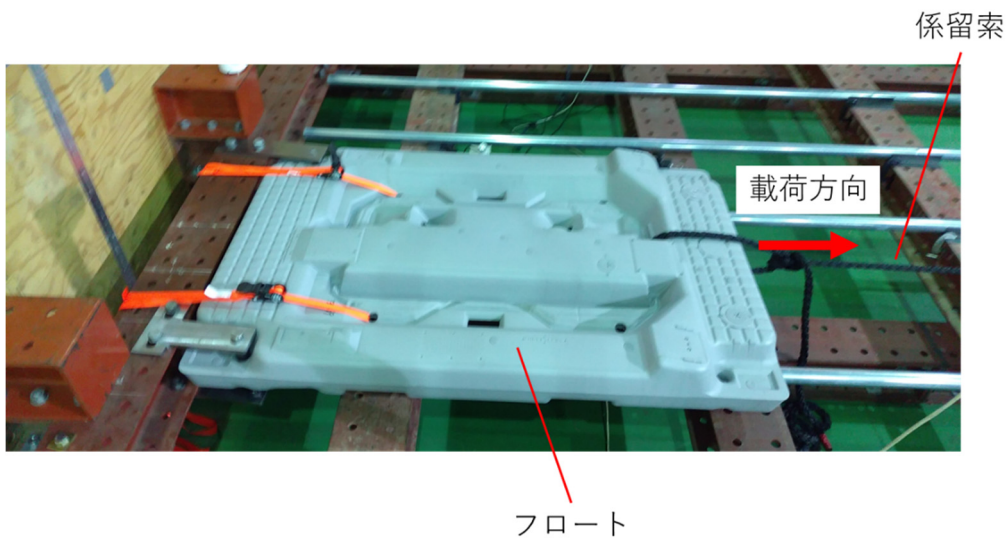


図 4-7 フロート-係留索間接合部試験風景（南北方向）

## 5. 試験結果

試験結果としては、フロートの物性上、明確な弾性範囲を測定することができなかったが、許容応力度設計における試験結果の評価方法の一例を図 5-1 に示す。本試験では、荷重と変位量の関係のグラフより傾きが変化する点が 2 カ所確認できた。これは、局所的な塑性変形が生じ始めた点（第一変化点）と明らかな損傷が生じ始めた点（第二変化点）であった。許容応力度設計において弾性範囲内での設計を行う必要があるため、青色網掛け部（第I域）で接合部の強度評価を行うことが望ましいと考えられる。



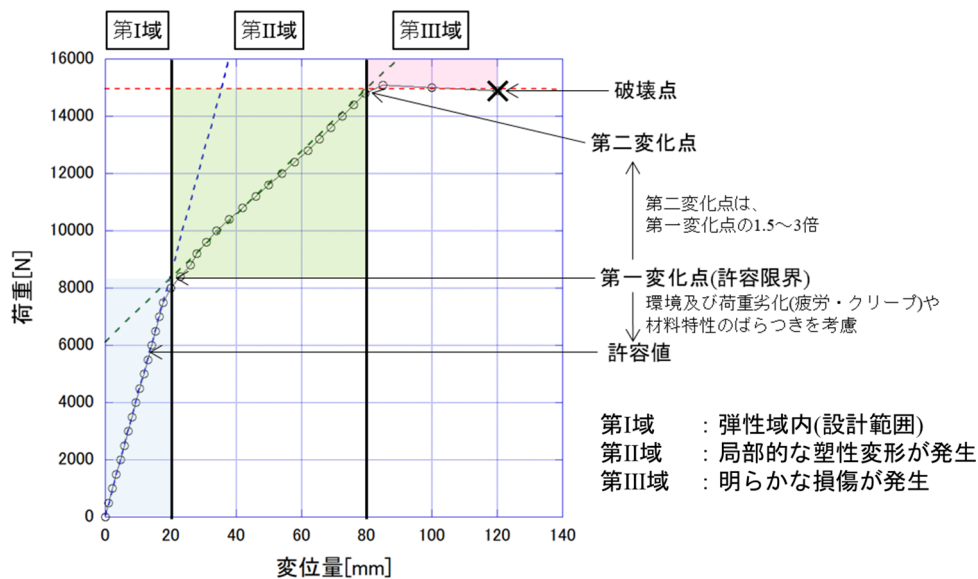


図 5-1 フロート接合部部分試験の荷重と変位量の関係 (イメージ)

また、本検証で実施したフロートメーカー3社の第一変化点を基準とした試験結果を表 5-1 に示す。破壊荷重と第一変化点の荷重（許容限界）の比をとると、メーカーによって大きく異なり、1.5~4 と大きくばらついている。これは、メーカーごとに水上設置型太陽光発電設備を構成する部材形状が大きく異なるため単一の基準で評価をすることが困難であったためであると考え。このことから、部分試験の評価方法としては、破壊点から安全率を考慮した評価方法ではなく、弾性範囲内であることを変位量と荷重の関係の傾きから評価することとした。

表 5-1 フロート接合部部分試験の各メーカー比較結果

载荷方向	载荷試験対象部分	メーカー	第一変化点	第二変化点	破壊点
南北	フロート-フロート間	A	1.0	1.2	1.5
		B	1.0	2.1	2.2
		C	1.0	2.1	2.6
	フロート-係留索間	A	1.0	1.6	1.8
		B	1.0	2.5	3.8
		C	1.0	1.9	2.7
東西	フロート-フロート間	A	1.0	1.8	1.9
		B	1.0	1.9	1.9
		C	1.0	1.6	3.6
	フロート-係留索間	A	1.0	1.5	1.6
		B	1.0	2.1	2.5
		C	1.0	1.9	2.6

※赤字は装置の限界のため破壊まで载荷できなかった



## 6. まとめ

試験結果は以下のようにまとめられる。

- ・ 水上設置型太陽光発電設備では構成される部材に複雑なものが多く、形状変形の予測が困難である。部分試験で実環境の再現をする際は、隣接する部材等の構成状況を考慮する必要がある。
- ・ アイランドの大きさ、形状や係留索のピッチ等に応じた荷重の集中を想定した部品設計が必要である。
- ・ 許容応力度設計を行うためには、樹脂製部材の多くが弾性域を明確に把握できなかったため、変位量と荷重の関係の傾きが変化する点で評価する等の評価方法の検討が必要である。

この成果物は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP20015）「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発」事業の結果として得られたものです。