

ソーラーパネル架台に作用する水平方向の凍上力の測定とその対策に関する研究

北見工業大学大学院
北見工業大学

学生会員 ○本田 佳広
正会員 中村 大, 川口 貴之, 川尻 峻三

1. はじめに

北海道東部の太陽光発電施設において、冬期にソーラーパネルの架台が変形し、支柱が大きくねじれる凍上被害が発生した（図-1）。冬期、ソーラーパネル間の地盤は積雪の断熱効果で凍結深さが小さくなるが、パネル直下の地盤はパネルが屋根の役割を果たすため、常に露出した状態となり、凍結深さが大きくなる。これに伴って、パネル内外で凍上量に大きな差が生じ、支柱に水平方向の凍上力が作用したものと考えられる。架台が変形し続けるとパネルの傾きや破損、倒壊の恐れがあることから原因の解明が急務である。そこで本研究では、支柱に作用する水平方向の凍上力を土圧計で現地計測することを試みた。また、この対策として、支柱周辺を非凍上性材料（砕石）で置き換える置換工法の適用についても検討を行っている。



図-1 ソーラーパネル架台の変形

2. 現地計測の概要

図-2は各種の計測機器の配置を模式的に示した断面図で、図-3はその平面図である。現地計測では支柱（C型鋼）およびソイルコラム（直径0.4 m）に作用する凍上力と支柱近傍の地盤の凍上量、パネル内外の土中温度を計測することに取り組んだ。当該箇所の地盤は支持力不足のため、ソイルコラムで改良が行われている。土圧計、凍上量計、温度計測ロッドはそれぞれ、凍上対策を施した箇所と無対策箇所の両方に配置した。本研究で実施した凍上対策は支柱周辺を縦2.0 m、横6.0 m、深さ1.0 mで開削し、砕石（C80）で埋め戻すという方法である。土圧計（直径0.1 m）は支柱から0.2 m離れた箇所を開削して、深さ0.4 mの位置に埋設した。一般的に、土圧計は受圧面を上にして水平に設置されるが、ここでは受圧面が鉛直となるように設置している。なお、水平方向の凍上力がどの方向から作用するのか明らかにするため、支柱を囲うように複数の土圧計を埋設している。温度計測ロッドは木材に温度センサーを固定して作製しており、センサーは地表面を起点とし

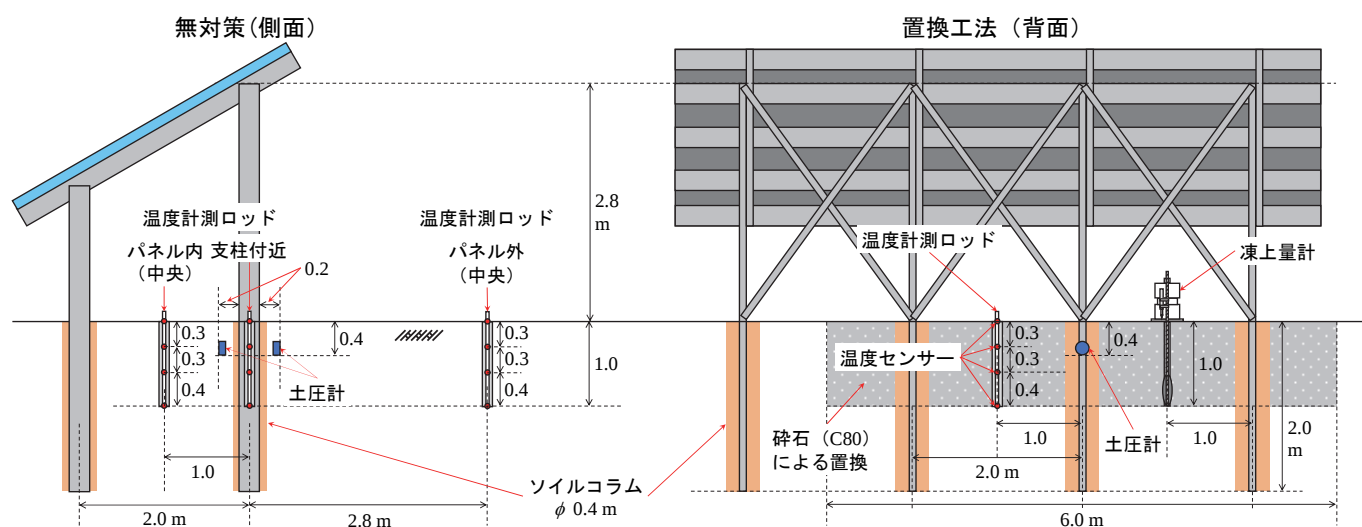


図-2 各種計測機器の配置（断面図）

キーワード 積雪寒冷地, ソーラーパネル, 凍上, 凍結深さ, 水平方向の凍上力

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 北見工業大学 TEL 0157-26-9539

て深さ 0.3 m, 0.6 m, 1.0 m に配置した。凍上量計は下端をモルタルで固定した異径鉄筋に変位計を取り付け、地表面の変位に伴う受圧板の上下動を計測するものである。土圧、土中温度、凍上量は毎時自動計測した。さらに、定点カメラで架台の変形を観察している。

3. 現地計測結果と考察

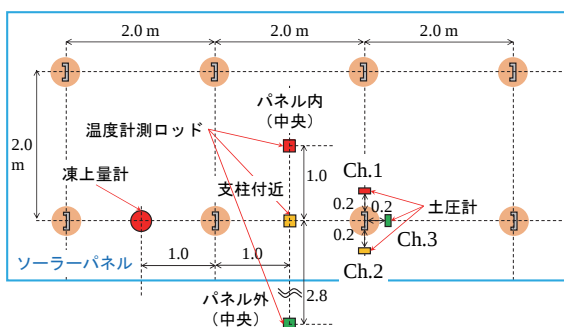
図-4 は当該地域における AMeDAS の日平均気温と最深積雪深の経時変化である。

図-5 は凍結深さと凍上量、水平土圧の経時変化である。降雪の開始が 2021 年 1 月 7 日と遅かったこともあり、2021 年 1 月中旬頃までパネル外の方が、パネル内に比べて凍結深さが大きかった。ただし、積雪が開始した 1 月 7 日以降、パネル外の凍結深さは小さくなり、パネル内の凍結深さが逆転して大きくなっていることがわかる。凍上対策箇所と無対策箇所とで凍結深さの比較を行うと、支柱付近で凍結初期において最大 32 cm の差が生じていた。これは碎石の熱伝導率が現地の地盤材料に比べて高く、熱容量も極めて小さいことに起因しているものと考えられる。凍上量については、無対策箇所において 3 月中旬までに約 15 mm の変位が計測された。ただし、凍上対策箇所においても若干の凍上が発生しており約 3 mm の変位が計測されている。水平土圧については、凍上対策箇所、無対策箇所ともに、凍結深さが土圧計の埋設深さに達するタイミングで計測されている。このことから、現地において支柱に水平方向の凍上力が作用していることが明らかとなった。さらに、凍上力は融解が始まった 2 月中旬頃から、再度、上昇する挙動を示していることがわかる。この融解期の凍上力の上昇については不明な点が多々あるため、今後も引き続き計測を行って、その発生メカニズムを明らかにしていきたい。なお、現時点において、定点カメラでは支柱の回転は確認されていない。

4. まとめ

現地計測により、支柱に対して水平方向に凍上力が作用していることが確認できた。また、凍上対策として碎石を用いた置換工法について検討を行ったが、水平方向の凍上力の発生が確認された。今後も現地計測を継続するとともに、より効果的な凍上対策についても検討を行っていきたい。

無対策



置換工法

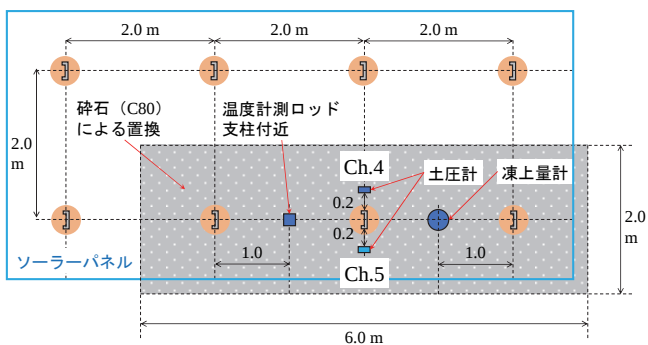


図-3 各種計測機器の配置（平面図）

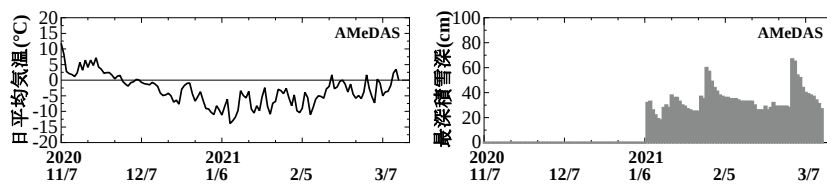


図-4 日平均気温と最深積雪深の経時変化

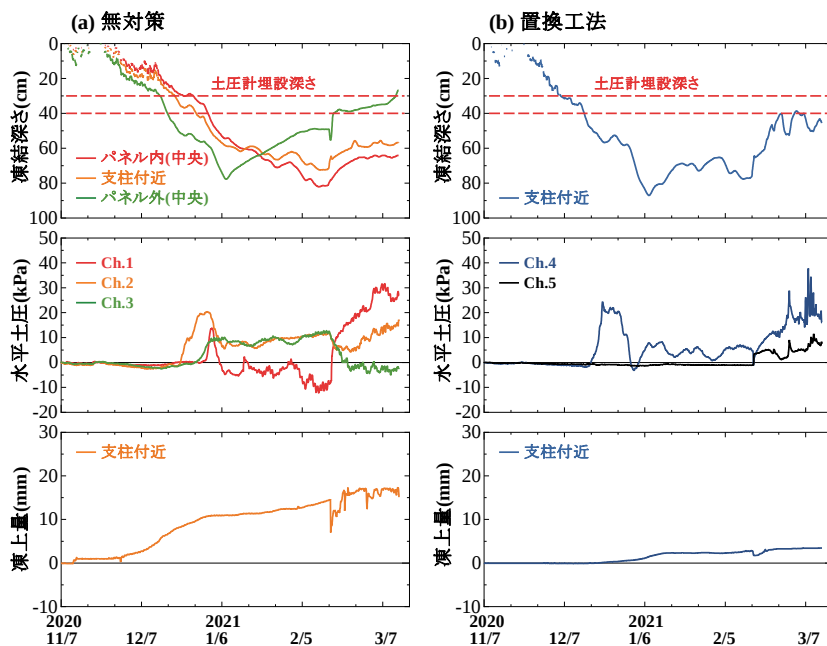


図-5 凍結深さ、水平土圧、凍上量の経時変化