積雪寒冷地におけるソーラーパネル架台の変形発生メカニズムの解明

北見工業大学大学院　学生会員　○本田　佳広
北見工業大学　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所において，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被害が発生した（**図-1**）．架台は積雪荷重や風等の外力に対して十分な強度を有していることから，この原因は凍上現象と推測される．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．一方，パネル直下の地盤はパネルが屋根となるため，常に露出した状態となり，凍結深さが大きくなる（**図-2**）．このため，パネル内外で凍上量に大きな差が生じ，支柱に回転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，室内模型実験と現地計測で変形発生メカニズムを解明することに取り組んだ．

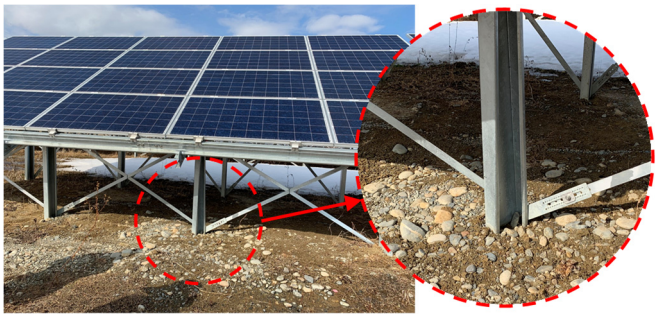

図-1　ソーラーパネル架台の変形

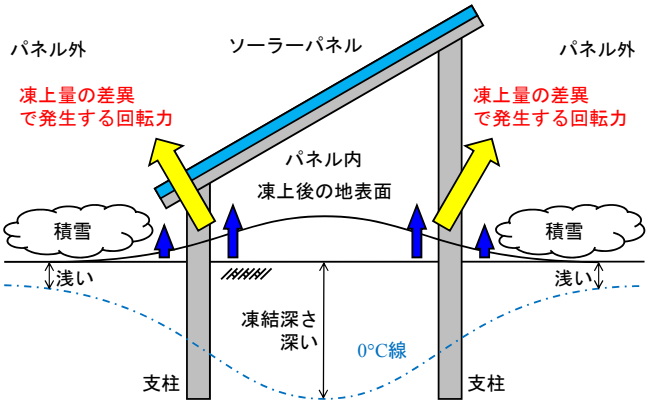

図-2　ソーラーパネル内外の状況の模式図

2．室内模型実験

図-3 は本研究で使用した実験装置，支柱（C 形鋼）の寸法とその回転角の計測方法を模式的に表したものである．アクリル製の透明な土槽に凍上性の高い風化火山灰を入れ，支柱を設置しながら高さ 20 cm になるまで締め固めた．土試料は含水比 w=80%に調節している．凍結は地表面に設置した冷却板で行い，支柱の左右で凍結深さに差を生じさせ，パネル内外で生じる不均一な凍上現象を再現した．支柱には現地と同様に C 形鋼を用いており，模型実験の縮尺に合わせて厚さを 0.4 mm とした．また，支柱は上部でフレームに固定している．実験中は地表面の凍上量を変位計で，土中温度を熱電対で計測し，支柱の挙動をカメラでインターバル撮影をした．さらに，**図-3(c)** のように，土槽を上面から見て，X 軸からの C 形鋼の傾きを回転角 θ として読み取った．なお，実験装置の詳細については片岡ら[1)]を参照していただきたい．

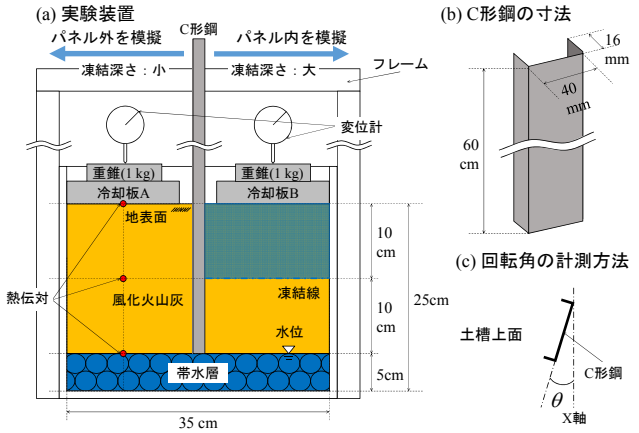

図-3　実験装置，C 形鋼の寸法，回転角の計測方法

図-4 は地表面温度，凍上量，C 形鋼の回転角の経時変化であり，**図-5** は実験後の C 形鋼の様子である．パネル内を模擬した土層右側では地表面温度が低下するに従って，凍上量が増加していることがわかる．一方で，パネル外を模擬した左側では凍上量が小さく，パネル内外の大きな凍上量の差を再現できていることがわかる．　C 形鋼回転角は地表面が最低温度付近に達するまで小さいが，凍上量の差異によって生じた回転力が時

キーワード　積雪寒冷地，ソーラーパネル，ねじれ，凍上，凍結深さ
連絡先　〒090-8507　北海道北見市公園町 165 番地　北見工業大学　ＴＥＬ0157-26-9539

© Japan Society of Civil Engineers

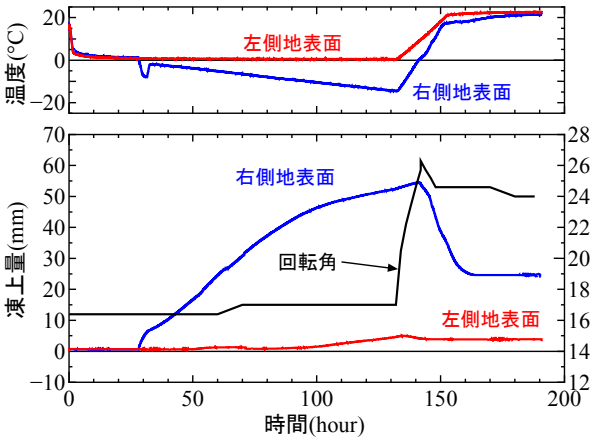

図-4　地表面温度，凍上量，C 形鋼の回転角の経時変化

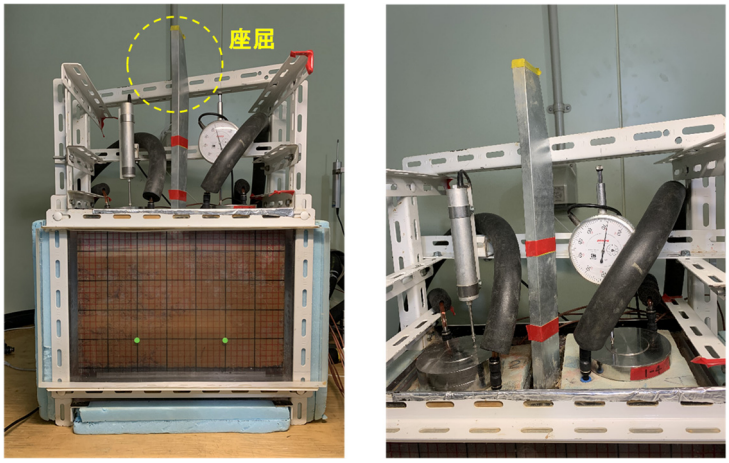

図-5　実験後の C 形鋼の様子

間の経過とともに増大し，最終的に大きな回転が生じて，図-5 のように座屈したものと考えられる．

3．現地計測

図-6 は現地に設置した各種の計測機器の配置を模式的に示したものである．現地計測では，パネル内外の土中温度と，凍上量を計測することに取り組んだ．温度計測ロッドは木材に温度センサを固定して作製しており，センサは地表面を起点として 0.5 m 間隔で深さ 1 m まで配置した．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．土中温度，凍上量は毎時自動計測した．さらに，定点カメラを設置して，架台の変形についても観察を行った．

図-7 は当該地域における AMeDAS の日平均気温と積雪深さの経時変化である．図中には，現地で実測した積雪深さも示しており，パネル内外において積雪深さに大きな差異を確認することができた．

図-8 はパネル内外の凍上量と凍結深さの経時変化である．積雪の断熱効果で凍結深さには最大 45 cm の差が生じており，これに伴い，凍上量においてもパネル内外で 38 mm の差が生じていることが確認できた．なお，定点カメラでは支柱の回転は確認されなかったが，斜材が変形している様子が確認できた．

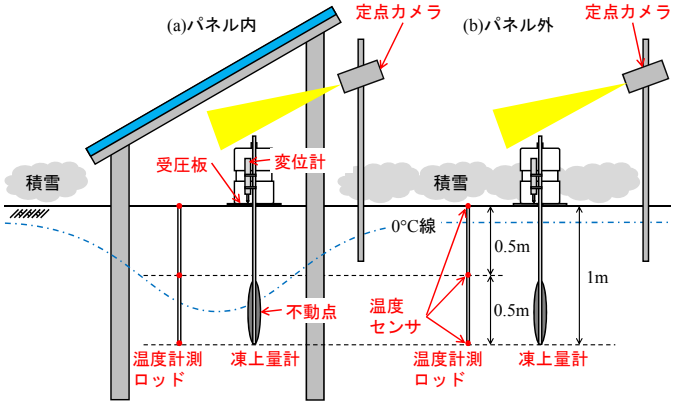

図-6　現地に設置した各種の計測機器の配置図

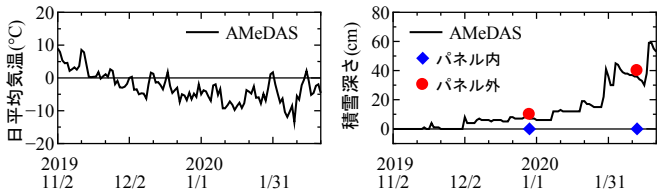

図-7　日平均気温，積雪深さの経時変化

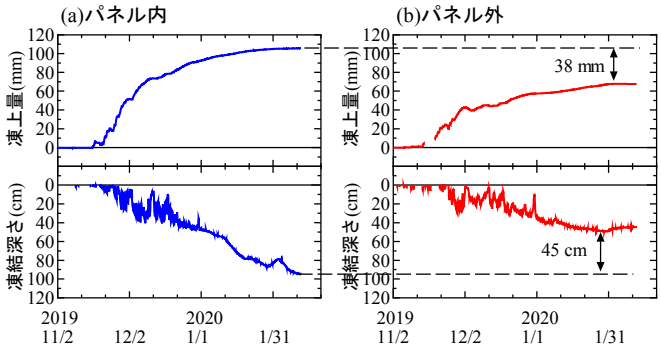

図-8　日平均気温，積雪深さの経時変化

4．まとめ

室内模型実験により，凍上で支柱が回転，変形しうることが確認できた．また，現地計測により，パネル内外で凍結深さ，凍上量に大きな差異があることが確認できた．今後は，本研究で明らかにしたメカニズムを踏まえ，対策工の検討を行っていく予定である．

参考文献

1)　片岡ら：模型試験による凍着凍上現象の観察，地盤工学会北海道支部技術報告集，第 57 号, pp.1-8, 2017.

© Japan Society of Civil Engineers