

斜面对策施設の凍上被害に対する MEMS 傾斜センサーの適用検証

北海学園大学 正会員 小野 丘

中央開発(株) 正会員 ○王寺 秀介 非会員 山口 弘志 藤谷 久 福原 誠

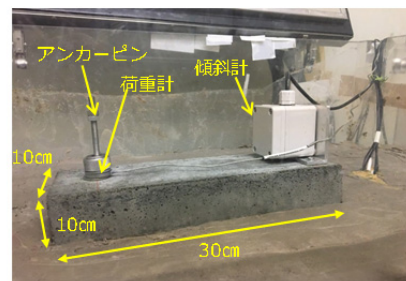
1. 背景・目的

寒冷地では斜面を不安定化させる要因の一つである「凍上・融解」により斜面对策施設に深刻な被害が多発している。しかし、要領や指針では「凍上」を考慮した項目がほとんど盛り込まれておらず、技術的な対応が極めて遅れている。また、凍上量を自動計測するためには削孔内に不動点を設けて変位計を設置する必要がある、凍上力を計測するためには特殊なロードセルの設置を必要とするなど手間と費用を要する。そこで筆者らは、グラウンドアンカー工や法面崩壊を防止するための法枠工等の斜面对策施設の凍上被害に対して、安価で簡易な新たなモニタリングシステムとして、小型で高精度な MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を活用した傾斜センサーを開発した¹⁾。このモニタリングシステムは、傾斜センサーを法枠に設置し、法枠の微小な傾斜角の変化を計測することで、これまで注目されて来なかった法枠の微小な変状を把握する。最終的には、傾斜角とアンカーに作用する荷重の関係を求めることで、傾斜角からアンカーに作用する荷重を推定するものである。本論文では、このモニタリングシステムを用いて室内凍上試験と現場実証試験を実施したので、その内容を報告する。

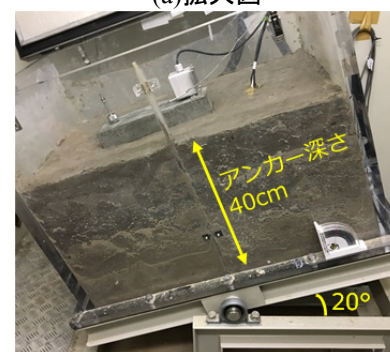
2. 室内凍上試験による検証

傾斜センサーに対して、低温下での適用性と法枠の微小な変状の把握、傾斜角とアンカーに作用する荷重の関係を確認するために、室内凍上試験を実施した。凍上現象を再現できる室内試験装置に粘土とシルトを 1:1 で混合した凍上性の高い試料を作成した。中央に法枠を模擬したモルタル製の板をアンカーピンで固定し、図-1 のように荷重計と傾斜計を設置した。

また、地中温度を計測するために地表から 1cm, 5cm, 10cm, 15cm, 20cm の深さに温度計を設置した。なお、本室内試験装置は、土槽の蓋に低温ブライン (約-20℃) を循環させることで、地表面温度を下げるようになっている。図-2 に計測結果を示す。冷却を開始して 1 日程度で地中の温度が 0℃を下回り、それと同時に凍上が起り始めている。0℃深さが深くなるに従い傾斜角度とアンカー荷重が増加していることがわかる。図-3 に傾斜角とアンカー荷重の関係を示す。今回の実験では、まず傾斜センサーの低温下での正常稼働と凍上による法枠の微小変状の把握が確認できた。凍上による傾斜角とアンカーに作用する荷重の関係は概ね線形関係にあることがわかった。



(a)拡大図



(b)全体図

図-1 室内凍上試験の概要

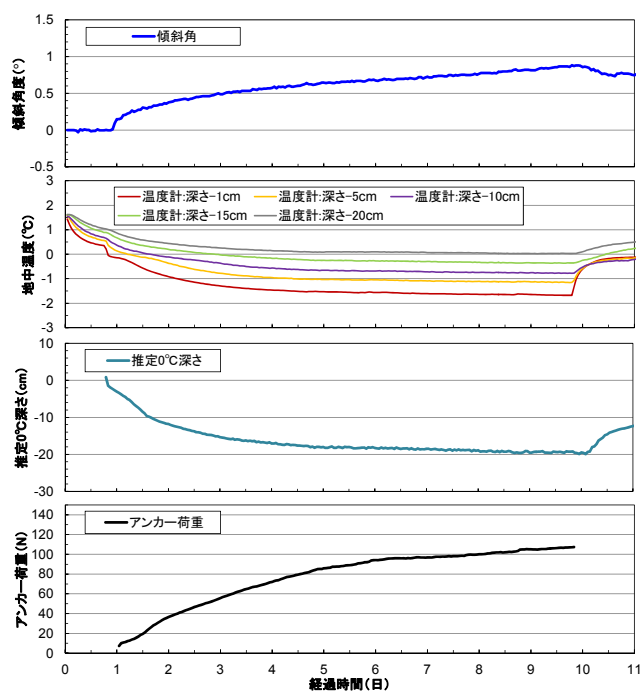


図-2 室内凍上試験の計測結果

キーワード：MEMS、傾斜センサー、斜面对策施設、凍上被害

連絡先：〒169-8612 東京都新宿区西早稲田 3-13-5 TEL 03-3208-5252 FAX 03-3232-3625

4. 現場実証試験による検証

次に現場実証試験で傾斜センサーの適用性検証を実施した。現場実証サイトとしては、凍上が発生しやすい条件の地盤で、斜面对策施設に凍上によると思われる変状が確認され、荷重計が設置されているサイトを選定した。

本サイトは、太平洋に接する丘陵に位置する国道に近接する法面である。法面勾配は1:1.0、斜面对策工はグラウンドアンカー工+法枠工(2m×2m)が施工されている。地質は、古第三紀 浦幌層群泥岩(汽水～海成・非海成混合)である。斜面对策施設の法枠変状を捉える場所を検討するために、荷重計が設置されているアンカー中心部から上下左右 40, 80cm 離れた位置に計 8 箇所の傾斜センサーを設置した。また、傾斜センサーが積雪の影響を受けることが想定されたため、プラスチック製のボックスで保護することとした(図-4 参照)。図-5 に現場実証試験の計測結果を示す。11月中旬頃から地表面温度が徐々に下がり始め、12月上旬で0℃付近まで下がっている。それに伴い、傾斜角とアンカーに作用する荷重が徐々に増え始めていることがわかる。地表面温度が0℃を下回らないのは、土壌の下に温度計を設置したためと考えられる。アンカーに作用する荷重が徐々に増加していることから地中では凍上が起きているものと想定される。図-6 に傾斜角とアンカー荷重の関係を示す。室内凍上試験同様に傾斜角とアンカーに作用する荷重の関係は概ね線形関係にあることが分かる。

5. まとめ

今回の室内凍上試験と現場実証試験により、得られた知見は、①傾斜センサーが低温下でも正常に稼働できること、②凍上による法枠の微小変状を傾斜センサーで捉えられること、③傾斜角とアンカー荷重は線形関係にあることであった。

今後も室内凍上試験と現場実証試験による傾斜センサーの検証を継続する予定である。その中で、凍上により斜面对策施設に作用する変状(傾斜角)とアンカーに作用する荷重の関係整理をさらに行い、最終的にはアンカーのメンテナンス(補修)の管理指標を確立したい。謝辞)本研究は、国土交通省建設技術研究開発助成制度(政策課題解決型技術開発)によって実施された研究の一部である。関係者各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 王寺秀介他：斜面对策施設の凍上被害に対する新たなモニタリングシステムの開発, 第73回年次学術講演会, 2018

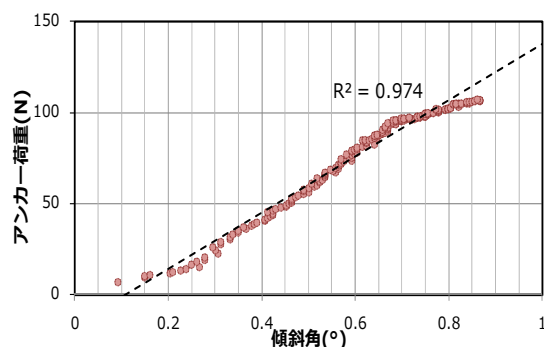


図-3 傾斜角とアンカー荷重の関係(室内試験)



図-4 現場実証試験の概要

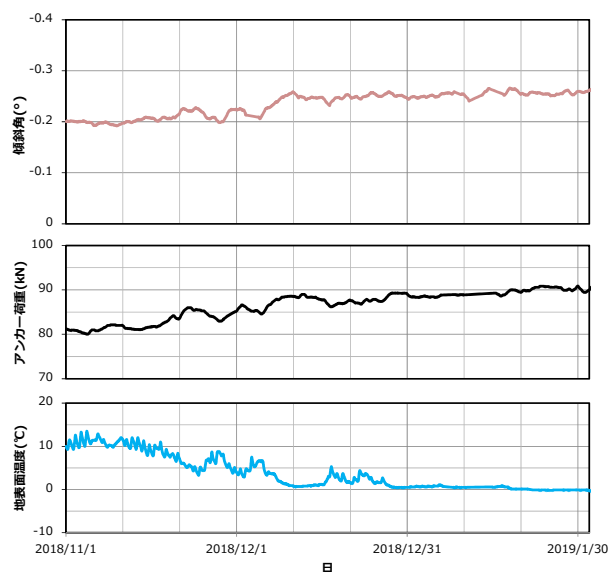


図-5 現場実証試験の計測結果

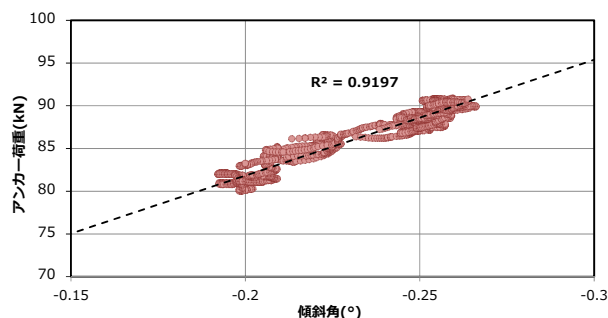


図-6 傾斜角とアンカー荷重の関係(現場試験)