

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

北海学園大学 正会員 小野 丘

中央開発(株) 正会員 ○王寺 秀介

中央開発(株) 非会員 山口 弘志 藤谷 久 福原 誠 阿部 哲男

1. 背景・目的

社会資本整備の維持管理の観点から、これまでに整備された斜面・法面において、長寿命化やメンテナンスフリー化が強く求められており、特に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、現状において要領や指針に「凍上」を考慮した調査・設計・維持の項目は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。そこで本研究は、地すべり抑止を目的とする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、メンテナンスの省力化と施設の長寿化を目的に、安価で簡易な新たなモニタリングシステムを開発するものである。

2. モニタリングシステムの概要

モニタリングシステムとしては、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いなかった法枠の変位を mm 単位で把握する (図-1 参照)。ただし、凍上による法枠の変形は、アンカーに常に緊張力が掛かっていることから、アンカーヘッドを中心に凹状を呈することが想定される (図-2 参照)。アンカーとの離隔距離によって、法枠の変形が異なるため、傾斜角を計測する場所が重要となる。また、傾斜センサーに特定小電力無線による無線通信 (通信距離約 600m) を装備することで、データ回収と機器設置の手間を低減し、同時多点計測と乾電池で 1 年間以上稼働を実現した。これにより、従来の工法より安価に多点で同時に計測することが可能となり、法枠の変形形状をより正確に、かつ広範囲で捉えることが可能となると考えている。

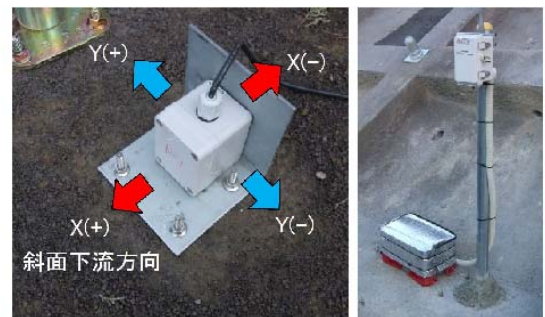


図-1 傾斜計センサー

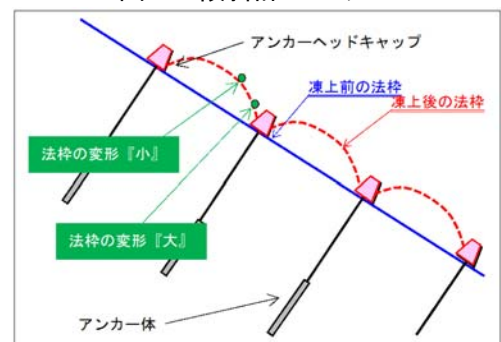


図-2 傾斜センサーの設置イメージ

3. 室内試験による機能検証

前述した傾斜センサーに対して、低温下での適用性と凍上による法枠変状を捉えられることを確認するために、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、中央に法枠を模擬したステンレス製の棒をアンカーピンで固定し、その上に傾斜計を設置した。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 (図-3 参照)。

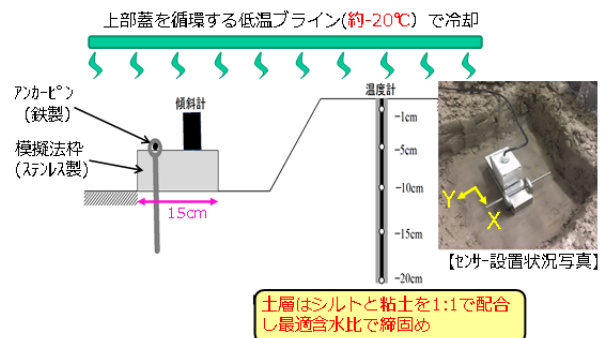


図-3 室内試験のイメージ図

キーワード：MEMS, 斜面对策施設, 凍上被害, メンテナンス指標

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

なお、本室内試験装置は、土槽の蓋に低温ブライン（約 -20°C ）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-4に計測結果を示す。冷却を開始して2日程度で地中の温度が 0°C を下回り、それと同時に凍上が起り始めている。 0°C 深さが深くなるに従い傾斜角度が増加し、冷却を停止すると融解して法枠が鉛直方向に変位した。今回の実験では、まず零下状態で傾斜センサーが正常に稼働すること、凍上による法枠の変位を傾斜センサーで捉えることが確認できた。今後は、より実物に近い環境を作成し、計測項目を増やして室内試験を実施する。具体的には、法枠はモルタル製とし、アンカーを凍上深より深くまで埋め込み、計測項目は傾斜角と地温に加え、土槽内気温と土圧（アンカー緊張力）、カメラを追加する予定である。

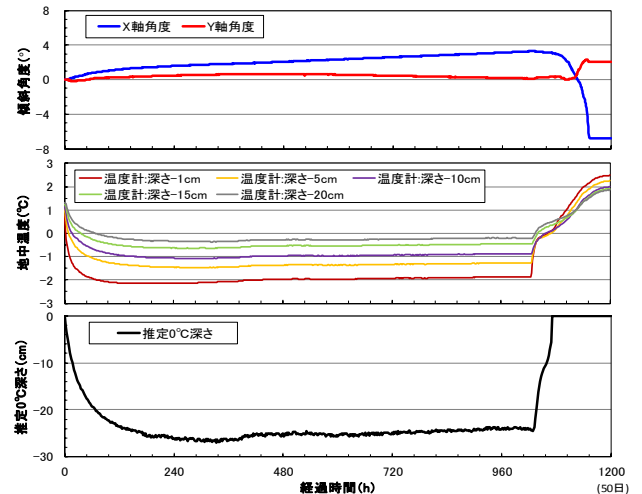


図-4 室内試験の計測結果

4. 現場実証試験による適用性の検証

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あること、斜面对策施設に凍上によると思われる変位が確認されること、荷重計が設置されていることを理由に、夕張サイトを選定した。

本サイトは、日高山脈の西側に広がる夕張山地に位置する道東自動車道に面する法面である。法面勾配は 1 : 1.2、法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、新生代古第三紀始新世幌内層群泥岩（海成）である。斜面对策施設の法枠変位を的確に捉える場所を検討するために、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-5 参照）。現在、傾斜角、アンカー荷重、地温・気温をリアルタイムで計測中である（図-6 参照）。2月末時点では凍上による明確な荷重増加は確認できていないが、傾斜角の微小な変動が見られることから、冬の低温環境でも法枠の微小な変位を捉える機能が発揮されているものと推定される。



図-5 現場実証試験の設置例

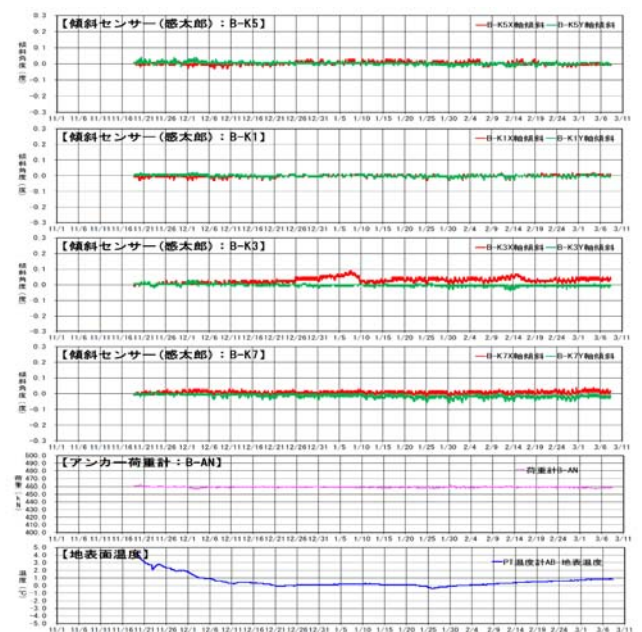


図-6 現場実証試験の計測例

5. まとめ

今後も引き続き、室内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。その中で、寒冷地での無線通信の電波状況（特に冬季）や乾電池での稼働状況等を確認し、傾斜センサーの適用性を検証する予定である。最終的には、斜面对策施設に作用する凍上による変位（傾斜角）と緊張力の関係を整理し、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。