

建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書【概要版】

- (1) 課 題 名：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
- (2) 研 究 期 間：平成 29 -30 年度
- (3) 交 付 申 請 者 名：小野 丘 （北海学園大学・教授）
- (4) 研 究 代 表 者 名：小野 丘 （北海学園大学・教授）
- (5) 共 同 研 究 者 名：王寺 秀介 （中央開発株式会社・副センター長）
福原 誠 （中央開発株式会社・部長）
山口 弘志 （中央開発株式会社・センター長）
藤谷 久 （中央開発株式会社・事業部長）
阿部 哲男 （中央開発株式会社・支店長）
- (6) 補助金交付総額：18,005,000 円

(7) 技術研究開発の目的

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・凍結融解」により斜面对策施設に深刻な被害が多発しており積極的な取り組みが求められている。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。

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り、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、本研究では、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し、合わせてそのメカニズムの解明を行うものである。

研究の目標は、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を開発することで、凍上被害のメカニズムの解明と斜面对策施設のメンテナンスの省力化を可能にし、斜面对策施設の凍上被害対策の設計手法及びメンテナンスの管理指標を確立するものである。

具体的には、

- 1) 既存の変位計・ロードセルに代わる新たなモニタリング手法を開発する。具体的には、高精度の小型加速度計を用いて法枠の微小な傾斜角の変化を計測することで、法枠の変位を mm 単位で計測する。
- 2) 計測機器の費用は、10 万円程度（従来変位計・ロードセルの 1/5）を目指す。
- 3) 計測機器の設置時間は、1 台当り 30 分程度（従来変位計・ロードセルの 1/10）を目指す。
- 4) 無線通信機器を装備することで、データを回収する手間をなくし、乾電池で 1 年間

以上稼働するシステムを構築する。また、多数に設置し、同時に計測可能なモニタリングシステムを目指す。

上記機能を装備することにより、同時に多数の設置と計測が可能となる。これにより斜面对策施設の長寿命化に向けたメンテナンスの低コスト化・省力化のための広域で継続的な計測及び凍上被害のメカニズムの解明を目指す。

(8) 技術研究開発の内容と成果

1) 計測機器の設計・製作（平成 29 年度）

以下条件を満たすモニタリングシステムを開発した。

- ・計測機器の費用は 10 万円程度
- ・計測機器の設置時間は 1 台当り 30 分程度
- ・無線通信機器を装備し、乾電池で 1 年間以上稼働する
- ・斜面对策施設の変状を捉えるために必要な傾斜角の精度（0.1 度）を測定可能
- ・低温状態でも高精度で安定した計測が可能なセンサー

2) 室内試験による計測機器の検証（平成 29・30 年度）

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モルタル製の板をアンカーピンで固定し、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。

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。

計測結果を整理すると、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こり始めていることがわかった。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った。

今回の室内実験では、傾斜センサーが低温下で正常稼働できること、傾斜センサーで凍上による法枠の微小変状を把握できること、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。

3) 現場実証試験による計測機器の検証（平成 29・30 年度）

夕張サイト、白糠サイト、占冠サイトの 3 サイトで現場実証試験を実施した。

現場実証試験サイトの選定条件を以下に示す。

- ・北海道内で特に凍上被害が多い「低温・少雪」の地域を選定
- ・凍上が発生しやすい条件の地盤を選定。土質はシルトやシルト分を多く含む土で、法面の背後地盤に水を貯め込みやすい（水の供給がある）地形
- ・新設工事の施設が望ましいが、既設対策施設を選定する場合は、荷重計で計測している施設を選定

幾つかの地点で凍上によるものと思われる斜面对策施設の変状を捉えることができた。特に白糠サイト E 地点では、11 月中旬頃から地表面温度が徐々に下がり始め、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現象を捉えることができた。傾斜角とアンカー荷重の関係を整理すると、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わかった。

4) メンテナンス管理指標の検討（平成 30 年度）

斜面对策施設に作用する凍上による変状（傾斜角）と緊張力の関係を整理した。

室内試験結果および現場実証試験結果を整理し、凍上による変状（傾斜角）と緊張力の関係を求めた。両者とも、ほぼ線形関係にあることがわかった。

法枠の変形による傾斜角度とアンカーに作用される増加荷重の関係を把握するために、地盤解析ソフトウェア「PLAXIS」を用いて、FEM解析を実施した。

凍上力として、コンクリート法枠の底面に等分布荷重を 200 kN/m² から 600 kN/m² の範囲で与え、傾斜角度とアンカーに作用される荷重の関係を求めた。その結果、凍上力が増加していくにつれ、たわみ角及びアンカー荷重とも線形的に増加していくことがわかった。

(9) 論文発表等に関する件数

原著論文 (査読あり)	原著論文 (査読なし)	原著論文以外 (新聞・雑誌等)	その他 (パネル・ポスター等)	合計
1 件	2 件	0 件	0 件	3 件

(10) 知的財産権に関する件数

特許権 (取得)	特許権 (出願)	その他 (実用新案・商標等)	合計
0 件	0 件	0 件	0 件

(11) 成果の実用化の見通し

開発したモニタリングシステムは、平成 29 年度、30 年度に実施した現地実証試験や室内試験を通じて、凍上被害が発生する過酷な環境下でも、高精度で安定した計測ができることが実証できた。

また、北海道での調査によれば、切土法面の崩壊原因のうち、全体の 40% が凍上・凍結融解によって発生されているとされ、寒冷地全体で同規模の割合で凍上被害が発生していると考え、本研究が実現した場合の効果は大きい。さらに、地域を限定しない一般的なグラウンドアンカー工や法面保護工への利用も十分可能性があり、斜面防災に果たす役割は大きいと考えられる。

今後は、グラウンドアンカー工や法面保護工へのメンテナンス用の計測機器として実用化を図る予定である。

(12) その他

なし。