

- 研究開発項目 : 点検・モニタリング・診断技術の研究開発
- 研究開発テーマ : 多点傾斜変位と土壌水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システム
- 研究責任者 : 中央開発株式会社 王 林
- 共同研究グループ :

研究開発の目的・内容



研究開発の目的

個別の斜面の変状を効率よく的確に把握するため、斜面の表層に挿した鋼棒の傾斜角度を、傾斜センサーを活用して多点計測することにより、斜面崩壊前の予兆現象を把握することを目的としている。

研究開発の内容

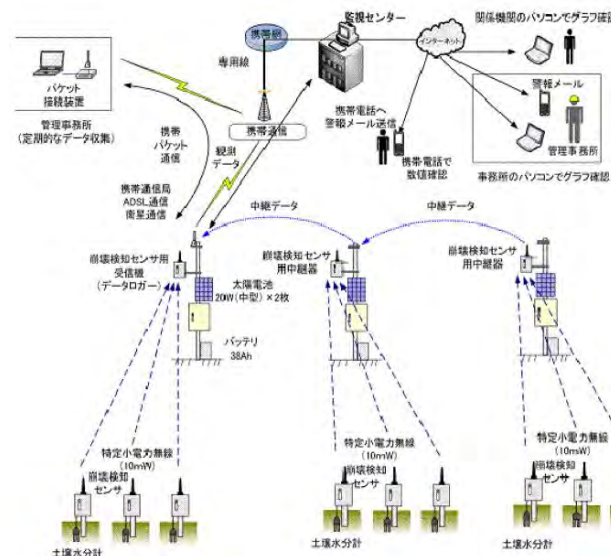
斜面表層における傾斜角の変動を10分間隔で測定し、斜面の内部構造等から算出した警報基準(傾斜速度0.01度/時で注意、0.1度/時で警報)を超えた場合に、崩壊予兆として検知するものである。

【計測機器】

斜面崩壊検知センサー、土壌水分計

【計測項目】

傾斜変位、土壌水分量



技術的な特徴

短距離無線(ZigBee)と長距離無線(特定小電力)の組合せにより、重点箇所を低コストで多点計測を実現する。同技術を広範に設置することで、不安定斜面を随時に特定し、斜面の変状規模を面的に把握する。管内の概略的な状況がリアルタイムで把握できるため、豪雨後の見回り場所の選定、資機材配置などの緊急対応の効率化が可能。また、降雨や地震等による変状を常時観測できるため、対策を要する斜面の抽出が可能。

・簡単な設置

斜面地盤に設置する場合において、L形アングルを地盤に打ち込み、センサーモジュールをアングルに固定することで、支障なく計測できることを確認した(図a)。

・斜面の危険度評価

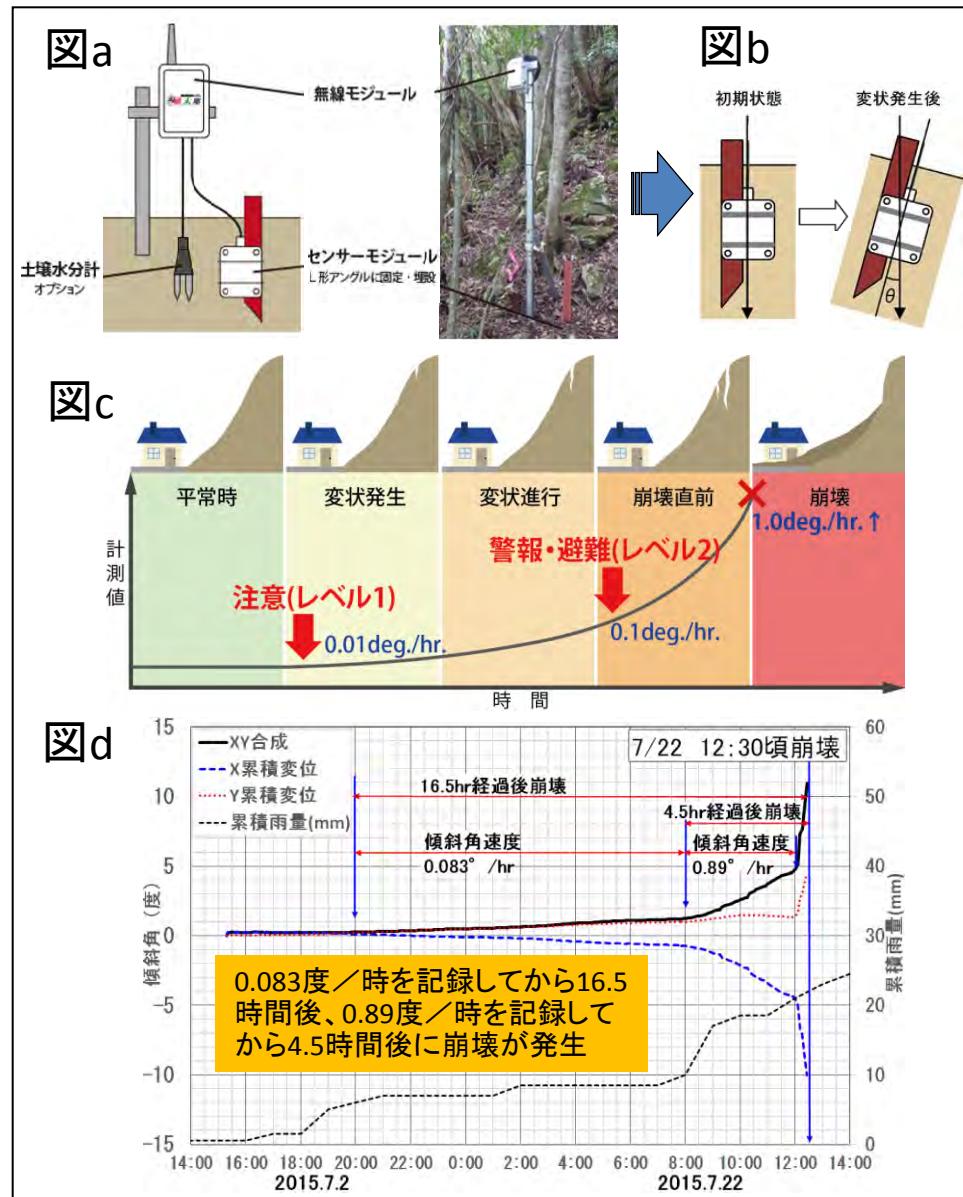
斜面の変位(地盤変動)により、斜面の地盤は図bのように傾動するが、それに伴って斜面地盤に打ち込んだ杭(L型アングル)と、これに結束した傾斜センサーが傾くことで、この傾斜角(θ)を時系列で計測できるものとした(計測間隔:標準10分)。これによって、斜面の変動状況とそのスピードを把握し、斜面の危険度を評価できるものとした(図c)。

・管理基準値に対する考え方

崩壊する場合、傾斜角度の累積値は増加するが、崩壊が近づくにつれて、累積値増加の速度が必ず上昇する。つまり、傾斜角度の増加速度が小さいほど安定で、大きくなるほど不安定であり、この原理により、崩壊予測を可能とする。

・不安定化・崩壊事例

図dは、他の現場において、崩壊までの斜面の挙動を捉えることに成功した事例であるが、傾斜角速度と残余時間の関係を示したグラフを作成することで、速度の上昇が崩壊の前兆現象であることを確認し、本研究開発における危険度評価の参考とした。



● 多点計測の実施

斜面のどこが不安定か、事前に特定することは難しい。

→ より低コストのセンサーを開発し、多点計測する。

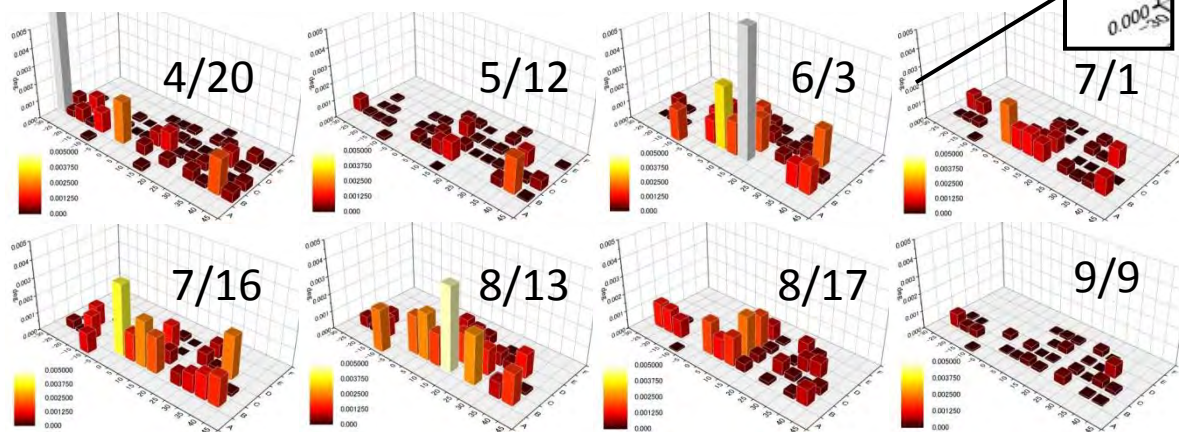
→ ①見逃しの防止

②変状規模の面的把握

③個別の斜面の変状履歴の蓄積

【現状の成果】

各降雨(日降雨量 $\geq 50\text{mm}$)時、全センサーの斜面方向(X方向)の傾斜角速度分布図

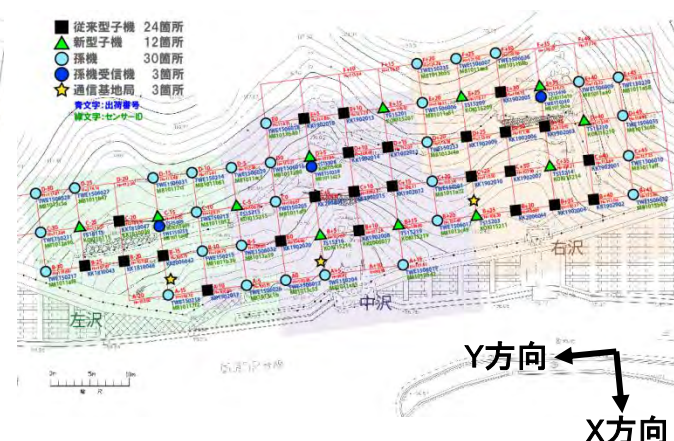


6/3, 7/16, 8/13のデータに比較的に大きい変化が見られるが、センサー全体の平均傾斜角速度が 0.004度/時 より小さく、斜面の安定が確認できた。

多点配置した斜面崩壊センサー



斜面崩壊センサー配置図



社会実装に向けた最終目標

多点計測の適用へ

- 『斜面崩壊検知センサーの活用』
- 『災害時等の二次災害防止の活用』
- 『斜面崩壊の前兆現象把握への活用』
- 『山地流域の土砂動態モニタリングへの活用』
- 『斜面崩壊の早期予報への活用』

孫機の導入によって、計測点を大幅に増やす。

- 計測点の選定の恣意性による見逃しを回避。
- 1箇所だけ動いているか、複数箇所が同時に動いているか、動く範囲が拡大しているか、など、斜面の異状の空間的規模、時間的な経緯を把握。
- データを蓄積し、次の大雨での判断に活用。

→ 従来の3倍以上の密度で観測ができると期待



SIP 維持管理技術のアピールシート

平成 28 年 11 月 26 日

説明会参加者の理解を助けるため、SIP ホームページに公開されている SIP 維持管理技術の情報をもとに、メンテナンスアドバイザー (MA) のコアメンバーが事前に出した意見を記載しました。これに、技術の開発者からコメント (囲み部分) を加えていただきました。

1. 研究開発の技術名称 (研究責任者)

多点傾斜変位と土壌水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システム (王 林)

2. 技術の特徴

傾斜センサーと土壌水分計を活用し斜面の経時変化を多点計測することで、斜面の崩落予兆を検知する技術である。

- ① 短距離無線と長距離無線を組み合わせることで、重点箇所を低コストで多点計測することができる。
- ② リアルタイムで斜面変状を把握できるため、対策を要する斜面の抽出や豪雨後の緊急対応を効率化することができる。

【開発者からのコメント】

多点計測により：

- 計測点の選定の恣意性による見逃しを回避
- 1 箇所だけ動いているか
複数箇所が同時に動いているか
動く範囲が拡大しているか、など、
斜面の変状の空間的規模、時間的な経緯を把握。
- データを蓄積し、次の大雨での判断に活用。

3. 岐阜県内での想定される活用方法

- ① 山間部などで豪雨時に斜面崩落の危険性がある地域への導入が期待できる。

【開発者からのコメント】

- ① 切土法面工事・工事斜面の災害時等の二次災害防止
- ② 住宅密集地帯の斜面監視
- ③ 斜面崩壊の前兆現象把握への活用

4. 活用の際での現状での問題点

- ① 多点計測であるため、観測機材の設置、設置場所の確保が懸念される。
- ② 多くの機材を広範囲に設置するためメンテナンスに時間、費用がかかる懸念がある。
- ③ 予測の確実さを明確にする必要があり、実証フィールドでの検証方法を確立する必要がある。

【開発者からのコメント】

- ① センサーユニット（本体、傾斜計部）で 0.5kg、L 型アングル 0.8kg 程度。設置スペースとして、50cm x 50cm 程度が必要
- ② 山梨万沢実証現場で、66 機のメンテナンス（電池交換、通信状態確認など）は 4 人を 2 班に分けて二日間で完了。
- ③ 実証フィールドでの検証は国内外で同時に実施中
 - ◇ 国内：山梨県万沢、高知県安芸市、熊本県阿蘇
 - ◇ 国外：オーストラリア、スリランカ、台湾高雄市、中国四川省

5. 活用に向けての課題

- ① 斜面に対しての適正な計測数を、コスト面と検知精度を考慮し、明らかにする。
- ② 岐阜県での導入に当たっては、岐阜県内での斜面崩落の危険がある斜面を把握し、この技術を活用する必要があるかを調べる。
- ③ 危険察知後に、住民避難の指示を行う技術があるかを調査する。

【開発者からのコメント】

SIP 研究課題：

- ① 多点データから危険性を判断する方法について整理を行い、安定性の高い判別ルールを示す。
- ② 現場実証の期間中（H28 年度まで）に崩壊が発生しない場合を考慮した検証計画（模型実験や散水実験の実施等）を検討する。

6. 課題の解決策

- ① モデル装置でシミュレーション実験を行い計測箇所数，検知精度の確認をする。
- ② 現在監視中もしくは，対策が終わって間もない現場を選び，試行してみる。

【開発者からのコメント】

SIP 課題の解決策：

課題 ①：

1. 早期警報のロジックの構築（完了）
2. 危険の区域を細分化し、多点データより危険の判断方法整理（完了）
3. 降雨強度に応じたデータ収集間隔の自動調整（完了）
4. 多点計測による個別な機器誤作動による誤報の防止と斜面全体の動きの解析（H28 年度完了）

課題 ②：

1. 降雨模型実験による検証計画の作成（業務進行中、H28 年度完了）
2. 模型実験による実験検証計画の検討（業務進行中、H28 年度完了）
3. 模型作成における寸法と配置計画の検討（業務進行中、H28 年度完了）

7. これまでに利用されている既存技術

【開発者からのコメント】

① 地盤伸縮計：

比較項目	伸縮計	傾斜センサー
利用状況	多数、歴史が古い	少数、徐々に増加
管理基準値(閾値)	公的な値有り	公的な値なし (提案値あり、学会発表)
コスト	やや高い	低い
設置場所	線	点
設置作業(運搬も含む)	半日～1日	30分～1時間
移設	困難	容易
備考		NETIS評価促進技術認定

8. 本 SIP 技術の開発状況および開発完了時期

【開発状況】

SIP 技術開発は進行中で、H29 年 3 月に完了する。

【開発完了時期】

H29 年 3 月

9. 技術の新規性（既存技術との比較）

□ 既存技術にはない全く新しい技術である。

センサーや無線モジュール、マイコンなどの選別と、電子回路、プログラム、通信システムの工夫により、機器本体のコストを低減している。また、センサーは、長さ 20cm、重さ 1kg 程度の小型軽量のものであり、これに、表層に挿すL型アンクル 1 本と、機器本体を固定する単管パイプ 1~2 本を加えて、1 セットを構成する。部材が少ないため、運搬や設置の手間も少なく、人件費を抑えられる。

■ 利便性

機器は小型かつ軽量で、部材も少量であり、センサー機器は 50cm x 50cm、データをサーバーに送信する無線基地局も 1~2m² に収まる。従って、土壌水分計を約 20cm の深さに埋めるほかは、掘削や樹木伐採などは必要ない。監視終了後は、全ての機器を回収し、原状復帰できる。また、機器の消費電力は小さく、乾電池または太陽電池で 1 年以上稼働する。従って、メンテナンスの負荷も極めて小さい。

10. 技術の適用範囲や精度

① 地形・地質に対する制限

→地形の制限は原則ないが、平地や直立壁のような地形は望ましくない。

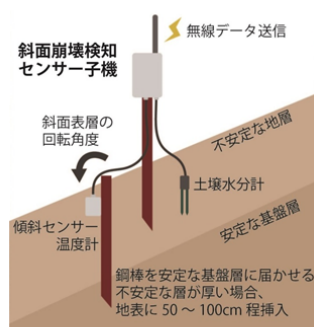
② 面積的な制約

→無線通信が距離的な制約を受ける。見通しのいいところで 500m 程度、悪いところで 200m 程度で、受信機を設置のこと。

③ 自動警報システム的な利用形態の構築

→可能

斜面崩壊検知センサーの設置方法・機器仕様



傾斜センサー	2軸MEMS傾斜計
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 分解能：0.003° ■ レンジ：±30°
3軸MEMS傾斜計	<ul style="list-style-type: none"> ■ 精度：0.04° ■ レンジ：±90°
	簡易型土壌水分計EC-5
土壌水分計	<ul style="list-style-type: none"> ■ 測定方式：ADR式（ECH2Oプローブ） ■ 分解能：0.002 ml/mi ■ 精度：±3%VWC
	無線通信
無線通信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 特定省電力無線通信モジュールMU-2-429 ■ 無線適合規格：ARIB STD-T67適合 ■ 送受信周波数：429.2500~429.7375MHz ■ 通信可能距離：約600m（無障害時）
	消費電力
その他	<ul style="list-style-type: none"> ■ 単2電池4本で6か月稼働 ■ 防水機能 ■ 日本防水JIS基準IPX7適合 ■ 温度条件 ■ 適切温度：-10℃~80℃



傾斜センサー	2軸MEMS傾斜計
	<ul style="list-style-type: none"> ■ デジタル分解能：0.035° ■ レンジ：±30°
無線通信	短距離無線通信モジュール
無線通信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 無線適合規格：IEEE802規格 ■ 送受信周波数：2.4GHz ■ 通信可能距離：100m以下
	消費電力
その他	<ul style="list-style-type: none"> ■ 単2電池2本で6か月稼働 ■ 防水機能 ■ 日本防水JIS基準IPX7適合 ■ 温度条件 ■ 適切温度：-10℃~80℃

11. これまでの実績・成果等

□ 社会実装実績

- SIP 成果を『IoT ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術』へ（H28 年度受注）
 - ◇ 三菱電機・鉄道総研の依頼で斜面 IoT センサー開発を受注（NICT 情報通信機構の委託研究）
 - ◇ 目的：
老朽化した道路、鉄道、橋梁、トンネル、そして鉄道沿線斜面への安定監視など、危険予知システムの根幹を構成、IoT（Wi-SUN）通信技術を実装

- SIP 成果を『地すべり監視・二次災害防止』へ（H28 年度受注業務一覧）
 - ◇ 黒川第一発電所他計測監視システム構築（受注業務）
 - ◇ 熊本河川国道緊急地質調査（斜面崩壊監視受注業務）
 - ◇ 与布土ダム地すべり観測（地すべり自動観測業務）
 - ◇ 安威川ダム建設工事に伴う地表傾斜センサー設置（地表傾斜観測受注業務）
 - ◇ 一般国道 168 号桑畑地区被災斜面監視（斜面監視受注業務）
 - ◇ 国交永平寺道路改良切土法面変位監視機器設置・システム運用（変移監視受注業務）

- SIP 成果を『国際展開』へ（H28 年度～H30 年度）
 - ◇ 中国成都～蘭州高速鉄道の地すべり・土石流監視業務（中鉄西南鉄道科学院の葉中業務）
 - ◇ スリランカ国家建築研究所・モラトワ大学と共同で PILOT 斜面早期予報システム
 - ◇ ブリズベン工科大学と共同で『SIP 成果』をオーストラリアで実施へ（H28 年 5 月より実施中）

□ 出口戦略

- 労働安全衛生総合研究所と共同研究の実施、『SIP』技術を労働災害防止へ（民間 3 社、大学 2、研究機関 1）

共同研究テーマ：

「MEMS 技術の活用による斜面掘削工事での斜面崩壊警報システムの実用化に関する研究」

- 受賞：

- ◇ H27（公益法人）地盤工学会「技術開発賞」受賞
- ◇ H27（公益法人）計測自動制御学会「研究奨励賞」受賞

□ NETIS

技術名称：斜面崩壊検知センサー「感太郎」

H28 年～ 評価促進技術（KT-130093-A）

12. 実業務での利用時の対応

【概算の導入・運用コスト（現時点のコスト）】

項目※1	費用（千円）	備考（内訳等）
計測に係る機器類一式 ※2	1,500 千円	12 基（箇所）（使い切り）
データの収集・伝送に係る機器類一式 ※2	1,000 千円	基地局 1、リレー局 1（使い切り）
分析に係る機器類一式 ※2	500 千円	（複数現場で利用可能）
設置費（機材運搬費含む）	1,000 千円	
計測費	100 千円	
伝送費	100 千円	通信費用
分析費	0	
その他費用（ ）	1,000 千円	

※1 見積項目に不足等がある場合は適宜追加してください。

※2 1 つの現場等で使い切りのもの（主に固定型のもの）と、複数現場で利用可能なもの（主に移動型のもの）の区分を備考欄に記述してください。また、計測、データ収集・伝送、分析に係る機器類を分けて記述することが難しい場合は、まとめた試算で構いません。

□ 【将来的なコスト（見込み）】

【見積もり条件：普及状況、周辺状況の前提等】

- イニシャルコスト（センサー機器と設置費用/12 箇所）
- 12 箇所(センサー)+1 受信装置
- ランニングコスト（データの回収、資料整理）
- データ回収が 1 月あたり、主任地質調査員、地質調査員各 0.01 人日、資料整理が主任地質調査員、地質調査員各 0.02 人日
- その他（メンテナンス（データ回収）の交通費など）
- 4 回/月×12 ヶ月

【概算の導入・運用コスト（将来的なコスト削減の見込み）】

- 2,500 千円/12 基（箇所）

注）これは 1 現場あたりの想定コストであり、現場にある斜面の数や広さなど条件により、適切な機器数が異なる。

■準備等に要する時間

- －設置までに要する期間（設置から調整等の作業を含め計測できるようになるまでの期間）
二日間/一現場（⇒ 12 基センサー機器、1 セットデータ転送基地局）
- －計測時間：
データ収集時間（転送時間）：10 分間隔
データセンターによる結果解析：1 時間
- －撤去に要する期間：1～2 日間

■施設利用者等に対する安全対策、懸念事項

- ・斜面崩壊検知センサーは電池により駆動しており、1年を目安に電池交換を行うこと(2.4volt以下になると自動停止する)。
- ・防水・結露防止:メンテナンス時に、センサーケース内の乾燥材をチェックし、交換する必要がある場合は新品に交換すること。
- ・斜面崩壊検知センサーの精度は,MEMS 傾斜センサーの温度特性によって多少変化する。

■その他、適用にあたっての制約事項、要求事項

- ・センサーユニット、土壌水分計などを固定するため、斜面崩壊検知センサーの設置スペースとして、1基あたり 50cm x 50cm 程度が必要
- ・基地局または中継局の設置スペースとして、1 m²が必要

13. 開発者から特に付記したい項目など

【開発者からのコメント】

研究開発における趣旨：

【4E化により既存の防災技術のブレークスルー】

Easy Installation (設置作業の効率化)

Easy Maintenance (維持管理の単純化)

Economically Viable System (システムの経済化)

Efficiency of Disaster Prevention Intelligence (自動防災の有効化)

【技術的なポイント】

- ・斜面の崩壊前の予兆現象をセンシングによって捉え、リアルタイムでデータ処理することで、斜面災害の早期警報を行う。
- ・斜面の中でどこが不安定であるか、事前に特定してすることは難しいので、低コストのセンサー機器を活用して多点計測する。
- ・主要な計測の対象は、斜面表層の傾斜変位である。表層に挿した鋼棒の傾斜角を、常時計測することで、斜面の異常な変状を検知する。
- ・傾斜変位に基づく早期警報の閾値を決めるにあたり、斜面の土質、地質、地形、気候などの条件を考慮する。

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート

平成 28 年 12 月 25 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

多点傾斜変位と土壌水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システム（王林）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトの説明会（2016/11/26）における参加者の立場

MA（メンテナンスアドバイザー）：自由に意見を述べ、アドバイスシートに記入する。
(11 人)

オブザーバー：制約はあるが、意見を述べ、アドバイスシートに記入する。(4 人)

聴講者：意見を述べず、アドバイスシートにも記入しない。(0 人) 無 (3 人)。

(合計回答者数 18 人)

以下の記載は、※MA の回答を (→) で表記、オブザーバーの回答を (⇒) 表記する。

1. 実業務への適用範囲

提案されている技術のみで、実業務に適用できると思う。(11 人)

既存技術の一部を補完する要素技術として適用できると思う。(1 人)

他の要素技術や既存技術との組合せによって利用の可能性は広がると思う。(3 人)

その他 (3 人)

→GPS, TS など徳山ダム等の変化の測量を行っているか、そのほうが確実ではないか。

2. 提案技術の利用についての実務面からの印象

積極的に利用したいと思う。(5 人)

理由

→もうすでに実用化されている。但し、崩壊層厚、地すべり層厚が厚い場合には向かないことに注意。

→災害復旧時の安全管理に非常に有効であると思う。

発注者からの指示であれば利用する。(8 人)

理由

⇒独自の判定システムなど更なる課題が必要であるがコスト面でも優位であることから実現性が高い。

→警報システムの信頼性が不明である。

→崩壊捕捉実績がまだ十分ではない。

⇒発注者の求める測定精度によると思われる。(伸縮計は住民にもわかりやすい)

⇒表層すべりが想定される箇所が条件となるので、発注者と合意の上での使用になると思う。

⇒法面破壊が起きた現場での観測や大きな切土法面の現場で観測し、警報を出すシステムであれば利用する。

使えない（使いたくない）と思う。(1 人)

理由→

□ 記載無 (4人)

- 維持管理点検よりむしろ防災システムではないか。
- 設置が難しいのではないかと、専門家を要する。

3. 提案技術が優れていると思った項目

- 既存技術に比べて、提案技術が優れていると思われる項目、機能等
- コストメリットが大きいと思った。(MA 3人)
 - 既存の伸縮計に比較し、設置が早いこと。安価で設置できること。(MA2人)
 - 崩壊が差し迫った斜面等の監視に有利。
 - 無線通信機械の設置に時間がかかるように思われる。
 - 設置が容易なため、面的な把握が可能である。(MA1人、オブザーバー1人)
 - 空間的に把握できる。
 - ⇒コストを下げることで観測点を増やし、広範囲を把握することに優れている。かつ、データを蓄積することで既存技術に置き換えられる技術である。但し、地すべりの事例の説明があったが地形、地質によっては、正確な予測が可能かわからなかった。
 - 危険予知が可能なところ。
 - ⇒簡易的に設置でき計測精度も高い。

4. 提案技術への改良提案

- 岐阜県内での実装に際して、充実させて頂きたい項目、機能等
- 基準がある程度オーソライズされると実装に近づく。
 - 現時点で伸縮計を設置し法面の挙動監視している箇所には、当システムを配備し伸縮計の動きと見比べたい。
 - 人が設置できない箇所への適用。
 - ⇒集中豪雨が頻発しており、岐阜県内の山間部の維持管理に有効であるため、クリープと発生までの時間の関係を確立していただきたい。
 - 傾斜センサー適用にあたってのガイドライン（設置に適した危険斜面の様態、設置位置、間隔、範囲、危険度判定指標などを解説）を策定、公開していただきたい。
 - ⇒L 杭の打ち込みは人力のようですが精度的には問題がないのか。斜めに打ち込んでも問題なければ、不慣れなものでも作業ができる。

5. 提案技術の別な用途での利用提案

- 開発意図とは異なる方面での利活用ができると思われる項目等
- 橋梁下部工、橋脚の傾きのモニタリングに活用できる。
 - 様々な構造物の傾斜を計測することで、構造物の安定評価ができるかもしれない。(擁壁や堤防など)
 - 盛土の沈下測定。都市部における地下工事などの表面沈下センサーへの適用。(MA1人、オ

ブザー1人)

⇒トンネル工事による β 計測等に活用できるといいと思う。

→軟弱地盤盛土における側方変位，隆起等の地盤変状に係る日常管理。仮設工における近接施工において，近接構造物の傾斜等の影響に対する日常管理。

⇒実際に変位が生じた箇所の観測に使用されていたが，緊急輸送路など幹線道路や鉄道などの大きな法面で常時観測することで，常時の状況が分かり普段から移動が発生しているのか安定しているのか把握すると良い。

6. 提案技術と他の新技術との組み合わせの提案

実装に際して他の技術と組み合わせると，更に使いたくなると思うこと等

→GPS 機能を持たせて，傾きだけでなく，動きも把握できると良い。(MA 1人，オブザーバー1人)

→獣害対策，動物の生態調査。センサーと併用できるか。

→深い位置での変位計測技術との組み合わせ。

→表層すべりだけでなく，すべり全般に対応できると格段に使用頻度が増える。

→簡易な発電機能（例えば，太陽光パネルと蓄電池）の導入より，長時間の自立安定運用が可能なシステムを検討していただきたい。

⇒現場責任者の携帯電話に直接情報が飛び込んでくるようなシステムができるといい。

7. 提案技術に対する技術的発展の期待度

本技術提案は，インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として，システム化されたインフラマネジメントを構築でき，インフラの事故を未然に防ぎ，維持管理やメンテナンスの負担軽減を図ることが期待できますか。

□ 大いに期待できると思う。(9人)

期待できる項目

→実証を通して，システムの信頼性が高められるように思う。

→人々の安心・安全に直結する技術なので，期待できると思う。

→どうやって技術の確からしさをアピールするかが課題である。急傾斜危険地域に指定された箇所のモニタリングなど。

→施設管理者として，当システムを配備し，検証してみたい。

→斜面災害の安全管理にとっても有効であると思う。

→危険予知の技術としてリアルタイム計測できるので，期待できる。

→完成度が高く実績もある。

□ 改良等を行なえば期待できると思う。(4人)

改良が必要と思われる項目

→データ解析に1時間程度かかる。崩壊の予兆はとらえることはできても，間に合わない可能性がある。

⇒コストを低減しつつ，避難までの時間を確保することで，人命を守ることができると思

う。

→コスト面で優位性を持っており、実績と改良を進めれば近い将来、実務への導入が期待できる。

⇒市では大規模法面の発生するような工事の発注は少ないので国道やNEXCOなど作業中の安全対策で利用するとよいと思う。

⇒砂防堰堤等の周辺の地形変化も観測できるので、いろいろな場所で利用すればよいが、市の規模では使用箇所が限られると感じた。

本日の説明だけでは、期待できないと思う。(0人)

期待できないと思う理由→

記載無(5人)

8. その他、質問など

→機器類が低価ならば、崩落等が発生しても無理に回収する必要がなくなる。

⇒L杭の打ち込みが人力であるとすれば、打ち込み深さに限界があると思われる。

地質の厚さに関係なく、一定の打ち込み長さであればよい。

⇒簡易で安価であればあるほど常時の観測に利用できると思うが、常時観測が有効な箇所は限られるので、市町村レベルでの利用より国、県レベルの利用が有効だと思う。