

地表面の起伏に沿って屈曲配置可能な地盤伸縮計の事例

大日本ダイヤコンサルタント株式会社, ○渡邊 頼和、篠原 良彰

1. はじめに

地盤伸縮計は、主として地すべりの移動状況の把握を目的に、地表面に入った亀裂や段差を挟むように設置し、インバー線の伸縮量を経時的に測定する。しかし、季節変化による動植物の接触や積雪地域ではインバー線の保護管が雪の重みで歪むといった事例から従来の地盤伸縮計には設置環境によって観測データの信頼性が左右される可能性が大きい欠点があった。

本稿では、地表面の起伏に沿って埋設することで動植物との接触や積雪に対する保護が不要な地盤伸縮計の事例について述べる。

2. 一般的な地盤伸縮計の設置状況と観測原理

地盤伸縮計は、主として地すべりの移動状況を把握するために使用される。地すべりの活動が活発化し、地表面に入った亀裂や段差などが生じた場合、それを挟むように設置し、時間経過とともに変化する亀裂の拡大や地すべりの移動状況を観測する。そのため、従来の地盤伸縮計の設置では、不動土塊側と地すべり土塊側の2地点を直線に、かつ緩みなくインバー線で結んでおり、移動土塊側が滑動しインバー線が引っ張られることにより、微小な地滑りの挙動として捉えることができる。

3. 本業務で採用した地盤伸縮計の事例紹介

(1) 伸縮計設置の経緯及び設置に関する問題点

本業務では、新潟県山岳部で計画されている国道改修事業に伴うトンネル工事で、坑口斜面に存在する地すべりの活動と保全対象への影響を監視する目的で伸縮計を設置し、観測を行った。

今回、地盤伸縮計を設置した新潟県山岳部では、冬季の積雪が月別平年値で2mを超える月があるほどの積雪地域であり、設置箇所は山林に囲まれた低木などが繁茂する箇所であった(図-1)。



図-1 地盤伸縮計設置箇所
(赤破線:ガイド管、赤四角:起点及び終点)

従来の地盤伸縮計では、低木などを伐採した上で地表面の亀裂や段差の跨ぐように一直線に設置する。しかし伐採にかなりの時間を要することや動物の影響も十分に考慮する必要があった。さらに冬季には積雪により現場まで向かうことが困難になることから、大掛かりな雪囲いを行い、冬季における積雪の影響を最小限に低減しなければならなかった。

以上のように従来の地盤伸縮計では、動植物の影響や設置時及び冬季のメンテナンスの困難さが大きな課題となっていた。

(2) 地表面の起伏に沿って屈曲配置可能な地盤伸縮計

そこで本業務ではインバー線ではなく、伸縮計用に開発された炭素繊維複合材ケーブル¹⁾(以下、伸縮計用カーボンケーブルと呼称)を使用した伸縮計を採用した。伸縮計用カーボンケーブルをガイド管と呼ばれる塩ビ管(VP13)に挿入し、2地点間を地形に這わせるように設置した(図-2)。

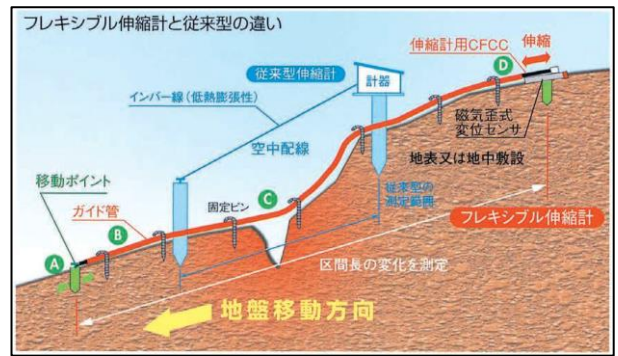


図-2 フレキシブル伸縮計と従来型伸縮計の違い¹⁾

伸縮計用カーボンケーブルは、弾性係数がピアノ線の1.7倍と従来のインバー線と比較して高強度かつ耐食性に優れているため、ガイド管内でスムーズに伸縮でき、ガイド管を屈曲させても地すべりの挙動を正確に捉えることができる。さらに、線膨張係数においても従来のインバー線の半分と外気温変化の影響を低減できる。

表-1 伸縮計用カーボンケーブルの仕様¹⁾

炭素繊維複合ケーブル	CFCC-U-4.2φ(断面積13.8mm ²)	オプション
一般特性	直径	4.2mm
	最小曲げ半径	50cm(輸送は直径1m巻きの状態となります)
	単位長さ質量	30g/m(20mで600g 比重1.5は鋼材の約1/5)
物理特性	破断加重	23KN (約220kg, 2.14KN/mm ²)
	弾性係数	137KN/mm ² (ピアノ線78.5KN/mm ² の1.7倍)
	線膨張係数	0.6×10 ⁻⁵ /°C(インバー線1.1×10 ⁻⁵ /°Cの半分、鋼線の1/20、20m-10°Cで0.12mmの膨張)
その他	耐熱性	130°C
	耐腐食性	通常土中環境において腐食せず(耐酸性あり)

また変位センサーは従来の地盤伸縮計が計測器の分解能が0.1mmである²⁾のに対して、分解能0.03mmと高分解能

を有する磁気歪式変位センサー¹⁾を使用している。そして樹脂製の半割れ管をガイド管に被せることにより、動物からの被害を防止できるほか、雪に埋もれても観測を行えるため、大掛かりな積雪対策を行う必要がなく、冬季のメンテナンスにかかる作業を削減できる。(図-3)。



図-3 半割れ管の設置状況

4. 現状の課題と今後の展望

本伸縮計での観測を令和6年1月17日から開始したところ、3月24日ごろより累積変位量に増加傾向が認められた(図-4)。その後、累積変位量が横ばいであるにも関わらず、昼間の気温上昇時にのみ増加する傾向が認められた。

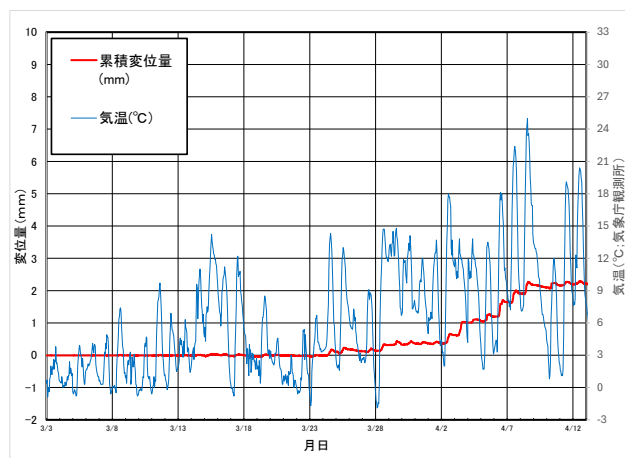


図-4 L1伸縮計の変位量及び気温変化³⁾
(出力期間: 令和6年3月3日~4月12日)

これは設置した伸縮計用カーボンケーブル及び変位センサーが融雪後の気温上昇に伴い、昼夜の気温変化の影響を受けている可能性が考えられた。4月4日~8日の期間では、変位量に連続的な増加傾向が認められ、累積性を有する特徴を示したことからトンネル施工の影響を捉えている可能性が考えられるが、変位量の推移が気温変化の影響を受けてしまっており、本来の地すべりの活動状況を正確に捉えるために、気温による影響低減対策が新たな課題となった。

地盤伸縮計の設置場所は融雪後、日当たりが良く、半

割れ管に直射日光が当たることで管内部の温度も上昇した可能性が考えられる。そのため、検討した低減対策として、①伸縮計用カーボンケーブル及びガイド管の埋設と②不動土塊側の変位センサー部及びガイド管に日よけカバーの設置の2つの対策を行った。当初設置した際は、地形に合わせるようにガイド管を地表面に設置したが、気温変化の影響を低減するためGL-0.3mまで掘削し、ガイド管を土砂で埋設した(図-5)。

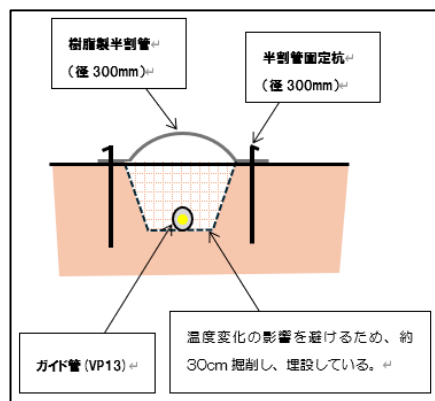


図-5 ガイド管埋設(低減対策①)の状況

さらに変位センサー付近の影響を低減するため、不動土塊側の変位センサー及びガイド管に日よけカバーを設置した。

これら気温の影響低減対策により、日周期の変動は最大±0.1mm程度に抑えたとうえで、現在監視を継続している。ただし依然として日周期の変動を示しており、今後気温の上昇に伴う変動が大きくなった場合には、改めて低減対策を行う必要があると考える。

5. おわりに

本業務における地すべり観測は、従来の地盤伸縮計では多くの問題点があり、伸縮計の設置時から観測中のメンテナンスまで多くの作業時間とコストを要していたと考えられる。そのため積雪などの地域性や設置場所の状況に対応できる本事例は、非常に有効な手法であったと考えられる。

今後は、本事例で新たに浮上した課題に対し、現場状況に応じた対策を立て、さらなる効率化に努めたい。

《引用・参考文献》

- 1) 株式会社 興和：フレキシブル伸縮計，
<https://www.kowa-net.co.jp/wp-content/uploads/1276/06extensometer.pdf>
- 2) 株式会社オサシ・テクノス：伸縮計 SLG-100，
https://www.osasi.co.jp/support/pdf/spec/spec_slg_100.pdf
- 3) 気象庁アメダスより (最終閲覧日2024. 5. 19)，
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>