

# 地質リスクを適正に評価するための前提として重要なこと

～地すべり調査におけるパイプ歪計観測を事例として～

株式会社ウエスコ

田山 良一

## 1. はじめに

地質調査時における計測結果は、そのあと計画される対策工の範囲や規模を決定する重要な根拠となる。計測結果に生じた問題を見逃したり、機器特性に対する理解不足を放置すると、結果的に「対策に不足が生じる」または「過剰な対策となる」等の事態を招くこととなる。つまり、そのあと検討すべきリスク低減措置に過不足が生じる。

本発表では、地すべり地で実施したパイプ歪計の観測において生じた問題点を事例として、計測結果が地質リスクの評価に及ぼす影響と、その重要性について述べる。

## 2. パイプ歪計の観測データに異常なオフセット値が紛れ込む事例

### 2.1 業務の概要

調査地は、地すべり調査開始から3年目にあたる地すべり地であり、既設のパイプ歪計観測孔が6孔設置されていた。

本業務では、新規の観測孔を4孔設置し、合計10孔でパイプ歪計観測および対策工の詳細設計を実施した。

### 2.2 疑わしいデータの状況

1) 自動観測を行った既設パイプ歪計6孔において、データ回収日に対応して記録された歪値が顕著にオフセットする現象がみられた(図2.1)。

2) 本業務で設置した新規のパイプ歪計4孔については異常がみられなかった。

3) 図2.1の深度別歪量に示す深度22mの歪計では、データ回収日に240～2000 $\mu$ ストレインの範囲でオフセットが生じており、これを地すべり判定基準と比較すると、大きい時には1日で準確定変動(変動B)に相当する変位が生じている状況であった(表2.1)。

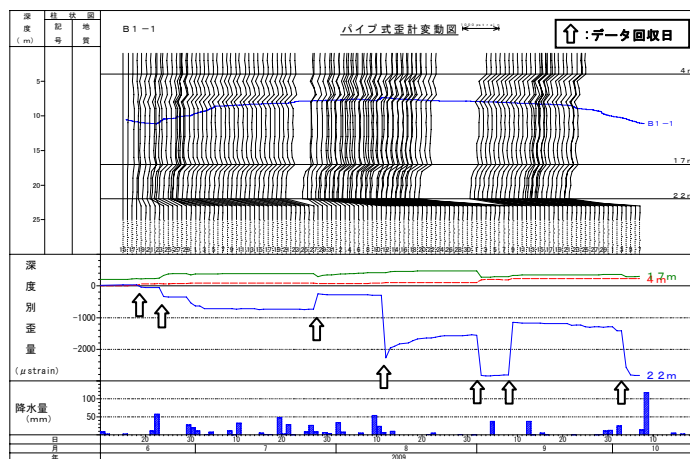


図2.1 パイプ歪計の記録値がオフセットする状況

表2.1 パイプ歪計観測結果による地すべり判定基準<sup>1)</sup>

変動種別	累積変動値 ( $\mu$ /月)	変動形態		すべり面存在の 地形、地質的 可能性	総合判定	
		累積傾向	変動状態		変動判定	活動性ほか
変動A	5000以上	顕著	累積	あり	確定	顕著に活動している岩盤～崩壊土すべり
変動B	1000以上	やや顕著	累積	あり	準確定	緩慢に活動しているクレープ型地すべり
変動C	100以上	ややあり	累積 断続 攪乱 回掃	あり	潜在	すべり面存在有無を 断定できないため、継続 観測が必要
変動D	1000以上 (短期間)	なし	断続 攪乱 回掃	なし	異常	すべり面なし。地すべり 以外の要因

## 3. 歪計の記録値がオフセットする原因と対処結果

### 3.1 一般的に考えられる原因

パイプ歪計において異常データが計測される原因として、一般的に、1) 接触不良(接続の不備、端子の劣化)と、2) 絶縁低下(コードの被覆破損、回路内への水の浸入など)が疑われる。

### 3.2 原因の検証

#### 1) 接触不良の確認

接触不良を確認するため、端子およびデータロガー接続部の洗浄、締め付けの確認を行なったが、依然として、データ回収作業の前後で歪値にオフセットが生じた。

#### 2) 絶縁低下の可能性の検証

パイプ歪計とは、塩化ビニルパイプに貼り付けられた歪ゲージが、伸びたり縮んだりすることで変化する抵抗値の増減から歪を計測するものである。その原理は、2枚の歪ゲージと測定器内部の歪ゲージでホイートストンブリッジ回路(図3.1)を構成し、ゲージの抵抗の変化(=歪)をこれに比例する回路間の電圧に変換して計測する仕組みである(式3.1)。この回路内で絶縁低下が起った場合、真の歪値とは異なる歪値が計測されることとなる。

ここで、どの程度の絶縁低下が歪値に影響を及ぼすのか検証した。図3.1において、回路の絶縁抵抗が $r_1$ から $r_2$ に低下した場合には、式3.2で表される誤差歪を生じる。この式3.2において、 $R_g=120\Omega$ 、 $K_s=2.10$ (今回使用の歪ゲージの抵抗値とゲージ率)、低下前の絶縁抵抗 $r_1=2000M\Omega$ とし、低下後の絶縁抵抗 $r_2$ に100、10、1、0.1、0.01M $\Omega$ を代入すると、その際に生じる誤差歪は、理論的には表3.1のような大きさとなる。表3.1とパイプ歪計の分解能 $1\times 10^{-6}$ から、パイプ歪計の絶縁抵抗は100M $\Omega$ 以上であれば問題ないと判断される。

そこで、実際に絶縁低下が生じているか既設観測孔のひとつにおいて、絶縁抵抗値の計測を行った(図3.2)。その結果、以下のことが分かった。

- ・ 多くの深度の絶縁抵抗値は100M $\Omega$ 以上であるが、深度1mと4mでは50.1~57.5M $\Omega$ に低下している。
- ・ 絶縁抵抗が100M $\Omega$ 以上の深度でも、オフセットが生じている。
- ・ 計測された絶縁抵抗値から式3.2にて計算される誤差歪と実際のオフセット量は一致しない。

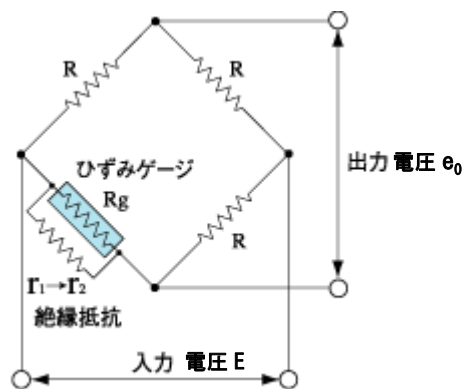


図 3.1 絶縁抵抗を考慮したブリッジ回路<sup>2)</sup>

$$e_0 = \frac{1}{4} \cdot K_s \cdot \varepsilon \cdot E \dots \text{式 3.1}^{2)}$$

E : ブリッジ電圧(V)  
 $e_0$  : 出力電圧(V)  
 $K_s$  : ゲージ率  
 $\varepsilon$  : 歪

$$\varepsilon \doteq \frac{R_g(r_2 - r_1)}{K_s r_1 r_2} \dots \text{式 3.2}^{2)}$$

表 3.1 絶縁抵抗の低下による誤差歪

ゲージ抵抗 $R_g$ ( $\Omega$ )	ゲージ率 $K_s$	低下前 絶縁抵抗 $r_1$ (M $\Omega$ )	低下後 絶縁抵抗 $r_2$ (M $\Omega$ )	誤差歪 $\varepsilon$ ( $\times 10^{-6}$ )
120	2.10	2000	100	0.5
120	2.10	2000	10	6
120	2.10	2000	1	57
120	2.10	2000	0.1	571
120	2.10	2000	0.01	5714

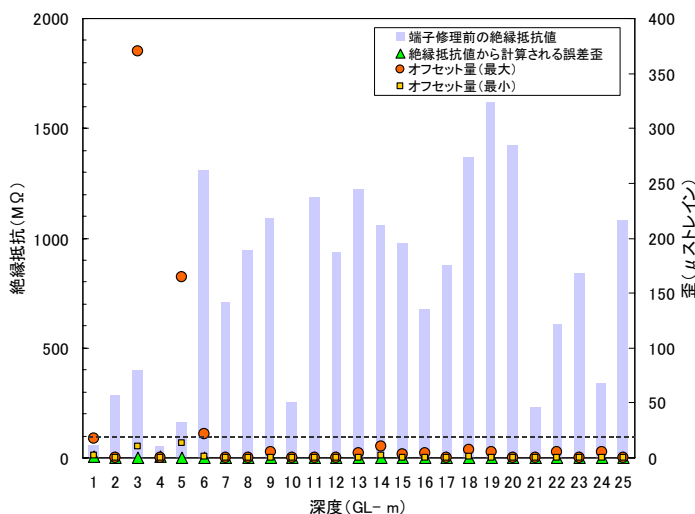


図 3.2 既設観測孔の絶縁抵抗値と生じたオフセット量

### 3.3 オフセット現象が生じた原因

絶縁抵抗値とオフセット量が対応しないこと、実際にオフセットされた歪値は一定の値ではなく不規則に変動していることから、データ回収作業が、この現象を生じさせるものと考えた。一般的に、絶縁抵抗が低下すると低下後の絶縁抵抗は一定値にとどまらず、常に温度や湿度などにより激しく変化することが知られており、今回のオフセット現象はそれと整合的な結果と言える。

オフセット現象が生じた要因として、前年度までの手測りによる観測により、その都度コード先端に接触したこと、コードの保管の際に水分に接触しやすい状況にあったことがあげられ、コード先端部の絶縁低下（劣化）を招いたことが原因であると判定した。

### 3.4 対処方法とその結果

当該業務では、対処方法としてコード先端部を切断し、すべての端子を交換した（写真 3.1）。具体的には、パイプ歪計のコードの先端から約 10cm を切断し、電線被覆をむき、新しい端子を圧着し、再度端子を接続した。

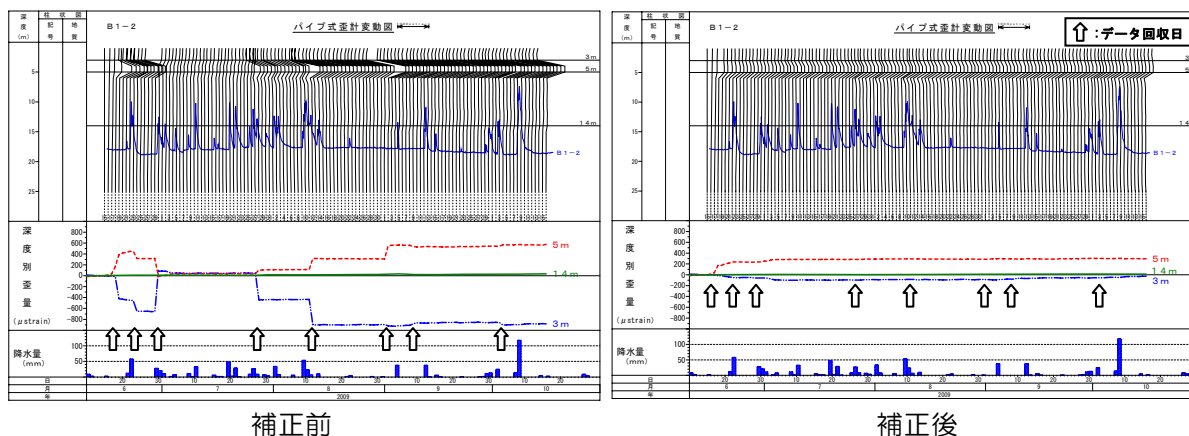
この処置の後、既設パイプ歪計 6 孔すべてについて、データ回収作業の前後で歪値に顕著なオフセットが発生しなくなったことを確認した。



### 3.5 修理前の観測データの補正と評価

修理前の観測データは、オフセット現象を含んだデータであるため、上記で分かった原因をふまえて、補正と評価を行い使用することとした。

- ・ データ回収日の前後の値は変化しないことを前提に、データをオフセット補正した（図 3.3）。
- ・ データ回収日以外の期間のデータについては、変動の傾向をみる点で使用した（変動深度、累積傾向など）。
- ・ データ回収日以外において、何らかの要因でコードが動いていた場合、異常値が含まれるため、地すべりの活動度（変動 A や変動 B など）の評価については、参考値として使用した。



- ・週1回の手測りによる観測で行なわれた既往業務の観測データについては、今回と同様の異常がどの時点で生じていたか不明であるため、観測結果の評価には使用しない(図3.4)。

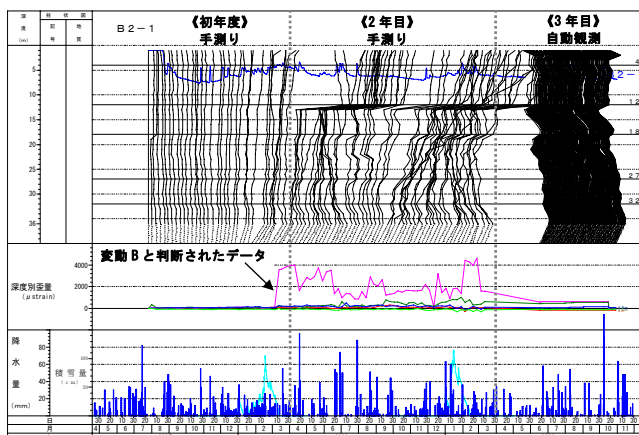


図 3.4 既往業務の観測データ

#### 4. 当事例での地質リスクに対するバイアス

当調査地での地質リスクは、地すべりブロックが活動し被害が生じることである。その評価項目として、地すべりブロックの変動状況と規模があげられる。当事例においては、

オフセットした歪値がバイアス(=偏り、嵩上げ)となって「異常値を基に誤った変動レベルが判定される可能性」や「実際とは異なる誤った深度にすべり面が決定される可能性」があった。このバイアスにより、本来の地質リスクを正しく評価できなくなり、後続工程で検討すべきリスク低減措置において、対策不足や過大対策を招き、安全性と経済性の面で問題を生じることとなる。観測結果は、地質リスクを考慮した事業全体のトータルコストを検討する上で、大きな影響を与えるものである。

#### 5. 当該現場を例としたパイプ歪計観測の品質管理とデータ評価

当事例から、パイプ歪計観測において、正しい観測結果が地質リスクの評価に反映されるために必要な事項を以下にまとめる。

##### 〈観測方法の品質管理〉

正しい観測結果を得るために、観測機器の設置前に絶縁抵抗を計測し、パイプ歪計が劣化していないかを確認し、点検、整備のされた観測機器にて観測を行なう。

##### 〈観測データの適切な評価〉

得られた観測結果を正しく評価するために、観測方法の原理や機器の性能(精度、誤差など)を把握し、測定値の妥当性の判断を行なう。疑わしいデータが得られた場合は、データを補正して使用する又は使用しない等の判断を適切に行なう。

#### 6. おわりに

地質リスクを適正に評価するためには、正確な計測データが得られていることが大前提である。しかし、実際の現場計測においては、機材の劣化、気象条件、地形条件や調査地点が制約されるなどの社会的条件により、常に最適な環境でデータを得られるとは限らない。このような条件にあるからこそ、計測機器の精度を保証しておくこと、計測方法の原理を理解しておくことで、計測方法やその評価方法の品質を確保し、正しいデータを得ることが重要と言える。そのことが、地質リスクを適正に評価するための前提として重要なことと考える。

—以上—

- 〈参考文献〉 1) 国土交通省砂防部(2008.4)；地すべり防止技術指針及び同解説 p.20  
2) 株式会社共和電業ホームページ；ひずみゲージ技術メモ