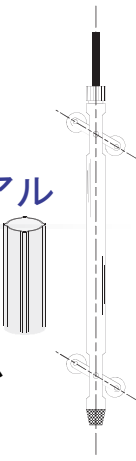


How to 孔内傾斜計？

地すべり地における  
孔内傾斜計計測マニュアル



土木研究所 地すべりチーム

毎年、日本各地で地すべりが発生・・・！



平成21年融雪期に発生した山形県鶴岡市七五三地区の地すべり災害(H21.5.15)



動いた範囲

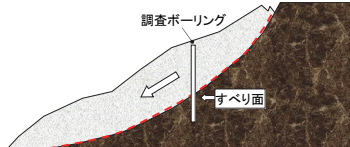
平成20年(2008) 岩手・宮城内陸地震で発生した宮城県栗原市栗駒の荒砥沢[7514°]の地すべり(H20/6/15土研撮影)

何を知らたいか？ 何を知らる必要がある？

- 地すべり発生機構(理学的)
  - 地形条件・地質特性、誘因は・・・？
- 地すべり対策のための諸元(工学的)
  - 地すべりの規模・・・幅・長さ・土塊の移動量は？

↓

地すべり土塊の動き、すなわち  
すべり面の位置(深さ)と移動方向が重要！



調査ボーリング  
すべり面

すべり面は分かるが移動方向は何で大事？

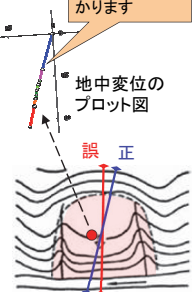
移動方向が間違っていると・・・

- ①安定解析に影響！
  - 主測線の変更 → 安定解析の設定モデルが変わる → 必要抑止力も変わる
- ②対策工の配置に影響！
  - アンカーなどの配置は移動方向を考慮
- ③アンカー力に影響！
  - 主測線とアンカーの方向が違う場合は、ずれた分( $\cos\phi$ )だけアンカー力が不足
- ④抑止杭の本数にも影響！
  - 本数は移動方向を考慮して配分するため

孔内傾斜計だとmm単位の微小な移動方向も分かります

地中変位のプロット図

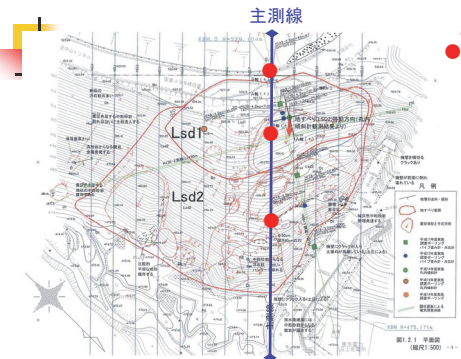
誤 正



フローチャート マニュアル

計画	6. 周辺技術
ボーリング	1. 観測孔の設置
設置	2. 観測
観測	3. 測定値の検定・補正
検定・補正	4. 解析方法
解析	5. 観測結果の報告方法
	7. トラブルシューティング

孔内傾斜計計測の一連の流れ① 計画



主測線

● 計画ボーリング位置

Lsd1  
Lsd2

主測線(必要に応じて補助測線)を決めてボーリング位置を設定する。ボーリングの深さも適切に計画する。

## 孔内傾斜計計測の一連の流れ②

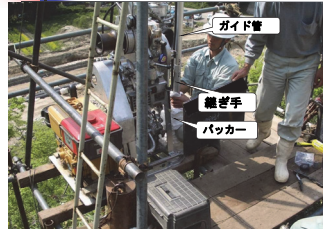
## ボーリング



ロータリー式マシンで鉛直ボーリングを行う。  
最終削孔径はφ86mmが多い。

## 孔内傾斜計計測の一連の流れ③

## ガイド管設置



パッカーを使用したガイド管の挿入状況



ハンドミキサーによる充填材攪拌状況



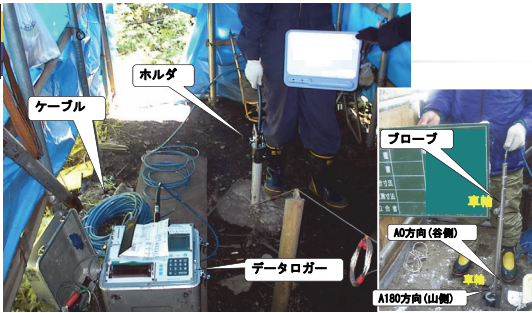
手押しポンプによる充填材の注入状況

ガイド管(アルミ製でφ50mm程度、1本3mが多い)を繋ぎながらボーリング孔に挿入する。次にボーリング孔とガイド管の隙間をグラウト系充填材で間詰める。

★漏水する地盤ではパッカーの使用が必須。

## 孔内傾斜計計測の一連の流れ④

## 観測

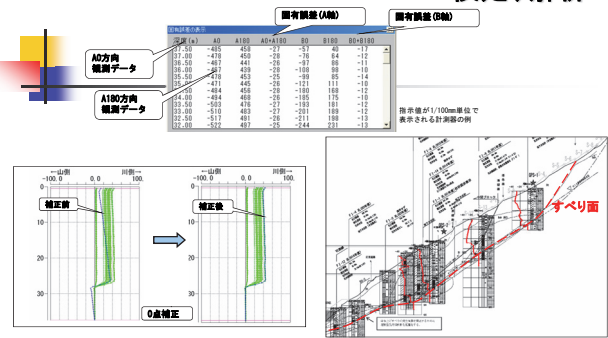


挿入式孔内傾斜計の測定状況

プローブの方向をA0方向に合わせて孔底まで挿入し、0.5mごとに引き上げながら計測する。その後A180方向に反転して孔底まで挿入し、同様に計測を行う。

## 孔内傾斜計計測の一連の流れ⑤

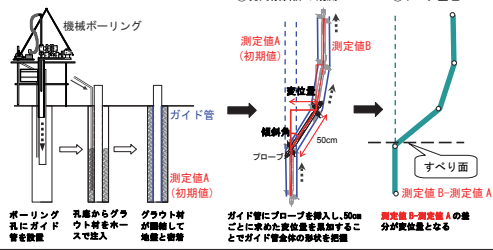
## 検定、解析



表計算ソフトや専用ソフトでデータを整理する。固有誤差の検定を行い、計測器や観測孔および測定作業の妥当性を検証する。

適切な0点補正を行い、目的に応じたグラフを作成し、地中変位の解析を行う。

### ①孔内傾斜計の設置 (グラウト法)

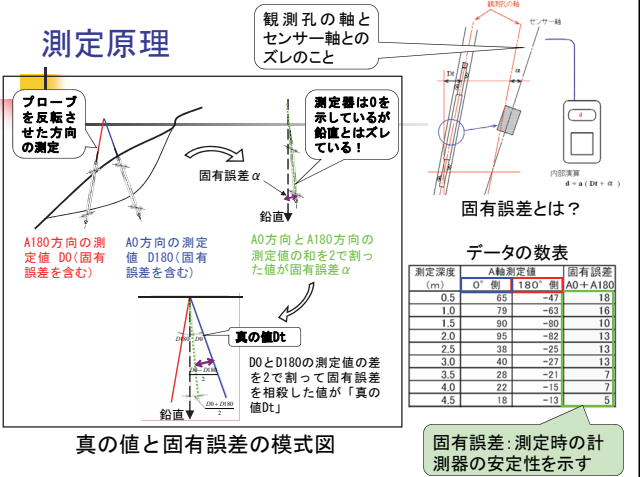


観測原理と変位検出の流れ

### ■何を計るものなのか？

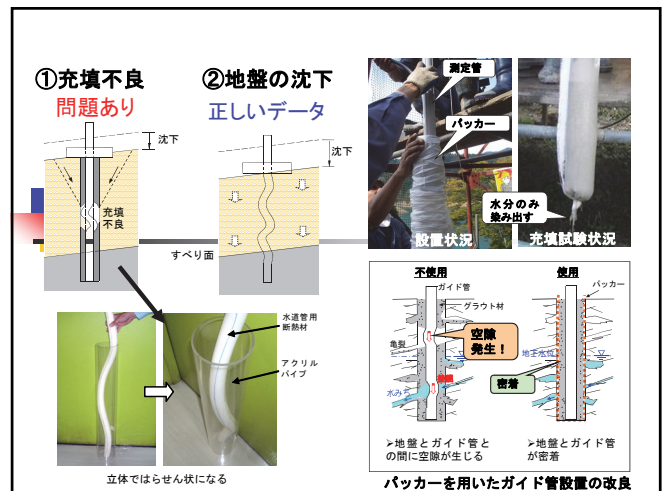
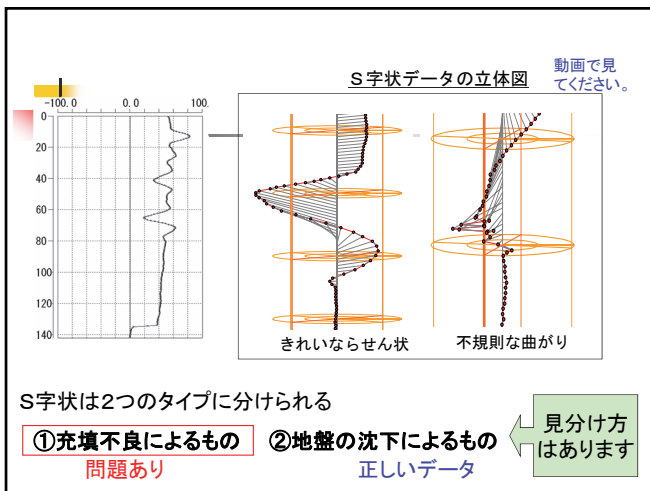
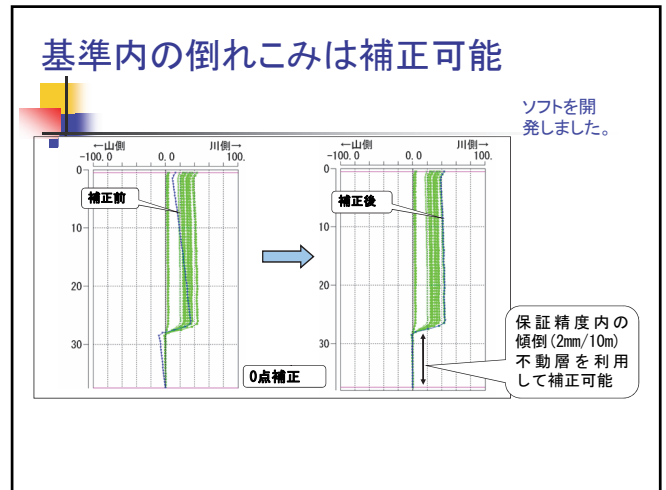
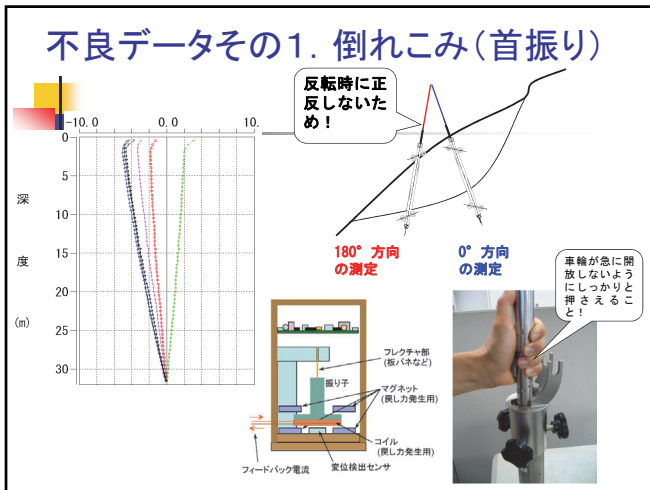
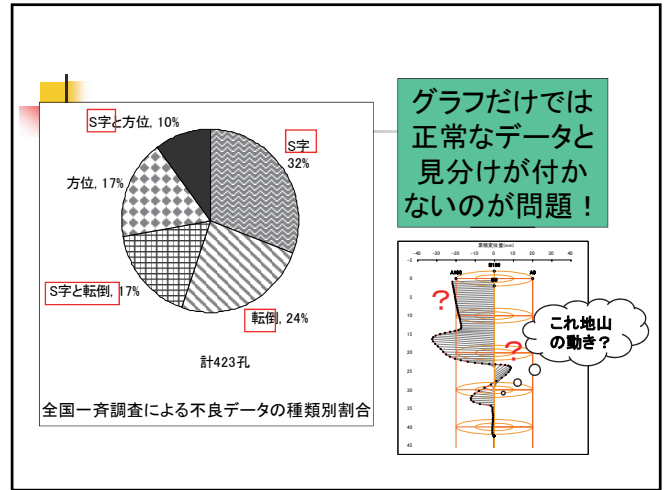
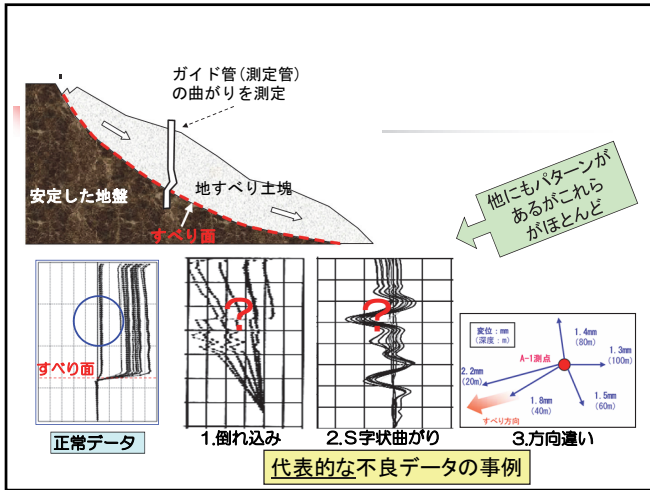
- ①地中の深度ごとの移動量・移動方向を把握
- ②複数回計測することで、変位の累積傾向を把握

## 測定原理

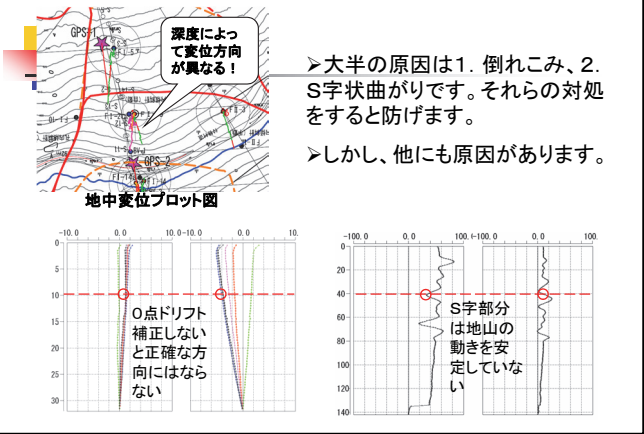


真の値と固有誤差の模式図

固有誤差: 測定時の計測器の安定性を示す



### 不良データその3. 方位違い



➢ 大半の原因は1. 倒れこみ、2. S字状曲がりです。それらの対処をすると防げます。  
➢ しかし、他にも原因があります。

### ガイド管のねじれは測って補正



➢ ねじれの発生は完全には防げません。  
➢ ガイド管の方位を測定する計測器を開発しました(リリース開始)。  
➢ 特記仕様書と参考価格を作成しました(HP公開済)。

### 詳細はマニュアル(案)を参照下さい

### 【付録】

- 不良データの発生機構と見分け方(間違いやすい事例)

### 不良データの発生機構と見分け方

### 孔内傾斜計からはどのようなデータが得られるか？

①せん断型

②傾斜型

③弓型

④S字型

①せん断型+④S字型

①せん断型+③弓形

➢ 累積変位グラフの形状は①～④に分けられる  
➢ 実際には①～③が複合したもの、④S字型が加わったものがある

この形状は正しいデータも不良データもある

### 間違いやすい例と対処(1)

①せん断型 [正しいデータの場合]

不動層への根入れが不足していると、すべり面の検出が不可!

○すべり(スライド)  
地中に連続したすべり面(せん断面)が形成される現象。

[不具合時のデータ例]  
→ 固有誤差が前後と異なる

測定深度 (m)	A軸測定値	固有誤差 (mm)
0.5	53	-52
1.0	72	-48
1.5	89	-41
2.0	異常	-43
2.5	55	-24
3.0	5	-25
3.5	27	-20
4.0	22	-12

○測定時の異常  
異常値が出ている深度の測定時に、0° 180° のどちらかに誤差値が発生。

[原因と対処]

- ・「測定」の問題、ある深度で測定ミスが発生
- 深度をしっかりと合わせ、表示値が落ち着いてからデータを取得する(3秒以上)

### 間違いやすい例と対処(2)

②傾斜型 [正しいデータの場合]

不動層への根入れが不足しているを、0点ドリフトしたような全体に傾倒したグラフになるので注意!

○転倒(トップリング)  
節理や亀裂を介して岩塊や土塊が回転力によって前方へ傾倒する現象。

[不具合時のデータ例]  
→ 2つ以上のグループに分かれる

測定深度 (m)	A軸測定値	固有誤差 (mm)
0.5	28	-59
1.0	41	-45
1.5	35	-47
2.0	60	-46
2.5	2	-24
3.0	9	-24
3.5	25	-28
4.0	27	-19
4.5	18	-16
5.0	1	-1
5.5	12	-12

↑ 固有誤差が分かれる ↓

○測定中に機械誤差が発生  
測定中の固有誤差が測定中に変化することが原因。

反転時にこの現象が起こると全体的な傾倒

[原因と対処]

- 「測定」と「計測器の特性」の問題、測定中のある深度・反転時に計器の状態が変化
- プローブの上げ下げ、および反転作業は車輪が急に開放しないように丁寧にを行う
- 全体的な傾倒が基準値内(2mm/10m)である場合は、不動層を基準として0点補正を行う
- プローブを変えた場合は初期値を取り直す

### 間違いやすい例と対処(3)

③弓型 [正しいデータの場合]

○クリープ  
斜面を構成する地盤が重力の影響で変形が進行する現象。

[不具合時のデータ例]  
→ 深度方向などに徐々に変化

測定深度 (m)	A軸測定値	固有誤差 (mm)
0.5	65	-47
1.0	79	-45
1.5	80	-50
2.0	85	-50
2.5	88	-25
3.0	49	-27
3.5	28	-21
4.0	22	-15
4.5	18	-12

↓ 徐々に変化 ↑

○測定器の不安定状態  
測定中に測定器の状態が徐々に変化することが原因。

[原因と対処]

- 「計測器の特性」による。測定中に計器の状態が徐々に変化
- 測定前の孔底保持を、測定状態で30分以上行う(温度をなじませる)

### 明らかな不良データ

バラツキ型

乱数的にばらつく

ふらつき型

孔曲がり図と似たような形状

[原因と対処]

- 「計測器」「観測」「設置」のいずれかに問題。
- 基準にしたがって検定
- 再測定や計測器の修理

[原因と対処]

- 「計測器」、計測器のA/D変換係数等に問題
- 「観測」、深度あわせのずれ
- プローブ(ローガー)、ケーブルを交換した場合は初期値とする
- 位置合わせの基準を統一、残尺の変化を確認

### データの評価手法の要点(まとめ)

- 累積変位図では「せん断・転倒・弓型・S字型」の4パターンがあるが、**グラフのみでは良否を判定できない。**
- グラフと併せて、**固有誤差検定**(測定データの数表の固有誤差を利用した良否の判定)を行う。
- 「バラツキ、ふらつき型」は不良データ。
- すべり面の位置を判定する際は、以下の5点を併せて総合的に検討する。

- ① 設置時の情報
- ② 測定時の情報
- ③ グラフによる変位の**累積傾向**
- ④ **ボーリングコア**との対応
- ⑤ 想定される地盤の**運動様式**