

令和元年6月12日

土研新技術ショーケースin広島

表層崩壊の危険箇所を絞り込む・土層分布を把握する

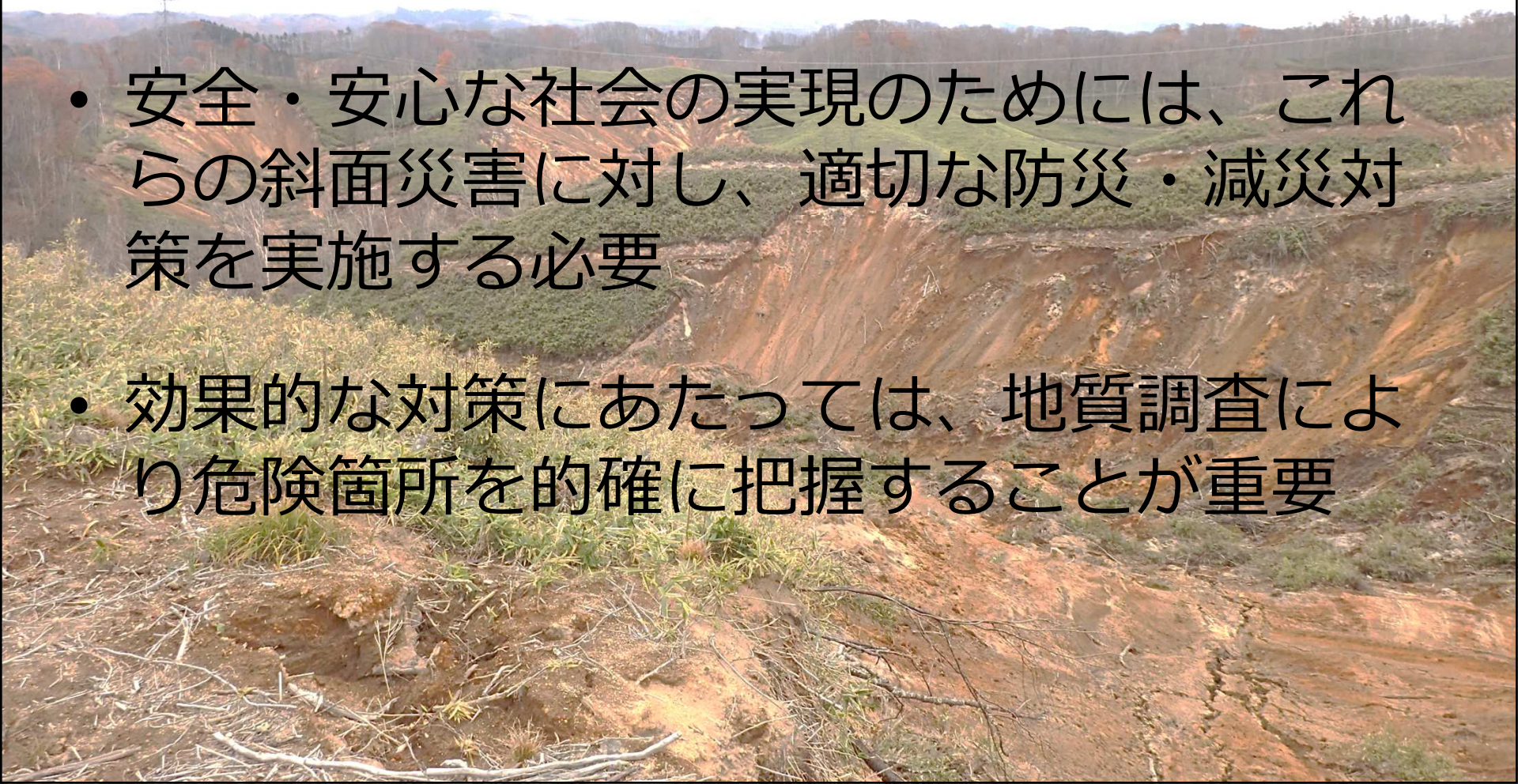
土層強度検査棒（どけん棒）

土木研究所

地質・地盤研究グループ

地質チーム 矢島 良紀

- 地震や台風、ゲリラ豪雨などにより各地で斜面災害が多発
- 安全・安心な社会の実現のためには、これらの斜面災害に対し、適切な防災・減災対策を実施する必要
- 効果的な対策にあたっては、地質調査により危険箇所を的確に把握することが重要

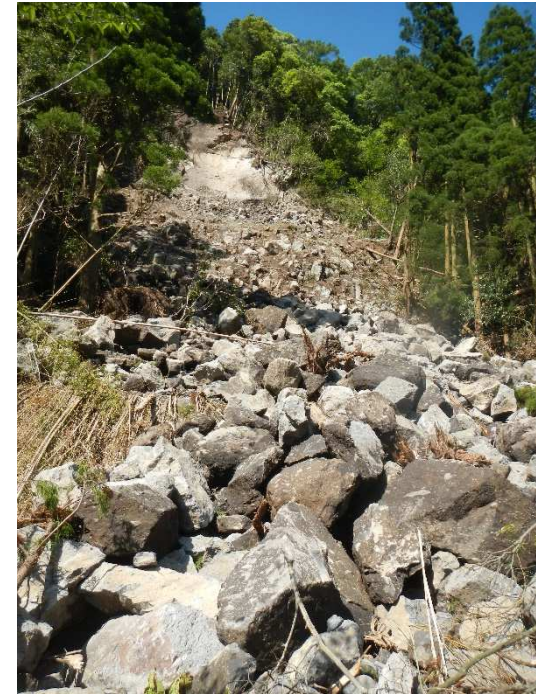




落石



表層崩壊



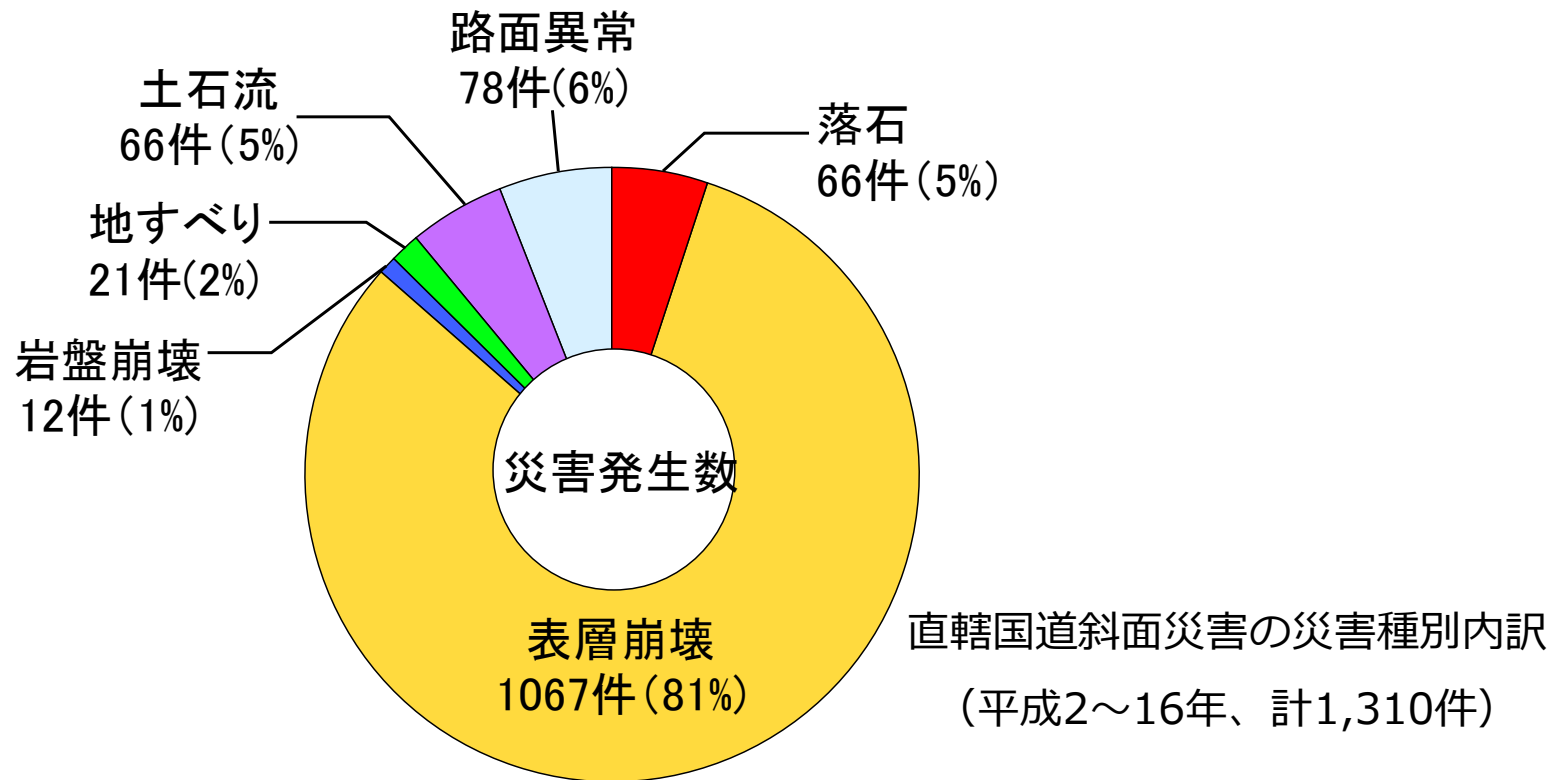
岩盤崩壊



地すべり



土石流

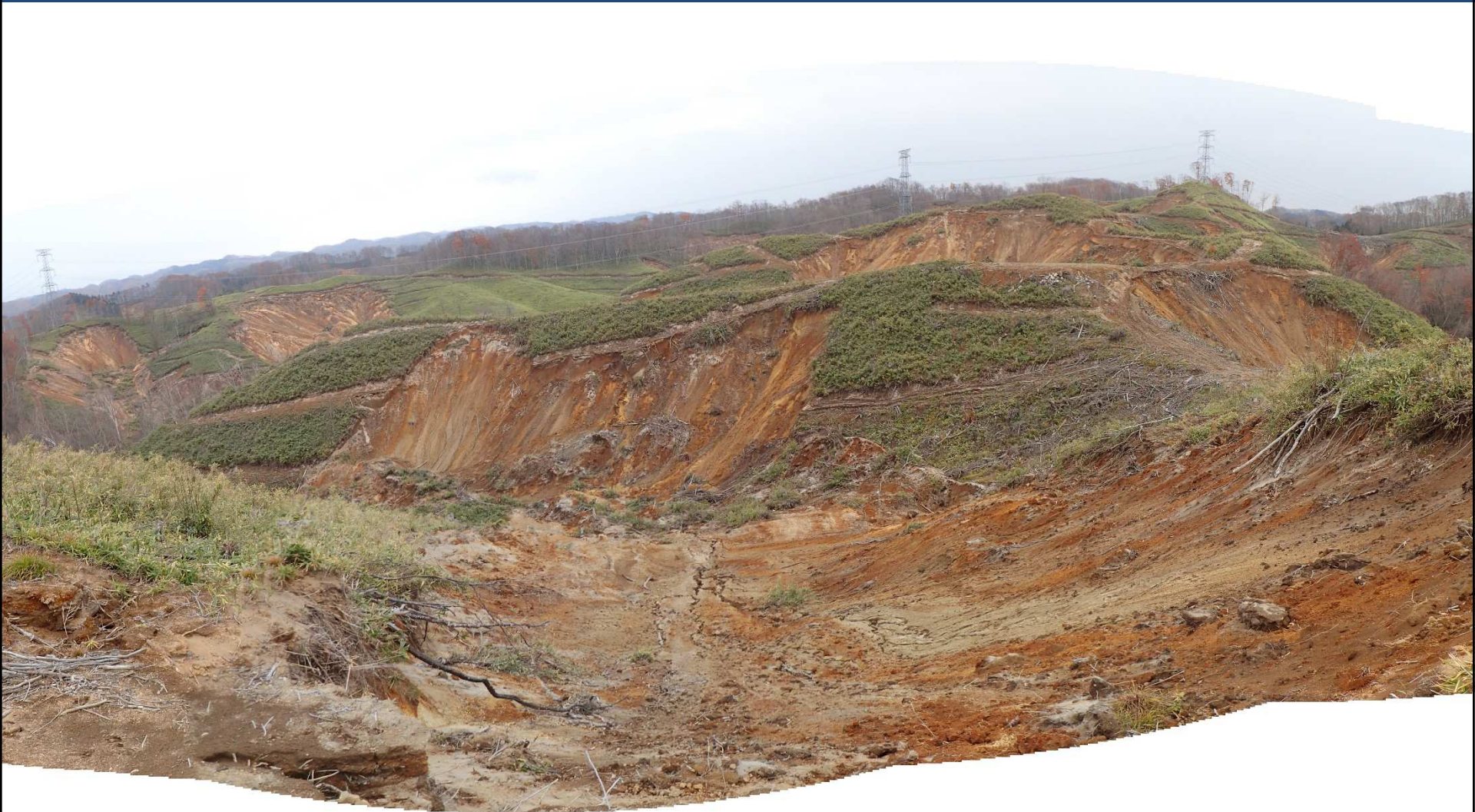


- 国道（国の管理区間のみ）における**道路斜面災害の約8割**は**表層崩壊**により発生
- **表層崩壊**は比較的小規模なものが多いが、発生数は極めて多く、対策が必要

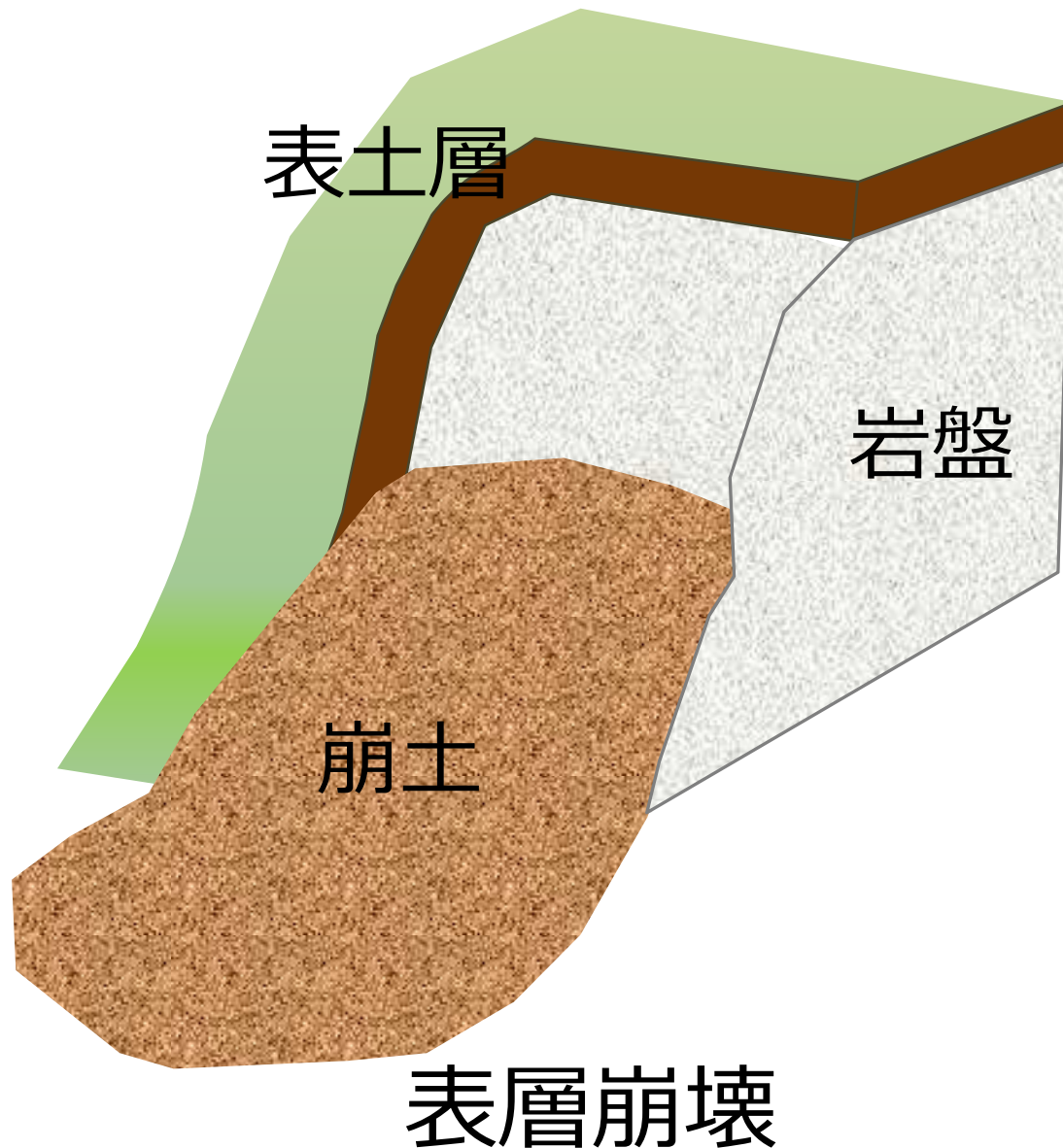


表層崩壊

H29の九州北部豪雨により日田市で発生した表層崩壊



昨年の胆振東部地震でも非常に多くの表層崩壊が発生
(安平町の状況)



降雨や**地震**等により
斜面の表層部（厚さ
数m程度）が薄く崩
壊する現象

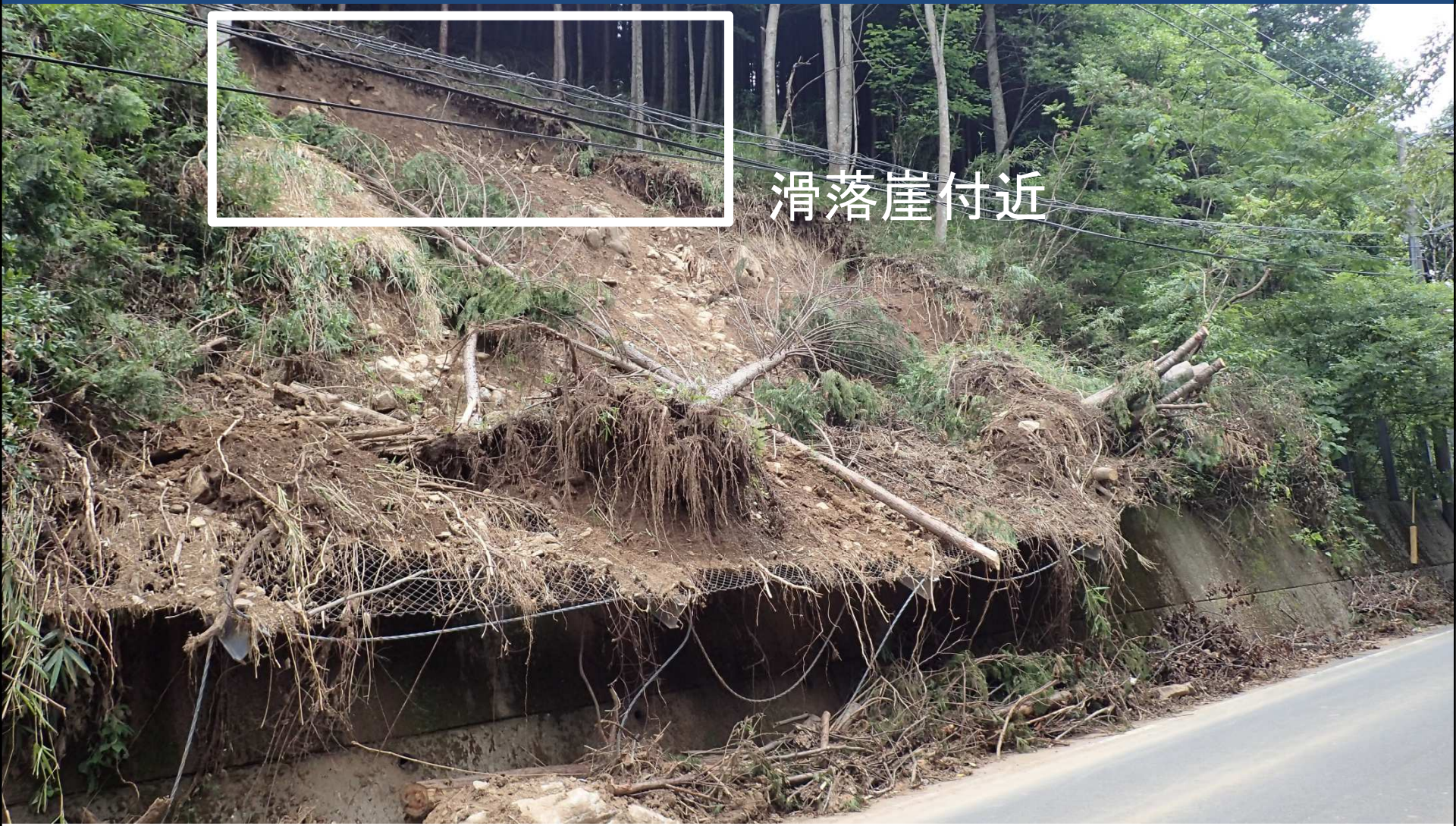
比較的小規模なもの
が多いが、**発生数は
多い**

- 表層崩壊の危険箇所を抽出するには、崩壊の原因となる要素を的確に把握することが重要

崩壊の主な誘因：水（降雨・融雪） ・ 地震動

崩壊の主な素因：

- 斜面の傾斜 ⇒ **傾斜が急**になると不安定
- 表土の厚さ ⇒ **表土が厚い**と不安定
- 表土の物性（強度） ⇒ **強度が低い**と不安定
- ただし、表土の厚さや強度を現地で迅速に求めることは難しい



滑落崖付近

道路斜面で発生した表層崩壊の頭部（滑落崖）の状況



この部分の厚さと性状を
把握したい

表層部

岩盤部

表層崩壊は岩盤の上部、表層のみが崩壊している

➤ **実斜面では表土の厚さや強度は不均質**であり、危険箇所を**絞り込む**には**多点**での調査が必要

➤ **これまでの調査手法（例）**

• **ボーリング調査（+標準貫入試験）**

確実な地質情報が得られる

（ただし、標準貫入試験ではコアは乱れる）

費用がかかるため、調査数が限られる

• **簡易動的貫入試験**

貫入強度が得られる、比較的安価で多点調査可能

20kg程度で案外重い、地質情報が得られない

➤ **多点で迅速に地質情報を取得**できる技術が必要

この課題の解決のため、土木研究所（土研）では

山地斜面における**表土の厚さや強度、地質区分**を**簡便・迅速**に調査できる

「土層強度検査棒」

【略称：土検棒（どけん棒）】を開発



土層強度検査棒（どけん棒）の構成

試験実施状況



上：ベーンコーン（せん断強度測定用）

下：通常コーン（土層深・貫入強度測定用）

1. 軽量 ポータブルな静的貫入試験機器

- ・長さ5mのセットで**約5kg**（従来の簡易動的貫入試験機の約1/4）
- ・リュックに入れて山地を調査することも可能

2. 表土厚を簡便・迅速に測定

- ・人力で貫入することにより、迅速に**表土の厚さ**を測定
- ・貫入時の音や手応えから、粘性土・砂質土・礫・岩盤などの大まかな**地質区分が推定可能**

3. 貫入強度を測定

- ・**垂直荷重計**を頭部に取り付けて押し込むことにより、**貫入強度**を測定
- ・静的貫入なので細かな構造も把握しやすい
- ・測定値は換算N値等へ変換も可能

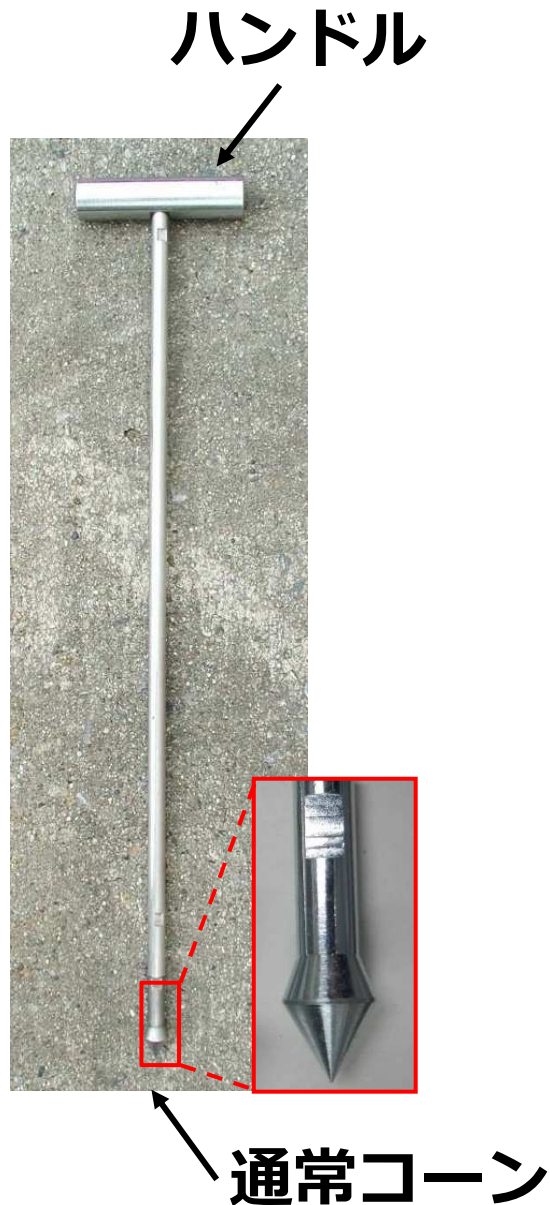
4. せん断強度（ c , ϕ ）が推定可能

- ・ベーンコーンをロッド先端、垂直荷重計を頭部に取り付け、垂直荷重をかけた状態での回転トルク測定結果をもとに**せん断強度**（粘着力 c , 内部摩擦角 ϕ ）が簡易に推定可能

- **測定可能深度：5 mまで**
- **対象地盤：砂質土、粘性土ともに使用可**
(N値 = 10 程度までの地盤を対象)
- **礫混じり土では貫入できず、使用困難な場合がある**
- **根系が発達している土層では、強度測定値に影響がでる場合がある**

土層強度検査棒（どけん棒）の 使用方法

- **限界貫入深度試験**（表土の厚さを測定）
- **貫入強度試験**（連続的に貫入強度を測定）
- **ベーンコーンせん断試験**（せん断強度を測定）



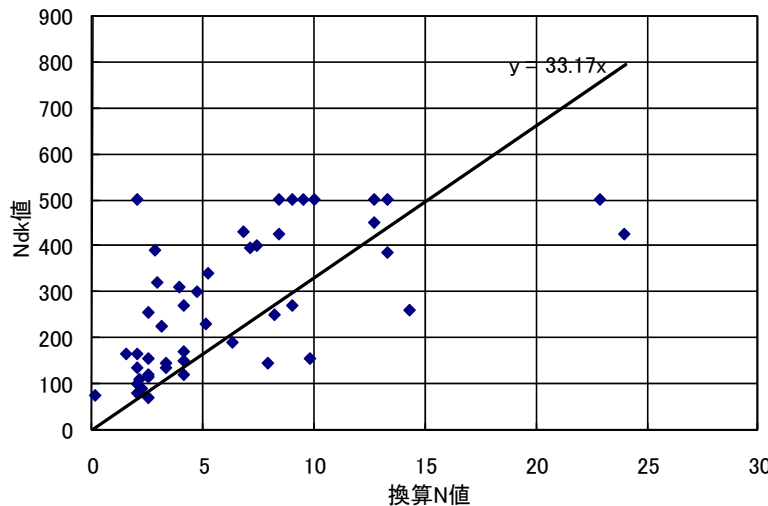
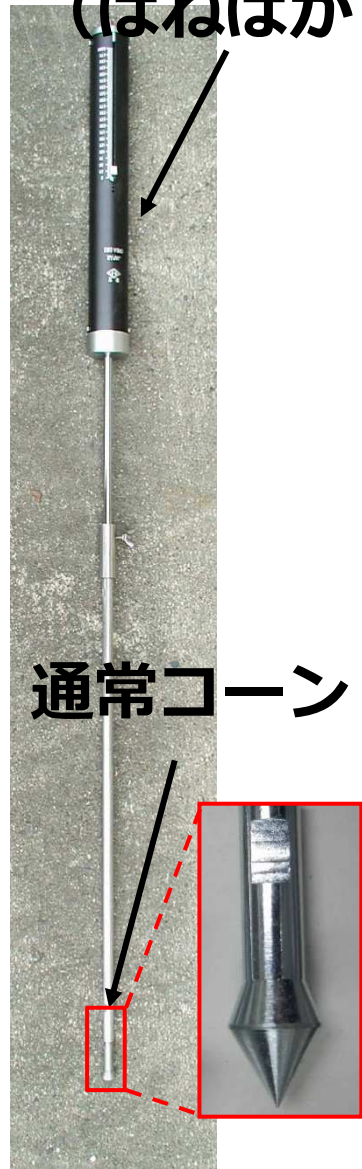
- ・ ハンドルを人力で押し込み、通常コーンで貫入できる限界の深度を測定する
- ・ 必要に応じて、**ロッドを継ぎ足す**（**最大5m**の深さまで測定可能）
- ・ 礫により貫入できないときは、**やり直す**。誤差を減らすため、1地点で3箇所ほど実施し平均をとる
- ・ 貫入時の**音や手応え**などを参考に、概略の**地質区分**（砂・粘土など）も判定可能

垂直荷重計
(ばねばかり)

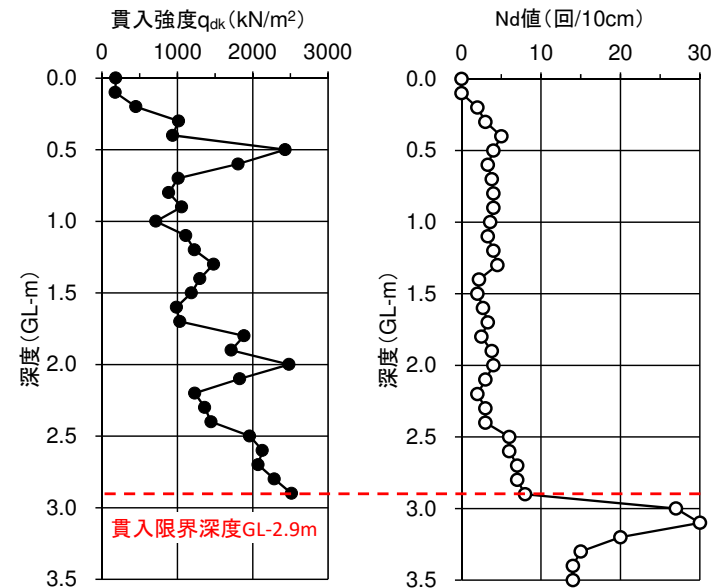
- 垂直荷重計を頭部に取り付け、所定の区間（たとえば10cm）ごとに人力で静かに押し込み、貫入強度を測定

- スウェーデン式サウンディング試験の換算N値や簡易動的貫入試験のNd値へ換算可能

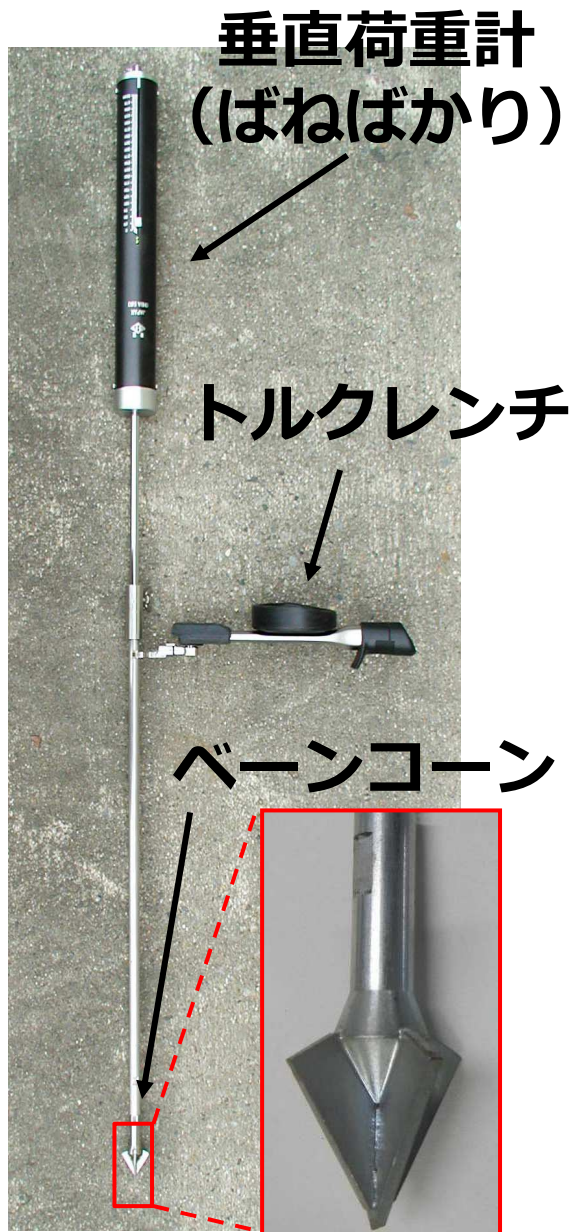
通常コーン



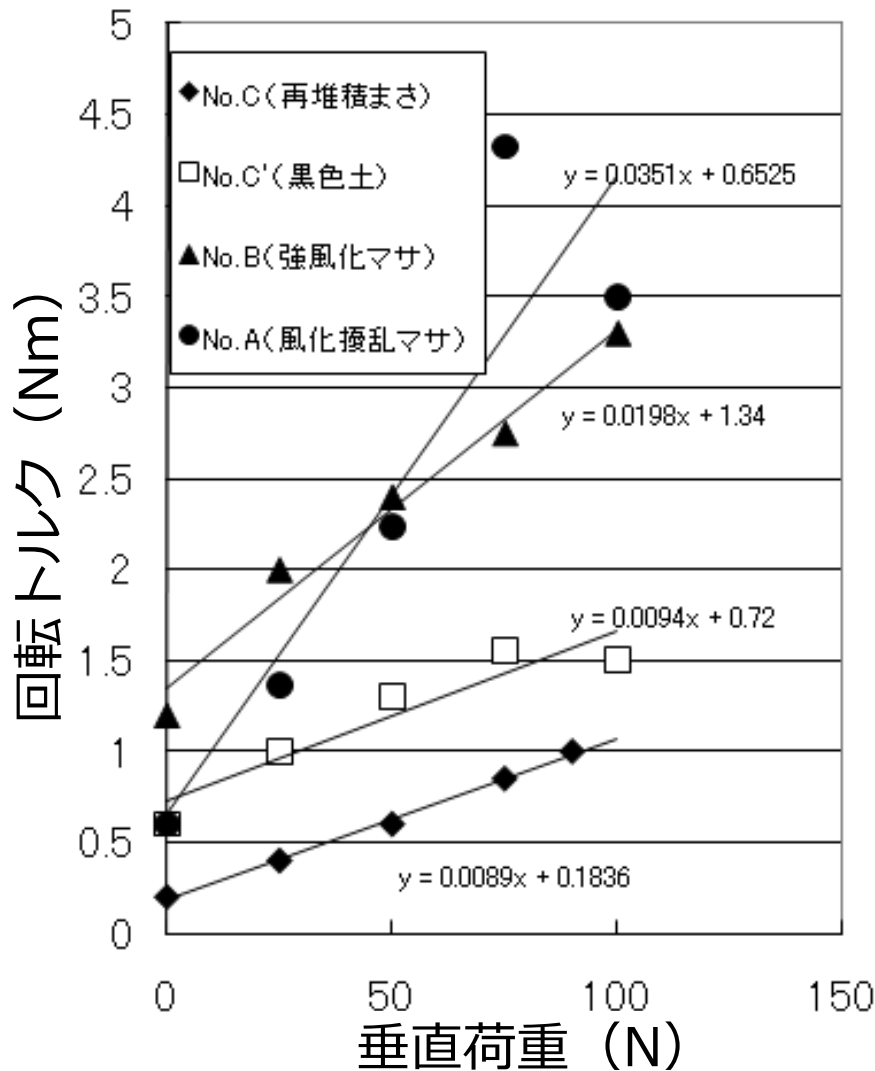
スウェーデン式サウンディング試験による換算N値と土検棒貫入強度の関係



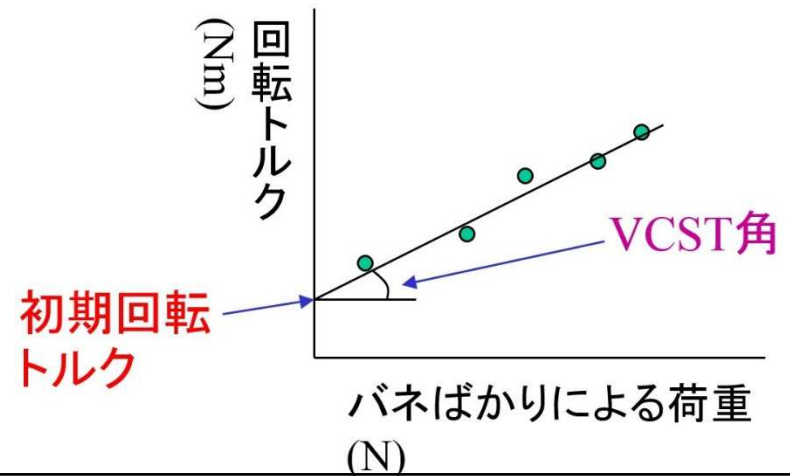
土検棒による貫入強度試験結果 (q_{dk} 値：左) と簡易貫入試験結果 (Nd値：右) の比較例



- 測定をしたい深度に**ベーンコーン**を取り付けたロッドを挿入する
- **垂直荷重計**を頭部に取り付け、一定の荷重をかけながらロッドを**トルクレンチ**で回転させ、ベーンコーンにより土をせん断する
- **垂直荷重を変え**、同様にロッドをトルクレンチで回転させて土をせん断する
- 得られた測定値をもとに換算し、せん断強度（ c 、 ϕ ）を推定する



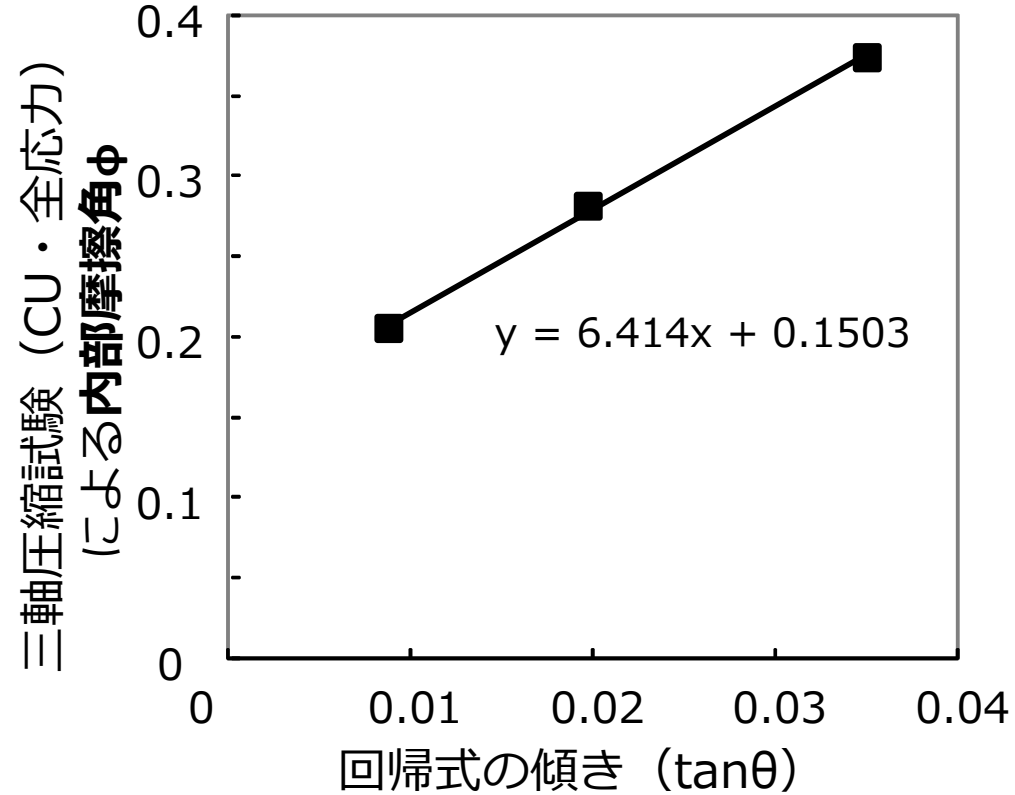
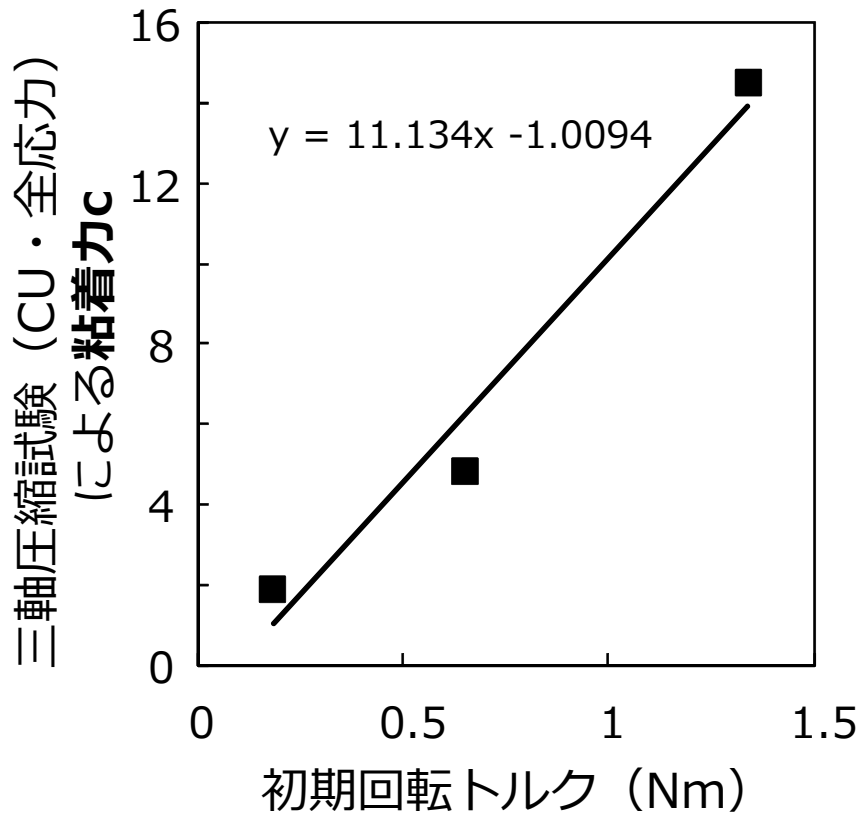
- 試験で得られた**垂直荷重ごとの回転トルク値**をグラフに**プロット**する
- 地点または地質ごとに**回帰式**を作成し、**傾き (tanθ)**と**切片 (初期回転トルク)**を求める



ベーンコーンせん断試験結果例

- 初期回転トルク値、回帰式の傾きと三軸圧縮試験による粘着力、内部摩擦角の関係から、測定箇所における c 、 ϕ を推定する

⇒ 表土厚や勾配と組合せ、危険箇所の絞り込みが可能



三軸圧縮試験による粘着力 c や内部摩擦角 ϕ の関係 (相関式) 例

使用方法の**説明動画**を土研地質チームのHPより配信中

https://www.pwri.go.jp/team/tishitsu/topics_dokenbo.htm

土層強度検査棒（土検棒）

土層強度検査棒の概要

1.土層強度検査棒とは

2.土検棒貫入試験

2-1.限界貫入深度試験

2-2.貫入強度試験

3.ベーンコーンせん断試験



土層強度検査棒（どけん棒）の

調査事例の紹介

- ・ **表層崩壊危険箇所の絞り込み**

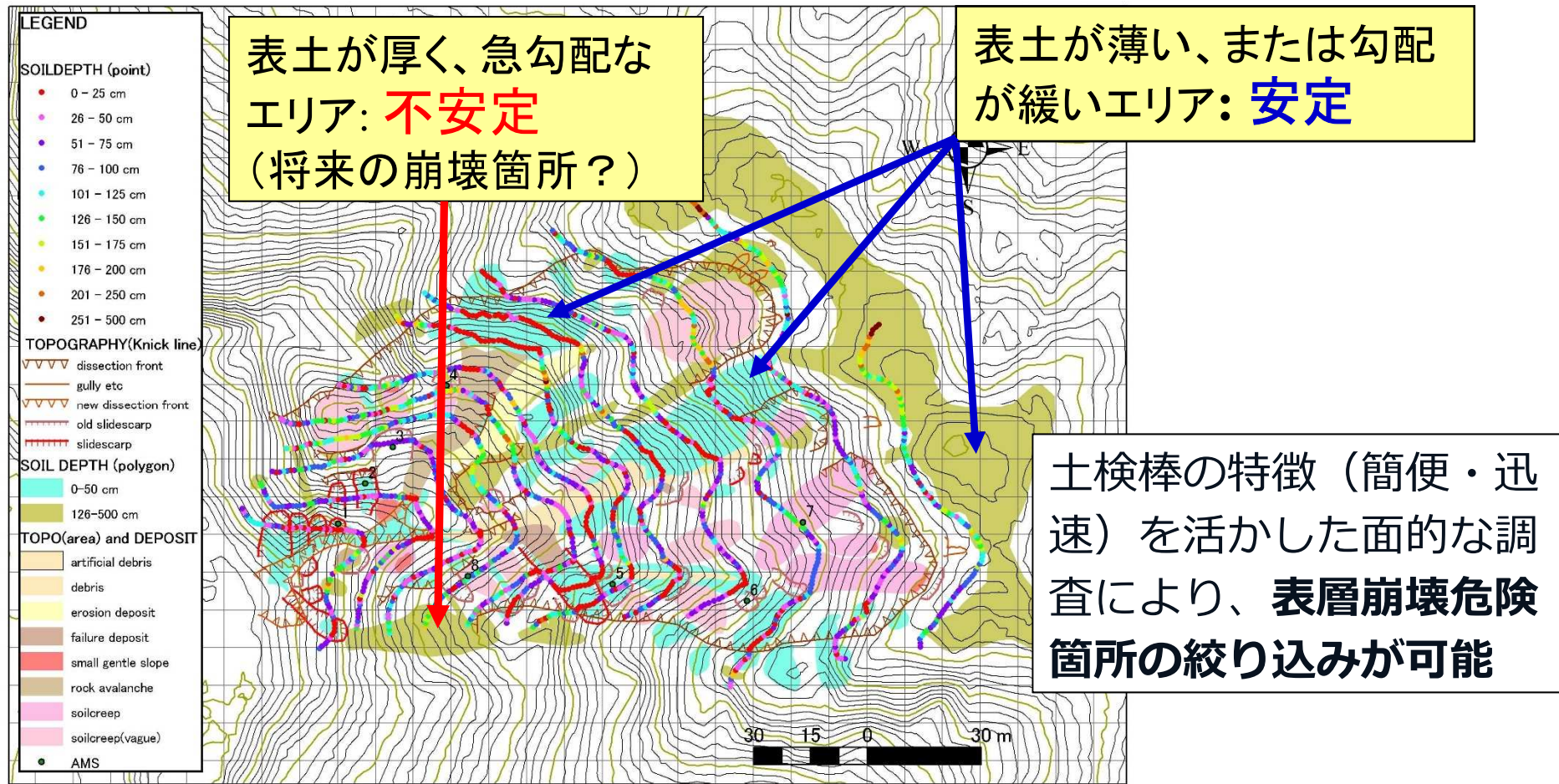
（斜面における土層深や構造の面的調査）

－ 災害履歴に基づく表層崩壊の安定度評価

- ・ **河川堤防の漏水原因調査**

（土検棒による堤防基礎地盤の地質構造把握）

- 踏査により地形や斜面を区分（尾根・谷、崩壊地等）し、測線ごとに1～2m間隔で土層深および斜面勾配を測定
 ⇒ 「表土の厚いエリア」「表土の薄いエリア」がパッチワーク状に分布



Soil Depth and Micro-topography (IWAKI)

調査事例（履歴に基づく斜面安定度評価） 24

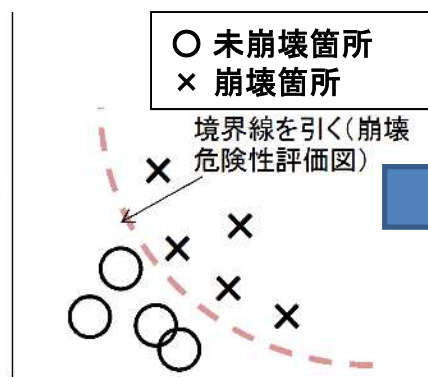
- 各調査地点の測定値（土層深・斜面勾配）を**斜面区分に基づく安定域・不安定域で分類してプロット**することで、その**境界線を設定（崩壊危険性評価図）**
- 評価したい斜面の土層深を土検棒により計測し、斜面勾配とともに**崩壊危険性評価図**にプロットすることで斜面の安定性を評価

崩壊履歴を有する斜面

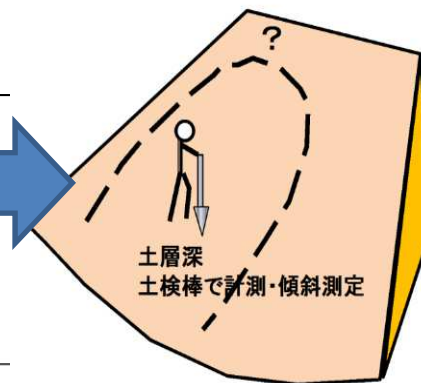


崩壊深か土層深

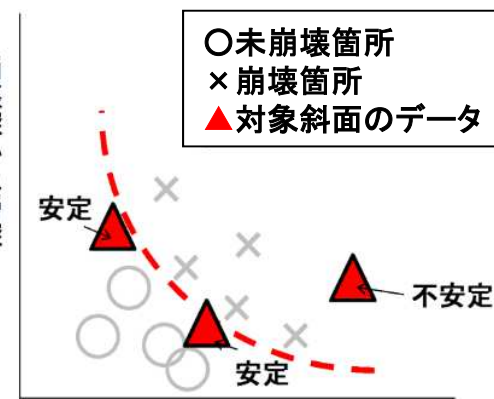
評価対象斜面



崩壊危険性評価図

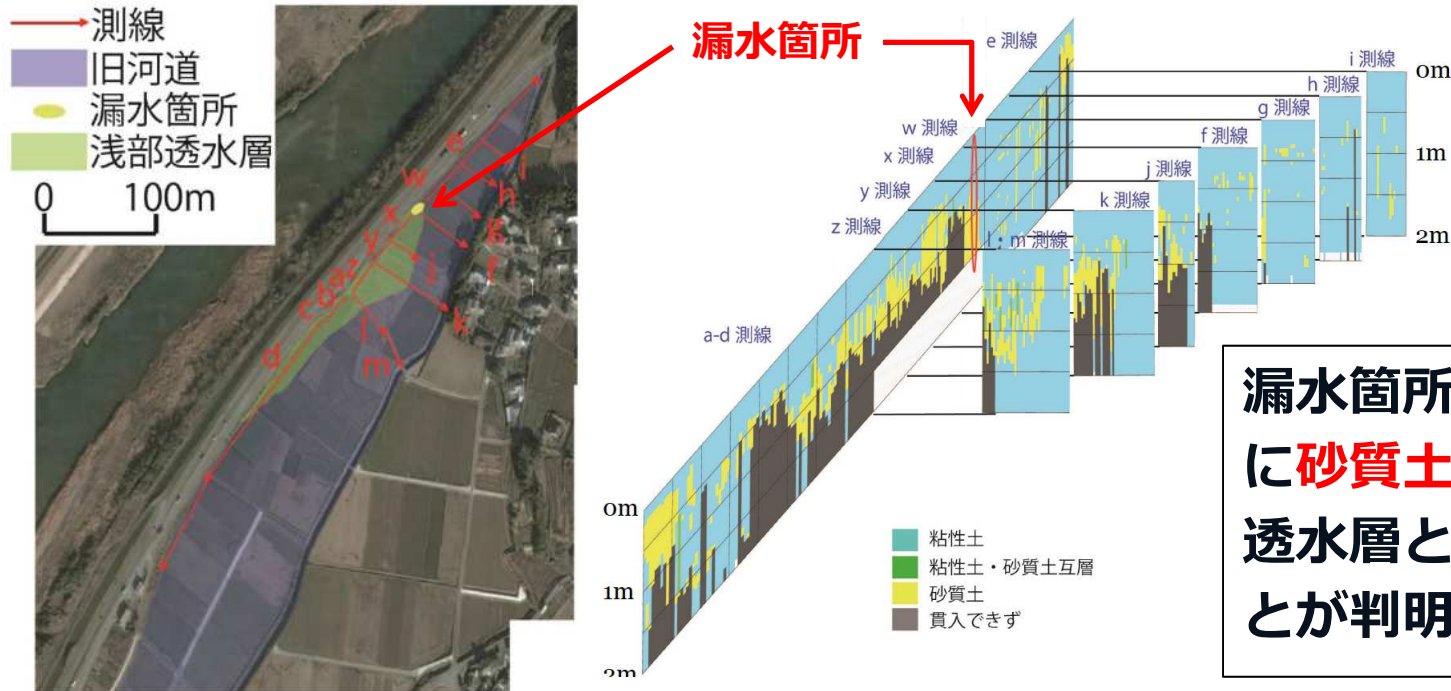


崩壊深か土層深



崩壊危険性評価図

- 堤防漏水箇所周辺の堤内側基礎地盤において稠密（2m間隔）な土検棒調査を実施
- 貫入時の手応えや音から、地盤構成材料（砂、粘土等）を判定し、限界貫入深度とともに記録、断面図を作成
- 河川周辺の地盤構造を極めて安価に推定でき、災害の原因調査のほか、対策工の施工範囲の決定など、幅広く利用が可能



- 表層崩壊の危険箇所を予測するため、土層深と土質強度を迅速に測定できる土層強度検査棒（どけん棒）を開発
- **軽量**で持ち運びが容易なため、山間部での調査を効率化
- 土検棒貫入試験により**2～3分で土層深を測定**できる。貫入強度の計測により換算N値等への変換も可能。
- 貫入時の音や手応えから、概略の地質区分も判定可能
- ベーンコーンせん断試験により**土のせん断強度を推定**できる。ただし、設計に用いる際には、室内試験の併用が望ましい。
- **斜面における危険箇所の抽出と安定度評価のほか、堤防基礎の漏水原因調査など、幅広い分野へ適応可能**

- ・ **土木研究所地質チームHP**

土層強度検査棒の紹介ページ（動画あり）

(https://www.pwri.go.jp/team/tishitsu/topics_dokenbo.htm)

土木研究所資料第4176号「土層強度検査棒による斜面の土層調査マニュアル（案）」

（上記HPより閲覧・ダウンロード可能）

- ・ **研究コンソーシアム「土層強度検査棒研究会」HP**

(<http://dokenbo.org>)

- ・ **ご不明な点は土研地質チームまでお問い合わせください**

TEL : 029-879-6769

E-mail: geology@pwri.go.jp