

# らんど すらいど

39

(公社) 日本地すべり学会関西支部

2023

# CloudCompare の活用事例

Some effective usage examples with the CloudCompare of 3D point cloud processing software

三浦一宏（復建調査設計株式会社）

Kazuhiro MIURA (Fukken.Co.Ltd)

## 1. はじめに

近年、国土交通省が推進する BIM/CIM の活用や i-construction 政策により、3次元点群データの活用が精力的になっている。しかし、3次元点群データの解析については、有償のソフトウェアがほとんどであり、無償のソフトウェアはビューアー機能のものや、利用可能な編集機能を限定しているものが多い。その中で、CloudCompare は 3次元点群データの表示及び座標の抽出、サンプリング、解析など機能が充実している。本稿では、このソフトウェアを効果的に活用した 3つの事例を紹介する。

## 2. 活用事例

### (1)等高線の作成

CloudCompare では、地表面の点群データから任意の間隔での等高線を生成することが可能なため、一般的な LP データを用いた測量成果（1m 等高線）より詳細な地形図の作成が可能である。等高線を詳細にすることで、より詳細な地形を確認することが可能となり、湧水地点の抽出など微地形判読に活用できた。また、道路面の僅かな勾配等の把握や、人工構造物の高さ・範囲など詳細な構造物の形状も把握できた。

### (2)差分解析による土量の算出

陥没地形の 3次元点群データを取得し、地表面と重ねることで差分解析による流出土量の算出が可能である。同様に陥没箇所の下方に堆積した土量も算出可能である。2次元で算出した場合と比べて、より詳細な土量を把握できた。

### (3)礫径計測による体積の算出

礫の 3次元点群データを取得することで、従来の礫径計測よりも、より精度良く形状、体積等の情報の取得が可能であった。落石調査等での活用が考えられるが、薄い礫（高さが無い礫）は地表面か礫かの判別が点群データのみでは困難であるため、カラー点群の取得や、現地状況写真の併用の必要があることが分かった。

## 3. まとめ

上記のように CloudCompare を利用することで、3次元点群データから様々な解析が手軽に実施でき、微細な等高線や正確な地形情報などの定量的な形状諸元を得ることができる。これからも CloudCompare を用いて BIM/CIM の活用を進めていきたい。

# CloudCompareの活用事例

復建調査設計株式会社 大阪支社技術部 河川砂防技術課  
三浦 一宏

目次

- 01 はじめに
- 02 CloudCompare とは
- 03 活用事例 1
- 04 活用事例 2
- 05 活用事例 3
- 06 まとめ

■ CloudCompareの活用事例



復建調査設計株式会社  
FUKEX FUKKEN CO., LTD.



## ① はじめに



◎近年、BIM/CIMやi-constructionなどの新技術の流れにより、**点群データ**の活用が盛んになってきている



点群データの処理をしてくれるソフトはあまり多くなく、ほとんどが有償のソフトとなっている。無償のフリーソフトはビューアーが多く、特に機能が充実しているソフトは多くない



無償ソフトの中で、多機能であるCloudCompareについて、紹介させて頂く

## ② CloudCompare とは



車載レーザ計測  
(MMS)



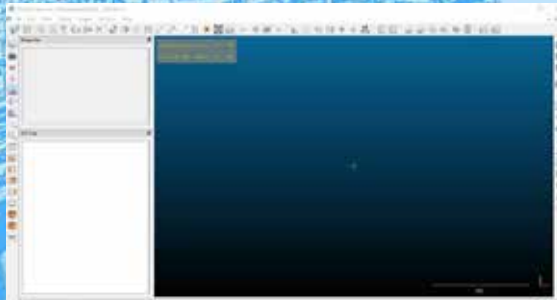
UAVレーザ計測



SLAMレーザ計測



iPhone/ipad  
LiDARスキャナ



点群データ（生データ）を処理、解析可能なソフト



## ② CloudCompare とは



取得した生データを取り込んで編集



点群データ

3D object



変換  
laz、  
text、  
dxf  
shp

- ・位置合わせ
- ・必要範囲の切り取り
- ・樹木のフィルタリング
- ・間引き（容量の軽減）
- ・メッシュ作成 ・等高線作成
- ・縦断面図、横断面図の作成
- ・動画・静止画の作成
- ・様々なファイルへの変換

他にも  
laz、  
text、...  
等  
読み込み可能

他のソフトで基本処理をする場合

textファイル  
lazファイル  
simaファイル



「閲覧する」目的で使用する場合

textファイル



rcpファイル

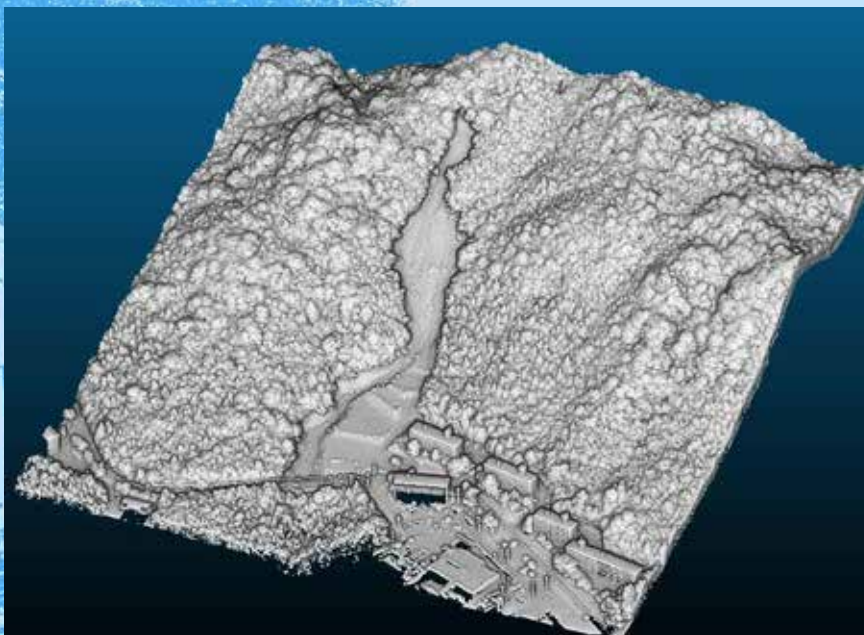


設計目的で使用する場合

laz、text、  
dxf、shp...



## ③ 活用事例①【等高線の作成】



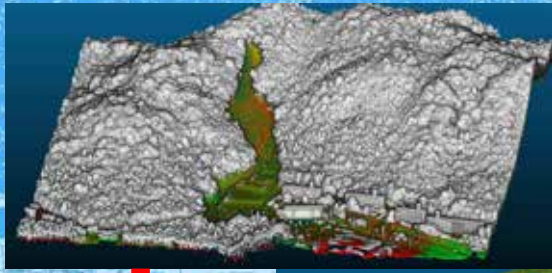
本来、点群データは時間を掛けて解析しなければ使えない  
(例：座標の記入や位置合わせなど)



ただし、等高線作成程度なら数十分で作業可能



### ③ 活用事例①【等高線の作成】

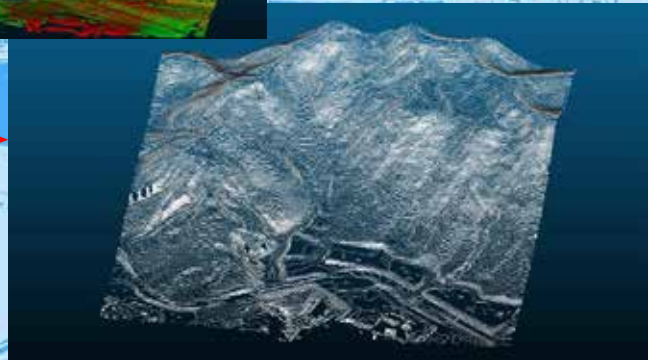


点群データからメッシュデータを作成  
メッシュの一番低い点群を抽出し、地表面を作成



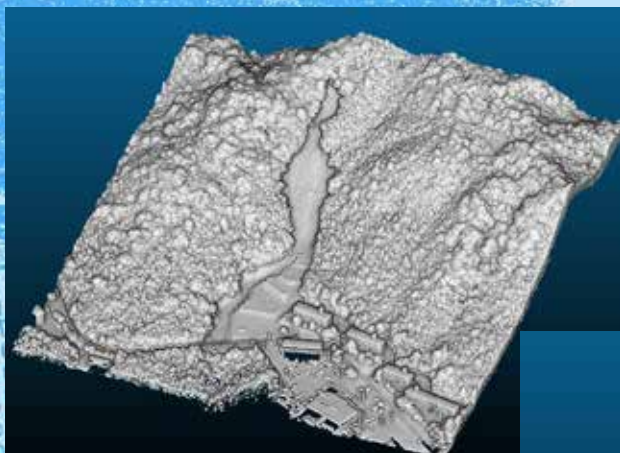
抽出した地表面をラスタ  
ーに変換

ラスタ  
ーから等高線を作成



 復建調査設計株式会社  
FUKEN CO.,LTD.

### ③ 活用事例①【等高線の作成】



点群データから等高線  
(0.5mピッチ)を作成  
→等高線は好きなピッチで  
作成可能

一部、樹木による異常値を確認

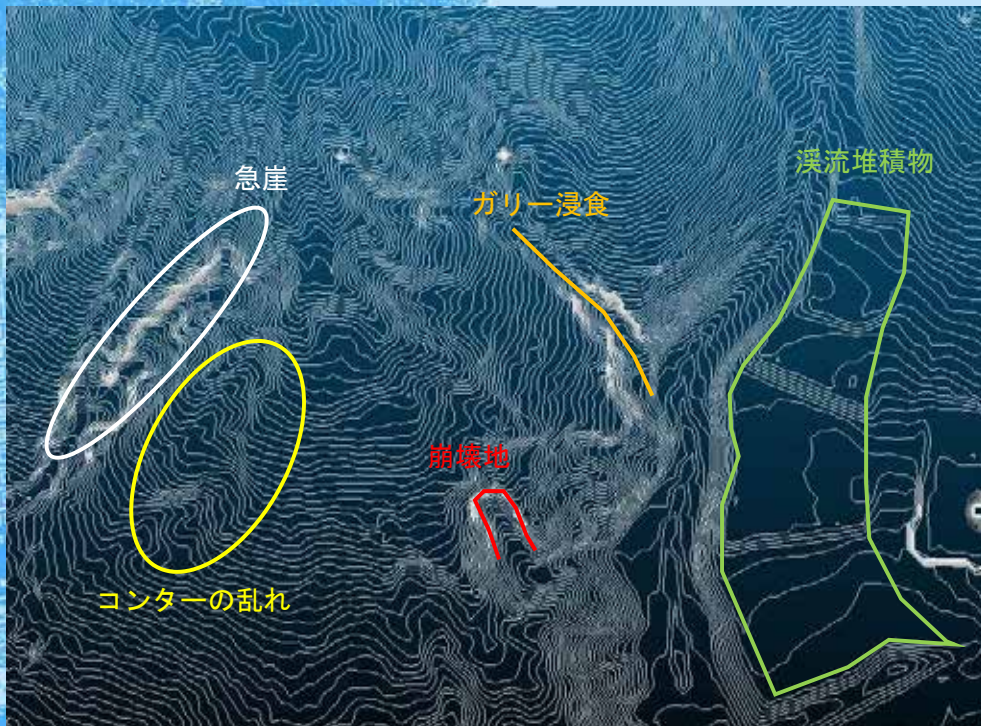


一部では、樹木により  
正しい地形になっていないが、  
ほとんどは問題ない

 復建調査設計株式会社  
FUKEN CO.,LTD.



### ③ 活用事例①【等高線の作成】



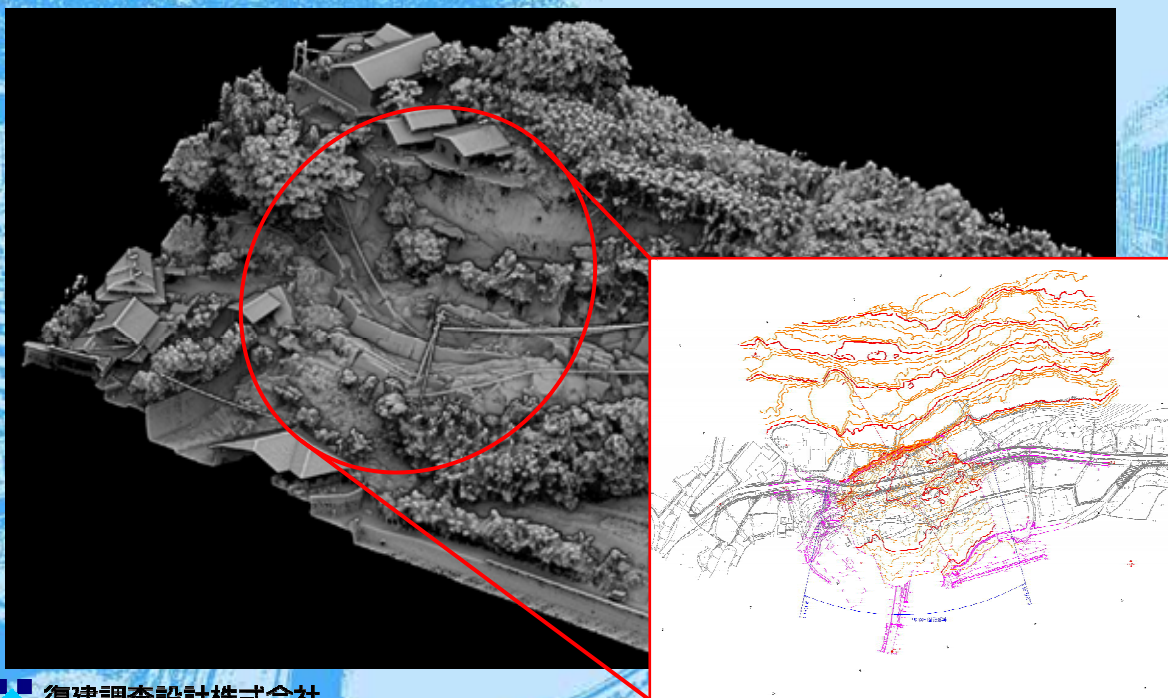
コンターを詳細にすることで、地形も見やすく、定量的に使用可能なデータとなる

復建調査設計株式会社  
FUKEN CO., LTD.

### ③ 活用事例①【等高線の作成】



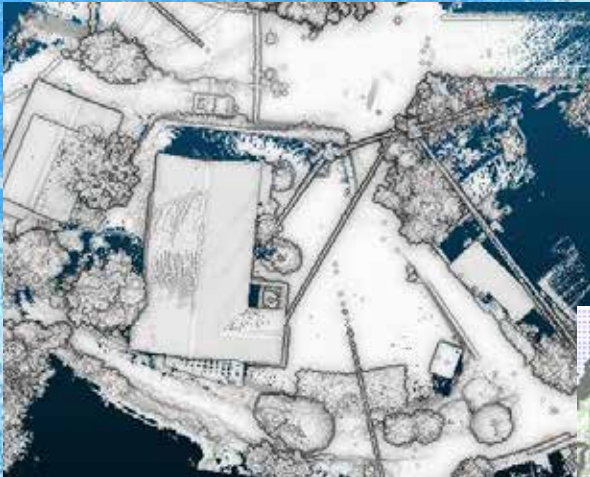
○点群データを取得した際のあるある  
位置合わせや解析を色々行うけれども、設計に使用するのはごく一部  
→生データを使用しても案外よいのではないか？



復建調査設計株式会社  
FUKEN CO., LTD.



### ③ 活用事例①【等高線の作成】



生データを使用した等高線の作成



詳細な現地状況の把握も可能  
→道路面の僅かな勾配の把握  
→人工構造物の高さや範囲  
→細かな地形(ガリーや崩壊, 湧水など)

復建調査設計株式会社  
FGEX FUKKEN CO., LTD.

### ③ 活用事例①【等高線の作成】



等高線をトレースしたポンチ絵の作成



現地で描くポンチ絵よりも  
高精度の可能性

復建調査設計株式会社  
FGEX FUKKEN CO., LTD.



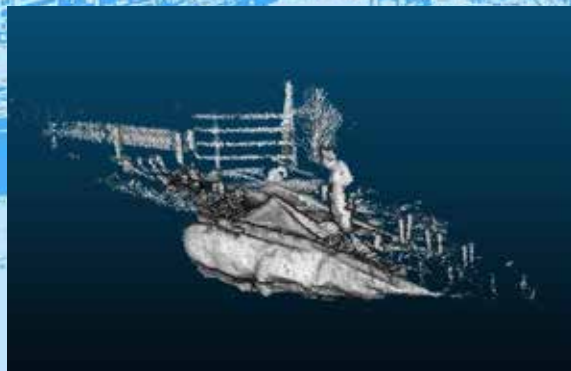
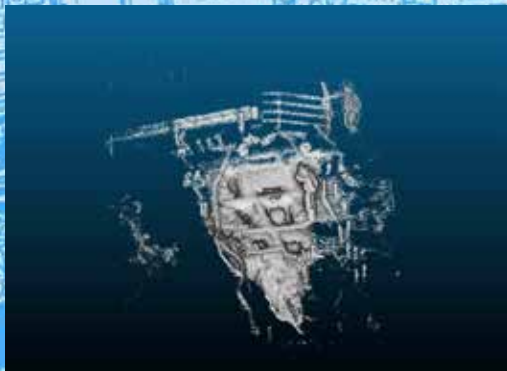
#### ④ 活用事例 2 【差分解析による土量の算出】



- ・ 陥没地形の点群データを取得



SLAM点群



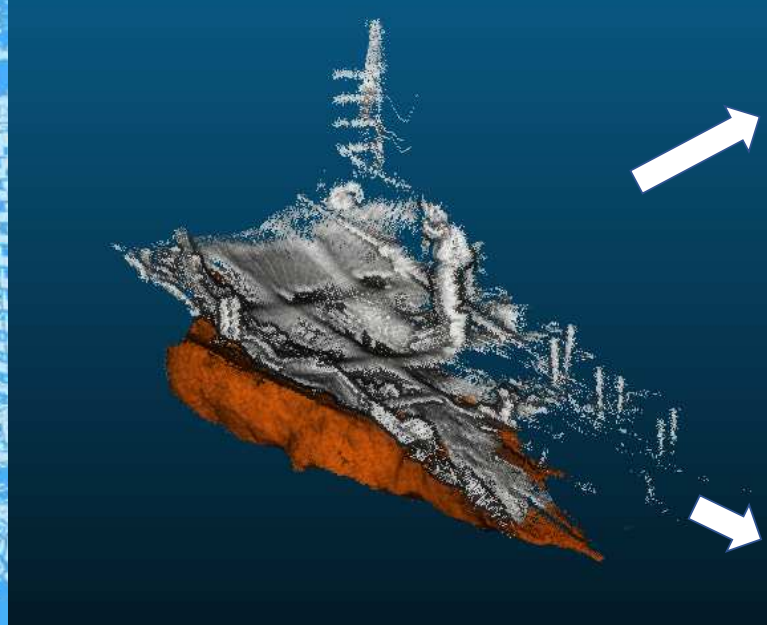
復建調査設計株式会社  
FGEX FUKKEN CO., LTD.

#### ④ 活用事例 2 【差分解析による土量の算出】

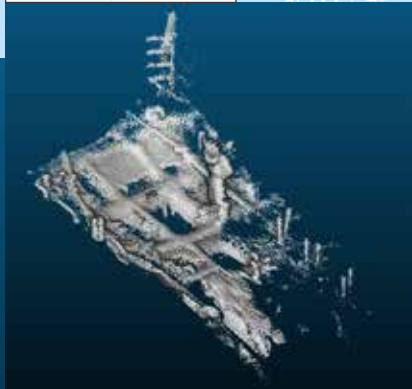


差分解析により土量の算出

陥没の規模、空洞の状況の把握が可能



地表面

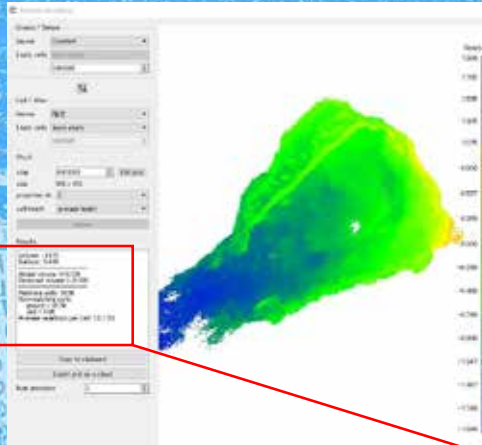


陥没地形



復建調査設計株式会社  
FGEX FUKKEN CO., LTD.

#### ④ 活用事例 2 【差分解析による土量の算出】



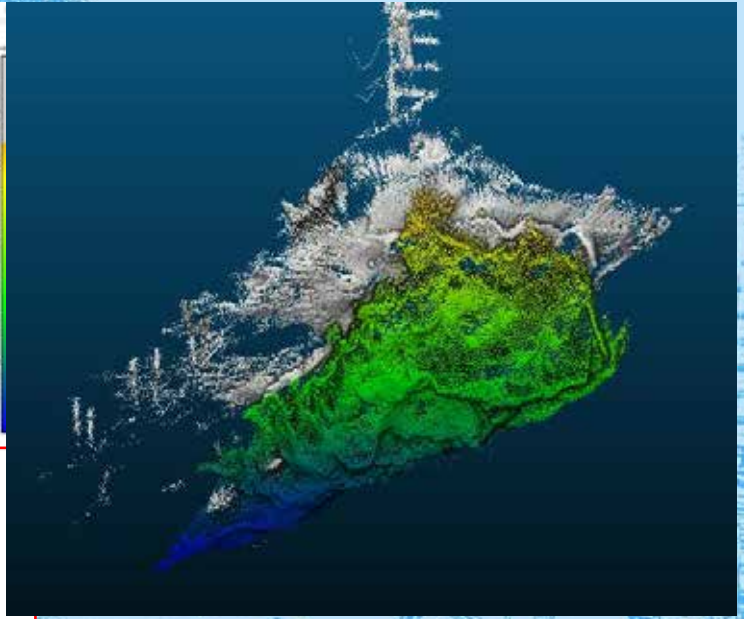
Volume: -9.079  
 Surface: 10.490

---

Added volume: (+)0.226 → 堆積土量  
 Removed volume: (-)9.305 → 流出土量

---

Matching cells: 39.3%  
 Non-matching cells:  
     ground = 60.7%  
     ceiling = 0.0%  
 Average neighbors per cell: 7.8 / 8.0



Cloud Compare上で土量を求めることが可能



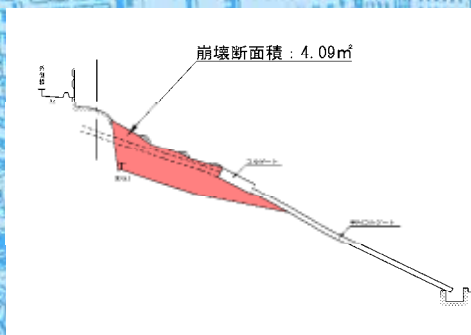
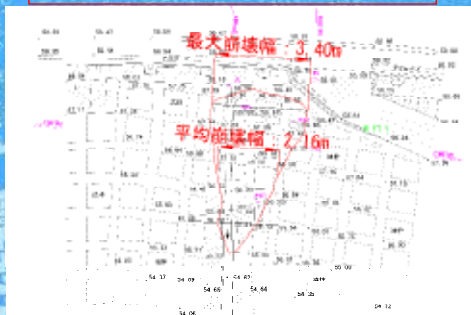
土量は流出土量、堆積土量が算出可能

復建調査設計株式会社  
 FUKEN CO., LTD.

#### ④ 活用事例 2 【差分解析による土量の算出】

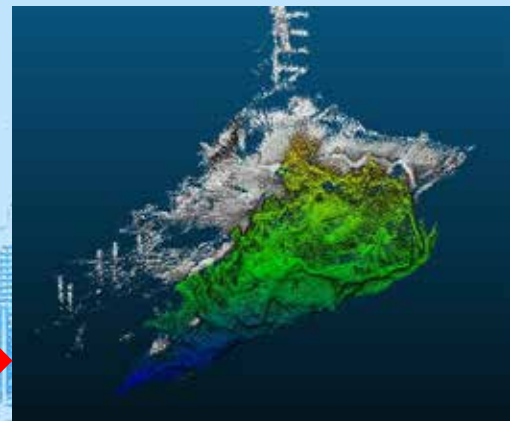


2次元で算出：平均断面法



土量：2.16m × 4.09㎡ = 8.79m³

3次元で算出：差分解析



Volume: -9.079  
 Surface: 10.490

---

Added volume: (+)0.226  
 Removed volume: (-)9.305

---

Matching cells: 39.3%  
 Non-matching cells:  
     ground = 60.7%  
     ceiling = 0.0%  
 Average neighbors per cell: 7.8 / 8.0

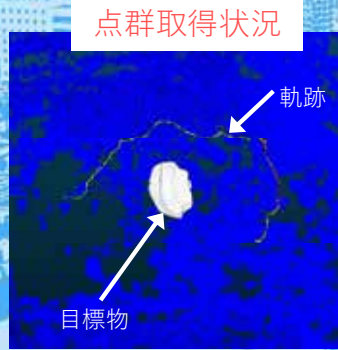
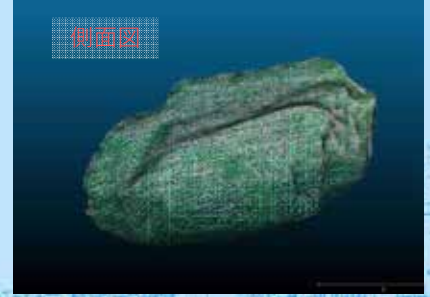
流出土量：9.305m³

3次元で解析することにより詳細な土量を算出可能

復建調査設計株式会社  
 FUKEN CO., LTD.



## ⑤ 活用事例 3 【礫径計測による体積の算出】



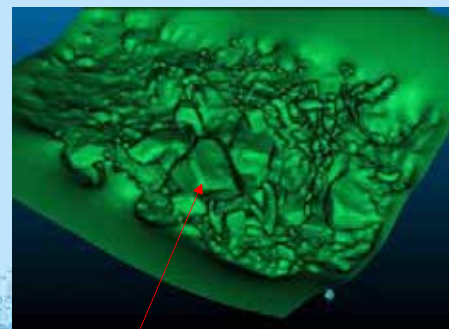
従来の礫径計測よりも、より精度良く形状、体積等の情報の取得が可能



## ⑤ 活用事例 3 【礫径計測による体積の算出】



メッシュ作成



体積及び長さを把握することが可能

- ・ 落石調査等で使用することが出来る。
- ・ ただし、薄い礫(高さが無い礫)は判別が難しい  
→ 同時に写真を取ることで対応可能か
- ・ 将来的には、iPhoneで落石調査を行えば…  
(精度的な不安はあるが)



## ⑥ まとめ



### ▶ まとめ

- ・ 等高線の作成自体は簡易であり、**定量的に使用可能なデータ**が手に入る
- ・ 生データを使用することで**精度の高いポンチ絵**が書けるとともに、**現地状況も把握**できる
- ・ どの現場でも点群さえ取れば活用出来る。特に**災害現場**で活かせるのではないか
- ・ 解析を行うことで**差分解析**や**体積**等も求めることが出来る
- ・ 点群データは何で取得したかで、精度に差が出るため**注意が必要**
- ・ 点群取得機器（SLAM、MMS）等は、公共測量が可能になるようにマニュアルが制定されている。 今後、点群データを使う頻度は高くなると考えられる





# 長崎県第三紀層地すべりの発生メカニズムと対策

## Mechanism and countermeasures of the Tertiary strata landslide, in Nagasaki prefecture

渡邊 聡, 中井 真司 (復建調査設計株式会社)  
Satoshi WATANABE, Shinji NAKAI (Fukken Co.,Ltd.)

令和元年 8 月 27 日から 29 日にかけての、60 分最大雨量 63.0mm/h・24 時間最大雨量 379.5mm・累積雨量 507.0mm (アメダス松浦観測所) の豪雨により、長崎県松浦市今福地区で幅約 90m、長さ 75m の地すべりが発生した。この地すべりの特徴として、頭部に段差 12m 程度の滑落崖が形成され、地すべりブロック上部域は大きく崩落し、市道は完全に破壊され約 15m 下方に押し出されるなど、変動量が大きいにもかかわらず、移動土塊内の家屋の破壊は少ない点が挙げられる。このことから、非常にゆっくりと動いた地すべりであると考えられる。

ボーリング調査結果より、地すべりは粘土層の底面をすべり面として概ね 1 つの流れ盤の面上に分布しており、その最大傾斜方向は運動方向よりも終点側 (北側) に傾き、起点側より終点側の方がやや深いことが明らかとなった。このため、末端部のすべり面形状は、主測線より起点側では直線状に抜け出すが、終点側では受働破壊により、末端部土塊を押し上げるように抜け出していると考えられる。これは地表の変状とも調和的であり、このように、終点側の末端部が受働域となることに加え、終点側部にサイドフリクションが働くことから、地すべりは最大傾斜方向よりもやや起点側に向かって滑動したものと考えられる。

地すべり対策工の検討にあたっては、まず横ボーリング工により地下水を低下させた上で不足する抑止力に対して抑止工を組合せる方針としたが、当地すべりは椅子型の直線すべりであり末端部に明瞭な抵抗域を有しないため、鋼管杭だけで抑止しようとする「抑え杭」の形式となり、規模の大きな諸元となるため経済的に不利であった。そこで、杭背面に受働域を作るために、地すべり変動によりルーズな状態であった末端部を改良土による人工地盤としたうえでグラウンドアンカーを配置し、「くさび杭」が成り立つようにすることで、どちらの対策工も小規模な諸元に収めることができた。また、横ボーリング工については、人工地盤背後に水が溜まらないように配置した。

本対策では、横ボーリング工、鋼管杭工、グラウンドアンカー工など多様な工種を組合せ、市道復旧も含め、工程ごとの安全を確保しながら段階的に地すべりを安定化させる設計とした。施工後の現地確認では、横ボーリングの全孔から排水が認められ、特にすべり面が深くなる終点側では多量の地下水を効果的に排水できていた。復旧した市道を含む地表面にも変状はなく、対策工は効果を発揮しているものと考えられる。

# 長崎県第三紀層地すべりの 発生メカニズムと対策

渡邊 聡（復建調査設計株式会社）

## -目次-

1. 地すべりの概要	
1-1 被災の概要	3
1-2 地質の概要	5
2. 地すべりの発生メカニズム	
2-1 地すべりの変動状況	7
2-2 地すべりの変動速度	8
2-3 地すべり周辺の地層	9
2-4 湧水、水たまり状況	10
2-5 地すべりの形状と変動方向	11
2-6 すべり面形状	12
2-7 地すべりの発生メカニズム	14
3. 地すべり対策工の設計	
3-1 対策工法の選定	16
3-2 対策工法の設計	18
3-3 施工後の状況	21

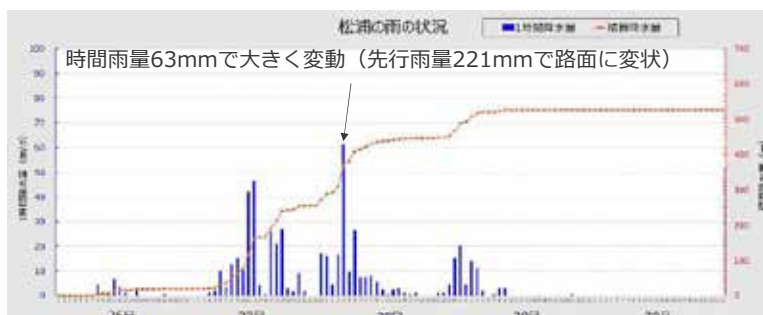
## ①地すべりの概要

### 1-1. 被災の概要



被災幅 : 約90.0m  
被災長さ: 約75.0m  
被災日時: R1年8月28日

[アメダス松浦観測所]  
24時間最大雨量 379.5mm  
8月27日7:30 ~ 8月28日7:30  
60分最大雨量 63.0mm  
8月28日2:58 ~ 3:58  
8/27~8/29累積雨 507.0mm



3



## 1-1. 被災の概要



市道3路線と家屋が被災

4

## 1-2. 地質の概要

周辺地質は、新第三紀中新世前期の佐世保層群に属する世知原層を基盤岩とし、これを第四紀の玄武岩溶岩が覆っている。  
地すべり地では、世知原層を覆って、玄武岩溶岩を起源とする未固結の崩積土が堆積している。



新第三紀中新世前期の佐世保層群 Eocene and oligocene basaltic volcanic formation	玄武岩 Andesite-basalt
第四紀 Quaternary	砂岩・泥岩 Sandstone, mudstone, siltstone and coal

国立研究開発法人 産業技術総合研究所地質調査総合センター地質図Navi「唐津」に調査位置(再丸)を追記

5

## ②地すべりの発生メカニズム

### 2-1. 地すべりの変動状況



① 段差12m程度の滑落崖



③ 下部市道の押し出し



② 上部市道は完全に破壊  
(開口亀裂に囲まれたブロックに分離)  
約15m下方に移動している



## 2-2. 地すべりの変動速度

変動量は大きいですが、ゆっくり?



地すべり頭部は12mも滑り落ちた  
(写真の家はもともと上にあった)



④ 瓦や窓の破壊は少なく、  
一緒に落ちたプランターはそのまま。



食器棚の中も、あまり乱れていない。 8

## 2-3. 地すべり周辺の地層



⑤ 地層境界は終点に向かって深くなる。  
縦系の潜在的な亀裂も認められる。



⑥ この付近の地表面は崩積土のみ分布する。



⑦ 終点境界部は崩積土がやや薄くなる

地層境界が凹形状となる。  
⇒層境界に沿って終点側に地下水が集まりやすい地下構造を有している

9

## 2-4. 湧水、水たまり状況



8月28日の空中写真（○は湧水等地点）



⑧地点の水たまり（8月29日）



⑨地点の水たまり（8月29日）



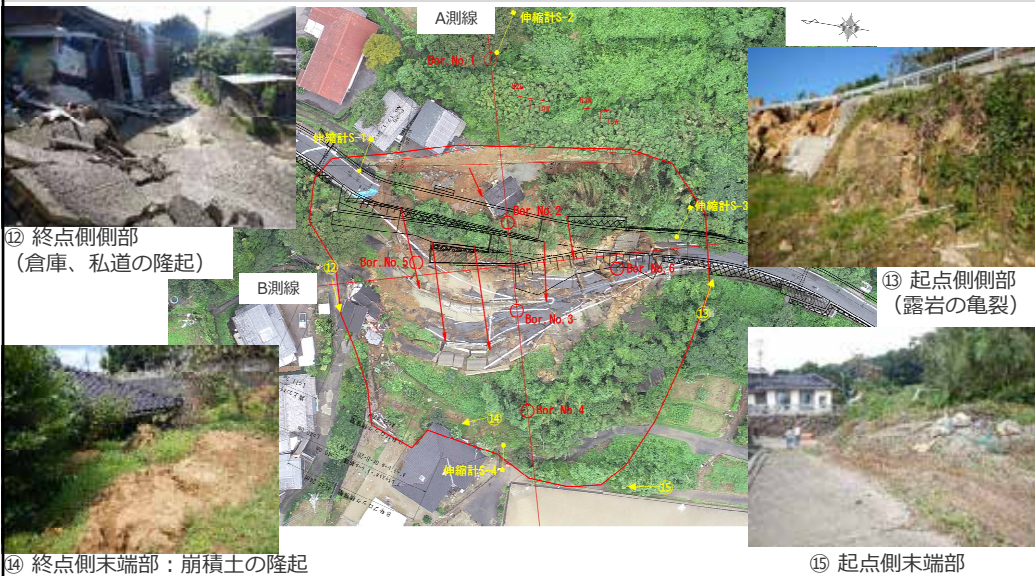
⑩地点の湧水（10月28日）



⑪地点の湧水（8月29日）

10

## 2-5. 地すべりの形状と変動方向



⑫ 終点側側部  
(倉庫、私道の隆起)

⑬ 起点側側部  
(露岩の亀裂)

⑭ 終点側末端部：崩積土の隆起

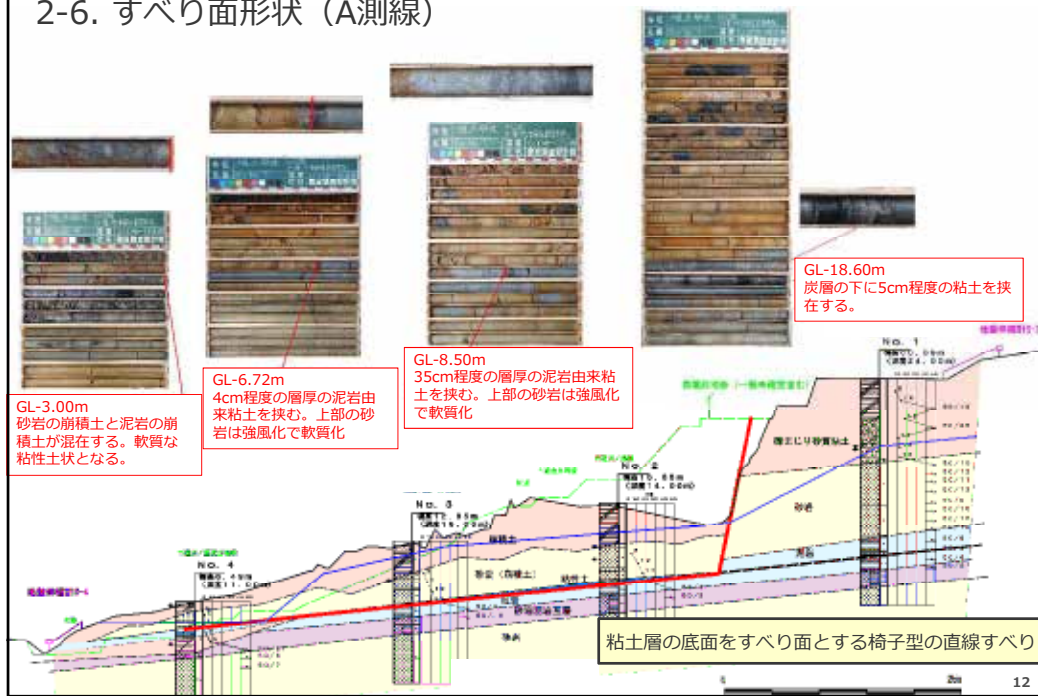
⑮ 起点側末端部

調査測線の設定については、被災後の空中写真に被災前の道路線形を重ね合わせることで、運動方向を推定し決定した。

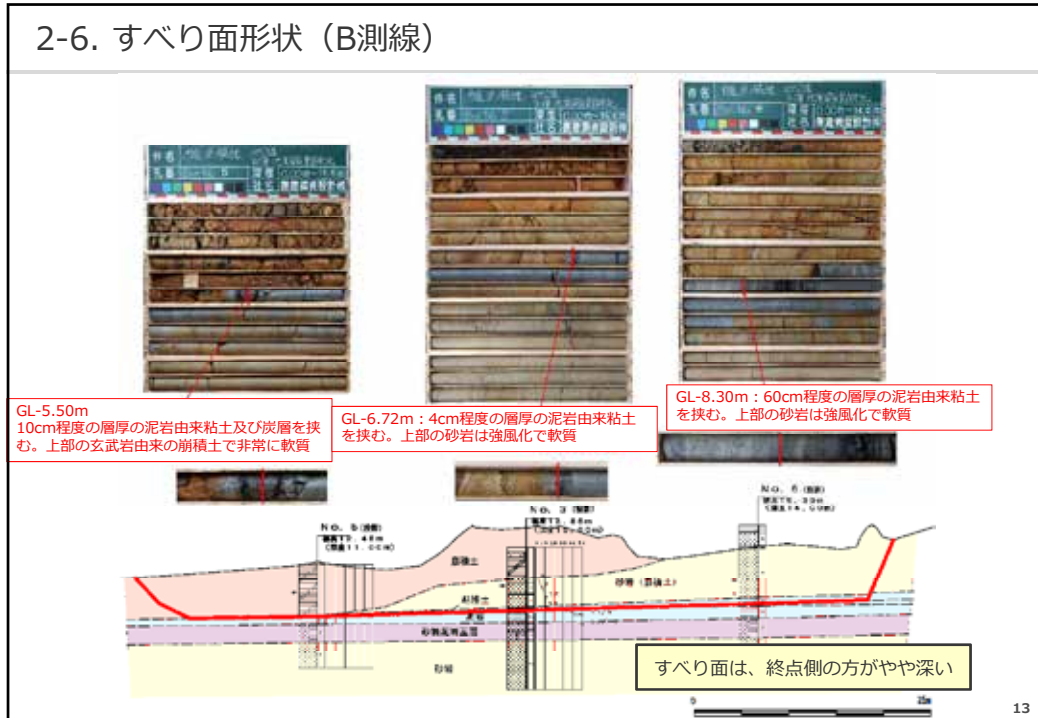
11



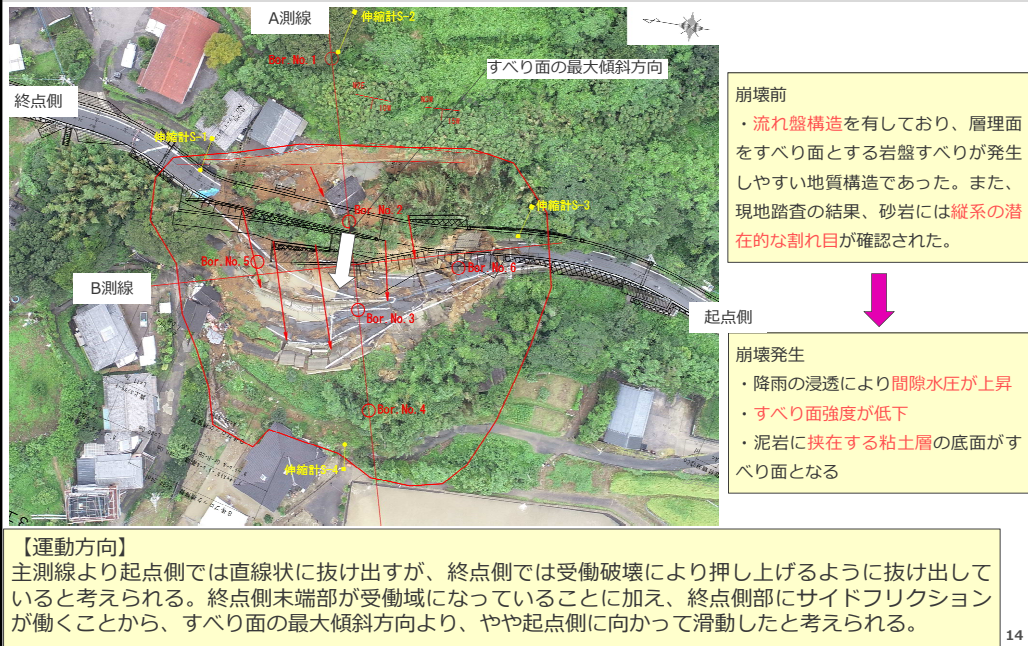
## 2-6. すべり面形状 (A測線)



## 2-6. すべり面形状 (B測線)



## 2-7. 地すべりの発生メカニズム



14

## ③地すべり対策工の設計



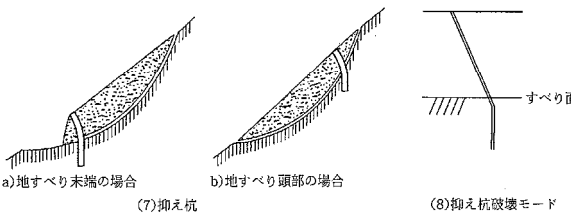
### 3-1. 対策工法の選定

対策の対象とするすべりは、地下水の集まりやすい箇所位置し、降雨による地下水上昇を誘因とした地すべりであるため、地下水排除工は有効な対策工法であると考えられる。このため、横ボーリング工を採用した。



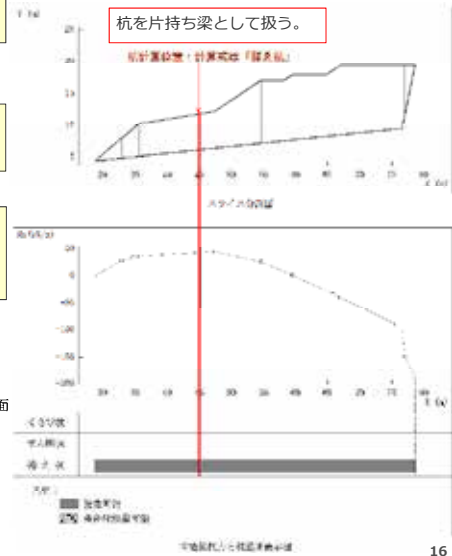
不足する抑止力に対して、鋼管杭工、グラウンドアンカー工、軽量盛土工を組み合わせた案を比較検討した。

本地すべりは末端部に明瞭な抵抗域を有しないため、鋼管杭だけで抑止しようとする「抑え杭」の形式となる。⇒規模の大きな諸元となるため、経済的に不利となる。



新版 地すべり鋼管杭設計要領、監修日本地すべり学会、発行斜面防災対策技術協会、2003、p.31より引用

#### 対策検討案①：横ボーリング工 + 鋼管杭（抑え杭）



### 3-1. 対策工法の選定

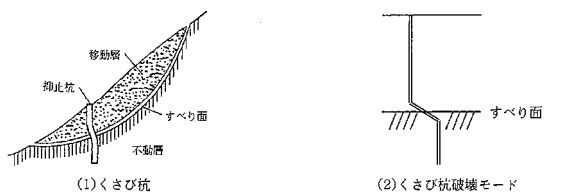
鋼管杭だけで抑止しようとする、「抑え杭」の形式となり、規模の大きな諸元となるため、経済的に不利となる。



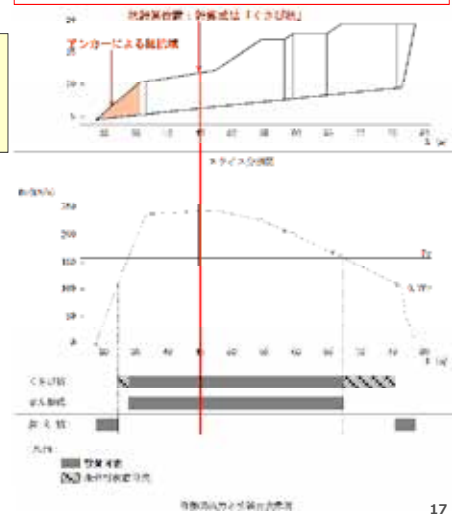
末端部にグラウンドアンカー工を配置し、杭背面に受働域を作ることで「くさび杭」が成り立つ。⇒鋼管杭工、グラウンドアンカー工とも小規模な諸元に収まる。

#### 対策検討案②：横ボーリング工 + グラウンドアンカー工 + 鋼管杭（くさび杭）

杭が移動層と一体となって移動し、すべり面の上下でたわむときに発生する抵抗力で地すべりに抵抗。



新版 地すべり鋼管杭設計要領、監修日本地すべり学会、発行斜面防災対策技術協会、2003、p.31より引用

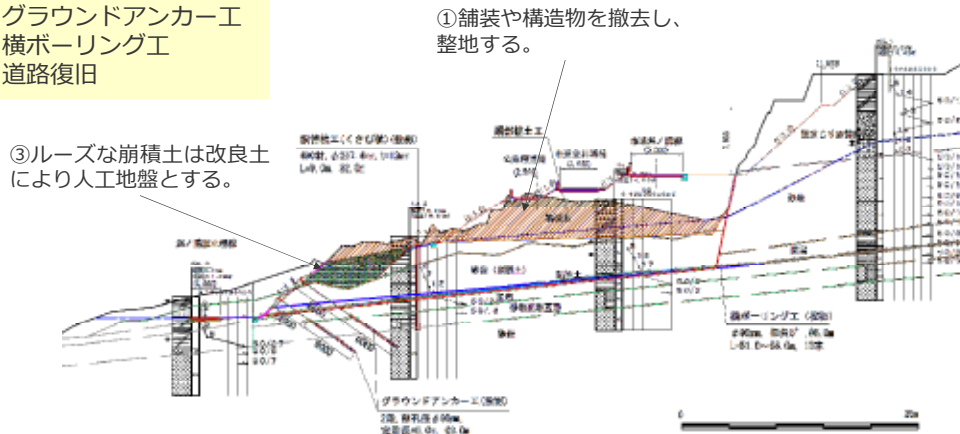


### 3-2. 対策工法の設計

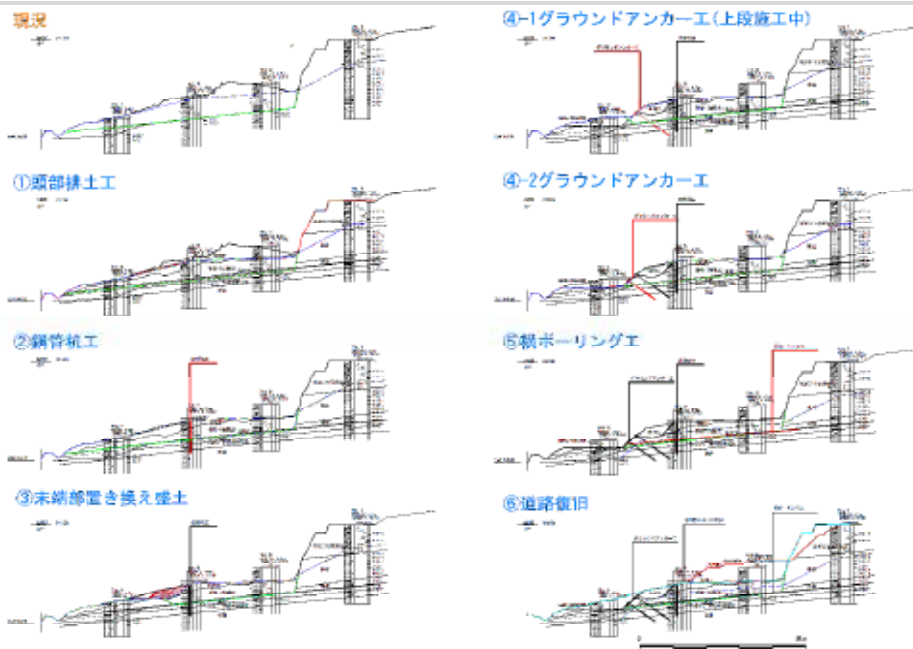
選定案：横ボーリング工+グラウンドアンカー工+鋼管杭（くさび杭）

- 【施工ステップ】
- ① 頭部排土工
  - ② 鋼管杭工
  - ③ 置き換え盛土
  - ④ グラウンドアンカー工
  - ⑤ 横ボーリング工
  - ⑥ 道路復旧

←工程ごとの安全を確保しながら  
段階的に地すべりを安定化

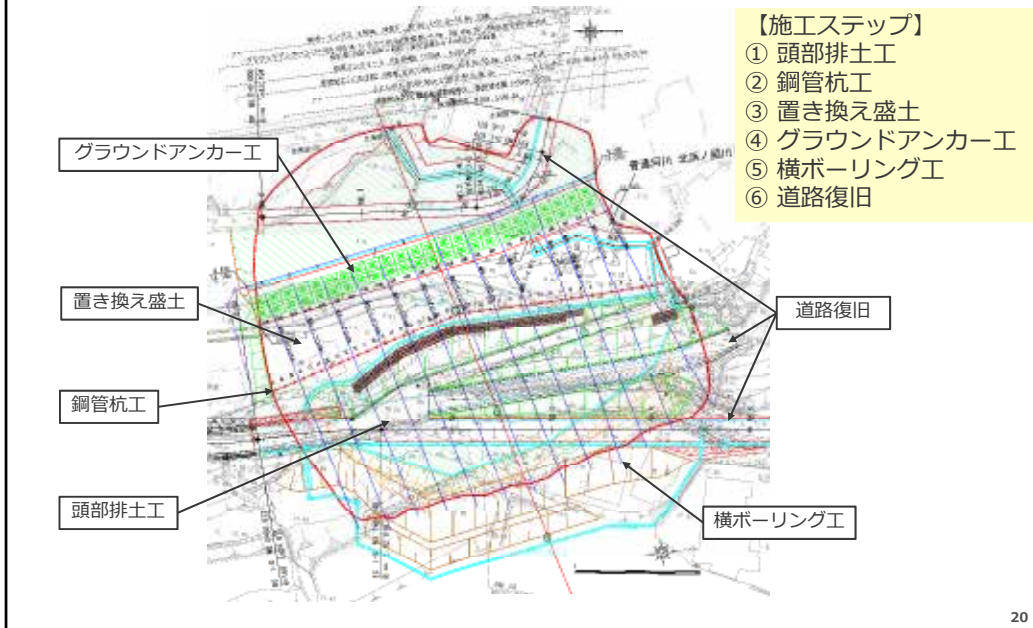


### 3-2. 対策工法の設計（施工ステップ図）





### 3-2. 対策工法の設計



20

### 3-3. 施工後の状況



21

# 施工中のアンカー工を対象としたアンカー荷重観測事例 Case study of anchor load observation for anchor work under construction

下郡 裕之、岡村 洋、山本 亮輔、宮地 修一（株式会社地研）  
Hiroyuki Shimogoori, Hiroshi Okamura, Ryousuke Yamamoto, Shuichi Miyaji  
(Chiken Co'ltd)

## 1. はじめに

本稿では、全計画の約 22%が施工された状態である施工中のアンカー工に対して、荷重計による連続的なアンカー荷重の観測を行うことで、アンカー工の健全性や地すべり滑動の有無を評価した事例を紹介する。これまでの観測で、荷重計は地すべり滑動によるアンカー荷重の増加と思われる変化を捉えており、アンカー工の健全性が徐々に低下し続けていることが確認されている。

なお、発注者の意向により、詳細な調査位置の紹介を控えさせていただくことをご了承ください。



写真-1 調査地に設置したアンカー荷重計と設置状況

## 2. 調査地概要

調査地は、高知県大豊町の三波川帯・御荷鉢緑色岩類が分布する地域で(図-1)、地すべりブロックが数多く分布することで知られている<sup>2)</sup>。

調査地は、一級河川吉野川支川の右岸側の北西～西向き斜面に位置し、標高 900～1000m に大規模な滑落崖を有する地すべり防止区域に該当する(写真-2、図-2)。区域内には安定または小康状態を保っているものを含めて、



図-1 調査位置図<sup>1)</sup>



多くの地すべりブロックが存在している。

本調査地は、北西側に位置する A ブロック内の A-1 ブロックである。A-1 ブロックは、幅 74m×長さ 65m 程度の地すべりブロックであり、内部には A-3 および A-4 の二つの小ブロックを内包する。ブロックを横断する町道には、亀裂や陥没が断続的に発生しており、地すべり変状が顕著に現れている(写真-3)。本ブロックでは、2009～2017 年頃まで実施されてきた観測により、幅 74m、深さ 14m 程度の舟底型のすべり面形状が確定している(図-3)。すべり面は強風化岩帯を通過しており、すべり形態はいわゆる「風化岩盤すべり」に分類される。



写真-2 地すべり防止区域写真



写真-3 町道の地すべり変状

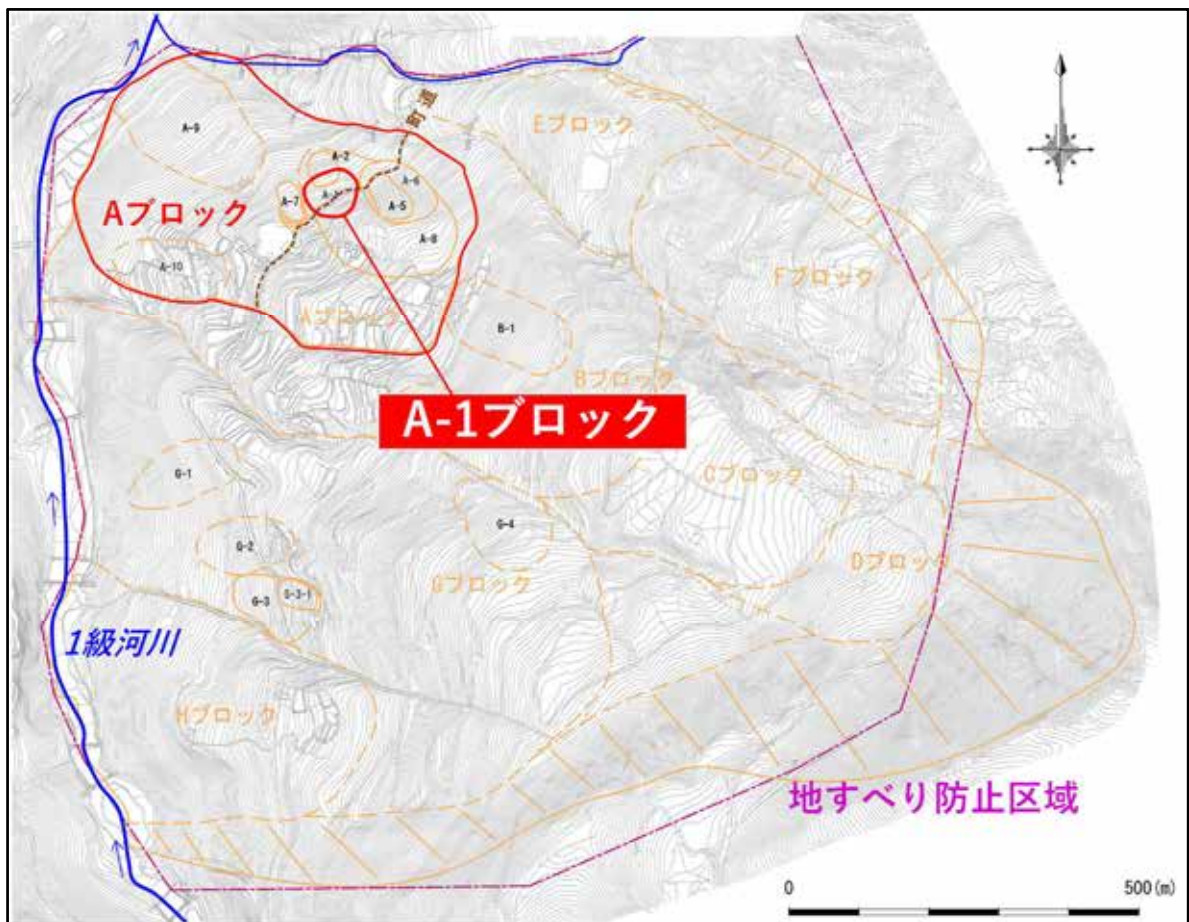


図-2 地すべり防止区域平面図と調査対象の地すべりブロック

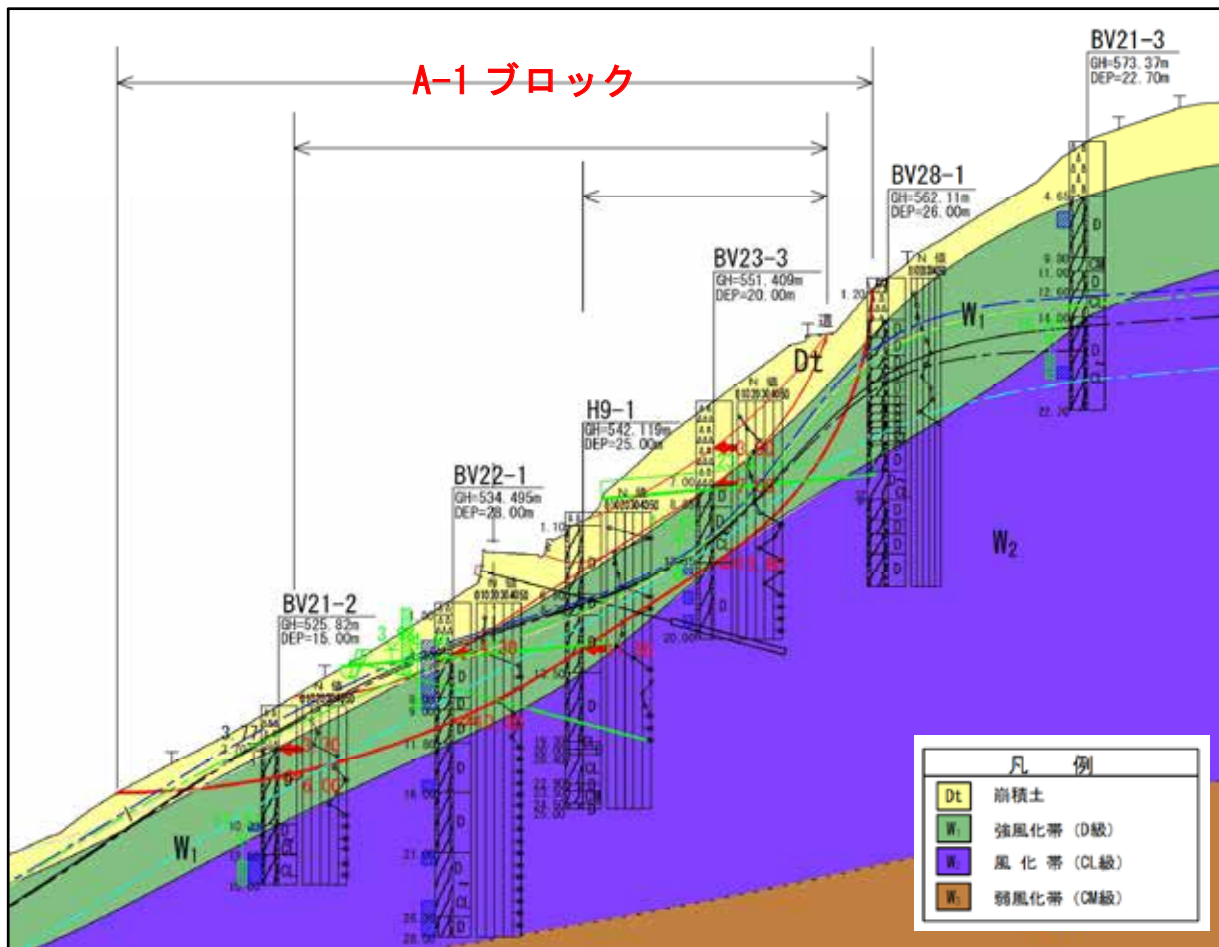


図-3 A-1 ブロック断面図

### 3. 調査の経緯

A-1 ブロックでは、地すべり調査結果を受け、対策工として 59 本のアンカー工が計画され、2013 年にはアンカー工のうち 13 本(22%)が施工された(図-4)。ところが、地元住民との協議難航により、施工が中断している。このまま施工が滞ってしまえば、地すべりの滑動により施工中のアンカー工の健全性が損なわれる可能性があるためと判断されたことから、A-1 ブロック中央部の施工済みアンカー工 1 箇所を対象に荷重計を設置し、アンカー荷重を観測することで、アンカーの健全性と地すべり滑動の有無を評価することとなった。

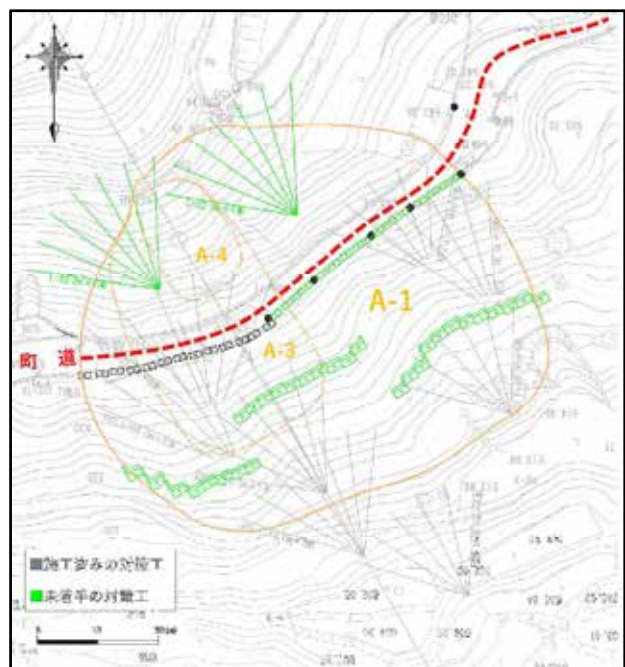


図-4 アンカー工計画位置



#### 4. 観測システムと体制

現在、A-1ブロックでは、既設アンカー工1箇所に設置した荷重計、町道に設置した6箇所の移動杭、4箇所の地下水位観測孔を用いた観測が継続されている(図-5)。なお、水位計 BV23-3 と同位置に孔内傾斜計も設置されていたが、アンカー施工開始前に表層部の滑動に伴う孔曲がりによって観測不能となっている。そのため、地盤内の地すべり滑動を観測する手段がないのが現状である。

荷重計は、(株)東京測器研究所製・圧縮センターホール型荷重計 KCE-1.5MNA を用いた(表-1)<sup>3)</sup>。荷重計の観測データは1時間単位で収録装置に記録されるよう設定しており、定期的にデータロガーでデータを回収している。なお、設置後1年で観測されたアンカー荷重は、設置前に実施されたリフトオフ試験時の 396.5kN とほぼ同じ 392~398kN であることが確認されている。

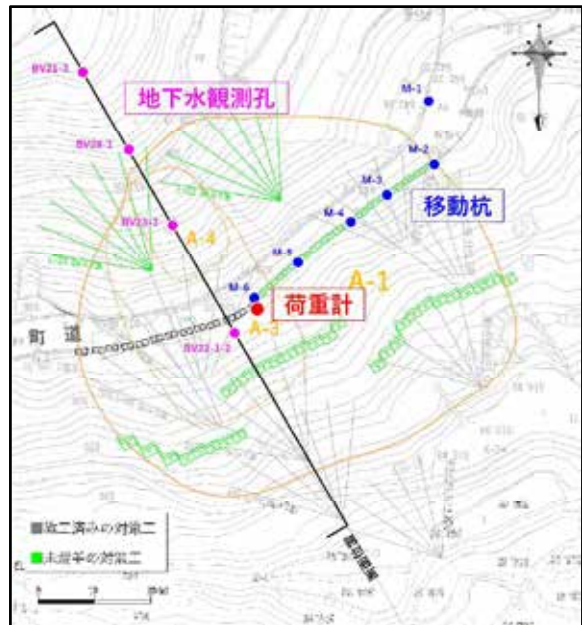


図-5 観測機器位置

表-1 圧縮センターホール型荷重計 KCE-1.5MNA の主な仕様

型名	KCE-1.5MNA
容量	1.5MN
定格出力	約1.25mV/V(2500×10 <sup>-6</sup> ひずみ)±10%
非直線性	0.5%RO
許容温度範囲	-20~+70°C

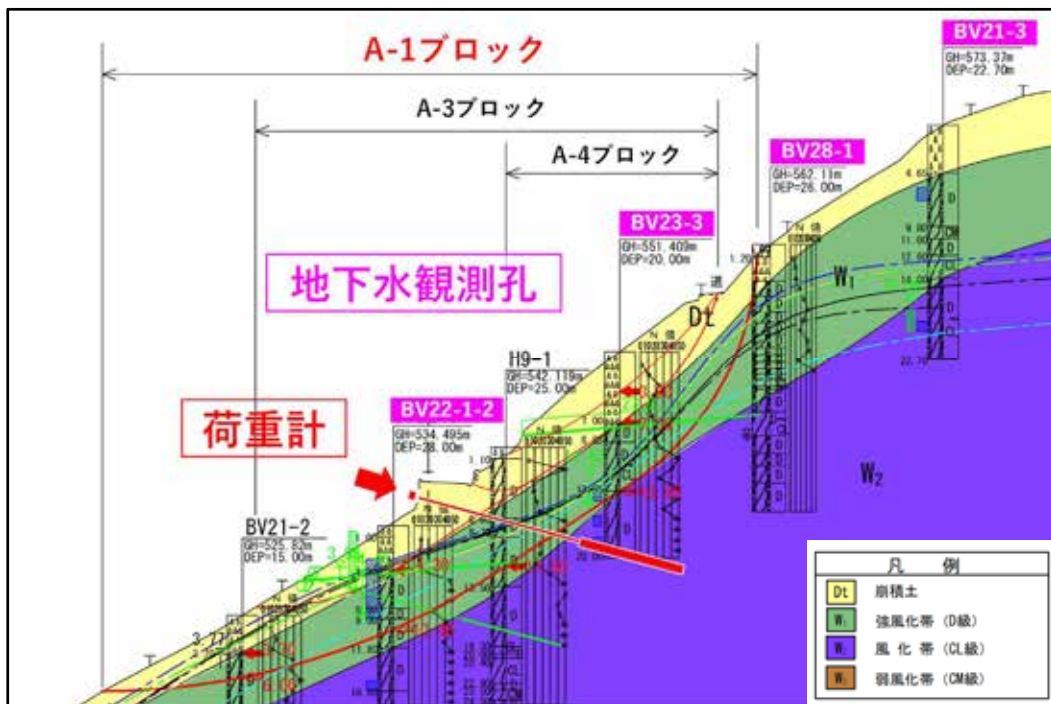


図-6 A-1ブロック断面図とアンカー荷重計設置位置



## 5. 荷重計観測結果

図-7 に、荷重計を設置した 2017 年から昨年 2022 年までのアンカー荷重観測結果を示す。観測の結果、普段アンカー荷重は 4kN 程度の小さな増減を繰り返しながら緩やかな上昇またはほぼ横ばいの変動傾向を示すが、1~2 年に 1 回の頻度で、集中降水に対応した 10~20kN 程度の急上昇が確認された。観測開始時、アンカー荷重は 392~396kN 程度であったが、2022 年では 443kN 程度まで上昇している。本アンカー工の設計アンカー力は 569.3kN で、 $(443.0-392.0)/5.5 \approx 9.3$  [kN/年] のペースで上昇し続ければ、 $(569.3-443.0)/9.3 \approx 13.6$  [年] となり、あと 14 年程度で設計アンカー力を超過してしまう計算となる。



図-7 アンカー荷重観測結果と降水量

## 6. アンカー荷重と地すべり観測結果の関係

図-8 にアンカー荷重と地下水位および降水量の観測結果を、図-9 にアンカー荷重と移動杭の累積合成変位量の観測結果をそれぞれ示す。

アンカー荷重が急激に上昇する時期は、地下水位観測孔のうち、BV21-3 と BV28-1 の地下水位が急激に上昇する時期とほぼ重なっており、地すべりブロックの滑動が示唆される。ただし、降水量はアンカー荷重が急上昇する時期以外でも多くなっており、一見すると相関性が低いですが、半減期 15 日、800mm 程度以上の実効雨量と高い相関性があることが判明した。

移動杭の累積合成変位量についても、地下水位と同様、アンカー荷重が急上昇する時期は、累積合成変位量が明瞭に上昇する時期とほぼ一致し、アンカー荷重と地すべり観測結果は良い相関性を示す。

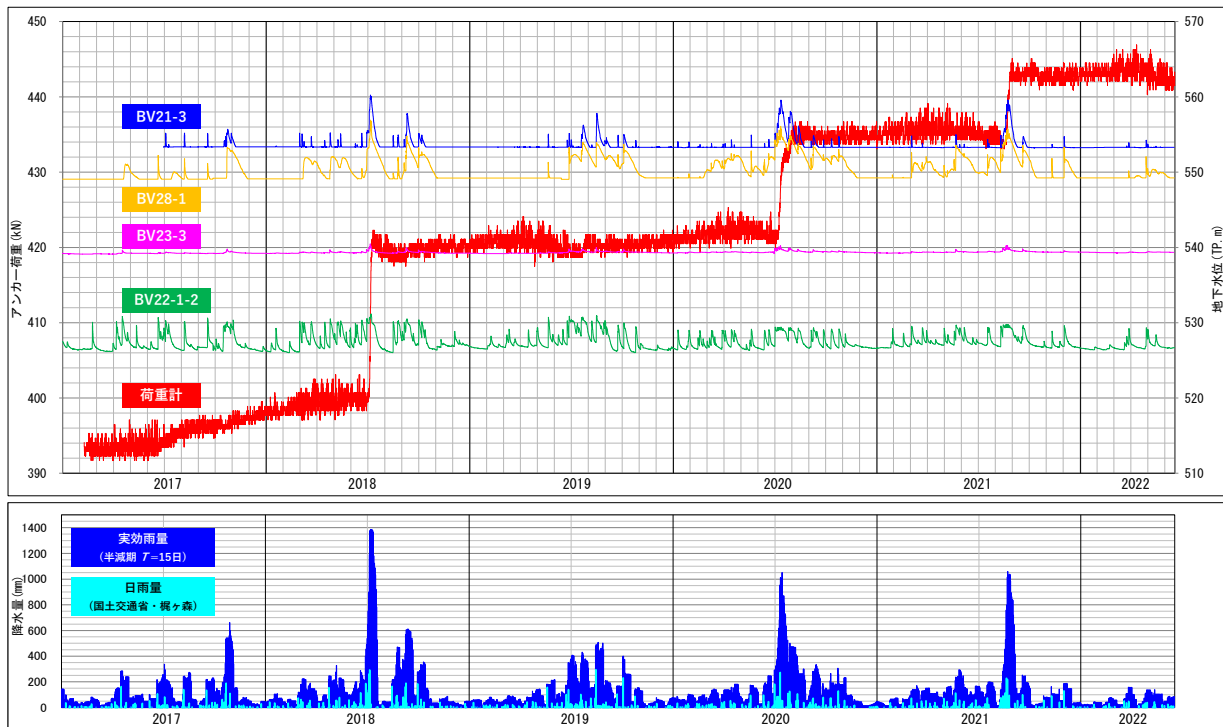


図-8 アンカー荷重計と地下水位・日降水量の比較

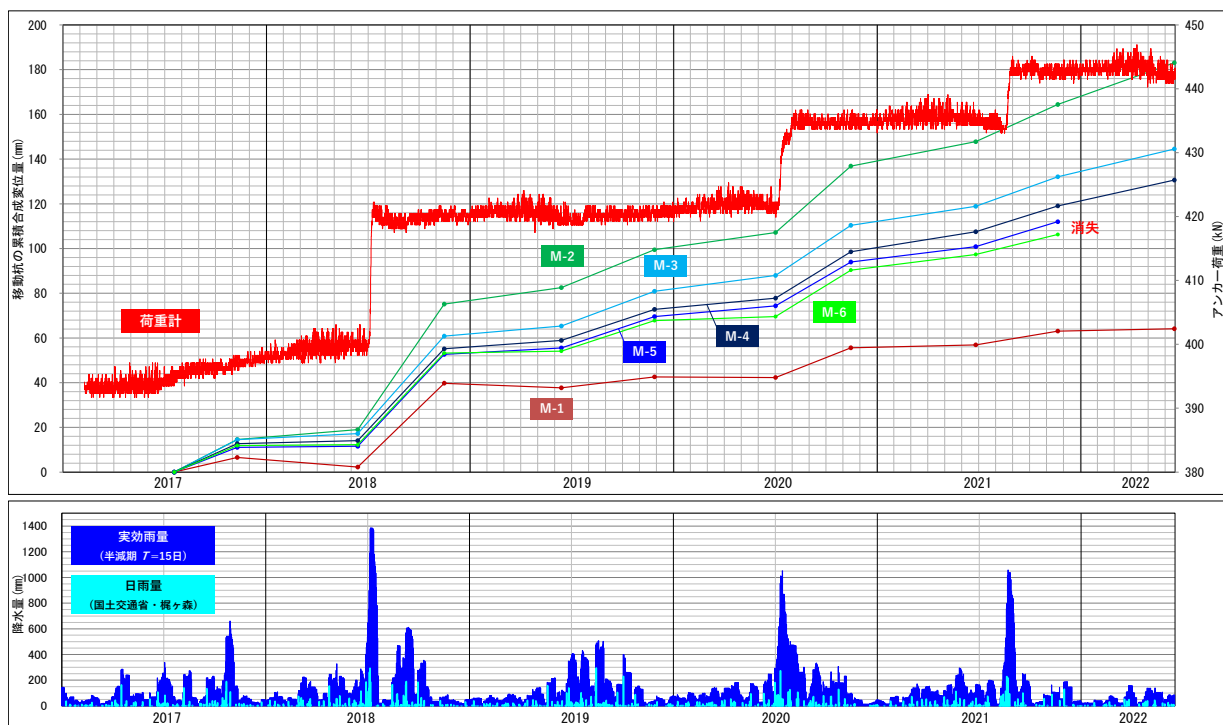


図-9 アンカー荷重と移動杭の累積合成変位量の比較

## 7. アンカー荷重と決定係数 $R^2$ の関係

アンカー荷重と温度の相関を示す決定係数  $R^2$  は、安定したのり面では高い相関性を示し 1.0 に近づくが、のり面に変状等が発生した際には相関性が低下し、0.0 に近づくことが知られている<sup>4)</sup>。この特性から、本調査地のアンカー工が設置されている斜面の健全性を評価した。

図-10 の上図はアンカー荷重と温度、下図はアンカー荷重と決定係数  $R^2$  の推移を示す。下図のうち、オレンジ色の線が決定係数  $R^2$  を示し、青色の線は  $R^2$  を 96 時間で移動平均し平滑化したものである。本調査地の  $R^2$  は、概ね 0.2~0.8 程度とばらつくが、荷重変化の小さい時期は  $R^2=0.4\sim0.6$  程度、大きい時期は  $R^2<0.2$  程度となる。更に、 $R^2$  はアンカー荷重の急上昇時に更に低下し、限りなく 0 に近づいている。このことから、現状のアンカー工だけでは地すべり滑動が継続していると判断される。

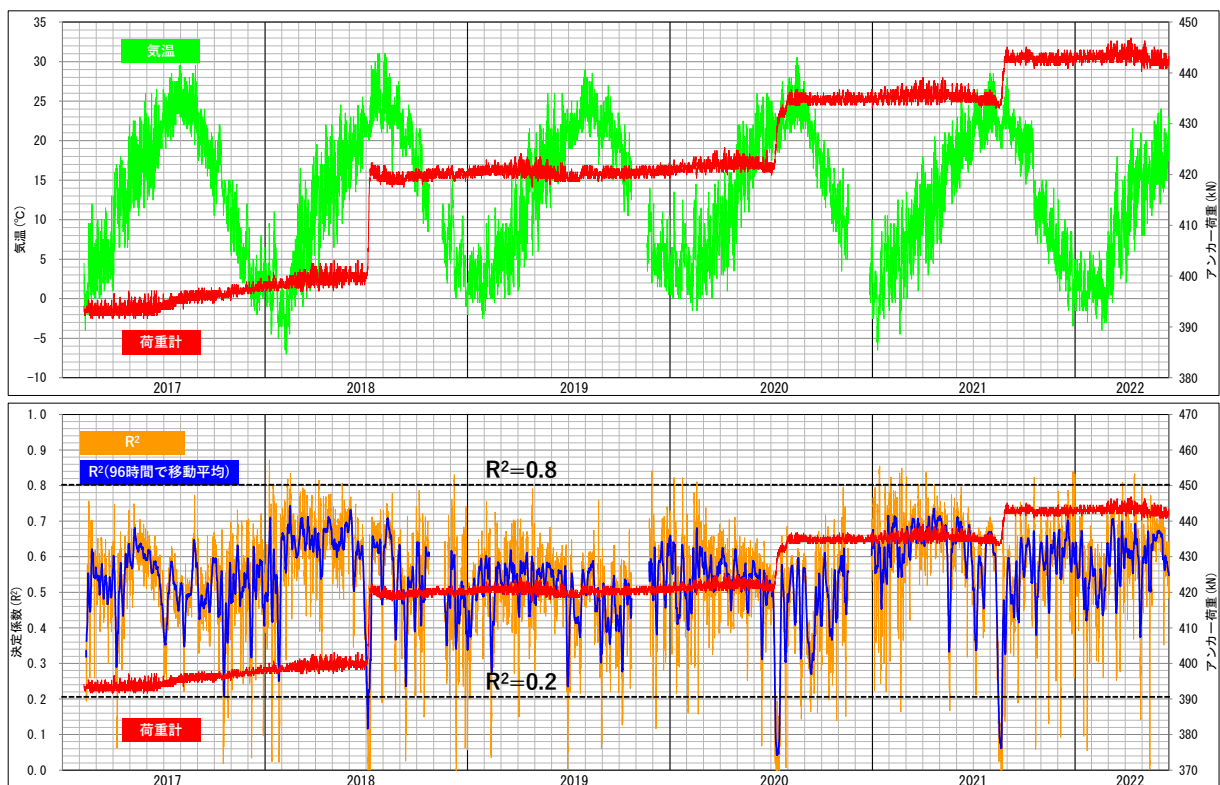


図-10 アンカー荷重と決定係数  $R^2$  の比較

## 8. まとめ

- (1) 施工が中断されたアンカー工を対象に、荷重計によるアンカー荷重の観測を行い、地すべり滑動の有無を評価した。アンカー荷重は1~2年に1回、10~20kN程度の急上昇を繰り返し、降水や地下水位、地表変位との相関も良いことから、地すべり滑動は継続していると考えられる。



- (2) 本アンカー工の設計アンカー力は 569.3kN で、観測実績から 9.3kN/年でアンカー荷重が増加すると仮定すると、約 14 年で設計アンカー力を超過する可能性がある。
- (3) 決定係数  $R^2$  は全体的にバラツキがあるが、斜面は未だ不安定な状態にあると判断される。
- (4) 荷重計は、アンカー工の健全性をより詳細に評価できるだけでなく、簡易的な地すべり観測と併用することで、地すべり滑動の有無や斜面の安定性評価においても有効なツールとなり得る。また、これらのデータを蓄積し、解析することで、地すべり滑動を予測するツールにも発展する可能性を秘めていると考える。

#### 引用文献

- 1) (一社)日本地質学会(2016)：日本地方地質誌 7 四国地方，朝倉書店，pp.7-8.
- 2) 国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所(2023)：事業概要 2023(直轄砂防事業/直轄地すべり対策事業)，1p.
- 3) (株)東京測器研究所(2023)：製品総合カタログ 2023-2024，226p.
- 4) 合同会社アンカーアセットマネジメント研究会(2018)：SAAM システムを用いた既設アンカーのり面の面的評価マニュアル(案)ー地質から見た「アンカーのり面の評価」に向けてー，5-3p.

「法華津湾周辺の崩壊地と付加体の地質」勉強会  
(第2回若手技術者支援企画) 開催報告

Report on the second field excursion trip for young geological engineers in  
Hokedu bay area, Ehime

山崎 新太郎 (京都大学防災研究所・徳島地すべり観測所)

Shintaro Yamasaki (Tokushima Landslide Observatory, DPRI Kyoto University)

地すべり学会関西支部では、若手技術者支援企画として、2022年度に引き続き2023年6月30日に「法華津湾周辺の崩壊地と付加体の地質」勉強会を実施した。参加者は16名、うち若手技術者が15名、一般学会員1名であった。募集人員を上回る応募があったが、バスの座席に余裕があったために1名を受け入れた。世話人は本稿の著者である山崎である。この他、連絡担当として徳島地すべり観測所の石井徳幸氏がサポートした。なお、勉強会実施当日は残念ながら大雨となり、予定していた徒歩巡検を中止し、コースを大幅に変更したが、愛媛県西予市の四国西予ジオミュージアム(高橋司館長)が急遽団体入館の受け入れをして頂いたため、午後の見学をそちらで実施した。以下、訪問先について順に簡単にリポートする(図-1に訪問箇所を記す)。



図-1 : 勉強会での訪問地 (①~⑤は本文を参照)

### ① 道の駅どんぶり館の西予ジオパークビジターセンター

勉強会当日は大雨の影響で JR 松山駅の出発が 1 時間程度遅れたが，松山から約 1 時間で最初の目的地であり，昼食会場である西予市宇和町の道の駅どんぶり館に到着した．この道の駅は揚げたてじゃこ天の販売や地元産品を使ったレストラン，農家・漁師の生産物直売所などがあり，愛媛県内では屈指の人気のある道の駅である．一方で，巡検場所としても最初に訪れるべき場所でもある．この道の駅には西予ジオパークのビジターセンターが併設されている．詳しくはどんぶり館のホームページなどをご覧になって頂きたいが，触れる岩石標本，地質図の展示や，ガイドブック（参考文献欄参照），地図の販売もあり地域の地質の概要を説明するのにうってつけの場所である．なお，筆者は訪れたことはないが，団体専用の「ジオ」キッチンもあるそうである．

### ② 宇和島市吉田町深浦小大崎鼻のタービダイト破断層

どんぶり館に到着後も雨であり，予定していた地形観察も不可能な程度の大雨が降り続いた．訪問を予定していた野福峠からは法華津湾と吉田半島の地形が一望でき，法華津湾周辺が特徴的な低比高地域となっていることがわかる（写真－1）が，この日はパスをした．バスは，その後宇和島市吉田町深浦と西予市明浜町俵津にまたがる小



写真－1：野福峠から法華津湾・吉田半島の遠望（この写真は 2018 年撮影）。



大崎鼻に到着した。この小大崎鼻周辺では典型的な付加体・メランジュ相に出現する地質構造であるタービダイトとその破断層の典型例を観察することができる（写真－2）。この日、徒歩で訪問できた露頭はこの場所1箇所のみであった。



写真－2：愛媛県吉田町深浦で観察できるタービダイトの破断層。

### ③ 宇和島市吉田町白浦畦屋の崩壊跡地

この場所は2018年7月の平成30年7月豪雨の時に崩壊－土石流が発生し、死傷者が発生した場所である。雨が降っていなければ徒歩で崩壊の背部にあった地質構造を観察できる露頭に接近する予定であったが、当日は下方からの遠望のみになった。

なお現地は現在、溪流の規模に比較して規模の大きな砂防ダムが建設されている（写真－3）。筆者の調査では、崩壊地の背部には砂岩の角礫が充填した幅の広い断層破碎帯が存在し、風化していた。降雨はその破碎帯を浸透して大規模な崩壊を発生させたと考えられている（山崎・渡邊，2023）。なお、法華津湾周辺の崩壊のうち、ほとんどが表層崩壊であったが、いくつかは崩壊深が2 mを超えており、さらに、そのうち白浦周辺で発生したものは極端に流動化した。その理由として、風化した断層破碎帯の存在が考えられる。



写真－３：愛媛県宇和島市吉田町畦屋の崩壊地。

#### ④ 西予市城川町下相の四国西予ジオミュージアム

大雨のため、急遽、白浦畦屋から1時間のところにある、四国西予ジオミュージアムを訪問した。到着後すぐに高橋司館長からジオパークに関する説明を受け、さらにその後館内を案内して頂いた。

四国西予ジオパークミュージアムは2022年4月に開館したが、それは西予ジオパークの中心施設としての役割がある。西予ジオパークは当地の地質学研究が活発であり、さらに多くの地質学的な見所が多いために申請設置されたものである。特に西予市を構成する旧城川町は現在でもその起源に議論がある黒瀬川構造帯の模式地であり、現地では日本列島の中でも古い時代の古生代シルル紀より前の岩石が露出し、様々な時代の化石が産出する。そのためジオパーク指定以前から地質への関心も高く、化石や国内外の最古級の岩石も展示した城川地質館（1992～2021）も設置されていた。そして、特徴的な黒瀬川構造帯以外にも国内では屈指の規模のカルスト地形である四国カルストもあり地質・地形は特徴的で、一般の方にも興味深いものも多い。ジオミュージアムの展示は化石・岩石・地質図を中心とする地質地形にとどまらず、その上で発展した産業にも注目しており、西予市では観光の目玉としてジオパークが活用されていることをうかがい知ることができる（写真－4）。展示方法もスタイリッシュ





写真－４：四国西予ジオミュージアムの展示

ユであり、全てを読んで理解するには相当の時間もかかるが、高橋館長の講演とシアター室での映像で概要の理解は容易であった。

#### ⑤ 大洲市道の駅「清流の里ひじかわ」

この場所は今回の勉強会で最後に訪問した場所である。平成30年7月豪雨では、肱川沿いの鹿野川ダムが緊急放流をし、肱川の水位が一時的に相当上昇した。その際の水位を示す表示が建物には残されている。平常時の肱川の水位は、道の駅よりも10m以上下であるが、駐車場より1m程度高い場所にその表示は設置されている（写真－5）。平成30年7月豪雨がどの程度の災害であったのかを知る機会となった。

勉強会はこのあと松山市内で懇談会も実施し、普段はあまり交流のない若手同士での交流を行った。残念ながら当日が大雨であり、この日は松山市内も通行止めが多数認められた。従って学習内容としては十分ではなかったように思われる。一方で、筆者の感覚では参加者にとって好評であったように思えたので、次年度も実施したいと考えている。本稿最終ページに参加者全員集合写真を掲げる。





写真－５：道の駅「清流の里ひじかわ」の平成３０年７月豪雨時の水位を示すプレート

参考文献：

西予市・四国西予ジオパーク推進協議会（２０１８）：公式ガイドブック四国西予ジオパーク「四国山地と宇和海が育んだ海・里・山－４億年の物語－」，西予市，四国西予ジオパーク推進協議会。

山崎新太郎・渡邊達也（２０２３）：砂岩の風化した断層破碎帯を素因とする破壊的流動性崩壊，日本地すべり学会誌，No.60, No.6, pp. 23-29.



四国西予ジオミュージアム内での参加者全員の集合写真（下段中央が筆者，その左が高橋館長）





令和5年度現地討論会「平成23年度紀伊半島大水害の復旧・復興状況について」参加報告  
Report on participation in the 2023 local discussion meeting  
“Restoration and recovery from flood damage in the Kii peninsula in 2011”

網野 功輔（日本工営株式会社）  
Kosuke AMINO (Nippon Koei Co., Ltd.)

## 1. 概要

（公社）日本地すべり学会関西支部の主催による、令和5年度現地討論会「平成23年度紀伊半島大水害の復旧・復興状況について」が2023年10月20～21日に奈良県で開催された。以下に討論会の内容について簡潔に報告する。初日の現地見学会には24名、翌日の討論会には21名が参加した。現地見学会当日は雨天の予報であったが、幸い降雨はほぼ移動の車中のみであり、予定していた現場見学もすべて無事に実施することができた。

記録を遡ると、近畿管内での現地討論会の開催は実に10年ぶりであり、平成25年度に「深層崩壊と河道閉塞」をテーマに当地で被災直後の調査や崩壊発生機構、緊急対策工事等について議論されている。今回は、前回開催以降現在に至る対策工事の進捗やこの間のハード・ソフト両面に関する技術の進展を振り返り、コロナ禍を含む社会環境変化を経た、地すべり技術の現在地を確かめる討論会となった。

## 2. 現地見学会

現地見学会では、平成23年9月の台風12号による豪雨により発生した、大規模な深層崩壊並びにそれに伴う河道閉塞等により甚大な被害が発生した奈良県五條市大塔町の赤谷地区及び奈良県吉野郡天川村の冷水地区の2地区を見学した。

### 2. 1 赤谷地区

赤谷地区は、幅約460m、長さ約850m、崩壊土砂量約1140万 $m^3$ に達する深層崩壊であり、十津川（新宮川）支流の赤谷川を高さ67m、長さ約250mにわたって閉塞した箇所である（写真-1）。被災直後には赤谷川の河床は膨大な量の土砂に埋め尽くされていたが、現在は堰堤と床固工群に置き換わっており、管理用道路を利用して崩壊箇所直下流の2号砂防堰堤近傍までバスを直接乗り



写真-1 赤谷地区見学箇所から崩壊箇所を望む  
（手前は2号・3号砂防堰堤）

入れることができる状態となっており、工事の大きな進捗を感じることができた。

現場を望みながら、近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所様より深層崩壊及び対策工事の概要と、平成23年の発災後、台風による出水で、完成済み施設の被災や土砂流出の被害が繰返し発生したこれまでの経過についてご説明いただいた。

また、対策工事の施工を担当されている鹿島建設株式会社様からは、前述のような出水被害が生じる現場条件に対応するため当地区で導入された自動化施工および無人化施工を中心にご説明いただき、無人化施工については実際に操作している状況を見学させていただくことができた（写真-2）。無人化施工は格段の進歩を遂げており、操縦台のディスプレイは実機のバックホウからの視界に近い配置となっていた。また、操作台も実機の挙動に合わせて傾斜等を再現するものとなっている。操作室と現場は大きく離れていても操作に支障はなく、通信遅延もほとんどないとのこと説明であった。一方、操縦者はディスプレイに視点を合わせ続けるの細かい操作をする必要があり、実機の操作と比較して眼への負担はやや大きいため、必要に応じて適宜休憩時間を取っている等のお話も伺うことができた。

一方、現場で紹介いただいた自動化施工は、砂防堰堤下流側表法部を保護するコンクリートブロック（写真-3）を、予め設定したプログラムに従って重機が自動で動いて設置するものである。現地での質疑応答では、自動化施工中は操作員が操作室から自動運転重機の動作を監視しているほか、運転実行プログラムは前日の出来高や施工条件に応じて日々微調整する仕事が必要であったとのことであり、よい施工にはやはり人間の目と手が不可欠であると感じた。今回説明いただいた施工の自動化は、現在導入が加速しているBIM/CIMを活用した土木施設設計の成果が、さらに実物の施工に直接的に活用される将来を予感させるものであった。



写真-2 無人化施工機械の操作の様子



写真-3 自動化施工に用いたコンクリートブロック

## 2. 2 冷水地区

冷水地区は、幅約 230m、長さ約 290m、崩壊土砂量約 140 万 m<sup>3</sup> に達する大規模崩壊であり、斜面下方を流れる十津川（新宮川）支流の天ノ川を一時閉塞し、上流の集落を浸水させた閉塞した箇所である。

当地区でも国土交通省紀伊山系砂防事務所様による対策工事が鋭意進められており、当初は河川水位の上昇防止と河道の安定を目的として左岸河道拡幅と河川護岸工、護床工等を完成させたのち、現在は崩壊斜面を安定化させるための押え盛土工や集水井工、斜面対策工等が施工中であった。

参加者は、完成済の押え盛土天端にて、紀伊山系砂防事務所様による災害概要や対策事業の経過の説明を受けたのち、それぞれ崩壊斜面の地形的特徴や対策工の施工状況や斜面上部の崩壊部を確認するなどした（写真－4）。



写真－4 冷水地区での対策事業説明の状況

## 3. 討論会

討論会では3題の話題提供があった。国土技術政策総合研究所大規模土砂災害対策技術センターの竹下航主任研究官からは、「紀伊山地における大規模河道閉塞（天然ダム）対策について」と題して、前日見学した赤谷地区を中心として発災直後の対応や対策方針と、その後平成 24、25、26、27、30 年と繰り返し発生した出水に伴う斜面の再崩落や施工済施設の被災など、激闘ともいえるべき対策工事の経過をご説明いただいた。

広島県危機管理監みんなで減災推進課の沖村俊介様からは、「広島県におけるマイ・タイムラインの普及促進事業と今後の展開」と題して、広島県にて現在取り組んでいるソフト対策である「マイ・タイムライン」の取組みと課題についてご説明いただいた。マイ・タイムラインとは、平成 30 年 7 月豪雨災害で発生した県内の被害を踏まえ、住民自身がより早い段階での計画的な防災・避難行動を実践することを目標とした取組みであり、マイ・タイムラインを活用した児童・生徒への防災教育や、一般県民（マス層）に向けたスマートフォンアプリを活用した普及促進策など、様々な取組みをご紹介いただいた。

日本工営株式会社の後藤寛和様からは、「紀伊半島大水害時の初動対応と振り返り」と題して、発災初期の奈良県内における道路啓開を中心とした初動調査における対応状況と、現地調査の中で直面した様々な課題について、当時の状況写真を交えて説明いただいた。



その後の全体討議では、タイムライン作成に協力するマス層をどのように拡大させるか、災害対応におけるリスク管理と危機管理の使い分け、地表踏査を含む各種現場調査技術の若手への伝承とアップデートなど、様々な観点から活発な議論が交わされた（写真－５）。



写真－５ 討論会での全体討議の状況

#### 4. おわりに

今回の現地討論会は、約3年間継続した新型コロナウイルス感染症

（COVID-19）の流行に伴う一連の行動制限等の制限が令和5年5月に解除されて以降、初めての開催となった。感染の流行に気を配りつつも、コロナ前に実施していたメニューをすべて復帰させることができた。現地見学会、討論会のみならず、初日夜に開催された技術交換会でも、各テーブルで活発な議論が交わされ、現地・対面での議論がもたらす恩恵の有難さを改めて味わった2日間であった。企画・準備に携わった皆様、現地説明いただいた皆様や討論原稿を投稿・発表していただいた皆様、討論会に参加いただいた関係の皆様に、厚く御礼申し上げます。

今回見学した現場では、災害発生から約12年の年月が経過した。当時の現地調査や対応に僅かながら関わった経験を持つ筆者は、本討論会への参加を契機として、今後同様な大規模災害が発生した際に、近年のハード・ソフト技術の進展や、コロナ禍の間に急速に発展した情報通信技術を活用して、どのような方法で災害と闘うか、ということを考えていくことが多くなった。そのような中、本稿執筆中に令和6年能登半島地震が発生した。本稿執筆段階では、家屋の甚大な被害に加え、至るところで発生した道路地盤や港湾の被災、集落の孤立、土砂災害の多発等が報道され、被災地へのアクセスや住民の方への支援が困難を極めていく状況を目の当たりにしている。本討論会で紹介いただいたような、地すべり学会会員並びに関係する技術者・研究者・行政担当者・施工者の知識や経験、技術が生かされ、一日でも早い現地の支援や復旧・復興につながることを強く願ってやまない。

#### 参考文献：

（公社）日本地すべり学会関西支部、2023、令和5年度（公社）日本地すべり学会関西支部現地討論会要旨集「平成23年度紀伊半島大水害の復旧・復興状況について」、pp.41

（公社）日本地すべり学会関西支部、2013、平成25年度（公社）日本地すべり学会関西支部現地討論会論文集「深層崩壊と河道閉塞」、pp.70

## 編集後記

本号の編集も終盤に差し掛かった2024年の元旦は令和6年能登半島地震から始まりました。長大でアクセス困難な能登半島で発生した同地震災害では、震央付近に斜面災害による多数の孤立集落が発生しました。発生から2週間過ぎた1月中旬の現在、現地の対応に当たっている関係機関の皆様から漏れ聞こえてくる話や報道、そして迅速に対応頂いた国土地理院や航空測量会社の空撮画像を拝見すると、道路がことごとく破壊され輸送路の復旧に相当の時間がかかることが明白です。その時間の分、高齢者の多い住民の人命が危険にさらされています。時間と共に決壊の危機が高まる河道閉塞の対応も急がれます。この災害は四国・紀伊半島の限界集落状態にある山間地集落や、山々に囲まれた沿岸に分布する漁村が将来の南海トラフ地震によって危機的状況を陥ることを示しているように思います。能登半島の現地の対応が急がれますが、一方で広域に発生する南海トラフ地震では発生後にはどのような経緯をたどり、どのような対応が必要となるのか想像力を膨らませて備えておく必要があります。

(令和6(2024)年1月 山崎 新太郎)

## (公社)日本地すべり学会関西支部協賛会員名簿

2024年1月1日現在 24社

(五十音・口数順)

(会社名)	(電話番号)	(口数)
有限会社 太田ジオリサーチ	078-907-3120	3
中央復建コンサルタンツ株式会社	06-6160-1121	3
日本工営株式会社 大阪支店	06-7177-9500	3
アジア航測株式会社 西日本インフラマネジメント部	06-4801-2259	2
株式会社 荒谷建設コンサルタント 品質企画部	082-292-5481	2
株式会社 エイト日本技術開発	086-252-8917	2
株式会社 エス・ビー・シー	0883-52-1621	2
応用地質株式会社 四国事務所	089-925-9516	2
川崎地質株式会社 西日本支社	06-7175-7700	2
国土防災技術株式会社 大阪支店	06-6155-4839	2
国土防災技術株式会社 高知支店	088-856-5772	2
株式会社 コスモ建設コンサルタント	0853-72-1171	2
株式会社 四国トライ	088-883-5908	2
島建コンサルタント株式会社	0853-53-3251	2
株式会社 相愛	088-846-6700	2
大日本ダイヤコンサルタント株式会社 大阪支店	06-6339-9141	2
株式会社 地研	088-822-1535	2
株式会社 地圏総合コンサルタント 四国支店	0897-33-3123	2
中央開発株式会社 関西支社	06-6386-3691	2
株式会社 東建ジオテック	089-945-3328	2
株式会社 ナイバ	087-862-5121	2
日本工営株式会社 四国支店	087-811-2660	2
明治コンサルタント株式会社 大阪支店	06-7178-1659	2
株式会社 四電技術コンサルタント	087-845-8881	2



CloudCompare の活用事例	1
三浦一宏 (復建調査設計株式会社)	
長崎県第三紀層地すべりの発生メカニズムと対策	13
渡邊聡・中井真司 (復建調査設計株式会社)	
施工中のアンカー工を対象としたアンカー荷重観測事例	25
下郡裕之・岡村洋・山本亮輔・宮地修一 (株式会社地研)	
「法華津湾周辺の崩壊地と付加体の地質」勉強会 (第2回若手技術者支援企画) 開催報告	33
山崎新太郎 (京都大学防災研究所)	
令和5年度現地討論会「平成23年度紀伊半島大水害の 復旧・復興状況について」参加報告	41
網野功輔 (日本工営株式会社)	
編集後記	45
山崎新太郎 (京都大学防災研究所)	

編集委員 山崎新太郎

らんどすらいど No.39 (2023)

2024年1月19日 印刷

2024年1月26日 発行

発行者 (公社) 日本地すべり学会 関西支部

住所 〒611-0011 宇治市五ヶ庄

電話 (0774) 38-4112