

豪雨による小崩壊とそれに伴う斜面の不安定化に関する再現解析と対応策の検討(その2)

大日コンサルタント(株)
藤井孝文, 葦沢竜夫, 河合亮典

岐阜大学
桂川修, 吉川高広, 沢田和秀

- 1.はじめに
- 2.検討方法
- 3.解析結果
- 4.予防策の提案

1. はじめに(背景と目的)

岐阜県郡上市大和町奥田洞谷
平成30年7月豪雨で斜面崩壊(1回目)
令和2年7月豪雨で崩壊拡大(2回目)

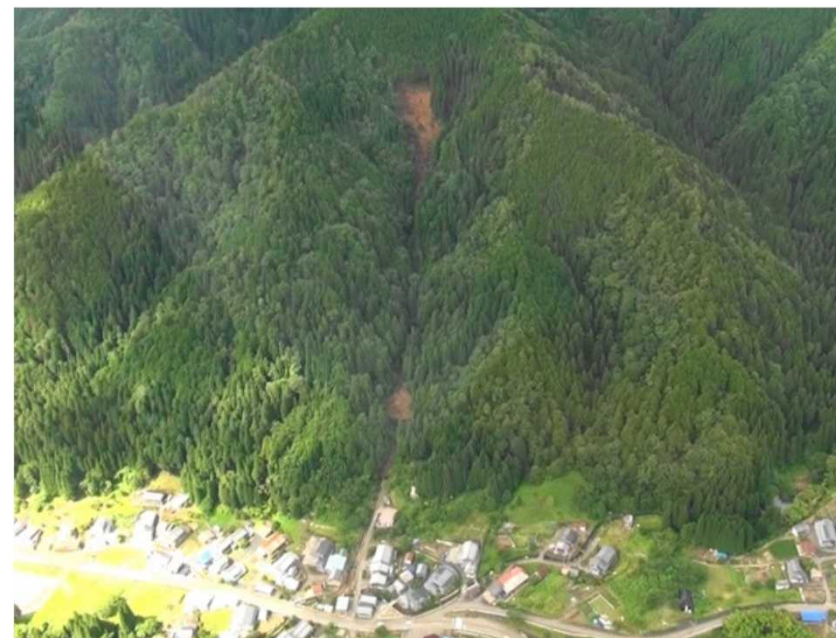


写真-1 奥田洞谷の災害(H30年7月)¹⁾

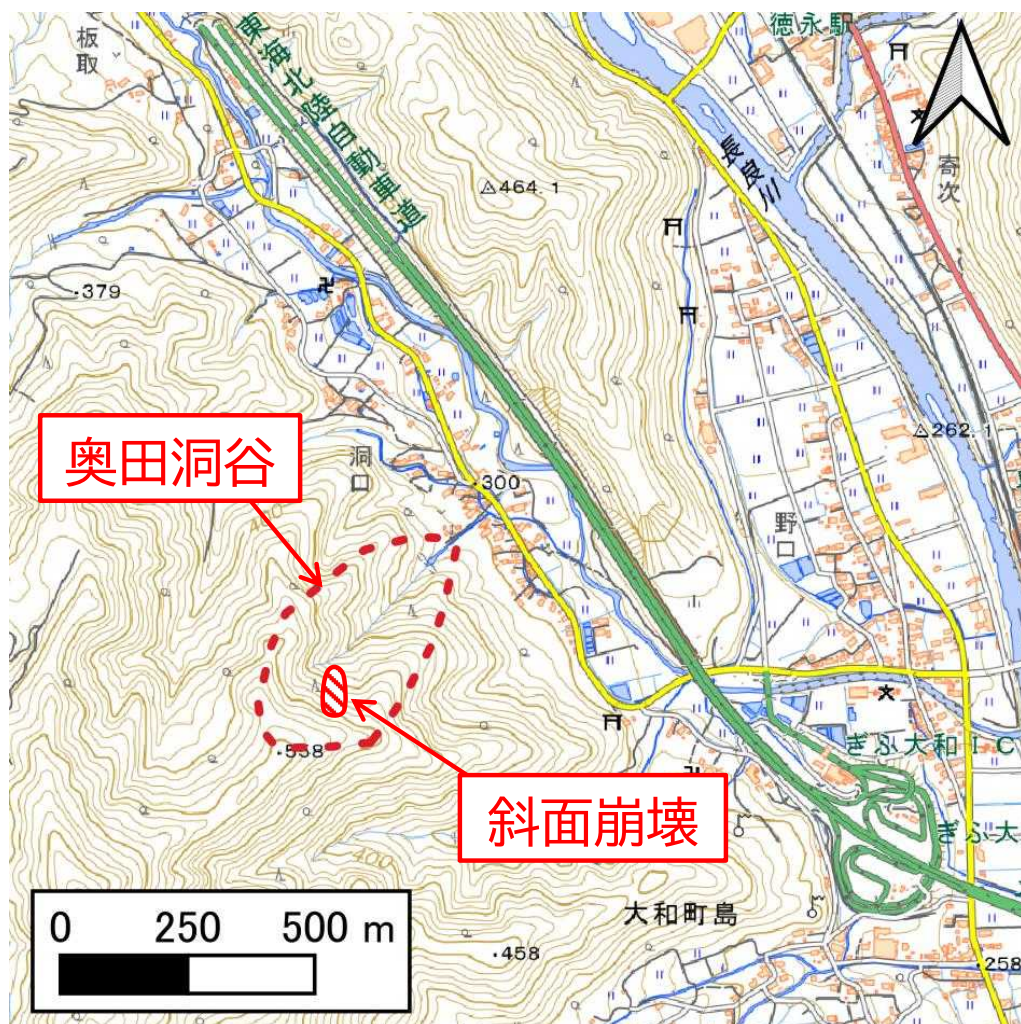


図-2 案内図 (出典:地理院タイルに加筆)



写真-2 奥田洞谷の災害(R2年7月)²⁾

<研究の背景>

- ・1回目の崩壊後、崩壊拡大の懸念があった。
- ・災害復旧事業の性質上、予防策が講じにくく、再度崩壊を回避できなかった。
- ・崩壊地が、数年後に再崩壊・拡大する事例は少なくない。

<本研究の目的>

- ・小規模崩壊が斜面全体の不安定化・崩壊拡大を招くリスクに対し、再崩壊に至るメカニズムを解明し、予防的対応策を検討する。



写真-3 第1回崩壊後[平成30年9月28日撮影]



写真-4 第2回崩壊後[令和2年7月8日撮影]

(写真-3, 4 岐阜県提供資料)

<崩壊の素因と要因>

- ・奥田洞谷の斜面崩壊は、下方から上方へ拡大していた。
- ・難透水層(弱層)を含む地質構造。
- ・長期間の豪雨による地下水位変動が斜面崩壊を誘発。

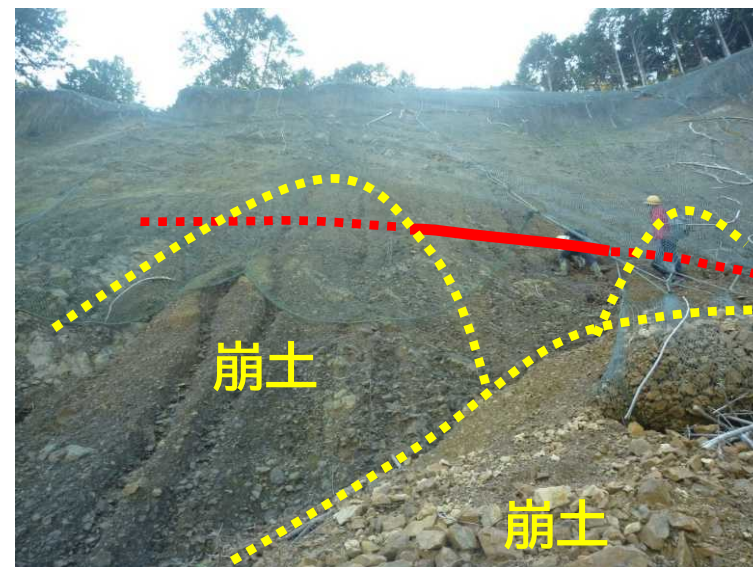


写真-5 滑落崖に露出する難透水層状の粘性土層

- ・現状では崩壊の進展状況を直接把握できないため、数値解析の再現により、上記の崩壊メカニズムを解明する。

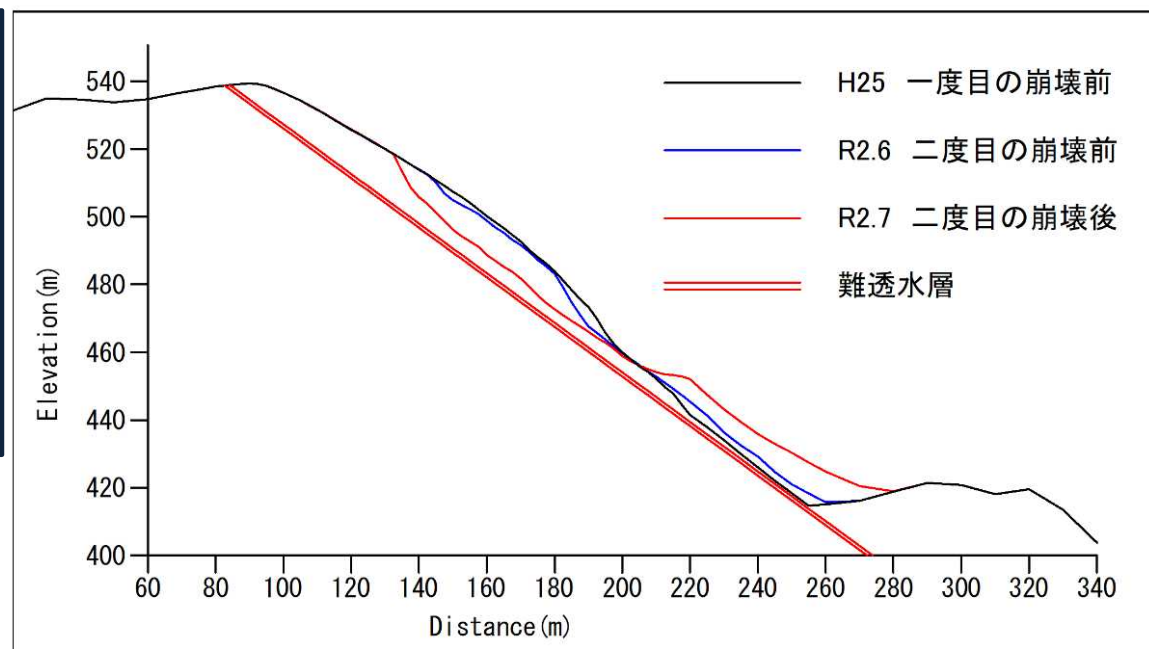


図-2 崩壊斜面の断面図と難透水層の面構造の推定

<本報告の目標>

- ・1回目の崩壊を再現し, 崩壊拡大につながる斜面の不安定化メカニズムを解明する。

<解析手法>

- ・空気～水～土連成弾塑性有限変形解析コード(構成式:SYSカムクレイモデル)を使用。
- ・降雨による斜面変形から破壊までの一連過程を表現可能。

<解析目標・方針>

- ・解析課題:試験データが限定的であるため, 実際の土質特性の直接的な反映には課題がある。
- ・解析目標:物性値の厳密な再現よりも, 斜面全体の変形・崩壊挙動と実事例との整合性を優先する。
- ・解析方針:既往の適用実績(逢初川事例)の材料定数を参照し, 再現解析を通じて斜面の不安定化メカニズムを考察する。

2. 検討方法(解析断面と境界条件)

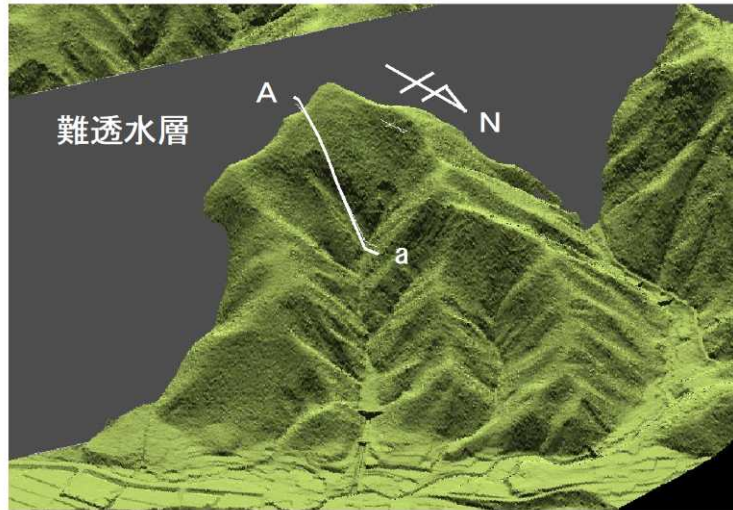


図-3 3次元地形モデル(H25LPから作成)

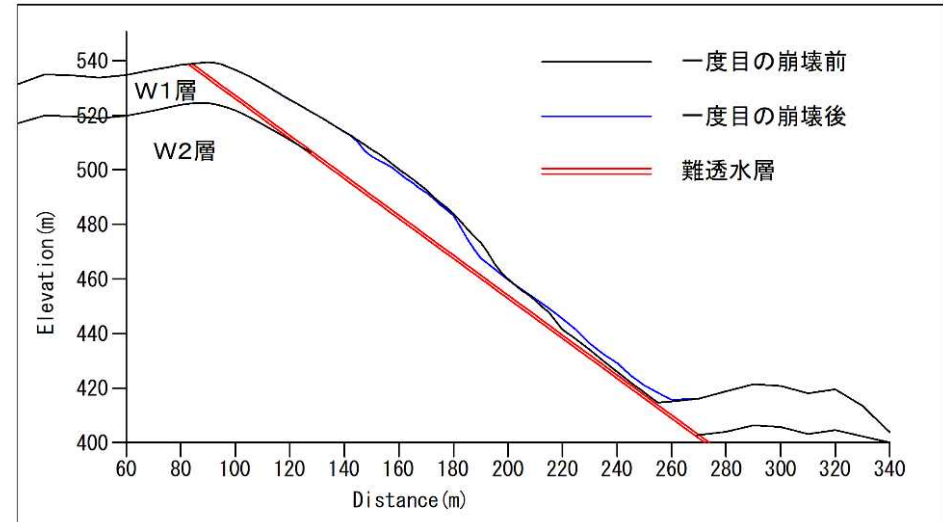


図-4 奥田洞谷の解析断面

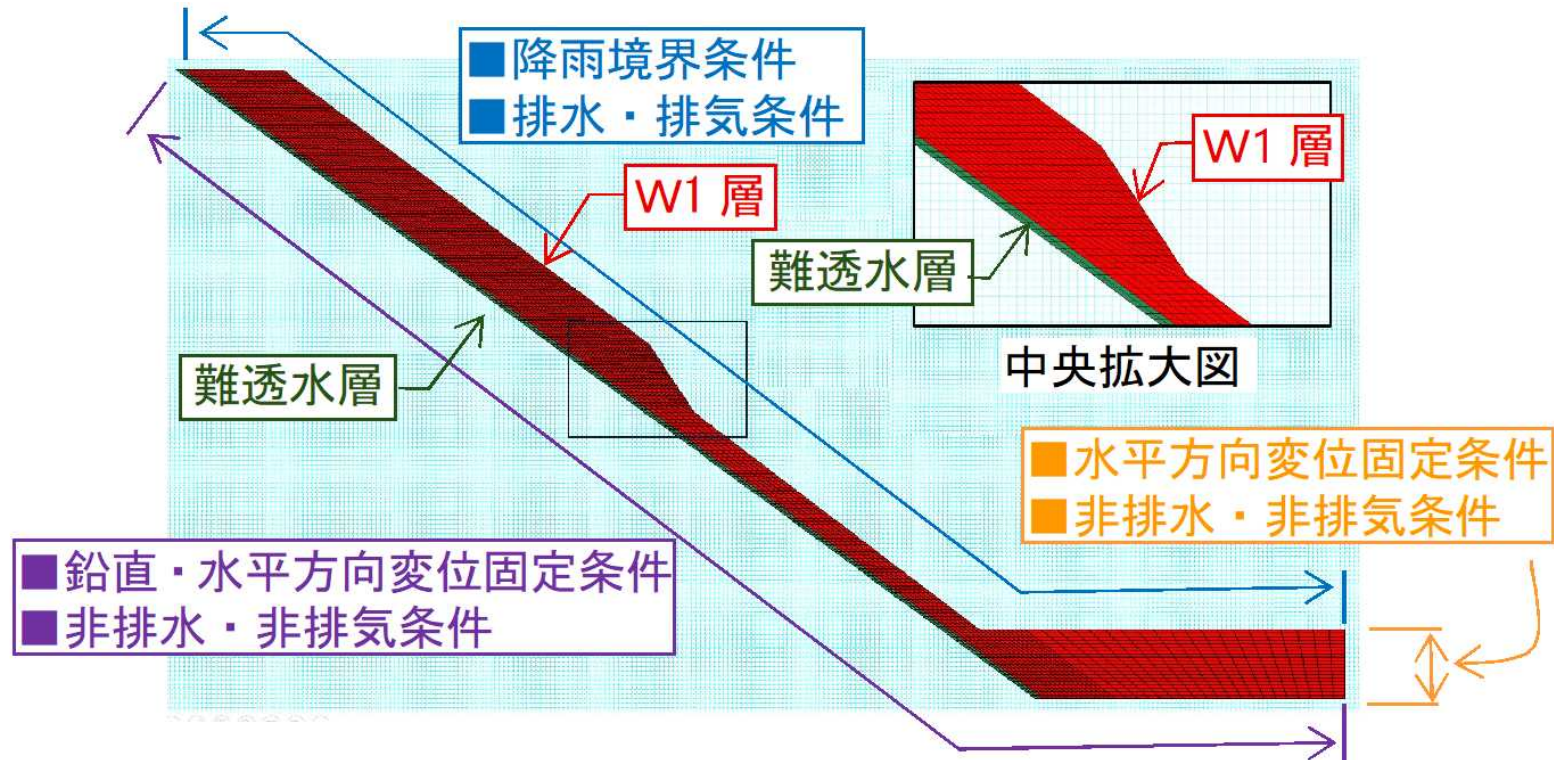


図-5 解析モデル断面図と境界条件

< 地表面境界条件 >

- 平均年降水量 2,000mm/年 (水文水質DB八幡、蒸発量考慮)

< 飽和度分布 >

- 斜面上部から下部, 地下から地表の飽和度が高い傾向。
- 特に斜面中央の遷急線付近の飽和度が局所的に高い。
- 難透水層上の土層厚が薄くなる箇所で, 浸透水が集中。

< 過圧密比分布 >

- 遷急線周辺に過圧密比が1に近い領域が分布。
- 当該部位は力学的に不安定な状態にある。

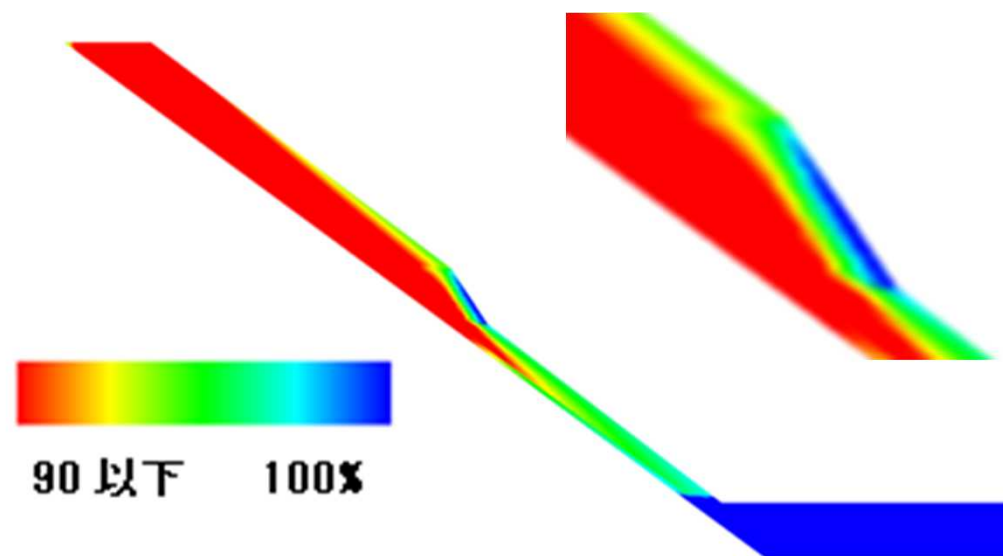


図-6 定常状態 飽和度分布

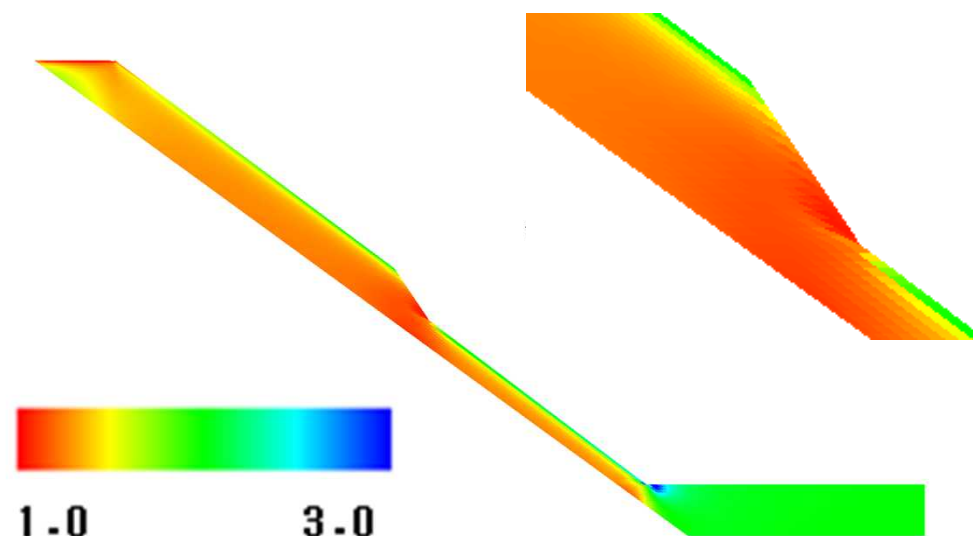


図-7 定常状態 過圧密比分布

3. 解析結果:豪雨時の解析(降雨条件)

- ・H30年6月27日～7月8日の降雨データを使用
- ・7月8日未明に災害発生(解析上 12日目)

7月8日未明
災害発生

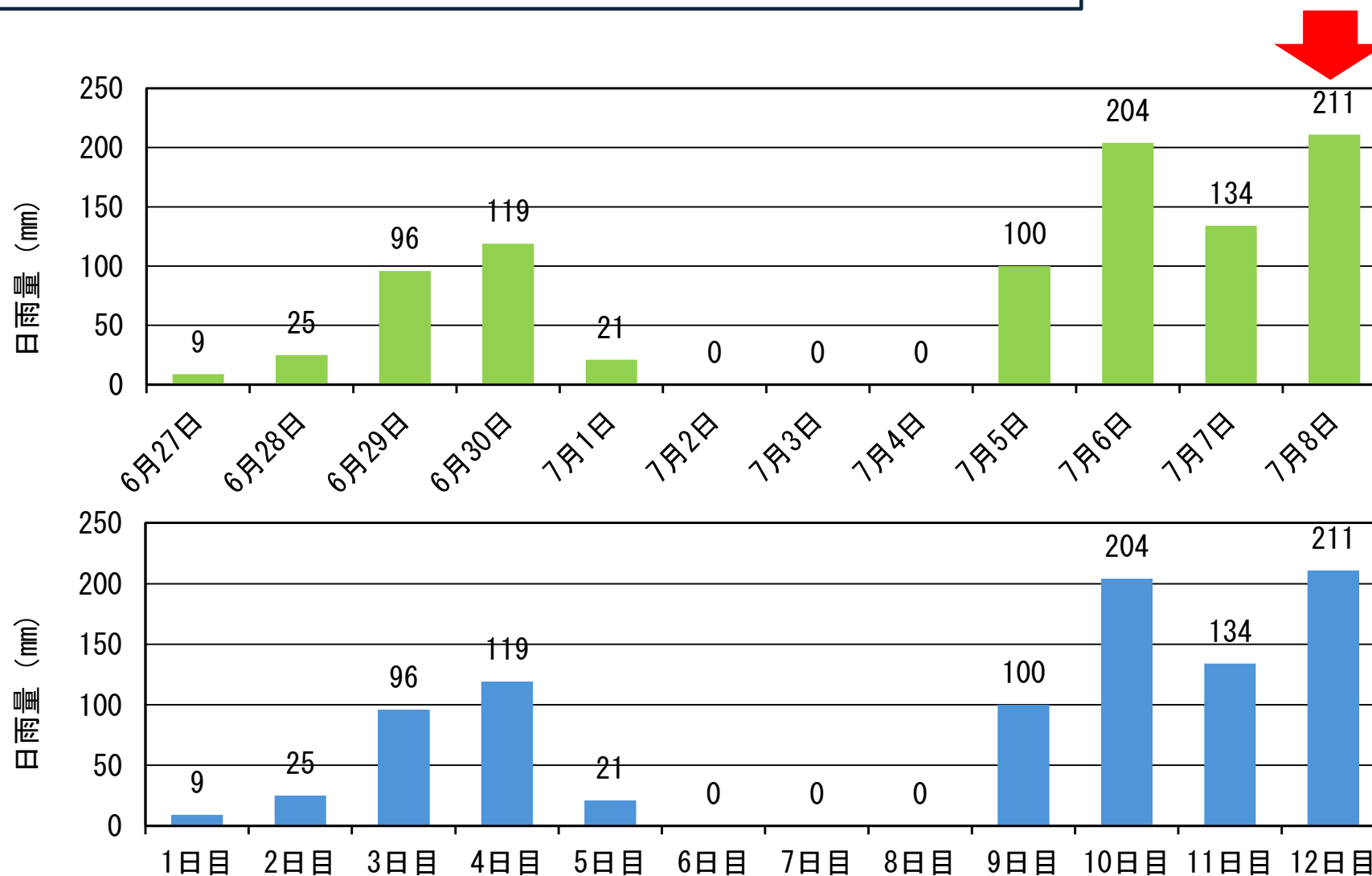


図-8 日雨量の推移と災害発生日を示すグラフ

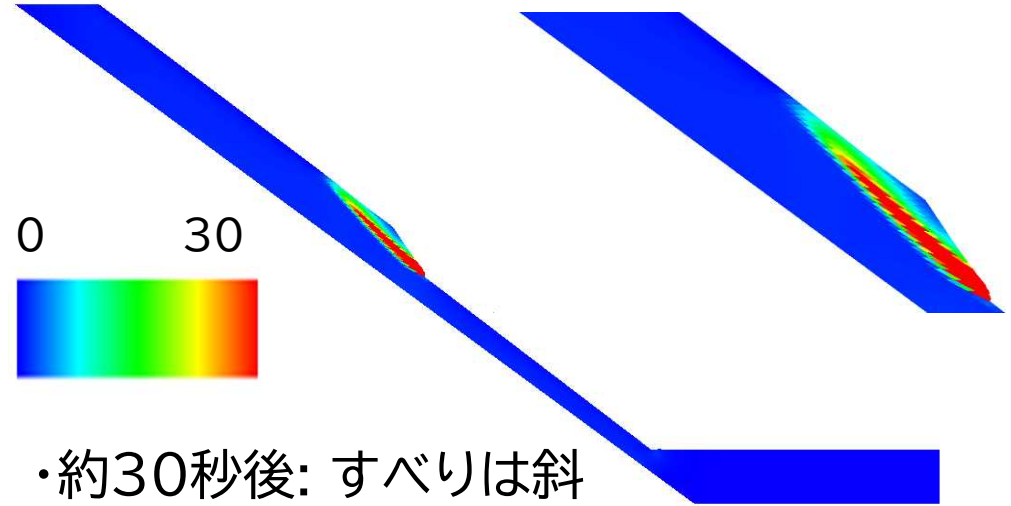
3. 解析結果:せん断ひずみ分布の経時変化

①崩壊の数値開始時(定常状態)



・せん断ひずみに変化が少なく、遷急線下部でわずかに増加

③11日7時間12分50秒経過時



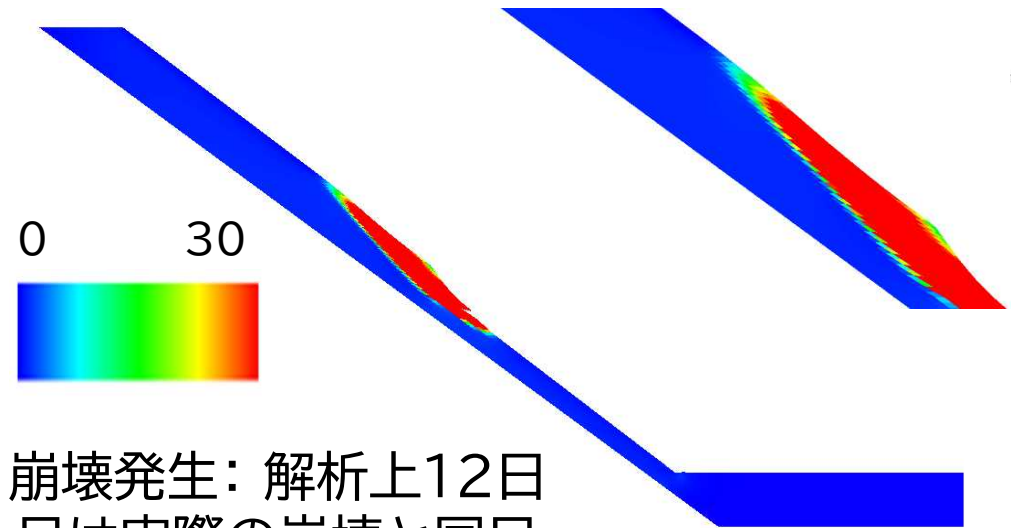
・約30秒後: すべりは斜面上部まで進展

②11日7時間10分19秒経過時



・遷急線中心に円弧状のせん断ひずみが増大, 下部から上部へすべり形成

④11日7時間12分54秒経過時

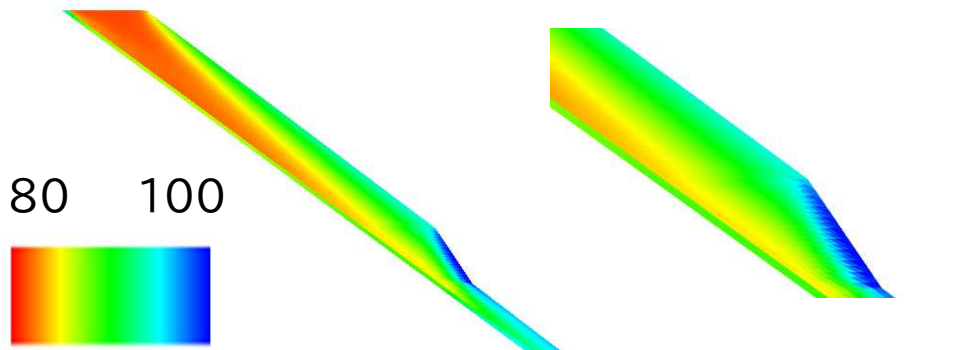


・崩壊発生: 解析上12日目は実際の崩壊と同日

図-9 せん断ひずみ分布の経時変化

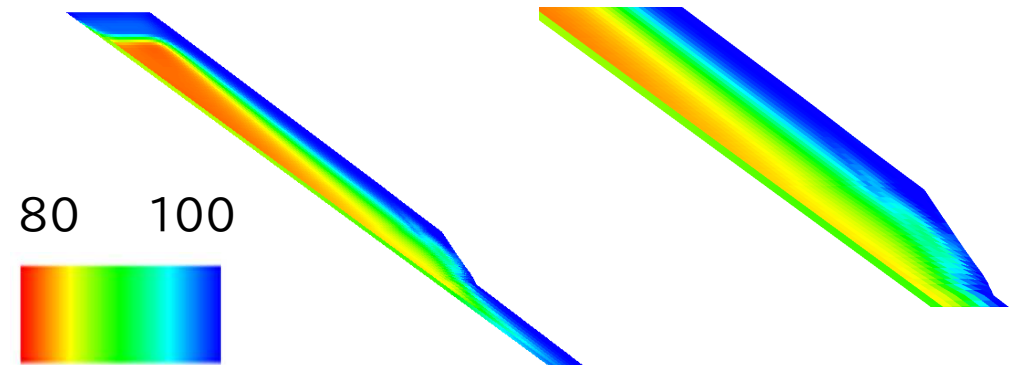
3. 解析結果: 考察(飽和度分布と崩壊メカニズム)

①崩壊の数値開始時(定常状態)



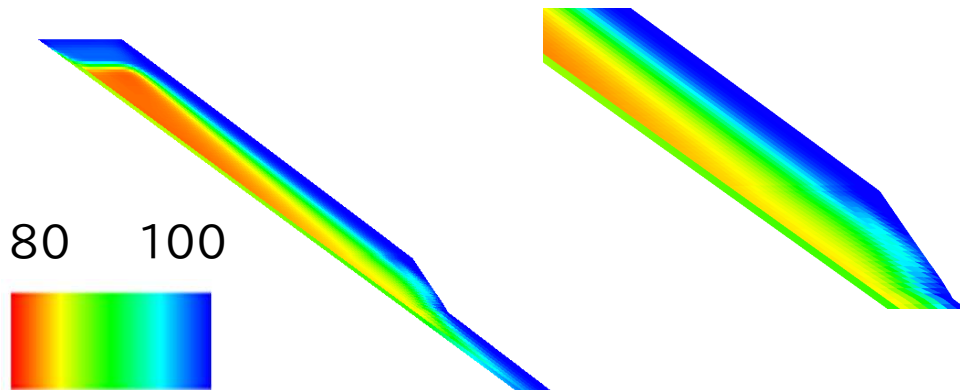
・遷急線付近の飽和度が局所的に高く、地下水が集中している状態

③11日7時間12分49秒経過時



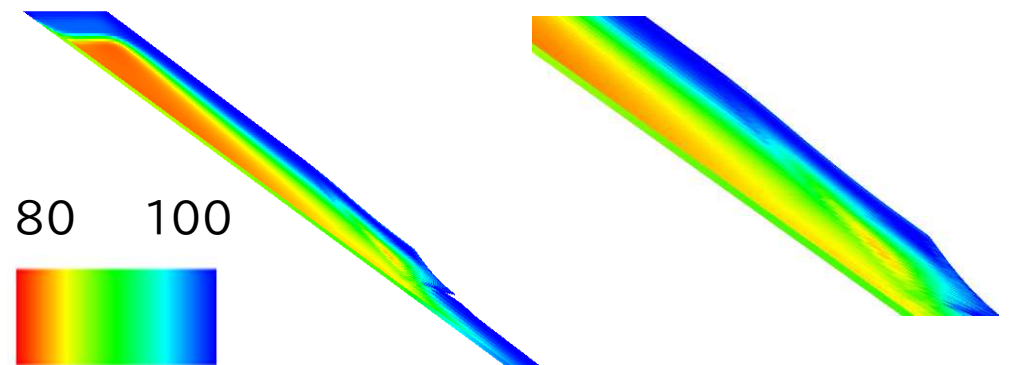
・高飽和度域が地表面に沿って拡大

②11日7時間12分46秒経過時



・地形的な遷急線への浸透水の集中が、局所的な飽和度上昇を招く

④11日7時間12分54秒経過時

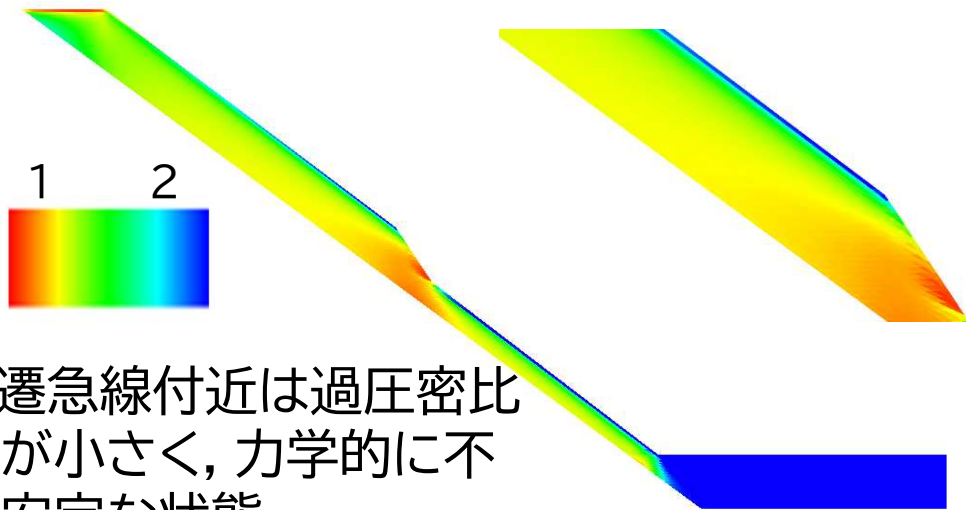


・崩壊時は、間隙水圧上昇と有効応力低下が進行していたと考えられる

図-10 飽和度分布の経時変化

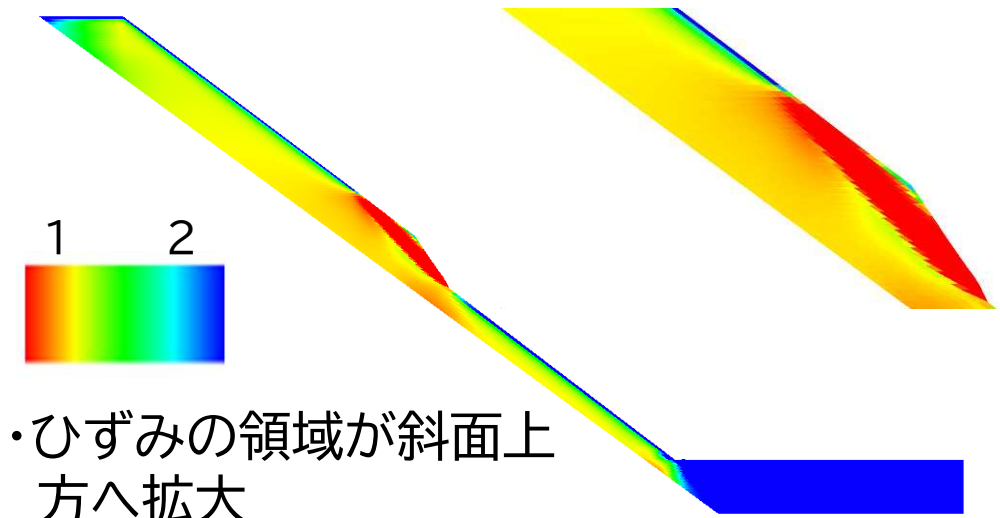
3. 解析結果: 考察(過圧密比分布と崩壊メカニズム) 12

①崩壊の数値開始時(定常状態)



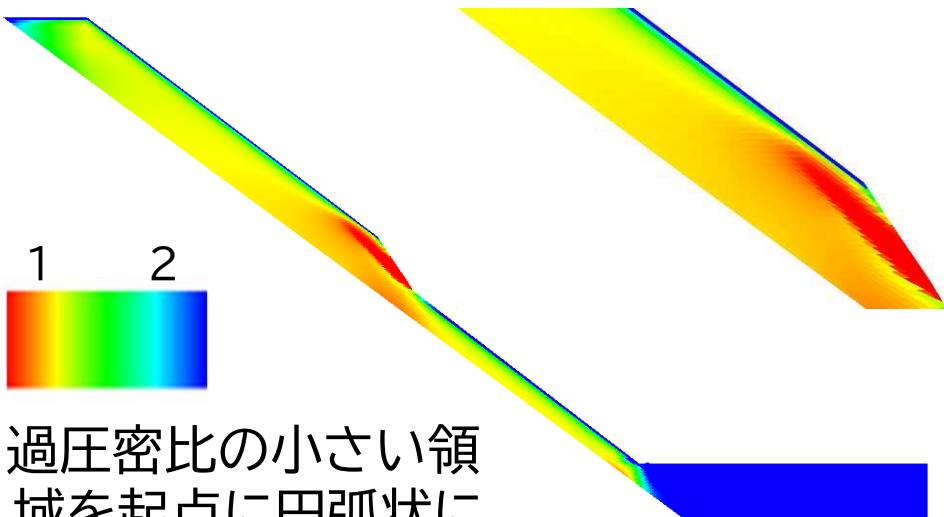
・遷急線付近は過圧密比が小さく, 力学的に不安定な状態

③11日7時間12分49秒経過時



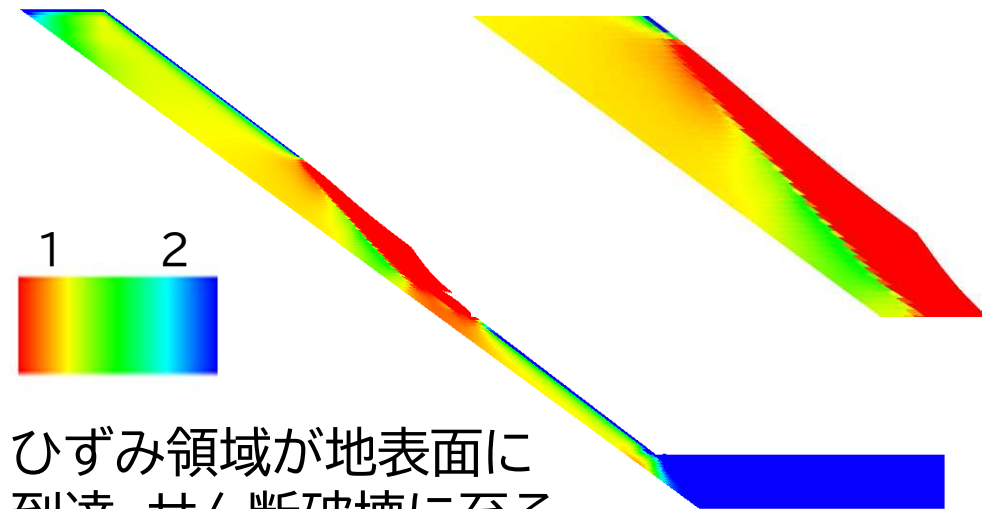
・ひずみの領域が斜面上方へ拡大

②11日7時間12分46秒経過時



・過圧密比の小さい領域を起点に円弧状にひずみが蓄積

④11日7時間12分54秒経過時



・ひずみ領域が地表面に到達, せん断破壊に至る

図-11 過圧密度分布の経時変化

4. 予防策の提案(H30年7月, 1回目の崩壊と対応) 13



崩壊ブロックは周辺斜面へ拡大の可能性



- 当時の計画(通常砂防事業全体計画)
 - 砂防堰堤嵩上げ(溪流内の不安定土砂の対策)。
 - 上部斜面は砂防事業完了後に治山事業で対応予定

4. 予防策の提案(R2年6月11日豪雨, クラック発生) 14



・6月11日豪雨で斜面上部にクラックが発生し, 災害関連緊急砂防事業が採択された。

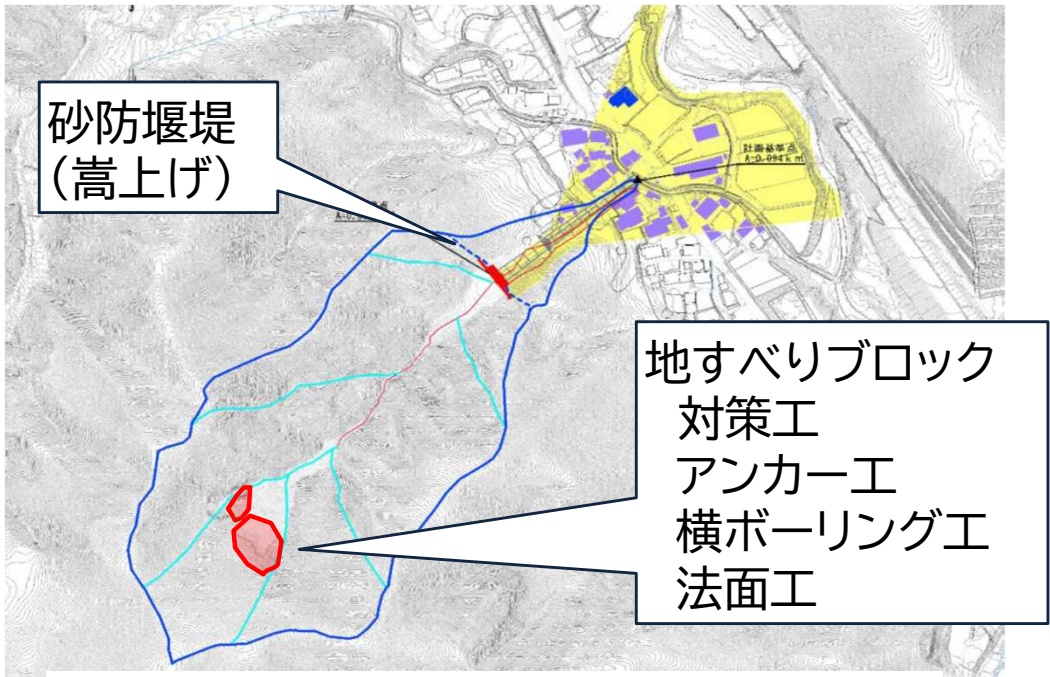


図-13 災害関連緊急砂防事業³⁾

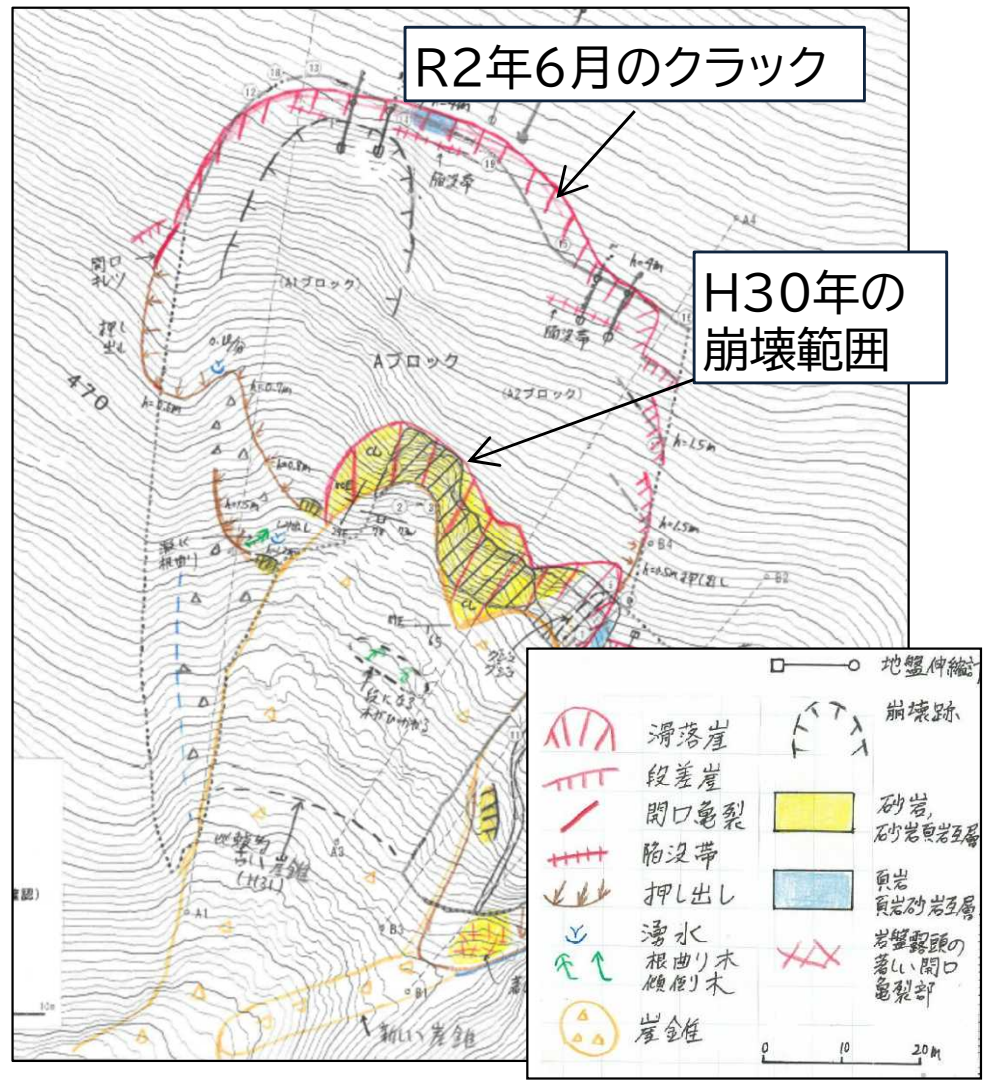


図-12 クラック調査結果(岐阜県提供資料)

4. 予防策の提案(R2年7月, 2回目の崩壊と対応)

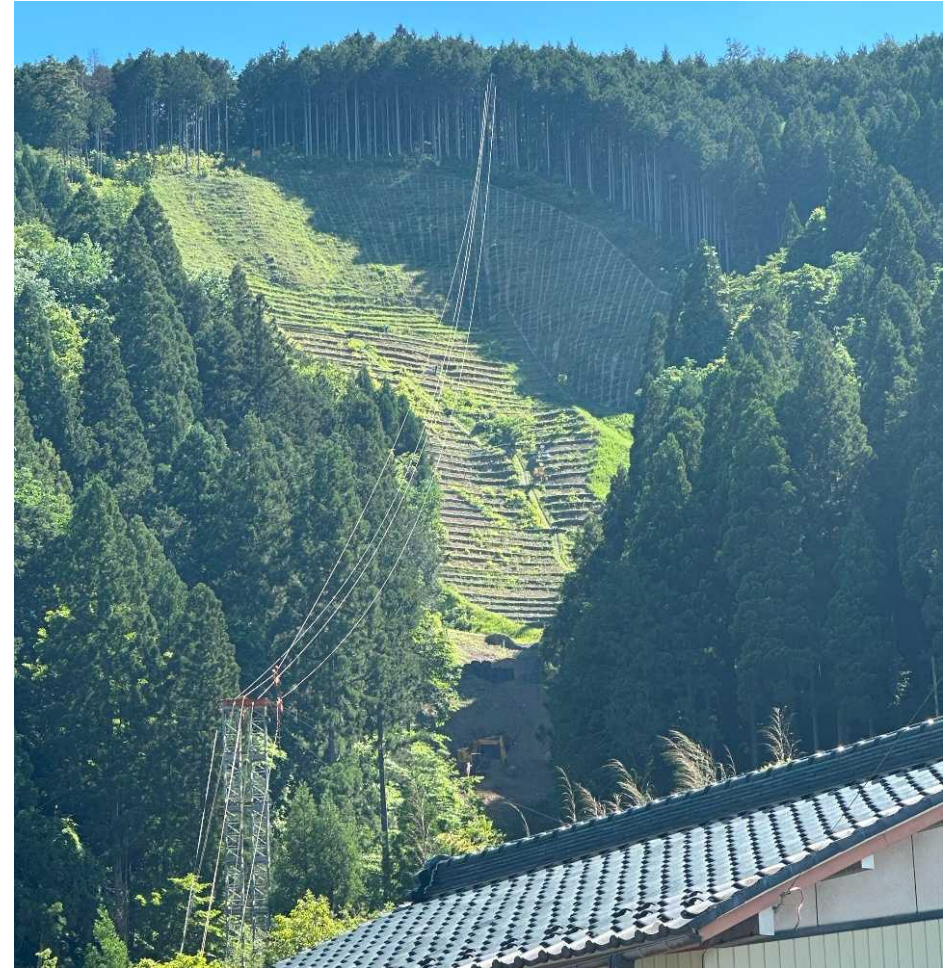


- ・2回目の崩壊を受けた災害関連緊急砂防事業の対応
 - 土砂収支計画の見直し
 - 地すべりブロック対策工
 - アンカー工, 横ボーリング等
- 流路工・床固工
- 砂防堰堤の嵩上げ

写真-11 砂防施設が土石流を捕捉²⁾



砂防堰堤の嵩上げ



地すべりブロック対策工

写真-13 奥田洞谷の復旧状況(令和7年5月29日撮影)

本解析で得られた知見に基づき、以下の対応が求められる。

<脆弱性の特定と調査>

- ・遷急線付近は、地形的に地下水が集中しやすく、相対的に不安定な領域となる。この潜在的な脆弱性を、解析等で事前に特定する。
- ・崩壊発生時には、解析で示された不安定化しやすい箇所を重点的に、かつ影響範囲全体の地質構造や地下水状況を調査し、崩壊拡大リスクを総合的に判断する。

<予防的対応策の推進>

- ・安定性評価の結果、不安定化の兆候が見られる場合や将来的なリスクが高いと判断される場合には、速やかに予防的な対応策を講じる。
- ・災害復旧事業において予防保全的な対応が困難であった溪流上部斜面に対し、予防保全を含めた幅広い対策の考え方を推進する。

- ・降雨時の斜面内部の水理・力学挙動を統合的に評価し、斜面崩壊の進行メカニズムを説明する可能性を示した。

<今後の課題>

- ・1回目の崩壊後の地形モデルに不安定化メカニズムを反映させ、2回目の崩壊への影響を分析することで、斜面の不安定化メカニズムを科学的に解明する。
- ・他の解析手法によるシミュレーションも実施し、具体的な根拠に基づいた調査内容や対応策を具体化する。

<参考文献>

- 1)国土交通省水管理・国土保全局:水管理・国土保全局所管事業の事業効果 奥田洞通常砂防事業 平成30年7月豪雨, 入手先<<https://www.mlit.go.jp/river/kouka/jirei/pdf/148.pdf>> (参照2026.6.1)
- 2)国土交通省水管理・国土保全局:令和2年に発生した土砂災害 施設効果事例 土石流 郡上市奥田洞谷の事例, 入手先<https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r2dosha/r2_koukagirei_okudaboradani.pdf> (参照2026.6.1)
- 3)国土交通省水管理・国土保全局:<災害関連緊急砂防事業>
岐阜県郡上市における災害関連緊急砂防事業の実施について【奥田洞谷】(R2.6.30), 入手先<https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r2dosha/200630_saikan_sabo_okudaboratani.pdf> (参照2026.6.1)