

# アンカー維持管理と 地質リスクマネジメント

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会  
(株)相愛 常川 善弘  
(同)アンカーアセットマネジメント研究会所属

1

## テーマ

アンカー工が施工されたのり面(以下、**アンカーのり面**)のメンテナンスサイクルの構築および充実に向けて

- ①アンカーのり面の長期安定性評価  
(調査技術・評価技術・データベースの構築)
- ②メンテナンスサイクルの段階的な充実  
(維持管理分野の産業・人材の育成)
- ③点検・診断等をサポートする技術開発や  
技術評価の推進  
(地質リスクマネジメント・技術顧問)

2

# 発表内容

1. アンカーの地質に関する変状事例
2. 全地連のアンカー維持管理の取り組み
3. 地質リスクマネジメントとは
4. 地質リスクマネジメント評価事例
5. 今後の取り組み

3

## 1. アンカーの地質に関する 変状事例

4

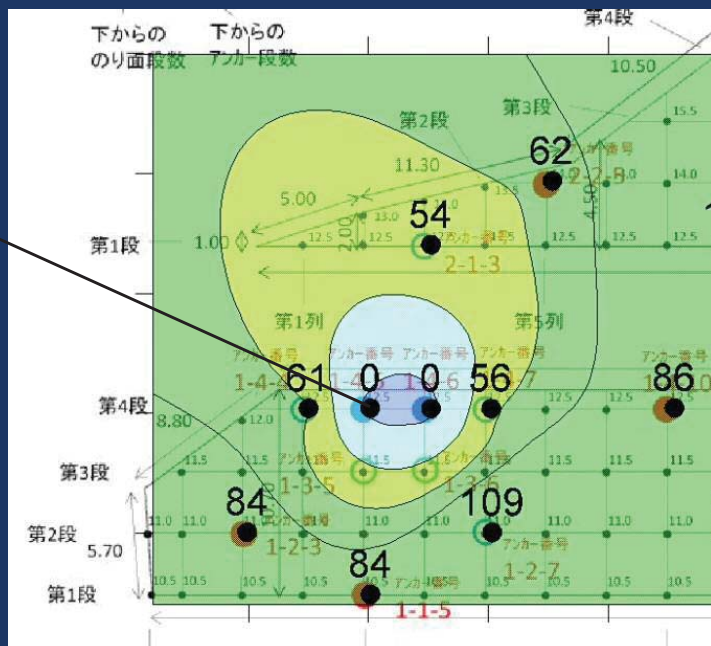
# 地質の劣化による アンカー材料の損傷事例①



頭部の浮き上がり  
(定着地盤の劣化による定着部の引き抜け)<sup>5</sup>

## のり面の経年劣化(定着層の劣化)

引き抜けと  
荷重低下領域



追加対策の必要性の有無、対策時の定着層は<sup>6</sup>?

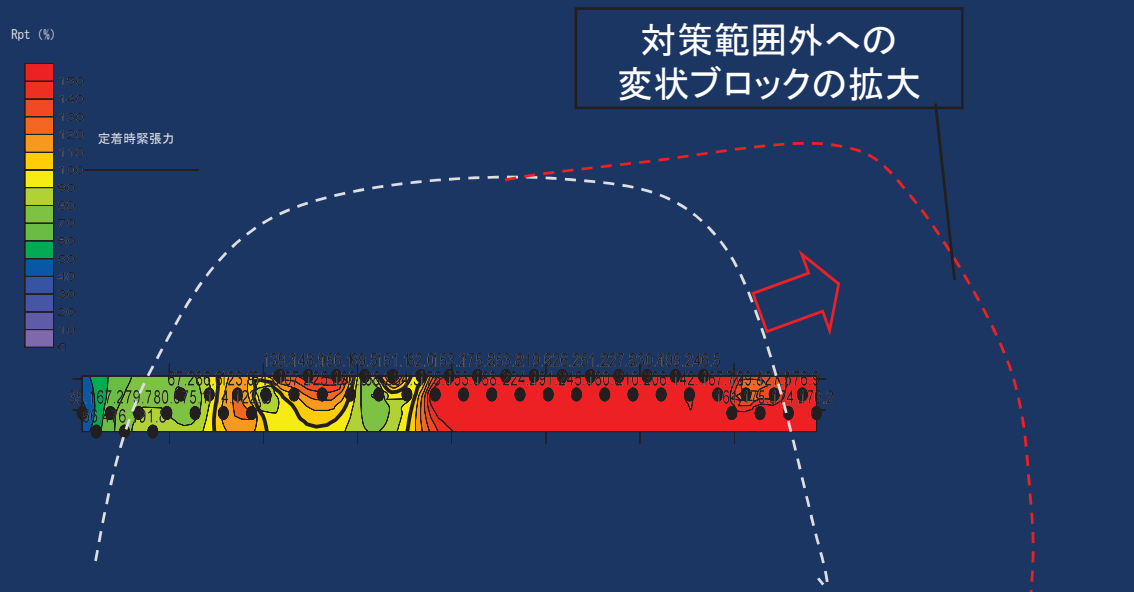
# 地質の劣化による アンカー材料の損傷事例②



供用後の斜面変状によるアンカー損傷(破断)  
過緊張(オーバーロード)

7

## のり面の経年劣化(変状ブロックの拡大)



変状ブロックの拡大によるのり面変状の再発

8

## 地質の劣化による アンカー材料の損傷事例③



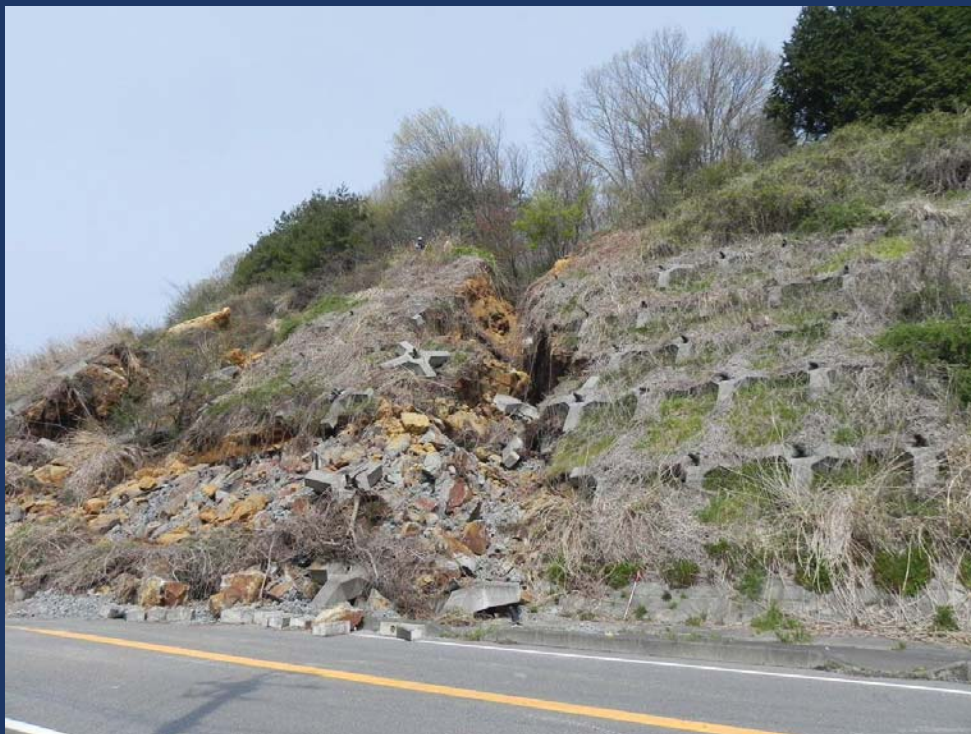
背面地質の劣化・流出による空洞化と受圧板の損傷  
(表層地盤の地耐力の低下、不陸の発生)<sup>9</sup>

## アンカーのり面の損傷事例④



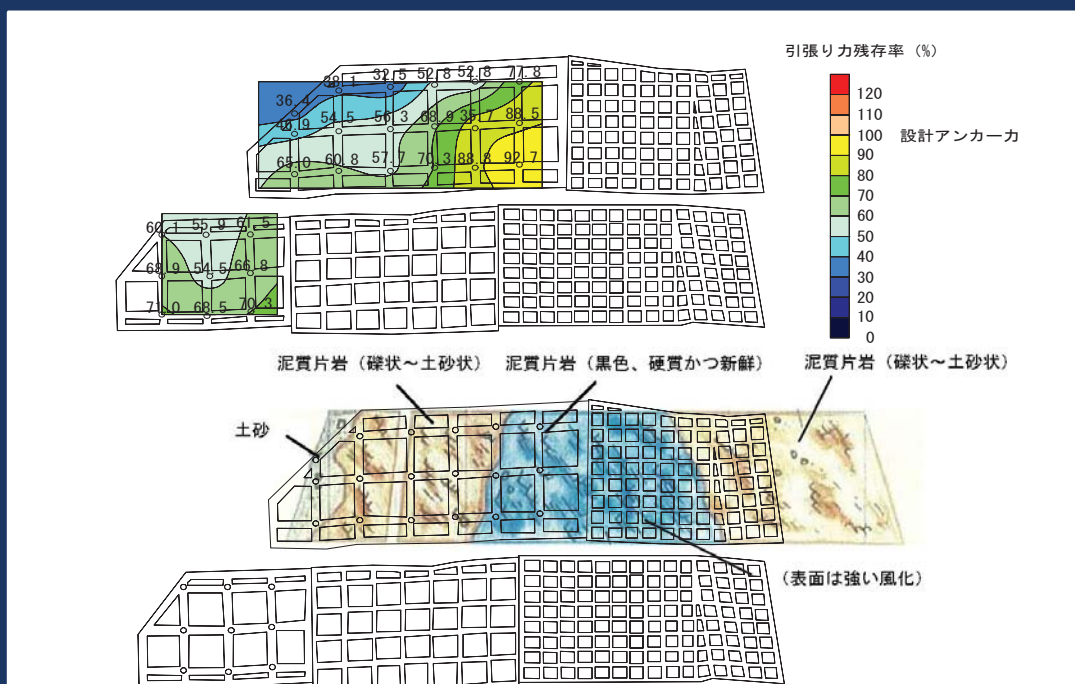
施工中の豪雨による被災

# アンカーのり面の損傷事例⑤



地震時の損傷

## アンカー緊張力と背面地質との関係 (緊張力低下について)

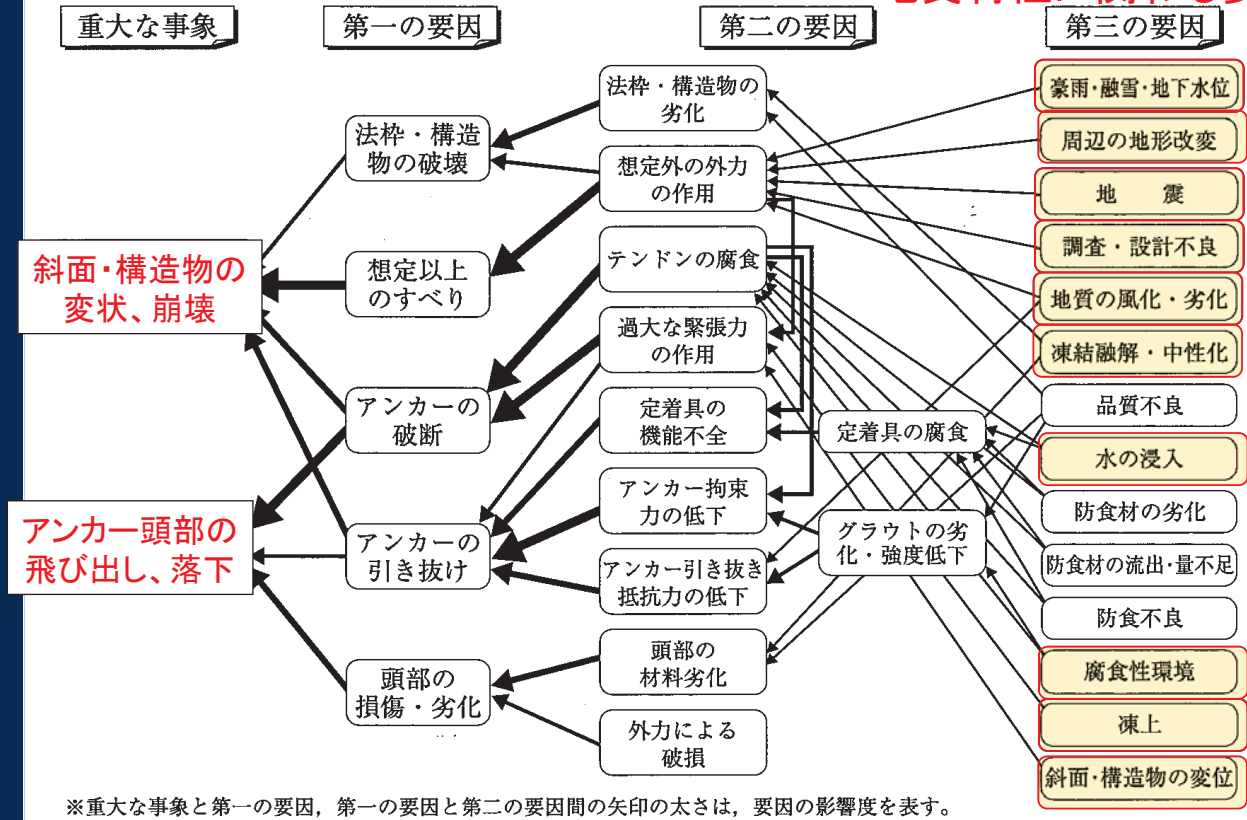


施工後5年経過したアンカーのり面

# アンカー変状の要因と関連図

引用文献: グラウンドアンカー維持管理マニュアル p17

地質特性に関わる要因



## 2. 全地連のアンカー維持管理の取り組み

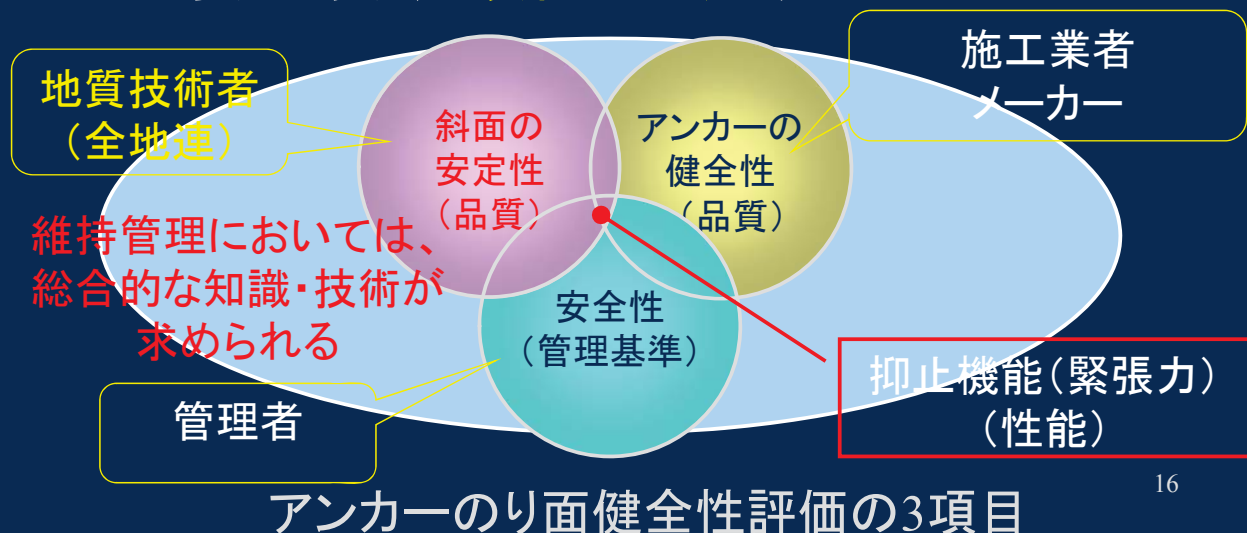
# 全地連のアンカー維持管理 の取り組み

- H19年度 新マーケット創出事業として、「**グラウンドアンカー工のアセットマネジメントに関する事業**」を発足・協力。地質調査技術とSAAMシステムによる既設アンカーのり面の安定性評価等の維持管理の取り組み。
- H22年地質リスク学会発足。事例研究発表会でのアンカーのり面の地質リスク事例収集および、維持管理を含めた**地質リスクマネジメント**の取り組み。
- H23年度全地連技術フォーラムでのアンカー維持管理セッションの開催。維持管理事例の収集。

15

## アンカーのり面の健全性評価

- 健全性評価には、**斜面の安定性**、**アンカーの健全性**、**安全性**の3項目の総合的な評価が必要
- **アンカーの緊張力**は、抑止機能(性能)の維持に重要であり、**3項目に共通する**



16



# アンカーのり面の斜面安定性評価

既設アンカーのり面は、既存調査で、斜面安定条件を満たしていない(不安定要素あり)と判定された斜面(地質技術者が判定)

維持管理において、地質に関連するアンカー機能低下の要因は多く、地質技術者が積極的に取り組む必要性→どのようにアンカーのり面の長期の安定性・安全性の評価・管理を効果的に実施していくか

(効率的な点検・調査には、アンカー材料・施工の知識も必要。「グラウンドアンカー施工士」資格等)

## アンカーのセンサー的機能の活用

- グラウンドアンカー工は、縦型伸縮計と同等の構造(下図参照)で、荷重の変化により、斜面変動や材料変状を感知でき、抑止機能を兼ねた斜面変動計測計として利用できる。

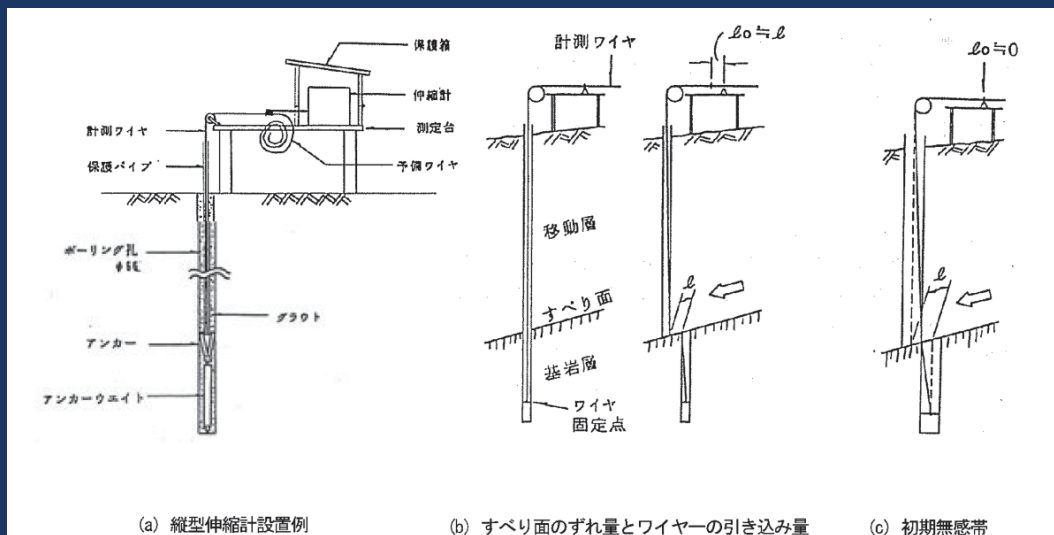
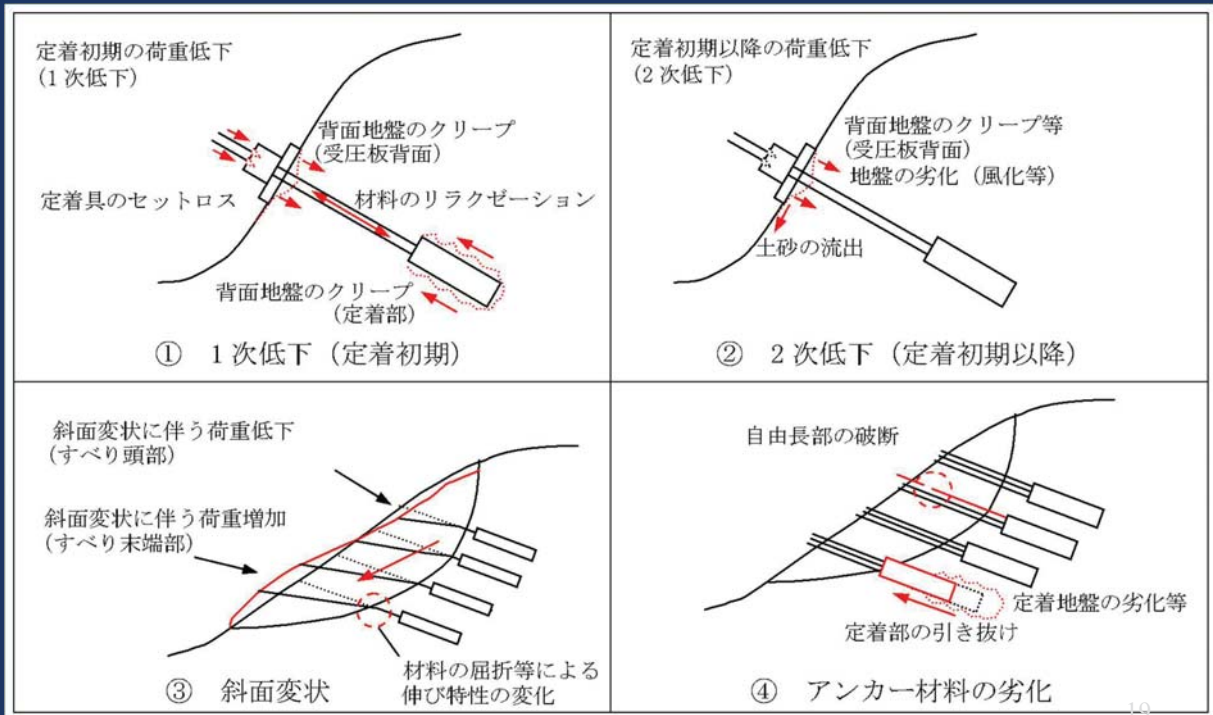


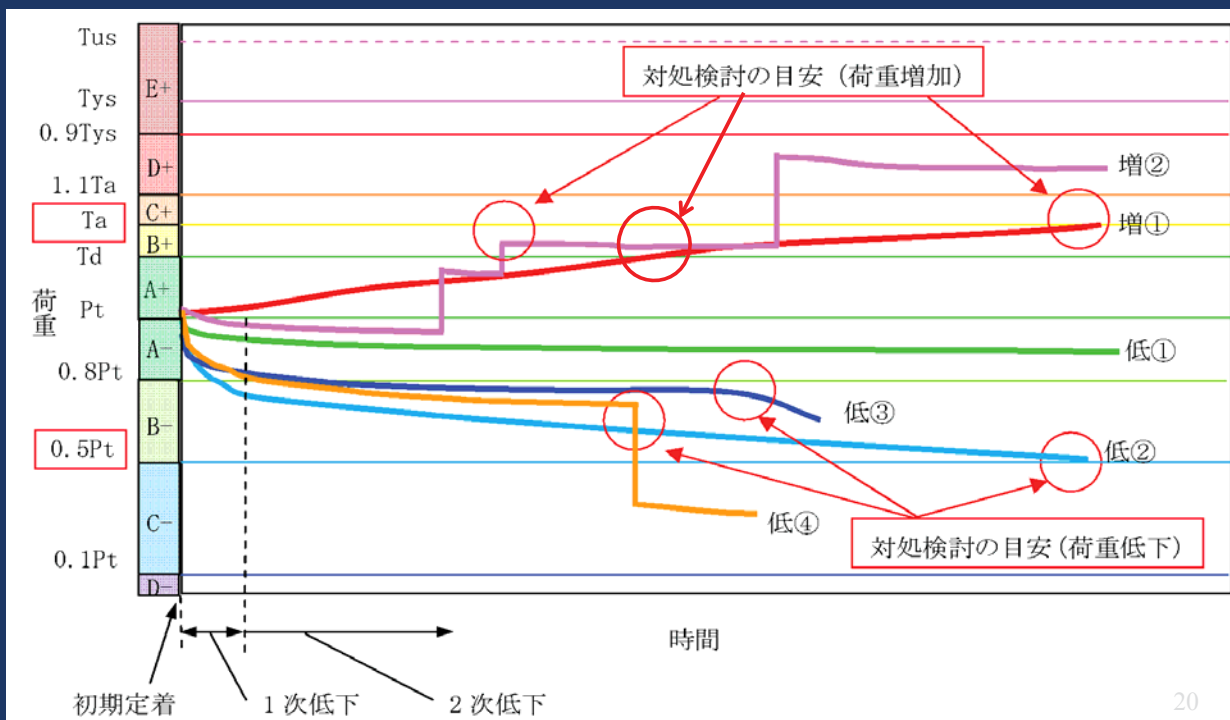
図 2.5.1 縦型伸縮計の設置例と原理

# アンカー緊張力変化の要因



# アンカー緊張力の変化特性

## アンカー緊張力の連続的、断続的な変化

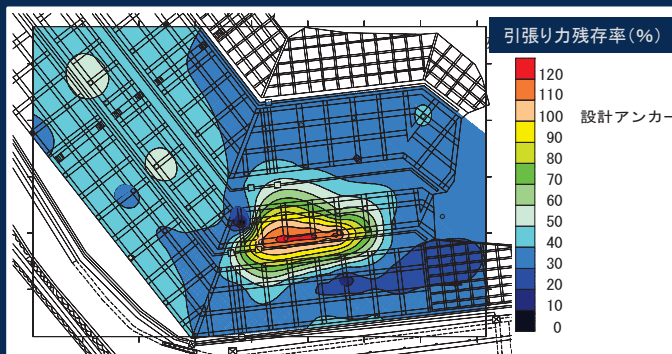


# アンカー緊張力を活用した斜面安定評価

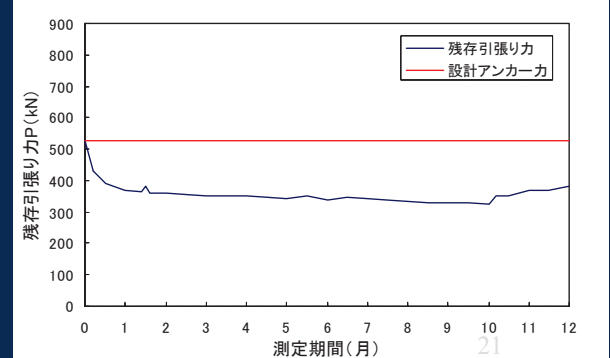
ボーリング調査やモニタリングの位置の選定に効果的

## アンカー緊張力のモニタリング

### 面的分布



### 経時変化



# 既設アンカーのり面の健全性調査



面的調査(リフトオフ試験)を併用した地質調査状況 22

### 3. 地質リスクマネジメントとは

23

## 地質調査の“宿命” 「不確実性」

- 地面の下の“地盤・地質”は、目に見えない(不可視領域)は、土質や岩盤の種類、地質層序、強度は場所によって異なり、地下水も含め対象範囲の状況は複雑。



「不確実性」を低減するための調査・管理

- ①効率的・効果的な調査技術の開発・導入・向上  
(施工・維持管理情報のフィードバック・高精度化)
- ②情報の共有とノウハウの蓄積(データベース化)
- ③技術の伝承・情報発信・世代交代を含む人材育成・指導(技術顧問・リスクコミュニケーション)

24

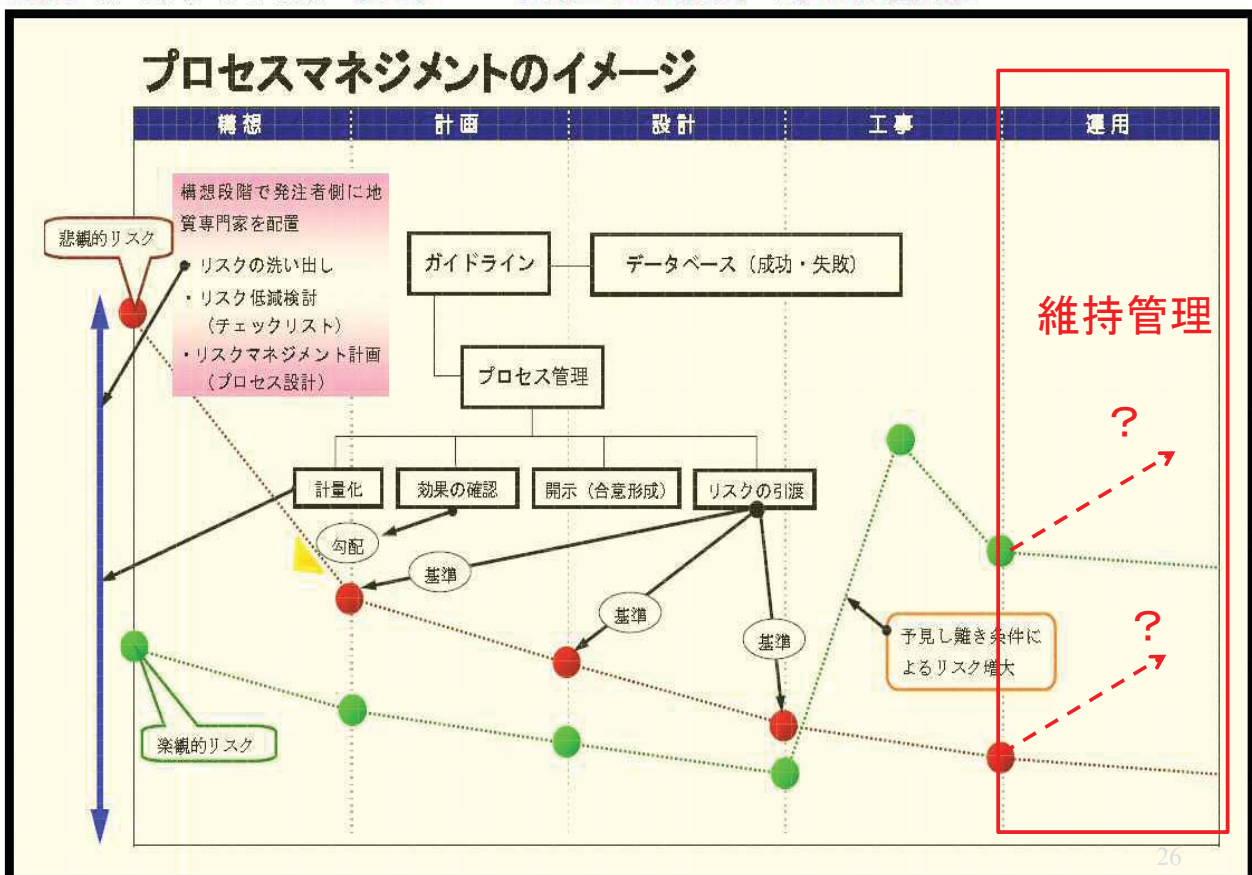
# 地質リスクの定義

地質リスクとは「地質に係わる事業リスク」のことで、  
「事業コスト損失そのものとその要因の不確実性」

- ①地盤、地質、地下水などに関わる**不確実性**
- ②それが原因で発生する**事業コスト損失**

25

地質（に係わる事業）リスク = 事業コスト損失とその不確実性



26

# H22年地質リスク学会発足

The screenshot shows the homepage of the Geotechnical Risk Society. At the top, there is a navigation bar with links for 'トップページ', '学会紹介', '入会案内', '地質リスク関連資料', 'Webコンセプト会議', '事例収集のお誘い', and '研究発表会'. The main content area is divided into two columns. The left column contains sections for '会員登録' (Member Registration), '会員専用メニュー' (Member Special Menu), and 'お問い合わせ' (Inquiry). The right column features a '会長挨拶' (President's Message) section with a photo of the president, Hasegawa Masami, and text explaining the society's mission and goals. The text discusses the need for a new approach to geotechnical risk management in public works, emphasizing the importance of communication and collaboration between various stakeholders.

## 地質リスク学会の研究

- 効果的な地質調査ノウハウの共有
- 余分な調査や過大設計の抑制
- 事業の円滑化

→設計変更の説明・根拠資料

→手戻りの負担の低減

- 施工中事故の防止

- LCC評価の実現および縮減

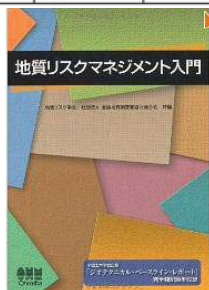
- 調査の必要性・価値(費用対効果)を明確化

→研究促進・実用化に向け、多くのマネジメントの取り組み事例が必要

事業評価(トータルコスト)には、発注者(管理者)のご理解と参加が不可欠

## Aタイプ 地質リスクを回避した事例

対象工事	発注者 工事名 工程 工事概要 ①当初工事費 当初工期	
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期 予測されたトラブル 回避した事象 工事への影響	
リスク管理の実績	判断(した)時期 判断した者 判断の内容 判断に必要な情報	
リスク対応の実績	内容 追加調査 修正設計 対策工 費用 追加調査 修正設計 対策工 ②合計	
変更後工事の内容	工事変更の内容 ③変更後工事費 変更後工期 間接的な影響項目 受益者 費用(①-③-②)	
リスクマネジメントの効果	工期 その他	



## Bタイプ 地質リスクが発現した事例

対象工事	発注者 工事名 工程 工事概要 ①当初工事費 当初工期	
リスク発現事象	リスク発現時期 トラブルの内容 トラブルの原因 工事への影響	
追加工事の内容	追加調査の内容 修正設計内容 追加工事 追加工事 追加調査 修正設計 対策工 追加工事 ②合計	
リスク管理の理想像	延長工期 間接的な影響項目 負担者 対応(すべき)時期 対応(すべき)内容 判断に必要な情報	
リスクマネジメントの効果	追加費用 追加工事 ③合計 想定工事 ④工事費 工期 費用(②-③) 費用(①)-(②)-(③)-(④) 工期 その他	

## Cタイプ 発現した地質リスクを最小限に回避した事例

対象工事	発注者 工事名 工程 工事概要 ①当初工事費 当初工期	
発現したリスク	リスク発現時期 トラブルの内容 トラブルの原因 工事への影響 追加調査の内容 修正設計内容 対策工 追加工事	
追加工事の内容	追加調査 修正設計 対策工 追加工事 ②合計	
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期 回避した事象 工事への影響 判断(した)時期 判断した者 判断の内容 判断に必要な情報	
リスク管理の実績	内容 追加調査 修正設計 対策工 費用 追加調査 修正設計 対策工 ③合計	
回避しなかった場合	工事変更の内容 ④変更後工事費 変更後工期 間接的な影響項目 受益者 費用(④)-(①)×②×③ 工期 その他	
リスクマネジメントの効果	工期 その他	

## Dタイプ:A・B・Cタイプ以外の事例(提案・任意様式)

引用文献:地質リスク学会/社団法人全国地質調査業協会連合会共編  
「地質リスクマネジメント入門」2010.4

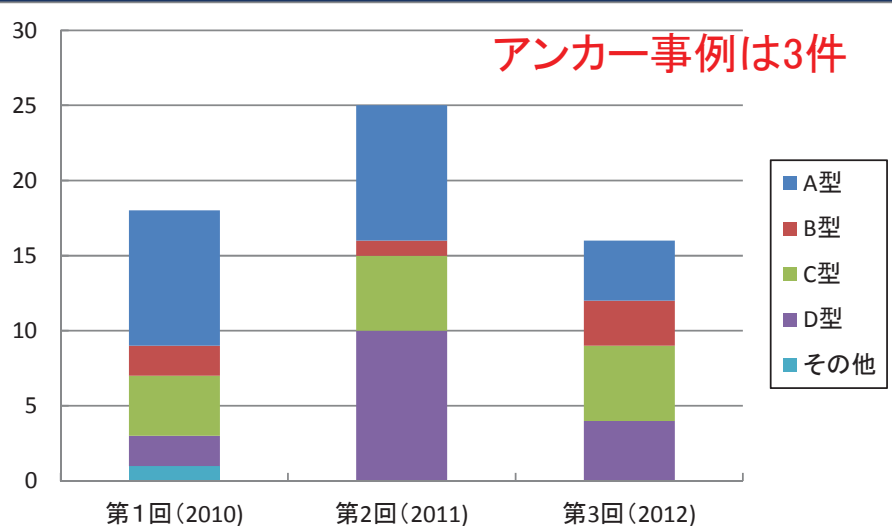
# 地質リスクタイプ別の事例発表実績

**Aタイプ**:地質リスクを回避した事例

**Bタイプ**:地質リスクが発現した事例

**Cタイプ**:発現した地質リスクを最小限に回避した事例

**Dタイプ**:その他の事例



# 第4回地質リスクマネジメント 事例研究発表会

- 日時:平成25年 11月 22日(金)
- 場所:飯田橋レインボーホール(予定)



地質リスクマネジメント事例研究発表会状況

31

## 4.地質リスクマネジメント 評価事例

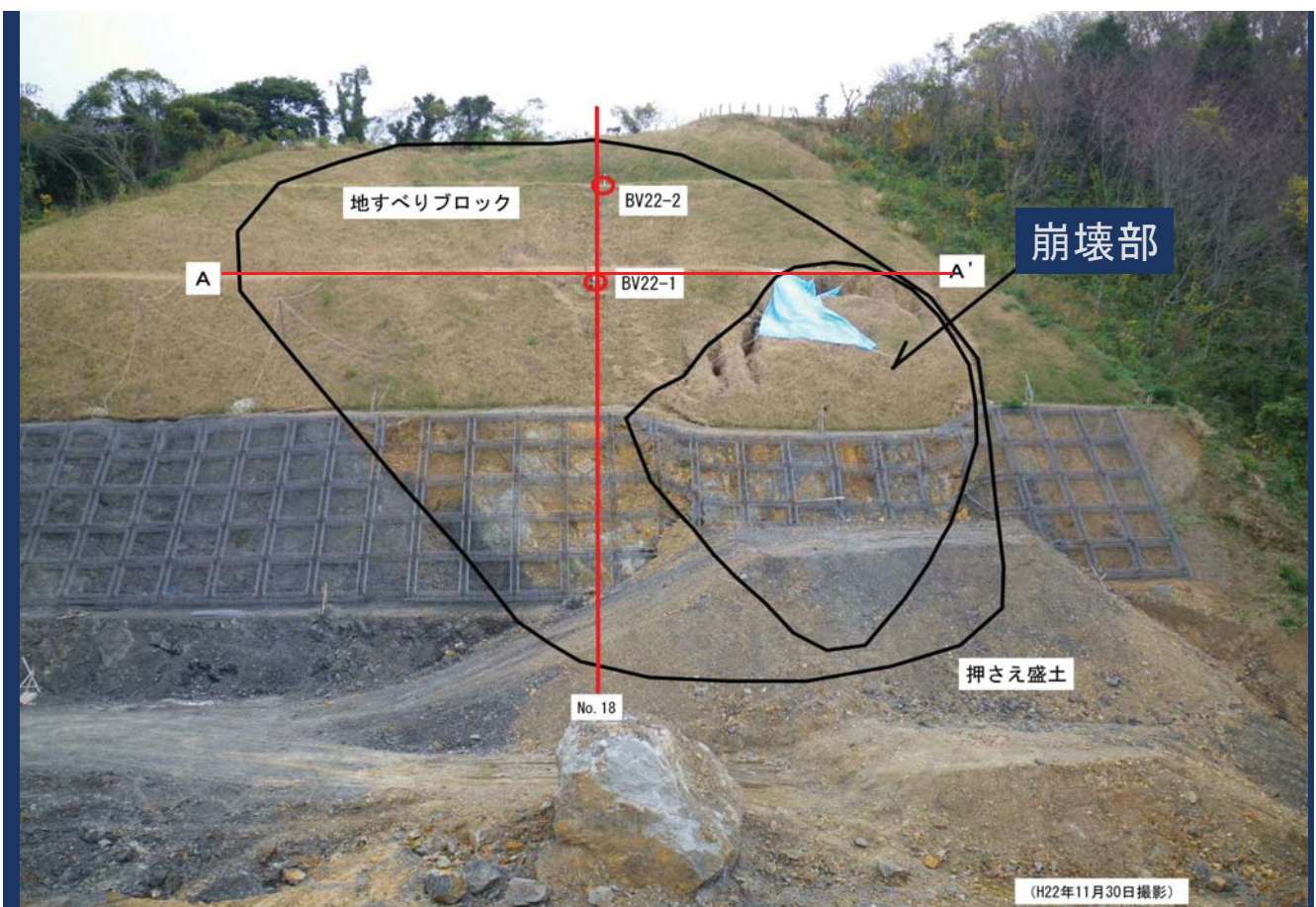
32



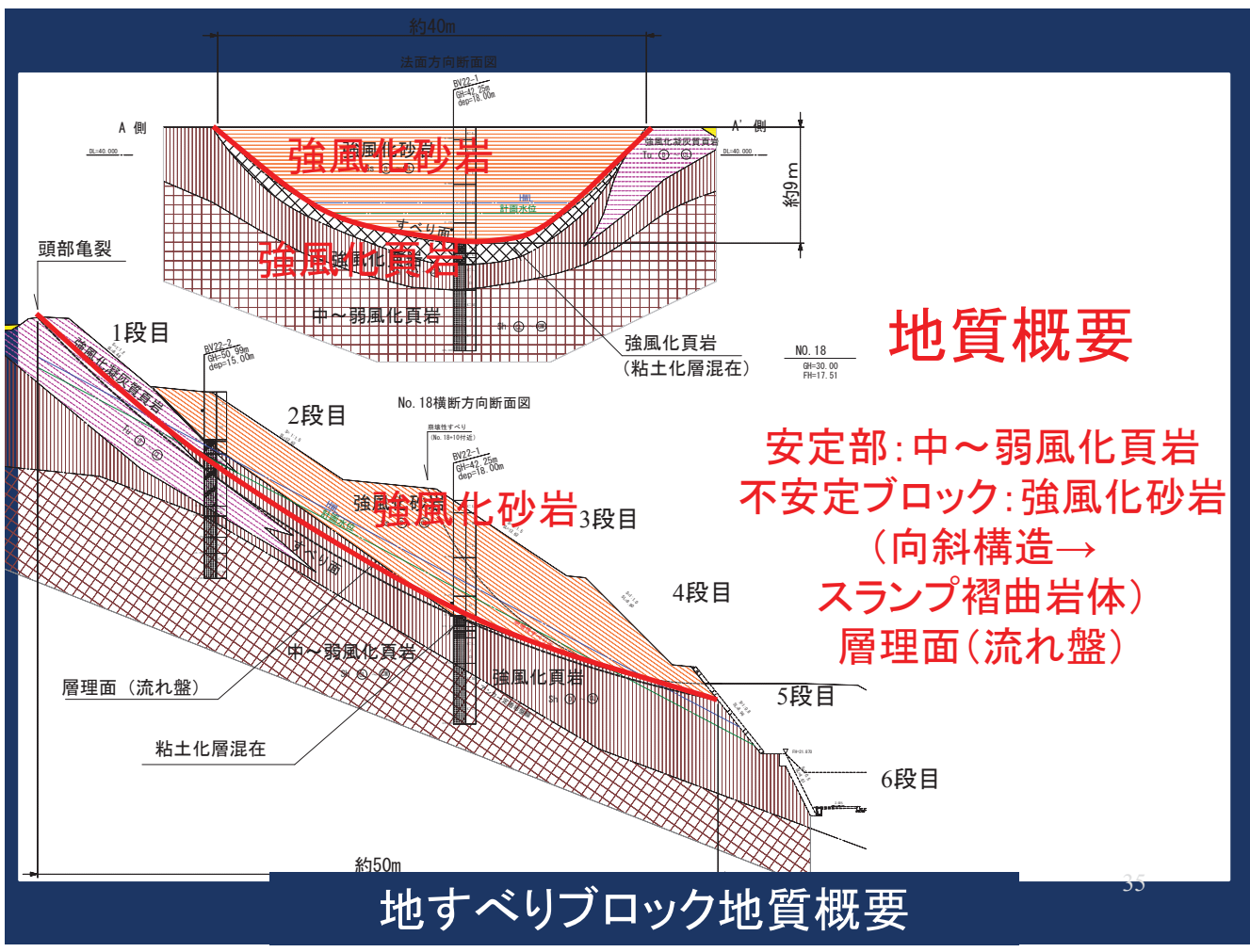
# 地質リスクマネジメント事例(C型)

～発現した地質リスクを最小限に回避した事例～

- ・ 発現時期: 工事中
- ・ 工事内容: 道路改良工事(切土のり面)
- ・ 発現概要: アンカー対策後の、豪雨によるアンカーのり面の変状  
(設計時の計画地下水位を上回る)
- ・ 不確実性: 地下水位の挙動
- ・ 回避方法: モニタリングによる対策効果確認(早期発見)  
変状後のアンカーのり面の現況調査・対応において、新技術の活用(維持管理技術)  
→迅速で効果的な対応の実施



アンカー対策前のり面変状状況(H22年11月30日)



## 地質概要

安定部: 中～弱風化頁岩  
 不安定ブロック: 強風化砂岩  
 (向斜構造→スランプ褶曲岩体)  
 層理面(流れ盤)

地すべりブロック地質概要

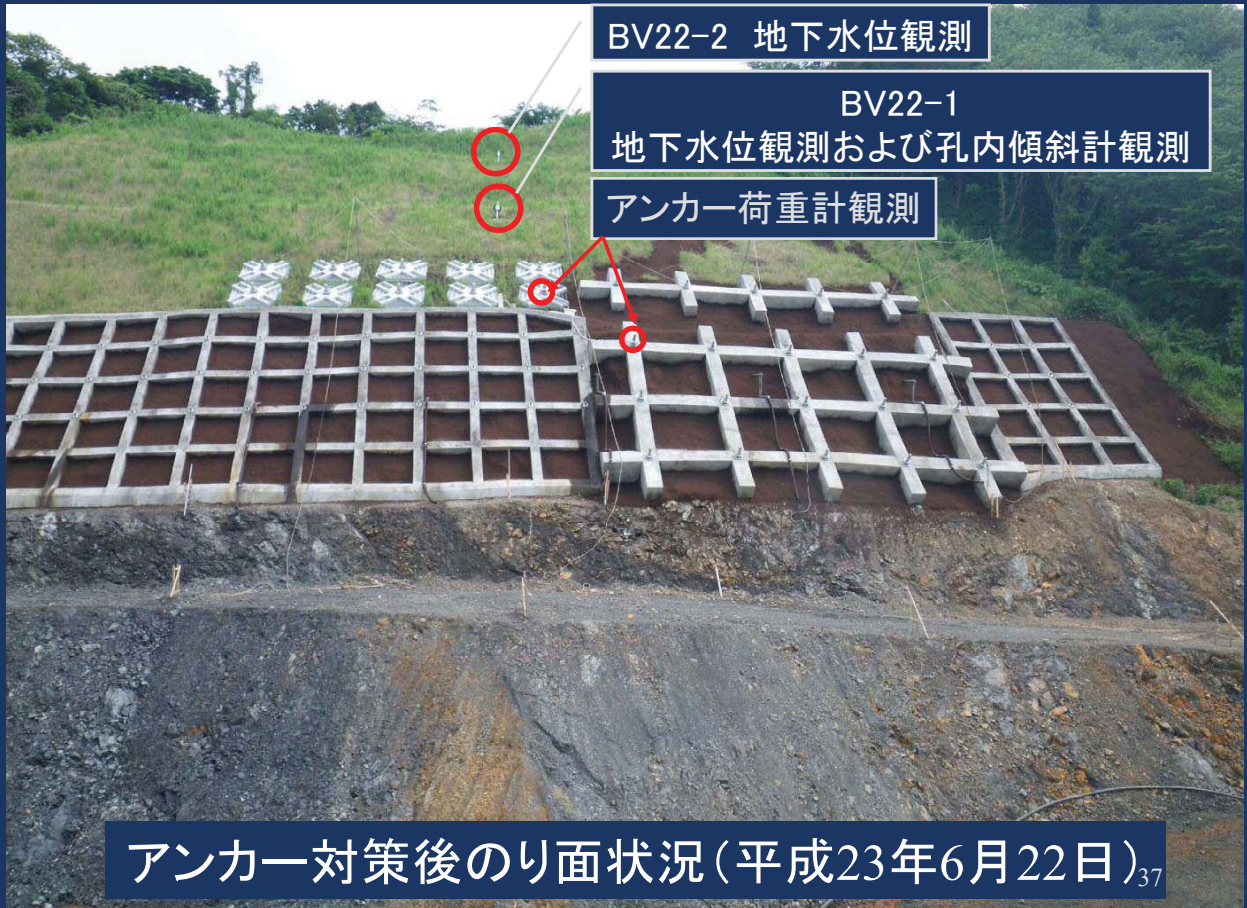
## 地質リスクの発生の経緯と対応の流れ

工事年度	時期	地すべりと対応	法面工事の状況	備考
22	9月末	地すべり変位確認(約20mm)とNo.18～19間の崩壊発生	4段目法面の法枠施工中	9月30日 日雨量23.5mm
	11月～23年3月	ボーリング調査・対策工検討	中断	孔内傾斜計と水位観測開始 12月2日 日雨量75mm
23	4～6月	対策工施工 ・横ボーリング工N=5本 ・アンカー工N=30本	中断	アンカー荷重計2基設置 観測開始
	6～7月	・頭部亀裂発生拡大 ・地下水位上昇 ・孔内傾斜計変位累積 ・アンカー過緊張 (抑止力不足判明)	5段目中腹まで掘削完了 4段目法枠完成	6月20日日雨量67mm 7月18～19日累積雨量480.5mm(台風6号)
	～8月	擁土工(追加対策)の検討	中断	
	8月末～10月始め	擁土工(追加)の実施	1段目、2段目の擁土を拡大	
	10月～	・地すべりの沈静化を確認 ・モニタリングの継続	5段目掘削完了	10月21日日雨量251mm

課題① 短期間での設計

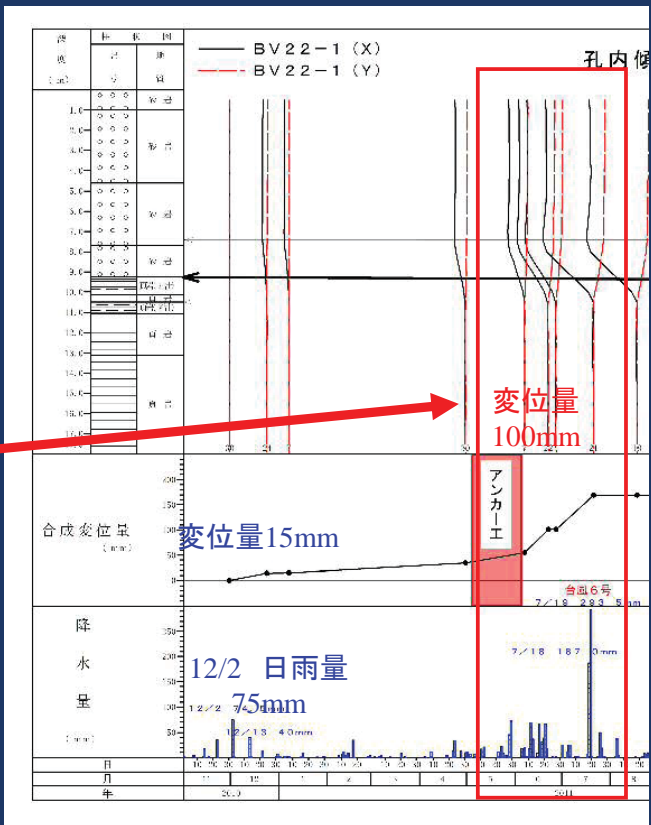
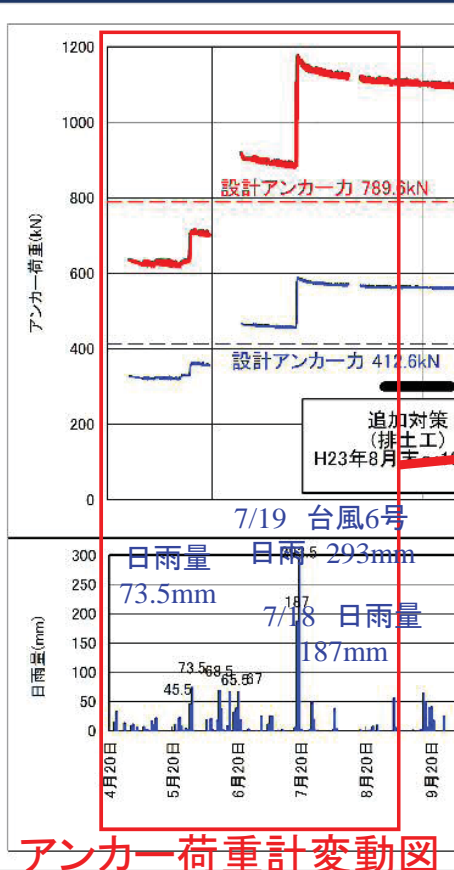
課題② モニタリング

課題③ 地下水位の挙動



## アンカー荷重計によるモニタリング



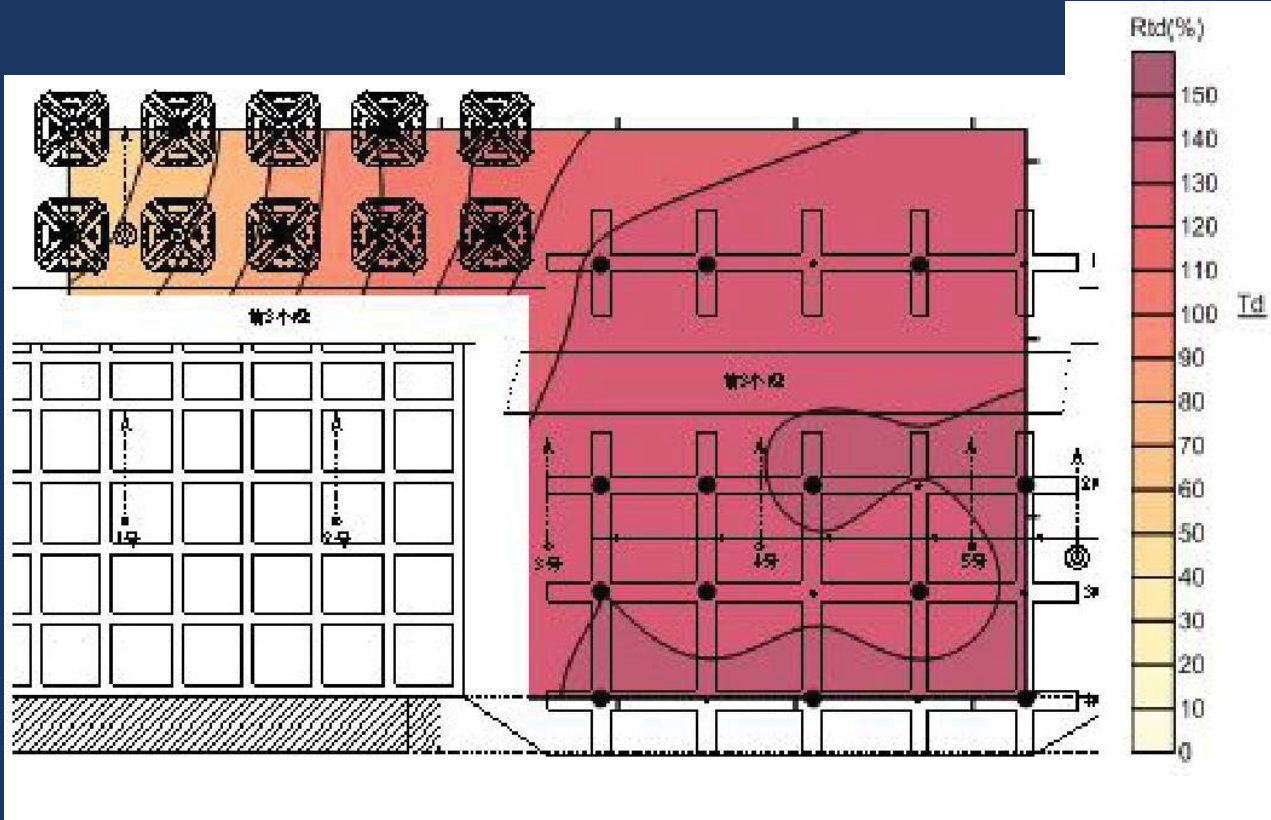


アンカー荷重計および荷重計変動図  
孔内傾斜計および荷重計変動図

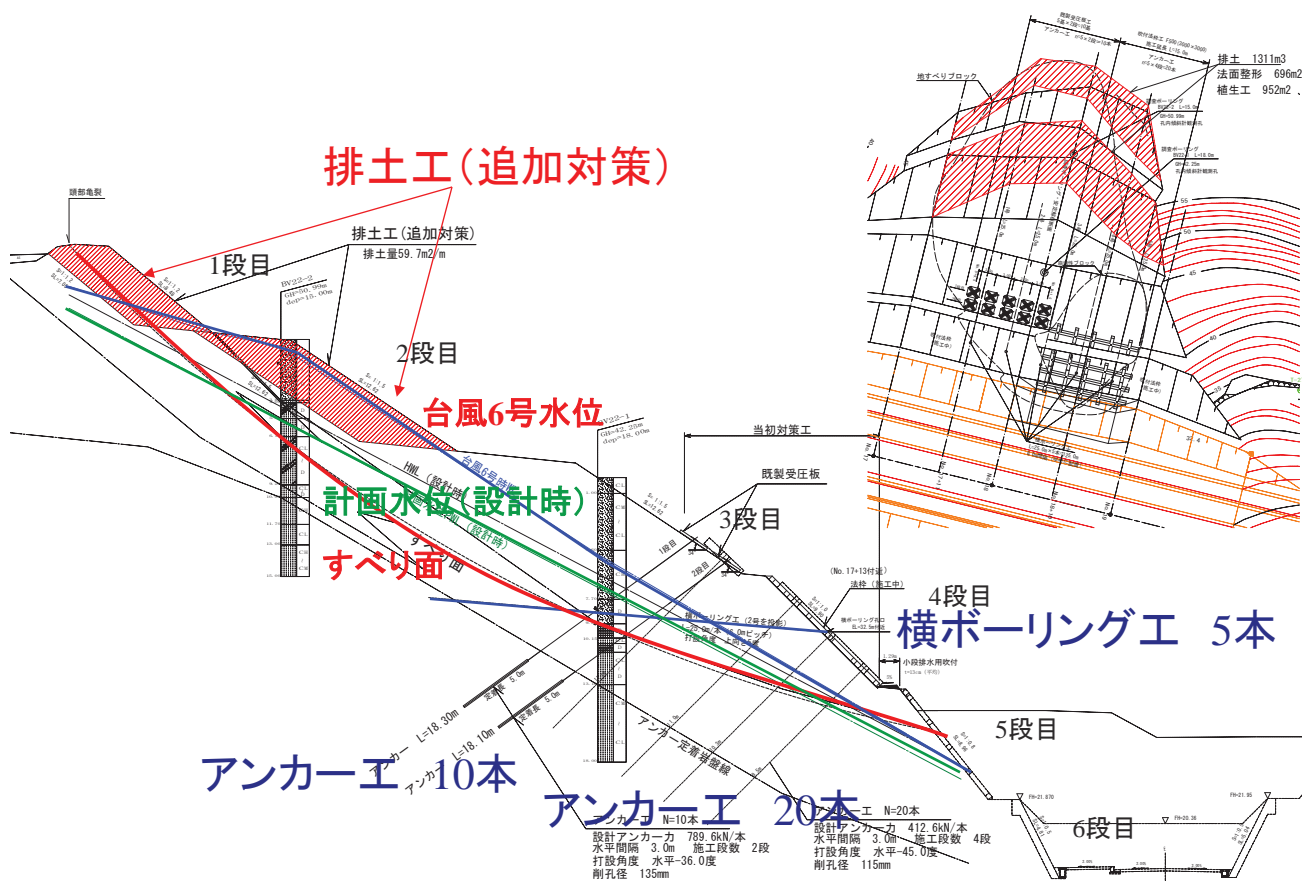
# アンカー工の残存引張り力確認



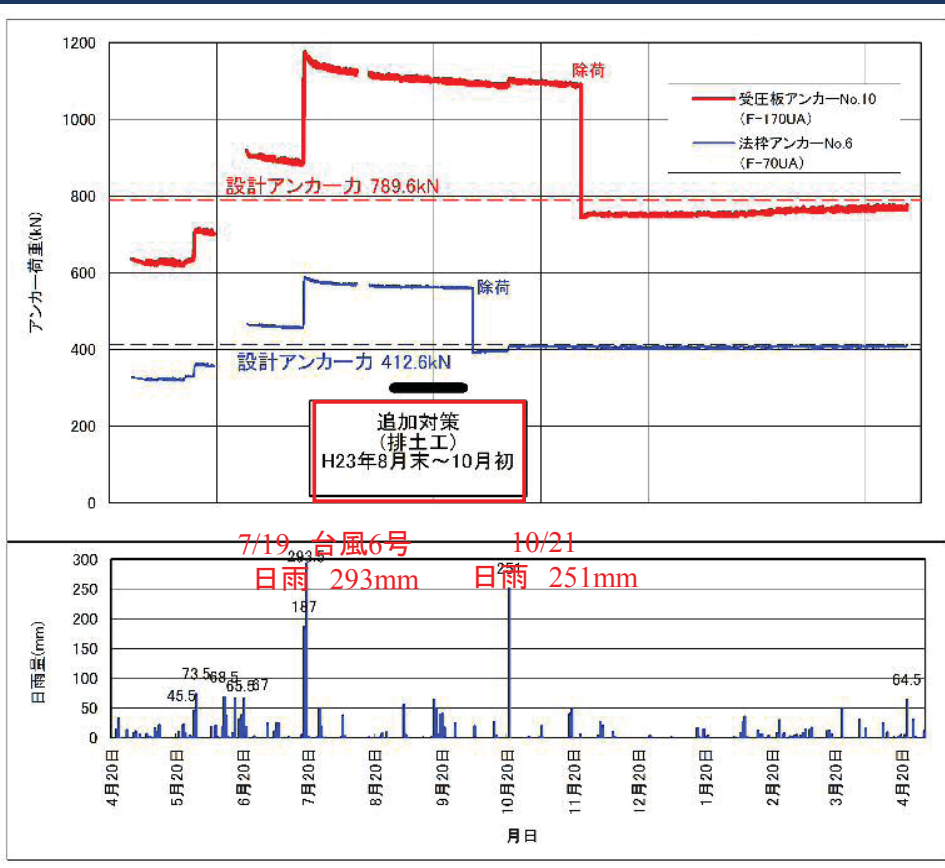
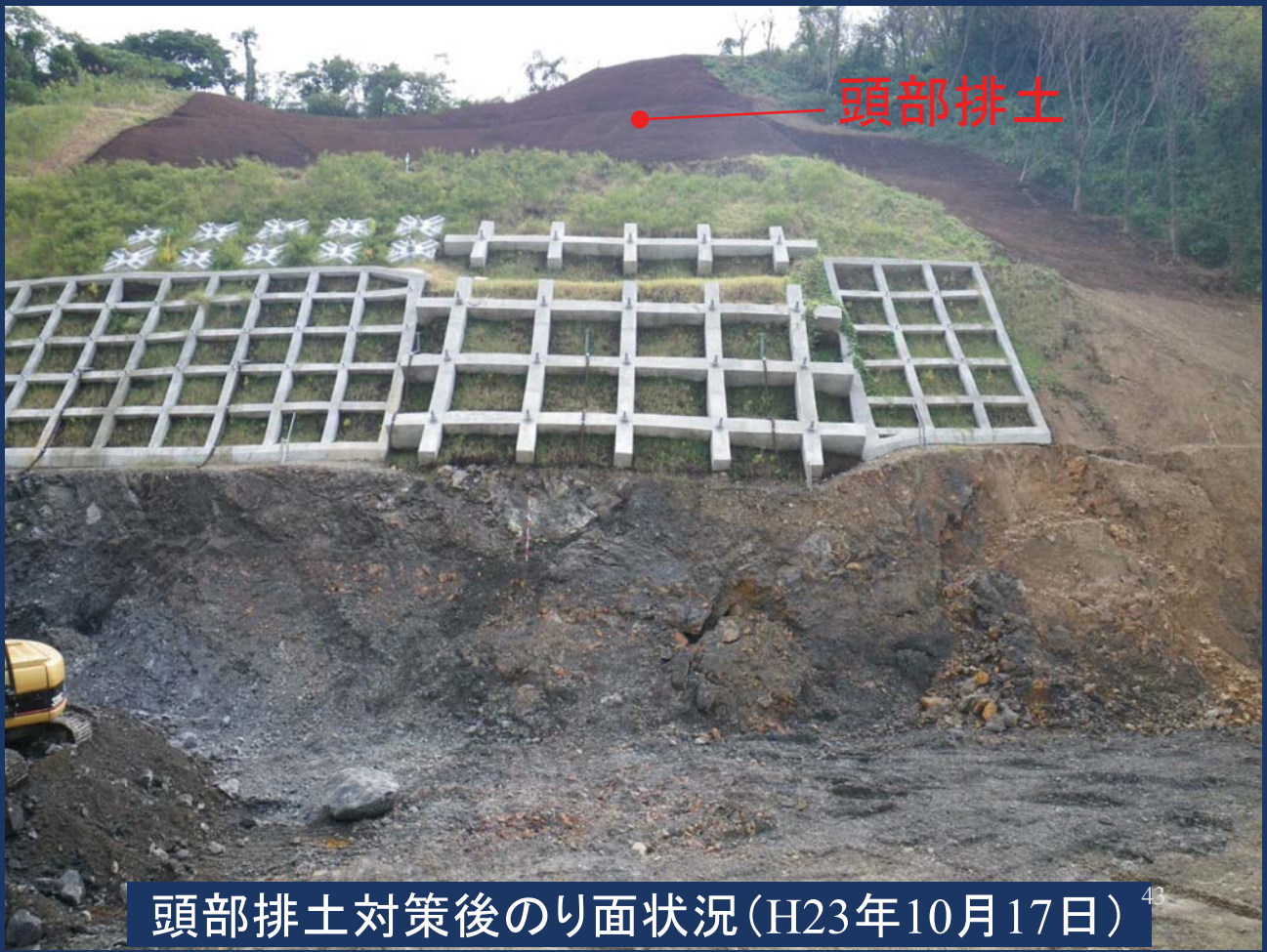
SAAMジャッキを用いたリフトオフ試験及び緊張力の調整



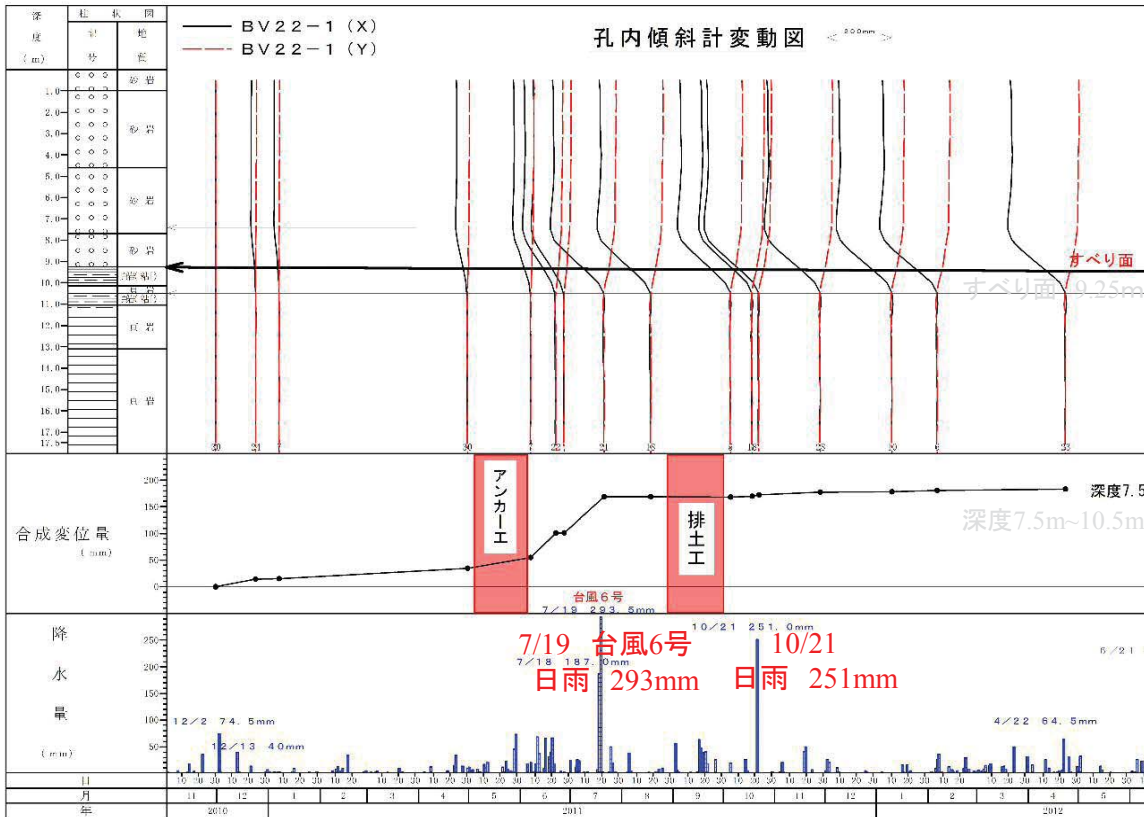
アンカー緊張力の面的調査結果  
設計アンカー力比Rtd(%)分布図



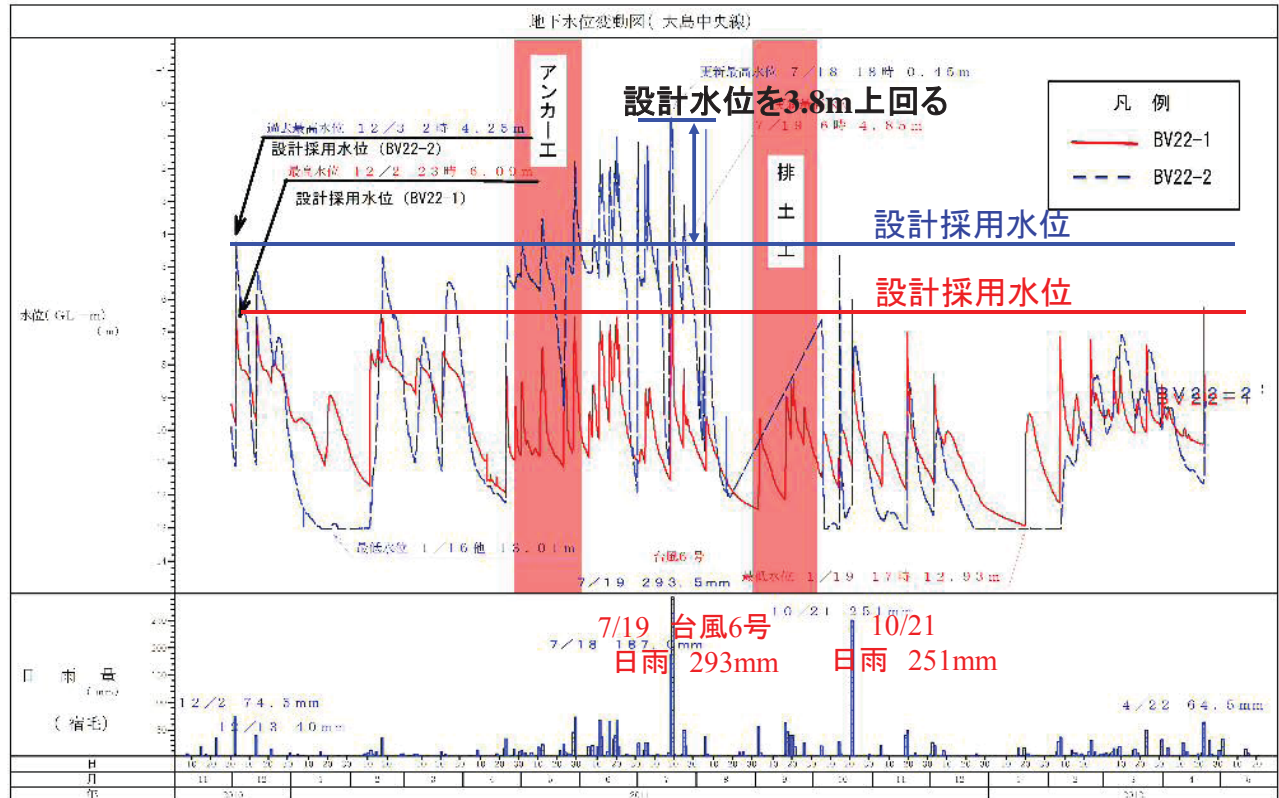
対策工断面図(頭部排土)



アンカー荷重変動図



孔内傾斜計変動図



地下水位変動図

# 発現したリスク

対象工事	発注者	宿毛市役所建設課			
	工事名	市道大島中央線道路改良工事			
	工種	のり面工			
	工事概要	受圧版・法枠工、アンカー工（N=30本） 水抜きボーリング工（N=5本）			
	①当初工事費	23,200千円			
	当初工期	90日			
発現したリスク	リスク発現事象	リスク発現時期	工事中		
		トラブルの内容	記録的な豪雨により、計画抑止力を超えるすべりが発生する。		
		トラブルの原因	想定以上の地下水位の上昇		
		工事への影響	工事の中断および対策工の追加。（ただし、当初工期内に対策工を含め完了。）		
	変更工事の内容	追加調査の内容	-		
		修正設計内容	-		
		対策工事	頭部排土工（1,300m <sup>3</sup> ）		
		変更工事	-		
		変更費用	追加調査	-	
			修正設計	-	
			対策工	頭部排土工：11,400千円（植生工含む）	
			変更工事	-	
①計	11,400千円				
変更工期	45日				
間接的な影響項目	工事中断による設備費負担		47		
負担者	施工業者・宿毛市				

# 最小限に回避したリスク

最小限に回避したリスク	リスク回避事象	予測されたリスク発現時期	工事中および、工事完了後の供用中		
		予測されたトラブル	斜面変状の進行によるアンカー工および法枠工の損傷、斜面崩壊。 供用時においては、通行車両等利用者等への被災、通行止めによる経済的な影響。		
		回避した事象	法枠工およびアンカー工を含むのり面の損傷。工事完了後の利用者への被災、通行止め等による経済活動への影響。		
		工事への影響	大幅な工事の中断および工事費の増額		
	リスク管理の実際	判断（した）時期	工事中（のり面変状時）		
		判断した者	施工者・地質調査業者		
		判断の内容	工事の中断と対策工の提案		
		判断に必要な情報	地質情報（地下水位、のり面変位量、変位深度、アンカー緊張力）		
	リスク対応の実際	内容	追加調査	リフトオフ試験（面的調査）：N=15本 動態観測：1式	
			修正設計	頭部排土工計画	
			対策工	アンカー工の緊張力調整：N=30本	
		費用	追加調査	リフトオフ試験（面的調査）：600千円 動態観測：200千円	
修正設計			-		
対策工			アンカー工の緊張力調整：1,200千円 <sup>8</sup>		
③合計			2,000千円		



# リスクマネジメントの効果

回避しなかった 場合	工事変更の内容	当初工事費（法枠工+アンカー工（N= 30本）） リフトオフ試験（面的調査）（N=15本） 頭部排土工（1,300m <sup>3</sup> ） アンカー工（N=10本） アンカー工の緊張力の調整工（N=20本）
	④変更工事費	当初工事費：23,200千円 面的調査：600千円 頭部排土工：11,400千円（植生工含む） アンカー工：6,000千円（損傷アンカーの切断・撤去含む） アンカー工の緊張力調整工：800千円 合計 42,000千円
	変更工期	165日（当初90日+変更75日）
	間接的な影響項目	アンカー工の損傷による工事費の損失。 供用時期への影響（経済的損失）
	受益者	管理者、利用者（地域住民）、納税者
リスクマネジメント の効果	費用④－（①+②+③）	42,000－（23,200+11,400+2,000） =5,400千円
	工期	30日（165日-135日）
	その他	-

49

## 地質リスクマネジメント効果のまとめ

- アンカーのセンサー機能の活用により、再斜面変動によるアンカーの損傷を未然に回避し、地質リスクの発現を最小限に回避した。
- 地質調査およびアンカーの面的な緊張力分布の把握により、地質特性および不安定ブロックの把握ができ、的確で効果的な追加対策ができた。
- マネジメントの効果：540万（工期30日）の低減
- 当のり面の、今後の維持管理の留意点：降雨と地下水位に連動した変状履歴のあるのり面であり、アンカー抑止力（緊張力）の管理が重要。また、豪雨、地震時の異常時点検が必要。

50

## 5. 今後の取り組み

51

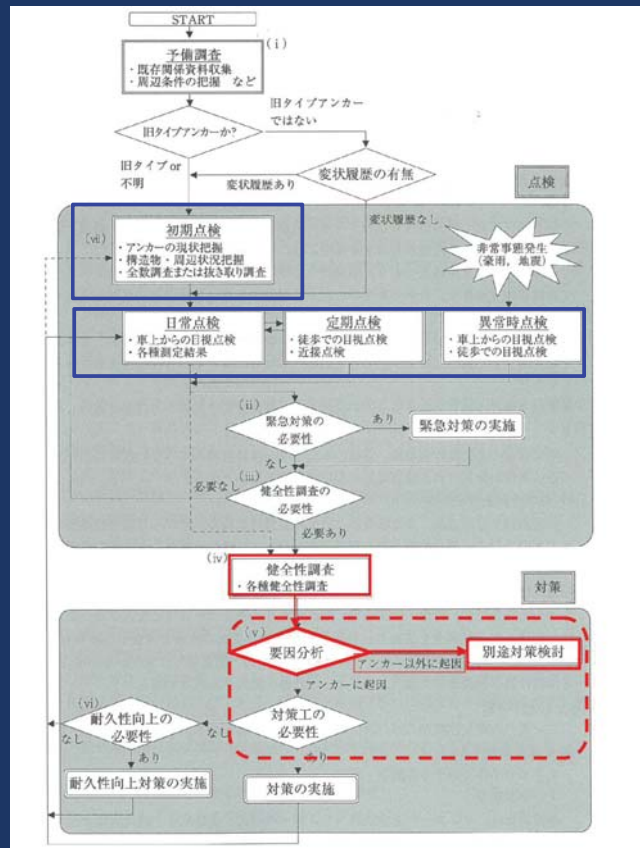
## アンカー維持管理手法の活用

- 地盤工学会編：「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説JGS4101-2012」第9章 維持管理 2012.5
- 土木研究所・日本アンカー協会共編 グラウンドアンカー維持管理マニュアル 2008.7
- 酒井俊典著編；SAAMジャッキを用いた既設アンカーのり面の面的調査マニュアル 2010.3



# アンカーの維持管理フロー

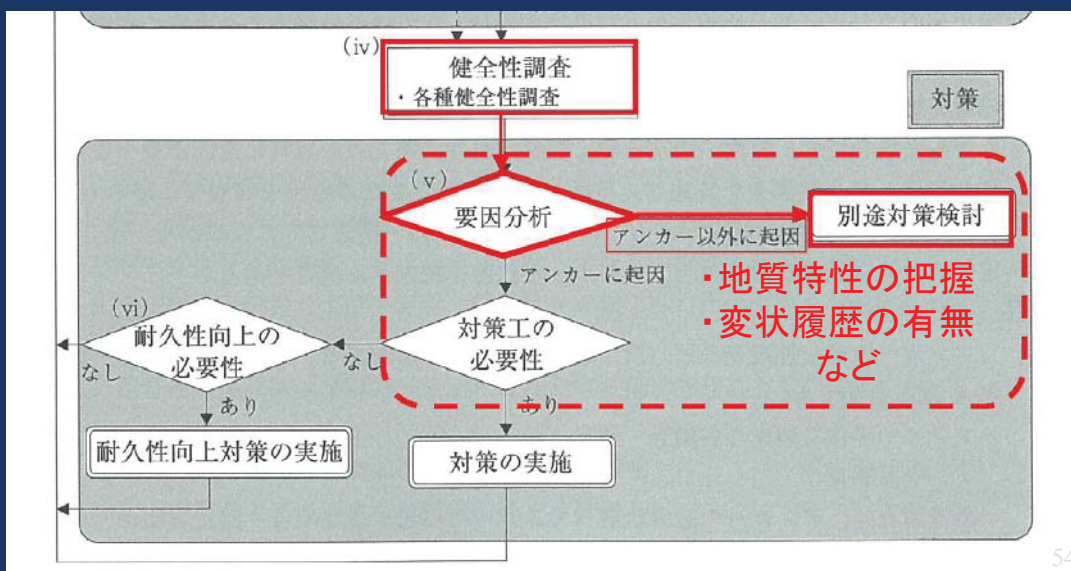
- 引用:グラウンドアンカー維持管理マニュアル p19
- (引用:地盤工学会 グラウンドアンカー設計施工基準,同解説 JGS41041-2012 p117)
- 初期点検
- 点検(日常・定期・異常時)
- 健全性調査
- 要因分析
- 対策



53

## 斜面の安定性評価の課題

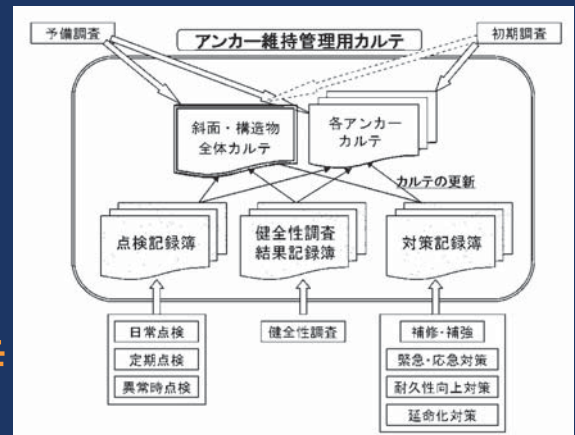
- アンカー以外の斜面の安定性評価に関わる要因分析について、**現況の地質特性把握(既存調査資料の整備および経年変化特性の把握方法)**



54

## アンカーのり面の地質情報の管理①

- ・既存地質調査資料の台帳管理の重要性
- ・アンカー施工の経緯(制約条件・保全対象・変状履歴の有無等)
- ・アンカー工の設計思想(地質・すべり面・その他のり面特性条件等)
- ・施工情報(定着時緊張力Pt)や地質・アンカー状況の写真記録)



引用:地盤工学会 グラウンドアンカー設計  
施工基準,同解説 JGS41041-2012 p136

55

## アンカーのり面の地質情報の管理②

- ・施工時のり面スケッチ等、地質情報の整理(高精度化)
- ・情報化施工(安全管理)
- ・地質リスクマネジメント評価



→維持管理を考慮した施工時～施工後初期の効果判定(初期点検)までのカルテ作成業務などの提案

56

# 維持管理時の斜面安定性評価

- ① 目視点検・現地踏査(変状の有無)は基本
- ② 維持管理時の効果判定および経年変化
  - ・アンカーのり面の健全性における経時変化の特性評価は、**定点観測**が定量的な評価ができ有効
  - ・初期値(基準値)が重要
    - ・・・アンカーの定着時緊張力 $P_t$ の記録
    - ・・・1次低下後の残存引張り力 $P_e$ (面的分布がベスト)
  - ・適切な箇所での定点観測
  - ・状況に応じた適切な**観測頻度**。
  - ・**継続的**(定期・異常時)に簡易に観測・点検できる方法。
    - 水位観測孔や孔内傾斜計を継続利用
    - アンカー荷重計での観測等。

57

## アンカーのり面の地質調査と品質管理例

工程	項目	方法	期間	ポイント
計画 調査 設計	目的 地質特性 安定性評価 対策範囲 工法選択	踏査 調査ボーリング 観測	任意	地質リスク評価 供用期間 機能・性能・効果 ライフサイクルコスト 調査・設計資料
施工	品質管理	踏査・観測 のり面スケッチ (調査ボーリング) 材料検査	短期	施工管理方法 荷重管理・管理基準 地質リスク評価 地質情報の整理
維持管理 異常時 (変状時)	効果判定 品質管理 (緊張力分布)	踏査・観測 材料検査 リフトオフ試験(面的調査) 調査ボーリング	中・長期 定期 臨時	安定性・安全性の評価(解析手法) 劣化予測 地質リスク評価 既存資料・管理記録 対策工法 アセットマネジメント

ご清聴 ありがとうございました。