

斜面防災施設の維持管理技術

～アンカー工の維持・更新に向けて～

2018年11月7日（水）

(一社)全国特定法面保護協会

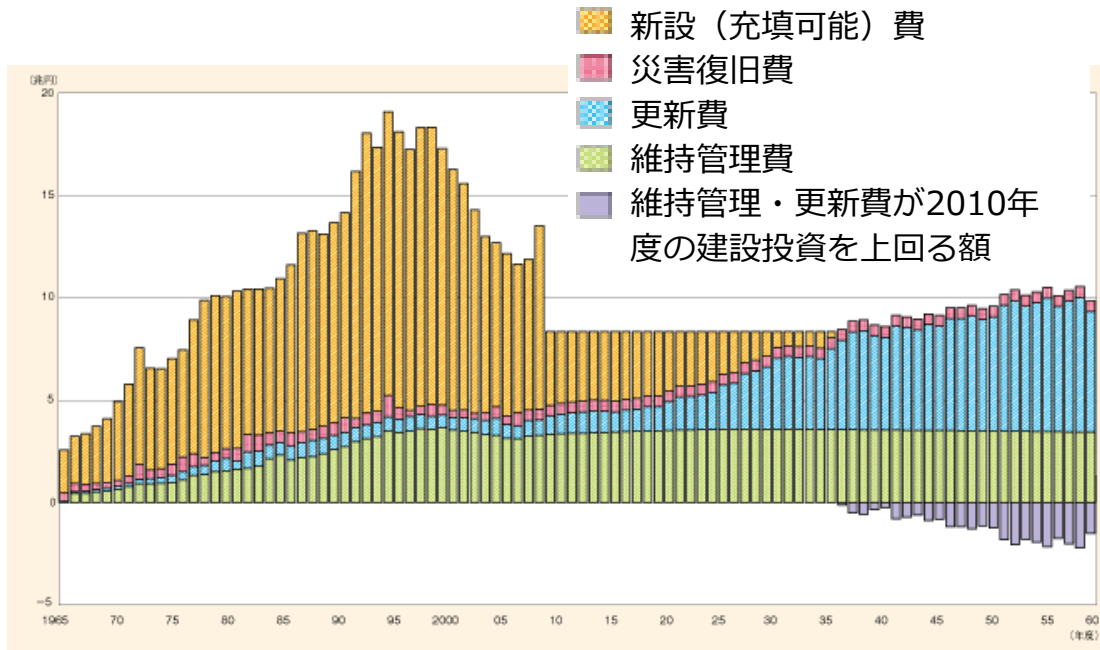


ライト工業株式会社

庭田 和之

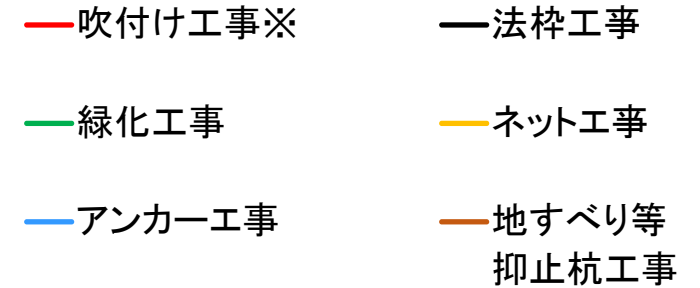
■建設投資→維持管理主体へ移行

30年後には維持管理費・更新費が**90%**



建設投資の内訳推計（国土交通省，2010）

▶ 斜面对策・法面保護工の分野も同様の傾向となると考えられる



工種別累積工事費（全国特定法面保護協会データ）

▶ モルタル吹付以外の法面工の補修補強工事も**大きな市場**₂

アンカー工の更新へ向けた技術

- ▶ NEXCOの特定更新工事を中心にアンカーの増打ち工事が増えてきている
 - 1988年以前に施工された旧タイプアンカーは全て更新
- ▶ 国土交通省の点検要領にアンカーの項目
 - 国土交通省道路局（2017）道路土工構造物点検要領
 - 国土交通省砂防部（2014）砂防関係施設点検要領（案）
- ▶ 荷重増加によるアンカーの破損事例も散見される



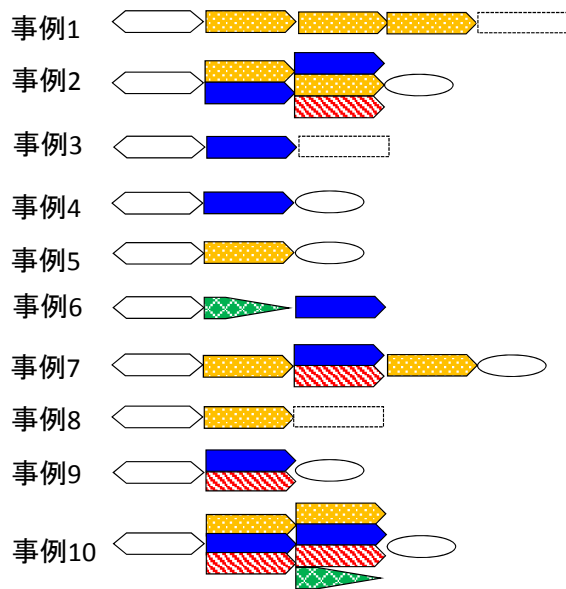
2017.05.01 福知山河川国道事務所HPより

荷重増加事例での対策工フロー

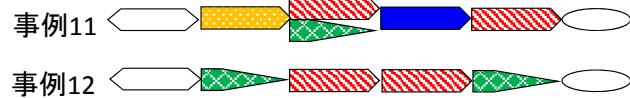
土木研究所, 2017

時系列 

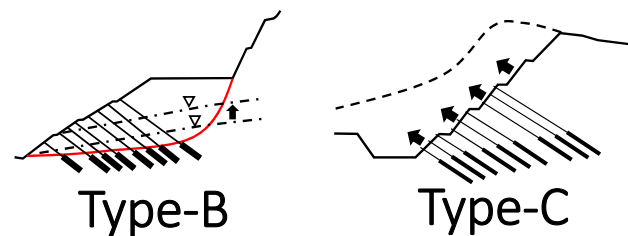
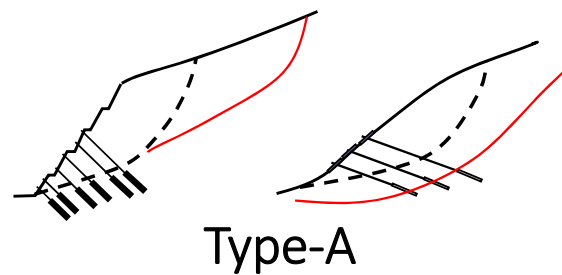
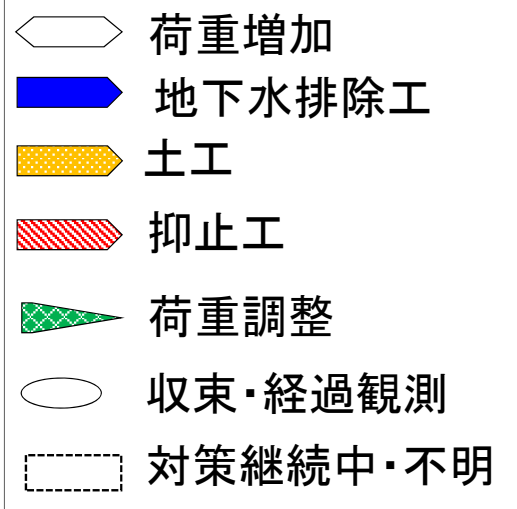
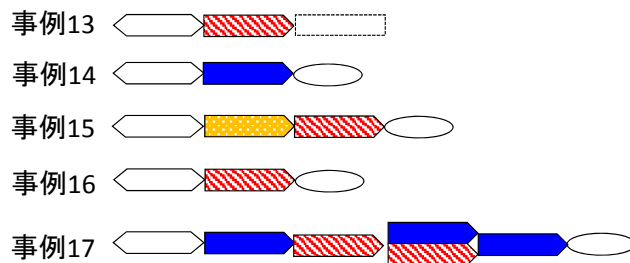
Type-A



Type-B



Type-C



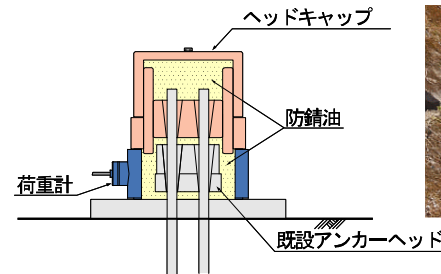
- ▶ 斜面全体の安全を確保しつつ、効率よく対策をする必要がある
- ▶ 施工時の**荷重予測**が重要
既設アンカー除荷後の新設アンカーの荷重増加量etc.
しかし、従来設計手法（極限平衡法）では予測が困難

FEMを用いたグラウンドアンカーの荷重予測手法

- ▶ 施工段階ごとの荷重変動を予測可能
- ▶ 荷重変動を見込んだ対策工・施工計画の検討が可能

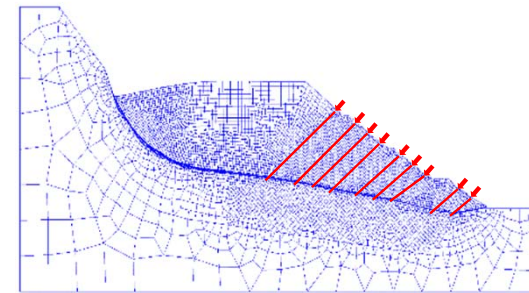
調査 ▶ アンカー荷重モニタリング (Aki-Mos) NETIS: 旧KT-120103-A

既設アンカーに荷重計を後付けし、
アンカー荷重をモニタリング



計画 ▶ FEMを用いた荷重変動予測

- ・ モニタリング結果の逆解析から、
現状のアンカーと斜面をモデル化
- ・ 対策工実施時の荷重変動量の予
測，最適な施工計画の立案



施工 ▶ 現場条件に対応する特殊施工技術



半プレキャストの
組立方式受圧板



NETIS: 旧KT-980565-V

高所・長距離吹付け施工
可能なモルタル吹付工



繰り返し注入により拡径されたアンカー体



NETIS: 旧KT-030024-VE

盛土などの定着不適地盤へ対応
可能なアンカー

【アンカー荷重モニタリング（Aki-Mos）】

NETIS:IBKT-120103-A

- ▶ アンカーの維持管理；**荷重を把握**しておくことが重要
- ▶ 簡易的に荷重を計測する方法が、各方面で検討されている
 - ・ 衝撃弾性波，X線etc



- ▶ 精度の問題から実用化には至っていない
- ▶ 当面は、**リフトオフ試験**や**荷重計**による直接計測が中心
- ▶ しかし、これらには以下のような問題が

リフトオフ試験；**連続データが得られない**
荷重計による計測；**施工後には設置できない**

【アンカー荷重モニタリング（Aki-Mos）】

採用ケース 【維持管理】 定期的なリフトオフの代案

- ▶ リフトオフ試験の課題
 - ・ 連続データが得られない
 - ・ 定期的な作業が必要
- ▶ Aki-Mosの利点
 - ・ 連続データが得られる
 - ・ 7年間は観測可能



リフトオフ試験の実施状況

価格の比較

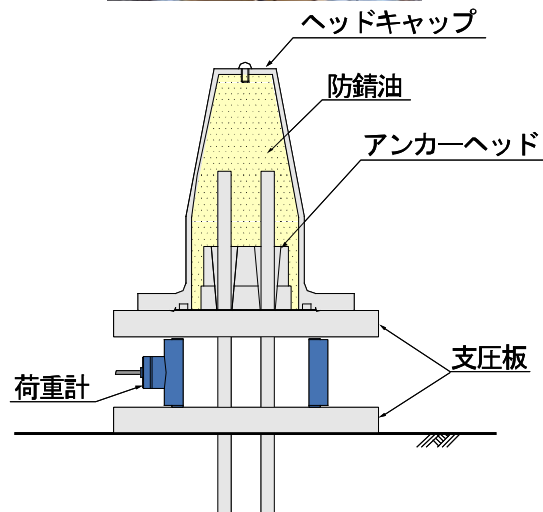
	リフトオフ試験	Aki-Mos
単価	250,000円/回	500,000円/基

【アンカー荷重モニタリング (Aki-Mos)】

▶ 後付け可能なアンカー荷重計

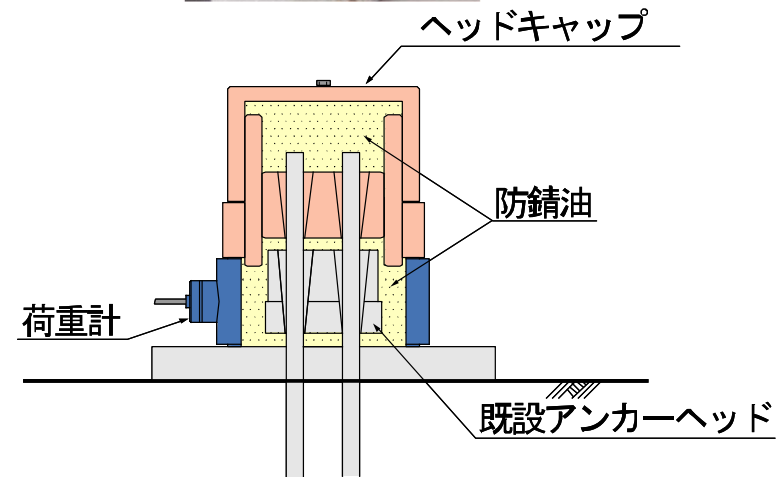
流通する全てのアンカータイプに適応可能

【従来方法】



荷重計を支圧板に挟み込む構造のため、後付け・交換が困難

【Aki-Mos】

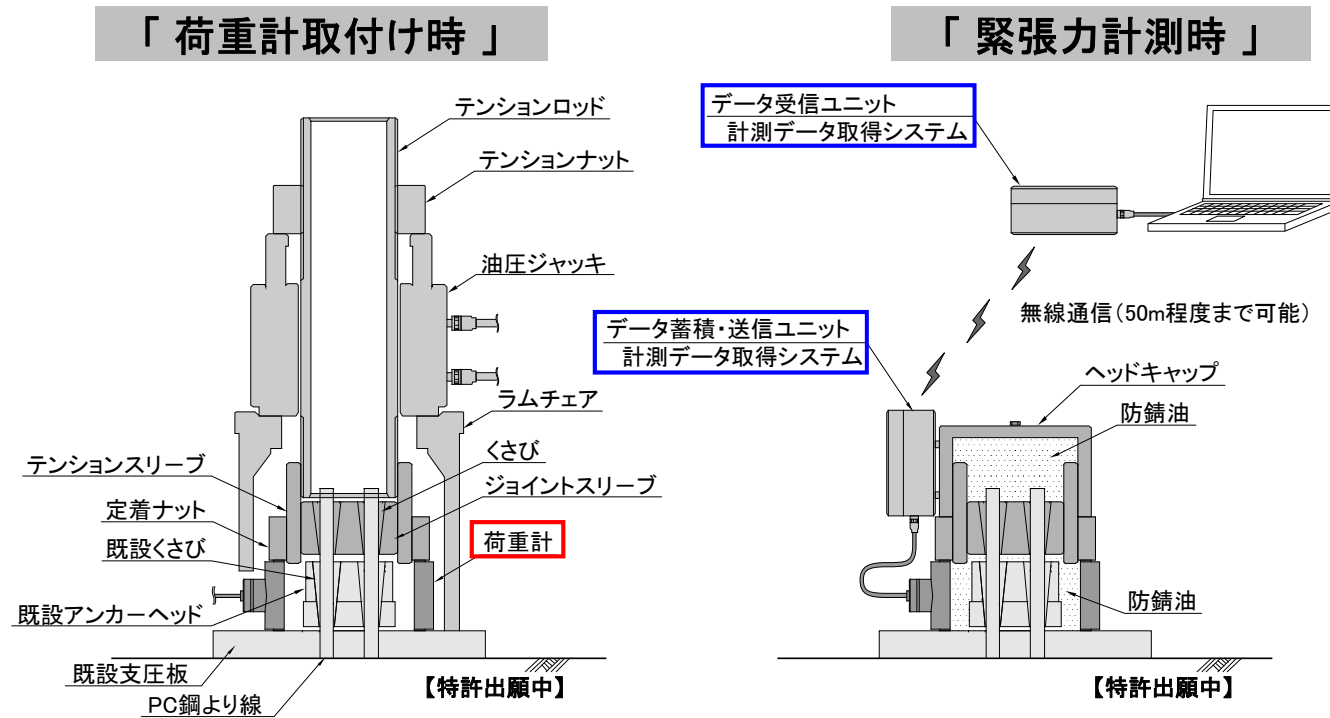


専用荷重計・治具を、既設アンカーヘッドに被せて取付

【アンカー荷重モニタリング（Aki-Mos）】

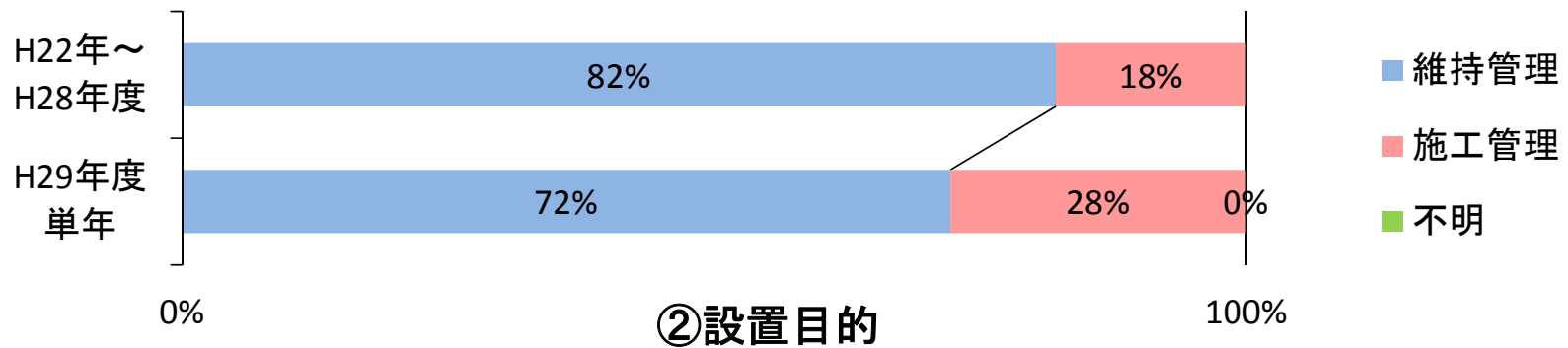
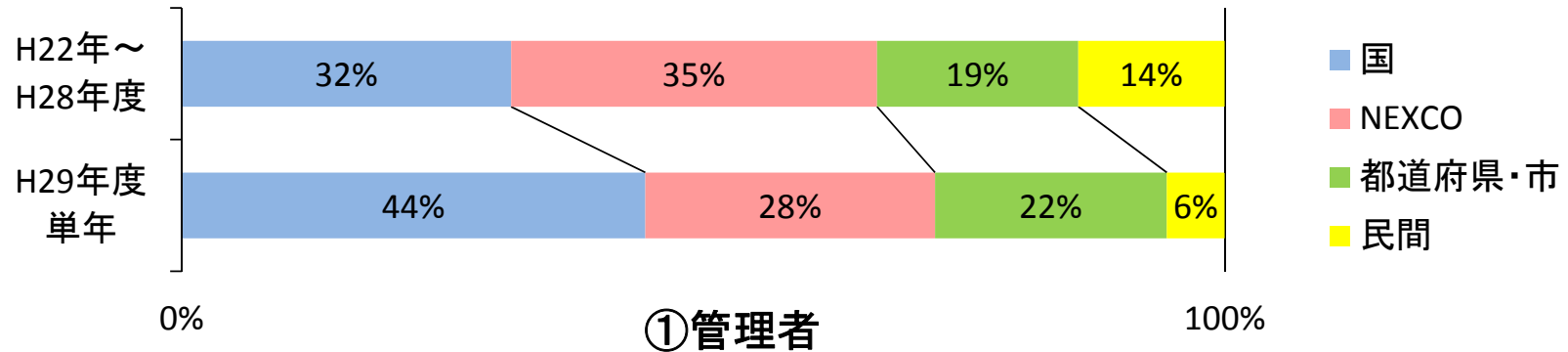
特徴

- ① **現状の荷重を保持**した状態で、**荷重計を取り付け・交換が可能**
- ② 簡易なデータ収録装置において**蓄積したデータを無線通信により遠隔から取得可能**
- ③ 従来の同規格の油圧ジャッキ等と比較して、**軽量かつコンパクトな構造**



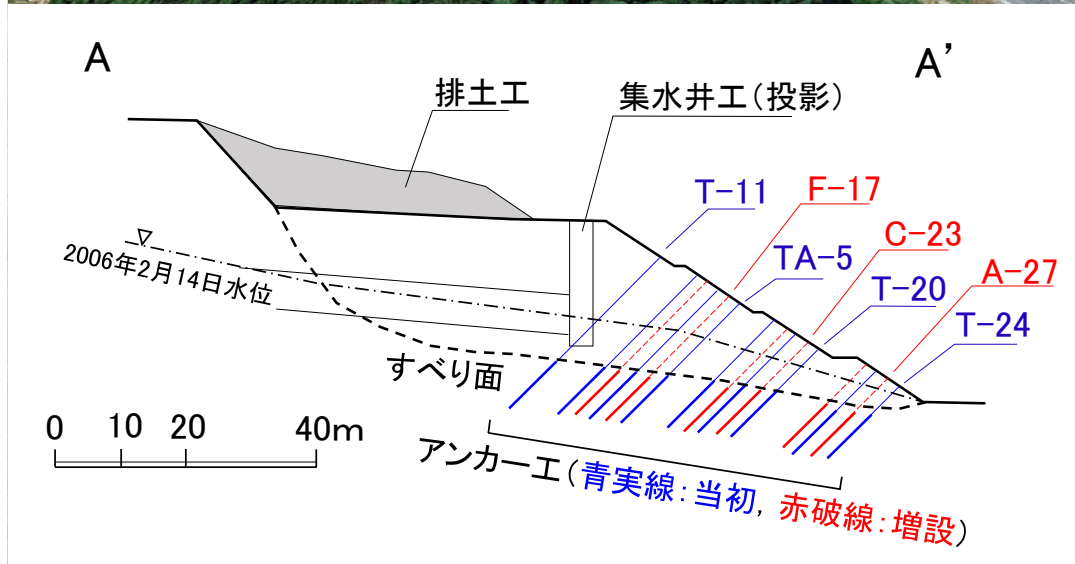
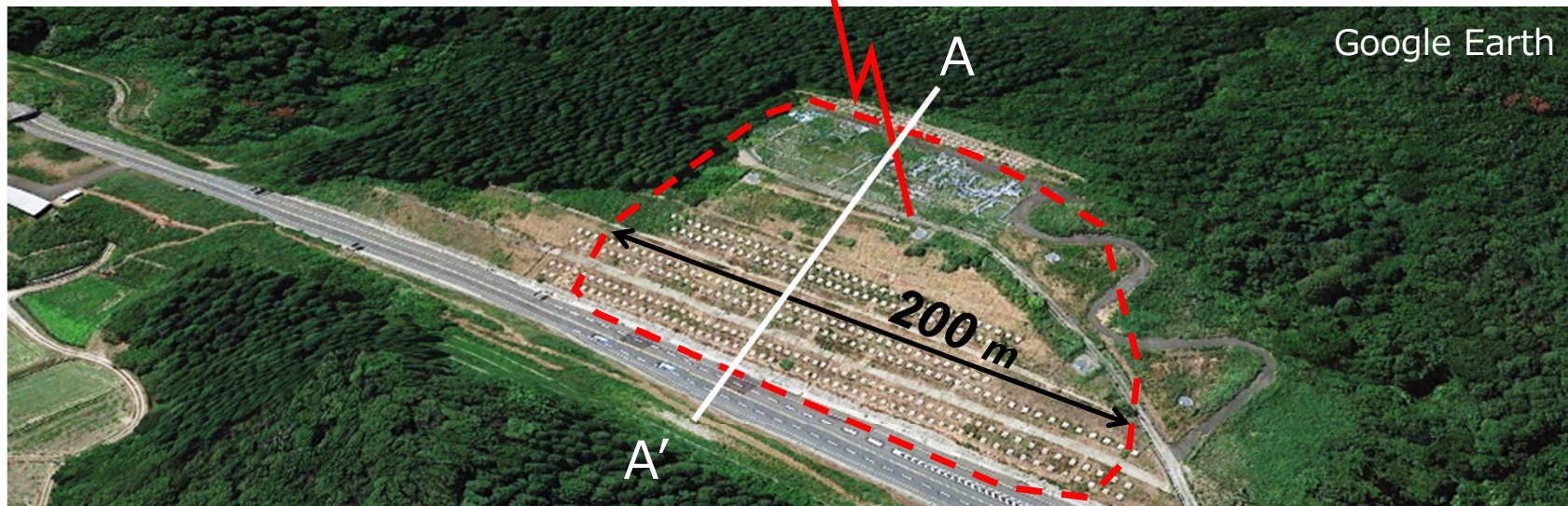
【アンカー荷重モニタリング（Aki-Mos）】

設置実績の整理



【FEM荷重変動予測】

2001年切土途中に地すべりの兆候発生
 →アンカーを施工しつつ切土



アンカー工
 当初：521本
 増設：320本

荷重計による計測
 1基/20本

【FEM荷重変動予測】

手法の骨子

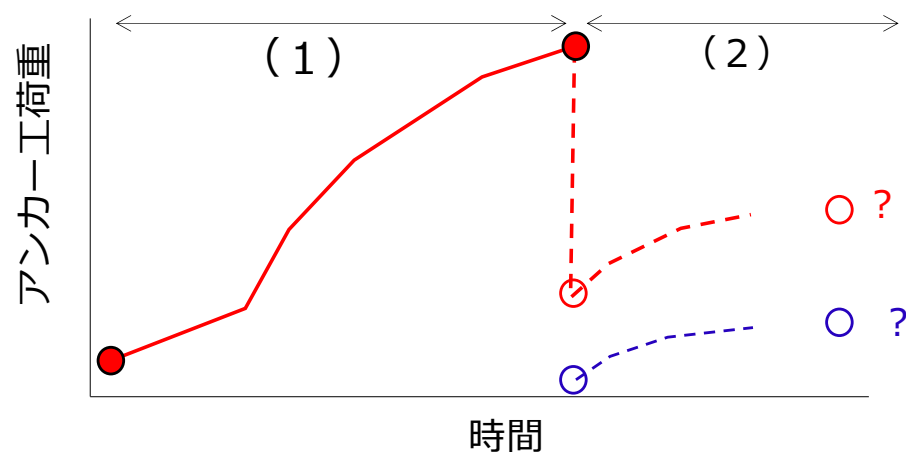
- ▶ 地盤パラメータを，検討前の**荷重変動の逆算**で求める

(1) 再現解析

追加対策前の荷重増加を再現する地盤パラメータを試行錯誤により探索
⇒基本となる解析モデルの構築

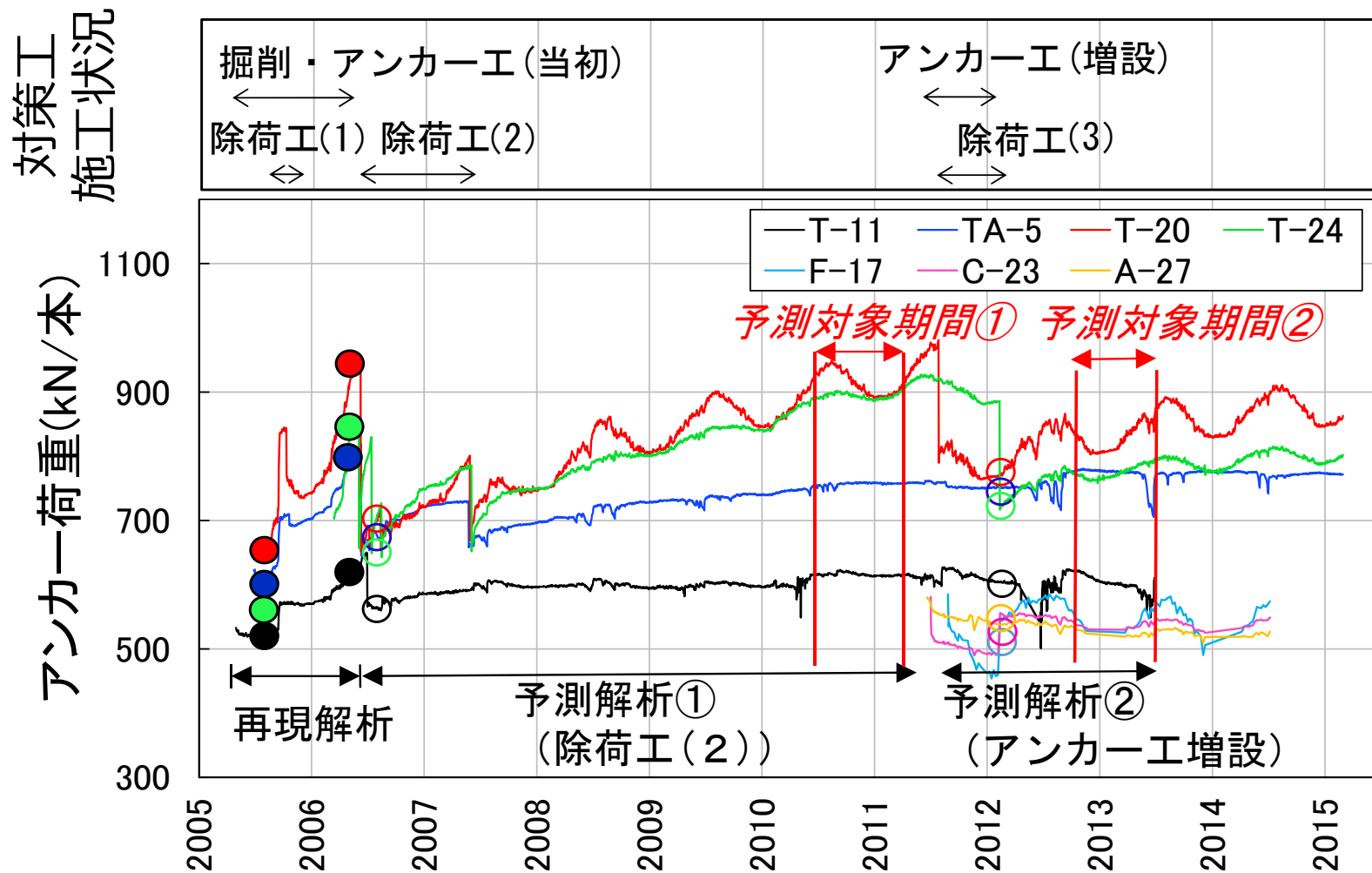
(2) 予測解析

構築したモデルに対策工を追加設定⇒追加対策後の荷重を求める



【FEM荷重変動予測】

対策工施工状況と荷重計測結果

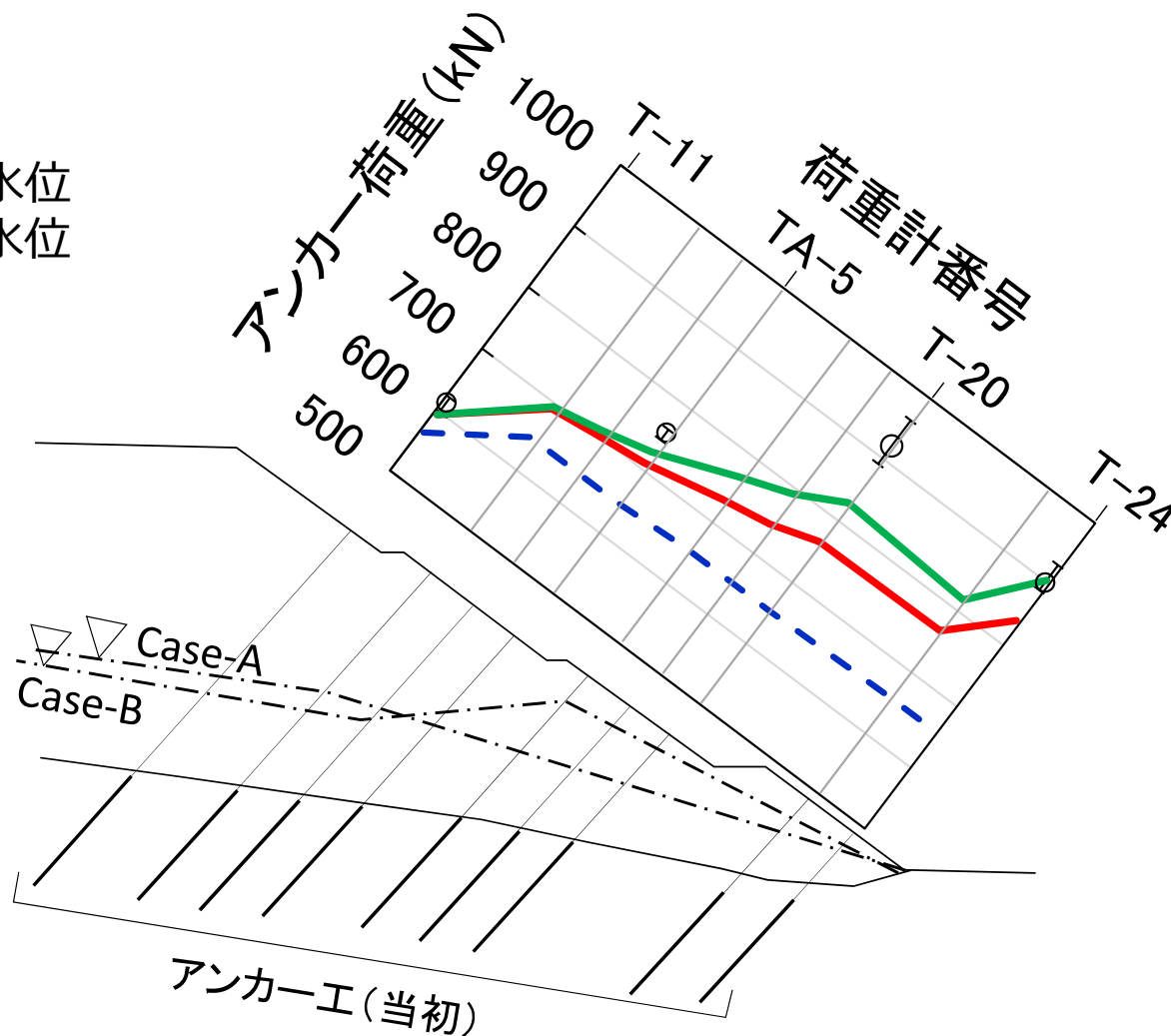


【FEM荷重変動予測】

予測解析①（除荷工）の結果

Case-A : 再現期間の水位
Case-B : 予測期間の水位

- - 設定値
- 解析値 (Case-A)
- 解析値 (Case-B)
- 実測値



誤差率 = -17~0%

【アンカー増打ち工事の現場条件に対応する施工技術】

増打ち工事の現場条件にみられる問題

▶ 受圧板の問題



プレキャスト受圧板



現場打ちコンクリート受圧板

- ・プレキャスト受圧板は使えない場合が多い
(交通規制・クレーンが使えない・枠内設置不可)
- ・現場打ち受圧板も不利な場合が多い
(工期の制約・斜面上で支保工、配筋困難、ポンプ車使用不可)

【アンカー増打ち工事の現場条件に対応する施工技術】



- ▶ クレーン・ポンプ車使用不可
- ▶ 斜面に凹凸が多い

**プレキャスト・現場打ち
→いずれも適用できない**


パッケージ材料の組立方式受圧板（スターディパネル工法）

+ 長距離圧送可能な高強度モルタル吹付工（ユニラップ工法）

- ▶ 半プレキャスト受圧板に
- ▶ 施工箇所から離れた箇所（200m）からモルタルを圧送

スターディパネル工法

▶ 現場打ち受圧板・プレキャスト受圧板との比較

	現場打ちコンクリート受圧板	二次製品受圧板	スターディパネル工法
			
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・任意の形状が作成可能 ・比較的安価 	<ul style="list-style-type: none"> ・二次製品のため施工が早い 	<p>1 長所の活用</p> <p>パッケージ材料の組立方式の採用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・半プレキャストのため施工が早い ・プレキャストよりも安価
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・1基ごとに現地合わせになり組立手間が多い ・高所へのコンクリート打設が必要 ・コンクリート材料ロスが多い 	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的高価 ・重量が重く搬入条件が限定される ・地山の不陸処理が必要 	<p>2 短所の改善</p> <p>施工性の改善</p> <ul style="list-style-type: none"> ・組立能率の向上 ・軽量化(クレーン不要) <p>吹付方式の採用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高所への打設が容易 ・材料ロスの低減

効果的な現場 ▶▶▶

- ・高速道路(規制が困難)
- ・法枠の枠内等にアンカーを増し打ちする現場
- ・クレーンがとどかない高所
- ・不陸が多い

▶ 組立歩掛りは、現場打ち受圧板の**半分以下**。

▶ サイズは複数のタイプから選択可能

【アンカー増打ち工事の現場条件に対応する施工技術】

更新工事の様々な制約条件に対応可能

- ◆材料をパッケージ化することで現地での**鉄筋加工が不要**
- ◆軽量パーツのため斜面上でも**人力により容易に運搬が可能**
- ◆鉄筋の組み立ては**ワンタッチ構造を採用**。組立作業能率を改善。
→ 基本的に結束線は不要
- ◆吹付け施工（高強度）を併用するため**不陸、角度調整の対応が容易**



材料のパッケージ化



ワンタッチ構造



組立工程大幅短縮

ユニラップ工法：旧KT-980565-V

▶ 長距離圧送可能な高強度モルタル吹付工

施工例

長距離・高揚程箇所での法枠工
直高170m 圧送長380m

工事名：平成12年度天竜川水系鹿塩川山復工工事

工事場所：長野県

発注者：国土交通省中部地方整備局天竜川上流工事事務所



ユニラップ工法

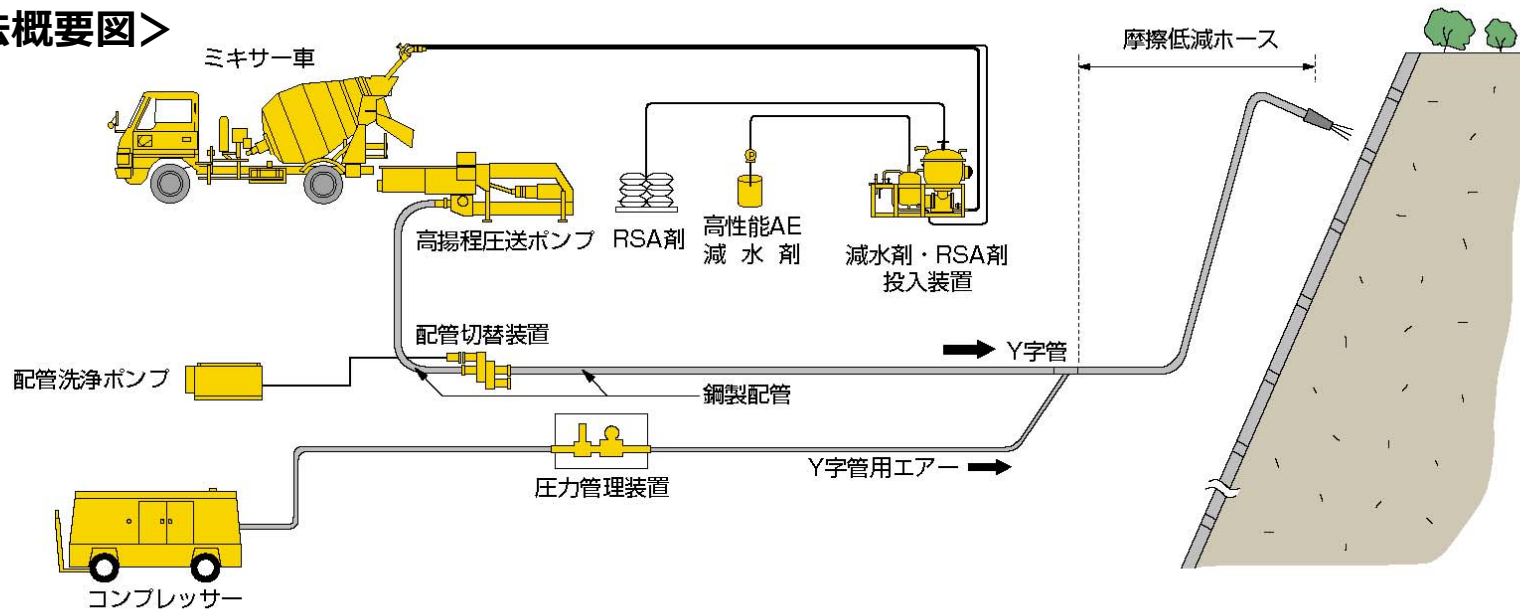
・従来の法面吹付モルタルに対し**圧縮強度**などの力学的特性および、

圧送距離が大幅に改善された吹付けモルタル。

・圧縮強度 18N/mm² ➡ **24N/mm²**

圧送距離 圧送長100m/直高45m ➡ **圧送長660m/直高150m**

<工法概要図>



【アンカー増打ち工事の現場条件に対応する施工技術】

増打ち工事・更新の現場条件にみられる問題②

▶ 定着地盤の問題

アンカーが引き抜けている現場

→所定の周面摩擦抵抗が得られていない可能性



砂礫層での定着部

土丹層での定着部

写真：土と基礎No.38-5

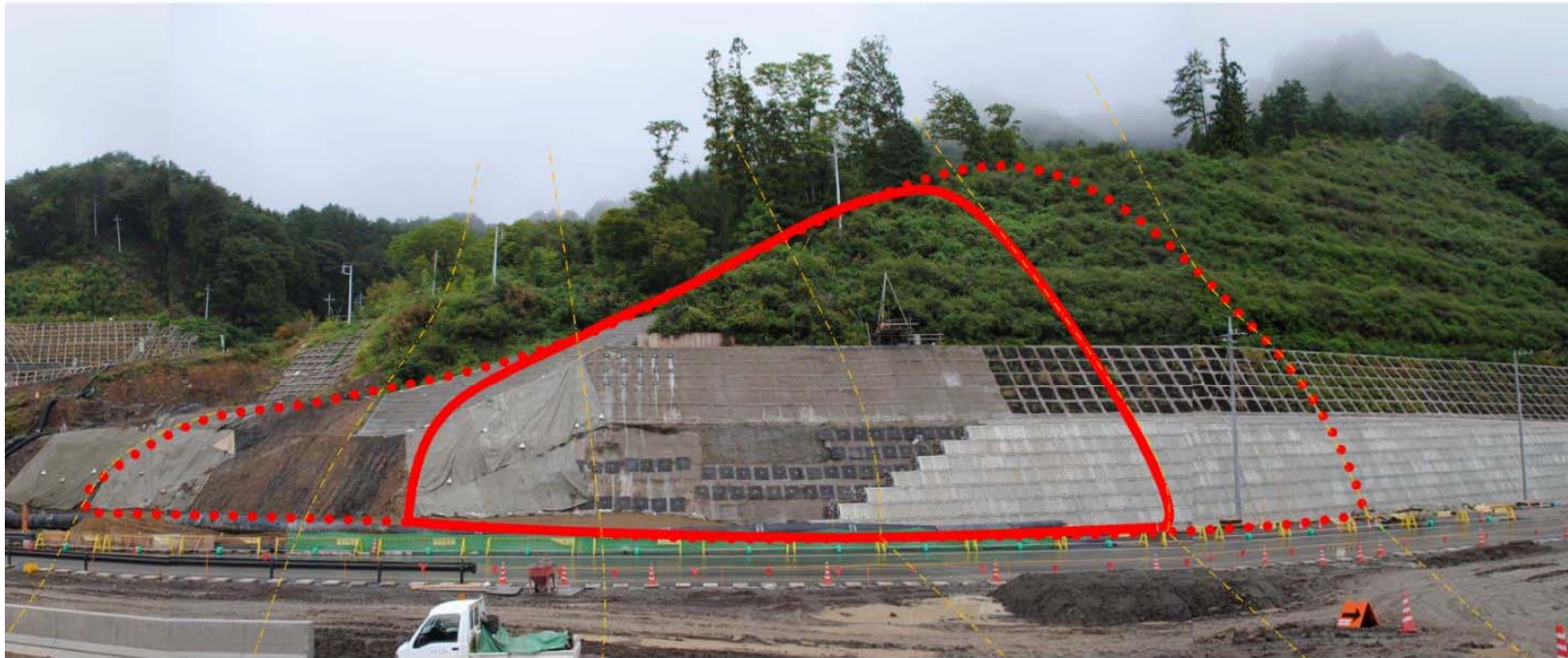
▶ アンカー本数の問題

更新前と同じ本数が施工できない

→スペックを上げて本数を減らす必要

【実例】 岩碎流堆積物を定着層とした施工

近接現場でアンカーの引き抜けが頻発



04

No.205

No.206

No.207

No.208

No.2

— 現況変状範囲

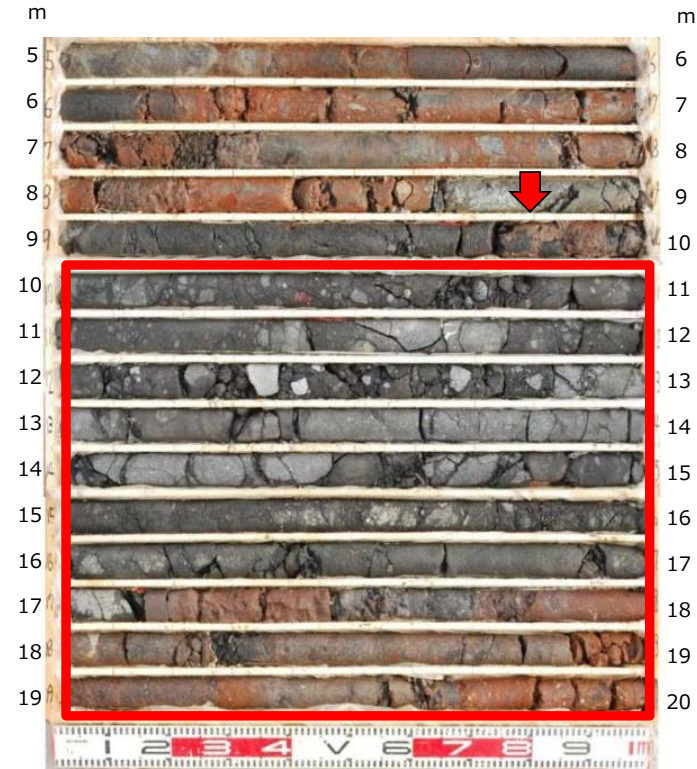
..... 地すべりブロック対策範囲

地質状況：岩碎堆積物

- 周辺の工事においてアンカーが引き抜ける事例が多発している
- 一般的な周面摩擦抵抗値で適用が妥当か？

新第三紀 礫層	火砕流堆積物	tb-3	火砕流	強風化凝灰岩	D	軟岩Ⅰ	赤褐色の明色帯を示し、腐れ礫を成分とした凝灰角礫岩よりなる。指圧で容易に割れる脆弱な硬さ。φ1~2mmの火山ガラスを含む火山灰を挟む。簡易的に岩片を浸水させると極めて顕著なスレーキングを示す。
	上部	tb-2	岩屑なだれく 火山泥流	火山凝灰岩	CL	軟岩Ⅱ	粗大な安山岩礫および粗粒凝灰岩が密集する。短棒状のコアが主体であるが、亀裂性を伴い破砕質なコアが所々採取される。岩片の硬さだけを捕らえれば中硬岩質であるが、基質と亀裂性より軟岩クラスとなる。
	下部	tb-1		凝灰角礫岩～ 火山凝灰岩	CL D局部的	軟岩Ⅱ	調査内で最も広く分布した。岩相がやや不安定であるが、旧地形や堆積環境を加味して、下部層に一括する。変質して粘土化が進行箇所が挟まれるが、広い地層としての連続性には乏しい。

アンカー一定着部の地質状況

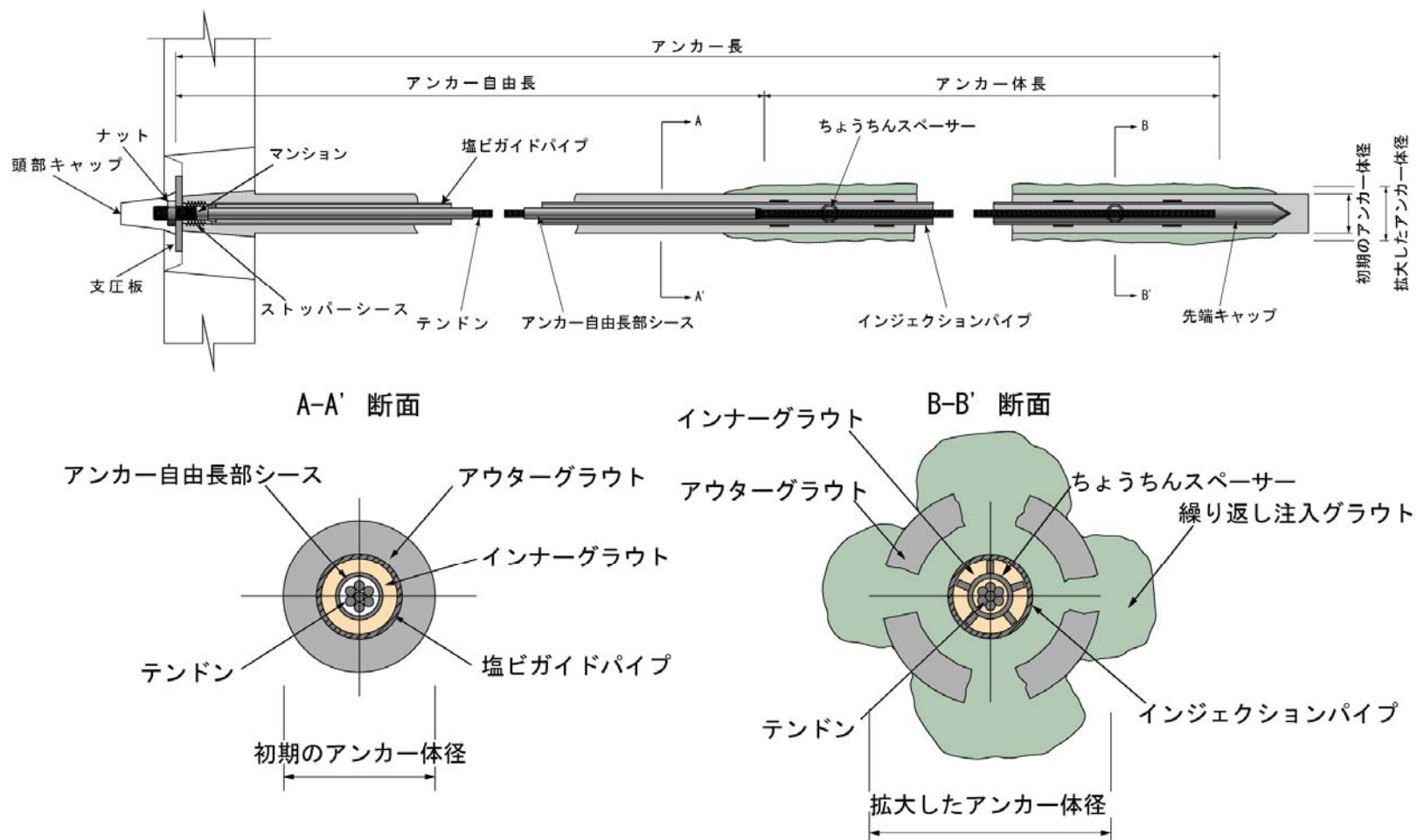


RSIグラウンドアンカー工法：繰り返し注入型アンカー工

- ▶ 繰り返し注入によりアンカー一体を拡径
→ 摩擦抵抗を確保

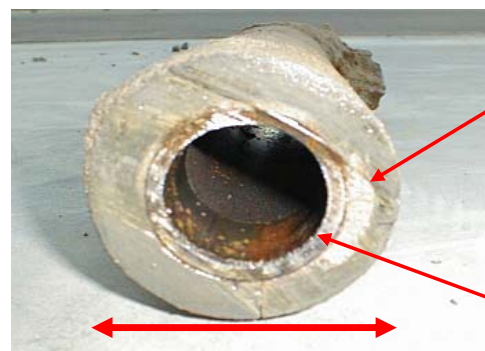
RSIグラウンドアンカー工法 : KT-030024-A

繰返し注入が行える専用注入パイプ（インジェクションパイプ）と従来の摩擦型引張型グラウンドアンカーを組み合わせたアンカー工法。

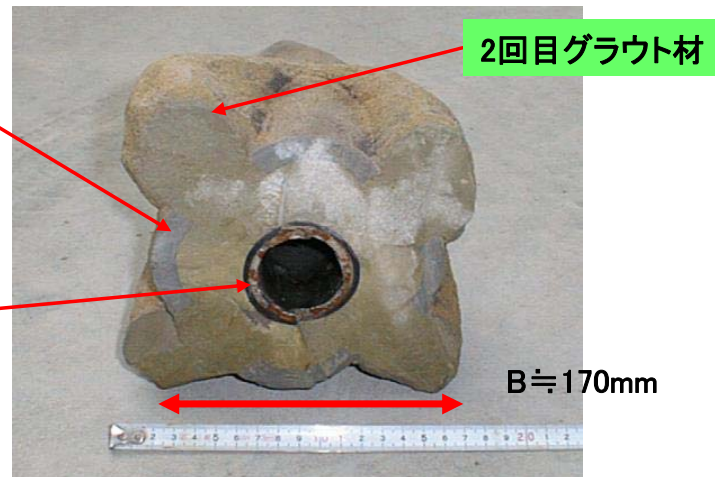


繰返し注入の効果（アンカー体 断面及び側面）

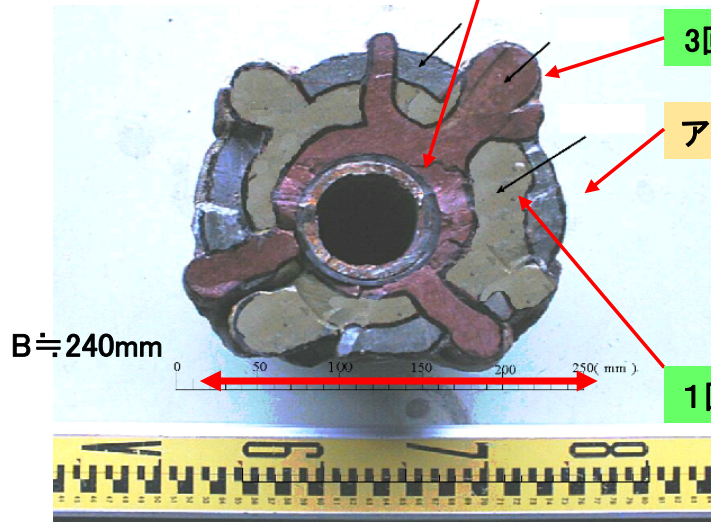
① アウターグラウト断面



② 2回目 グラウト状況



③ 3回目 グラウト状況



アウターグラウト

インジェクションパイプ



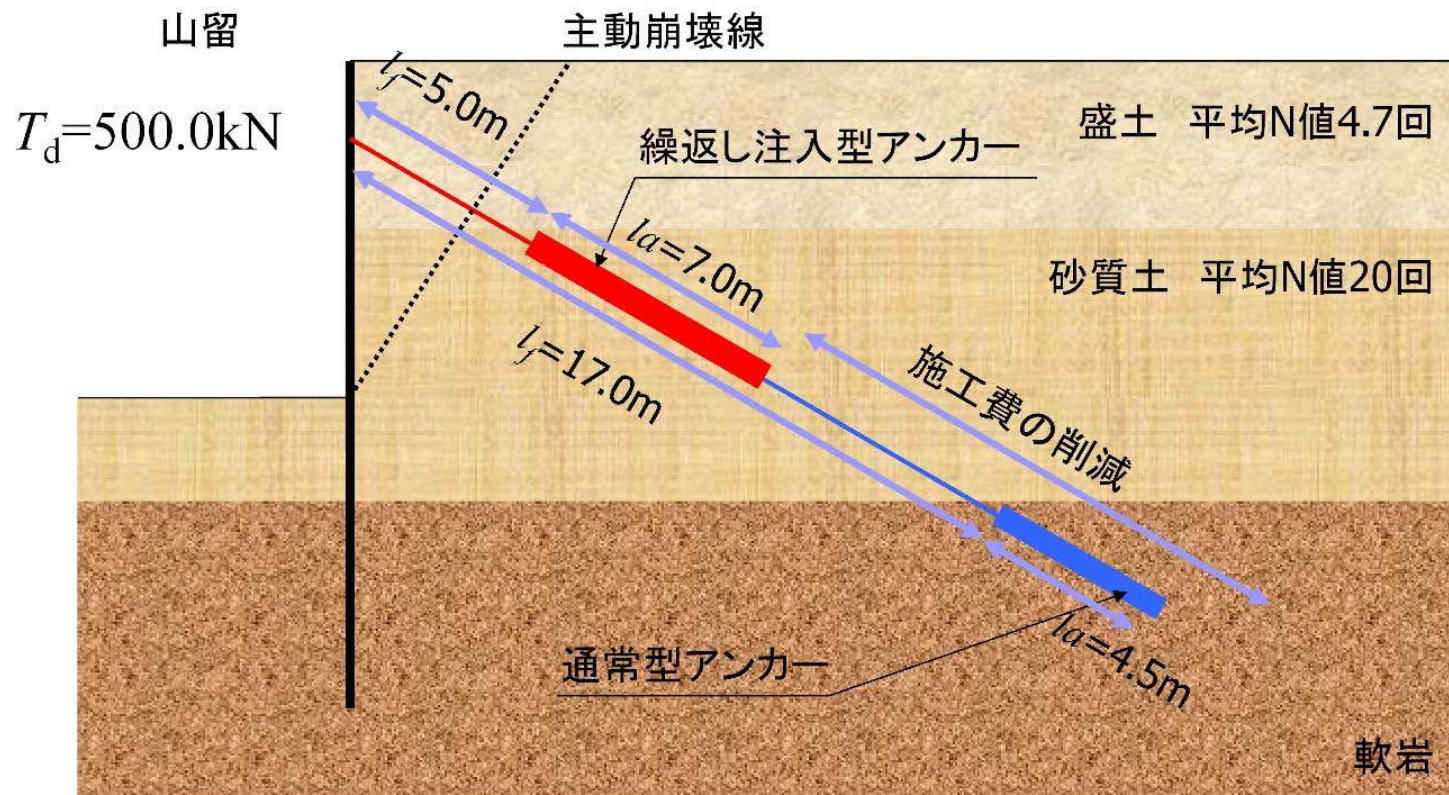
3回目グラウト材

アウターグラウト

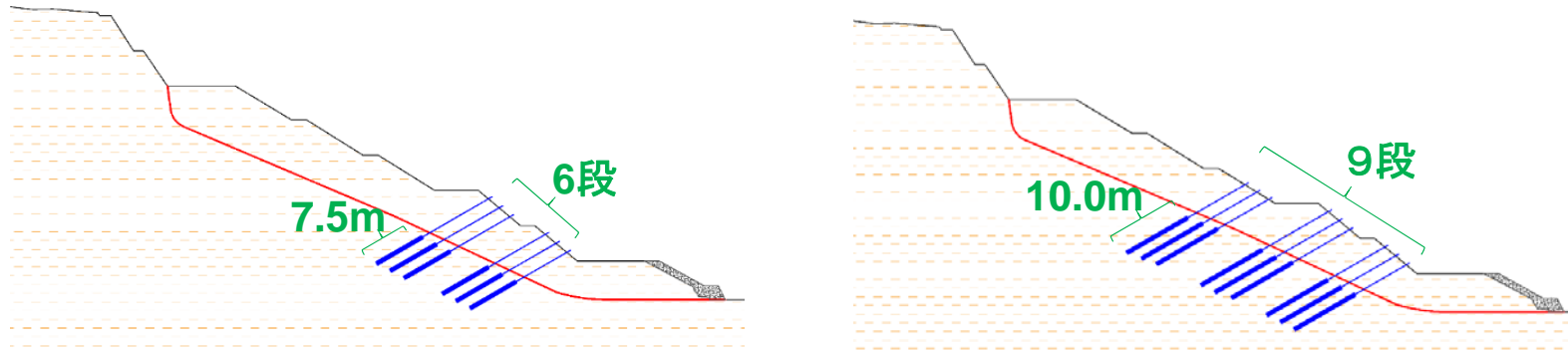
1回目グラウト材

通常アンカーとの比較① 定着層

- 通常アンカー：定着は周面摩擦抵抗が確保できる軟岩層
→自由長が長くなる。
- 繰り返し注入型：繰り返し注入により周面摩擦を増加させ砂質層にて定着
→自由長は短い。



通常アンカーとの比較② アンカー本数



<条件>	単位	RSIアンカー		通常アンカー	
		設定値	備考	設定値	備考
必要抑止力	kN/m	2,000.0			
周面摩擦抵抗値	N/mm ²	0.6	(増加率2.0倍)	0.3	砂N=50
<計算結果>					
設計アンカー力	kN/本	758.7		503.0	
施工段数	段	6		9	
水平間隔	m	2.0		2.0	
削孔径	mm	φ135		φ135	
アンカー傾角	度	30.0		30.0	
アンカー体長	m	7.5		10.0	

通常アンカーとの比較③ コスト

名称	単位	RSIアンカー			通常アンカー			備考
		数量	単価(円)	金額(円)	数量	単価(円)	金額(円)	
アンカー全長	m	532.5			897.5			
削孔工(砂質土)	m	514.5	10,774	5,543,223	875	10,774	9,427,250	
注入打設工(砂質土)	m ³	23.565	51,616	1,216,331	40.078	51,616	2,068,666	
インジェクションパッド組立・加工・挿入工	本	30	8,950	268,500	-			
繰返し注入工(Lf≤10.0m)	m ³	2.025	108,712	220,142	-			
繰返し注入工(10m<Lf≤20m)	m ³	2.025	114,358	231,575	-			
鋼材組立・加工・挿入工	本	30	5,782	173,460	35	3,406	119,210	10m<削孔長≤20m
鋼材組立・加工・挿入工	本	-			10	4,277	42,770	20m<削孔長
緊張・定着・頭部処理工	箇所	30	12,812	384,360	45	12,812	576,540	
材料費(平均単価)	本	30	196,078	5,882,340	45	145,900	6,565,500	
合計				13,919,931			18,799,936	
				(1.00)			(1.35)	
1m当たり				26,141			20,947	

ご清聴ありがとうございました。