

# SAAMシステムを用いたグラウンドアンカー工 の維持管理

三重大学大学院生物資源学研究科

教授 酒井 俊典

## グラウンドアンカー工（アンカー）

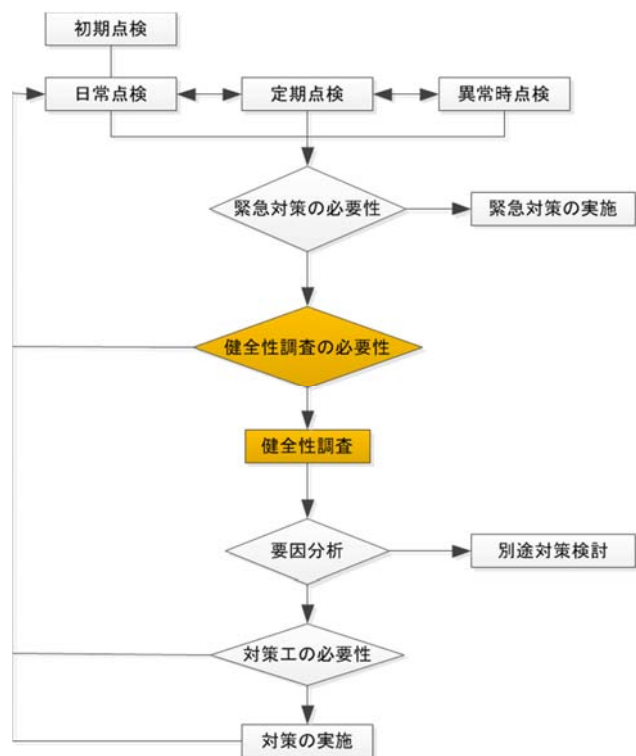
### 社会資本としてのアンカー工

- 昭和30年代より、のり面や擁壁の安定性の確保、地すべり防止、構造物の補強等の有効な工法として広く利用されてきた。**社会資本の有効・長期利用**
- 既存社会基盤を有効かつ長期に利用するとともに、適切な対策を実施することが重要である。
- 最近では、国土交通省道路局から第三者被害を防止する観点から総点検実施要領(案)が制定され、グラウンドアンカー工も点検の対象となっている。

### (道路メンテナンス技術小委員会の位置づけ)

- (4)点検・診断等をサポートする技術開発や技術評価の推進
- (2)全国の道路構造物を対象としたデータベースの構築と活用

# アンカーの維持管理



グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説

➤ 構造が複雑で、地盤内に埋設され過酷な自然環境下に置かれるため、施工後の維持管理が必要である。

→ 施工後点検が十分実施されていない。

◆ アンカーの健全性を評価することが必要



# アンカーの健全性調査

	点検調査	本数の目安
初期点検		該当するアンカーは全数
定期点検(近接点検)	目視	目視
健全性調査	打音検査等の接触して行う検査	10%かつ3本以上
	頭部詳細調査(頭部露出調査)	20%かつ5本以上
	リフトオフ試験	10%かつ3本以上
	頭部背面調査	5%かつ3本以上
	維持性能確認試験	5%かつ3本以上
	残存引張り力のモニタリング(荷重計設置)	10%かつ3本以上

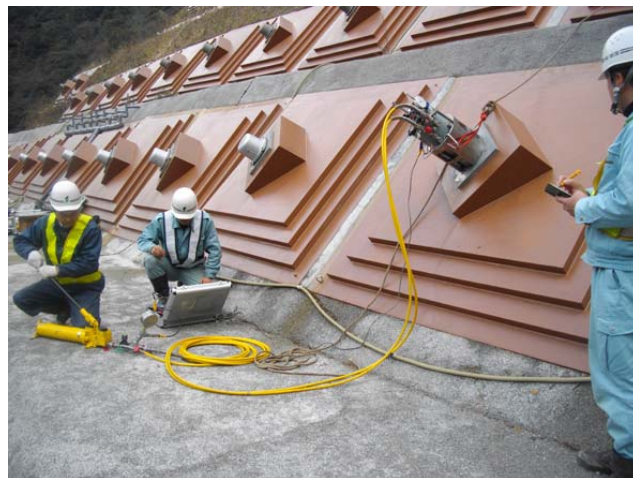
グラウンドアンカー維持管理マニュアル: 鹿島出版会より

アンカーの健全性評価には、残存引張り力を求めること、および、アンカー緊張力の経時変化をモニタリングすることが重要

→ リフトオフ試験、荷重計等による計測

# SAAMシステム

- アンカーのり面に作用する緊張力は、想定を越える外力や背面の地質状況などによって**一様な緊張力を示さない**。
- 従来の管理基準の調査では、局所的な評価にとどまりのり面の問題力所を把握するには十分ではない。
- アンカーが示す緊張力は背面地山あるいはアンカー材料の状態を示す**センサー的な役割**を有すると考えられる。

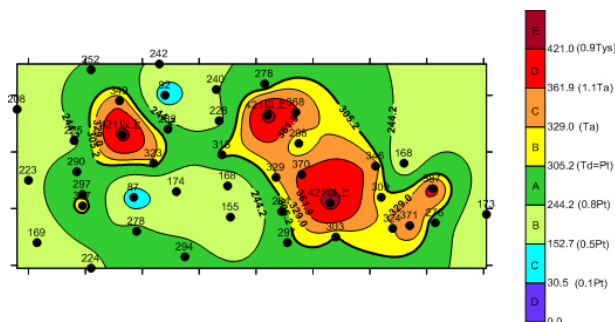


小型軽量のSAAMジャッキにより、多数のアンカーを調査することでアンカー緊張力の面的分布を求め、アンカーのり面の緊張力状態を視覚的に把握できる。(面的調査)

## SAAMシステムによるアンカー健全性評価

- SAAMジャッキを用いることで、アンカー緊張力の面的分布を求め、のり面の緊張力状態を視覚的に把握することが可能。
- 面的緊張力分布からアンカーのり面の健全性評価
- 従来の**点での評価**から**面での評価**。
- 効率的な荷重計等によるアンカー緊張力のモニタリングによる健全性評価

健全性評価に位置づけられる、リフトオフ試験、残存引張り力のモニタリングを効率的に行い、適切なアンカーの維持管理につなげることができる。



# SAAMジャッキの構成と設置



● アンカー余長部にアタッチメントを取付け



● ラムチェアーを取付け



● SAAMジャッキを取付け



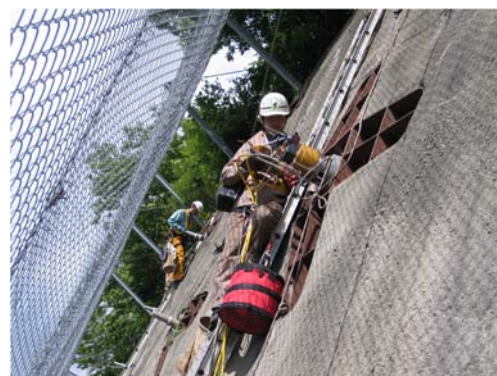
● 止めナット・高圧ホース・変位計を取付け設置完了



# SAAMジャッキのリフトオフ試験例



防護ネットのため従来は試験が困難



高所での調査



災害時の緊急調査

# 各種定着具への対応



ナット方式



くさび+ナット方式

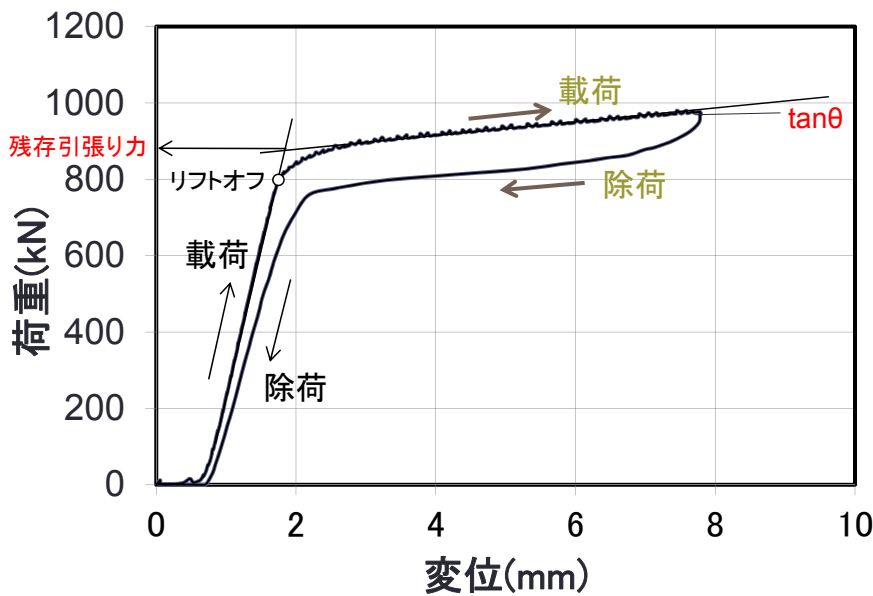


くさび方式

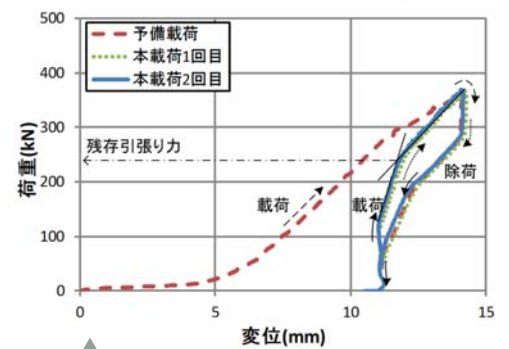
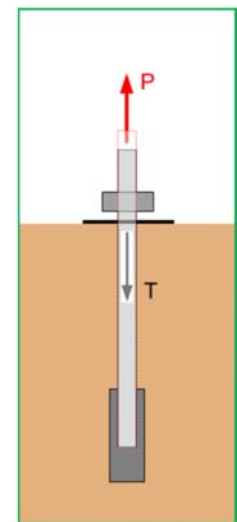


余長が短いタイプ

## リフトオフ試験・残存引張り力



残存引張り力: 前勾配と後勾配の交点により求める  
 →実際のリフトオフ荷重と残存引張り力が一致しない場合がある



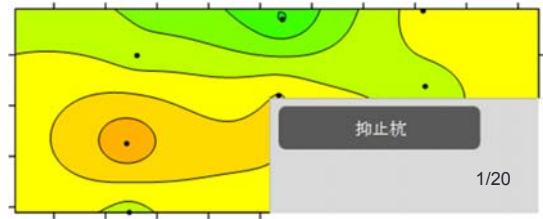
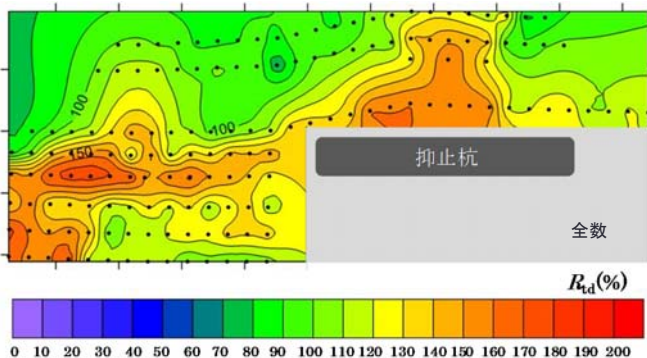
リフトオフ試験は、予備载荷、本载荷の順で行い、本载荷の値を採用

# 面的調査に必要な調査数

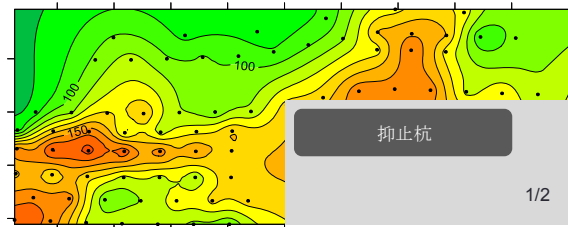
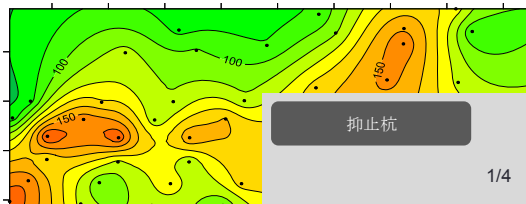
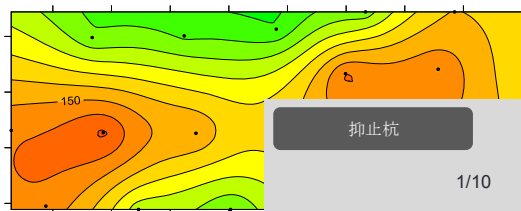
残存引張り力  $P_e$  (計測値)

設計アンカー力  $T_d$

$$R_{td}(\%) = \frac{P_e}{T_d}$$



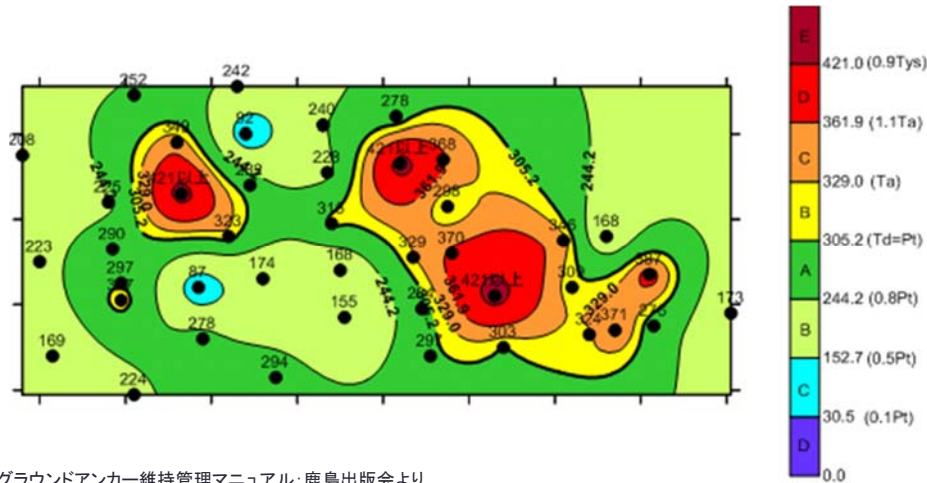
健全性調査の基準の  
1/10では傾向のみし  
か判断できない  
追加調査によって緊  
張力分布を明らかに  
する(1/4程度以上は  
必要)



# アンカー緊張力の面的分布状況

<p>A地点 緑 一様</p> <p>中部地方: EHD, 12本/33本</p>	<p>B地点 黄 混在</p> <p>中国地方: SEEE, 45本/243本</p>	<p>C地点 黄 混在</p> <p>中部地方: SEEE, 73本/75本</p>	<p>D地点 青 低下</p> <p>中部地方: EHD, VSL, 26本/48本</p>
<p>E地点 緑 一様</p> <p>北海道地方: KTB, 37本/145本</p>	<p>F地点 青 低下</p> <p>九州地方: SEEE, 30本/30本</p>	<p>G地点 緑 一様</p> <p>西国地方: KTB, 29本/47本</p>	<p>H地点 黄 混在</p> <p>近畿地方: KTB, 42本/185本</p>
<p>I地点 赤 増加</p> <p>北海道地方: SEEE, 53本/53本</p>	<p>J地点 緑 一様</p> <p>西国地方: KTB, 47本/47本</p>	<p>K地点 緑 一様</p> <p>中部地方: EHD, 55本/158本</p>	<p>L地点 赤 増加</p> <p>西国地方: SEEE, 80本/242本</p>
<p>M地点 赤 増加</p> <p>東海地方: SEEE, 41本/408本</p>	<p>N地点 赤 増加</p> <p>九州地方: SEEE, 23本/81本</p>	<p>O地点 赤 増加</p> <p>中国地方: SEEE, 70本/171本</p>	<p>凡例</p>

# アンカー緊張力分布の評価

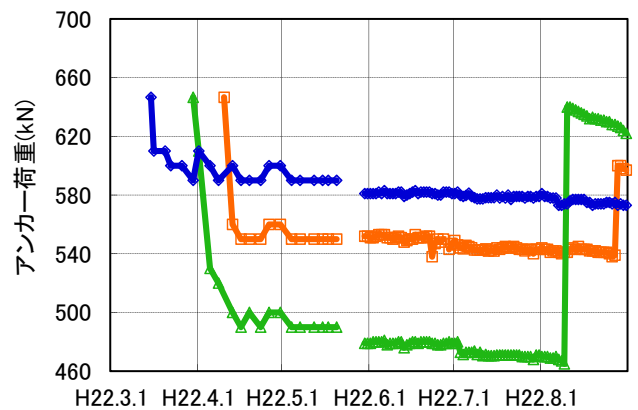
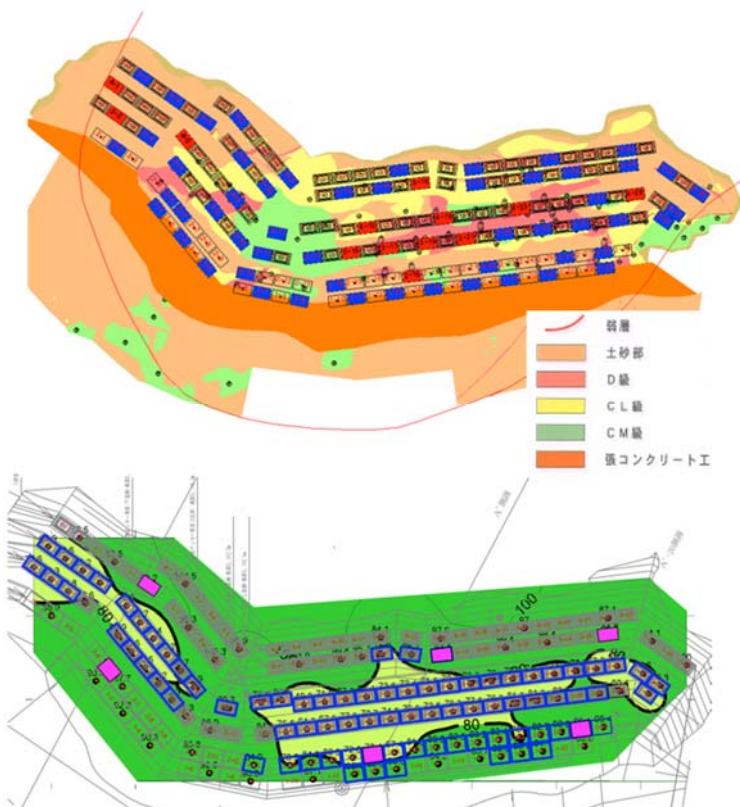


グラウンドアンカー維持管理マニュアル: 鹿島出版会より

残存引張り力の範囲	健全度	状態	対処例
0.9Tys	E+	破断の恐れあり	緊急対策を実施
1.1Ta	D+	危険な状態になる恐れあり	対策を実施
許容アンカー力(Ta)	C+	許容値を超えている	
設計アンカー力(Td)	B+		経過観察により対策の必要性を検討
定着時緊張力(Pt)	A+	健全	
0.8Td(0.8Pt)	A-	健全	
0.5Td(0.5Pt)	B-		経過観察により対策の必要性を検討
0.1Td(0.1Pt)	C-	機能が大きく低下している	対策を実施
	D-	機能していない	

# 施工後6ヶ月のアンカー緊張力変化

リフトオフ試験: 67本/施工: 167本(40%)



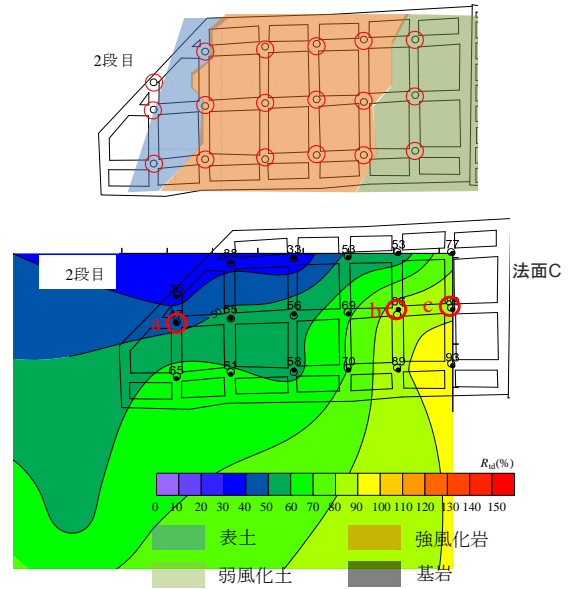
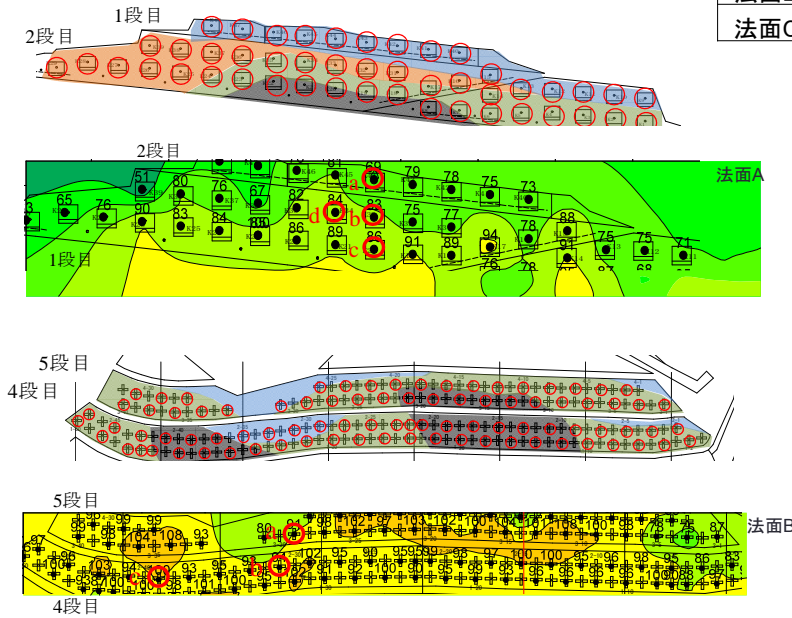
背面の地質状況によっては、施工後1ヶ月程度で8割以下に緊張力が低下することがある。

# 地質区分とアンカー緊張力 (変状のないのり面)

背面地質の風化程度顕著な場合、緊張力が低下する傾向が見られる。

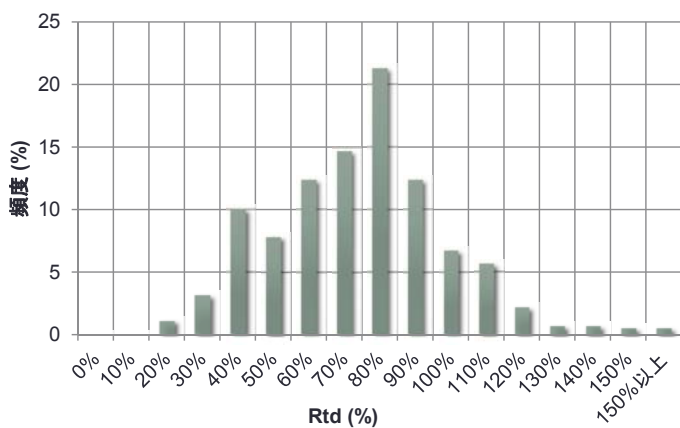
地質区分と $R_{td}$ の関係

	アンカー本数	調査本数	地質区分毎の $R_{td}$ の平均値(%)			
			表土	強風化	弱風化	基岩
法面A	47	47	81.7	86.2	88.1	92.6
法面B	169	89	92.0	95.3	-	97.8
法面C	18	18	49.4	55.5	76.7	-

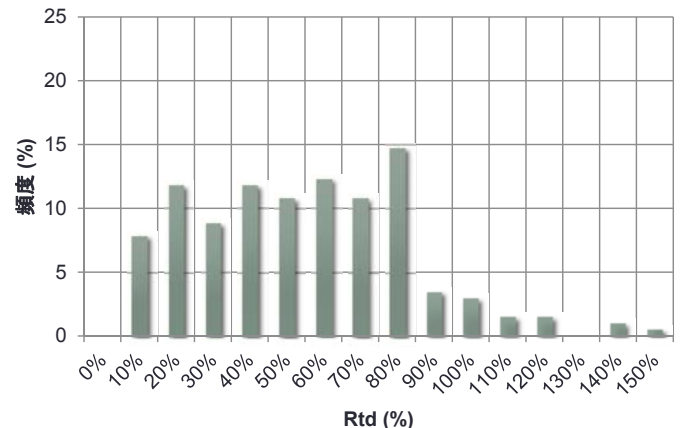


# アンカー緊張力の状況

$$R_{td}(\%) = \frac{\text{残存引張り力 } P_e (\text{計測値})}{\text{設計アンカー力 } T_d}$$



新タイプアンカー(727本)

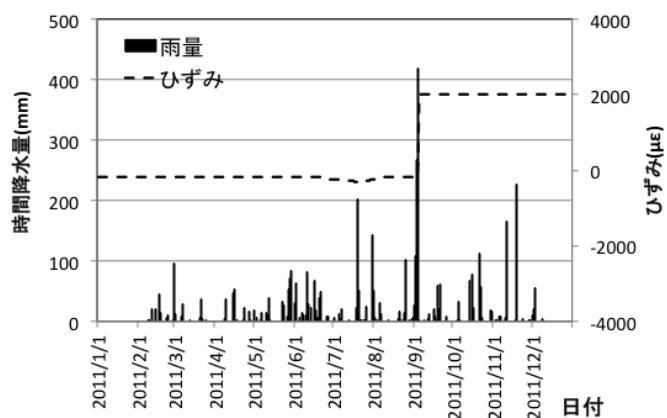
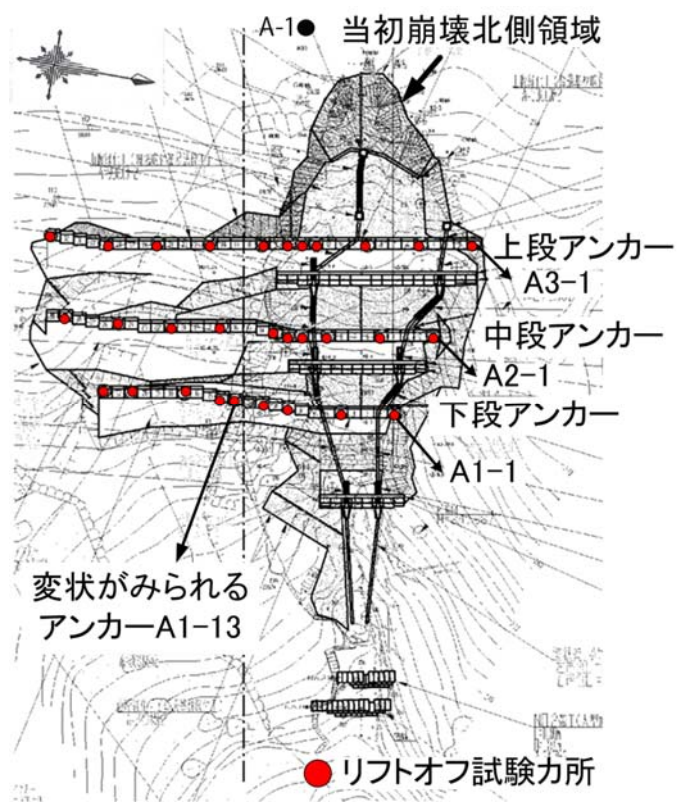


旧タイプアンカー(203本)

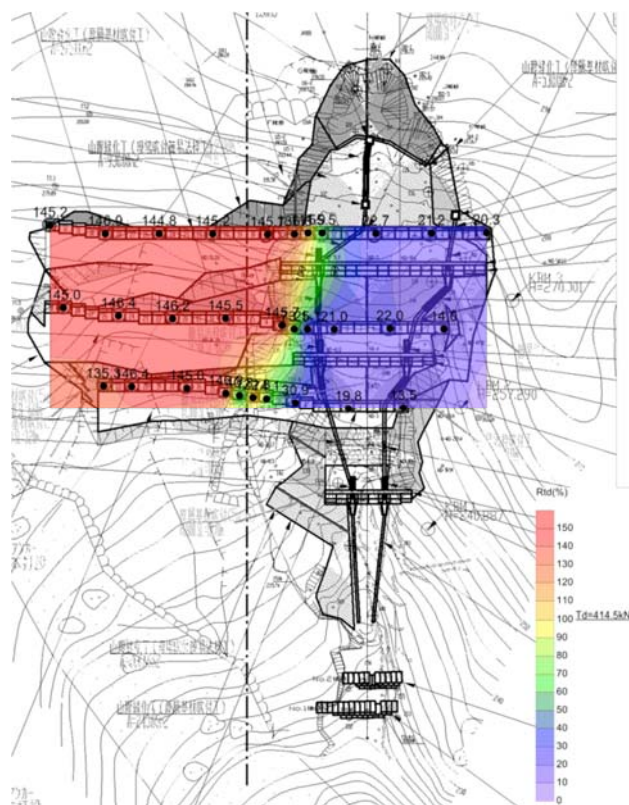
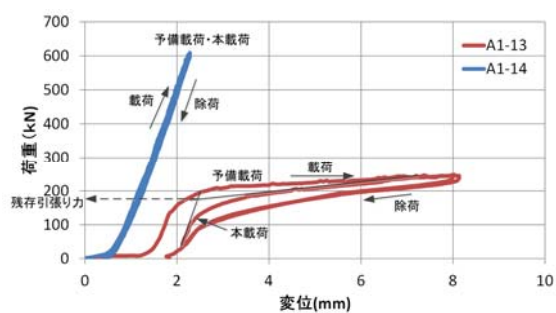
設計アンカー力に対し、残存引張り力は低下している傾向が見られる。



# アンカー緊張力調査(変状のあるのり面)



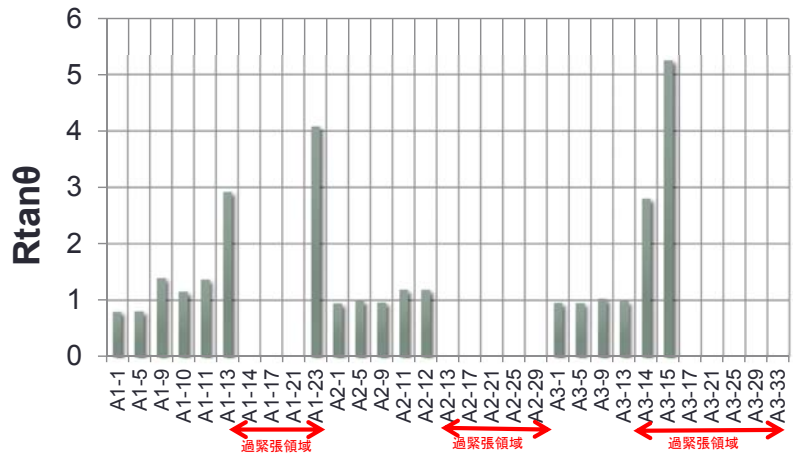
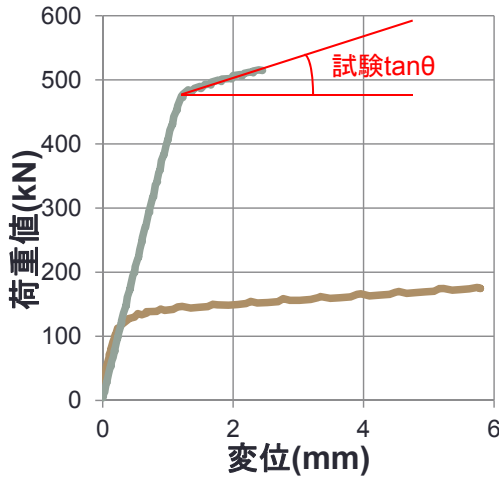
# 面的分布調査



# tanθの評価

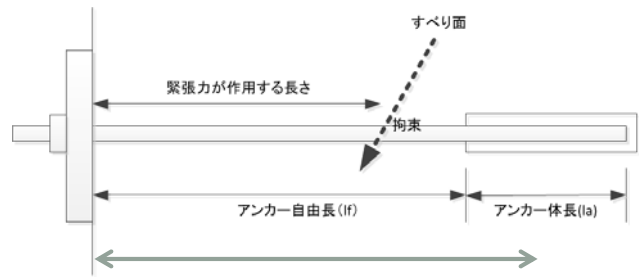
設計 $\tan\theta = EA/L_f$

健全:  $EA/1.1L_f \sim EA/0.8L_f$ の範囲

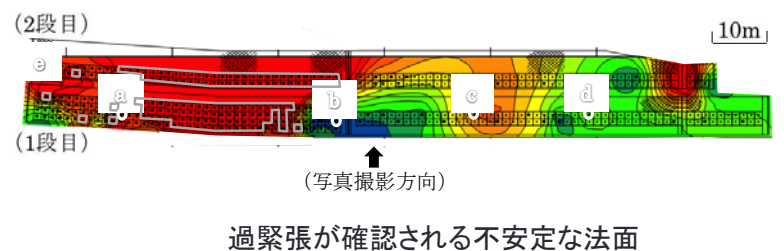
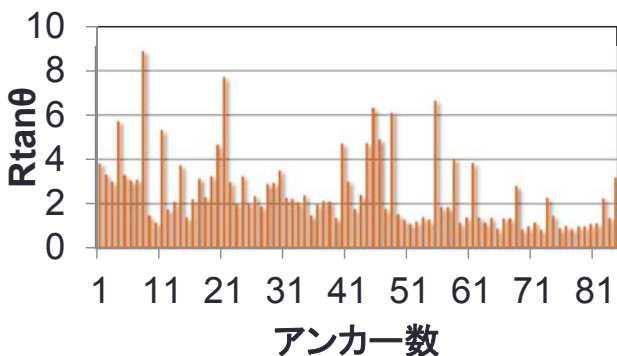
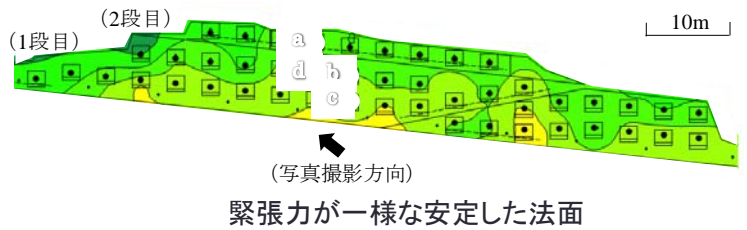
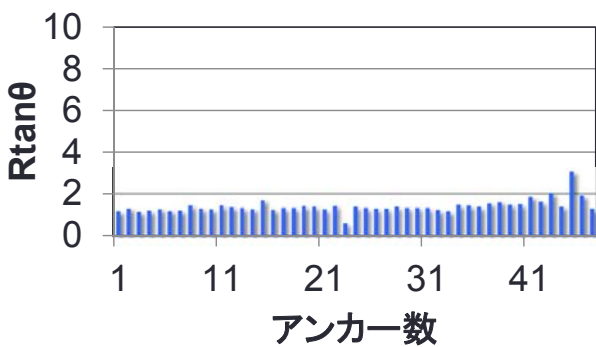


過緊張領域で試験 $\tan\theta$ が大きくなる

アンカーの引抜け等で試験 $\tan\theta$ が小さくなる



# tanθのばらつきによる健全性の検討

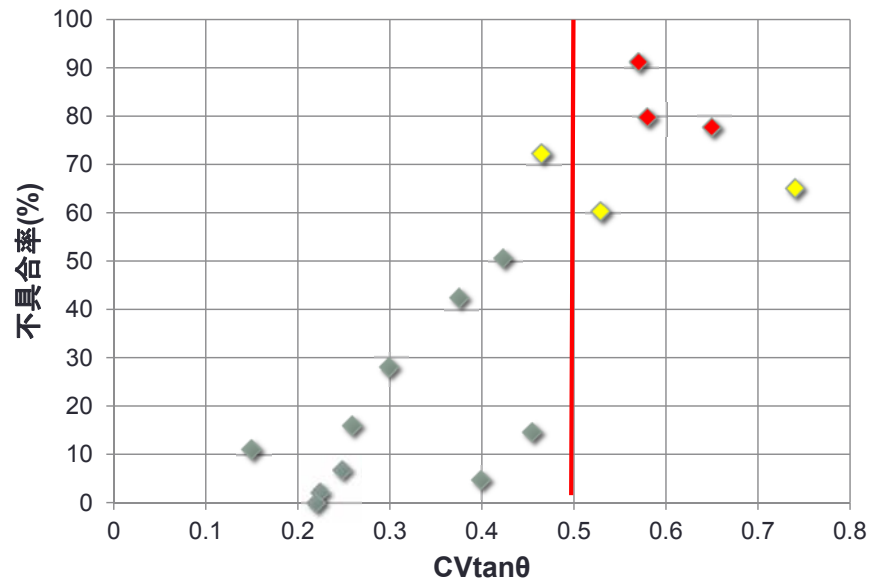


$R_{\tan\theta} = \text{試験}\tan\theta / \text{設計}\tan\theta$

過緊張が確認される不安定な法面では $R_{\tan\theta}$ がばらつく

# 変動係数によるアンカー法面の健全性評価

$$CV_{\tan\theta} = \frac{\sqrt{\sigma_{R\tan\theta}^2}}{R\tan\theta}$$



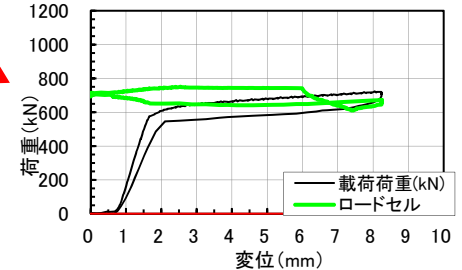
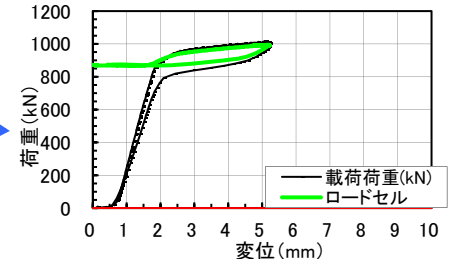
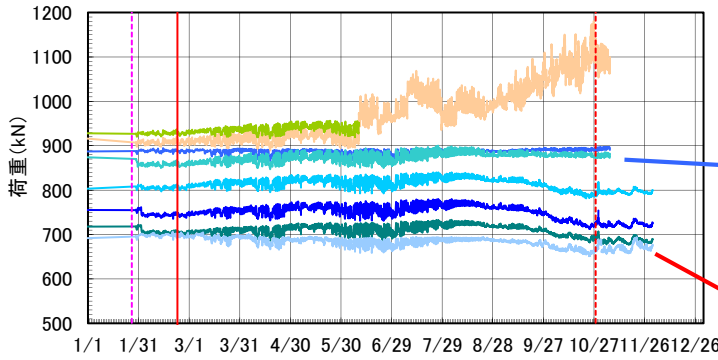
過緊張、アンカーの破断等の不具合の割合が多いと、 $R_{\tan\theta}$ の変動係数が大きくなる。  
 $CV_{\tan\theta}$ が0.5を超えると不健全な法面の可能性

# 荷重計によるアンカー緊張力のモニタリング

- 外力の変化による荷重の上昇や構造物・のり面の変位による荷重の低下等の有無の監視
- 既設アンカーへの荷重計の設置は、定着具を取り外しアンカーに導入されている緊張力を解放する大がかりな作業が必要

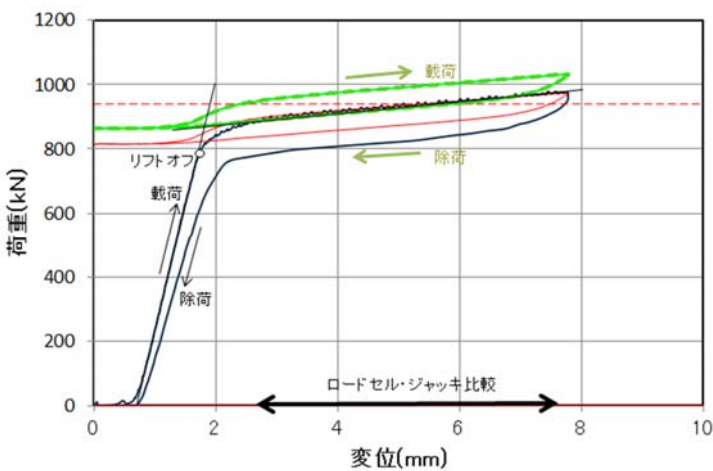


# SAAMジャッキによる荷重計の検定



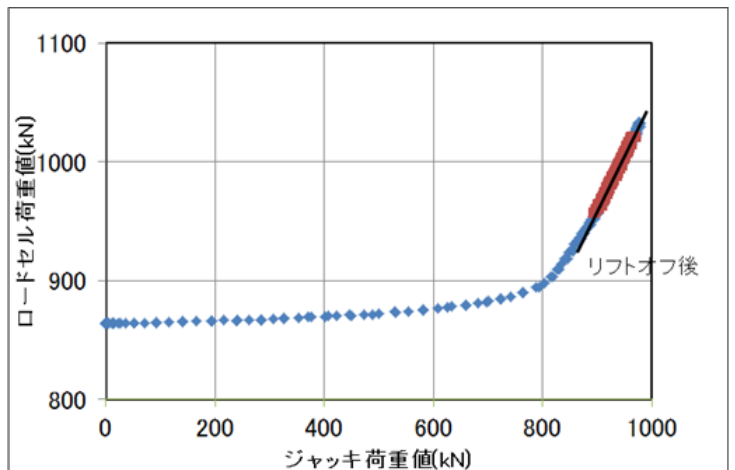
既設荷重計が正常に作動しているか確認することが必要  
 →SAAMジャッキを用いることで、簡便に検定が行える

# 荷重計の簡易校正

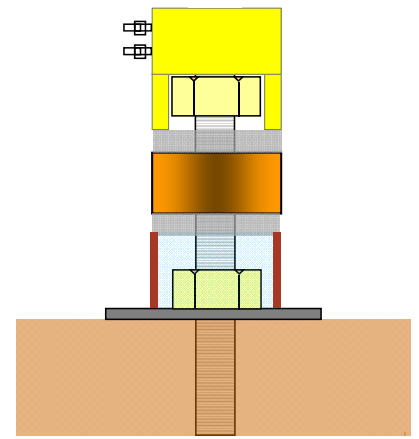


既存荷重計とジャッキ(あるいは新設荷重計)との荷重値の比較から荷重計の校正係数の調整

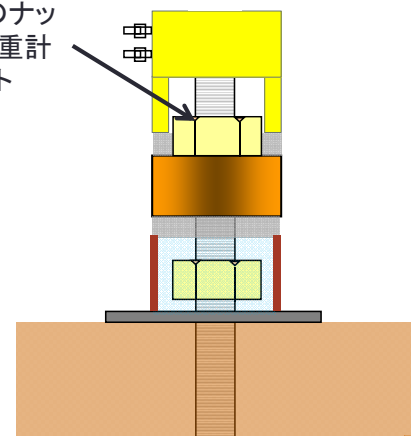
修正荷重 (1/1.06P<sub>load</sub>)



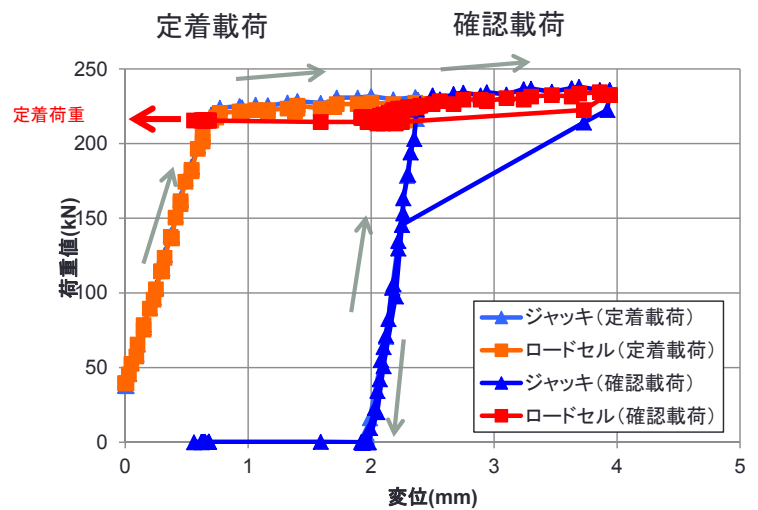
# 既設アンカーへの荷重計設置



新設のナットで荷重計をセット

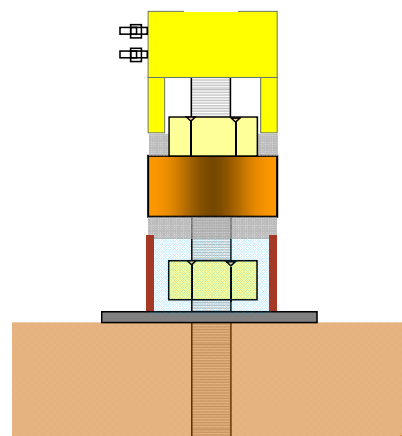
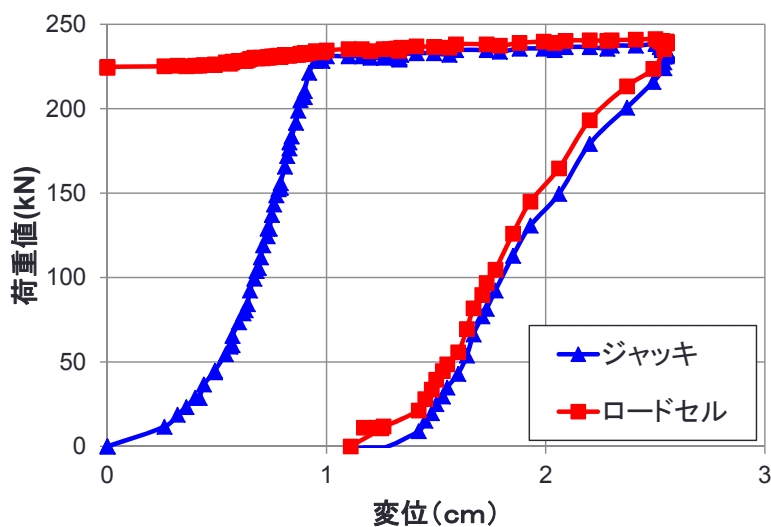


# 荷重計設置時の定着荷重の確認

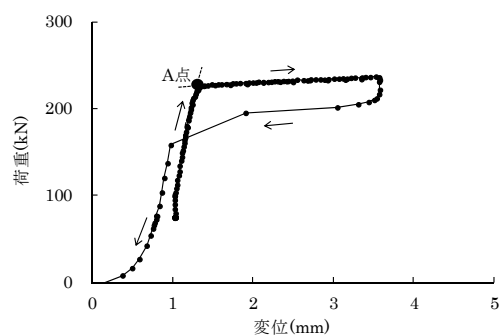


荷重値を確認しながら荷重計を設置することができる。

# 荷重計撤去時の定着荷重の確認



荷重計除去後のリフトオフ試験

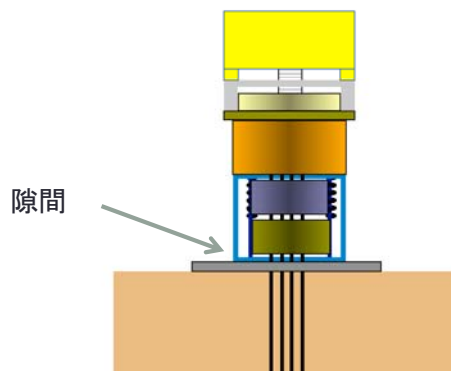


# 各種アンカーへのモニタリング機器の設置

旧タイプアンカーを含め、ほとんどのアンカーに設置可能  
また、荷重計だけでなく磁歪タイプ、圧力センサー等の設置も可能



くさびタイプ

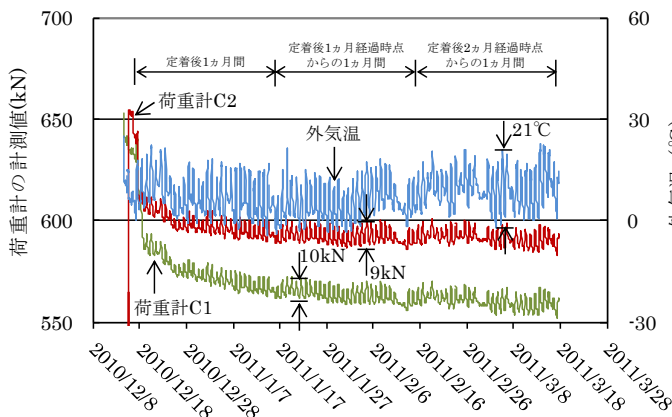


余長の短いタイプ

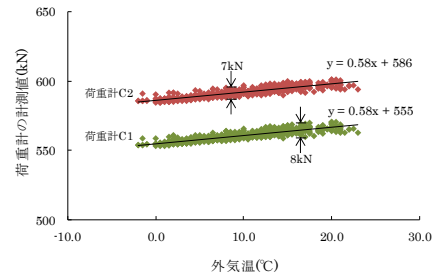
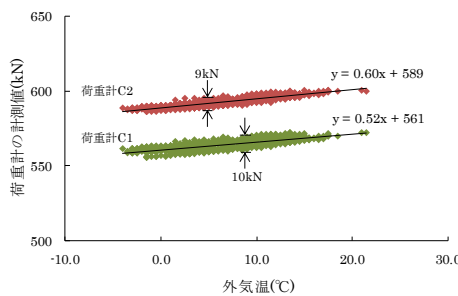
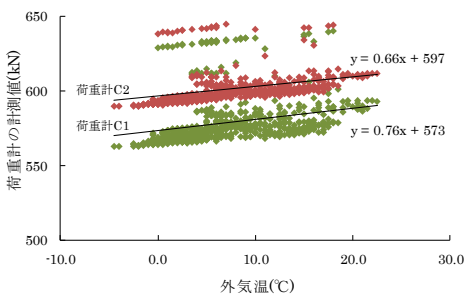


磁歪タイプ

# 施工後のアンカー緊張力と気温の変化



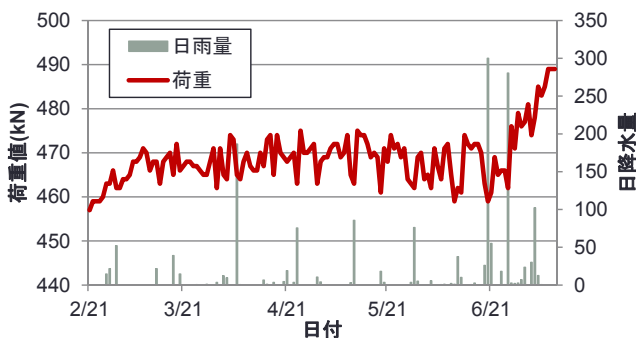
計測頻度	1時間に1回	
荷重計	C1	C2
全体(定着後の3ヵ月間)	0.19	0.33
定着後の1ヵ月間	0.35	0.38
定着後1ヵ月経過時点からの1ヵ月間	0.66	0.81
定着後2ヵ月経過時点からの1ヵ月間	0.85	0.84



アンカー施工当初は背面地質の影響で、気温との相関は低いが、地山が安定していれば気温との相関が高くなる → 相関が高いと法面は安定している

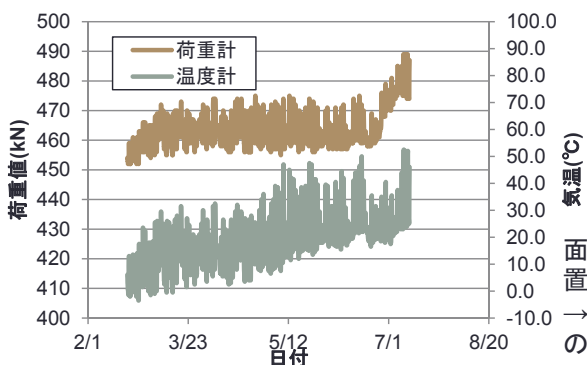
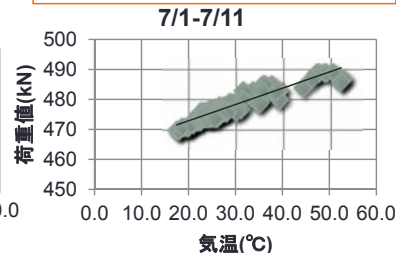
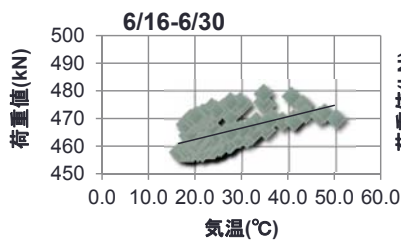
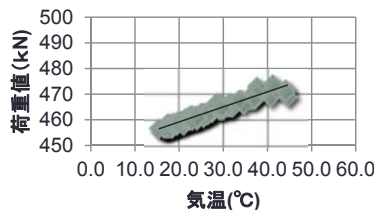
# アンカー緊張力と気温との相関

正午の荷重値と日降水量



	2/20-2/28	3/1-3/31	4/1-4/30	5/1-5/31	6/1-6/30	7/1-7/11
R <sup>2</sup>	0.86	0.95	0.91	0.85	0.45	0.90

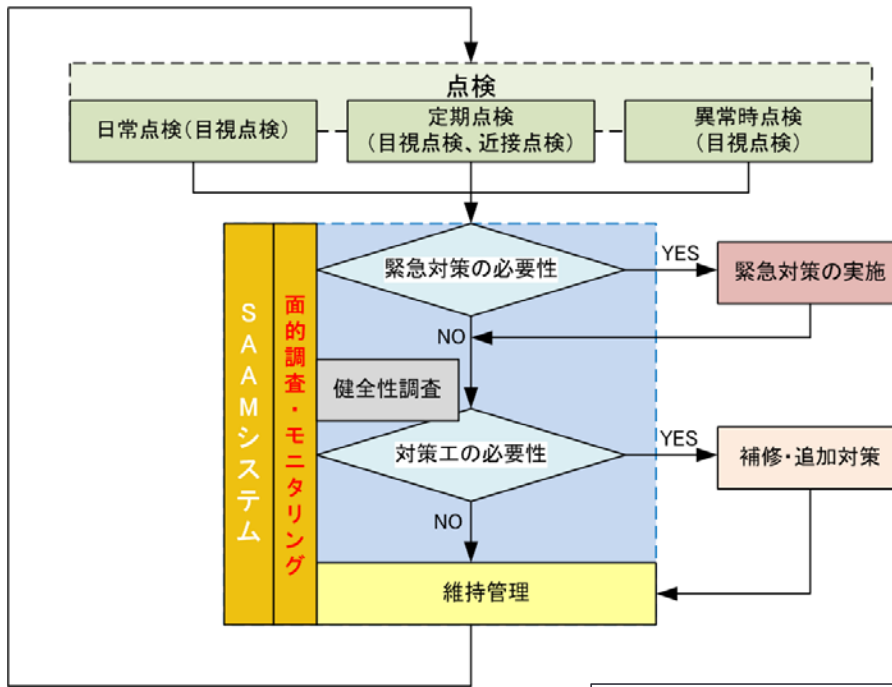
	6/1-6/15	6/15-6/30
R <sup>2</sup>	0.95	0.25



面的調査により過緊張ののり面に荷重計を設置し気温と荷重の評価  
 → 降雨後荷重増加が見られ、気温と荷重値の相関が低下  
 → 地山の動き  
 → R<sup>2</sup>の変化から変状の時期を推定

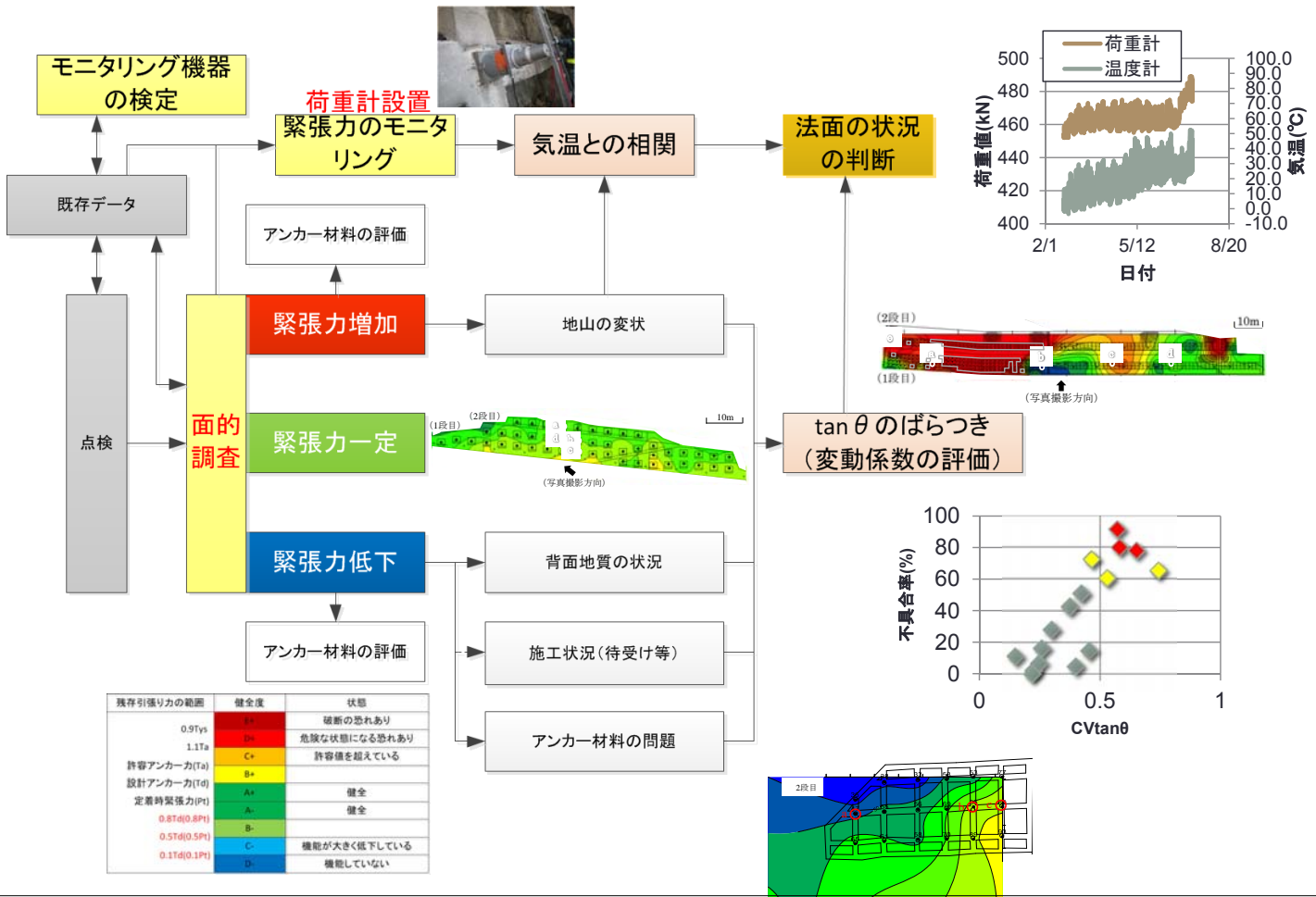


# SAAMシステムによるアンカーの維持管理



面的調査  
アンカー緊張力のモニタリング  
荷重計の検定

# SAAMシステムによるアンカー健全性評価



残存引張り力の範囲	健全度	状態
0.9T <sub>s</sub>	S+	破断の恐れあり
1.1T <sub>a</sub>	B+	危険な状態になる恐れあり
許容アンカー力(T <sub>a</sub> )	C+	許容値を超えている
設計アンカー力(T <sub>d</sub> )	B+	
定着時緊張力(P <sub>T</sub> )	A+	健全
0.8T <sub>d</sub> (0.8P <sub>T</sub> )	A-	健全
0.5T <sub>d</sub> (0.5P <sub>T</sub> )	B-	
0.1T <sub>d</sub> (0.1P <sub>T</sub> )	C-	機能が大きく低下している
	D-	機能していない



# まとめ

- ・グラウンドアンカー工が施工されたのり面の維持管理に必要なアンカー緊張力等に関する調査を、SAAMジャッキを用いることで効率的かつ有効に行える。→残存引張り力の面的調査

既設アンカーへの荷重計設置・荷重計の検定

## アンカーのり面の健全性評価

- ・※リフトオフ後の荷重-変位関係の勾配( $\tan\theta$ )のばらつきによる評価  
→ばらつきが小さいのり面は健全
- ・※アンカー緊張力変化と気温との相関による評価  
→相関が高いのり面は安定



これらの結果を基に、法面の状況を把握し、対策の優先順位、対策の方針に繋げることが可能

◆多くののり面でアンカー緊張力の低下が見られる(新タイプアンカーでは80%程度が多い)→低下が著しいアンカーの場合、材料の評価が必要