

道路斜面防災のための点検手法（第3回） ～安定度調査における着目点（落石・崩壊、岩盤崩壊）～

2.1.2 崩壊

落石・崩壊による災害は、点検で対策不要とされた箇所や点検対象外の区間での発生が他の災害種別よりも目立ちます。これは点検調査個所の選定段階で小規模な不安定斜面が見逃されることや、安定度調査段階での評点が低く見積もられる点にあります。

集水地形・遷急線・崩壊跡等の不安定斜面につながる地形が小規模であると、机上調査段階の空中写真判読では点検箇所から漏れる可能性が高くなります。このため、航空レーザ測量で作成した詳細地形図を用いて点検箇所を抽出することが望ましく、この段階での漏れを防ぐことができます。

点検段階での着目点は、安定度調査表の「要因に関する評点」において、個人差の出やすい「土質・地質・構造」および「表層の状況」に高い配点が与えられている点です。これらの項目をうまく評価するには、斜面の傾斜や表層土の厚さに加えて、集水地形などの表流水が集中しやすい条件を考えあわせて評点を求めることが望ましく、精度が向上すると思われます。

安定度調査表では落石と同様に地形条件から地震時の安定性も評価します。

「対策工に関する評点」では、落石と同様に崩壊の位置や規模の把握に加えて被災歴を参考にする、対策工の効果を精度よく判定できます。

2.2 岩盤崩壊

「要因に関する評点」の内容では、崩壊の前兆や亀裂の状況に評点合計の半分が配点されており、この部分の評価が重要になります。点検の着目点は、亀裂の開口程度・方向・間隔および落石や小崩壊の有無に関する評価に際し、崩壊の規模や形態を考慮することです。これにより評点の精度が向上するので、亀裂等の不連続面については開口の程度に加えて、位置や性状をスケッチや写真で記録する必要があります。その際、正面からの観察のほかに、断面方向からの観察ができると図-1に示すように崩壊規模や形態を想定できる場合があります。崩壊の規模や形態は地質による特徴があるため、周辺の崩壊履歴が参考になります。

寒冷地では亀裂等からの湧水が凍結して崩壊誘因になることがあるので、湧水的位置や量に関する

注意が必要です。また、急崖の背後に地すべりが存在して、この動きが崩壊に結びついていることがあるので空中写真等の判読を含めてやや広い範囲の観察が必要になる場合があります。



図-1 不安定岩盤のスケッチ例
(高さ約15m)

「対策工に関する評点」では、崩壊の規模と形態の想定が必要です。岩盤斜面の割れ目の分布や開口状況から、規模の大小、および崩落・すべり・転倒などの形態を想定することによって、対策工の効果を精度よく判定できます。

3. おわりに

今後の点検精度の向上が望まれるところで、講習会等による点検技術者のトレーニングに加えて、以下のような新技術の導入があげられます。

- ① レーザ測量地形図の判読により机上調査段階での不安定斜面の見逃しを防止
- ② 点検時に手軽に表層土の厚さや強度が測定可能な土層強度検査棒の利用
- ③ 岩盤急崖斜面の点検に無人航空機（UAV）による割れ目分布と開口状況の観察精度の向上

参考文献

- 1) 佐々木靖人ほか：道路斜面防災のための点検手法（第1回）～道路斜面災害の実態、傾向と防災上の課題～、土木技術資料、第57巻、第5号、pp.49～50、2015
- 2) 安藤伸ほか：道路斜面防災のための点検手法（第2回）～道路防災点検の経緯と点検手法の概要～、土木技術資料、第57巻、第6号、pp.52～53、2015
- 3) 社団法人日本道路協会：落石対策便覧、pp.7～9、平成12年6月

(一社) 全国地質調査業協会連合会

同

同

同

同

国立研究開発法人土木研究所
地質・地盤研究グループ地質チーム

同

上野 将司
小保新重郎
中筋 章人
沼井 謙三
安藤 伸

佐々木靖人
浅井 健一

●●市の場合、ランクⅠ・ランクⅡで崩壊した割合は、20%未満だったことから、その原因についての技術職員向けの講習会を開催した。
 ▲▲市の場合にも、その割合は20~30%とのこと。これは全国の自治体共通の悩みなのだろうと思う。

2013.7.29 全地連講習会テキスト

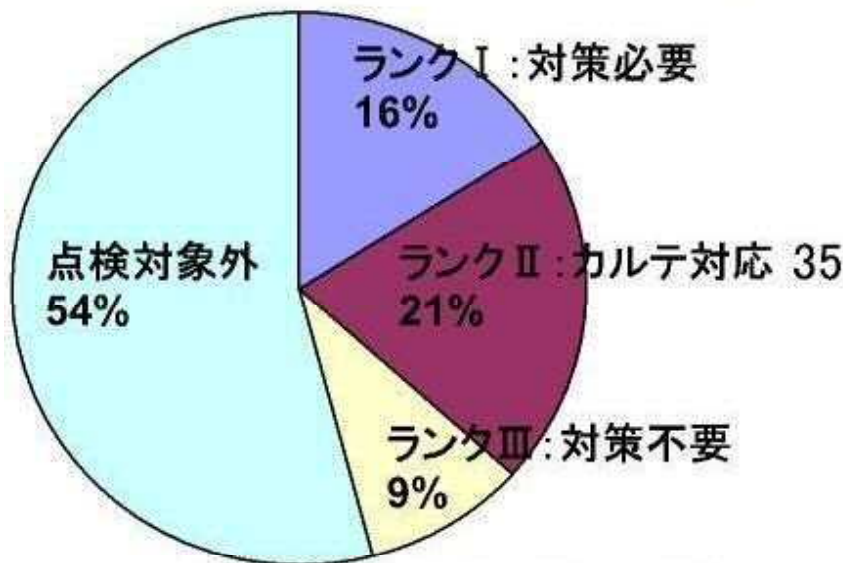
防災点検の有効性と災害の低減に向けて —10年間の防災対策の進捗と課題—

(独)土木研究所 上席研究員(地質)
 同上 総括主任研究員

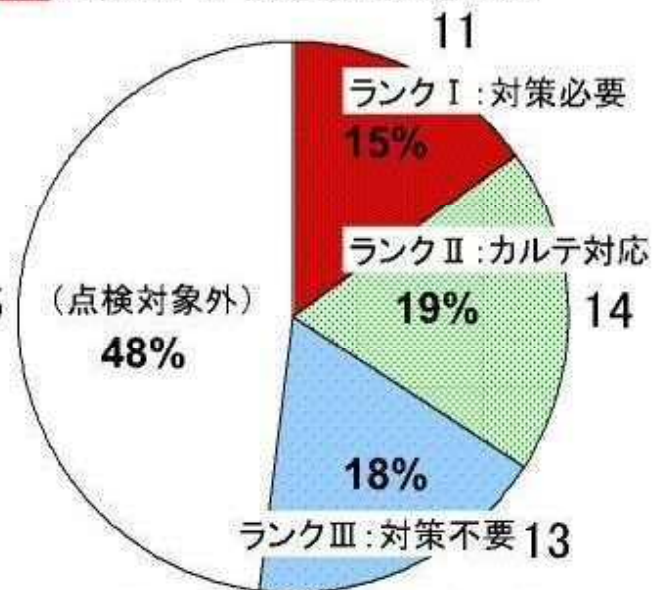
佐々木 靖人
 浅井 健一

道路防災点検結果ランクと災害発生箇所数

災害発生箇所の約6割が対策不要ないし点検対象外の箇所
点検対象外箇所および対策不要箇所を検討する必要がある。



平成9~16年度直轄国道 n=466



平成20~22年度直轄国道 n=73

まもなく正式にスタートできるようになると思います。

ホームページの試作(環境地質サービス大久保氏作成)なので、この通りのものになるかどうかはわかりません。

どけんぼう

土検棒コンソーシアム

土検棒の技術普及による信頼性の高い国土を目指して

現在土研内でコンソーシアム起案処理中

ホーム

土検棒コンソーシアムとは

技術情報

活用事例

お問い合わせ

トップ > 土検棒コンソーシアムとは

土検棒コンソーシアムとは

設立趣旨

土層強度検査棒（土検棒）の技術普及ならびに関連技術の開発を通じて、複雑な土質・地質に対する共通理解と調査精度向上を図り、信頼性の高い国土建設・管理に資することを目的とする

活動内容

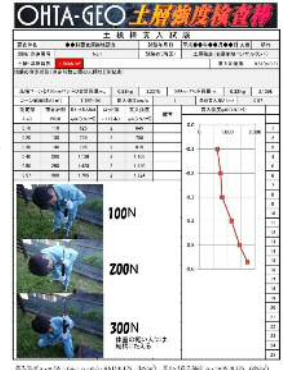
1. 本技術の普及活動
2. 本技術の関連技術の情報収集及び情報交換
3. 本技術の適用に向けた課題抽出と解決策の検討
4. 本技術を核とした発展技術の開発
5. 本技術の実施にかかわる技術資料の整備・開発
6. 本技術のおよび発展技術に関わる産業財産権の運営管理業務の支援
7. その他、本会の目的を達成するために必要な事項

会員一覧

名称	住所	電話番号	担当部署・担当者
国立研究開発法人 土木研究所	茨城県つくば市南原1番地6	029-879-6768	地質チーム/金井
応用地質株式会社	埼玉県さいたま市土呂町2-61-5	048-652-0651	ジオマネジメントセンター/宮本
有限会社 太田ジオリサーチ	兵庫県西宮市すみれ台3丁目1番地	078-907-3120	太田
株式会社環境地質	神奈川県川崎市川崎区貝塚1丁目4-15-203 (ライオンズマンション第10)	044-221-1910	鷗沢
株式会社環境地質サービス	神奈川県川崎市川崎区貝塚1丁目3-17-405 (シャンボール第2川崎)	044-201-2605	大久保

貫入強度

貫入強度 ; 貫入力から土層の強度を推定します。貫入抵抗値Ndkは、スウェーデン式サウンディングによる換算N値と相関があります。また斜面用簡易貫入試験によるNc値や、地盤工学会の簡易動的コーン貫入試験のNd値とも相関があります。人力での貫入ですので、簡易貫入試験のNc値換算で、約10~15程度以上の固い地盤には入りません。しかし、一般的な表層崩壊はNc値約5程度以下で起きるので、表層崩壊の調査用としては十分です。(貫入強度を得るためには、計測キットが必要です)



多点土層厚計測 → 土層厚ゾーニング

土層厚分布 ; 短時間で土層厚を計測できるので、多点のデータが得られます。土層厚の分布と、地表の状態(風倒木地、崩壊地等)の要素でゾーニングして、それぞれの場所を代表する地盤強度を計測します。(土層厚のみであれば、土層検査棒ロッドセットのみで可能です。このとき、複数台の土層検査棒ロッドセットがあると効率的な調査ができます)

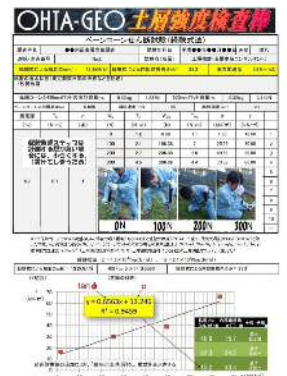
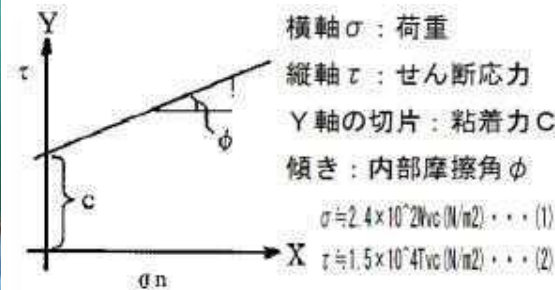
ベーン試験 → 粘着力c、内部摩擦角φ 強度ゾーニング

地盤強度 c・φ ; 土層厚を計測した後、先端をベーン試験型に付け替えて荷重計とトルクレンチで強度測定します。これで、c・φ値を得ることができます。

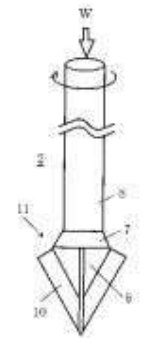
※解析に際して、孔壁とロッドの摩擦によるトルク補正、ロッド自重による上載荷重補正を行います。



押しながら回す！ → データシート、サンプルデータ・報告書



先端コーンの形状 ; 上がベーンコーン、下が貫入試験用コーン



宅地等で計測深度が深い場合

SS試験で下穴をあけて、そこに挿入して計測することができます



ベーンコーンせん断試験(経験式法Ver.2)										
調査件名	仙台市太白区緑ヶ丘4丁目			試験年月日	平成23年12月20日		時刻	14:15		
測点番号	No.5	深度	3.00 m		試験者(所属)	太田英将・釜井俊孝		天候	晴	
経験式による粘着力 $c_{dk}' = 8.6\text{kN/m}^2$			経験式による内部摩擦角 $\phi_{dk}' = 15.0^\circ$			重力加速度 9.81(m/s ²)				
記事: SS試験深度6.46m(地下水位は隣接する調査ボーリング孔と同一)。6.4付近で岩着。3.5-4.5m付近に礫・岩塊あり。当該試験箇所は、この場所の盛土の代表値(軟弱部以外)を想定。SS試験で換算N値=4.2地盤(粘性土評価として)。										
先端コーンと450mmロッドの合計質量 m_0		0.33kg	3.237N	500mmロッド質量 m_1		0.32kg	3.139N			
ベーンコーンと羽根高H(m)		0.025		回転速度°/分		60		地下水位(GL-)		1.6
測定深度	T_0	n	W_N	T_N	W_{vc}	T_{vc}	σ	τ		
(m)	(N・m)	(本)	(N)	(N・m)	(N)	(N・m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)		
3.00 m	0.1	6	0	0.80	22.07	0.70	5.30	10.50	1	
			50	0.90	72.07	0.80	17.30	12.00	2	
			100	1.25	122.07	1.15	29.30	17.25	3	
			150	1.40	172.07	1.30	41.30	19.50	4	
			200	#N/A	222.07	#N/A	53.30	#N/A	5	
			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	6	

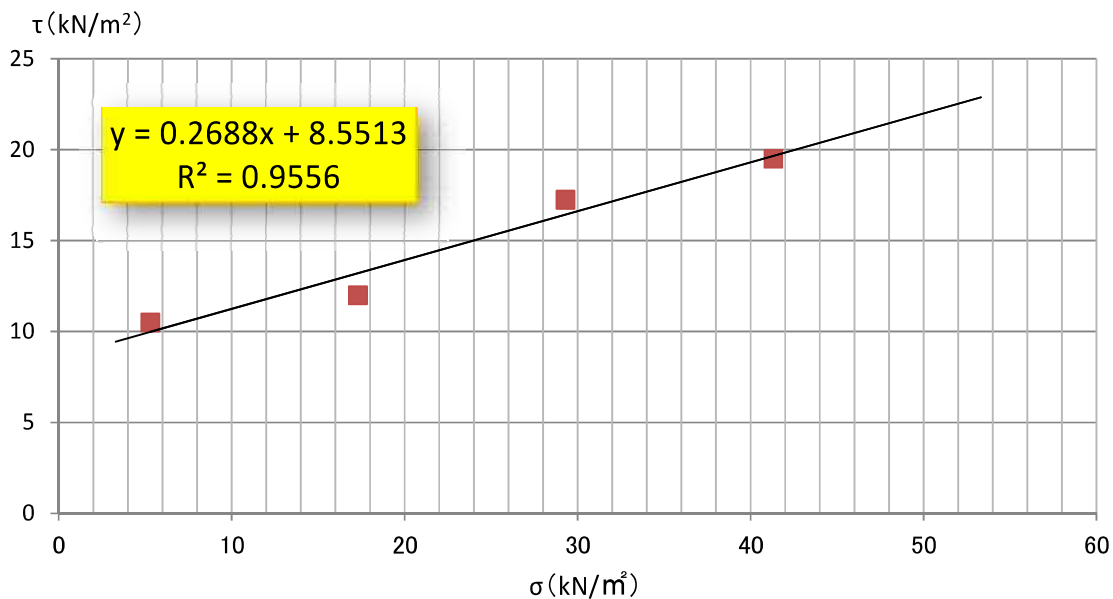
※ T_0 : 先端コーンで $W_c=0$ (荷重なし)の場合の最大回転トルク(ロッドと孔壁の摩擦)(N・m)、n: 全ロッド数から最初のロッド(450mm)を除いた本数、 W_N : 荷重計の読み(N)、 T_N : ベーンコーンで W_N の荷重の場合の最大回転トルク(N・m)、 $W_{vc}=W_N+(m_0+nm_1)g$ 、 $T_{vc}=T_N-T_0$ 、g: 標準重力加速度 9.81m/s² (土木研究所資料第4176号 土層強度検査棒による斜面の土層調査マニュアル(案)より)

経験式法 $\sigma = 2.4 \times 10^2 W_{vc}(\text{N/m}^2)$ 、 $\tau = 1.5 \times 10^4 T_{vc}(\text{N/m}^2)$

経験式による粘着力 $c_{dk}' = 8.6\text{kN/m}^2$	傾き($\tan \phi_{dk}'$) = 0.2688	経験式による内部摩擦角 $\phi_{dk}' = 15.0^\circ$
--	----------------------------------	---------------------------------------

(Y切片)

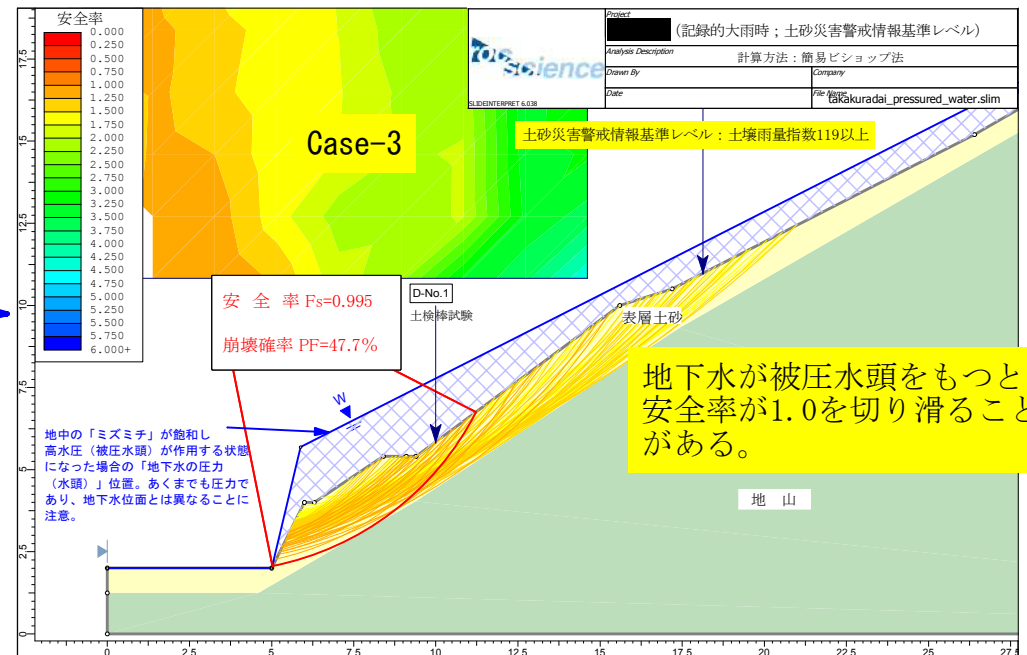
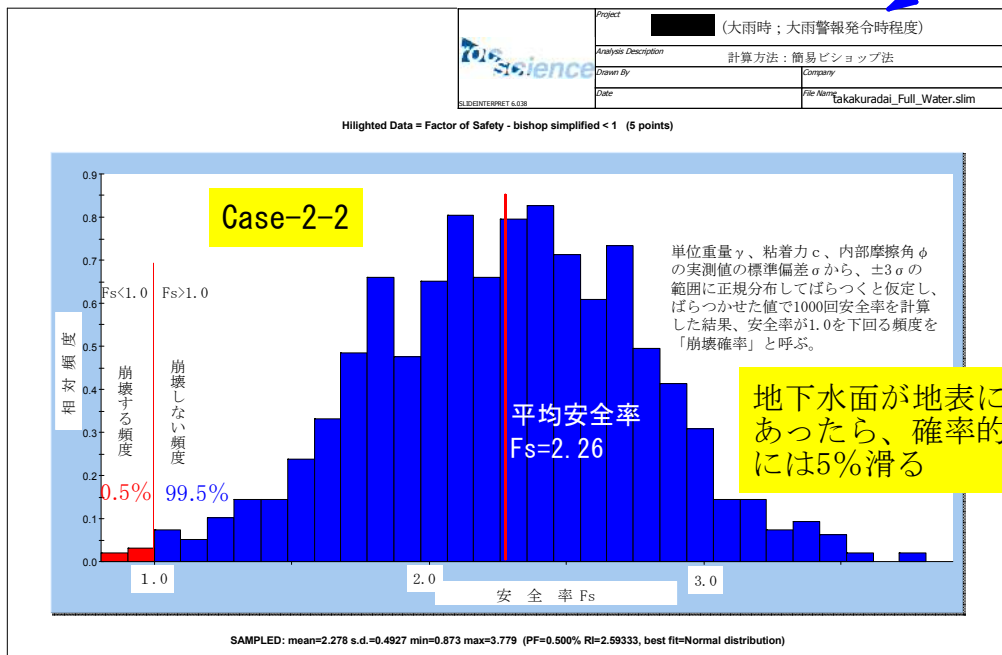
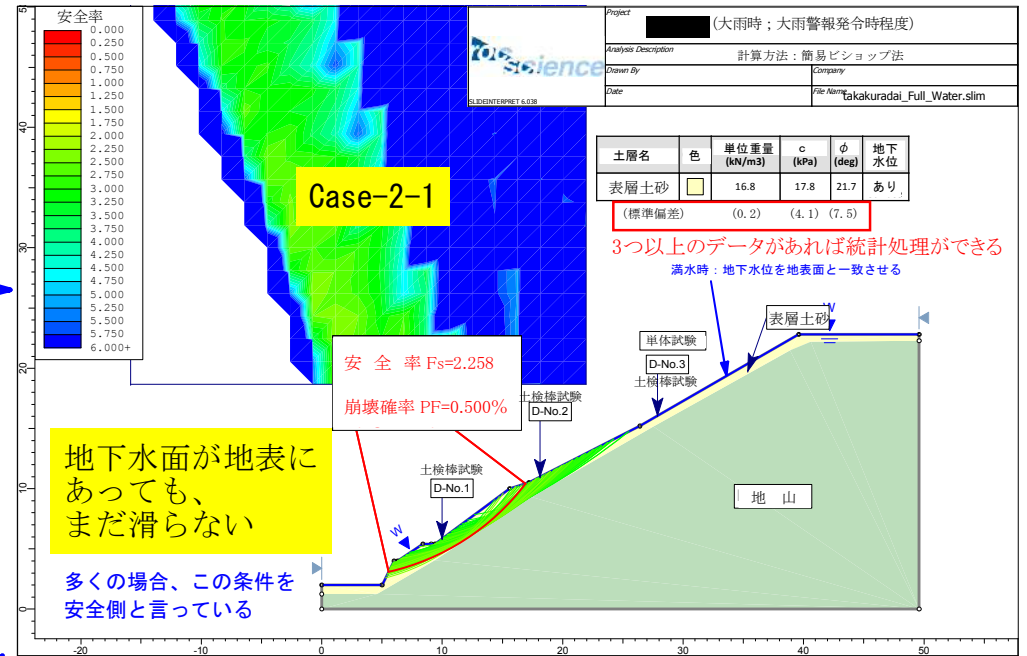
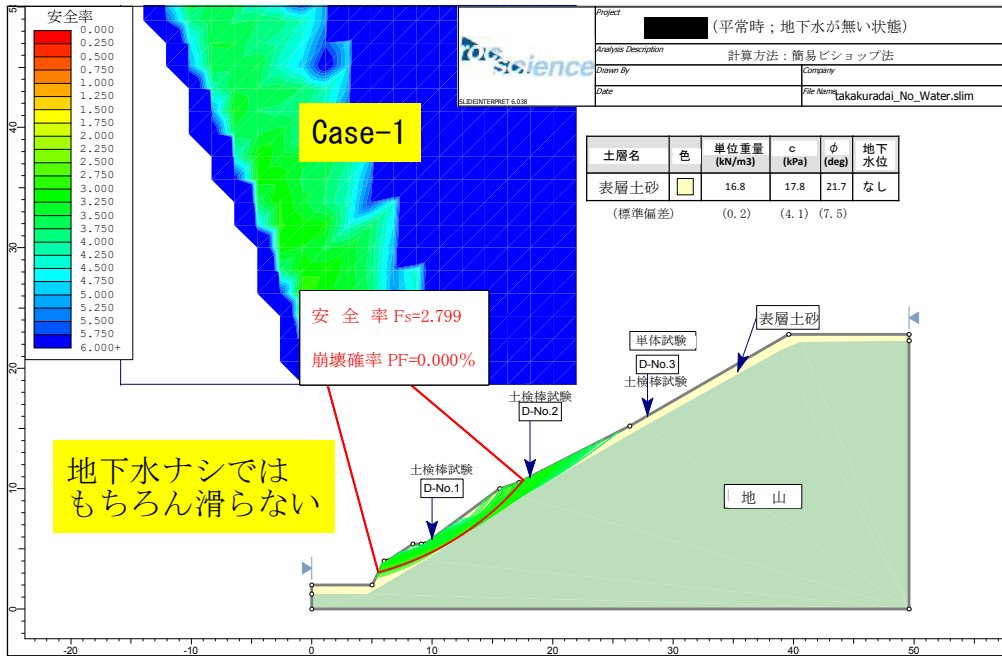
(直線の傾き)



※近似曲線の追加により、「線形近似」を選択し、数式を表示させる



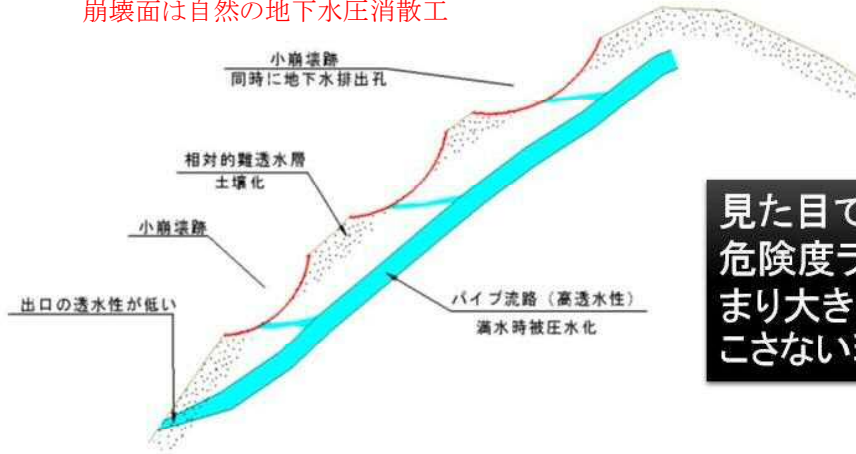
土検棒で得られた $c \cdot \phi$ で安定計算をした場合の一つの事例



見た目の悪い、崩壊跡が多い斜面は？

- ・ 自然が自ら地下水排出孔を確保した、とも考えられる
- ・ それが可能なのは、表層土厚が薄い場所→大崩壊ない

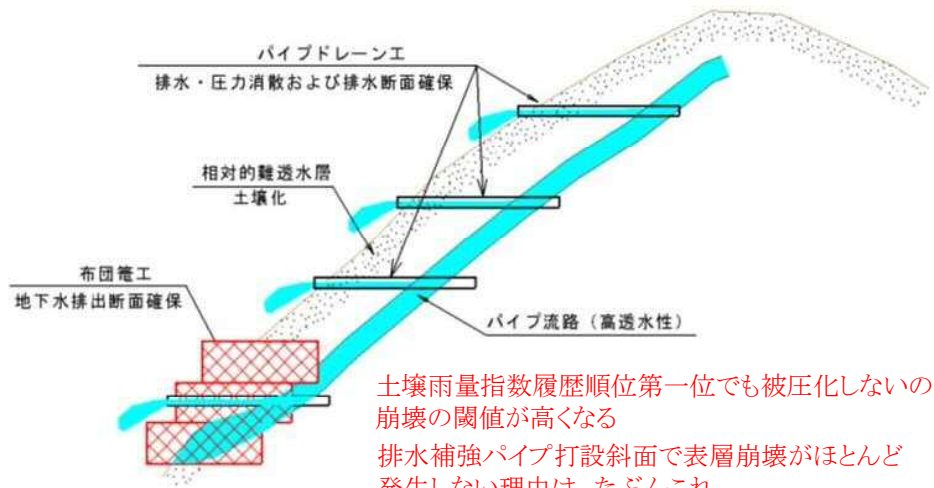
崩壊面は自然の地下水圧消散工



見た目で判定された危険度ランクAが、あまり大きな崩壊を起こさない理由

合理的な対策工とは？

- ・ 「崩壊」を地形形成過程の一つと捉え、地中のウォーターハンマー現象を抑え、その速度を緩和する



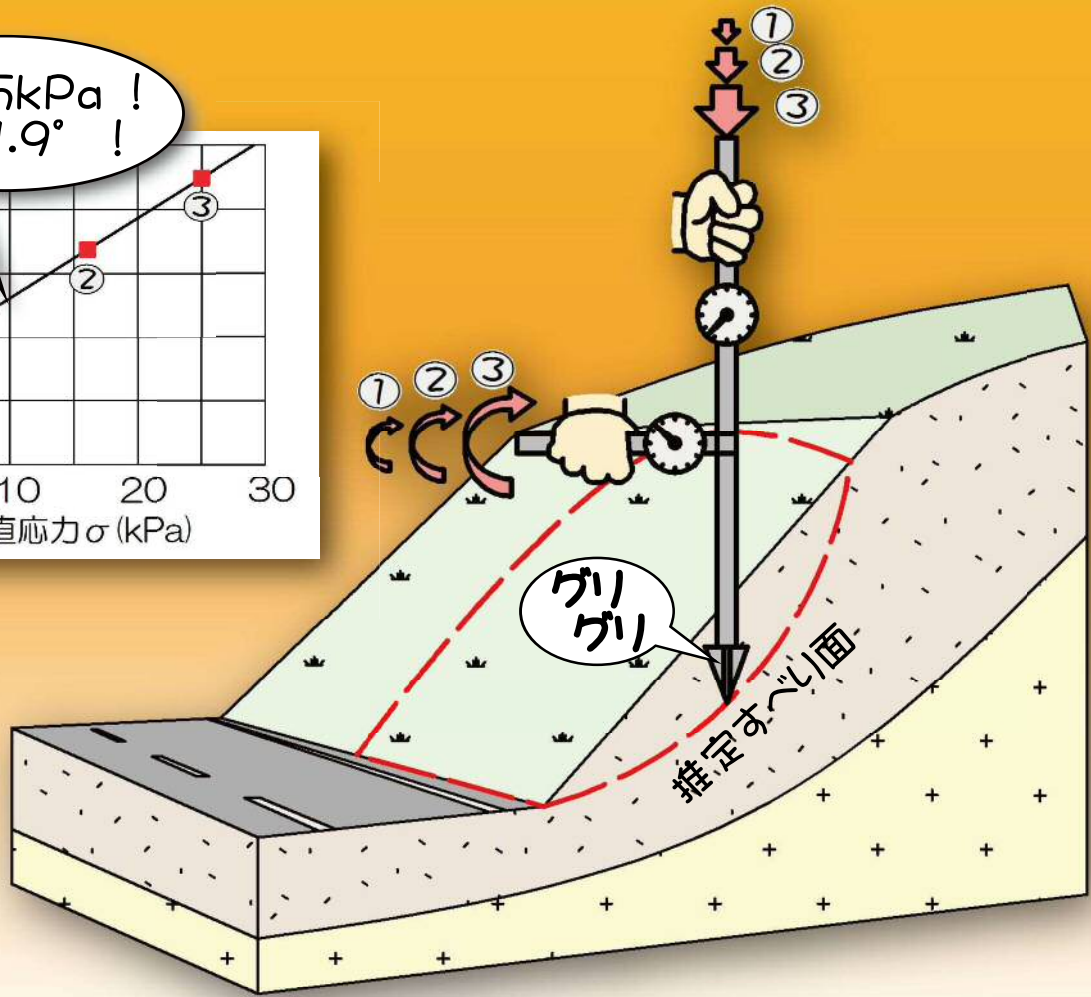
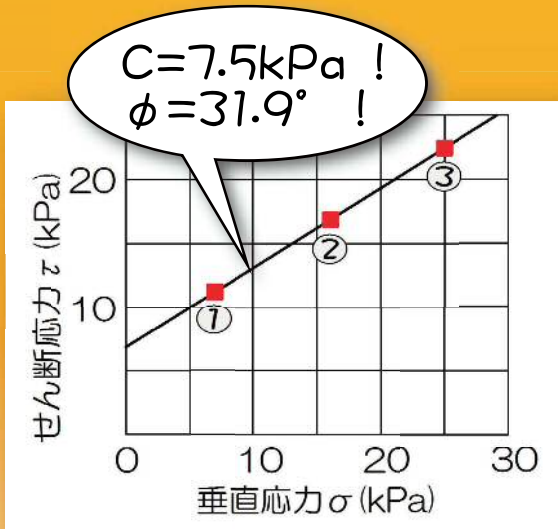
土壌雨量指数履歴順位第一位でも被圧化しないので崩壊の閾値が高くなる
排水補強パイプ打設斜面で表層崩壊がほとんど発生しない理由は、たぶんこれ。

土層厚と、 $c \cdot \phi$ がわかると何が起きるのか？ それがわからないと活用する気にはならないと思います。現地で $c \cdot \phi$ が実測できるといっても、それだけでは魅力でもないし、問題解決にもなりませんから。

1. (安定計算の)逆算法では現状安全率を 1.0 や 1.05 と仮定するが、実測値で安定計算すると $F_s \approx 2$ 前後になることがわかる。えらい違いである。→逆算法は、対策工を施工するという意思決定済の箇所で行う分にはかまわないが、現状の安定度評価はもともとできない方法論
2. (実測値を使った安定計算では)地表面まで地下水が満タンになっても、安全率が 1.0 を切らないことの方が多い。じゃあ崩れるはず無いじゃないか、、、と考えるのは早とちり。→地中の地下水圧がどのようになっているのか想像すべき。崩壊直前に「水が噴き出している」という目撃情報はたくさんある
3. 崩れる条件まで水圧を上げていくと、土層厚と同じくらい地表に飛び出た水圧で 1.0 を切り始めることが多いことがわかる(地形等によっていろいろですが)。これは何を意味するのか？ →実際にすべての斜面はいずれ崩れるので、「まさに崩れる瞬間」の時の条件を知ることが対策工を考えるのに役立つはず
4. (安定計算では)地中の中で瞬間的に被圧状態になる水圧が存在し、それが崩壊の引き金になっている。それはパイプ流が流れるソイルパイプが水で飽和したということではないのか。→パイプの中が飽和すると、そのパイプへ地下水が流入し始める場所の水圧に急にジャンプする。斜面が高ければ高いほど、その水圧は大きくなる
5. そういう水圧が発生するのは、ソイルパイプが飽和するくらいの雨の時＝その地域が経験した最大級の雨の時＝土壌雨量指数履歴順位第一位級のとき、という連想ゲームができる。→土壌雨量指数履歴順位第一位と崩壊の相関が高いことは知られていたが、理由は明快ではなかった。土の水分量が増えると崩壊するとして、センサー開発し予測に使おうとしているところがあるが、短絡的すぎ。実際には自由水圧が被圧水圧にジャンプするのが崩壊の誘因。その証拠に、表層崩壊が一か所で起きると、その周辺は崩れなくなる。水分量の問題なら周辺も崩れるはず
6. それがもし正しければ、斜面崩壊を予防するのはとても容易である。ソイルパイプが飽和しない(飽和する閾値を上げる)ようにすればよいからだ。排水補強パイプを差しておけばよい。→防災の後講釈ほど馬鹿げたものは無い。事前に対策するから防災であって、後になって講釈して補修するのは防災ではない

土層強度検査棒

有限会社 太田ジオ
OHTA GEO リサーチ
<http://www.ohta-geo.co.jp/>



土質定数 c, ϕ が 2 分で計測できる！！

土層深と貫入強度が計測できる！！

安定解析が順算でできる！！

全重量 4kg で軽量！！



適用事例

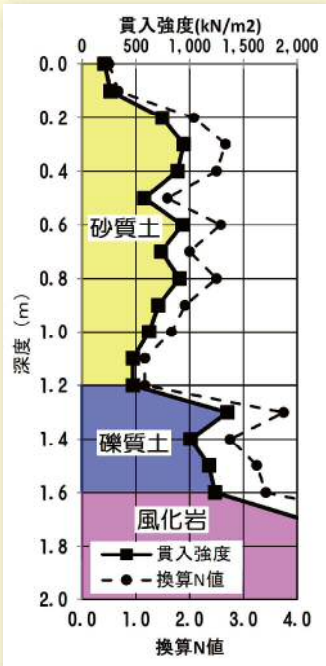
- ・自然斜面（表層）の安定計算
- ・宅地や道路盛土の安定計算
- ・河川堤防の安定計算
- ・既存擁壁の安定計算 など

土層強度検査棒

どそうきょうどけんさぼう

土層強度検査棒（土検棒）は、以下の試験を実施するための装置です（国立研究開発法人土木研究所開発）。

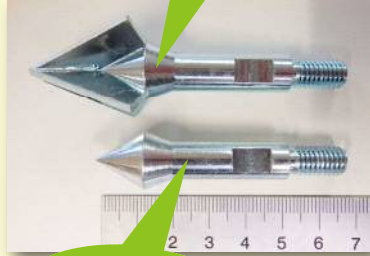
土検棒による貫入試験



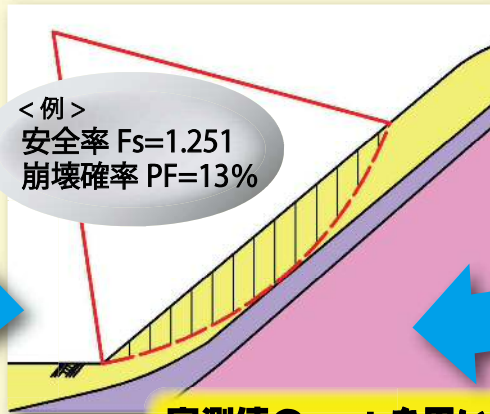
柱状図

土層断面図が描ける！

ベーンコーンせん断試験用
羽根付き貫入コーン



貫入試験用
貫入コーン



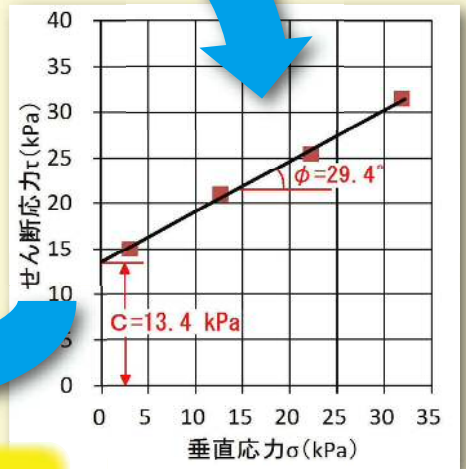
<例>
安全率 $F_s=1.251$
崩壊確率 $PF=13\%$

実測値の c, ϕ を用いて
安定解析（順算）ができる！

ベーンコーンせん断試験

ベーンコーンせん断試験（経験式法）									
調査件名	自然斜面表層崩壊調査			試験年月日	2013年11月1日		時刻	15:00	
測点番号	No.1	深度	1.00 m	試験者(所属)	美島(太田ジオリサーチ)		天候	晴れ	
経験式による粘着力 $c(\text{kPa}) = 13.4 \text{kN/m}^2$				経験式による内部摩擦角 $\phi(\text{度}) = 29.4^\circ$		重力加速度 $9.81(\text{m/s}^2)$			
地盤の含水状態(測定前数日間の天候などを記述) 測定前日に2mm/s程度の降雨はあったが、抜き取ったロッドに美しい水の付着無し。									
先端コーンと450mmロッドの合計質量 m_{kg}	0.330kg	3.237N	500mmロッド質量 m_{kg}	0.320kg	3.138N				
ベーンコーンと羽根高 $H(\text{m})$	0.025	回転速度 ω / 分	60	地下水位 (GL-m)	-				
測定深度 (m)	T_c (N-m)	n (本)	T_W (N)	W_{vc} (N)	T_{vc} (N-m)	σ (kN/m ²)	τ (kN/m ²)		
1.00m	0.20	3	0	1.20	12.65	1.00	3.04	15.00	1
			40	1.60	32.65	1.40	12.64	21.00	2
			80	1.90	92.85	1.70	22.24	25.50	3
			120	2.30	132.85	2.10	21.84	31.50	4

入力データシート



クーロンの破壊基準
による c, ϕ

ロッドセット



ロッド 500mm×9
ハンドル ×1

ロッド 450mm×1
スパナ ×2

貫入コーン ×2
持ち運び袋 ×1

計測キットセット



テンションゲージ ×1
取付け高ナット ×1

トルクレンチ ×1
羽根付き貫入コーン ×1

	セット品目	内容	標準価格 (税別)	摘要
1	フルセット	土層検査棒ロッド(5m) × 1セット + 計測キット × 1セット	¥148,000	c, ϕ 計測はこのセット
2	割安セット	土層検査棒ロッド(5m) × 3セット + 計測キット × 1セット	¥240,000	土層厚を多点計測用、深部計測用
3	ロッドセット	土層検査棒ロッド(5m) × 1セット	¥52,000	ロッドセット(土層厚計測)のみ
4	計測キットセット	計測キット × 1セット	¥100,000	c, ϕ 計測用

土検棒ユーザー会員のホームページでは、活用事例や工夫点などがご覧いただけます（随時更新中）。

OHTA GEO 有限会社 太田ジオリサーチ

〒651-1432 兵庫県西宮市すみれ台3丁目1番地
<http://www.ohata-geo.co.jp/>
 電話：078-907-3120 FAX：078-907-3123
 E-mail: support@ohata-geo.co.jp