

関西のある政令指定都市（K市）では、数年前の豪雨時に道路の斜面が数多く崩れました。崩壊箇所と、事前に実施してあった道路防災点検箇所とをチェックしてみると、防災点検で「要対策」または「カルテ対応」となっていた斜面は、崩壊箇所全体の2割にも達していませんでした。8割以上の崩壊箇所が、「対策不要」または「点検対象外」の箇所でした。このことが市議会で問題視され、担当部署が窮地に立たされ、「これはどういうことなんだ！」と太田ジオに相談がありました（当社は防災点検をしていません）。防災点検を委託されたコンサルの担当者は、「見落とし」を恐れ小さな崩壊跡やクラック等の変状まで丹念に写真を撮って回ります。そして、その写真が多いところが「要対策」または「カルテ対応」になりがちです。でも土質力学的な根拠があるわけはありませんでした。

土砂災害調査概要

合理的根拠がない予測が外れるのは、実は当たり前だったのです。

【現地計測；地形・土層深・c・φ・γ】

現地計測は、その斜面を代表する位置で簡易的な地形断面計測を行った後、その断面上で、土層強度検査棒を用いて、土層深計測（D）を計測し、表土と基盤との構造を実測により明らかにする。また、土層強度検査棒のベーン試験により、土層強度（c・φ）計測を実施する。さらに別途、試料円筒を用いて土層の単位体積重量（γ）を計測する。

【安定計算；常時・大地震時・自由水満水時・Fs=0.99時】

安定計算は、（1）常時の安定計算、（2）大地震時の安定計算、（3）不圧（自由）地下水満水時（地表面と地下水位が一致）の安定計算、および（4）安全率 $F_s < 1.0$ ($F_s = 0.99$) 時の間隙水圧の逆解析、の4ケースを実施する。

現存する斜面が、（1）常時の状態で安全率 F_s が 1.0 を下回ることは通常はあり得ない。1.0 よりも相当に大きな安全率となるのがふつうである。（2）大地震時（ $kh=0.25$ ）では場合によっては $F_s < 1.0$ となる場合もあるが、大振動によって土層内に液状化（過剰間隙水圧発生）がある場合は、崩壊が発生する。その危険性の評価は、現段階では困難である。

比較的薄い表土部は、大雨や長雨の際には（3）地表面まで地下水位が上昇する頻度は高いと考えられ、その状態で安全率 $F_s < 1.0$ となる斜面は非常に不安定と評価される（非常に急斜面の場合を除く）。

記録的豪雨時（土壌雨量指数履歴第一位級）には斜面崩壊が多発することがわかっているが、その際には（4）土中の地下水排水網が飽和し、被圧水化する場合がある。安全率が $F_s < 1.0$ となるまで水圧を上昇させ、崩壊時の間隙水圧をシミュレートする。このような性質のある斜面は、土壌雨量指数履歴第一位級になるまでは崩壊する危険性は小さいが、それクラスの大雨の際には崩壊する。崩壊を防止するためには、土層中に排水パイプなどを打ち込むことにより、地下水を不圧化（自由水化）させることが有効な対策となる。

排水補強パイプで 予防対策ができます！

こうなる前に

1 排水効果
常時、豪雨時の地下水を排除します。さらに、地震時は過剰間隙水圧を消散し、液状化を防止します。

2 抑止効果
パイプは高強度の鋼管であり、補強土として抑止力（せん断抵抗、引き抜き摩擦抵抗）を発揮します。

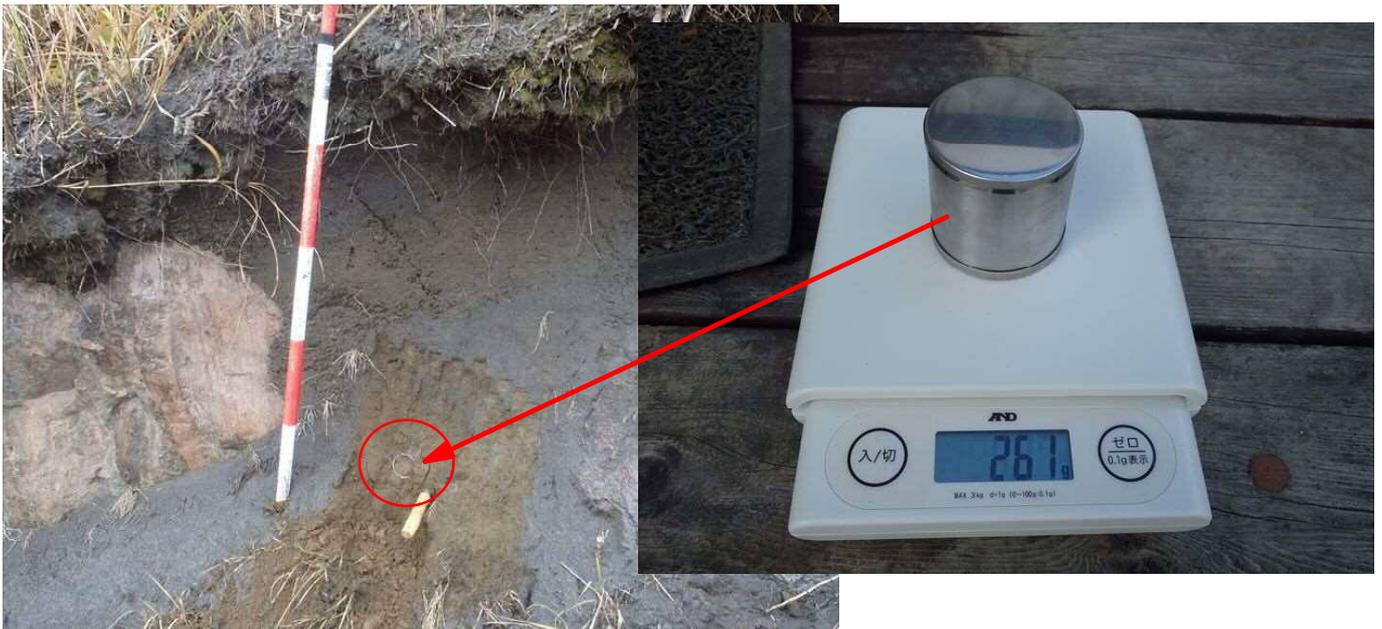
3 長寿命
鋼管表面は、高耐食性メッキにより防錆され、耐用年数は80～100年とされています。

4 簡単施工 施工は、排水補強パイプを法面に押し込むだけです。

施工実績
■NEXCO ■国土交通省 ■阪神高速道路 ■JR新幹線 ■JR在来線
■私鉄 ■都道府県 ■宅地・施設 ■その他実績多数



土層強度検査棒試験（ペーン試験）、粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ が計測できる



試料円筒を用いた、土層の単位体積重量（ γ ）実測

土層強度検査棒では、土層厚を計測後、土層強度（ $c \cdot \phi$ ）を計測する。
 別途、土層の単位体積~~受領~~重量も現地で実測する。

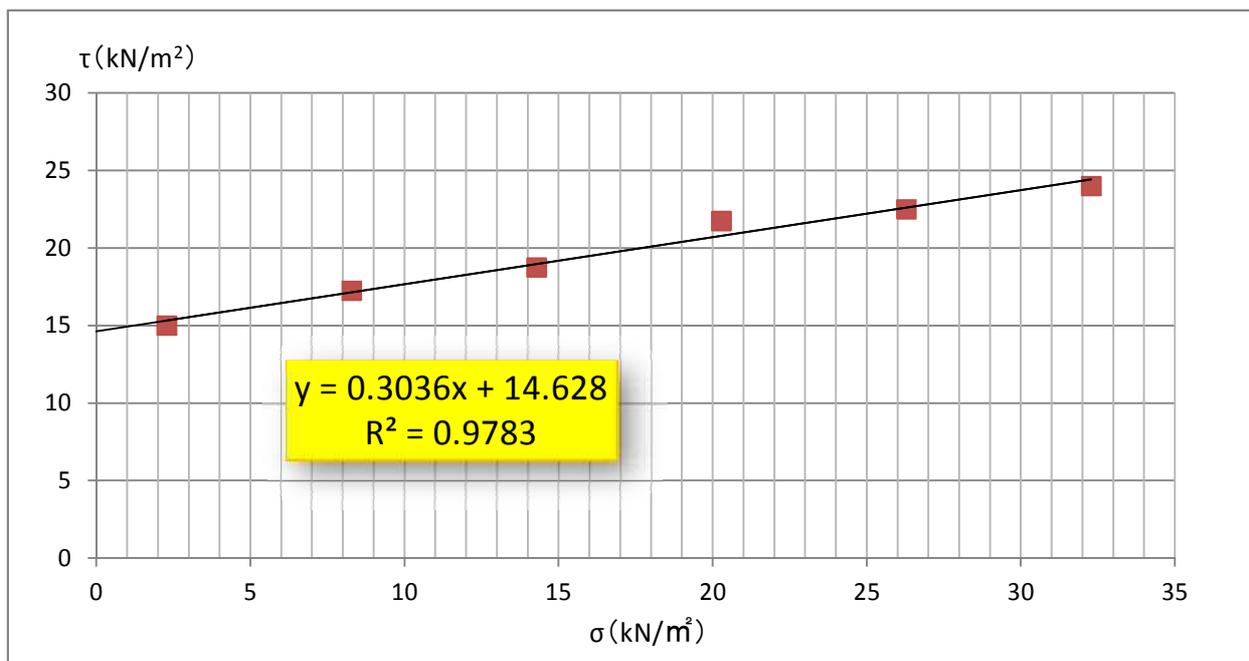
土層強度検査棒

ベーンコーンせん断試験(経験式法Ver.4)										
調査件名	[REDACTED]			試験年月日	2012年10月10日		時刻	12:00		
測点番号	No.1-1	深度	0.50 m		試験者(所属)	太田英将		天候	くもり	
経験式による粘着力 $c_{dk}' = 14.6 \text{ kN/m}^2$				経験式による内部摩擦角 $\phi_{dk} = 16.9^\circ$			重力加速度 9.81(m/s ²)			
地盤の含水状態(測定前数日間の天候などを記述)										
先端コーンと450mmロッドの合計質量 m_0		0.330kg	3.237N	500mmロッド質量 m_1		0.320kg	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-m)		4.70
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)		
0.50m	0.10	2	0	1.10	9.52	1.00	2.28	15.00	1	
			25	1.25	34.52	1.15	8.28	17.25	2	
			50	1.35	59.52	1.25	14.28	18.75	3	
			75	1.55	84.52	1.45	20.28	21.75	4	
			100	1.60	109.52	1.50	26.28	22.50	5	
			125	1.70	134.52	1.60	32.28	24.00	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)、 $W_{vc}=W_N+(m_0+m_1)g$ 、 $T_{vc}=T_N-T_0$ 、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)

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

経験式による粘着力 $c_{dk}' = 14.6 \text{ kN/m}^2$	傾き($\tan \phi_{dk}$) = 0.3036	経験式による内部摩擦角 $\phi_{dk} = 16.9^\circ$
(Y切片)	(直線の傾き)	$R^2 = 0.9783$

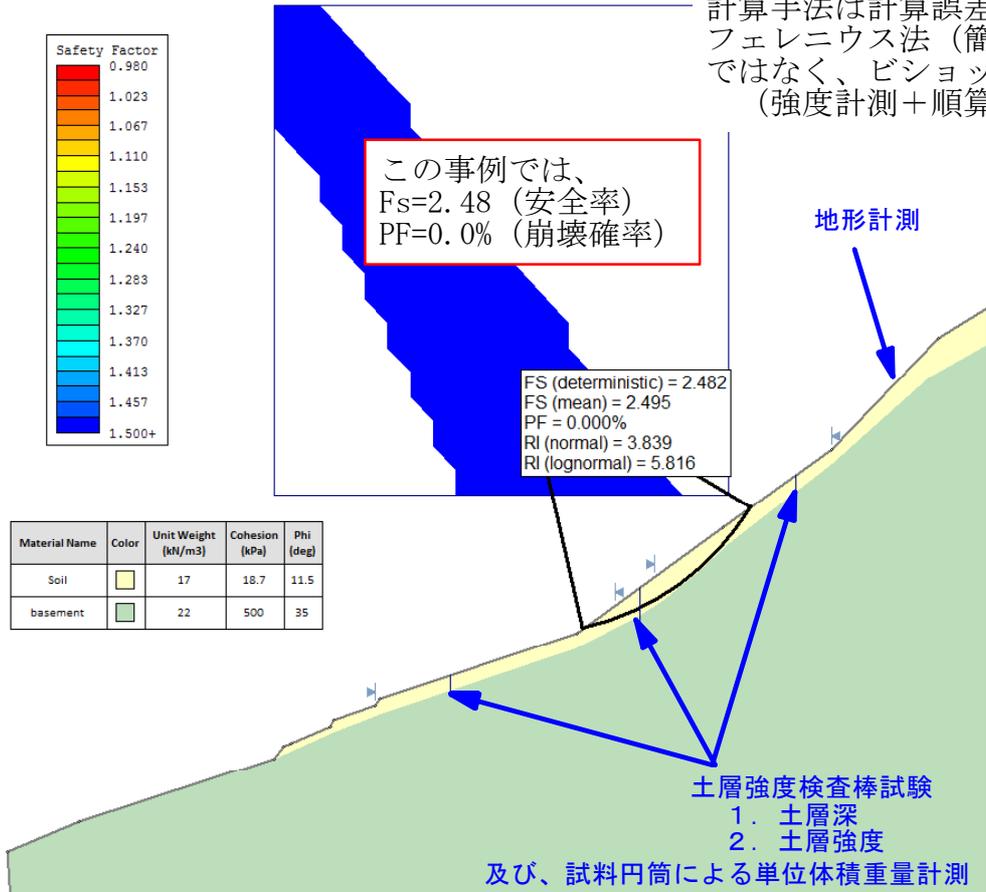


※近似曲線の追加により、「線形近似」を選択し、数式を表示させる

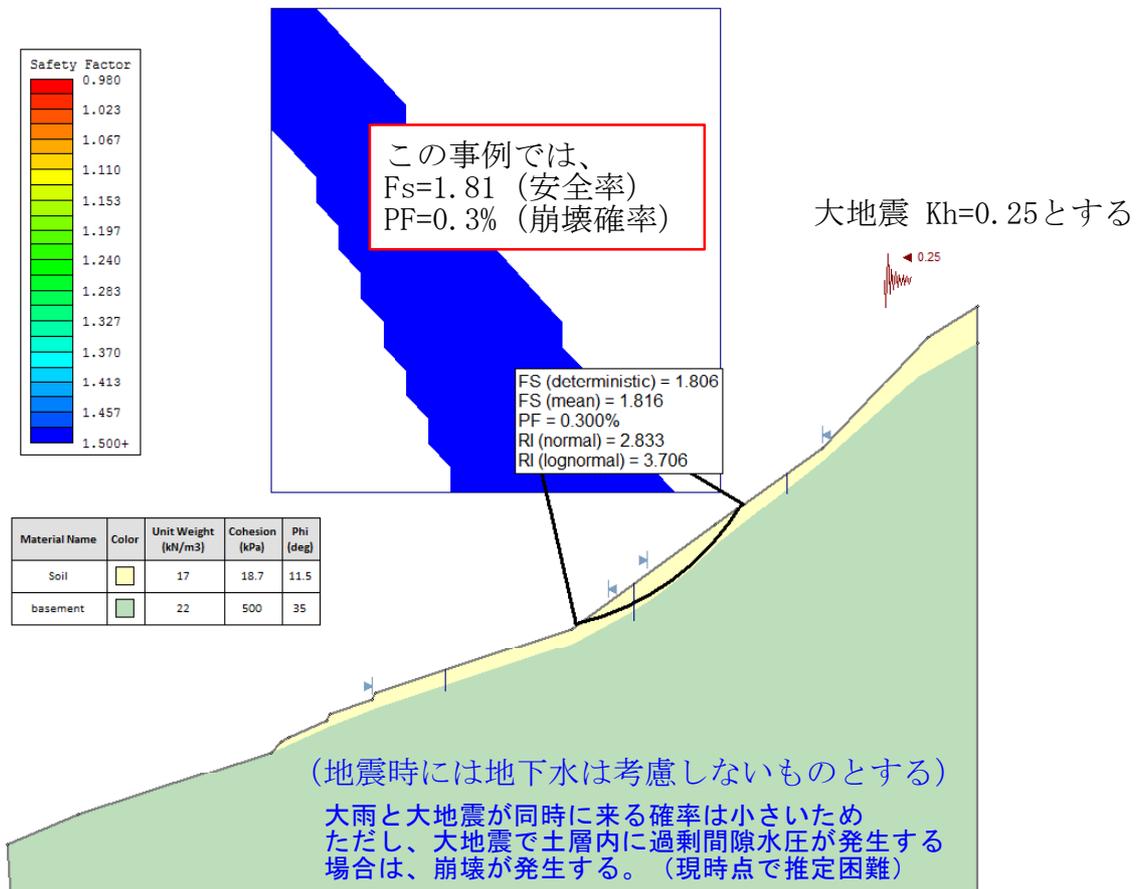
安定計算の方法

(1) 常時の安定計算 (降雨の影響を受けない平常時)

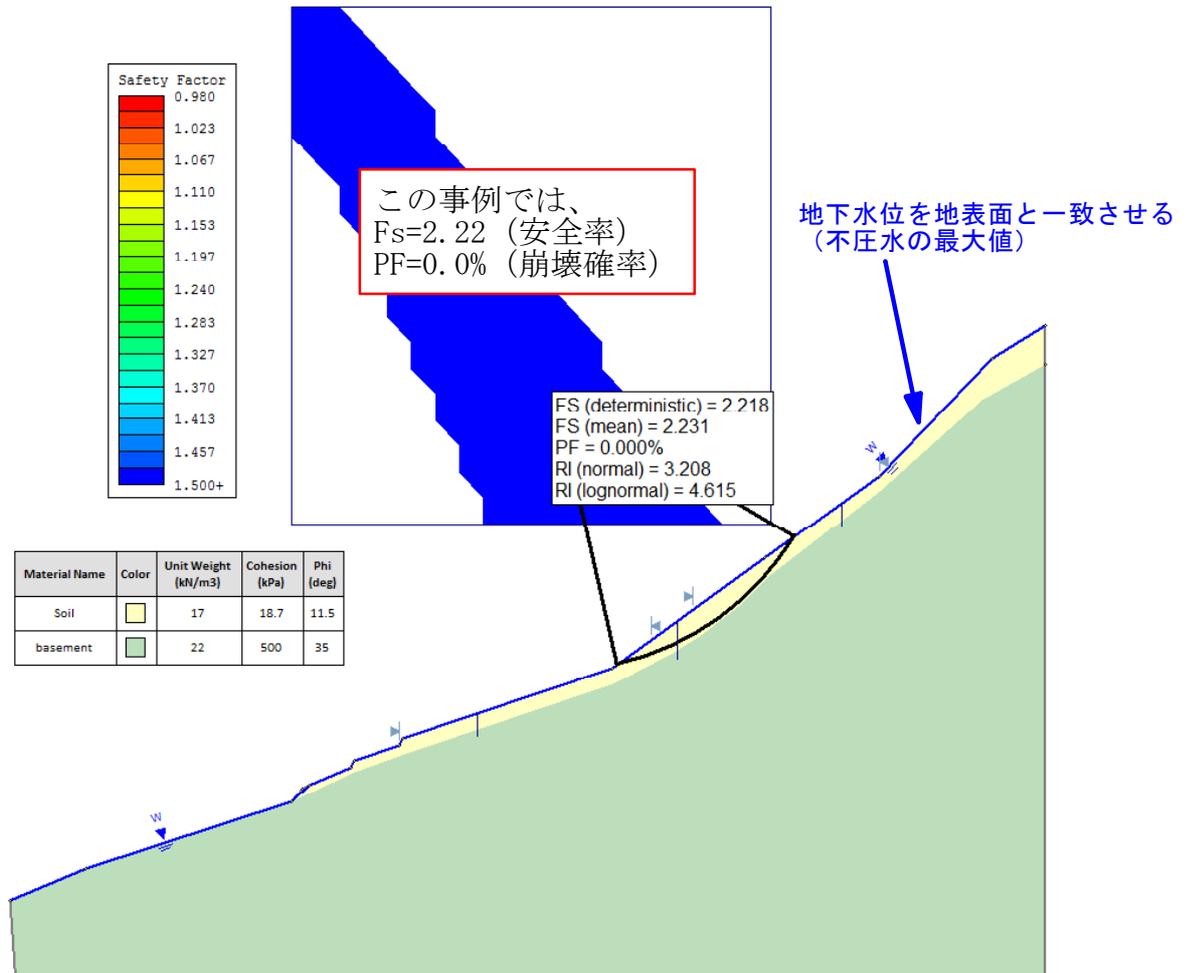
ポイント
 計算手法は計算誤差の大きい
 フェレニウス法 (簡便法)
 ではなく、ビショップ法などとする
 (強度計測+順算法なので)



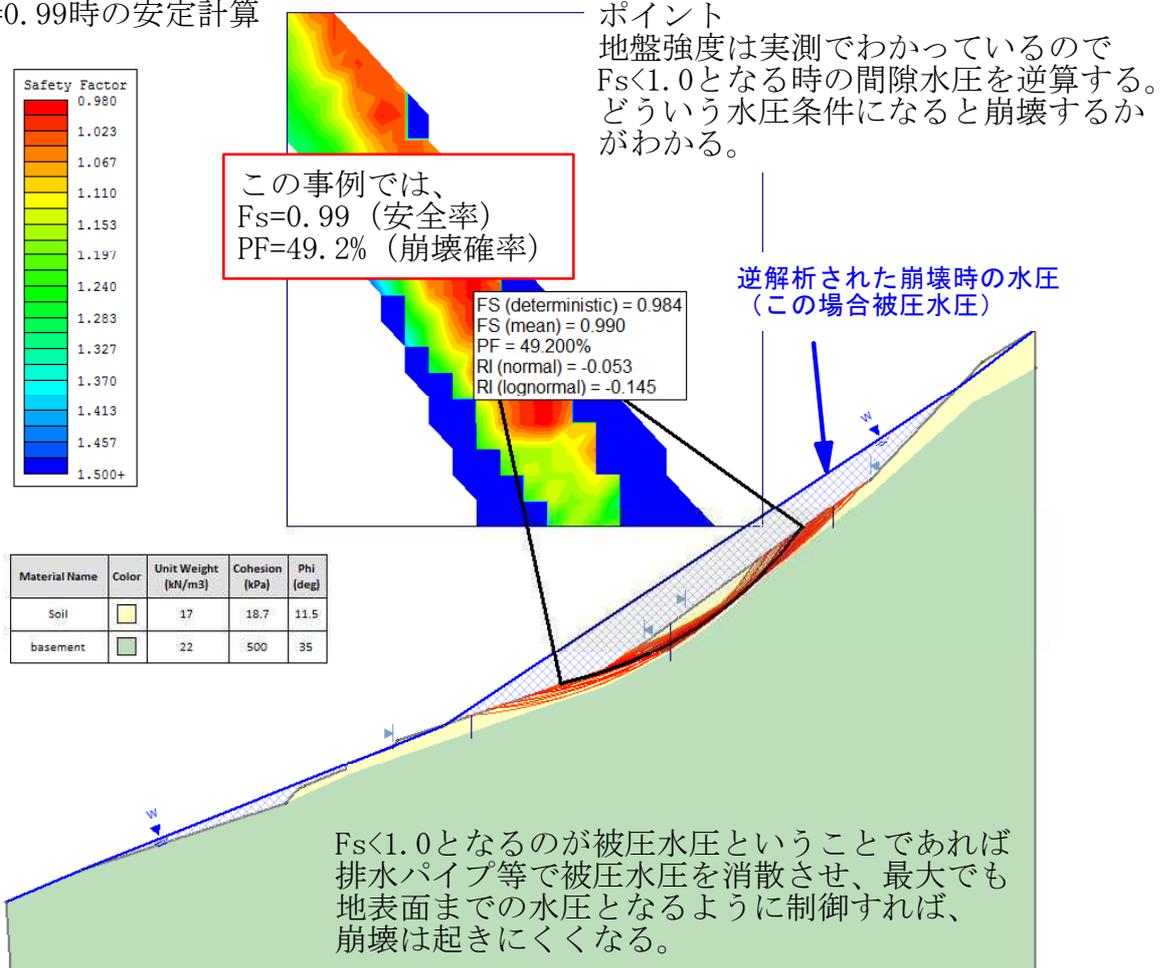
(2) 大地震時の安定計算



(3) 不圧（自由）地下水満水時の安定計算



(4) $F_s=0.99$ 時の安定計算



土層強度検査棒で、現場で $c \cdot \phi$ 計測したときの解析ステップの例

