

計画安全率(標準的手法の元)

◆ 昭和30年代の対策工では計画安全率の考え方が基本的に明快に定まっていたわけではないので、この時期の工事記録には、二瀬ダムの試行錯誤的な安定解析の繰り返しと、対策工事の追加で処理している様子が窺える。(中略)抑止工が実際に数多く適用されるようになった昭和40年代後半から計画安全率として経験的に抑止工によって1.20を保持すれば地すべりの安定が確保できることが知られて以来、無暗な安全率による膨大な防止工を計画する必要がなくなり、ほぼ**1.2を上限とする抑止工の計画で予算に見合った計画安全率の策定が可能**となっている。(藤田、1991、p44より引用)

ダム建設時の予算措置の便法として登場

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

7

「標準」でうまくいかないこと(1)

地すべりに「大きさ」があるのは何故？

新法と、地すべり新法

地すべり新法	新法(新法)		新法(新法)
	土質(新法)	土質(新法)	
土質(新法)	1.8	1.2	1.1
土質(新法)	1.8	1.2	1.1
土質(新法)	1.8	1.2	1.1



◆ これ以上の大きになるとFs < 1となる大きさが「地すべりの大きさ」を決めているのではない

◆ いまの安定解析で大きさを決定することができないのはなぜか

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

8

「標準」でうまくいかないこと(2)

土質試験結果を使うとうまくいかないのは何故？

表-2 3次元極限平衡法による安定解析結果

強度決定手法	解析手法	安全率Fs	ϕ (°)	c' (kN/m)
単一すべり面強度	(a) 残留強度のみ	0.60	11.0	0
	(b) ビーク強度のみ	3.53	18.4	95.8
	(c) 完全軟化強度のみ	1.81	24.8	14.7
(d) 複数すべり面強度設定	土質ベクトル法	1.01		
	(Janbu法)	(1.10)		地層毎・破壊形態毎に設定

$F_s \approx 1.0$

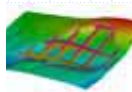


表-3 単一すべり面強度法による2次元極限平衡法による安定計算結果(参考)

強度決定手法	解析手法	安全率Fs	ϕ (°)	c' (kN/m)
逆算法	簡便法	1.00	9.2	20
順算法・残留強度のみ	簡便法	0.65	11.0	0



2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

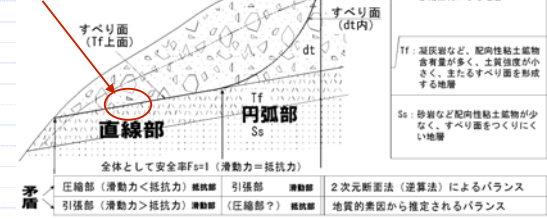
9

「標準」でうまくいかないこと(3)

逆算法を使うと滑るところが滑らないのはなぜ？

◆ 地質報告と設計解析の矛盾

滑りやすいのか滑りにくいのかどっち？



全体として安全率Fs=1 (滑動力=抵抗力)
引張部 (滑動力 < 抵抗力) 縮張部 引張部 縮張部 2次元新法(逆算法)によるバランス
引張部 (滑動力 > 抵抗力) 縮張部 (引張部?) 縮張部 地質的素因から推定されるバランス

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

10

「標準手法」の本質的意味

◆ 対策工の予算規模を決めるための便宜上(経験上)の手法であり、

◆ もともと地すべり・崩壊現象を説明するためのモデルではなかった

もし、現象の説明が目的に組み込まれたら別の手法が必要になる

土質試験結果が使える安定計算手法

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

11

実測値のみの安定解析

FEMなどの数値解析でできるということでもなさそう

(社)日本地すべり学会関西支部シンポジウム
「実測値のみを用いた斜面安定解析の可能性」
日時:平成18年6月2日(金)10:00~17:00

プログラム	
特別講演	
10:05~11:00	「斜面安定解析の現状～研究家と現場のギャップ」 岐阜大学工学部 八嶋 厚
話題提供(質疑応答含む)	
11:00~11:40	(1) 有原素法-個別要素法による斜面安定解析の現場への適用 岐阜大学工学部 若井 明彦
	(2) 逆解析と順解析の適用風景 (株)阪神コンサルタント 種田 康宏
	(3) 土質試験結果の安定解析への適用 (有)大田シオチサーチ 大田 英将
13:30~16:00	(4) 神戸層状の三次元斜面安定解析 応用地質株式会社 柳川 淳
	(5) 安定解析における土質試験結果の適用性 国土防衛技術株式会社 真田 孝之
	(6) 岩盤土質の安定解析 日本工賃株式会社 倉岡 千郎

肯定派

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

12

極限平衡法での共通項は 3次元複数すべり面強度

表-1 極限平衡法の種類別の計算に反映されている要素

解析の次元		3次元解析		2次元解析	
形状	地表面形状	○	○	△中	△中
	すべり面形状	○	○	△中	△中
	すべり面に作用する 地下水面形状	○	○	△中	△中
すべり面強度の種類	①	単一	複数	単一	複数
	②	○	○	○	○
土質要素	重量γ	○	○	○	○
	地層別	△	△	△	△
すべり面強度④	平均	○	○	○	○
	地層別・ 破壊形態別		○		○
実行法	△中	○中	○中	○中	

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

13

神戸層群の例(中川氏)



全抵抗力の約14%が側部抵抗 $F_s = 1.003 \dots$ それらしい

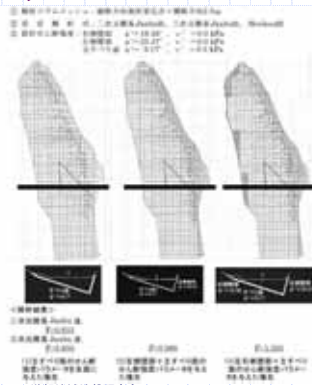
2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

14

非対称すべり (眞弓氏)

複数すべり面強度
 $F_s = 0.998 \sim 1.020$
...それらしい

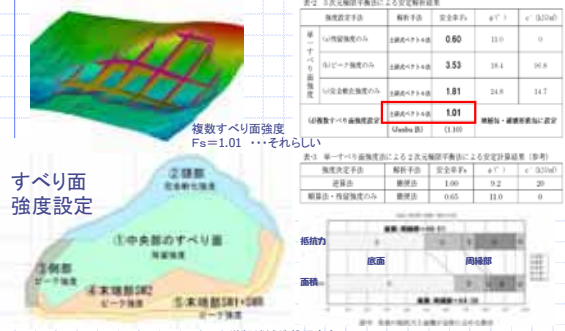


2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

15

火山岩の地すべり(太田)



2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

16

側部抵抗の簡単な実験

◆ ダンプトラック荷台から砂をすべり落とす実験
安息角は35°くらい



この2次元断面を標準とする

2006.7.27

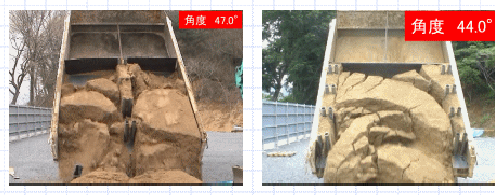
滋賀地域地盤研究会

17

側部抵抗の簡単な実験

2次元断面形状はみんないっしょ

◆ 砂の中にせん断面ができるとなかなか落ちない



47°

44°

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

18

側部抵抗の簡単な実験

◆2次元断面は全ての実験で同じ



61° (これ以上ダンプが傾かない)

2006.7.27



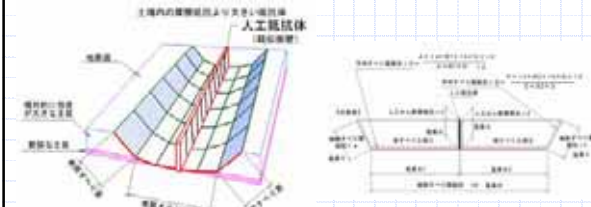
末端閉塞60°

滋賀地域地盤研究会

19

現象が説明できれば対策に応用できる

◆土塊の内部抵抗を利用した新しい地すべり対策工法



2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

20

周縁部抵抗を考慮した3次元安定解析が有効な場合

- ◆ (1) **人工的な地形変化がなされる場合**：すべり面周縁部（側部・末端部など）の切土工は、それによる安定度の低下をより正確に予測することが事故の防止にとって重要である。
- ◆ (2) **人工的な湛水等により、水没した箇所せん断強度が急激に変化する**場合：地下水の影響で物性が変化し、著しい強度低下をする地層が側部にある場合には、水没によって経時的に安定度が低下する可能性がある。
- ◆ (3) **地震時の人工的な谷埋め盛土のように、すべり面の中で部分的に著しい強度低下部が存在する**場合：地震時には底面すべり面抵抗が過剰間隙水圧の影響で著しく低下すると考えられるため、側部の抵抗が土塊を斜面上で支える抵抗力となる。

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

21

従来の2次元逆解析の位置づけ

- ◆ 現状の安全率を仮定し、計画安全率との差分を必要抑止力とする手法は、今の時代に科学技術的手法とはいえない、便利であることは疑いない。
- ◆ **地形の改変や下配の心配がなければ**、
 - ・抵抗力の大きな部分の切土
 - ・湛水等による強度の著しい低下
 - ・地震時の過剰間隙水圧上昇による底面部抵抗力の著しい減少
- ◆ 周縁部を考慮しても少なくとも必要抑止力はかわらないので、通常の地すべり対策事業に用いることに不都合はない
- ◆ $Pr = (Fsp - Fs) \times \Sigma T$
(必要抑止力の算出に抵抗力は関与しない)

ただし、地すべりの技術的発展と、地質調査業界の発展のためには、一部を未知数として逆算するのは良いとしても、土質強度はできるだけ実測値で解析するようにしたほうがよい。

労働災害事故を減らそうと思えば、「理屈が納得できて、実測値が利用できる」手法(3次元複数断面強度法)を用いるのがベター

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

22

谷埋め盛土の地震時滑動崩落とは

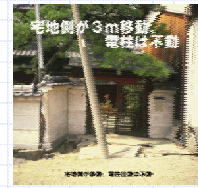


2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

23

阪神淡路大震災でも同じことが



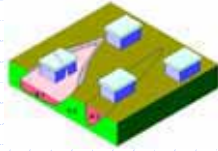
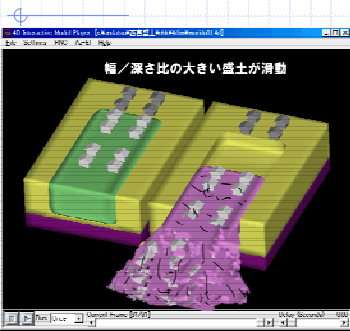
2006.7.27

写真はいづれも釜井先生撮影

滋賀地域地盤研究会

24

幅／深さ比が大きいと滑る



2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

25

土が楽に滑るためには...



サイドフリクション

なし



ボブスレー競技はいかに壁に接触せずに滑るかを競う

側壁



サイドフリクション

あり



ローラーライダー

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

26

地震時の谷埋め盛土の滑動解析への応用

周縁部抵抗を考慮した3次元安定解析手法は、底部強度が著しく低い安定問題を解くのに適している



総合的な宅地防災対策に関する検討会報告(案) 参考資料1: 国土交通省(2005.12)
<http://www.mlit.go.jp/pubcom/05/pubcom080.html>

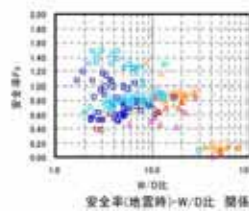
2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

27

ちなみに2次元法では...

(c) 地盤時
 (滑動面傾斜角5 1.5m)



実際に陥申で発生した「変動」「非変動」を分離することは、2次元法ではできない。
 2次元法は簡単に言えば「安全率がすべり面角度の関数」で決まる方法なので、すべり面傾斜角が急なものをほどよく滑動したというデータでなければうまく再現できない。
 陥申の事例は、むしろすべり面傾斜角が緩い方が滑動していた。

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

28

斜面安定問題のまとめ

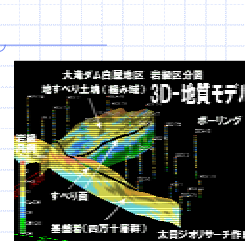
- ◆ 設計用の安定計算式(2次元単一すべり面強度法)は「現象の説明」には適さない
 「うまくできた」という報告は特殊事例が勘違い
- ◆ 現象の説明に適した安定解析手法(3次元複数すべり面強度法)を設計用としても用いていくと、労働災害が減るだろう
 ほとんどの場合末端切土部に大きな周面抵抗があるので、従来法の計算以上に末端切土部の安定性低下は大きい。その上、計画安全率はギリギリ。
- ◆ 滑りやすいところではなく、滑りにくいところに注目
 土になっただけでも斜面を滑り下るとき、何が障害や引っかかりになっているかをイメージするとわかりやすい。

2006.7.27

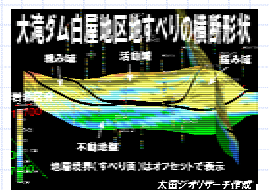
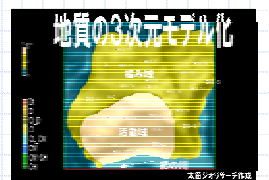
滋賀地域地盤研究会

29

3次元可視化 地質層序・岩級のモデリング



HPIに公開されていた地形データおよびボーリングデータのみで作成

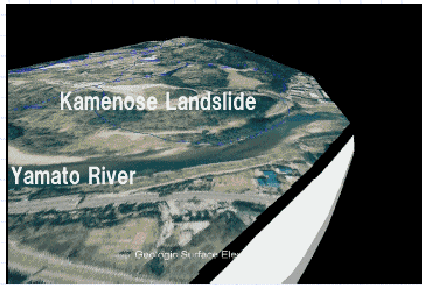


2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

30

●●地すべり対策施設・地層などの情報を
まるごと3次元化



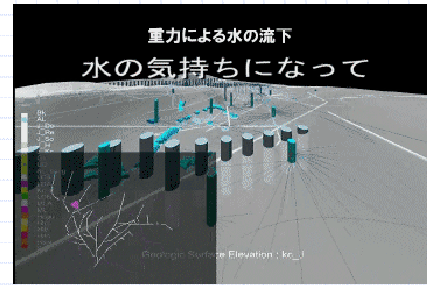
地表地形→地下施設→すべり面上の地下水流

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

31

すべり面上の水の視点で



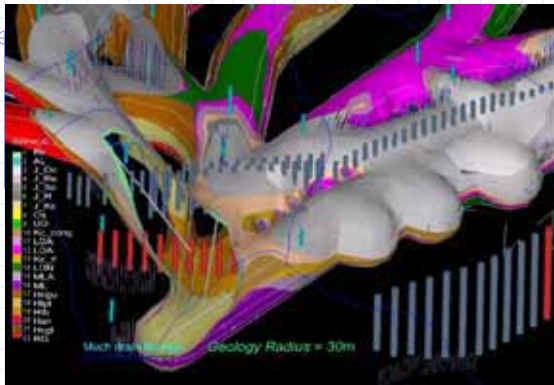
すべり面上を重力と地形に従ってスラローム

2006.7.27

滋賀地域地盤研究会

32

対策工設計への応用 集水ボーリングの延長及び方向
排水トンネルの中心からの距離を指定、地質断面を表示する。

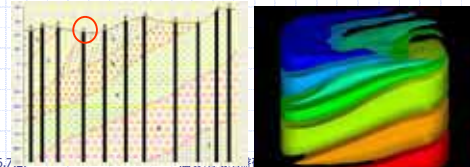


地質モデルの作成方法・geo

ボーリングデータが追加・変更されれば自動的にモデル
が修正されるので使い勝手が良い

X,y,z座標と、
各地層の下面
深度のみ

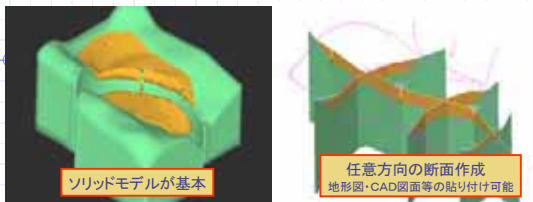
X	Y	TOP	BOT1	BOT2	BOT3	BOT4	BOT5	BOT6	BOT7	NAME
1										
44	8	5	5	2	1	3	2	3	4	
5	3	23.5	4	-22	1.0e9	-39	-70	-70	-70	A
13	5	26	13	-18	1.0e9	-36	-64	-70	-70	B
24	7	26	22	-9	-9.5	-32	-57.5	-70	-70	C
42	2	22	1.0e9	1.0e9	-3	-24	-50	-70	-70	D
57	6	24	1.0e9	1.0e9	4	-15	-43.5	-70	-70	E
72	7	30.5	1.0e9	1.0e9	14	-4	-37	-70	-70	F



2006.7...

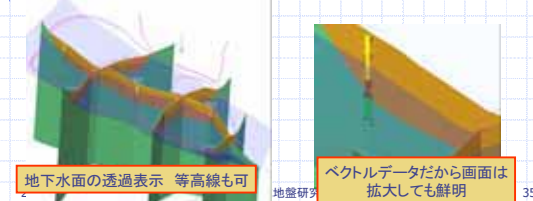
34

地質モデルの表現



ソリッドモデルが基本

任意方向の断面作成
地形図・CAD図面等の貼り付け可能

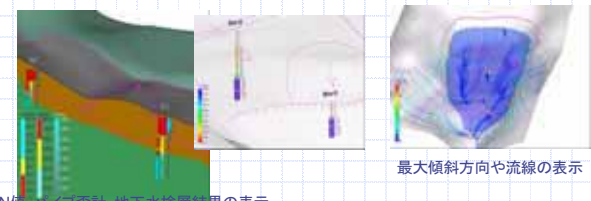


地下水面の透過表示 等高線も可

ベクトルデータだから画面は
拡大しても鮮明

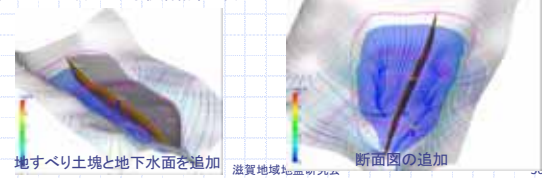
35

面データの活用 計測データの表現



最大傾斜方向や流線の表示

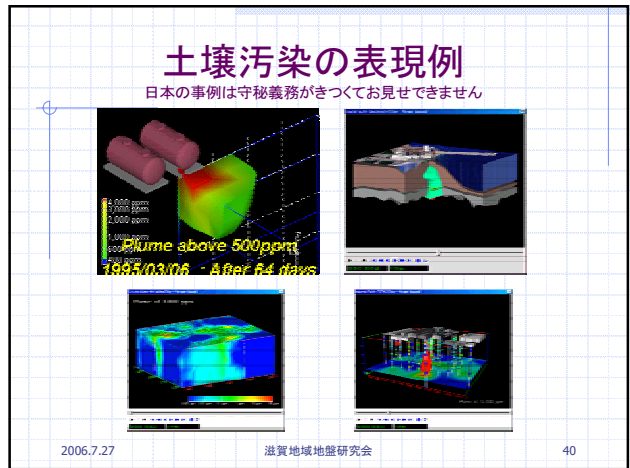
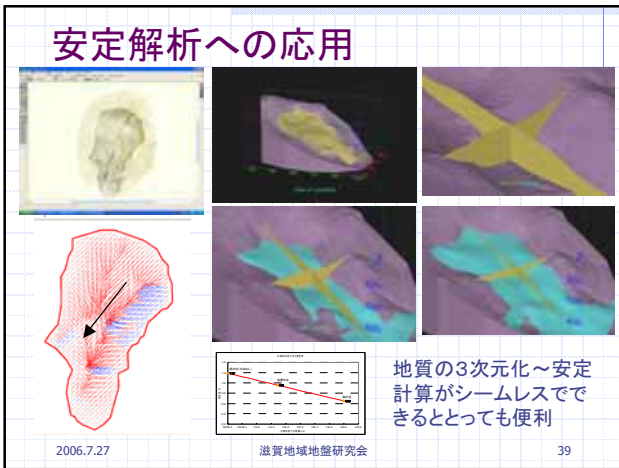
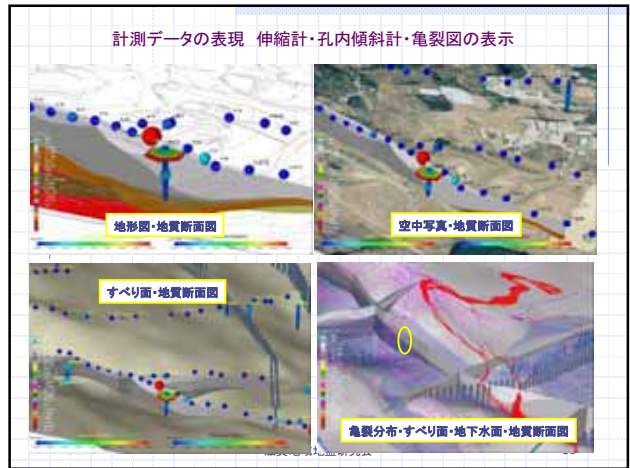
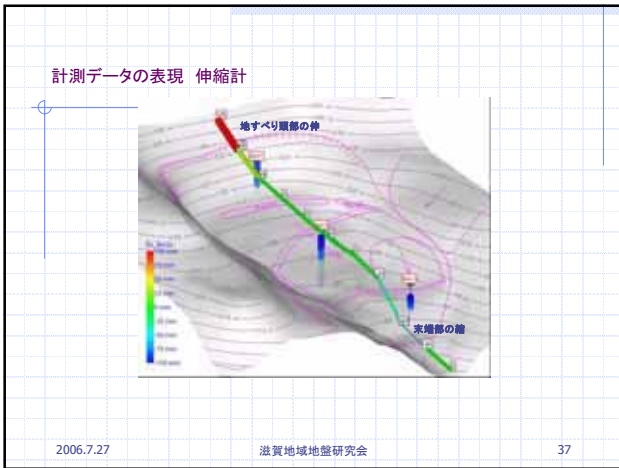
断面図の追加



地すべり土塊と地下水面を追加

断面図の追加

36



その他の表現は、下記URLでご覧下さい
<http://www.ohta-geo.co.jp/evs/index.html>

- ◆ 土壌汚染
- ◆ 地下水汚染
- ◆ 大気汚染・騒音
- ◆ 地下水流動
- ◆ 気象・海洋
- ◆ 物理探査結果
- ◆ 汚染物質除去計画
- ◆ 考古学

2006.7.27 滋賀地域地盤研究会 41

