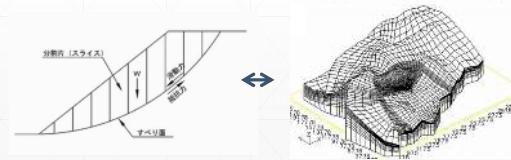


三次元安定解析による集水井の効果検討

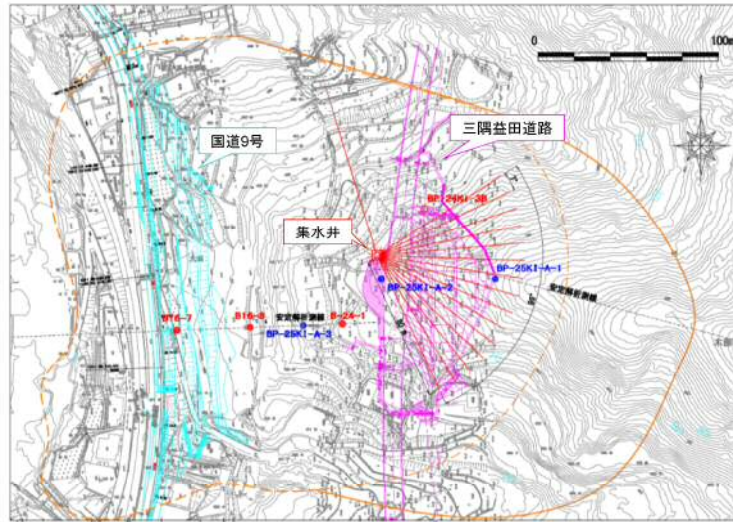
復建調査設計株式会社
防災部 砂防技術課
山内 太郎

概要

- 二次元安定解析 (Fellenius法、修正Fellenius法、簡易Janbu法...)
→一般的な解析手法。すべり土塊を分割して、それぞれの荷重から滑動力、抵抗力を計算し、安全率を算出する。
- 三次元安定解析 (Hovland法、修正Hovland法、簡易Janbu法...)
→近年用いられている解析手法。地すべりブロックを立体モデルで表し、各コラムにおける滑動力、抵抗力から安全率を求める。

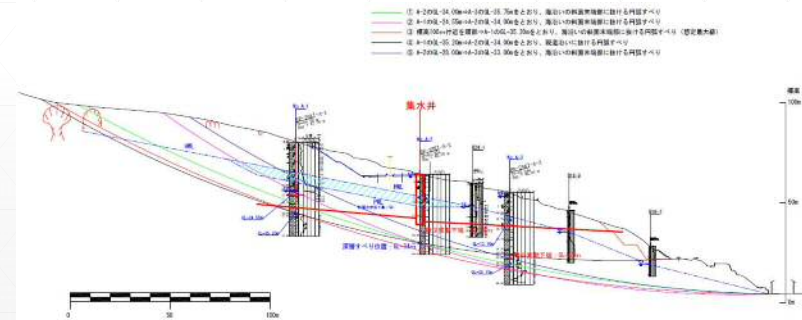


従来の解析手法の問題点を
まとめ、三次元安定解析の
有効性と課題について整理



二次元安定解析

- 修正Fellenius法を使用 (参照:道路土工・切土工・斜面安定工指針)
- 最もすべり面深度が深くなると考えられる箇所に測線を設定
- 下図①～⑤の深層すべり面を対象に、現況を $F_s=1.05$ と仮定して施工前後の影響を評価する。
- 計画水位低下高5mとして水位を設定し、集水井の効果を検討する。



二次元安定解析 (解析結果)

深層すべり安定解析結果一覧表 (安全率が上昇: ○, 低下: ×)
赤字カッコ書きは $F_s=1.05$ に対する必要抑止力 (kN/m)

	すべり面①	すべり面②	すべり面③	すべり面④	すべり面⑤
すべり面強度	$c=24.9(\text{kN/m}^2)$ $\phi=17.27^\circ$	$c=25.0(\text{kN/m}^2)$ $\phi=18.84^\circ$	$c=25.0(\text{kN/m}^2)$	$c=25.0(\text{kN/m}^2)$ $\phi=17.08^\circ$	$c=25.0(\text{kN/m}^2)$ $\phi=14.35^\circ$
1) 現況 (逆算モデル)	1.050 ○	1.050 ○	1.050 ○	1.050 ○	1.050 ○
2) 三隣益田施工	1.052 ○	1.063 ○	1.049 × (50.8)	1.045 × (147.8)	1.070 ○
3) 9号施工	1.034 × (627.8)	1.028 × (782.7)	1.033 × (737.9)	1.019 × (1053.9)	1.029 × (633.2)
4) 三隣益田と9号施工	1.035 × (590.2)	1.040 × (325.6)	1.031 × (788.7)	1.013 × (1201.7)	1.048 × (67.3)
5) 集水井(1案) +三隣益田と9号施工	1.076 ○	1.088 ○	1.068 ○	1.054 ○	1.105 ○
6) 集水井(2 or 3案) +三隣益田と9号施工	1.076 ○	1.086 ○	1.069 ○	1.055 ○	1.091 ○
7) 集水井(1案) +9号施工	1.072 ○	1.073 ○	1.069 ○	1.058 ○	1.082 ○
8) 集水井(2 or 3案) +9号施工	1.073 ○	1.071 ○	1.068 ○	1.059 ○	1.069 ○
9) 現地形 +集水井(1案)	1.088 ○	1.095 ○	1.085 ○	1.090 ○	1.102 ○
10) 現地形 +集水井(2 or 3案)	1.089 ○	1.092 ○	1.088 ○	1.090 ○	1.089 ○

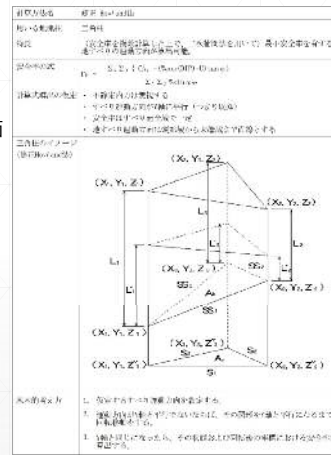
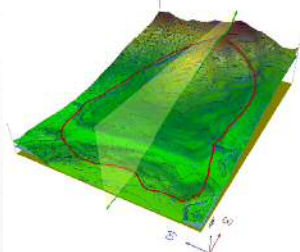
二次元安定解析 (問題点)

- 修正Fellenius法を使用 (参照: 道路土工・切土工・斜面安定工指針)
- 最もすべり面深度が深くなると考えられる箇所に測線を設定
→ 層厚の薄くなる地すべり縁辺部では必要抑止力が過大になる。
→ 土塊の移動方向と測線方向が異なっている可能性がある。
- 下図①～⑤の深層すべり面を対象に、現況を $F_s=1.05$ と仮定して施工前後の影響を評価する。
- 計画水位低下高5mとして水位を設定し、集水井の効果を検討する。
→ 平面的に対策工(法面整形)の効果を考慮していないため、安全率が過大・過小に評価される。

→ 地すべりブロック全体のバランスを考慮し、
平面的に条件を設定できる立体モデルが必要

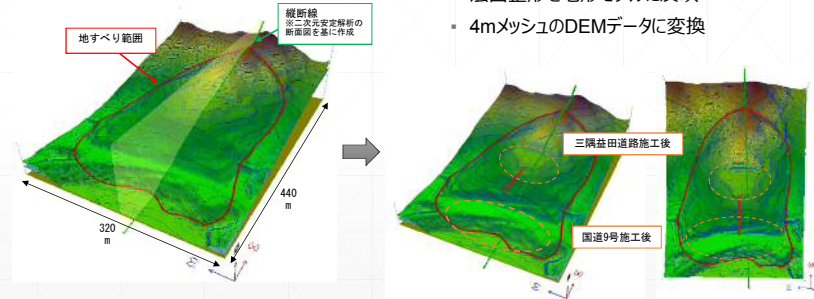
三次元安定解析

- 修正Hovland法を使用 (→ 円弧すべり、すべり運動方向)
- 地表面・すべり面・水位面のDEMデータを作成
- 現況を $F_s=1.05$ と仮定して施工前後の影響を評価
← 二次元安定解析の検証



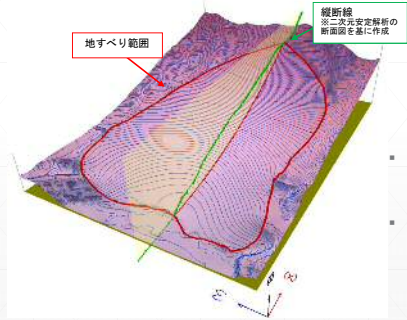
三次元安定解析

- 地表面・すべり面・水位面のDEMデータを作成
- LP地形モデルを作成
- 法面整形を地形モデルに反映
- 4mメッシュのDEMデータに変換



三次元安定解析

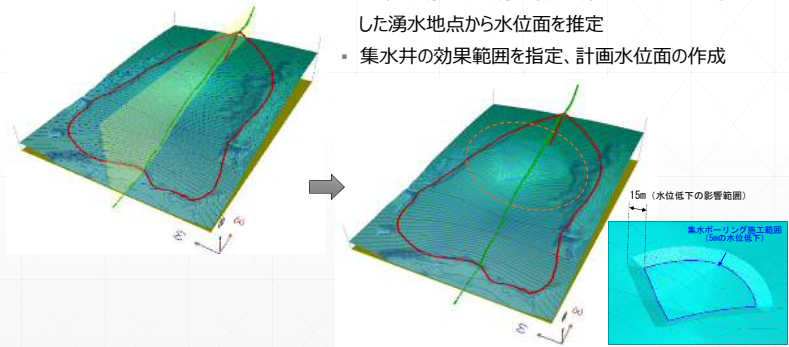
- 地表面・すべり面・水位面のDEMデータを作成



- 二次元安定解析で使用した測線を三次元モデルに反映
- 地すべり範囲の指定

三次元安定解析

- 地表面・すべり面・水位面のDEMデータを作成



- 地下水観測孔の観測最高水位、現地踏査で確認した湧水地点から水位面を推定
- 集水井の効果範囲を指定、計画水位面の作成

三次元安定解析 (解析結果)

- 三次元安定解析でも二次元解析と類似した傾向が見られ、法面整形による安全率の低下は集水井施工により現況以上を保持できる結果となった。
- すべり面平均層厚の違いから、強度定数に差が生じた。
- 地形の変化や水位低下による安全率変化が抑制された。

三次元安定解析結果一覧表						二次元安定解析結果一覧表					
すべり面①	すべり面②	すべり面③	すべり面④	すべり面⑤	すべり面⑥	すべり面①	すべり面②	すべり面③	すべり面④	すべり面⑤	すべり面⑥
φ=15.233kN/m ² φ=13.70°	φ=18.963kN/m ² φ=14.39°	φ=17.253kN/m ² φ=13.84°	φ=13.733kN/m ² φ=11.38°	φ=14.233kN/m ² φ=14.23°	φ=15.233kN/m ² φ=13.70°	φ=24.930kN/m ² φ=17.12°	φ=25.030kN/m ² φ=16.98°	φ=25.030kN/m ² φ=17.00°	φ=25.030kN/m ² φ=17.00°	φ=25.030kN/m ² φ=17.00°	φ=25.030kN/m ² φ=17.00°
1) 現況 (原案モデル)	1.050 ○	1.050 ○	1.050 ○	1.050 ○	1.050 ○	1.989 ○	1.669 ○	1.666 ○	1.666 ○	1.666 ○	1.666 ○
2) 現地形+集水井(2家)	1.076 ○	1.079 ○	1.072 ○	1.076 ○	1.069 ○	1.992 ○	1.663 ○	1.665 ○	1.663 ○	1.670 ○	1.670 ○
3) 三隣基併施工	1.053 ○	1.058 ○	1.053 ○	1.052 ○	1.063 ○	1.994 *	1.662 *	1.667 *	1.665 *	1.672 *	1.672 *
4) 9号施工	1.036 *	1.034 *	1.036 *	1.034 *	1.034 *	1.993 *	1.662 *	1.667 *	1.665 *	1.668 *	1.668 *
5) 三隣基併+9号施工	1.041 *	1.042 *	1.039 *	1.038 *	1.047 *	1.995 *	1.663 *	1.667 *	1.665 *	1.670 *	1.670 *
6) 集水井(2家)+三隣基併+9号施工	1.069 ○	1.072 ○	1.063 ○	1.064 ○	1.069 ○	1.976 ○	1.668 ○	1.666 ○	1.664 ○	1.668 ○	1.668 ○
7) 集水井(2家)+9号施工	1.063 ○	1.063 ○	1.060 ○	1.061 ○	1.054 ○	1.976 ○	1.668 ○	1.666 ○	1.664 ○	1.668 ○	1.668 ○

解析手法の比較

- 従来の解析方法の問題点
- 三次元安定解析の有効性と課題

二次元安定解析

- 解析が簡便であり、ケースが多い場合にも対応しやすい
- 縁辺部に対しては必要抑止力が過大になる→**対策工の規模に影響**
- 対策工や法面整形の平面的な分布を解析結果に反映できない
- 主測線方向と地すべり全土塊の運動方向が異なる可能性がある

三次元安定解析

- 地すべりブロック全体を考慮した解析が可能であり、縁辺部や対策工の平面分布に対しても、妥当な条件を与えることができる
→**適切な規模の対策工**を提案可能
- 地すべり全土塊の運動方向を算出できる (修正Hovland法)
- 視覚的にわかりやすい、説明用資料として利用しやすい
- 解析に時間を要する。データ量が多く、DEMデータの精度を保つのは難しい (コラム数を削減する必要がある)
- 精度の良い三次元モデルを作るために、より広範囲で調査を行う必要がある (横断面図の利用等)

課題

- アンカー工、鉄筋挿入工等の抑止工を含んだ解析モデルの作成
- コラム毎の間隙水圧や安全率の分布図等、三次元でしかできない解析成果を増やす

