
斜面安定計算システム

Power SSA

取り扱い説明書

基本機能版 PowerSSA

拡張機能版 PowerSSA PRO



(空白ページ)

はじめに

このたびは、斜面安定計算システム「Power SSA」をお買い上げいただきまして、まことにありがとうございます。

本書は、「Power SSA」および拡張機能版である「Power SSA PRO」共通の取り扱い説明書です。本プログラムのご利用に際しましての操作手順から解析に用いた計算式までを説明してあります。末永く皆様のお役にたてれば幸いです。

五大開発株式会社

使用許諾契約と著作権保護

1. このソフトウェアの著作権は、五大開発株式会社にあります。
2. このソフトウェアおよび取り扱い説明書の一部または全部を無断で使用、複製することはできません。
3. このソフトウェアはコンピュータ 1 台につき 1 セット購入が原則となっております。
4. このソフトウェアおよび取り扱い説明書は、本製品の使用許諾契約書のもとでのみ使用することができます。
5. このソフトウェアおよび取り扱い説明書を運用した結果の影響については、一切責任を負いかねますのでご了承ください。
6. このソフトウェアの仕様および取り扱い説明書に記載されている事柄は、将来予告なしに変更することがあります。

Windows は米国 Microsoft Corporation の登録商標です。
その他、記載されている会社名、製品名は、各社の商標または登録商標です。

1. 機能の概要	1
2. まず使ってみましょう	3
2.1. プログラムを起動する	4
2.2. 現場名と座標の範囲を設定する	4
2.3. 指定すべり計算の断面を作成する	5
2.3.1. 地形を入力する	5
2.3.2. 地層境界線を入力する	6
2.3.3. 水位線を入力する	7
2.3.4. すべり面を入力する	7
2.3.5. 地層を認識させる	10
2.3.6. 地層データを設定する	11
2.3.7. 保存する	11
2.3.8. 新規ケースを作成する	12
2.4. 各設定	13
2.4.1. 単位系と精度を設定する	13
2.4.2. スライスの最大幅を設定する	13
2.4.3. 計算条件を設定する	14
2.5. 指定すべり計算を行う	15
2.5.1. 計算式を選択する	15
2.5.2. Fellenius法(湛水なし)で計算する	15
2.6. 複数ケースを登録する	17
2.6.1. 新しい要素を追加する	17
2.6.2. 新しいケースを追加する	19
2.7. 複数ケースで指定すべり計算を行う	20
2.8. 結果を見る	21
2.9. 繰り返し円弧計算の断面を作成する	22
2.9.1. 新規ケースを作成する	22
2.9.2. 繰り返し円弧の中心範囲を設定する	22
2.10. 繰り返し円弧の安定計算を行う	27
2.10.1. 計算式、亀裂などの設定	27
2.10.2. 計算結果	29
2.10.3. 最小安全率などの作図	29
2.10.4. 詳細情報をみる	30
2.10.5. 印刷する	30
2.11. 地層認識がうまくいかないときは	31
3. 基本操作説明	33
3.1. メニューの説明	33
3.1.1. [ファイル]メニューのコマンド	33
3.1.2. CADデータからの読み込み	34
3.1.3. CADデータへの出力	35
3.1.4. [表示]メニューのコマンド	37
3.1.5. [作成]メニューのコマンド	38
3.1.6. [ケース]メニューのコマンド	42
3.1.7. [計算]メニューのコマンド	44
3.1.8. [自動計算]メニューのコマンド	44
3.1.9. [設計・施工照査]メニューのコマンド	45
3.1.10. [杭範囲]メニューのコマンド	45
3.1.11. [盛土工計算]メニューのコマンド	46
3.1.12. [設定]メニューのコマンド	46
3.1.13. [ウィンドウ]メニューのコマンド	52
3.1.14. [ヘルプ]メニューのコマンド	53
3.2. ケース構成要素ウィンドウ	55
3.2.1. [構成要素]タブ	55

3.2.2. [円弧すべり]タブ	56
3.3. 入力データウィンドウ	57
4. 計算	59
4.1. 指定すべり計算	59
4.1.1. 計算の設定	59
4.1.2. 安定計算	61
4.1.3. 計算結果一覧と印刷	63
4.2. 繰り返し円弧計算	65
4.2.1. 計算条件の設定	65
4.2.2. 計算結果	67
4.3. 繰り返し円弧によるCφ逆算	72
4.3.1. 計算条件の設定	72
4.3.2. 計算結果	73
4.4. 湛水斜面計算(繰り返し円弧)「PROのみ対応」	75
4.4.1. 計算条件の設定	75
4.4.2. 計算結果	78
4.5. 軟弱地盤における盛土亀裂「PROのみ対応」	80
4.5.1. 計算条件の設定	80
5. 自動計算「PROのみ対応」	83
5.1. 計算結果の選択	83
5.2. 排土工計算	84
5.2.1. 排土工計算の項目	84
5.2.2. 計算結果	87
5.3. 押さえ盛土工計算	88
5.3.1. 盛土地層の新規作成	88
5.3.2. 押さえ盛土工計算の項目	89
5.3.3. 計算結果	92
5.4. 道路切盛土工計算	93
5.4.1. 法形状の設定	93
5.4.2. 盛土地層の新規作成	94
5.4.3. 道路切盛土工計算の項目	95
5.4.4. 計算結果	96
5.5. 地下水位計算	97
5.5.1. 地下水位計算の項目	97
5.5.2. 計算結果	98
5.6. はね上げ計算	99
5.6.1. はね上げ計算の項目	99
5.6.2. 計算結果	100
5.7. 湛水斜面計算	101
5.7.1. 計算項目の設定	101
5.7.2. 基準水面法	103
5.7.3. フィルダム法	103
5.7.4. 湛水標高の設定	103
5.7.5. 残留水位線の設定	104
5.7.6. 結果一覧と印刷	105
5.7.7. 相関図	106
5.8. 地下水位計算(GGRAPH連動)	107
5.8.1. コマンドボタンの説明	107
5.8.2. 地下水位値の読込	108
5.8.3. 端部の地下水位設定および欠測データの補間	110
5.8.4. 孔内水位計の重複	112
5.8.5. 安定計算	113
5.8.6. ファイル出力	113
5.8.7. GGRAPHを用いて安全率をグラフ化	114
6. 設計・施工照査「PROのみ対応」	117

6.1. 切土施工中の安定度照査.....	117
6.2. 盛土施工中の安定度照査.....	120
6.3. アンカー照査(簡易機能) – 打設順序による照査	122
6.4. アンカー照査(簡易機能) – 逆巻き施工による照査	127
7. アンカー照査 (オプション)「PROのみ対応」	133
7.1. アンカー照査 (オプション) の起動	133
7.2. 計画地形での安全率照査	134
7.2.1. ANCHORから取得	134
7.2.2. 計算条件	135
7.2.3. アンカー配置	136
7.2.4. テンドン・アンカー体	139
7.2.5. アンカー力の設定	141
7.2.6. 打設後の安全率照査 (繰返し円弧計算の場合)	141
7.2.7. 打設後の安全率照査 (指定すべり計算の場合)	145
7.3. 打設順序による照査	145
7.3.1. アンカー力/打設順番	145
7.3.2. 打設順序による照査	146
7.4. 逆巻き施工による照査	147
7.4.1. 切土前地形	147
7.4.2. アンカー力	148
7.4.3. 逆巻き施工による照査	148
8. 杭範囲「PROのみ対応」	153
8.1. 計算結果の選択	153
8.2. 有効抵抗力による杭範囲特定	153
8.3. 杭はね上げ、杭下方すべりによる杭範囲特定	154
8.3.1. 杭範囲特定の変化要素の項目	154
8.3.2. すべり条件の設定	155
8.3.3. 計算および結果処理	155
9. 盛土工計算	157
9.1. 盛土工検討チェックリスト	157
9.1.1. 基本操作	157
9.1.2. フローチャート	157
9.1.3. 操作画面	158
9.1.4. 参考資料	159
9.1.5. 登録文字編集	160
9.1.6. 出力	161
9.2. ニューマーク法計算	162
9.2.1. 地質定数の設定	163
9.2.2. 繰返し円弧計算	164
9.2.3. 地震波形の設定	168
9.2.4. 計算条件・結果	177
9.2.5. 設定・その他	182
9.3. 宅地防災マニュアル	184
9.3.1. 計算条件の設定	184
9.3.2. 計算・印刷	189
10. 盛土工変形解析オプション	191
10.1. オプションの起動	191
10.1.1. 新規ケースを作成する	191
10.1.2. 既存ケースを開く・既存ケースの削除	192
10.1.3. 変形解析オプション画面	193
10.2. 現場の設定	193
10.3. 土質定数の設定	194
10.3.1. 地層名称と表示色	194
10.3.2. 構成モデル	195
10.4. 水位・水圧入力	197

10.5. 境界条件	197
10.6. 荷重入力	199
10.7. 盛土入力	201
10.7.1. 盛土形状	201
10.7.2. 盛土標高	202
10.8. 地盤改良入力	202
10.9. ジオテキスタイル入力	203
10.10. 土留め壁入力	203
10.11. 土留め壁強制変位入力	204
10.12. メッシュ分割	205
10.12.1. メッシュ品質	205
10.12.2. 部分領域のメッシュ設定	205
10.12.3. 4角形メッシュ設定	206
10.13. 施工工程	206
10.14. 可視化	209
10.14.1. 動画保存(AVI保存)	210
10.15. ポイントモニタ	211
10.15.1. ポイントモニタの作成	212
10.15.2. ポイントモニタの削除、名称変更、コピー	212
10.15.3. ポイントモニタの座標設定	213
10.15.4. 道路中心点の作成	213
10.15.5. 表示項目の設定	214
10.15.6. 表示項目の編集	215
10.15.7. 表示設定の登録・読込	216
10.16. 凡例設定	216
10.17. 土留め結果表示	217
10.18. 沈下・隆起量	219
10.18.1. 指定範囲の沈下量	219
10.18.2. ポイントモニタの経時沈下量	220
10.19. 印刷	221
10.20. エクスポート	222
11. 盛土工浸透流解析オプション	223
11.1. オプションの起動	223
11.2. 土質定数	224
11.2.1. 透水係数について	224
11.2.2. 貯留係数・比貯留係数について	225
11.3. 不飽和浸透特性	225
11.3.1. 新規にデータを作成する	226
11.3.2. 名称を変更する	227
11.3.3. 作成したデータのグラフを確認する	228
11.3.4. データを削除する	228
11.4. メッシュ	229
11.4.1. 基本メッシュ	229
11.4.2. 部分メッシュ	230
11.4.3. 通過点	230
11.5. 浸透・浸出	231
11.5.1. 浸透しない領域・浸出しない領域の設定	231
11.5.2. 水位境界条件	232
11.6. 降雨	233
11.7. 排水層	234
11.7.1. 排水層の追加・削除	234
11.7.2. 排水層の配置およびメッシュ設定	234
11.8. 計算	235
11.8.1. 解析条件	235
11.8.2. すべり面強度	237

11.8.3. 計算式の選択	237
11.8.4. メッシュ生成	238
11.8.5. 計算開始	239
11.8.6. グラフ設定	242
11.8.7. 断面表示設定	242
11.8.8. FEM情報	243
11.8.9. 局所動水勾配	244
11.8.10. 水位の登録	244
11.8.11. 円弧一覧	245
11.8.12. スライス情報	246
11.8.13. 印刷	246
11.9. 浸透流簡易設定法	246
11.9.1. 入力方法	246
12. 技術資料	249
12.1. 記号の説明	249
12.2. 安定計算式の説明	250
12.2.1. 安定計算式の種類	250
12.2.2. Fellenius法(湛水なし)	251
12.2.3. Fellenius法(基準水面法)	252
12.2.4. Fellenius法(フィルダム法)	254
12.2.5. 修正Fellenius法	256
12.2.6. 修正Fellenius法(道路土工)	257
12.2.7. Fellenius法(土地改良基準)	258
12.2.8. Fellenius法(R/a補正)	259
12.2.9. 簡易Bishop法	261
12.2.10. 簡易Janbu法	262
12.2.11. SHIN-Janbu法(初動すべり)	263
12.2.12. SHIN-Janbu法(変則すべり)	265
12.2.13. SHIN-Janbu法(単独すべり)	266
12.2.14. SHIN-Janbu法(一体すべり)	268
12.2.15. チェボタリオフ法	269
12.2.16. 宅地防災マニュアル(二次元の分割法)	270
12.2.17. 解析式出典一覧	272
12.3. スライス	273
12.3.1. スライス分割の原則	273
12.3.2. スライス情報	273
12.3.3. スライス計算	274
12.4. のり枠荷重の計算式	277
13. 解析理論	279
13.1. 陰解法弾塑性計算アルゴリズムを用いた土／水連成解析 ¹⁾	279
13.1.1. 支配方程式と境界条件	279
13.1.2. 弱形式化と有限要素法離散化	280
13.1.3. Newton Raphson法に整合する土/水連成解析の定式化	282
13.1.4. Trial elastic stateと弾塑性判定	284
13.1.5. 初期地下水位の設定	285
13.2. 要素ライブラリ	287
13.2.1. 4節点および8節点四辺形アイソパラメトリック要素	287
13.2.2. 3節点および6節点三角形アイソパラメトリック要素	291
13.3. 構成則ライブラリ	292
13.3.1. 弾性体モデル	292
13.3.2. Drucker Prager弾塑性モデル	296
13.3.3. Cam Clay 弾塑性モデル	308
13.4. 対策工ライブラリ	321
13.4.1. 土留め壁(鋼矢板)モデル	321
13.4.2. ジオテキスタイルモデル	324

13.5. 基礎式の要約(浸透流解析)	327
13.5.1. 質量保存則 (連続の式)	327
13.5.2. 運動方程式(ダルシー則)	327
13.5.3. 飽和－不飽和浸透を支配する微分方程式	328
13.5.4. 不飽和浸透特性	331

(空白ページ)

1. 機能の概要

斜面安定計算システム PowerSSA は、2次元の地形断面における斜面安定をスライス分割法により解析するソフトウェア製品です。PowerSSA では、2次元地形断面の構成要素として、地表面、地層境界、水位線、すべり線、上載荷重を入力し、これらを組み合わせた計算単位を”ケース”として登録します。すべり面は、指定すべり（直線・円弧の複合）または繰り返し円弧すべりの計算が可能です。

本製品には「PowerSSA 基本機能版」と「PowerSSA PRO 拡張機能版」の2タイプがあります。この取り扱い説明書は2タイプ共通となっていますので、「PowerSSA」と記述してあるか、または特に明記していない項目は共通機能についての説明となり、「PowerSSA PRO」または「PRO」と明記している場合は拡張機能版のみの機能についての説明となります。

PRO 版では対策工の検討、湛水時の検討、Janbu,Bishop などの計算式、その他すべての機能が使用できます。「PowerSSA」および「PowerSSA PRO」の機能については下記の表をご覧ください。

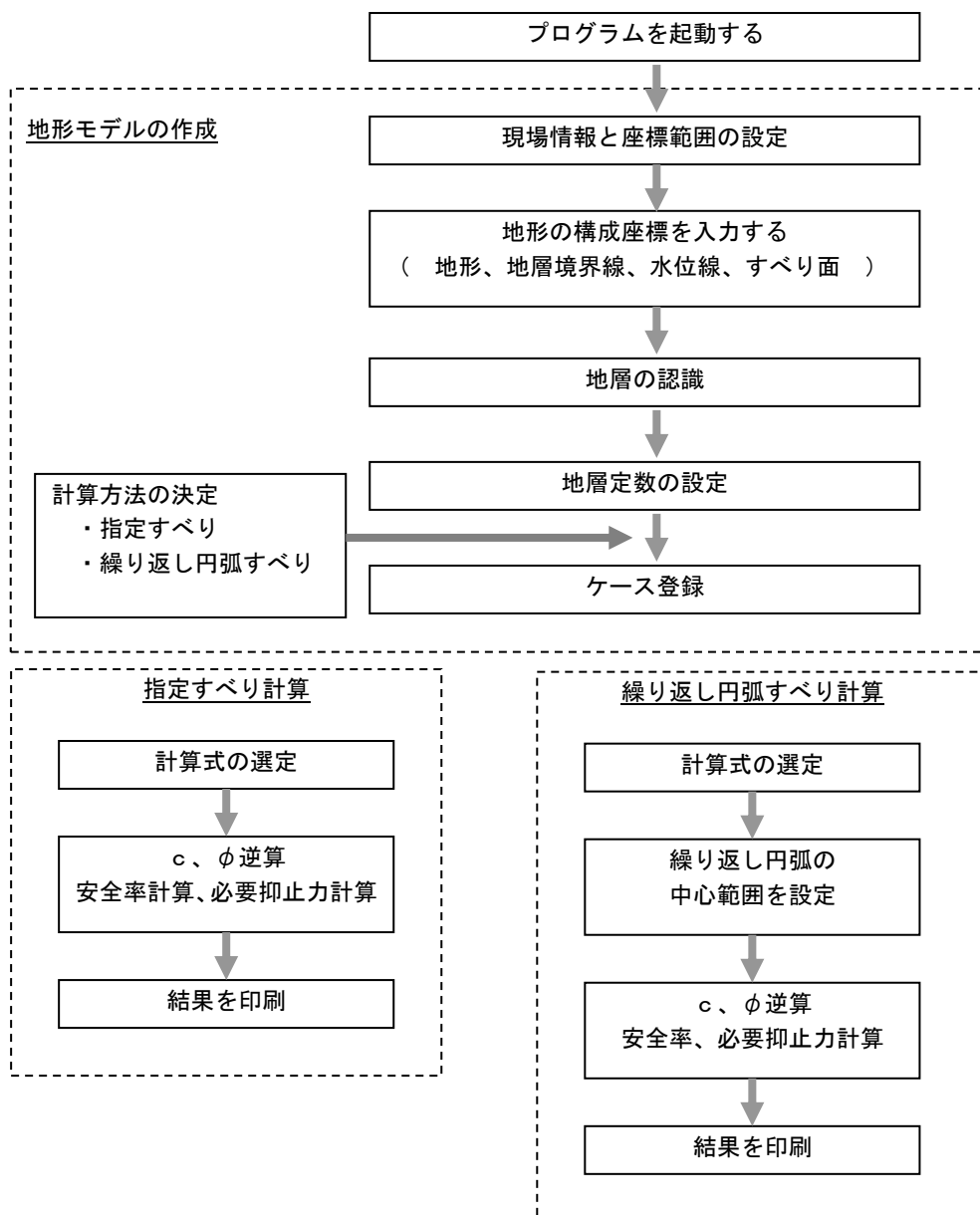
機能	PowerSSA	PowerSSA PRO
計算式		
Fellenius 法	○	○
Fellenius 法（土地改良基準）	○（Ver2 以降）	○（Ver2 以降）
Fellenius 法（基準水面法）	×	○
Fellenius 法（フィルダム法）	×	○
Fellenius 法（R/a 補正）	○	○
修正 Fellenius 法	○	○
修正 Fellenius 法（基準水面法）	×	○（Ver3 以降）
修正 Fellenius 法（フィルダム法）	×	○（Ver3 以降）
簡易 Bishop 法	×	○
簡易 Janbu 法	×	○
SHIN-Janbu 法	×	○
チェボタリオフ法（繰り返し円弧計算のみ）	○	○
計算手法・対策工の検討機能		
指定すべり計算	○	○
C・φ 逆計算	○	○
繰り返し円弧計算	○	○
繰り返し円弧による C・φ 逆計算	○（Ver2 以降）	○（Ver2 以降）
のり枠重量の入力補助	○（Ver2 以降）	○（Ver2 以降）
排土工計算	×	○
押さえ盛土工計算	×	○
道路切盛土工計算	×	○
地下水位計算	×	○
地下水位計算（GGRAPH 連動）	×	○（Ver4 以降）
はね上げ計算	×	○
湛水斜面計算（指定すべり計算）	×	○
湛水斜面計算（繰り返し円弧計算）	×	○（Ver2 以降）

機能	PowerSSA	PowerSSA PRO
計算手法・対策工の検討機能		
湛水斜面計算（残留水位線考慮）	×	Ver4.5（オプション）
有効抵抗力による杭範囲特定	×	○
杭はね上げ、杭下方すべりによる杭範囲特定	×	○
軟弱地盤盛土の亀裂を考慮した検討	×	○（Ver3以降）
盛土または切土の施工中安全率の検討	×	○（Ver3以降）
グラウンドアンカー工を考慮した安全率の計算 （指定すべり計算のみの簡易機能）	×	○（Ver3以降）
グラウンドアンカー工を考慮した安全率の計算 （指定すべり計算・繰り返し円弧計算両対応オプション）	×	Ver6（オプション）
盛土工計算（ニューマーク法）	○（Ver5以降）	○（Ver5以降）
盛土工計算（宅地防災マニュアル）	○（Ver7以降）	○（Ver7以降）
盛土工計算（盛土工検討チェックリスト）	○（Ver5以降）	○（Ver5以降）
盛土工計算（盛土工変形解析オプション）	Ver5（オプション）	Ver5（オプション）
盛土工計算（盛土工浸透流解析オプション）	Ver5（オプション）	Ver5（オプション）

2. まず使ってみましょう

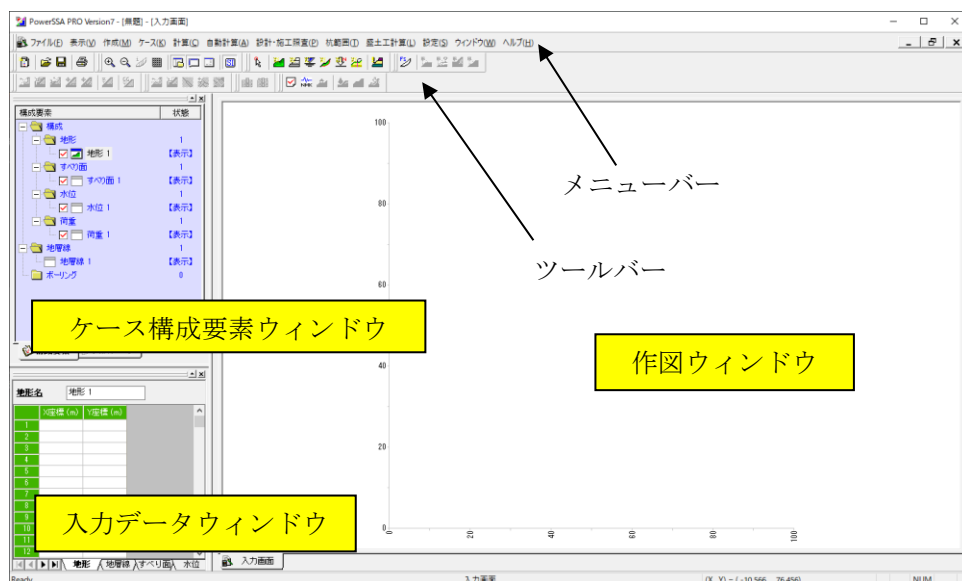
データ入力から安全率算出までの基本的な流れは、下図のようになります。

PowerSSA の詳細説明をする前に、簡単なデータの作成及び安定計算を体験してみましょう。そうすることが、PowerSSA の早期理解に役立つと思われます。まず理屈について深く追求せずに、以下に示す通りにやってみましょう。もし、何らかのトラブルが起きたら、再度最初からやり直してみてください。



2.1. プログラムを起動する

PowerSSA を実行するには、[スタート]-[GODAI 土木アプリケーション]-[PowerSSA]もしくは[PowerSSA PRO]を選択します。実行すると下記のメイン画面が表示されます。



2.2. 現場名と座標の範囲を設定する

まずは現場の設定を行います。メニューバーの[設定]-[現場の設定]を実行してください。以下のウィンドウが表示されます。

必要に応じて現場名・測線名・備考を入力して下さい。次に作図ウィンドウの座標軸の範囲を設定します。X(水平距離)、Y(標高)の最大値、最小値を入力してください。座標軸の範囲の設定は、作業中に随時変更できます。([設定]メニューの[グリッドの設定])

また斜面傾斜の指定も可能です。(デフォルトでは、その地形の標高差に応じて斜面傾斜の方向が自動設定されます。すべり面の斜面方向が地形全体の斜面方向と合致しない場合にマニュアルで斜面方向を設定します。通常は「自動設定」のまま変更する必要はありません。)

現場の設定	
現場名:	<input type="text" value="地すべり山"/>
測線名:	<input type="text" value="A-A測線"/>
備考:	<input type="text" value=""/>
座標軸の範囲	
X 座標の範囲	X 座標の幅
<input type="text" value="0.0"/> ~ <input type="text" value="180.0"/> (m)	<input type="text" value="180.0"/> (m)
Y 座標の範囲	Y 座標の幅
<input type="text" value="-20.0"/> ~ <input type="text" value="100.0"/> (m)	<input type="text" value="120.0"/> (m)
斜面傾斜の指定	
<input checked="" type="radio"/> 自動設定 (開始点と最終点の標高差で設定)	
<input type="radio"/> マニュアル設定	
設定方向	
<input checked="" type="radio"/> 右上がり斜面 <input type="radio"/> 左上がり斜面	
※ 通常は「自動設定」のまま変更する必要はありません。	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="キャンセル"/>	

2.3. 指定すべり計算の断面を作成する

解析対象の地形、地層境界線、水位線、すべり面及びボーリングデータを作成します。入力はキーボードとマウスの両方で行うことができます。

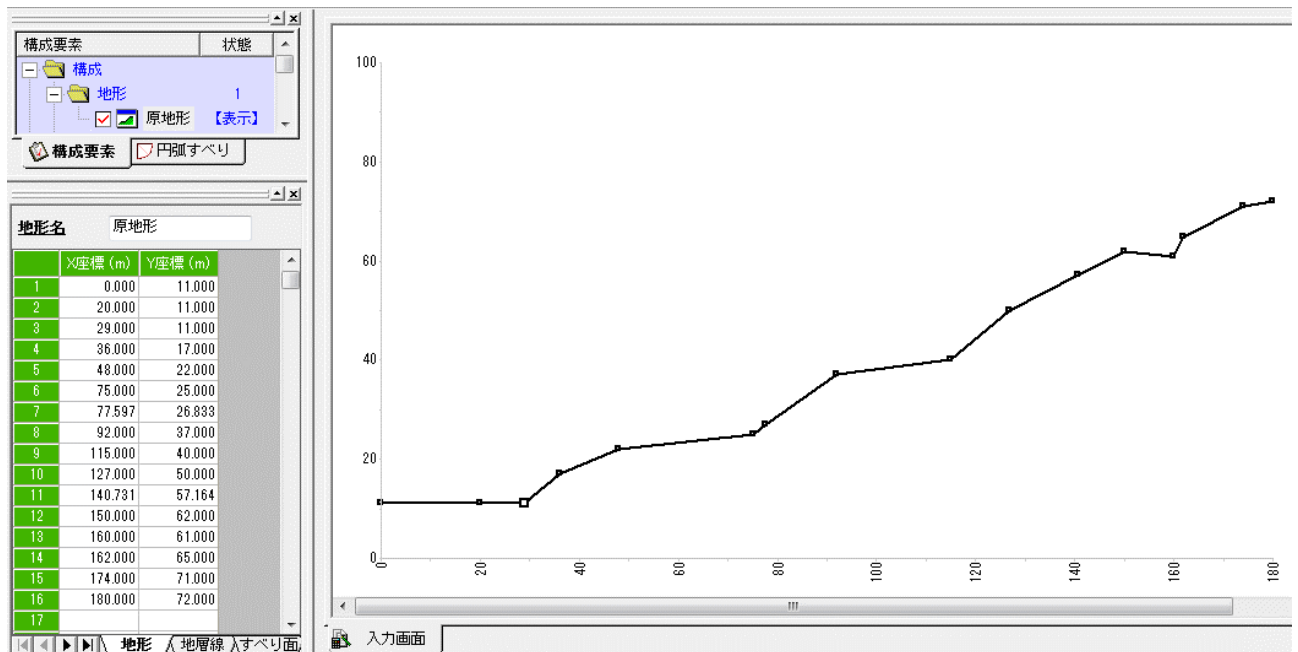
CAD データから断面を読み込むことも可能です。(3.1.2. CAD データからの読み込み)

2.3.1. 地形を入力する

地形データの 입력は以下の手順で行います。[作成]メニューの中の[地形の新規入力]コマンドを使用すると、[入力データウィンドウ]が地形の入力ウィンドウになります。

次の地形データを 입력して下さい。

地形名	地形 No.	水平距離 X(m)	標高 Y(m)
原地形	1	0.000	11.000
	2	20.000	11.000
	3	29.000	11.000
	4	36.000	17.000
	5	48.000	22.000
	6	75.000	25.000
	7	77.597	26.833
	8	92.000	37.000
	9	115.000	40.000
	10	127.000	50.000
	11	140.731	57.164
	12	150.000	62.000
	13	160.000	61.000
	14	162.000	65.000
	15	174.000	71.000
	16	180.000	72.000



2.3.2. 地層境界線を入力する

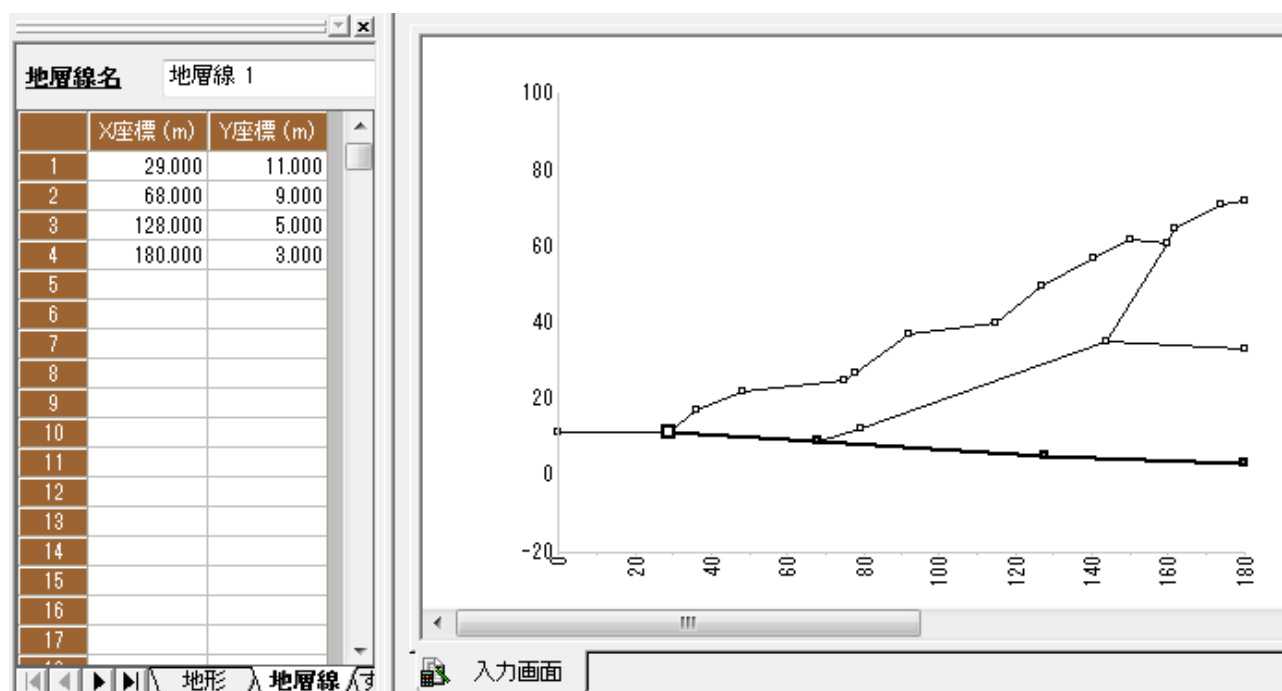
地層境界線データを入力します。[作成]メニューの中の[地層線の新規入力]コマンドを使用すると、[入力データウィンドウ]が地層境界線の入力ウィンドウになります。複数の地層境界線データを入力する場合は、[作成]メニューの中の[地層線の新規入力]コマンドを使用すると、[構成要素ウィンドウ]に新しい地層境界線が追加されます。

次の3本の地層境界線データを入力して下さい。

地層境界線名	地形 No.	水平距離 X(m)	標高 Y(m)
地層線 1	1	29.000	11.000
	2	68.000	9.000
	3	128.000	5.000
	4	180.000	3.000

地層境界線名	地形 No.	水平距離 X(m)	標高 Y(m)
地層線 2	1	68.000	9.000
	2	79.000	12.000
	3	144.000	35.000
	4	160.000	61.000

地層境界線名	地形 No.	水平距離 X(m)	標高 Y(m)
地層線 3	1	144.000	35.000
	2	180.000	33.000

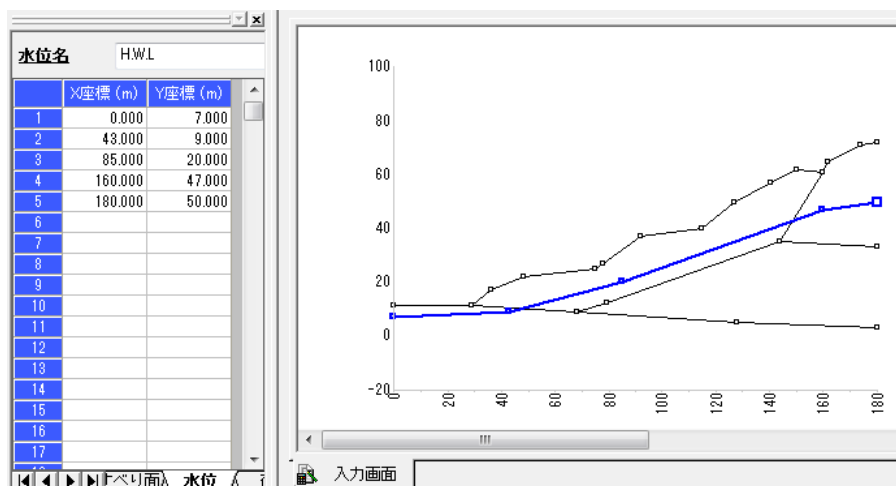


2.3.3. 水位線を入力する

地下水位データを入力します。[作成]メニューの中の[水位の新規入力]コマンドを使用すると、[入力データウィンドウ]が水位の入力ウィンドウになります。

次の地下水位データを入力して下さい。

水位名	地形 No.	水平距離 X(m)	標高 Y(m)
H.W.L	1	0.000	7.000
	2	43.000	9.000
	3	85.000	20.000
	4	160.000	47.000
	5	180.000	50.000

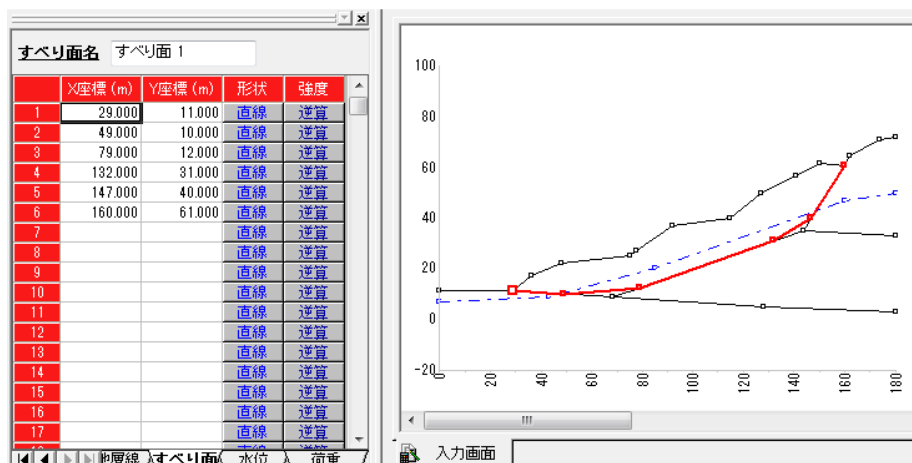


2.3.4. すべり面を入力する

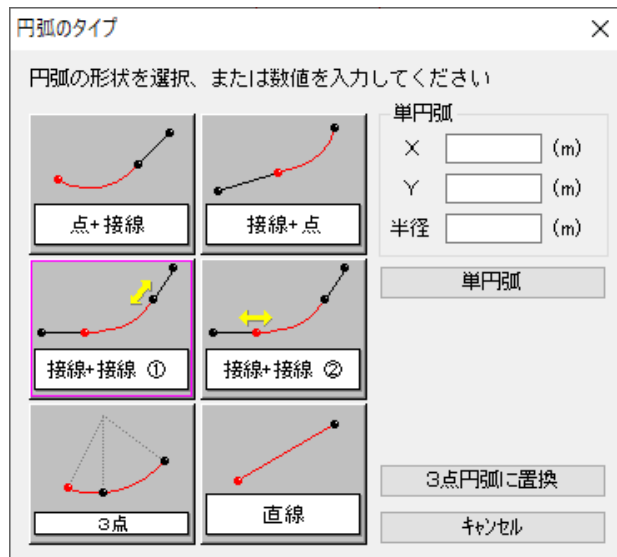
すべり面データを入力します。[作成]メニューの中の[すべり面の新規入力]コマンドを使用すると、[入力データウィンドウ]がすべり面の入力ウィンドウになります。

次のすべり面データを入力して下さい。

すべり面名	地形 No.	水平距離 X(m)	標高 Y(m)
すべり面 1	1	29.000	11.000
	2	49.000	10.000
	3	79.000	12.000
	4	132.000	31.000
	5	147.000	40.000
	6	160.000	61.000



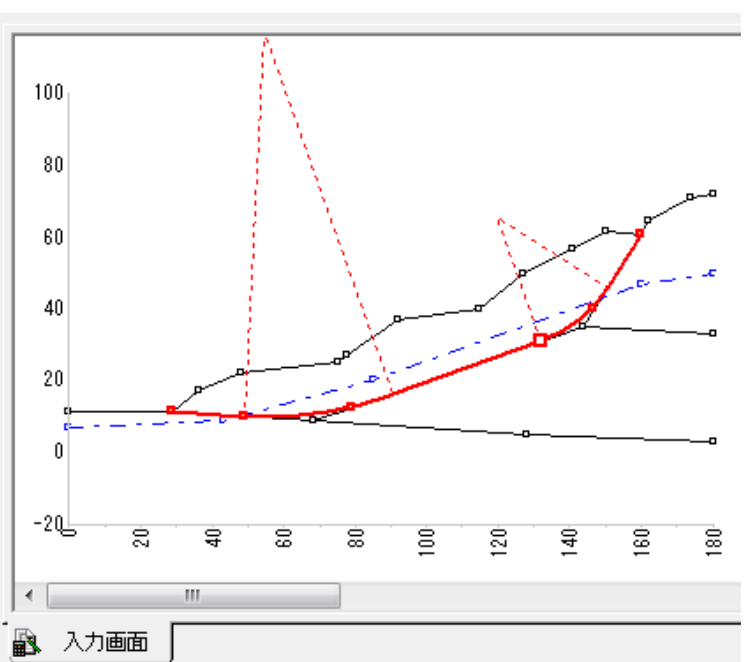
ここまでの入力で、直線のすべり面が表示されます。次に、点③を通り直線①②に接する円弧を作成します。[入力データウィンドウ]の2行目の[直線]ボタンをクリックすると、[円弧のタイプ]ダイアログボックスが表示されますので、[接線+接線①]ボタンをクリックしてください。すべり面に円弧が作成されます。点④を通り直線⑤⑥に接する円弧は、4行目の[直線]ボタンをクリックし、[接線+接線①]ボタンをクリックしてください。



すべり面名 すべり面 1

	X座標 (m)	Y座標 (m)	形状	強度
1	29.000	11.000	直線	逆算
2	49.000	10.000	円弧	逆算
3	79.000	12.000	直線	逆算
4	132.000	31.000	円弧	逆算
5	147.000	40.000	直線	逆算
6	160.000	61.000	直線	逆算
7			直線	逆算
8			直線	逆算
9			直線	逆算
10			直線	逆算
11			直線	逆算
12			直線	逆算
13			直線	逆算
14			直線	逆算
15			直線	逆算
16			直線	逆算
17			直線	逆算

地層線 すべり面 水位 荷重



また、このすべり面入力時に解析に用いるすべり面強度の決定方法も選択できます。区間毎に違うすべり面強度を指定できますが、初期値は逆算が設定されています。現時点ではこのままにしておきます。他の種類を設定したい場合には、**強度**ボタンをクリックすると[すべり面強度 Cφ指定方法]ダイアログが表示されます。

[すべての区間に適用する]チェックボックスをあらかじめONにしておくと、選択した値がすべての区間で設定されます。

すべり面強度の指定方法として、以下の 6 種類を用意しています。

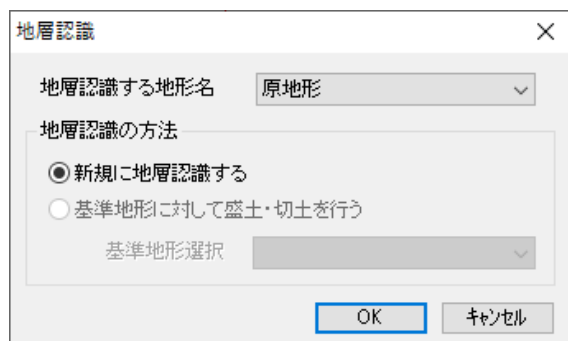
すべり面強度	説明
逆算	該当する区間のすべり面強度を逆計算により求めます。
逆算 C=0	粘着力 C は 0 として、内部摩擦角 ϕ を逆計算により求めます。
地層値	入力された地層固有の値を用います。
地層値 C=0	入力された地層値を用いるが粘着力 C は 0 とします。
指定値 1	該当する区間のすべり面強度は入力された指定値 1 を用います。
指定値 2	該当する区間のすべり面強度は入力された指定値 2 を用います。

※ **指定値 1**、**指定値 2** を使用したい場合は、事前に値を設定する必要があります。

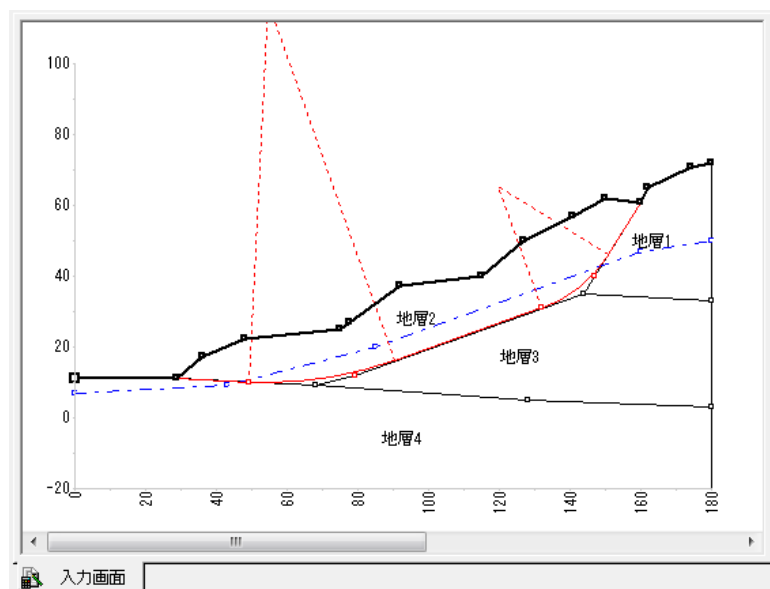
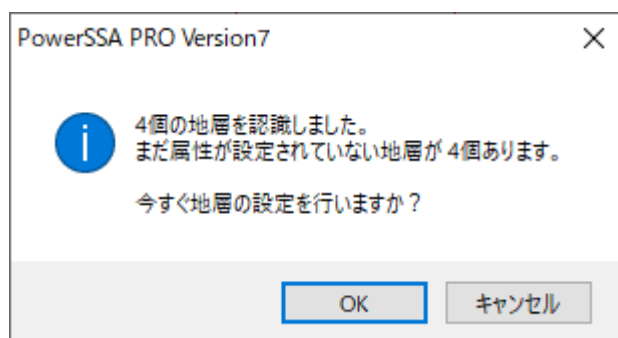
※ すべり面強度は、安定計算時に使用します。詳細は「2.5 指定すべり計算を行う」、及び「4.計算」の項目を参照してください。

2.3.5. 地層を認識させる

土質定数の違いなどによって地層を区分するため、作成した断面を地層ごとの領域に分ける作業です。[作成]メニューの中の[地層の認識]コマンドを使用して下さい。
[地層認識]ダイアログが表示されますので、地形名[原地形]を確認し、「新規に地層認識する」を選択して **OK** をクリックします。



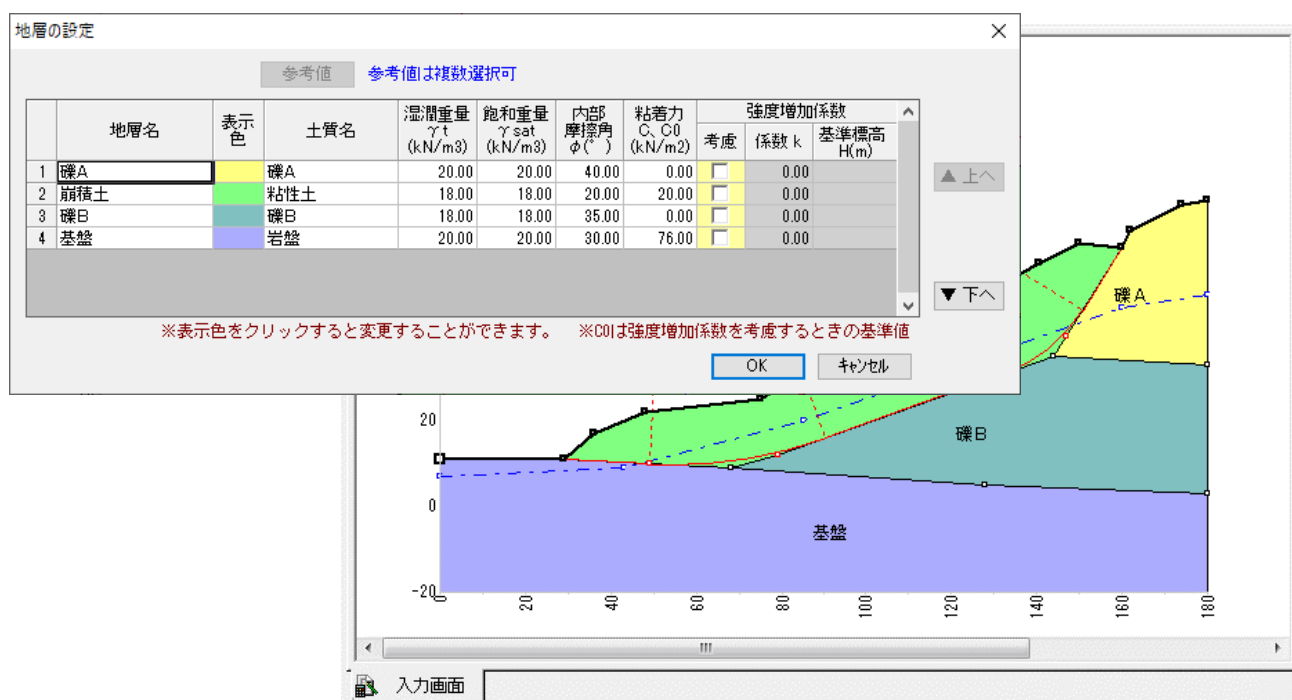
次のメッセージが現れますので、このまま地層の設定を行う場合は **OK** をクリックします。



2.3.6. 地層データを設定する

土質定数などの設定を行います。作業途中で地層データの設定、変更を行う場合は[設定]メニューの中の[地層の設定]コマンドを使用するか、マウスで地層領域(地層 1 または地層 2 の文字の上)をダブルクリックしてください。

断面図領域をダブルクリックすると[地層の設定]ダイアログボックスが表示されます。「地層名」列にカーソルを合わせ各地層名を入力してください。次に「表示色」列をクリックして、[色の設定]パレットダイアログボックスから任意の色を選択して[OK]ボタンをクリックします。土質の各定数は直接入力するか、[参考値]ボタンから登録されている地質を選択することができます。地層のリスト順は右の[▲上へ] [▼下へ]ボタンで調整できます。すべての地層の設定が終わりましたら[OK]ボタンをクリックします。



地層データ

地層名	土質名	湿潤重量	飽和重量	内部摩擦角	粘着力
礫A	礫A	20.00	20.00	40.00	0.0
崩積土	粘性土	18.00	18.00	20.00	20.0
礫B	礫B	18.00	18.00	35.00	0.0
基盤	岩盤	20.00	20.00	30.00	76.0

2.3.7. 保存する

断面のデータが一通りできたので、このデータをファイルに保存しておきましょう。[ファイル]メニューの[名前を付けて保存]コマンドを使用してください。ファイル保存用ダイアログが現れますので、ファイル名を入力してから[保存]ボタンをクリックして下さい。データがファイルに保存されます。

2.3.8. 新規ケースを作成する

地形、すべり面などを組み合わせて、安定計算を行う断面を作ります。[ケース]メニューの[ケースの新規作成]コマンドを使用してください。

[ケースの新規作成]ダイアログボックスが表示されますので、ケース名を入力し安定計算を行う地形・すべり面・水位などを選択して下さい。**OK** ボタンをクリックすれば、新規ケースが作成され、[作図ウィンドウ]に設定した断面が表示されます。[作図ウィンドウ]の断面表示の切り替えは、[作図ウィンドウ]の下部のケース名を記したタブにより行います。

「PowerSSA」の安定計算はケースを単位として行います。複数の地形、水位、すべり面データおよび荷重の一覧から、任意の組み合わせにより解析断面を作成できます。

「指定すべり計算」を行う場合は、座標を入力したすべり面の名称を選択します。「繰り返し円弧計算」を行う場合は、すべり面を“(繰り返し円弧)”とします。

今回の例では「指定すべり計算」を行いますので、すべり面に “すべり面 1” を選択してください。

ケース登録変更

ケース名

アクティブにする要素

このケースで計算に使用する要素を選択してください

地形

すべり面

水位

荷重(一覧)

荷重名称	選択欄	分布	集中	常時	地震時
荷重 1	考慮せず	●		●	●

荷重有無の設定は選択欄の列をクリックしてください

※ 構成要素を変更した場合は再計算をしてください。

OK Cancel

2.4. 各設定

安定計算を行うために、単位系、計算精度などの必要な項目を設定します。

2.4.1. 単位系と精度を設定する

[設定]メニューの[単位系と精度]コマンドを実行すると、[単位系と精度の設定]ダイアログボックスが表示されますので、次図のように設定して下さい。

単位系と精度の設定

単位系
☒ SI単位系 ☐ 旧単位系 換算係数 1.0 (tf) = (kN)

計算の丸め
☒ 途中計算に丸めを用いる ☐ 切り上げ ☐ 切り捨て ☒ 四捨五入
スライスのすべり抵抗 S (kN/m), すべり力 T (kN/m)
小数点以下有効桁数
☒ 2桁 ☐ 3桁 ※ 2桁は“補強土”と同等の精度になります

安全率 F_s
小数点以下有効桁数
☐ 2桁 ☒ 3桁 ☐ 4桁
計算の丸め
☐ 切り上げ ☒ 切り捨て ☐ 四捨五入

抑止力 P_r (kN/m)
小数点以下有効桁数
☐ 0桁 ☒ 1桁 ☐ 2桁
計算の丸め
☒ 切り上げ ☐ 切り捨て ☐ 四捨五入

粘着力 C , 内部摩擦角 ϕ
粘着力 C (kN/m²) の小数点以下有効桁数
☐ 1桁 ☒ 2桁 ☐ 3桁
内部摩擦角 ϕ (°) の小数点以下有効桁数
☐ 0桁 ☐ 1桁 ☐ 2桁 ☐ 3桁 ☒ 4桁
☒ C , ϕ 逆算の算出時は丸め切り上げする

OK キャンセル

2.4.2. スライスの最大幅を設定する

[設定]メニューの[スライス幅]コマンドを実行してください。[スライス幅の設定]ダイアログボックスが表示されますので、「スライス最大幅の設定」の欄にあるスライス分割の最大幅を入力して下さい。

スライス幅の設定

スライス最大幅の設定
☒ スライス最大幅を有効にする
スライス最大幅 d_{max} = 5.000 (m)
この設定は、すべり面形状が“円弧”の範囲で適用されます。

OK キャンセル

断面の各変化点によるスライス分割幅が、設定した最大幅より広い部分は設定した幅でスライスが分割されます。この設定はすべり面形状が「円弧」の範囲にのみ有効です。

2.4.3. 計算条件を設定する

[設定]メニューの中の[計算条件]を実行してください。[計算条件の設定]ダイアログボックスが表示されます。各々の条件を設定して下さい。

計算条件の設定

Fellenius法

N - U < 0.0 の場合 ☐ そのまま ☒ N - U = 0.0 とする

水位線

自動計算で水位線が地形より上になる場合 ☐ そのまま ☒ 水位を地形に合わせる

C, φ 逆算値

“C = h” に設定するとき ☐ h = 最大層厚 ☒ h = 平均層厚

水の単位体積重量

$\gamma_w =$ (kN/m³)

ニューマーク法の計算条件

☒ 降伏震度 $K_y < 0.0$ のとき $K_y = 0.0$ として計算する

震度係数換算
($K_h, K_v = 1.0$) ⇔ (gal)

OK キャンセル

N・U < 0.0 となる現象は、特に Fellenius 法を採用した場合、すべり面頭部の地すべり傾斜角が大きくなるスライスで起こることがあります。N・U がマイナスになることは実際の現象としては考えにくく、「土地改良事業計画設計基準(社団法人 農業土木学会) H16.3」内では留意事項として「このような場合には($W \cos \alpha \cdot u \cdot l$)をゼロとおくとよい」との記載があります。また、「地すべり防止技術指針及び同解説(国土交通省砂防部 独立行政法人土木研究所) H20.4」においても同様の記載があります。

C=h については、道路土工では経験的な値として「C は鉛直層厚の平均」とする表が掲載されています。ニューマーク法の設計条件については、「9.2.5 設定・その他」をご覧ください。

2.5. 指定すべり計算を行う

C、 ϕ の逆算、安全率及び必要抑止力の計算を行います。

2.5.1. 計算式を選択する

[計算 (C)] - [指定すべり計算] コマンドを実行してください。[計算の設定]ダイアログボックスが表示されますので、計算式を選択と計算条件の設定を行って下さい。

安定計算 ボタンをクリックすれば、いよいよ計算の始まりです。

2.5.2. Fellenius法(湛水なし)で計算する

[計算の設定]ダイアログボックスを上記画面のように設定し、**安定計算** ボタンをクリックすると、[安定計算]ダイアログボックスが表示されます。

● 「安定計算の結果と C、 ϕ の逆算に使用するケースの選択」の条件設定

ここでは[原地形]から C、 ϕ の逆算を行いますので、「1つのケースから算出」を選択し、[原地形]の[使用]欄にチェックマークを付けて下さい。[原地形]の仮定安全率を 1.000 として C、 ϕ の逆算を行う場合は[原地形]の[仮定安全率]欄に 1.000 を入力して下さい。

● 「C、 ϕ 逆算値」の設定

C=h と仮定したときの C、 ϕ 逆算値が表示されます。C=15.00kN/m² と表示されます。C の値を入力したら、その変更に応じて ϕ の値も変更されます。C=15.00kN/m²、 ϕ =18.6927° を採用値として採用します。

リストへ登録 ボタンをクリックして下さい。[C、 ϕ 逆算値リスト]欄に C、 ϕ が登録されます。

● 安定計算

「安定計算の結果と C、 ϕ の逆算に使用するケースの選択」の p.Fs の欄に計画安全率を入力します。**一括計算** ボタンをクリックし、安定計算を実行して下さい。ケースが複数あり、計算するケースが全ケースでない場合は、**選択計算** ボタンをクリックし、計算するケースを選択して、計算して下さい。印刷や計算結果一覧を見たい場合は、**計算結果一覧と印刷** ボタンをクリックして下さい。

安定計算 (Fellenius法(湛水なし))

安定計算の結果と C、φ の逆算に使用するケースの選択

☒ 1つのケースから算出 ☐ 複数のケースから算出 ☐ 2ケースの交点 計算モード: 常時/地震時

(ケース)	使用	仮定安全率 F_s	常時 F_s	常時 pFs	常時 $Pr(kN/m)$	地震時 F_s	地震時 pFs	地震時 $Pr(kN/m)$	地形
現地形	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	1.000	1.200	2273.8	0.682	1.050	5800.3	原地形

* 逆算に使用するケースを選択する場合は、[使用] 欄のチェックボックスをオンにします。

C、φ 逆算値

C = (kN/m²)

tan φ =

φ = (°)

C、φ 採用値

C = (kN/m²) 逆算: 常時

tan φ =

φ = (°) ↓

C、φ 逆算値リスト

C φ 番号	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 φ(°)	由来	備考
1	15.00	18.6927	常時	

計算結果一覧と印刷 ボタンをクリックすると、[計算結果一覧と印刷] ダイアログボックスが表示されます。印刷する場合、印刷する項目をチェックボックスで選択し、**印刷** ボタンをクリックして下さい。安定計算因子や有効抵抗力図を確認する場合は、**詳細情報と有効抵抗力図** ボタンをクリックします。[詳細情報] ダイアログボックスが表示されます。

計算結果一覧と印刷

計算結果一覧 **最新の計算結果は青色で表示されています**

C φ 番号	ケース	計算式	常時 F_s	常時 pFs	常時 $Pr(kN/m)$	地震時 F_s	地震時 pFs	地震時 $Pr(kN/m)$
1	1 現地形	Fellenius法(湛水なし)	1.000	1.200	2273.8	0.682	1.050	5800.3

印刷項目

安定計算報告書

☒ 総括表

☒ 計算条件

☒ 逆計算

☒ 安全率・必要抑止力

☒ 有効抵抗力

☐ 計算結果比較一覧

全ON 全OFF

詳細データ

☐ 入力座標・ボーリング

☐ 荷重・地質・指定強度

☐ スライス集計表

☐ スライス詳細集計表/上載荷重集計表

☐ スライス座標一覧

☐ ケース名も印刷

☒ 左上にページ数を印刷

詳細情報と有効抵抗力図

安定解析断面図

単断面 (1ケース)

複数断面 (安全率フロー)

結果の整理

詳細情報 (現地形: 宅地防災マニュアル)

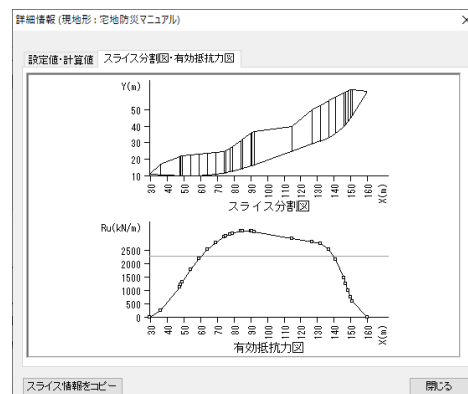
設定値・計算値 スライス分割図・有効抵抗力図

ケース情報

ケース名	地形	すべり面	水位	荷重
現地形	原地形	すべり面 1	HWL	なし

設定値・計算値

項目	説明	記号	単位	常時	地震時
安全率	安全率	F_s		1.000	0.682
抑止力	計画安全率	pFs		1.200	1.050
	必要抑止力	Pr	kN/m	2273.8	5800.3
逆算区間のすべり面強度	逆算値	C	kN/m ²	15.00	15.00
	逆算値	φ	°	18.6927	18.6927
	逆算値	tan φ		0.338339	0.338339
合計参考値	すべり面長	L	m	148.401	148.401
	スライス面積	A	m ²	1965.09	1965.09
	すべり力	T	kN/m	11368.85	15602.01
	すべり抵抗力	S	kN/m	11368.89	10751.89
	法線力	N	kN/m	32291.56	30506.23
	間隙水圧	U	kN/m	5268.85	5268.85



算出式や条件などを変更したい場合は、[安定計算] ダイアログボックスの**戻る** ボタンを押して[計算の設定] ダイアログボックスに戻って設定してください。

2.6. 複数ケースを登録する

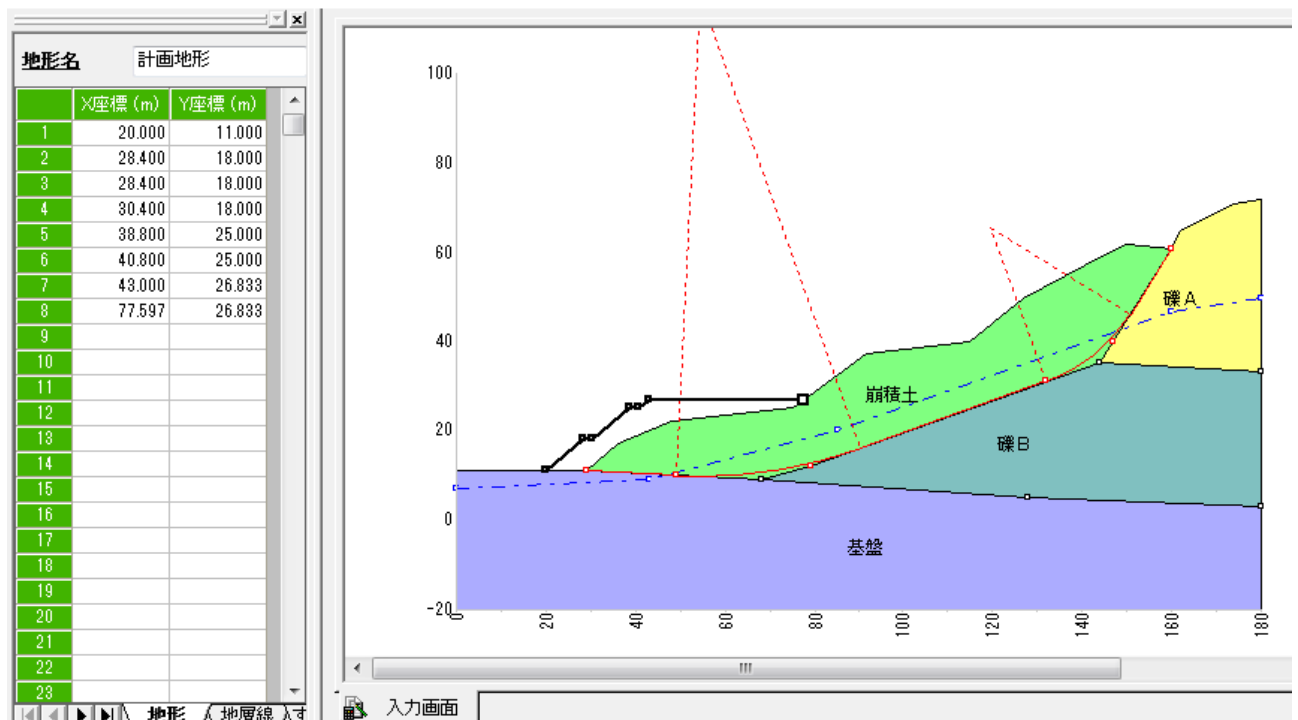
2.6.1. 新しい要素を追加する

現地形のすべり面末端に押さえ盛土を設定し、計画地形として登録します。断面データの入力は、[作画ウィンドウ]下側の「入力画面」タブが選択されていないと実行できません。「入力画面」タブを選択し、[作成]メニューの中の[地形の新規入力]コマンドを使用すると[構成要素ウィンドウ]に「地形2」が追加されます。[入力データウィンドウ]は「地形2」の入力ウィンドウになりますので、地形名を「計画地形」と入力してください。

今回はデータの入力をマウスと勾配入力機能を用いて行います。

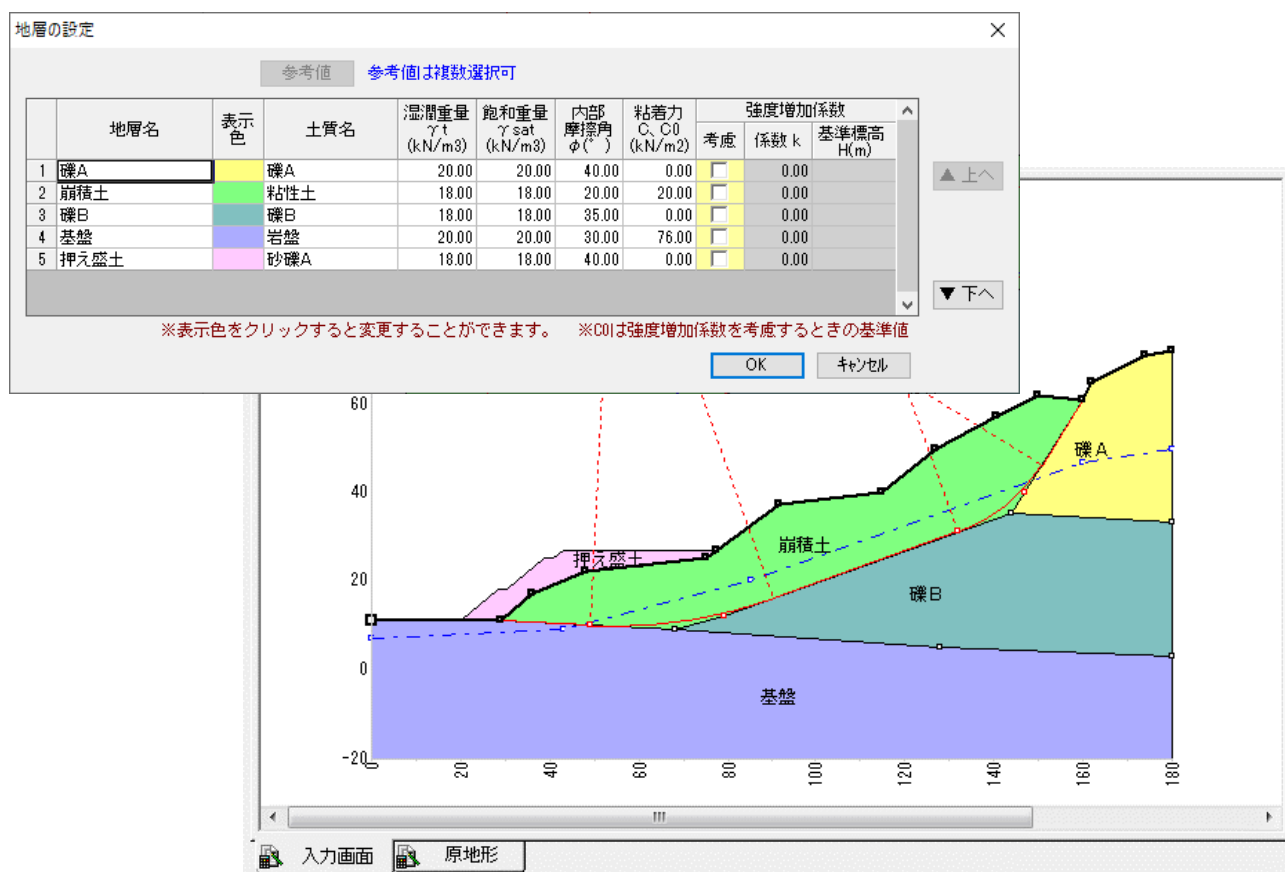
[ウィンドウ]メニューの中の[勾配入力ダイアログ]コマンドを使用して[勾配入力]ダイアログを開きます。次に、マウス入力を行うため、[作画ウィンドウ]内で右クリックし、「マウス入力開始」コマンドを使用します。マウス入力状態になったら、押さえ盛土の法尻部となる地形の変化点に、**SHIFT** キーを押しながらマウスカーソルをあわせて、クリックします。これで、入力ウィンドウの1行目に法尻部の座標が入力されます。マウス入力の解除は、[作画ウィンドウ]内で右クリックし、「マウス入力終了」コマンドでおこないます。

[勾配入力]ダイアログにのり面形状の諸元を入力し、**のり面**ボタン、**小段**ボタンを順次クリックしていきます。天端の平場は小段幅に十分な長さ(今回は50mとしています)を入力して **小段**ボタンをクリックします。地形に到達すると「地形に到達しました。交点座標を採用しますか？」とメッセージボックスが表示されますので、そこで止める場合は**はい**ボタンを、切土を行う場合は **いいえ**ボタンをクリックして作業を続行します。今回は**はい**ボタンをクリックします。これで押さえ盛土の地形の完成です。



次に地層の認識を行います。[作成]メニューの[地層の認識]を実行してください。[地層認識]ダイアログが表示されたら、「基準地形に対して盛土・切土を行う」を選択して **OK** ボタンをクリックして下さい。地層認識する地形名に「計画地形」、基準地形は「原地形」を選択します。

地層認識を行うと「計画地形」の部分が追加認識されますので、盛土部分の地層の設定を行ってください。



地層データ

地層名	土質名	湿潤重量	飽和重量	内部摩擦角	粘着力
押え盛土	砂礫A	18.00	18.00	40.00	0.0

2.6.2. 新しいケースを追加する

まず、計画地形のケースを作成します。

[ケース] - [ケースの新規作成] コマンドを実行してください。

ケース名を「押え盛土」として、地形を「計画地形」と設定して **OK** ボタンを押してください。

ケース登録変更

ケース名

アクティブにする要素

このケースで計算に使用する要素を選択してください

地形

すべり面

水位

荷重(一覧)

荷重名称	選択欄	分布	集中	常時	地震時
荷重 1	考慮せず	●		●	●

荷重有無の設定は選択欄の列をクリックしてください

※ 構成要素を変更した場合は再計算をしてください。

OK キャンセル

次に「現地形」ケースで、水位が低下してすべり面に影響しなくなったケースを作成します。ケース名を「水位低下」として、水位を「(水位なし)」と設定して **OK** ボタンを押してください。

ケース登録変更

ケース名

アクティブにする要素

このケースで計算に使用する要素を選択してください

地形

すべり面

水位

荷重(一覧)

荷重名称	選択欄	分布	集中	常時	地震時
荷重 1	考慮せず	●		●	●

荷重有無の設定は選択欄の列をクリックしてください

※ 構成要素を変更した場合は再計算をしてください。

OK キャンセル

2.7. 複数ケースで指定すべり計算を行う

Fellenius 法（湛水なし）の場合の例を以下に示します。

安定計算 (Fellenius法(湛水なし))

安定計算の結果と C, ϕ の逆算に使用するケースの選択

☐ 1つのケースから算出 ☒ 複数のケースから算出 ☐ 2ケースの交点 計算モード: 常時/地震時

(ケース)	使用	安定度	仮定安全率 F_s	常時 F_s	常時 $p.F_s$	常時 $Pr(kN/m)$	地震時 F_s	地震時 $p.F_s$	地震時 $Pr(kN/m)$	原状
現地形	<input checked="" type="checkbox"/>	$F_s \leq$	1.000	0.965	1.200	2670.2	0.662	1.050	6124.9	原状
押え盛土	<input checked="" type="checkbox"/>	$F_s \leq$			1.200			1.050		計
水位低下	<input checked="" type="checkbox"/>	$F_s >$	1.000	1.102	1.200	1109.3	0.761	1.050	4563.9	原状

* 逆算に使用するケースを選択する場合は、[使用] 欄のチェックボックスをオンにします。

C, ϕ 逆算値

C = 20.00 (kN/m²) C = h に設定

$\tan \phi = 0.296213$

$\phi = 16.50 (^{\circ})$ ---OK

C, ϕ 採用値

C = 20.00 (kN/m²) 逆算: 常時

$\tan \phi = 0.296213$ リストへ登録

$\phi = 16.50 (^{\circ})$ ↓

C, ϕ 逆算値リスト

C, ϕ 番号	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	由来	備考
1	15.00	17.60	常時	現地形 C固定 ϕ 逆算
2	20.00	16.50	常時	

一括計算 選択計算 リストから削除

計算結果一覧と印刷 戻る

C, ϕ 関係図

「現地形」と「水位低下」の2ケースから C, ϕ を決定するために「複数のケースから算出」を選択します。「現地形」と「水位低下」の[使用]欄にチェックをつけ、逆算に使用するケースとします。

C, ϕ 逆算に必要な条件として「仮定安全率」を「現地形」は 1.000 以下、「水位低下」は 1.000 より大きいと設定します。

C, ϕ 関係図の着色された部分が条件に適合する範囲です。範囲内の値 C=20.0、 ϕ =16.50 を C, ϕ 逆算値に入力します。

この計算された値を参考に値 C=20.0、 ϕ =16.50 して C, ϕ 採用値に入力し[リストへ登録]をします。

なお、複数ケースから算出する場合、C, ϕ 関係図上で右クリックすると C, ϕ 関係線どうしの交点一覧を確認および代入することもできます。(以下の図は一例です。)

C ϕ 関係図上の交点一覧

現在の C, ϕ 関係図上の交点一覧から、逆算値として採用したい値を選択してください。

	C (kN/m ²)	$\tan \phi$	$\phi (^{\circ})$
1	76.61	0.000000	0.00

OK (選択) キャンセル

特に、複数のケースから算出するときに、[2 ケースの交点]にチェックをつけた場合は、C、 ϕ 関係図の着色はなく、2 本線の交点が存在する場合、自動的に逆算値欄に値がセットされます。(直接交点を求めますので、逆算値の欄は編集できません)

安定計算 (Fellenius法(湛水なし))

安定計算の結果と C、 ϕ の逆算に使用するケースの選択

☐ 1つのケースから算出 ☒ 複数のケースから算出 ☒ 2ケースの交点 計算モード: 常時/地震時

(ケース)	使用	仮定安全率 F_s	常時 F_s	常時 $p.F_s$	常時 $Pr(kN/m)$	地震時 F_s	地震時 $p.F_s$	地震時 $Pr(kN/m)$	地形
現地形	<input checked="" type="checkbox"/>	0.950	0.950	1.200	2841.0	0.671	1.050	5974.4	原地形
押え盛土	<input checked="" type="checkbox"/>			1.200			1.050		計画地形
水位低下	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	1.000	1.200	2272.4	0.707	1.050	5405.7	原地形

* 逆算に使用するケースを選択するに、[使用] 欄のチェックボックスをオンにします。

C、 ϕ 逆算値

C = 53.15 (kN/m²)

tan ϕ = 0.107845

ϕ = 6.16 (°)

C、 ϕ 採用値

C = 53.15 (kN/m²) 逆算: 常時

tan ϕ = 0.107845

ϕ = 6.16 (°) ↓

C、 ϕ 逆算値リスト

C、 ϕ 番号	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	由来	備考
1	15.00	17.60	常時	現地形 C固定 ϕ 逆算
2	53.15	6.16	常時	

登録された C、 ϕ を [C、 ϕ 逆算値リスト] から選択し、 ボタンをクリックすると、[選択計算] ダイアログが表示されます。

「現地形」、「押え盛土」、「水位低下」の [安全率計算対象] 欄をチェックし、 ボタンをクリックすると、「現地形」、「押え盛土」、「水位低下」の 3 ケースが計算されます。

選択計算

C、 ϕ 番号 [2]: C = 20.00
 ϕ = 16.50

安全率を計算するケースの選択

ケース	C、 ϕ 算出時に使用	安全率計算対象
現地形	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
押え盛土	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
水位低下	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

2.8. 結果を見る

各ケース、各計算式、各逆算 C、 ϕ による検討結果を見ます。

計算結果は [結果一覧表と印刷] ダイアログボックスの中に表示されています。計算要素などの詳細情報の閲覧や計算結果の比較、印刷などを行うには、安定計算画面の中の ボタンをクリックするか、または [ファイル] メニューの中の を実行してください。

2.9. 繰り返し円弧計算の断面を作成する

繰り返し円弧計算を始めるには、まず断面を作成してください。断面を作成する手順は本マニュアルの「2.3.1 地形を入力する」以降を参照してください。

2.9.1. 新規ケースを作成する

繰り返し円弧計算用のケースを作成します。[ケース] メニューの [ケースの新規作成] コマンドを実行すると、ケースの新規作成ダイアログボックスが表示されます。ここで、すべり面を (繰り返し円弧) としてください。地形・水位・荷重は適宜選択してください。OK ボタンをクリックすると、繰り返し円弧計算用のケースが作成されます。

ケースの新規作成

ケース名

アクティブにする要素

このケースで計算に使用する要素を選択してください

地形

すべり面

水位

荷重(一覧)

荷重名称	選択欄	分布	集中	常時	地震時
上段[200×200]	考慮する	●		●	●
中段[200×200]	考慮する	●		●	●
下段[200×200]	考慮する	●		●	●

荷重有無の設定は選択欄の列をクリックしてください

OK Cancel

2.9.2. 繰り返し円弧の中心範囲を設定する

[作成] メニューの [円弧中心範囲の設定] を実行すると、繰り返し円弧の中心範囲に関する設定を行うことができます。

新規 - 中心範囲の設定

中心範囲のデータ名

中心範囲と半径の指定方法

☐ 中心範囲 + 円弧の半径

☐ 中心範囲 + 深度

☐ 中心範囲 + 通過点1つ

☐ 通過点2つ + 円弧の半径

☒ 中心範囲 + 円弧の通過範囲

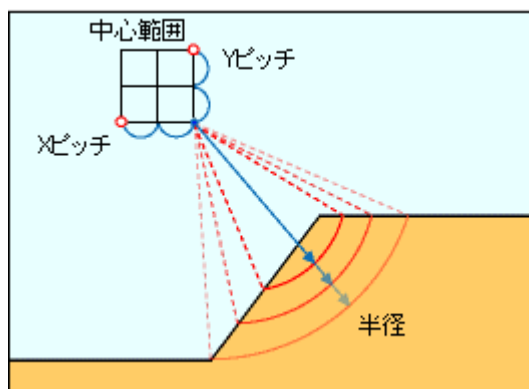
OK Cancel

[中心範囲の設定]ダイアログボックスで中心範囲の指定方法を選択します。

(1) 中心範囲の設定

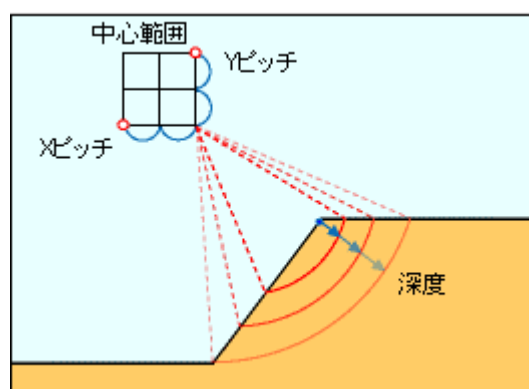
①中心範囲+円弧の半径を選択した場合

円弧の中心範囲を決めるために、開始点と終了点の座標及び変化ピッチを設定します。半径範囲には、円弧の半径と計算終了半径及び半径変化ピッチを設定します。中心範囲はマウス入力もできます。(以下同)



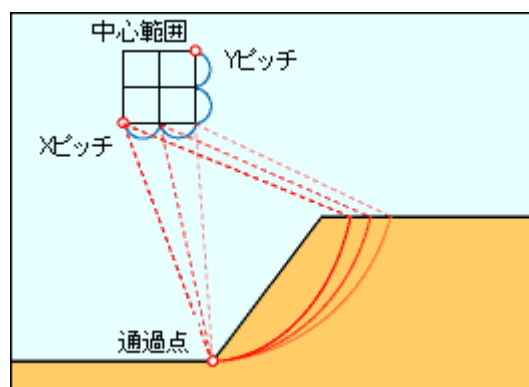
②中心範囲+深度を選択した場合

中心範囲は、中心範囲+円弧の半径と同様です。深度範囲は、中心点から最短距離にある地表面点を自動選点し、その延長線上の最小深度と最大深度、および深度変化ピッチを設定します。



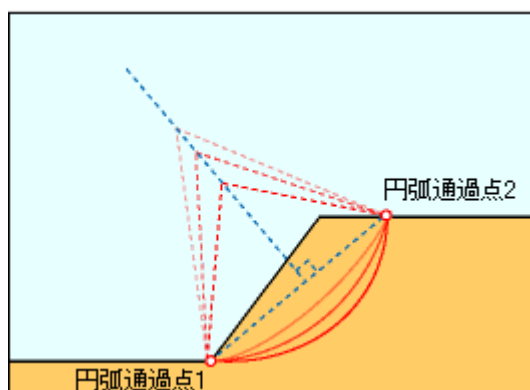
③中心範囲+通過点1つを選択した場合

中心範囲は、中心範囲+円弧の半径と同様です。
必ず通過させたい点（通過点）を設定し、その点を通る円弧計算をします。



④通過点二つ+円弧の半径を選択した場合

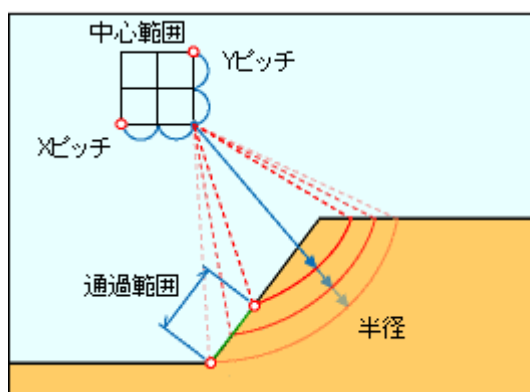
円弧通過点は、円弧を必ず通過させる 2 点を設定します。半径の範囲は、最小半径と最大半径及び半径の変化ピッチを設定します。通過点はマウス入力もできます。



⑤中心範囲+円弧の通過範囲を選択した場合

中心範囲は、中心範囲+円弧の半径と同様です。[円弧通過範囲]は、すべり面を通過させたい範囲（2 点を結ぶ直線）を指定します。この指定方法で計算対象となる円弧は

1. 通過範囲 1 点目を通る円弧
2. 通過範囲 2 点目を通る円弧
3. 中心から通過範囲 1 点目か 2 点目の近い方を最小半径として、ピッチごとに半径を拡大した円弧となります。



なお、④通過点二つ+円弧の半径 以外については、必要に応じて円弧の中心範囲を多角形で囲って局所的に絞ることができ、2 次追跡もできます。

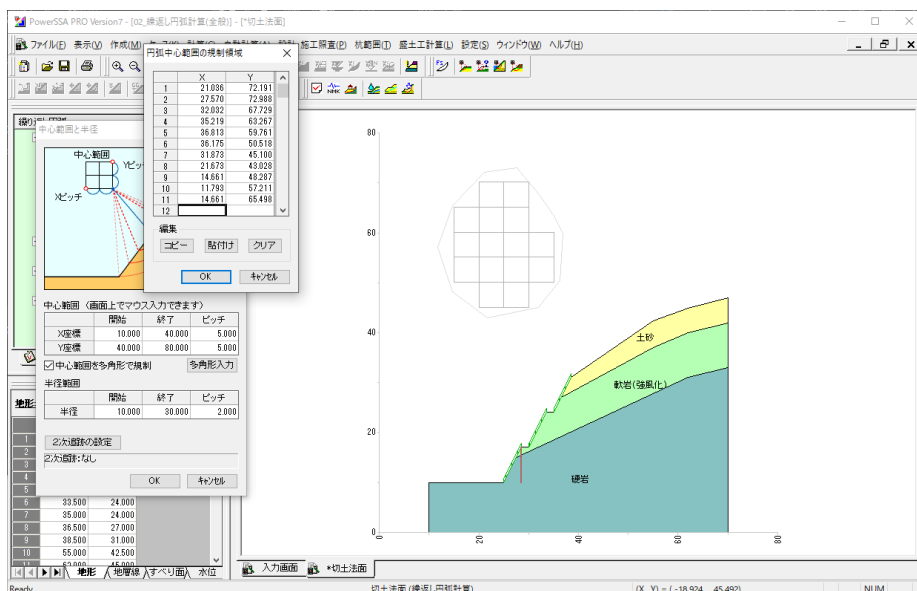
(2) 中心範囲を多角形で規制

多角形で規制するには、[□中心範囲を多角形で規制]をオンにすると、右にある[多角形入力]ボタンが有効になります。

☒ 中心範囲を多角形で規制

多角形入力

[多角形入力]ボタンをクリックすると、[円弧中心範囲の規制領域]ダイアログが表示されますので、X 座標と Y 座標を直接入力するか、マウスで直接設定してください。規制を設定した場合、二次追跡(外周追跡)が行えない場合があります。

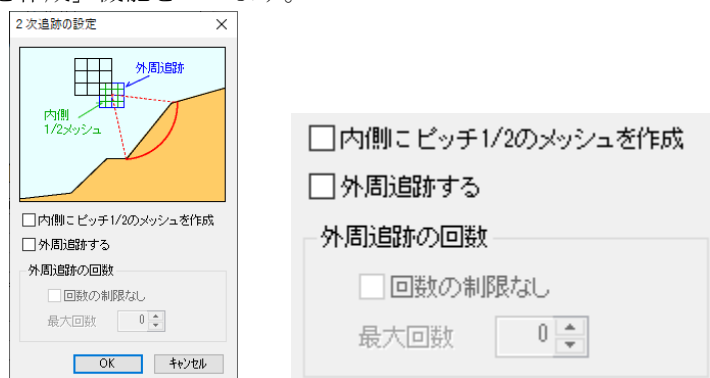


OK ボタンで円弧範囲のグリッドが表示され、設定が完了します。

最小安全率および最大抑止力が、ある一方向へ収束する場合や、安全率の非常に高い円弧を表示しないようにする場合に利用すると効果的です。なお、【通過点二つ+円弧の半径】での設定は行えません。

(3) 2次追跡

2次追跡とは、最小安全率となる円弧の中心範囲が、設定した円弧中心範囲メッシュの外周にある場合、範囲を拡大して自動追跡する「外周追跡」機能と、メッシュの間を補完して計算のモレを防止する「内側にピッチ1/2のメッシュを作成」機能をいいます。

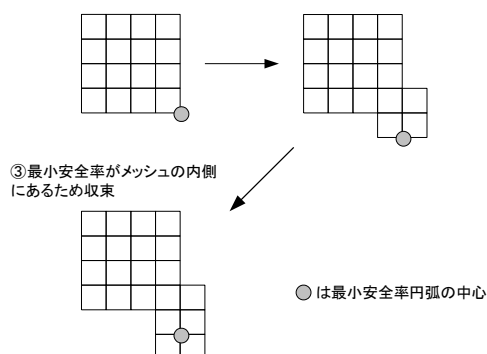


【内側にピッチ1/2のメッシュを作成】をオンにすると、最小安全率となるメッシュ点の周囲の区画について、指定したピッチの1/2でメッシュを補完し、再度計算します。

【外周追跡をする】をオンにすると、例)のように外側に計算範囲を拡大して追跡します。[回数の制限なし]をオンにした場合は、収束するまで追跡をやめません。

例) 外周追跡の例

- ① 最小安全率が外周にある ② 計算範囲を拡大、さらに外周にある



(4) 通過線・不通過線

〔作成〕メニューの中の〔円弧通過線の設定〕〔円弧不通過線の設定〕を実行すると、通過線・不通過線の設定が行えます。円弧通過線を設定すると、この線上の円弧のみ計算対象になります。円弧不通過線を設定すると、円弧がこの線上を通過しなくなります。不通過線は、たとえば構造物などの模擬形状として入力し、そこにすべり面を通過させない、などの用途が考えられます。

通過線

通過線名

円弧通過線の範囲 (マウス入力できます)

	X座標	Y座標
開始点	55.000	37.000
終了点	36.500	27.000

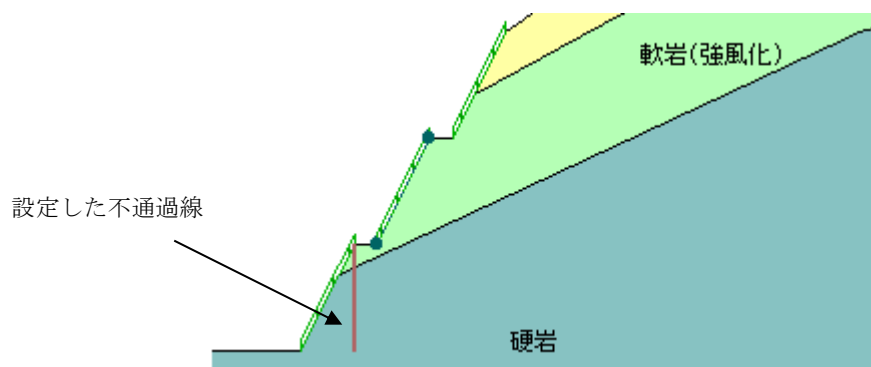
不通過線

不通過線名

円弧不通過線の範囲 (マウス入力できます)

	X座標	Y座標
開始点	28.500	17.000
終了点	28.500	10.000

通過線・不通過線の開始座標と終了座標を入力します。画面上をマウスで指定して入力することもできます。作図ウィンドウには、円弧通過線が緑色、円弧不通過線が茶色で表示されます。(表示色の変更も可能です)



(5) 不通過層

〔作成〕メニューの中の〔円弧不通過層の編集〕を実行すると、〔不通過層の編集〕ダイアログボックスが表示されます。このダイアログボックス内のチェックボックスをオンにすると、その地層に円弧が通過しなくなります。

不通過層の編集

【設定】がオンの地層には、すべり面が通過しません。

	【設定】	地層名	表示色
1	<input type="checkbox"/>	土砂	黄色
2	<input type="checkbox"/>	軟岩(強風化)	緑色
3	<input type="checkbox"/>	硬岩	青色

2.10. 繰り返し円弧の安定計算を行う

2.10.1. 計算式、亀裂などの設定

「計算」メニューの中の「繰り返し計算」を実行すると、「繰り返し円弧計算」ダイアログボックスが表示されます。

「すべり面強度」ボタンをクリックすると、「すべり面強度」ダイアログボックスが表示されます。円弧すべりのすべり面強度として地層値を使うか、任意の固定値を使うか選択することができます。今回は地層値として計算を行います。

「亀裂」ボタンをクリックすると、「亀裂の設定」ダイアログボックスが表示されます。亀裂を考慮する場合はここで値を設定してください。

計算式の選択ボタンをクリックすると、[計算の設定]ダイアログボックスを表示します。この中で繰り返し円弧計算に使用する計算式を選択できます。

計算式の選択 [X]

計算条件設定

☐ 常時 計画安全率 $p.F_s =$ (常時)
☐ 地震時 (地震時)
☒ 常時 + 地震時 水平震度係数 $K_h =$

計算式の種類

☒ Fellenius法
☐ Fellenius法(土地改良基準)
☐ 修正Fellenius法
☐ 修正Fellenius法(道路土工)
☐ チェボタリオフ法(港湾式)
☐ 湛水あり 湛水標高 (m)

必要抑止力式の選択

☒ $p.F_s = (\sum S + Pr) / \sum T$
☐ $p.F_s = \sum S / (\sum T - Pr)$

間隙水圧設定

☐ 間隙水圧無視
☒ 間隙水圧考慮

OK キャンセル

円弧の制限範囲ボタンをクリックすると、[円弧の制限範囲]ダイアログボックスを表示します。指定範囲内の円弧だけに限って計算したい場合に使用します。

円弧の制限範囲 [X]

	考慮	開始	終了
X(m)	<input checked="" type="checkbox"/>	20.000	60.000
Y(m)	<input type="checkbox"/>		

OK キャンセル

2.10.2. 計算結果

必要な条件をすべて設定し、**計算開始**ボタンをクリックすると、繰り返し円弧計算が始まります。計算中は進捗状況を示すメッセージボックスが表示され、残り時間の目安がわかります。計算が終了すると次のように計算結果が表示されます。

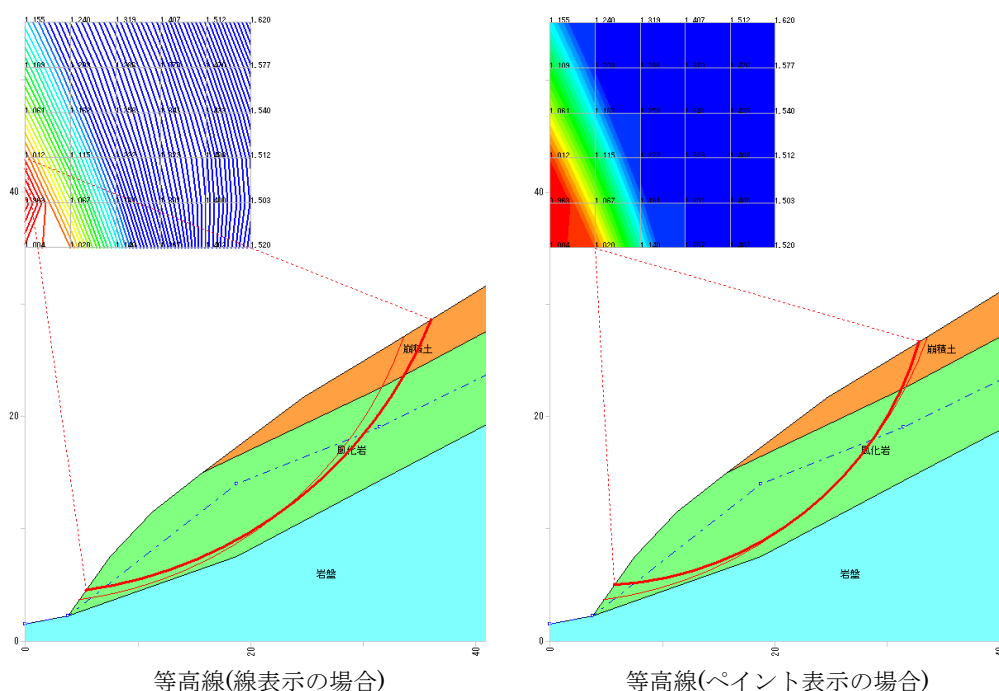
[繰り返し円弧計算]ダイアログボックスで、結果一覧表の列ヘッダ（項目欄）をクリックすると、その項目の値によって、計算結果を並べ替えます。たとえば「常時安全率」のラベルをクリックすると、安全率が小さい順に並べ替えて結果を表示します。

結果表示条件ボタンをクリックすると、すべての計算結果を表示するかメッシュ1点について1つの計算結果を表示するか設定できます。また、安全率、抑止力、すべり力、深度、オーバーハングおよび異常値による円弧除外による表示の絞り込みが行えます。

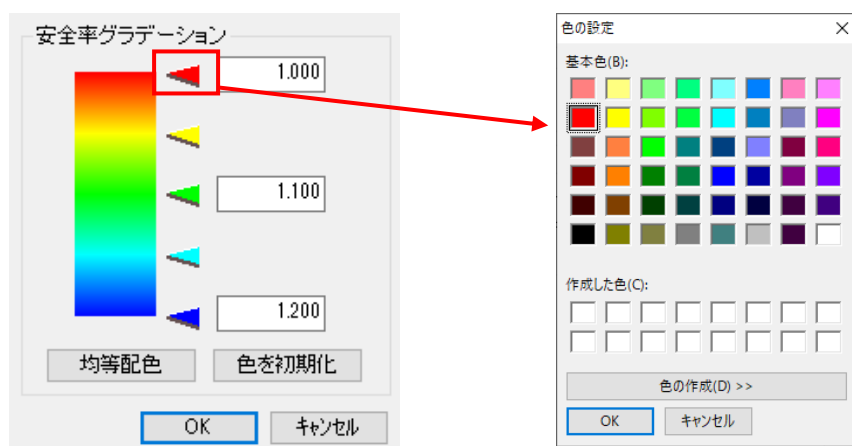
2.10.3. 最小安全率などの作図

作図の設定ボタンにより作図条件を設定できます。円弧中心のメッシュに描く最小安全率図や最大抑止力図の間隔などを設定することができます。

画面上に繰返し円弧で求めた数値を等高線で表示することができます。等高線表示には、【線表示】と【ペイント表示】があり、お好みに合わせて設定することが可能です。



安全率グラデーションでは、色の設定が 5 種類設定できます。色を変更した場合は、下図の矢印部分をクリックすると、[色の設定]ダイアログが表示されますので、好みの色を設定してください。



なお、線表示およびペイント表示は、メッシュ間に等高線の数が 50 以上存在する場合(例えば、安全率が異常に高い場合)に、非表示にするように設定されています。

2.10.4. 詳細情報をみる

[繰返し円弧計算]ダイアログボックスの[詳細情報]ボタンをクリックすると、結果一覧で選択している円弧についての詳細な計算結果を表示します。

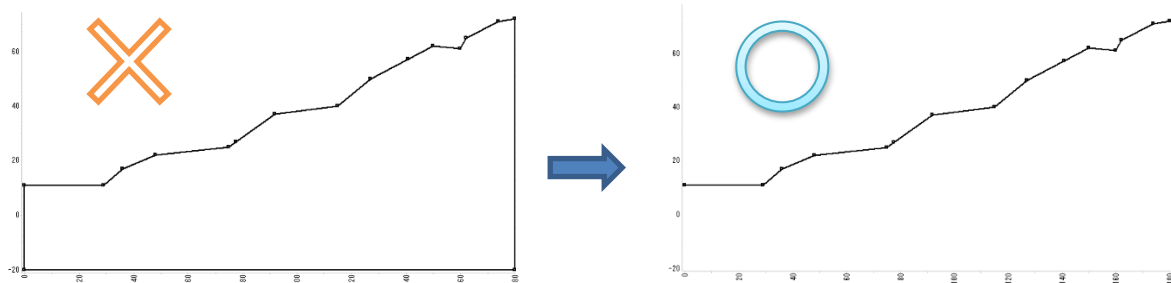
2.10.5. 印刷する

[印刷]ボタンをクリックすると、[繰返し円弧計算]ダイアログボックスのカーソル行の計算結果（反転状態になっている行）について印刷することができます。[繰返し円弧計算 印刷項目]ダイアログボックスにて必要な印刷項目を選択し、[OK]ボタンをクリックしてください。

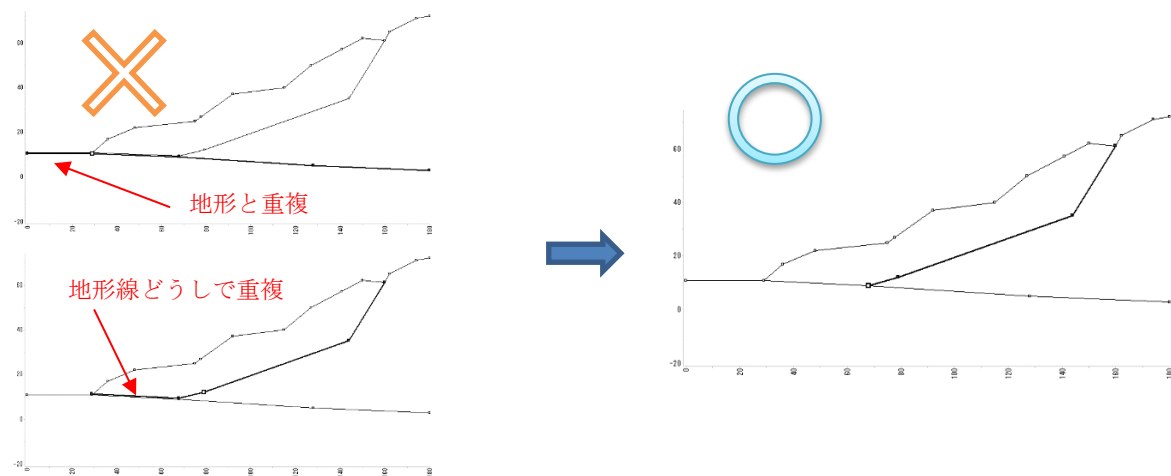
2.11. 地層認識がうまくいかないときは

本プログラムで安定計算をしようとする場合、事前に「地層認識」という作業が必要になります。地形や地層線を入力したのにうまく地層認識をしなくて、思い通りの断面図にならない場合があります。ここでは、地層認識できなかったときの注意事項を記載します。

(1) 地形線自体をポリゴンのように囲んでいる。

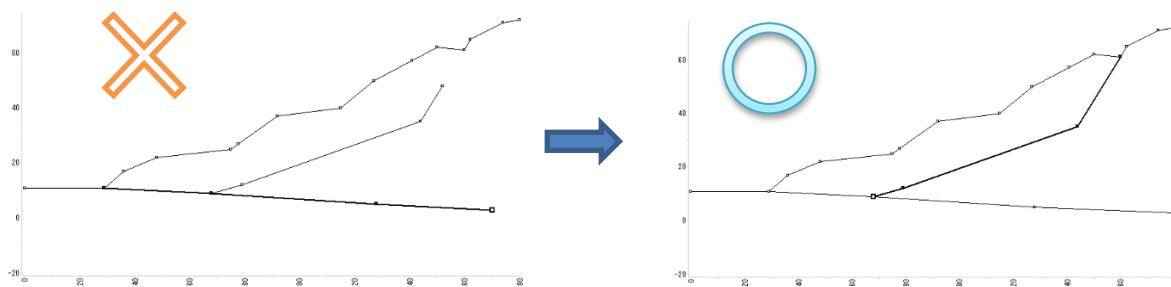


(2) 地層線は地形やその他の地層線と重なっている。(線が二重になっている)

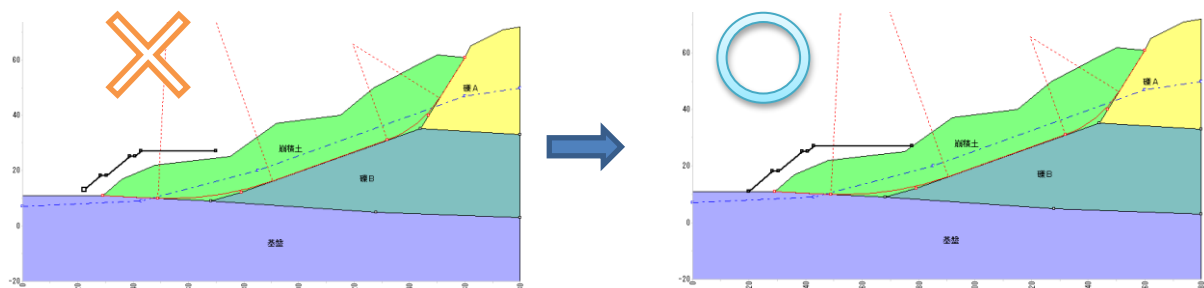


(3) 地層線の端点が中途半端な場所止まっている。

→ 地形やその他の地層境界との交点位置まで入力してください。または、地形の開始点か終了点の X 座標の位置まで入力してください。



(4) 基準地形に対して盛土・切土する場合に、計画地形の開始点と終了点が基準地形と交点（もしくは共有座標点）を持っていない。

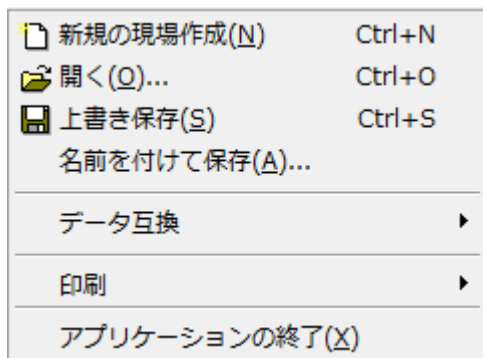


(空白ページ)

3. 基本操作説明

3.1. メニューの説明

3.1.1. [ファイル]メニューのコマンド



メニュー	説明
新規の現場作成	新しい現場ファイルを新規に作成します。
開く	既存の現場ファイルを読み込みます。
上書き保存	作業中の現場ファイルの内容を上書き保存します。
名前を付けて保存	作業中の現場ファイルに名前を付けて保存します。すでに同じファイル名が存在する場合、違うファイル名で保存するか、上書き保存のどちらかを選択します。別名で保存して新たに変更・修正などを加えれば、様々な断面の解析ができます。
データ互換	PowerSSA の旧バージョンファイル形式へのデータ保存や CAD データの入出力、および五大共通地形データ XML ファイルの入出力ができます。(この XML は五大開発製品どうしで断面データをやり取りするために使用します)CAD のファイル形式は、cfv、dxf/dwg、sxf (sfc/p21) に対応しています。
印刷	指定すべりの計算結果、および、入力座標を印刷することができます。 ※繰り返し円弧計算、対策工の印刷は、各結果表示画面にて印刷することができます。
最新のファイル	ここには最近使ったファイル名を表示します。上から最近使ったファイル名が追加、表示されます。10 個まで登録されますので、開きたいファイル名を選択することで、ファイルを開くことができます。
アプリケーションの終了	「PowerSSA」を終了します。

3.1.2. CADデータからの読み込み

cfv、dwg、dxf、sxf（sfc および p21）形式の CAD 図面ファイルから地形図面（計画地形、地層境界、水位線、すべり面の 4 要素）を読み込んで、計算に反映させることができます。

● 操作手順

(1) [ファイル]-[データ互換]-[CAD データ形式]-[読み込み] メニューを選択します。

(2) [ファイルを開く]ボタンをクリックします。

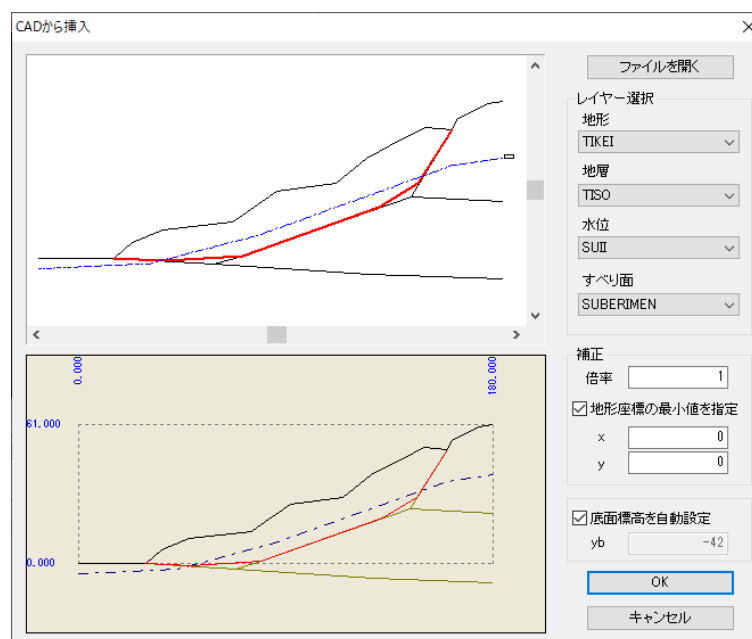
(3) ファイルの種類を選択します。

CRAFT5 形式を選択する場合は「ファイルの種類」を”CRAFT5 ファイル(*.cfv)”とします。DXF 形式を選択する場合は「ファイルの種類」を”DXF ファイル(*.dxf)”とします。このほかの種類のファイルも同様です。

(4) ファイルを選択します。

(5) レイヤーを選択します。

地形、地層、水位、すべり面が保存されているレイヤーを選択します。読み込みの必要のない要素は“(未設定)”としてください。



ここで、地形座標の最小値を指定することで、読み込んだ座標データを修正することが出来ます。（指定した X 座標および Y 座標の最小値からの距離に変換されます。）また、縮尺が合わない場合は、倍率を入力して補正して下さい。

なお、底面標高を指定することで、Y 座標の表示位置を指定できます。

(6) OK ボタンを押します。

読み込んだ結果、座標の位置がずれる場合は、[現場の設定] で座標軸の範囲を調整してください。

● CRAFT5 データ仕様(cfv 形式)

- ・地形、地層、水位は連続線であること。地形、水位は 1 つのレイヤーにつき 1 つの連続線を読み込みます。地層線は 1 つのレイヤーにつき複数の連続線を読み込みます。

- ・地形、水位については、1 つのレイヤー内に複数の図形要素がある場合、どの図形を読み込むのかが決まりませんので、正常に読み込むことができません。この場合は読み込み対象のレイヤー内に図形が 1 つになるよう、CAD データを編集してください。

- ・すべり面は 1 つのレイヤーに複数の連続線、単独線、円弧が混在している場合、接続して読み込まれます。

● DXF/DWG/SXF(sfc,p21 形式) データ仕様

- ・地形、地層、水位、すべり面はそれぞれ別のレイヤーに保存されている必要があります。
- ・地形、地層、水位の各要素は POLYLINE 図形である必要があります。
- ・すべり面は POLYLINE, LINE, ARC が混在していても読み込み可能です。
- ・地形、水位については、1つのレイヤー内に複数の図形要素がある場合、地形、水位については、1つのレイヤー内に複数の図形要素がある場合、どの図形を読み込むのかが決まりませんので、正常に読み込むことができません。この場合は読み込み対象のレイヤー内に POLYLINE 図形が1つになるよう、CAD データを編集する必要があります。

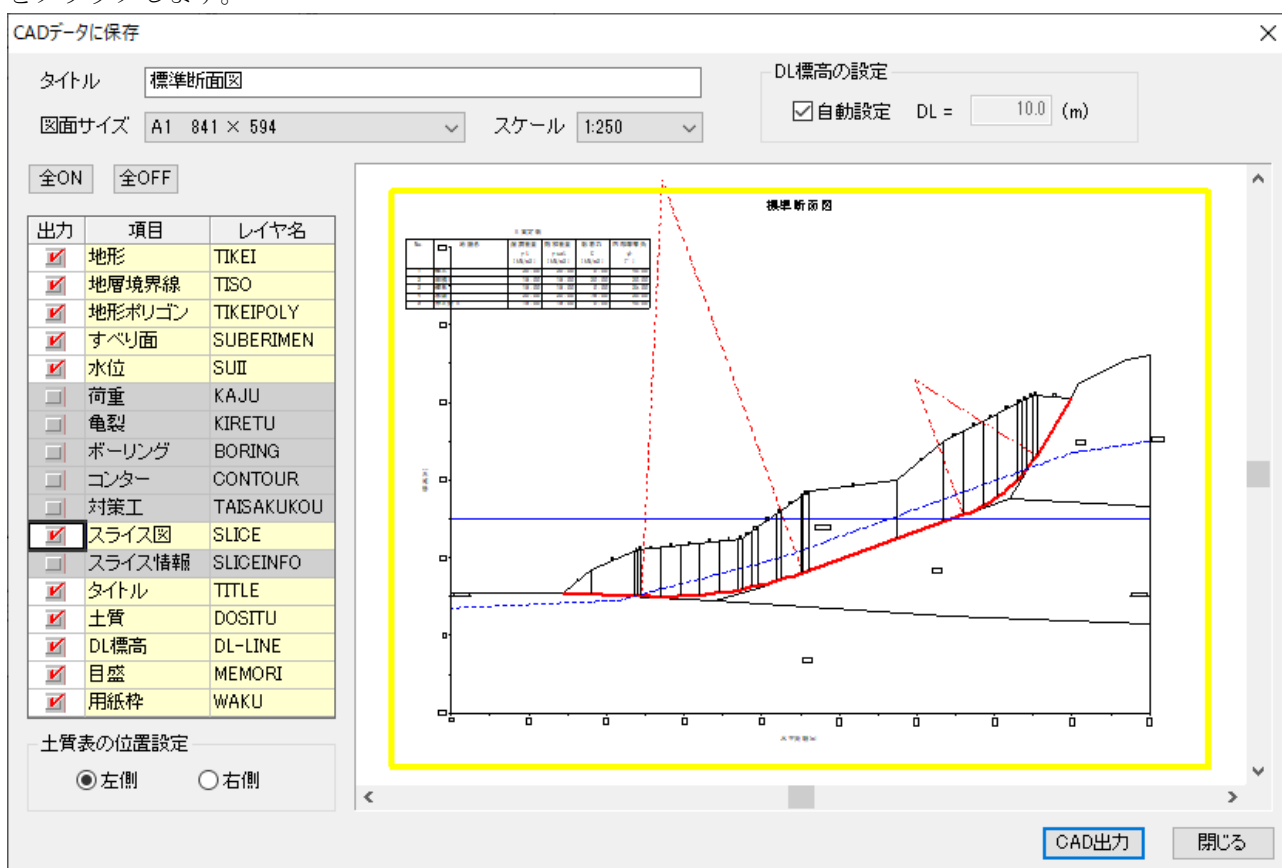
3.1.3. CADデータへの出力

作成したケースの断面を cfv、dwg、dxf、sxf (sfc および p21) 形式の CAD 図面ファイルとして出力することができます。

● 操作手順

(1) [ファイル]-[データ互換]-[CAD データ形式]-[保存] メニューを選択します。

(2) 「CAD データに保存」ダイアログが開きますので、出力したいレイヤを選択したら、[CAD 出力]ボタンをクリックします。



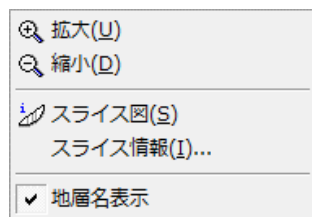
(3) ファイルの種類を選択して保存します。

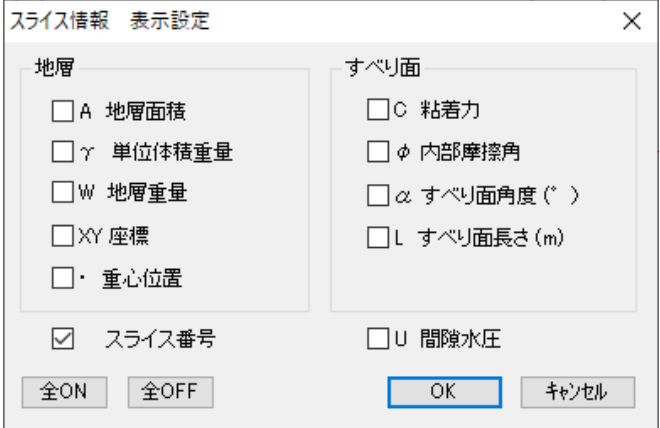
CRAFT5 形式を選択する場合は「ファイルの種類」を”CRAFT5 ファイル(*.cfv)”とします。DXF 形式を選択する場合は「ファイルの種類」を”DXF ファイル(*.dxf)”とします。このほかの種類ファイルも同様です。

PowerSSA で選択可能なレイヤは以下のとおりとなります。

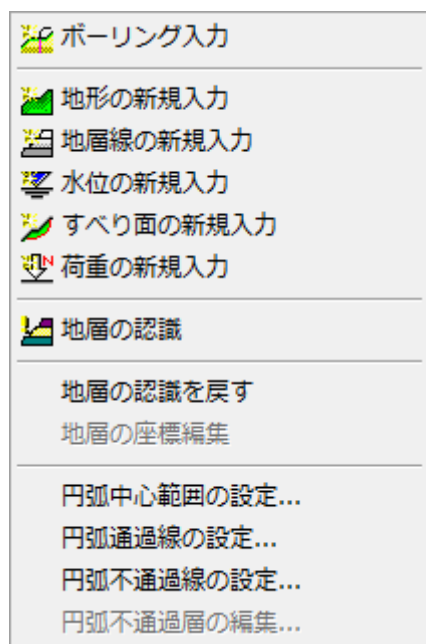
項目	レイヤ名	説明
地形	TIKEI	地形線を出力
地層境界線	TISO	地層境界線を出力
地形ポリゴン	TIKEIPOLY	地層認識された土質ごとの多角形線を出力
すべり面	SUBERIMEN	すべり面と補助線を出力
水位	SUII	水位線を出力
荷重	KAJU	荷重情報を出力
亀裂	KIRETU	亀裂線を出力
ボーリング	BORING	ボーリング情報の出力
コンター	CONTOUR	円弧範囲の出力
対策工	TAISAKUKOU	湛水関係線・アンカーの出力
スライス図	SLICE	スライス線・番号の出力
スライス情報	SLICEINFO	スライス情報の出力
タイトル	TITLE	タイトルの出力
土質	DOSITU	地層の一覧表を出力
DL 標高	DL-LINE	DL 標高を出力
目盛線	MEMORI	目盛線の出力
用紙枠	WAKU	用紙枠の出力

3.1.4. [表示]メニューのコマンド



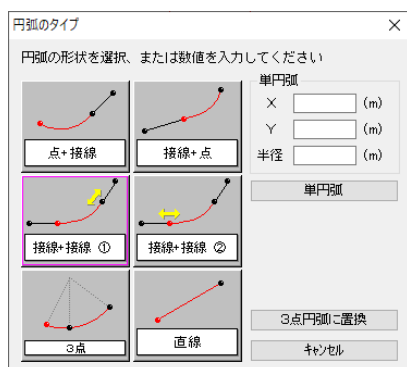
メニュー	説明
拡大	拡大したい領域をクリックすると、クリックした領域を中心に画面が拡大されます。
縮小	画面が縮小され、元のサイズに戻します。
スライス図	スライス分割図の表示／非表示の切り換えを行います。表示／非表示の状態は、入力画面、ケース画面別に設定できます。
スライス情報	<p>スライスの面積や重心、すべり面強度（C、ϕ）などを画面表示するスライス情報の項目を設定できます。</p> 
地層名を表示	地層名の表示／非表示を切り替えます。

3.1.5. [作成]メニューのコマンド



メニュー	説明
ボーリング入力	ボーリングデータの入力を行います。クリックすると、[ボーリング入力] ダイアログが表示され、データを入力することができます。(ボーリングデータは計算には使用されないため、必ずしも入力する必要はありません。)
地形の新規入力	新しい地形データを作成します。地形の入力ウィンドウが表示されますので、データを入力してください。
地層線の新規入力	新しい地層線データを作成します。地層線の入力ウィンドウが表示されますので、データを入力してください。
水位の新規入力	新しい水位データを作成します。水位の入力ウィンドウが表示されますので、データを入力してください。
すべり面の新規入力	新しいすべり面データを作成します。すべり面の入力ウィンドウが表示されますので、データを入力してください。また、すべり面の形状、および、すべり面強度についても設定してください。
荷重の新規入力	新しい荷重データを作成します。荷重の入力ウィンドウが表示されますので、データを入力してください。
地層の認識	地形および地層線の組み合わせから、各地層の領域を認識して計算できるようにします。
地層の認識を戻す	現在表示されている地層属性をクリアして、[地層の認識] をしていない状態に戻します。
地層の座標編集	既に地層認識済みの地層座標を編集します。
円弧中心範囲の設定	繰り返し円弧計算で使用する円弧の条件を設定します。
円弧通過線の設定	どうしてもすべり面を通過させたい区間を直線で設定することができます。複数設定した場合は、それらの直線をすべて通過する円弧のみが表示されます。 たとえばすべり面の頭部と末端の範囲が予想できる箇所などで使用すると便利です。
円弧不通過線の設定	どうしてもすべり面を通過させたくない区間を直線で設定することができます。 たとえば擁壁や矢板などの構造物の背面などで使用すると便利です。
円弧不通過層の編集	すべり面が形成されないと判断される地層を設定することができます。 たとえば堅硬な地盤などで使用すると便利です。

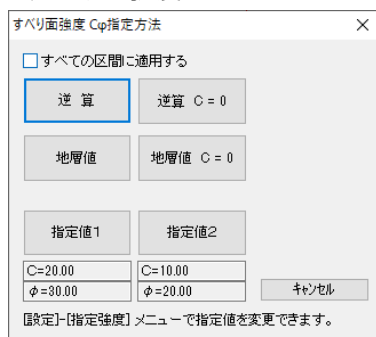
● すべり面の形状



すべり面のタイプとして、以下の7種類を用意しています。

円弧タイプ	説明
点+接線	1 直線に接する円弧が決まります。この場合、直線は必ず円弧より後にあることが前提です。
接線+点	上記と同様に 1 直線に接する円弧ですが、直線は必ず円弧より前にあることが前提です。
接線+接線①	2 直線に接する円弧が決まります。但し、円弧の終わりの接点が自動的に決まり、適切な円弧が求まります。
接線+接線②	2 直線に接する円弧が決まります。この場合は円弧の始まりの接点が自動的に決まります。
3 点	3 点を通る円弧が決まります。
単円弧	円弧の中心座標と半径を入力することにより円弧が決まります。
直線	2 点を通る直線が決まります。

● すべり面強度



解析に用いるすべり面強度の決定方法を選択します。区間毎に違うすべり面強度を指定できますが、初期値は逆算が設定されています。他の種類を設定したい場合には、**強度**ボタンをクリックすると「すべり面強度 C φ 指定方法」ダイアログが表示されます。

「すべての区間に適用する」チェックボックスをあらかじめONにしておくと、選択した値がすべての区間で設定されます。

すべり面強度の指定方法として、以下の6種類を用意しています。

すべり面強度	説明
逆算	該当する区間のすべり面強度を逆計算により求めます。
逆算 C=0	粘着力Cは0として、内部摩擦角φを逆計算により求めます。
地層値	入力された地層固有の値を用います。
地層値 C=0	入力された地層値を用いるが粘着力Cは0とします。
指定値 1	該当する区間のすべり面強度は入力された指定値 1 を用います。
指定値 2	該当する区間のすべり面強度は入力された指定値 2 を用います。

※**指定値 1**、**指定値 2**は、値を設定していなければ使用できませんので事前に登録しておいてください。

● 荷重の入力画面

荷重は、分布荷重と集中荷重を入力することができます。ケース登録時に荷重を考慮しない場合には、入力欄を空白のままにします。

分布荷重は、両端にそれぞれ荷重を設定することができますので、台形分布にすることも可能です。

集中荷重は、角度を設定できます。

載荷条件は、常時、地震時それぞれに考慮するかどうかの設定ができます。

設定した荷重は、安定計算式の抵抗力、滑動力それぞれに加算するかどうかの設定ができます。

荷重名 荷重 1

載荷条件
☒ 常時 ☒ 地震時

種類選択
☒ 分布荷重
☐ 集中荷重

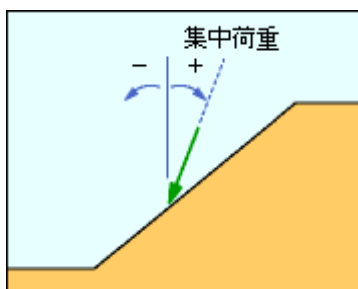
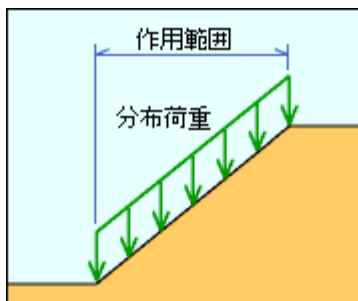
算出式
☒ 抵抗力に加算
☒ 滑動力に加算

荷重角度
☒ 鉛直
☐ 右方向
☐ 左方向
☐ 角度入力
 0.0 (°)

作用範囲 X = 115.000 ~ 127.000 (m)
 分布荷重 q = 5.8 ~ 5.8 (kN/m²)

のり枠重量の入力補助

※現在選択されている地形に対して、のり枠重量を求めます。



のり枠の重量を上載荷重として計上するには、**のり枠重量の入力補助**ボタンをクリックします。枠断面、スパン長などを入力することにより、分布荷重 q を自動で計算します。計算書の出力も可能です。

のり枠重量の入力補助

対象地形 原地形

作用範囲 X = 115.000 ~ 127.000 (m) のり長 L = 15.620 (m)

枠断面および中詰材の厚さ
 枠幅 b = 400 (mm) 参考値
 枠高 h = 400 (mm)
 中詰材の厚さ he = 100 (mm) ☒ 中詰材を考慮

枠の外形
 横枠のスパン長 lx = 2.000 (m)
 縦枠のスパン長 ly = 2.000 (m)

単位体積重量
 のり枠 γc = 23.0 (kN/m³) 参考値
 中詰材 γe = 18.0 (kN/m³) 参考値

地形線あたりの分布荷重 4.46 (kN/m²)
 スライス幅あたりの分布荷重 q = 5.8 (kN/m²)

計算書印刷 代入 閉じる

印刷プレビュー

印刷 Word出力 拡大 縮小 1 / 1 閉じる

のり枠重量計算書

計算書の内容がプレビュー表示されています。

● 円弧中心範囲の設定

新規 - 中心範囲の設定

中心範囲のデータ名
 中心 + 通過範囲

中心範囲と半径の指定方法

☐ 中心範囲 + 円弧の半径
☐ 中心範囲 + 深度
☐ 中心範囲 + 通過点1つ
☐ 通過点2つ + 円弧の半径
☒ 中心範囲 + 円弧の通過範囲

OK キャンセル

円弧の指定方法は次の 5 種類です。

円弧範囲	説明
中心範囲+円弧の半径	円弧の中心と半径を直接設定します。
中心範囲+深度	円弧の中心と深度を設定します。 中心点から最短距離にある地表面点を自動選点し、そこから設定した深度となる円の半径を求めます。
中心範囲+通過点 1 つ	円弧の中心と円弧が必ず通る 1 点を設定します。 どうしても円弧を通過させたい 1 点がある場合に有効です。
通過点 2 つ+円弧の半径	円弧が必ず通る 2 点と半径を設定します。
中心範囲+円弧の通過範囲	円弧の中心と通過する範囲を設定します。 通過する範囲は、設定した 2 点からなる直線で表されます。つまり、この線と交差する円弧が計算対象となります。

● 円弧通過線の設定、円弧不通過線の設定、円弧不通過層の編集

円弧通過線および不通過線の設定を行って繰り返し円弧計算の円弧通過範囲を制御します。マウス入力もできます。不通過層の設定では、設定欄にチェックを入れた地層を円弧すべり面が通過しないようにします。

通過線

通過線名

円弧通過線の範囲 (マウス入力できます)

	X座標	Y座標
開始点	55.000	37.000
終了点	36.500	27.000

OK キャンセル

不通過線

不通過線名

円弧不通過線の範囲 (マウス入力できます)

	X座標	Y座標
開始点	28.500	17.000
終了点	28.500	10.000

OK キャンセル

不通過層の編集

【設定】がオンの地層には、すべり面が通過しません。

	【設定】	地層名	表示色
1	<input type="checkbox"/>	土砂	
2	<input type="checkbox"/>	軟岩(強風化)	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	硬岩	

OK キャンセル

作成メニューのコマンドについては、[構成要素ウィンドウ] の各名称部分を右クリックすることにより表示されるポップアップメニューからも設定することができます。

繰り返し円弧

状態

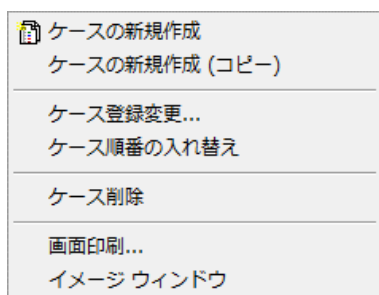
- [-] 繰り返し円弧
 - [-] 中心範囲 1
 - [-] 中心+通過範囲 【設定】
 - [-] 通過線 1
 - [-] 通過線1 【設定】
 - [-] 不通過線 1
 - [-] 不通過線1 【設定】
 - [-] 不通過層 3
 - [-] 土砂 【未設定】
 - [-] 軟岩(強風化) 【未設定】
 - [-] 硬岩 【設定】

構成要素 円弧すべり

ポップアップメニュー

【設定】にする
編集...

3.1.6. [ケース]メニューのコマンド

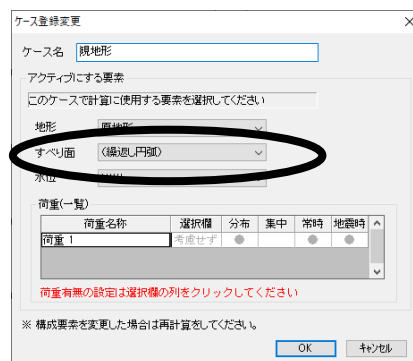
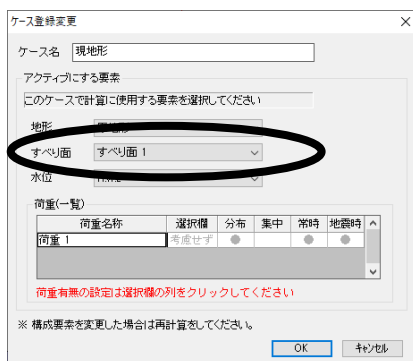


メニュー	説明
ケースの新規作成	地形、すべり面、水位、荷重を組み合わせる新しいケースを作成します。
ケースの新規作成 (コピー)	選択中のケース断面と同じ構成要素でケースを別途作成します。
ケース登録変更	すでに追加されているケースの内容を変更することができます。
ケース順番の入れ替え	すでに登録されているケースの順番を変更します。
ケース削除	すでに追加されているケースを削除します。
画面印刷	現在選択されているケースの断面図を印刷します。
イメージウィンドウ	断面図と写真画像を重ね合わせて合成画像を作成できます。

● ケース登録について

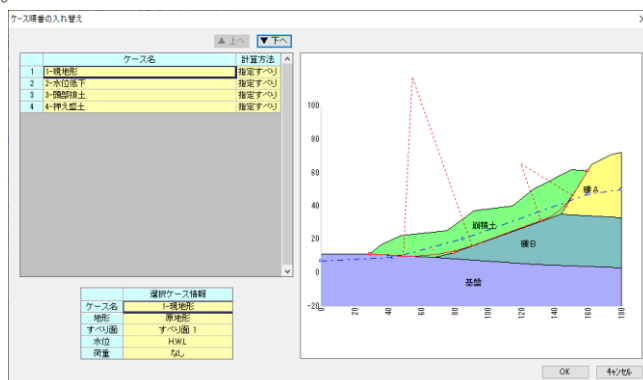
ケースには、「指定すべり計算用」と「繰り返し円弧計算用」の2種類があります。

すべり面として（繰り返し円弧）を選択すると「繰り返し円弧計算用」ケースとなります。



● ケース順番の入れ替えについて

ケース順番の入れ替えメニューを実行すると、以下のダイアログが出てきますので、[▲上へ][▼下へ]ボタンを利用してケースの順番を入れ替えます。



● イメージウィンドウについて

イメージウィンドウは、現在選択されているケースの断面図と写真画像を重ね合わせて合成画像を作成できます。作成した画像はクリップボードを介してワープロなどに貼り付けできるほか、**JPEG** ファイルへの書き出しが可能です。操作の際は、あらかじめケース断面の現場写真を用意しておく必要があります。読み込み可能なファイル形式は **JPG、TIF、BMP、GIF、PNG** ファイルです。

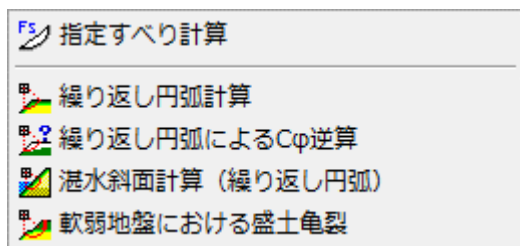
なお、ウィンドウのフレームを操作することで、断面図および背景画像を拡大または縮小することができます。



○ メニューの説明

[ファイル] メニュー		説明
背景画像の選択		あらかじめ用意した現場写真を読み込みます。読み込み可能なファイル形式は JPG、TIF、BMP、GIF、PNG ファイルです。
画像を JPG 形式で保存		編集した合成写真を JPG 形式で保存します。
閉じる		イメージウィンドウを終了します。
[表示] メニュー		説明
縮小		断面図と背景画像を縮小します。
全画面		現在のウィンドウサイズの範囲で全画面表示します。
画像を反転		背景画像を反転します。
[編集] メニュー		説明
断面位置の補正		断面図の四隅に編集ポイントが表示され、それらをマウスの左クリックでドラックすることで、断面図の形状を自由に編集できます。
位置をリセット		断面図四隅の編集ポイントをリセットします。
クリップボードにコピー		編集した合成写真をクリップボードにコピーします。 Word や Excel などに貼り付けることができます。

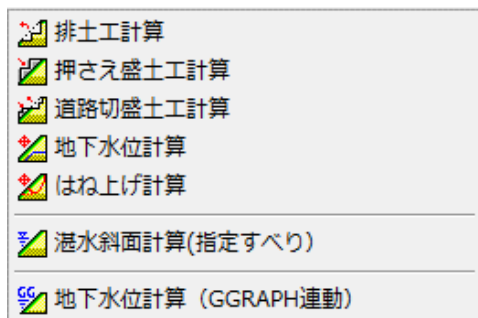
3.1.7. [計算]メニューのコマンド



メニュー	説明
指定すべり計算	指定すべりにおける計算式の選択、計算条件の設定、安定計算を行います。
繰り返し円弧計算	繰り返し円弧による安定計算を行います。
繰り返し円弧による Cφ 逆算	不明層の Cφ を算出するために、繰り返し円弧による逆計算を行います。
湛水斜面計算 (繰り返し円弧)	湛水位の変化 (上昇・下降) にあわせて、繰り返し円弧による安定計算を行います。 (「PRO」のみの機能です。)
軟弱地盤における盛土亀裂	軟弱層の沈下によって引き起こる盛土層の亀裂を考慮した円弧すべり安定計算を行います。 (「PRO」のみの機能です。)

3.1.8. [自動計算]メニューのコマンド

「PRO」のみの機能です。

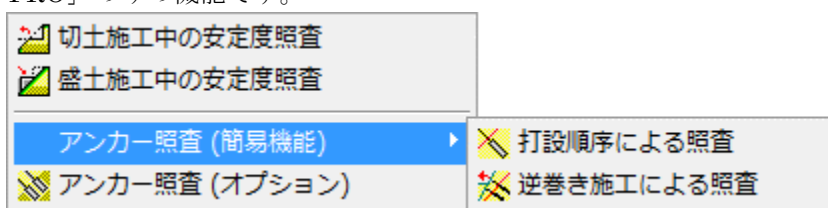


メニュー	説明
排土工計算	切土形状のトライアル条件を入力して安定計算を行います。
押さえ盛土工計算	盛土形状のトライアル条件を入力して安定計算を行います。
道路切盛土工計算	道路両脇の切土形状、盛土形状のトライアル条件を入力して安定計算を行います。
地下水位計算	地下水位の変化状態のトライアル条件を入力して安定計算を行います。
はね上げ計算	はね上げ形状のトライアル条件を入力して安定計算を行います。
湛水斜面計算 (指定すべり)	湛水位の変化 (上昇・下降) のトライアル条件を入力して安定計算を行います。
地下水位計算 (GGRAPH 連動)	GGRAPH の観測日時別の地下水位データを読み込んで、安定計算を行います。 (地下水位の保存データは GGRAPH Ver3 以上対応です。)

※自動計算は、指定すべり計算で求めた計算結果を使って行います。よって、あらかじめ指定すべり計算を実行しておく必要があります。

3.1.9. [設計・施工照査]メニューのコマンド

「PRO」のみの機能です。

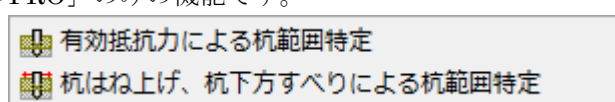


メニュー	説明
切土施工中の安全率照査	切土施工中の各切土標高ごとの安全率を照査します。(※注)
盛土施工中の安全率照査	盛土施工中の各盛土標高ごとの安全率を照査します。(※注)
アンカー照査 (簡易機能)	グラウンドアンカー工を考慮した計算を照査します。指定すべり計算のみ使用可能です。
打設順序による照査	グラウンドアンカー工を考慮した計算を打設本数ごとに照査します。
逆巻き施工による照査	切土しながらグラウンドアンカー工を施工する場合の、各施工段階ごとの安全率を照査します。(※注)
アンカー照査 (オプション)	グラウンドアンカー工を考慮した計算を照査します。計画地形での安全率照査、打設順序による照査、逆巻き施工による照査ができます。上の簡易機能にはない、繰り返し円弧における照査も可能です。この機能はオプションであり、PRO 版を購入されている方でも、別途ライセンスが必要になります。

(※注) これらの照査は指定すべり計算の施工前と施工後の地形を使用します。指定すべり計算で求めた計算結果を使って行うため、あらかじめ双方の指定すべり計算を実行しておく必要があります。

3.1.10. [杭範囲]メニューのコマンド

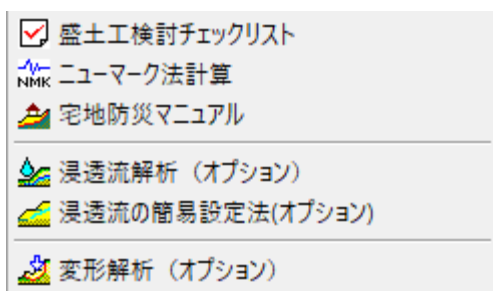
「PRO」のみの機能です。



メニュー	説明
有効抵抗力による杭範囲特定	有効抵抗力図と杭範囲の設置可能領域を示す図が表示されます。
杭はね上げ、杭下方すべりによる杭範囲特定	杭位置のトライアル条件を入力して、杭はね上げ、杭下方のすべりに対して安定計算を行います。

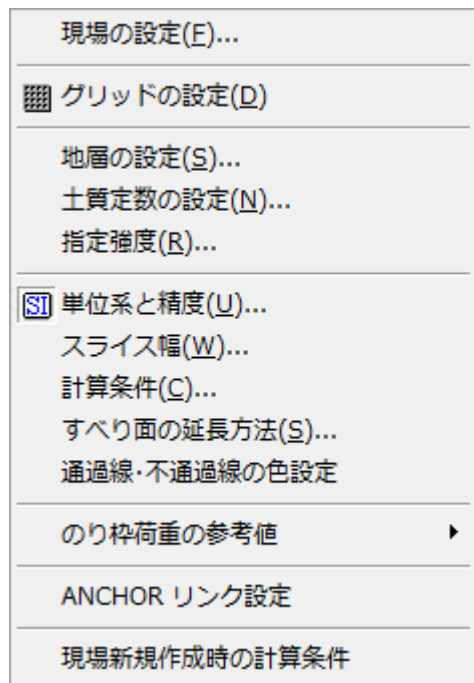
(※注) 杭範囲は、指定すべり計算で求めた計算結果を使って行います。よって、あらかじめ指定すべり計算を実行しておく必要があります。

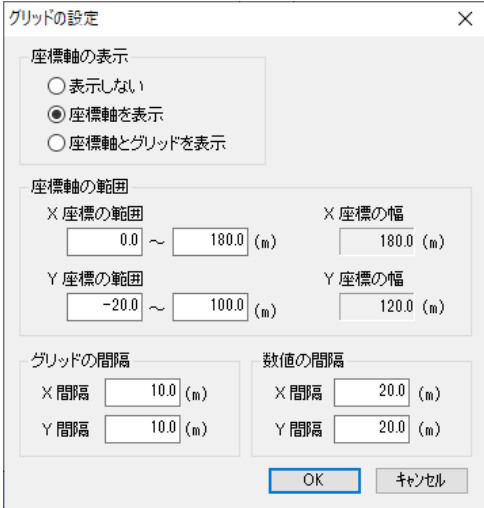

3.1.11. [盛土工計算]メニューのコマンド



メニュー	説明
盛土工検討チェックリスト	どのような検討方法が必要であるかを誘導していく機能です。打ち合わせから納品資料としてチェックリストを出力します。
ニューマーク法計算	決定した円弧に対して、地震波形による変形量の照査を行います。
宅地防災マニュアル	宅地防災マニュアル(二次元の分割法)の計算を行います。指定すべり計算のみ使用可能です。
浸透流解析(オプション)	降雨時の地下水位の変化を FEM 解析で推定します。また、同時にすべり面の安定性も照査することができます。
浸透流の簡易設定法(オプション)	盛土内の地下水位を簡易設定法で設定します。設定した水位を登録することができます。
変形解析(オプション)	盛土の施工時および常時の変形解析を行います。

3.1.12. [設定]メニューのコマンド



メニュー	説明
現場の設定	現場名、測線名、備考、座標軸の範囲を設定します。
グリッドの設定	<p>画面に表示されるグリッドの設定を行います。座標軸の表示、座標軸の範囲、グリッドの間隔、数値の間隔を設定します。</p> 
地層の設定	<p>認識された地層に対して、名称や土質定数、画面での表示色などを設定します。あらかじめ、「地層の認識」を実行しておく必要があります。</p>  <p>＜強度増加係数＞</p> <p>強度増加係数の考慮をオンにした場合、$C = C_0 + (H - \text{すべり面 } y \text{ 座標}) \times k$ としてスライスごとに粘着力 C が計算されます。</p>

土質定数の設定

よく使う土質定数をあらかじめ設定しておくことができます。ここで設定した値は、地層の設定時に参照、取得することができます。従来単位、SI 単位でそれぞれ 20 個まで設定できます。

出荷時に初期値としていくつか設定されています。ただし、明確な根拠がありませんのでご使用に際して確認の上、必要に応じて修正してください。

土質定数のリスト

SI 単位 SI単位と従来単位で別々に登録する必要があります。

	種類	湿潤重量 (kN/m ³)	飽和重量 (kN/m ³)	内部摩擦角 (°)	粘着力 (kN/m ²)	強度増加 係数
1	礫A	20.00	20.00	40.00	0.00	0.00
2	礫B	18.00	18.00	35.00	0.00	0.00
3	砂礫A	21.00	21.00	40.00	0.00	0.00
4	砂礫B	19.00	19.00	35.00	0.00	0.00
5	砂A	20.00	20.00	35.00	0.00	0.00
6	砂B	18.00	18.00	30.00	0.00	0.00
7	砂質土A	19.00	19.00	30.00	30.00	0.00
8	砂質土B	17.00	17.00	25.00	0.00	0.00
9	粘性土A	18.00	18.00	25.00	50.00	0.00
10	粘性土B	17.00	17.00	20.00	30.00	0.00
11	粘性土C	16.00	16.00	15.00	15.00	0.00
12	粘土A	17.00	17.00	20.00	50.00	0.00
13	粘土B	16.00	16.00	15.00	30.00	0.00
14	粘土C	14.00	14.00	10.00	15.00	0.00
15	関東ローム	14.00	14.00	5.00	30.00	0.00
16						
17						
18						
19						
20						

OK キャンセル

指定強度

すべり面の強度定数（粘着力と内部摩擦角）について 2 組の指定値を設定することができます。部分的に地盤改良を行ったとき、押さえ盛土の C, ϕ を指定したい時などにお使いください。

指定強度の設定

指定強度 1

粘着力 $C =$ (kN/m²) 内部摩擦角 $\phi =$ (°)

指定強度 2

粘着力 $C =$ (kN/m²) 内部摩擦角 $\phi =$ (°)

OK キャンセル

単位系と精度

SI 単位系と従来単位系との切り替え、数値の丸め方、安全率・抑止力・粘着力・内部摩擦角の小数点以下有効桁数、スライス計算時の有効桁数、逆算時の値の丸め切り上げオプション(C,tan ϕ)を設定します。

※スライスの有効桁数 2 桁は弊社ソフト”補強土”と同等の精度になります。

スライス幅

スライス分割される位置は通常、地形、水位、すべり面、荷重の各変化点、亀裂、各構成要素の交点などです。スライス最大幅を有効にすると、それらに加えて設定した最大幅を超えない位置でさらにスライス分割します。この設定は、すべり面形状が“円弧”の範囲で適用されます。

計算条件

間隙水圧、地下水位線などに関する設定を行います。

計算条件の設定 ×

Fellenius法

N - U < 0.0 の場合 ☐ そのまま
☒ N - U = 0.0 とする

水位線

自動計算で水位線が地形より上になる場合 ☐ そのまま
☒ 水位を地形に合わせる

C, φ 逆算値

"C = h" に設定するとき ☐ h = 最大層厚
☒ h = 平均層厚

水の単位体積重量

$\gamma_w =$ (kN/m³)

ニューマーク法の計算条件

☒ 降伏震度 $K_y < 0.0$ のとき $K_y = 0.0$ として計算する

震度係数換算
 $(K_h, K_v = 1.0) \Leftrightarrow$ (gal)

OK キャンセル

すべり面の延長方法

「指定すべり計算」において、盛土などによりすべり面の開始点・終了点が地中内となった場合に、すべり面をどのように地表まで延長するかを設定します。

すべり面の延長方法 ×

末端の延長方法

☒ 形状を変更しないで延長
☐ 直線
☐ 直線 (指定角度)
☐ 直線 (末端の角度+指定角度)

指定角度 (°)

延長した部分の強度 (末端)

☒ 強度を変更しないで延長

末端の強度

頭部の延長方法

☒ 形状を変更しないで延長
☐ 直線
☐ 直線 (指定角度)

指定角度 (°)

延長した部分の強度 (頭部)

☒ 強度を変更しないで延長

頭部の強度



OK キャンセル

通過線・不通過線の色設定

繰り返し円弧計算において、通過線および不通過線を設定した場合に表示する線の色を設定します。

通過線・不通過線の色設定 ×

線の色設定

	設定色
通過線の色	
不通過線の色	

OK キャンセル

のり枠荷重の参考値

「のり枠重量の入力補助」で使用する参考値（標準枠断面など）を登録することができます。

標準枠断面の登録

	枠幅 (mm)	枠高 (mm)	有効高 (mm)	備考
1	150	150	105	標準枠スパン 1.150m×1.150m
2	200	200	155	標準枠スパン 1.200m×1.200m
3	300	300	235	標準枠スパン 2.000m×2.000m
4	400	400	315	標準枠スパン 2.000m×2.000m
5	500	500	410	標準枠スパン 3.000m×3.000m
6	600	600	510	標準枠スパン 3.000m×3.000m
7				
8				
9				
10				

初期値に戻す OK キャンセル

ANCHOR リンク設定

ANCHOR プログラムと連携するには、「ANCHOR プログラムのリンク先」を設定しておく必要があります。ANCHOR プログラムのプロテクトキーをセットしてから、[選択]ボタンをクリックして、ANCHOR プログラムを選択してください。
ANCHOR Ver16 の場合、通常は次のファイルをリンク先として指定します。
「C:\¥5dai¥ANCHORVer16¥ANCHOR16.exe」

連携できる ANCHOR のバージョンは Ver6.03 以上です。

ANCHORリンク設定

“ANCHOR”プログラムのリンク先 選択 リンク解除

C:\¥5dai¥ANCHORVer16¥ANCHOR16.exe

＜この機能について＞
“ANCHOR”プログラムとリンクすることで、アンカー照査(オプション)のアンカー配置やデンドン設定(簡易機能含む)が、スムーズに行えるようになります。
アンカー工設計算システム「ANCHOR」(別売り)をお持ちの方は、ANCHOR インストール先の「ANCHOR**.exe」を選択してください。
(**はお持ちのバージョンの数値になります)
【リンク先の選択例】
C:\¥5dai¥ANCHORVer**¥ANCHOR**.exe

OK キャンセル

現場新規作成時の
計算条件

現場を新規に作成するときの計算条件の初期設定を行います。
現場作成した後に計算条件を変更する場合は、前述の「計算条件」で行います。

現場新規作成時の計算条件

Fellenius法
N - U < 0.0 の場合 ☐ そのまま ☒ N - U = 0.0 とする

水位線
自動計算で水位線が地形より上になる場合 ☐ そのまま ☒ 水位を地形に合わせる

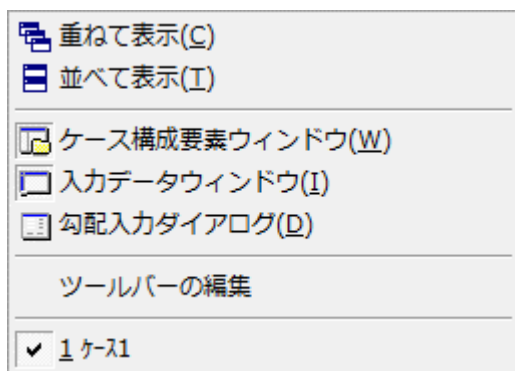
C, φ 逆算値
“C = h”に設定するとき ☐ h = 最大層厚 ☒ h = 平均層厚

水の単位体積重量
γ_水 = (kN/m³)

ニューマーク法の計算条件
☒ 降伏震度 Ky < 0.0 のとき Ky = 0.0 として計算する
震度係数換算
(Kh, Kv = 1.0) ⇔ (gal)

初期状態に戻す OK キャンセル

3.1.13. [ウィンドウ]メニューのコマンド



メニュー	説明
重ねて表示	すべての[作図ウィンドウ]を重ねて表示します。
並べて表示	すべての[作図ウィンドウ]を並べて表示します。
ケース構成要素ウィンドウ	[ケース構成要素ウィンドウ]の表示／非表示を切り替えます。
入力データウィンドウ	[入力データウィンドウ]の表示／非表示を切り替えます。
勾配入力ダイアログ	のり勾配やのり高、小段幅を設定して地形データを作成することができます。

勾配入力の方法

勾配入力

開始座標

X

20.000 (m)

のり面

Y

11.000 (m)

小段

のり勾配

1:

1.200

削除

のり高

7.000 (m)

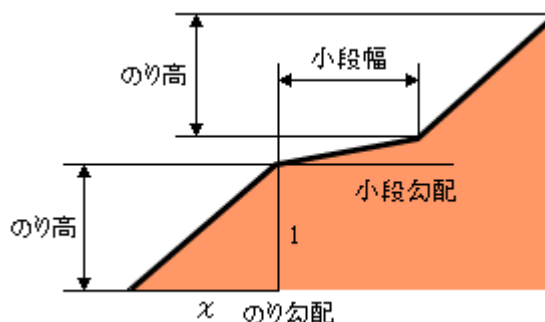
小段幅

2.000 (m)

小段勾配

0.00 (%)

終了






開始座標は地形入力開始点の水平距離と標高です。**のり面**ボタンでのり肩の座標を決定します。**小段**ボタンでのり尻の座標を決定します。**削除**ボタンは座標を一つ削除して、一つ前の座標に戻ります。**終了**ボタンで[勾配入力]ダイアログを閉じます。

メニュー	説明
ツールバー	ツールバーの表示／非表示を切り替えます。
[入力画面]、[ケース名 1]、...	入力画面、およびケース画面の表示を切り替えます。また[作図ウィンドウ]下部のタブによっても切り替えができます。

ツールバー	機能
ファイル 	(左から) ケースの新規作成、開く、保存、印刷
表示 	(左から) 拡大、縮小、スライス図、グリッドの設定、構成要素ウィンドウ、 入力データウィンドウ、単位系と精度
作成 	(左から) マウス入力、地形の新規作成、地層線の新規作成、水位の新規作成、 すべり面の新規作成、荷重の新規作成、ボーリング入力、地層の認識
計算 	(左から) 指定すべり計算、繰り返し円弧計算、繰り返し円弧による Cφ 逆算、 湛水斜面計算(繰り返し円弧)、盛土亀裂計算
自動計算 	(左から) 排土工計算、押さえ盛土工計算、道路切盛土工計算、地下水位計算、 はね上げ計算、湛水斜面計算(指定すべり)、 地下水位計算(GGRAPH 連動)
設計・施行照査 	(左から) 切土施工中の安定度照査、盛土施工中の安定度照査、 アンカー照査(簡易機能) - 打設順序による照査、逆巻き施工による照査 アンカー照査(オプション)
杭範囲 	(左から) 有効抵抗力による杭範囲特定 杭はね上げ、杭下方すべりによる杭範囲特定
盛土工計算 	(左から) 盛土工検討チェックシート、ニューマーク法、宅地防災マニュアル、浸透流 解析、 浸透流簡易設定、変形解析

3.1.14. [ヘルプ]メニューのコマンド

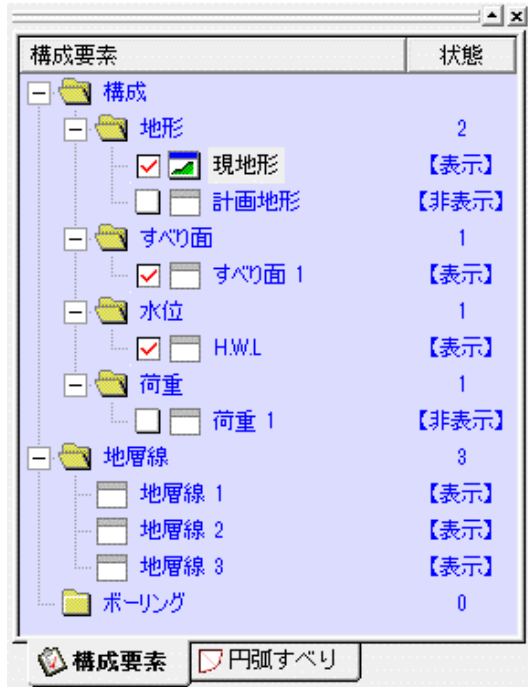
 取り扱い説明書(PDF)
サポートページ
 土木情報サービス「いさぼうネット」
アップデート確認
バージョン情報...
ライセンス認証/解除

メニュー	説明
取り扱い説明書 (PDF)	ヘルプを表示します。操作手順などを見ることができます。
サポートページ	インターネットへの接続が可能な環境であれば、弊社のホームページへアクセスできます。最新情報、FAQ などのサポート情報を掲載していますので、ぜひご覧ください。
土木情報サービス 「いさぼうネット」	インターネットへの接続が可能な環境であれば、土木情報サービス「いさぼうネット」へアクセスできます。最新情報、工法カタログなどの技術情報を掲載していますので、ぜひご覧ください。
アップデート確認	修正版がリリースされているかどうかを確認できます。
バージョン情報	<p>「PowerSSA」のバージョン情報を表示します。</p> 
ライセンス認証/解除	<p>(インターネット経由でのライセンス認証時のみ)</p> <p>インターネット経由でライセンスを所有している場合は、[ヘルプ]—[ライセンス認証/解除]で本ソフトを使用できるコンピュータを変更することができます。詳細は(別添)セットアップガイドを参照してください。</p>

3.2. ケース構成要素ウィンドウ

〔ケース構成要素ウィンドウ〕は、〔構成要素〕タブと〔円弧すべり〕タブからなるデータを表示するウィンドウです。

3.2.1. 〔構成要素〕タブ

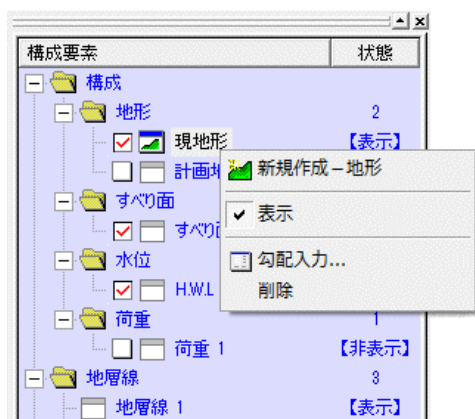


〔構成要素〕タブには、ケースに使われるすべての要素データ（地形、すべり面、水位、荷重、地層線、ボーリング）をツリービュー（階層表示）で表示します。また〔作図ウィンドウ〕が〔入力画面〕タブ以外の場合は、そのケースにおける各要素データの組み合わせを

➡（〔アクティブ〕な状態）で表しています。

まず、すべての要素データは、「構成」、「地層線」、「ボーリング」の各フォルダに分けられています。「構成」フォルダには「地形」、「すべり面」、「水位」、「荷重」フォルダに分けられています。その下にそれぞれの各要素データがあります。ちなみに「地層線」フォルダには地層線の要素データが、「ボーリング」フォルダにはボーリングの要素データがあることを表しています。各フォルダの前には、そのフォルダが閉じていることを表す \square と開いていることを表す \square があります。ここをマウスによりクリックすることで切り替えることができます。要素データが多すぎて見づらい場合にはフォルダを閉じた状態にすれば見やすくなります。各要素データをクリックすると、連動して〔作図〕ウィンドウの要素データの図形は強調表示され、〔入力データ〕ウィンドウには、対応する種類の要素の座標データを表示します。

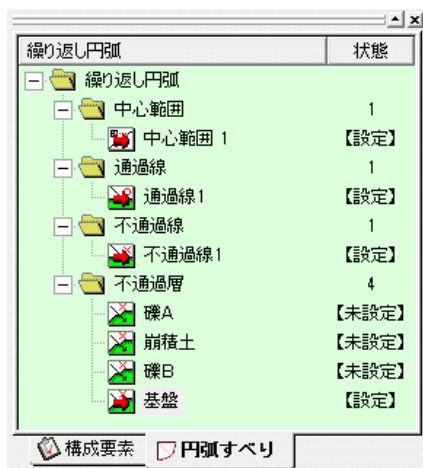
要素データを表すアイコンの前には、チェックを付ける箇所があります。ここをマウスによりクリックすれば要素データの図形を表示するかしないかを切り替えることができます。ただし〔作図〕ウィンドウの〔入力画面〕タブを選択の場合のみ切り替えが可能です。用途に応じて切り替え、その状態はコラム（ツリービュー上のバー）の〔状態〕欄に表示されます。〔状態〕には、〔表示〕、〔非表示〕、〔アクティブ〕があります。〔表示〕、〔非表示〕は、要素データを〔図形〕ウィンドウに表示されているか、されていないかの状態を表します。〔アクティブ〕は、ケースの組み合わせとして選択されているかどうかを表します。また各フォルダ横には、そのフォルダにある要素データの数を表しています。



各要素データを選択した後、右クリックすると図のようなポップアップメニューが表示されます。なお選択した要素データの種類により、メニューの内容が多少変わります。

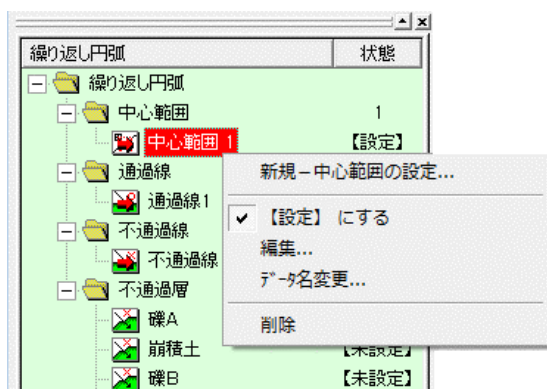
3.2.2. [円弧すべり]タブ

「円弧すべり」タブには、繰り返し円弧計算に必要な設定データをツリービュー（階層表示）で表示します。この「円弧すべり」タブは、「入力画面」または「繰り返し円弧ケース」がアクティブな時のみ選択可能です。



「円弧すべり」タブには、繰り返し円弧の構成要素として、「中心範囲」「通過線」「不通過線」「不通過層」の各フォルダがあり、その中にデータを含んでいます。各データの状態は「設定」、[未設定] のどちらかです。繰り返し円弧の構成要素を有効にするには、そのデータをクリックして「設定」の状態にする必要があります。

「通過線」「不通過線」「不通過層」は複数のデータを「設定」状態にすることができます。「中心範囲」は1個のデータを「設定」状態にすることができます。



各要素データを選択した後、右クリックすると図のようなポップアップメニューが表示されます。なお選択した要素データの種類により、メニューの内容が多少変わります。

3.3. 入力データウィンドウ

〔入力データ〕ウィンドウは、〔地形〕タブ、〔地層線〕タブ、〔すべり面〕タブ、〔水位〕タブ、〔荷重〕タブからなる要素データのデータ名、座標データを表示するウィンドウです。



	X座標 (m)	Y座標 (m)
1	20.000	11.000
2	29.000	11.000
3	36.000	17.000
4	48.000	22.000
5	75.000	25.000
6	92.000	37.000
7	115.000	40.000
8	127.000	50.000
9	142.000	56.000

〔入力データ〕ウィンドウは、現在編集集中の要素データを表示しており、〔作図〕ウィンドウには要素データの図形データが強調表示に、〔ケース構成要素〕ウィンドウにはその要素データが選択されたりとそれぞれ連動しています。〔作図〕ウィンドウが〔入力画面〕タブを選択の場合のみ入力可能です。基本的に〔地形〕タブ、〔地層線〕タブ、〔すべり面〕タブ、〔水位〕タブの4つのタブはほぼ同じ入力動作をします。〔荷重〕タブのみ入力方法が違います。

すべてのタブにおいて、「〇〇名」には各要素のデータ名を入力すると、名前の変更ができます。その下には、要素データの座標が表形式で表示されており、キーボードやマウスにより座標値を入力できます。

〔入力データ〕ウィンドウの〔荷重〕タブ以外では、マウスの右クリックにより、以下のようなポップアップメニューが表示されます。座標データを入力する際の支援機能のコマンドがあります。

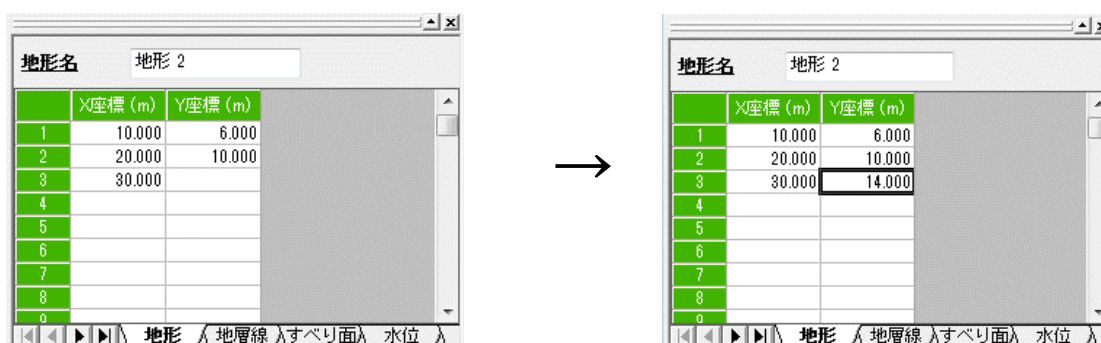
キーボードまたはマウスにより座標データを複数行選択することができ、これらに対して一度に支援コマンドを実行することができます。



	X座標 (m)	Y座標 (m)
1	20.000	11.000
2	29.000	11.000
3	36.000	17.000
4	48.000	22.000
5	75.000	25.000
6	92.000	37.000
7	115.000	40.000
8	127.000	50.000
9	142.000	56.000

線の延長上の座標点を求めるには

ある座標点からの延長上の点や、2点間の座標の中間を求めたい場合、求めたい場所にカーソルを合わせて「*」キーを押すことで座標点を計算し代入できます。ただし座標値のX座標またはY座標のどちらかが入力されている必要があります。

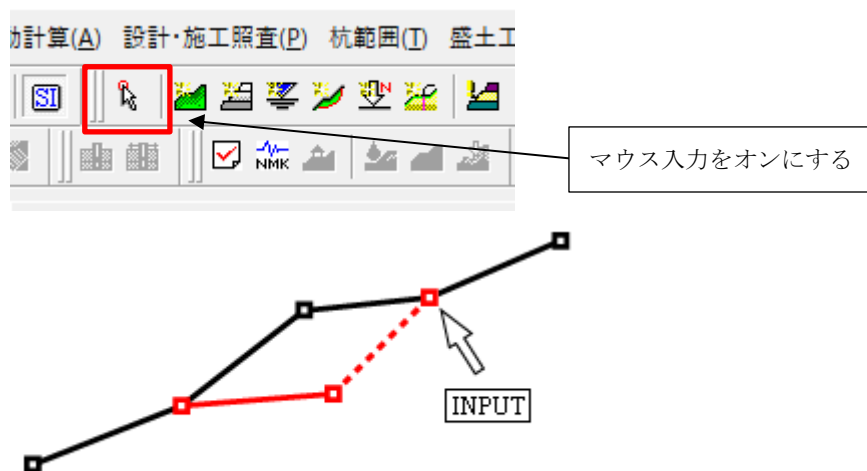


	X座標 (m)	Y座標 (m)
1	10.000	6.000
2	20.000	10.000
3	30.000	14.000
4		
5		
6		
7		
8		
9		

入力済みの点を使って座標を入力するには

すべり面の端点を地形の構成点と一致させたい場合など、**SHIFT**キーを押しながら画面上をマウスクリックすると入力済みの点を使って座標を指定できます。

マウスクリックで座標を指定するには、「マウス入力」をオンにしておく必要があります。



SHIFTを押しながら画面をクリック

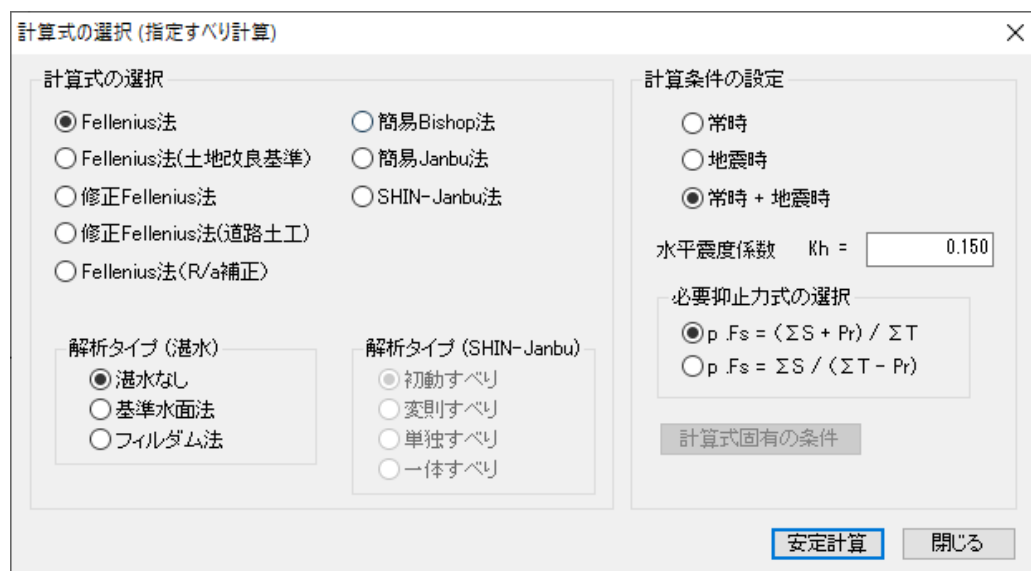
4. 計算

4.1. 指定すべり計算

4.1.1. 計算の設定

[指定すべり計算]コマンドを実行すると、[計算の設定]ダイアログが表示されます。

メニュー：[計算]－[指定すべり計算]



計算式の選択 (指定すべり計算)

計算式の選択

- ☒ Fellenius法
- ☐ Fellenius法(土地改良基準)
- ☐ 修正Fellenius法
- ☐ 修正Fellenius法(道路土工)
- ☐ Fellenius法(R/a補正)
- ☐ 簡易Bishop法
- ☐ 簡易Janbu法
- ☐ SHIN-Janbu法

解析タイプ (湛水)

- ☒ 湛水なし
- ☐ 基準水面法
- ☐ フィルダム法

解析タイプ (SHIN-Janbu)

- ☒ 初動すべり
- ☐ 変則すべり
- ☐ 単独すべり
- ☐ 一体すべり

計算条件の設定

- ☐ 常時
- ☐ 地震時
- ☒ 常時 + 地震時

水平震度係数 Kh =

必要抑止力式の選択

- ☒ $p.F_s = (\sum S + Pr) / \sum T$
- ☐ $p.F_s = \sum S / (\sum T - Pr)$

計算式固有の条件

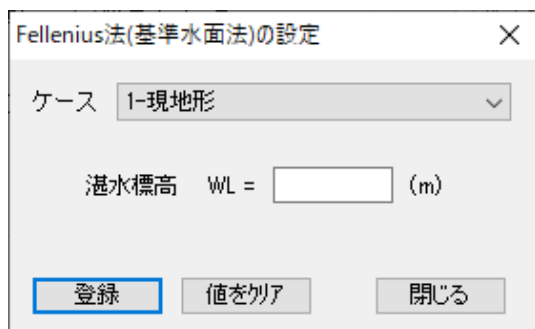
安定計算 閉じる

指定すべり計算では、安定計算式を 8 種類から選択できます。さらに Fellenius 法、修正 Fellenius 法、修正 Fellenius 法（道路土工）は湛水時の考え方による解析タイプの選択があります。SHIN-Janbu 法はすべり形態による解析タイプが 4 種類から選択できます。地震時を考慮する場合は水平震度係数を入力します。また、必要抑止力式は 2 種類から選択できます。

選択した安定計算式によって、固有の情報を入力する必要があります。以下にそれらを示します。

解析タイプ：基準水面法、フィルダム法 の「計算式固有の条件」

対象の計算式：Fellenius 法、修正 Fellenius 法、修正 Fellenius 法（道路土工式）



Fellenius法(基準水面法)の設定

ケース

湛水標高 WL = (m)

登録 値をクリア 閉じる

計算式に Fellenius 法、修正 Fellenius 法、修正 Fellenius 法（道路土工式）を選択した場合、湛水時の計算を行うことができ、解析タイプとして基準水面法、フィルダム法が選択できます。

この場合、[計算式固有の条件]をクリックすると、上記の画面が表示されます。

計算に使用するケース名を選択し、湛水標高を入力してください。

ただし、ここでは、1つの湛水標高でしか計算できませんので、上昇時、下降時の変化に対する計算を行いたい場合は、[自動計算]－[湛水斜面計算]コマンドを実行してください。

初動すべり の「計算式固有の条件」

対象の計算式：簡易 Janbu 法、SHIN-Janbu 法

冠頭部亀裂の形状を、地表面の X 座標、亀裂の傾斜角、すべり面の X 座標から入力します。簡易 Janbu 法の場合は入力しなくても計算できます。また、水圧外力は直接入力が可能です。

変則すべり の「計算式固有の条件」

対象の計算式：SHIN-Janbu 法

冠頭部亀裂の形状を、地表面の X 座標、亀裂の傾斜角、すべり面の X 座標から入力します。また、亀裂面強度の選択方法も設定する必要があります。

単独すべり の「計算式固有の条件」

対象の計算式：SHIN-Janbu 法

陥没帯下流壁の形状を、地表面の X 座標、傾斜角、すべり面の X 座標入力します。また、陥没土塊の土質定数も設定します。

一体すべりの「計算式固有の条件」
対象の計算式：SHIN-Janbu 法

SHIN-Janbu法(一体すべり)の設定

ケース 1-現地形

陥没帯下流壁

地形側 水平距離 X = (m)
標高 Y = (m)
水平面に対する傾斜角 $\theta = (^{\circ})$
すべり面側 水平距離 X = (m)
標高 Y = (m)

ピンク：陥没帯下流壁

登録 値をクリア 閉じる

陥没帯下流壁の形状を、地表面の X 座標、傾斜角、すべり面の X 座標入力します。

4.1.2. 安定計算

「計算式の設定」ダイアログの安定計算ボタンをクリックすると以下の「安定計算」ダイアログが表示されます。

安定計算 (Fellenius法(温水分なし))

安定計算の結果と C, ϕ の逆算に使用するケースの選択

☒ 1つのケースから算出 ☐ 複数のケースから算出 ☐ 2ケースの交点 計算モード：常時/地震時

(ケース)	使用	仮定安全率 F_s	常時 F_s	常時 $p.F_s$	常時 $Pr(kN/m)$	地震時 F_s	地震時 $p.F_s$	地震時 $Pr(kN/m)$	地盤
1-現地形	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000		1.200			1.050		原地形
2-水位低下	<input type="checkbox"/>	1.000		1.200			1.050		原地形
3-頭部排土	<input type="checkbox"/>	1.000		1.200			1.050		計画地形
4-押え盛土	<input type="checkbox"/>	1.000		1.200			1.050		計画地形

* 逆算に使用するケースを選択する場合は、[使用] 欄のチェックボックスをオンにします。

C, ϕ 逆算値

C = 15.00 (kN/m²) C = h に設定
tan ϕ = 0.338339
 ϕ = 18.69 ($^{\circ}$)

C, ϕ 採用値

C = 15.00 (kN/m²) 逆算：常時
tan ϕ = 0.338339 リストへ登録
 ϕ = 18.69 ($^{\circ}$) ↓

C, ϕ 関係図

C, ϕ 逆算値リスト

C, ϕ 番号	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	由来	備考

一括計算 選択計算 リストから削除

計算結果一覧と印刷 戻る

以下に、この画面で逆算する手順を説明します。

まず、逆算に使用するケースが1つか複数かを決める必要があります。1 ケース単独でC ϕ を決定する場合 [1つのケースから算出] を選択してください。複数のケースからC ϕ を決定する場合 [複数のケースから算出] を選択してください。特に、複数ケースのうち2 ケースのC ϕ 関係図の交点から逆算値を求めたい場合は、**2 ケースの交点** チェックボックスもオンにしてください。

各ケースの仮定安全率Fsを入力してください。そして使用チェックボックスをオンにして逆算に使用するケースを選択してください。

[1つのケースから算出] の場合「C, ϕ 逆算値」の中のCまたは ϕ (tan ϕ) を入力し Enter キーを押すと、求める値が計算されます。例えばCを入力すると、 ϕ と tan ϕ が計算されます。[複数のケースから算出] の場合、安定度と仮定安全率によって求まるC, ϕ の範囲内 (C, ϕ 関係図で黄色の範囲) にあるかどうかによって、C, ϕ の値を決定してください。なお、複数ケースのうち2 ケースの交点の場合、交点があれば自動的にC, ϕ が計算されます。

「C, ϕ 逆算値」に表示されているC, ϕ はあくまで参考値と考えてください。実際に安全率を算出するにあたっては「C, ϕ 採用値」に適正な値を入力し、**リストに登録** ボタンでC, ϕ 逆算リストに登録する必要があります。

C, ϕ 逆算リストには登録されたC, ϕ が表示されます (現在選択している計算式と同じ式で算出したものだけ)。この中からいずれかのC, ϕ を選択すると、そのC, ϕ を登録した時点の状態が [安定計算 (～法)] ダイアログに再現されます。なお、備考欄にはいろいろなコメントを入れることができます。

一括計算ボタンをクリックするとC, ϕ 逆算値リストで選択されているC, ϕ を使って全てのケースの安全率を算出します。

選択計算ボタンをクリックすると、どのC, ϕ でどのケース (断面) の安全率を算出するかを指定することができます。

計算結果一覧と印刷ボタンをクリックすると、計算要素などの詳細情報の閲覧や計算結果の比較、印刷などを行うことができます。

戻るボタンをクリックすれば、[計算の設定] ダイアログに戻ることができます。

地形、水位、すべり面の形状を変更した場合、**一括計算** ボタンまたは**選択計算** ボタンによって計算結果を更新する必要があります。

4.1.3. 計算結果一覧と印刷

〔安定計算〕ダイアログの計算結果一覧と印刷ボタンをクリックすると以下の〔計算結果一覧と印刷〕ダイアログが表示されます。メニューの〔ファイル〕-〔印刷〕からも開くことができます。

計算結果一覧と印刷

計算結果一覧 **最新の計算結果は青色で表示されています**

	C,φ番号	ケース	計算式	常時 Fs	常時 p.Fs	常時 Pr(kN/m)	地震時 Fs	地震時 p.Fs	地震時 Pr(kN/m)
1	1	1-現地形	Fellenius法(湛水なし)	0.949	1.200	2844.5	0.649	1.050	6335.1
2	1	2-水位低下	Fellenius法(湛水なし)	1.034	1.200	1886.5	0.709	1.050	5376.9
3	1	3-頭部排水	Fellenius法(湛水なし)	1.043	1.200	1690.5	0.715	1.050	5031.0
4	1	4-押し盛土	Fellenius法(湛水なし)	1.169	1.200	342.1	0.776	1.050	4479.1

印刷項目

安定計算報告書

☒ 総括表

☒ 計算条件 **基準選択**

☒ 逆計算

☒ 安全率・必要抑止力

☒ 有効抵抗力

☐ 計算結果比較一覧

☐ 入力座標・ボーリング

☐ 荷重・地質・指定強度

☐ スライス集計表

☐ スライス詳細集計表/上載荷重集計表

☐ スライス座標一覧

☐ ケース名も印刷

☒ 左上にページ数を印刷

詳細情報と有効抵抗力図

安定解析断面図

結果の整理

C,φ番号、ケース名、計算式毎に計算結果が一覧で表示されます。直前に計算された結果は青色の文字で表示されます。

詳細情報と有効抵抗力図ボタンをクリックすると、選択されているケースの詳細情報とスライス図、有効抵抗力図が表示されます。

詳細情報 (1-現地形: Fellenius法(湛水なし))

設定値・計算値 **スライス分割図・有効抵抗力図**

ケース情報

ケース名	地形	すべり面	水位	荷重
1-現地形	原地形	すべり面 1	HWL	なし

設定値・計算値

項目	説明	記号	単位	常時	地震時
安全率	安全率	Fs		0.949	0.649
抑止力	計画安全率	p.Fs		1.200	1.050
	必要抑止力	Pr	kN/m	2844.5	6335.1
逆算区間のすべり面強度	逆算値	C	kN/m ²	16.00	16.00
	逆算値	φ	°	17.60	17.60
	逆算値	tan φ		0.317219	0.317219
合計参考値	すべり面長	L	m	148.401	148.401
	スライス面積	A	m ²	1965.09	1965.09
	すべり力	T	kN/m	11968.927	16082.139
	すべり抵抗力	S	kN/m	10798.217	16257.167
	法面力	N	kN/m	92291.7	98586.1
	間隙水圧	U	kN/m	5268.7	5268.7

スライス分割図

有効抵抗力図

スライス情報をコピー

開じる

結果の整理枠内の、結果の並び替えボタンは、C,φ番号順にケースタブ順番に計算結果を並べなおします。(ただし、安定計算ダイアログからこのボタンは選択できません。)また、選択行を消去ボタンは選択されている結果行を、全て消去ボタンは計算結果すべてを消去します。

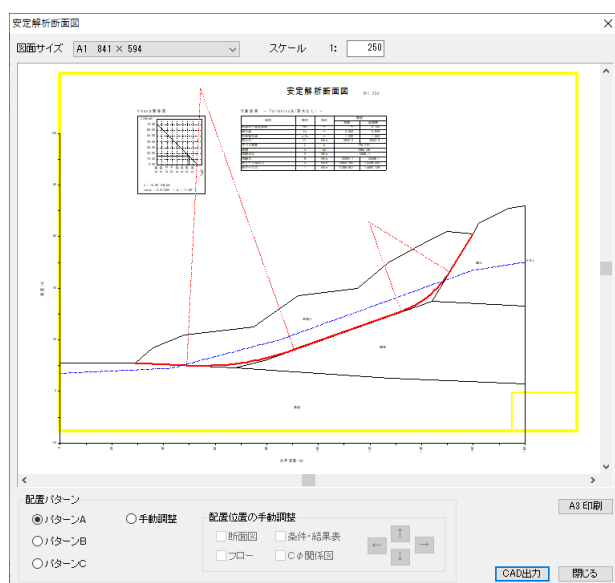
印刷ボタンをクリックすると、選択されているケースの印刷項目の内容を印刷することができます。

Word 出力ボタンをクリックすると、選択されているケースの印刷項目の内容を Word ファイル形式で出力することができます。

基準選択ボタンは仮定安全率および計画安全率の考え方についての引用文献を設定できます。安定計算報告書の計算条件の章で設定した引用文献の内容が印刷されます。引用文献について特に必要がない場合は、「基準なし」を選択して下さい。なお、仮定安全率の引用内容は、逆算時のみ出力されます。

単断面（1 ケース）および**複数断面（安全率フロー）**ボタンは安定解析断面図を印刷または CAD 出力します。

◎単断面(1 ケース)の場合



図面サイズ、スケールを設定後、断面図、条件・結果表、フロー（複数断面のみ）、Cφ関係図（逆算時のみ）の配置パターンを指定します。A、B、Cの3パターンを用意してありますが、手動で調整することもできます。手動調整するときは、調整したい項目（断面図、条件・結果表など）を選択後、**↑ ↓ ← →** ボタンをクリックして下さい。ここで、キーボードの矢印キーを使うとよりスムーズな調整が可能です。

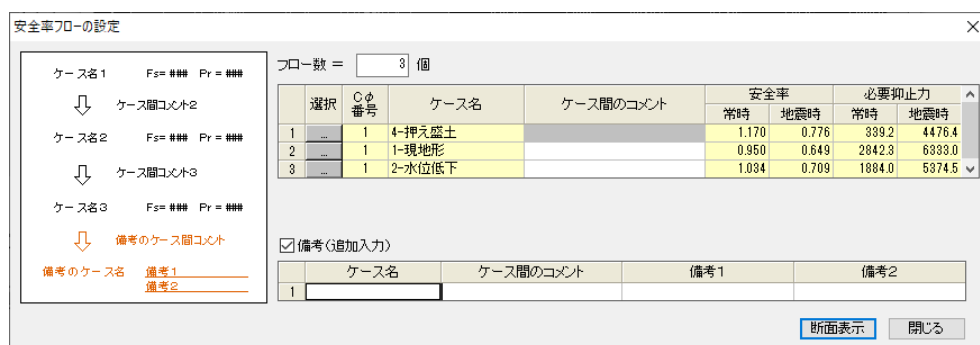
A3印刷ボタンをクリックすると現在表示されているイメージで用紙サイズをA3に修正して印刷されます。（例.用紙サイズがA1なら50%、A4なら141%で出力されます）

CAD 出力ボタンでcfv、dxf/dwg、sxf（sfc/p21）形式のCAD図面ファイルを出力します。

◎複数断面(安全率フロー)の場合

複数断面（安全率フロー）は、各ケースごとの解析断面図を1枚の図面に出力できる機能です。

例えば、【現地形安全率（Cφ逆算）】→【水位低下安全率】→【頭部排土安全率】→【押え盛土安全率】といった対策工フロー図を作成するのに便利です。



先ずフロー数を設定します。最大9個まで登録できます。次に選択列にある**...**ボタンをクリックして、ケース名を選択して下さい。

必要に応じてケース間のコメントや備考（追加入力）を入力します。設定が終了したら**断面表示**ボタンをクリックして下さい。先ほどの単断面（1 ケース）と同じ安定解析断面図のダイアログが表示されますので、図面サイズ、スケール、配置パターンを指定し印刷または CAD 出力して下さい。

4.2. 繰り返し円弧計算

4.2.1. 計算条件の設定

繰り返し円弧計算を行うには、**ケースの新規作成**または**ケース登録変更**によって、すべり面が(繰り返し円弧)となっていなければなりません。また、あらかじめ円弧すべりの中心範囲を設定しておく必要があります。

メニュー：[計算]－[繰り返し円弧計算]

[繰り返し円弧計算] コマンドを実行すると、下記のダイアログが表示されます。

まずは、計算条件の設定（すべり面強度、亀裂の設定、計算式の選択、円弧範囲の制限）をします。

すべり面強度

すべり面強度の設定を行います。**すべり面強度**ボタンをクリックすると下記の「すべり面強度」ダイアログが表示されます。指定値 1,2 を使用するには[設定]-[指定強度]コマンドによって指定値を設定しておく必要があります。

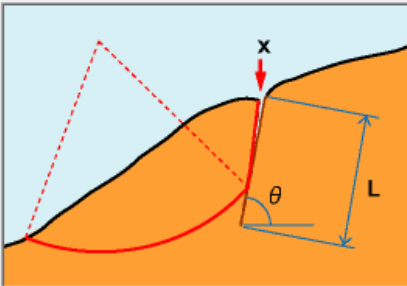
亀裂の設定

亀裂の設定

×

☒ 亀裂を考慮する

亀裂面位置



地形側

X = (m)

Y = (m)

水平面に対する傾斜角

θ = (°)

亀裂長さ

L = (m)

亀裂面強度

☒ C = 0.0, φ = 地層値

☐ 指定強度 1

指定強度 1

C = (kN/m²)

φ = (°)

☐ 指定強度 2

指定強度 2

C = (kN/m²)

φ = (°)

※指定強度 1,2 は、[設定]-[指定強度]の設定と同じになります。

OK

キャンセル

亀裂の設定 ボタンをクリックすると、**[亀裂の設定]** ダイアログが表示されます。

亀裂を考慮したい場合は、[亀裂を考慮する] チェックボックスを ON にします。亀裂の形状として、亀裂頭部の水平距離、水平に対する傾斜角、亀裂長さを入力します。また、亀裂面強度も設定します。計算過程で円弧すべりと亀裂形状が交差すると、合成したすべり面が形成されます。

計算式の選択

計算式の選択

計算条件設定

☐ 常時
 計画安全率 $p.F_s =$ (常時)

☐ 地震時
 (地震時)

☒ 常時 + 地震時
 水平震度係数 $K_h =$

計算式の種類

☒ Fellenius法
 ☐ Fellenius法(土地改良基準)
 ☐ 修正Fellenius法
 ☐ 修正Fellenius法(道路土工)
 ☐ チェボタリオフ法(港湾式)

☐ 湛水あり
 湛水標高 (m)

必要抑止力式の選択

☒ $p.F_s = (\sum S + Pr) / \sum T$
☐ $p.F_s = \sum S / (\sum T - Pr)$

間隙水圧設定

☐ 間隙水圧無視
 ☒ 間隙水圧考慮

OK

キャンセル

計算式の選択ボタンをクリックすると、[計算の設定] ダイアログが表示されます。

安全率を計算するには、計算式の種類と間隙水圧を考慮／無視の選択をします。抑止力を計算する場合は、計画安全率 $p.F_s$ を入力し、必要抑止力式を選択します。地震を考慮する時は、水平震度係数と計画安全率（地震時）を入力します。

円弧の制限範囲

円弧の制限範囲

×

	考慮	開始	終了
X(m)	<input checked="" type="checkbox"/>	20.000	60.000
Y(m)	<input type="checkbox"/>		

OK

キャンセル

円弧の制限範囲ボタンをクリックすると、[円弧の制限範囲] ダイアログが表示されます。指定範囲内のすべり面円弧だけに限って計算したい場合に X 範囲および Y 範囲の開始・終了欄に入力します。

4.2.2. 計算結果

条件設定が終わり、計算開始ボタンをクリックすると、繰り返し円弧計算を開始します。計算が終了すると計算結果一覧が表示されます。

繰り返し円弧計算

×

ケース	地形	水位
切土法面	地形 1	水位 1

計算条件の設定

すべり面強度

地層値

亀裂の設定

亀裂なし

計算式の選択

間隙水圧考慮-Fellenius法(湛水なし)

円弧の制限範囲

X座標: 20.000~60.000

計算開始

計算結果表示

結果表示条件

表示件数 32 / 全データ件数 131

作図の設定

	表示	中心X	中心Y	半径	常時 すべり 抵抗力 (kN/m)	常時 すべり力 (kN/m)	常時 安全率	常時 抑止力 (kN/m)	最大 深度 (m)
1	<input type="checkbox"/>	15.000	50.000	36.249	1391.644	1393.583	1.005	268.7	6.029
2	<input type="checkbox"/>	10.000	60.000	47.424	1750.623	1737.124	1.007	334.0	6.763
3	<input type="checkbox"/>	10.000	65.000	52.000	2201.077	2184.219	1.007	420.0	7.635
4	<input type="checkbox"/>	15.000	55.000	40.853	1860.076	1846.726	1.007	356.0	7.264
5	<input type="checkbox"/>	5.000	70.000	58.600	2073.116	2056.566	1.008	394.8	7.188
6	<input type="checkbox"/>	20.000	45.000	29.732	1480.785	1467.712	1.008	280.5	6.532
7	<input type="checkbox"/>	10.000	55.000	42.942	1336.166	1321.110	1.011	249.2	5.683
8	<input type="checkbox"/>	15.000	60.000	45.541	2370.706	2342.920	1.011	440.8	8.215
9	<input type="checkbox"/>	5.000	65.000	54.120	1670.735	1650.560	1.012	310.0	6.389
10	<input type="checkbox"/>	20.000	50.000	34.482	2018.785	1987.369	1.015	366.1	7.963

表示:

全ON

全OFF

※カーソル行が印刷の対象になります。

詳細情報

印刷

グラフ

すべり面登録

開じる

計算結果一覧の中で、安全率が赤色で表示されているものは最小安全率、抑止力が赤色で表示されているものは最大抑止力をあらわします。

詳細情報ボタン、印刷ボタン、すべり面登録ボタンはカーソル行の結果に対して処理を行います。

詳細情報ボタンをクリックすると、詳細情報やスライス分割図・有効抵抗力図が表示されます。

印刷ボタンをクリックすると、スライス集計表や安定計算結果などを印刷することができます。

グラフボタンをクリックすると、計算した結果の傾向を確認することができます。

すべり面登録ボタンをクリックすると、ケース構成要素のすべり面に、円弧すべりが登録されます。ここで登録した円弧を使ってケースを作成することにより、指定すべり計算や、対策工計算（自動計算、杭範囲）を行うことができます。

計算結果表示条件の設定

【繰り返し円弧計算】ダイアログの「結果表示条件」ボタンをクリックすると、計算結果に制限をかけて絞り込むことができます。繰り返し円弧計算では、極端に小さな円弧や薄い円弧ができてしまう場合があります。このような特例の円弧を除外するのに有効です。

安全率、抑止力、すべり力、深度、オーバーハングする円弧を除外、異常値除外の各チェックボックスをオンにすると、計算結果の絞り込みが有効になります。また、安全率、抑止力、すべり力、深度については制限となる数値を自由に設定することができます。

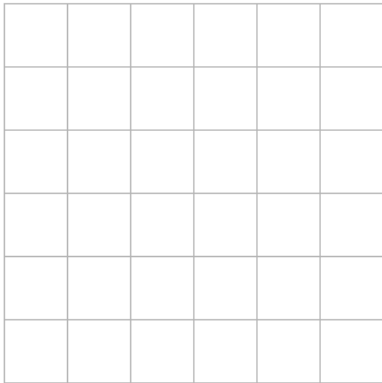
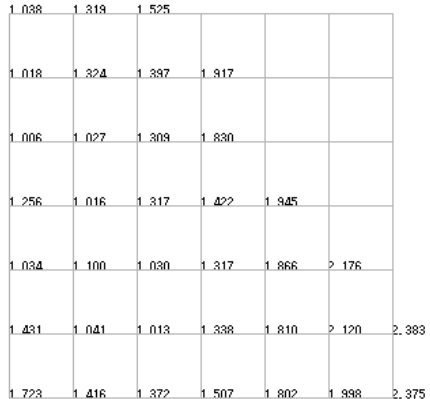
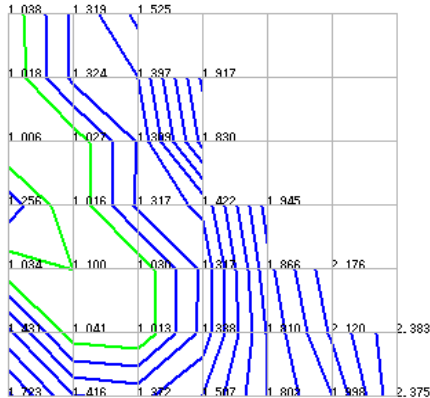
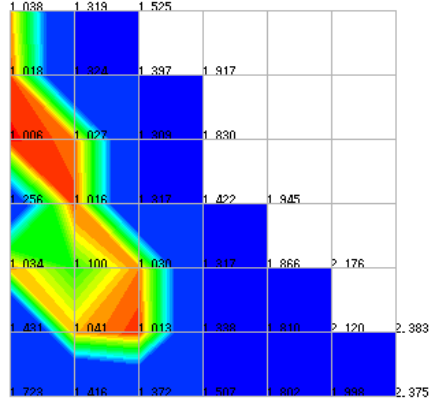
各メッシュごとの計算結果では、円弧の中心メッシュ 1 点について、すべての半径のすべり面を表示するか、または最小安全率などの代表的なすべり面のみを表示するかを設定できます。

作図の設定

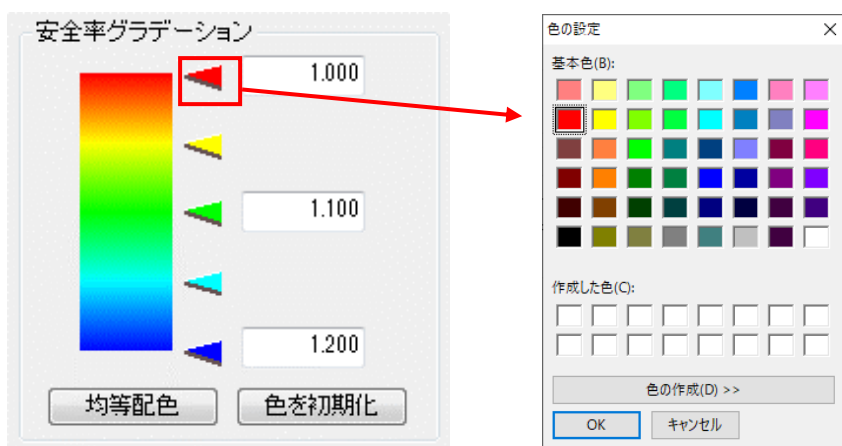
【繰り返し円弧計算】ダイアログの「作図の設定」ボタンをクリックすると、作図条件を設定できます。このダイアログでは安全率、抑止力の数値図と等値線図の設定ができます。

「安全率 F_s 」を選択した場合、円弧の各中心点における最小安全率が図上に作図されます。また、「抑止力 P_r 」を選択した場合、円弧の各中心点における最大必要抑止力が作図されます。

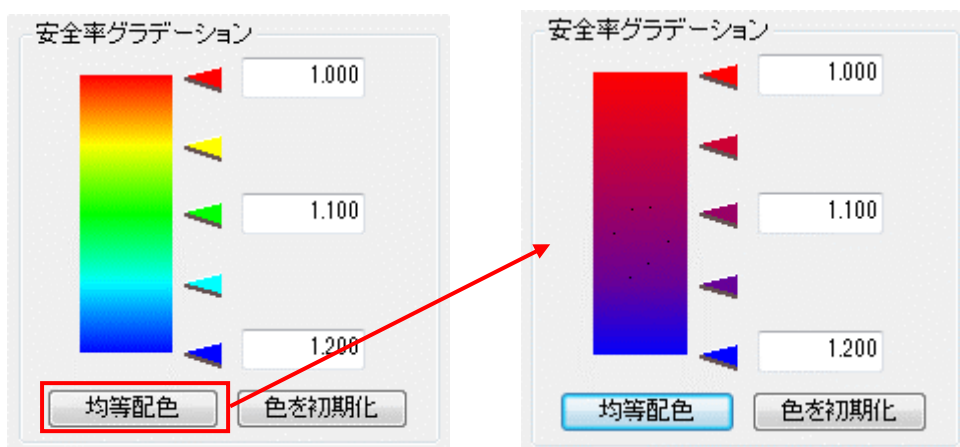
ただし、「抑止力 P_r 」とした場合でも、前ページ【計算結果表示条件】ダイアログで「最小安全率のみ表示」を選択している場合は、最小安全率となる円弧についての必要抑止力が作図されます。同様に「安全率 F_s 」とした場合でも、【計算結果表示条件】ダイアログで、「最大抑止力のみ表示」を選択している場合は、最大必要抑止力となる円弧についての安全率が作図されます。

設定画面	表示イメージ
<div data-bbox="199 253 740 454"> <p>画面上の表示設定</p> <p><input type="checkbox"/> 数値を表示する</p> <p><input type="checkbox"/> 等値線を表示する</p> <p><input type="radio"/> 線表示 <input checked="" type="radio"/> ペイント表示</p> </div> <p>画面には、格子線(円弧条件の範囲)のみ表示されます。</p>	
<div data-bbox="199 667 740 869"> <p>画面上の表示設定</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 数値を表示する</p> <p><input type="checkbox"/> 等値線を表示する</p> <p><input type="radio"/> 線表示 <input checked="" type="radio"/> ペイント表示</p> </div> <p>格子線に安全率(抑止力)が表示されます。</p>	
<div data-bbox="199 1086 740 1288"> <p>画面上の表示設定</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 数値を表示する</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 等値線を表示する</p> <p><input checked="" type="radio"/> 線表示 <input type="radio"/> ペイント表示</p> </div> <p>格子線に等値線を表示します。</p>	
<div data-bbox="199 1503 740 1704"> <p>画面上の表示設定</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 数値を表示する</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 等値線を表示する</p> <p><input type="radio"/> 線表示 <input checked="" type="radio"/> ペイント表示</p> </div> <p>画面には、格子線(円弧条件の範囲)のみ表示されます。</p>	

安全率グラデーションでは、色の設定が 5 種類設定できます。色を変更した場合は、下図の矢印部分をクリックすると、[色の設定]ダイアログが表示されますので、好みの色を設定してください。



均等配色 ボタンは両端の色を考慮して、中間色を自動的に設定する機能です。



色を初期化 ボタンをクリックすれば、初期状態の色設定に戻ります。

グラフ

計算した結果をグラフとして傾向を確認することができます。**グラフ** ボタンをクリックすると、[繰り返し円弧グラフダイアログ]が表示されます。

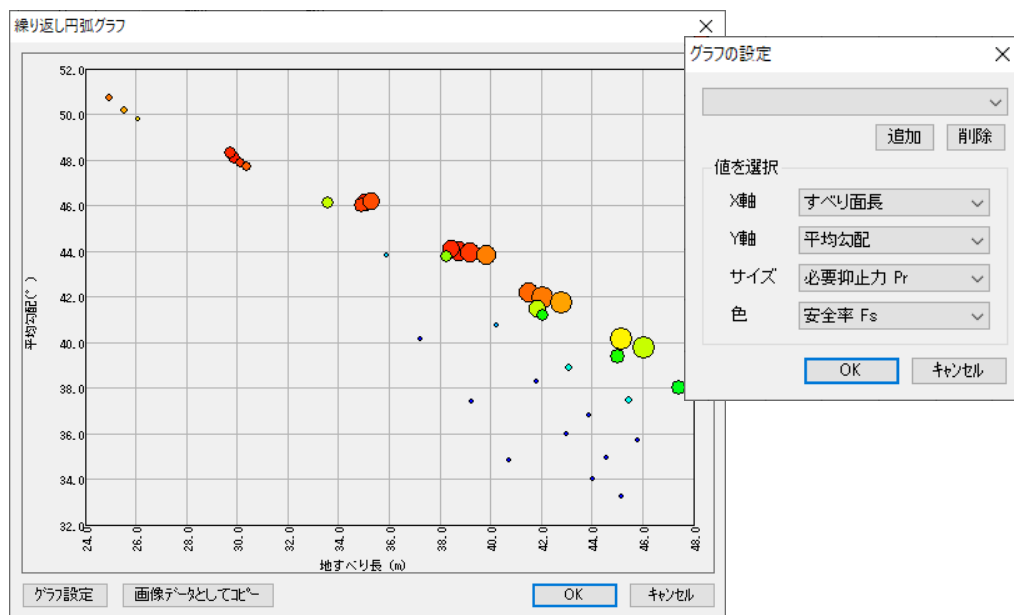
計算結果表示

結果表示条件 表示件数 32 / 全データ件数 131 作図の設定

	表示	中心X	中心Y	半径	常時 すべり 抵抗力 (kN/m)	常時 すべり力 (kN/m)	常時 安全率	常時 抑止力 (kN/m)	最大 深度 (m)
1	<input checked="" type="checkbox"/>	15.000	50.000	36.249	1391.644	1383.583	1.005	268.7	6.029
2	<input checked="" type="checkbox"/>	10.000	60.000	47.424	1750.623	1737.124	1.007	334.0	6.763
3	<input checked="" type="checkbox"/>	10.000	65.000	52.000	2201.077	2184.219	1.007	420.0	7.635
4	<input checked="" type="checkbox"/>	15.000	55.000	40.853	1860.076	1846.726	1.007	356.0	7.264
5	<input checked="" type="checkbox"/>	5.000	70.000	58.600	2073.116	2056.566	1.008	394.8	7.188
6	<input checked="" type="checkbox"/>	20.000	45.000	29.732	1480.785	1467.712	1.008	280.5	6.532
7	<input checked="" type="checkbox"/>	10.000	55.000	42.942	1336.166	1321.110	1.011	249.2	5.683
8	<input checked="" type="checkbox"/>	15.000	60.000	45.541	2370.706	2342.920	1.011	440.8	8.215
9	<input checked="" type="checkbox"/>	5.000	65.000	54.120	1670.735	1650.560	1.012	310.0	6.389
10	<input checked="" type="checkbox"/>	20.000	50.000	34.482	2018.785	1987.369	1.015	366.1	7.963

表示: 全ON 全OFF ※カーソル行が印刷の対象になります。

詳細情報 印刷 **グラフ** すべり面登録 閉じる



上図は、X 軸に「すべり面長」、Y 軸に「平均勾配」、サイズに必要抑止力、色は安全率で表示した例です。平均勾配が 40° ～ 46° 、すべり面長が 34m～46m 付近に必要抑止力が大きい傾向にあることが分かります。
 グラフの設定 ボタンをクリックすると、[グラフの設定ダイアログ]が表示します。X 軸、Y 軸、サイズ、色に対して、項目を設定した後、OK ボタンをクリックすると、表が設定に合わせて切り替わります。

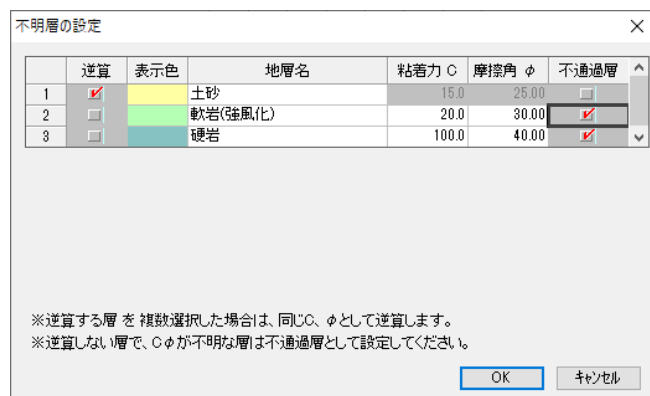
4.3. 繰り返し円弧によるCφ逆算

4.3.1. 計算条件の設定

繰り返し円弧による Cφ 計算を行うには、**ケースの新規作成**または**ケース登録変更**によって、すべり面が（繰り返し円弧）となっていなければなりません。また、あらかじめ円弧すべりの中心範囲を設定しておく必要があります。

メニュー：[計算]－[繰り返し円弧による Cφ 逆算]

不明層の設定



不明層の設定

	逆算	表示色	地層名	粘着力 C	摩擦角 φ	不通過層
1	<input checked="" type="checkbox"/>		土砂	15.0	25.00	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>		軟岩(強風化)	20.0	30.00	<input checked="" type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>		硬岩	100.0	40.00	<input checked="" type="checkbox"/>

※逆算する層を複数選択した場合は、同じC、φとして逆算します。
※逆算しない層で、Cφが不明な層は不通過層として設定してください。

OK キャンセル

[繰り返し円弧による Cφ 計算] コマンドを実行すると、最初に [不明層の設定] ダイアログが表示されます。ここで逆算する層を決定します。表の逆算欄にチェックをつけるとその層にかかるすべり面部分が逆算区間となります。チェックは複数つけることが可能で、それぞれ同一の強度（Cφ）になるように逆算します。

また、不明層を順番に1層ずつ逆算して求めていく場合などで、まだ逆算しない不明層がある場合は、その層を不通過層として設定し、すべり面が通過しないようにしてください。

逆算層および不通過層の設定が終わりましたら、**OK** ボタンをクリックします。このあと、[繰り返し円弧による逆算] ダイアログが表示されます。

[繰り返し円弧による逆算] ダイアログで**不明層の設定** ボタンをクリックすると、[不明層の設定] ダイアログが表示されますので、設定を確認・変更することができます。



繰り返し円弧による逆算

ケース: 地形: 水位: 計算モード: 常時

切土法面: 地形 1: -

計算条件の設定

不明層の設定: 土砂

亀裂の設定: 亀裂なし

計算式の選択: 間隙水圧考慮-Fellenius法(潜水なし)

円弧の制限範囲:

計算結果表示

結果表示条件: 0.0 ≤ Cφ 0.00 ≤ φ 0.3000 ≤ 深度

上記のボタンを使って、条件を設定してから
[計算開始] ボタンを押してください。

詳細情報 印刷 設定 Cφの設定 すべり面登録 閉じる

計算式の選択 ボタンをクリックすると、[計算の設定] ダイアログが表示されます。逆算をする計算式などを決定してください。**亀裂の設定** ボタンをクリックすると、[亀裂の設定] ダイアログが表示されます。亀裂を考慮したい場合に設定してください。

計算の設定

計算式の選択

計算条件設定

☒ 常時 仮定安全率 $Fs0 =$
☐ 地震時 水平震度係数 $K_h =$

計算式の種類

☒ Fellenius法
☐ Fellenius法(土地改良基準)
☐ 修正Fellenius法
☐ 修正Fellenius法(道路土工)
☐ チェボタリオフ法(港湾式)

☐ 湛水あり 湛水標高 (m)

間隙水圧設定

☐ 間隙水圧無視
☒ 間隙水圧考慮

ここでは、逆算するにあたり、円弧すべりの仮定安全率（常時値）を設定する必要があります。あとは、計算式を選択して **OK** ボタンをクリックします。

4.3.2. 計算結果

条件設定が終わり、**計算開始** ボタンをクリックすると、繰り返し円弧による逆計算を開始します。計算が終了すると計算結果一覧と **[Cφの設定]** ダイアログが表示されます。

計算結果

繰り返し円弧による逆算

ケース

地形

水位

切土法面

地形 1

-

計算モード: 常時

計算条件の設定

不明層の設定

土砂

亀裂の設定

亀裂なし

計算式の選択

間隙水圧考慮-Fellenius法(湛水なし)

円弧の制限範囲

X座標: 28.500~70.000

計算結果表示

結果表示条件

$0.0 \leq C0, 0.00 \leq \phi, 0.3000 \leq \text{深度} \leq 10.000$
表示件数 78 / 全データ件数 191

	表示	中心X	中心Y	半径	最大深度 (m)	$\phi=0$ 時 $C(kN/m^2)$	$C=0$ 時 $\phi(^{\circ})$	$C=0$ 時 $\tan \phi$	粘着力 $C(kN/m^2)$	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	登録 C, ϕ による参考 Fs
1		15.000	50.000	36.249	6.029	17.2	67.00	2.356120	13.0	30.00	1.000
2		10.000	60.000	47.424	6.763	18.5	59.48	1.696452	12.2	30.00	1.003
3		15.000	55.000	40.853	7.264	17.5	62.59	1.928748	12.3	30.00	1.003
4		20.000	45.000	29.732	6.532	15.1	71.60	3.005421	12.3	30.00	1.003
5		10.000	55.000	42.942	5.683	17.1	62.22	1.898486	12.0	30.00	1.005
6		10.000	65.000	52.000	7.635	19.3	54.91	1.423495	11.5	30.00	1.005
7		5.000	70.000	58.600	7.188	20.2	53.12	1.332790	11.5	30.00	1.006
8		5.000	65.000	54.120	6.389	18.5	56.43	1.506805	11.4	30.00	1.008
9		10.000	55.000	42.901	5.641	16.7	61.61	1.850488	11.6	30.00	1.008
10		15.000	60.000	45.541	8.215	16.7	55.75	1.468518	10.2	30.00	1.009

表示:

※カーソル行が印刷の対象になります。

計算結果一覧の中で、安全率が赤色で表示されているものは最小安全率、粘着力または内部摩擦角が赤色で表示されているものは最大値をあらわします。

詳細情報ボタン、**印刷**ボタン、**すべり面登録**ボタンはカーソル行の結果に対して処理を行います。

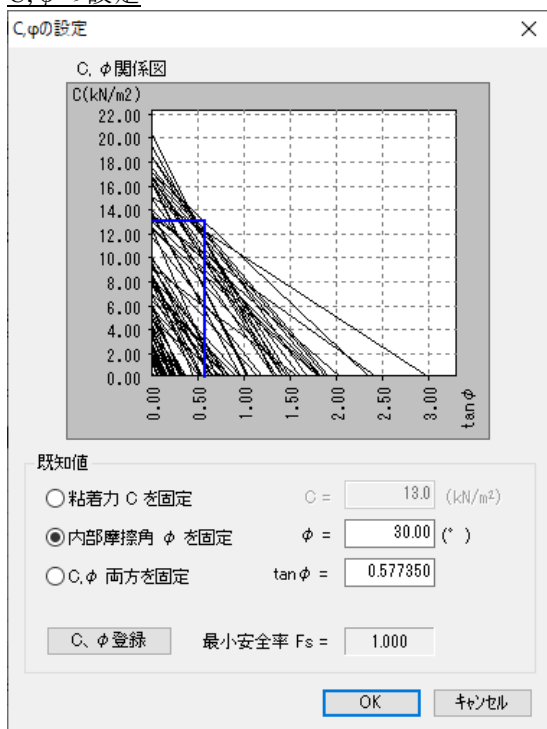
詳細情報ボタンをクリックすると、詳細情報やスライス分割図・有効抵抗力図が表示されます。

印刷ボタンをクリックすると、スライス集計表や安定計算結果などを印刷することができます。

すべり面登録ボタンをクリックすると、ケース構成要素のすべり面に、円弧すべりが登録されます。ここで登録した円弧を使ってケースを作成することにより、指定すべり計算や、対策工計算（自動計算、杭範囲）を行うことができます。

C, ϕ の設定ボタンをクリックすると、C ϕ 関係図が表示され、計算した C ϕ の登録ができます。

C, ϕ の設定

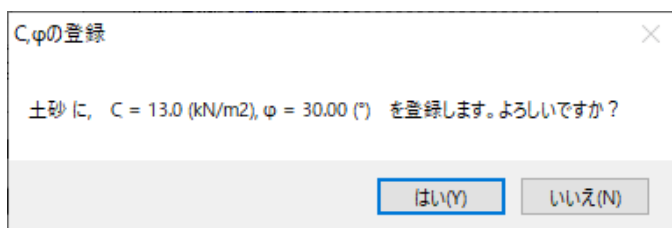


計算が終了するとこの画面が表示されます。各円弧すべりに対しての C ϕ 関係図が表示されますので、これを参考に土質定数（C、 ϕ ）の値を決定してください。

粘着力が既知の場合は、「粘着力 C を固定」を選択して、C を入力してください。すると仮定安全率を満足した ϕ の値が算出されます。

内部摩擦角が既知の場合は「内部摩擦角 ϕ を固定」を選択して、 ϕ または $\tan \phi$ を入力してください。すると仮定安全率を満足した C の値が算出されます。ここで、算出された C、 ϕ の値を丸めたい場合は、「C、 ϕ 両方を固定」を選択し、C および ϕ の値を調整してください。ここで、その値のときの最小安全率が表示されていますので参考にして適切な C ϕ を設定してください。

C, ϕ 登録ボタンをクリックすると次の画面が表示され、入力されている C ϕ を逆算する層に対して設定することができます。



C, ϕ が登録されているかを確認するには、**不明層の設定**ボタンをクリックしてください。すると逆算する層の C, ϕ 欄に先ほど登録した値が表示されているのがわかります。

以降は必要に応じて順次、逆算する層を設定していき C ϕ を登録してください。

4.4. 湛水斜面計算(繰返し円弧)「PROのみ対応」

4.4.1. 計算条件の設定

湛水斜面計算(繰返し円弧)を行うには、ケースの新規作成またはケース登録変更によって、すべり面が(繰返し円弧)となっていなければなりません。また、あらかじめ円弧すべりの中心範囲を設定しておく必要があります。

メニュー：[計算]－[湛水斜面計算(繰返し円弧)]

このメニューを選択した場合、最初に(湛水降下時の間隙水圧の)計算方法を選択するダイアログが現れます。計算方法を決定したら、計算式の選択ダイアログが現れます。

(※) 残留水位ラインを設定して検討する方法は、オプションをご購入された場合のみ可能です。

湛水斜面計算の計算条件

湛水斜面計算の計算方法を以下から選択してください。

☐ 残留水位ラインを設定して検討する。(オプション)

☒ 残留間隙水圧の残留率を設定して検討する。

決定

計算式の選択

(左：残留率設定の場合、右：残留水位ライン設定の場合)

計算式の選択と計算条件

計算方法：残留間隙水圧の残留率を設定

基準水面法 フィルダム法

状況の設定
☐ 常時 ☒ 常時 + 地震時

常時
計画安全率 $p.F_s = 1.200$

地震時
計画安全率 $p.F_s = 1.050$
地盤水平震度 $K_{h1} = 0.150$
下降時震度 $K_{h2} = 0.150$

水没スライス 非水没スライス
湛水標高 地下水位

	湛水標高(m)	選択	上昇ピッチ(m)	選択	下降ピッチ(m)	残留率(%)	維持
最高水位	20.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000	50	<input checked="" type="checkbox"/>
A水位		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
B水位	14.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		50	<input checked="" type="checkbox"/>
C水位		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
最低水位	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>

計算式の選択
☒ Fellenius法 ☐ 修正Fellenius法 ☐ 修正Fellenius法(道路土工)

必要抑止力式の選択
☒ $p.F_s = (\sum S + Pr) / \sum T$ ☐ $p.F_s = \sum S / (\sum T - Pr)$

計算画面へ キャンセル

計算式の選択と計算条件

計算方法：残留水位ラインを設定

基準水面法 フィルダム法

状況の設定
☐ 常時 ☒ 常時 + 地震時

常時
計画安全率 $p.F_s = 1.200$

地震時
計画安全率 $p.F_s = 1.050$
地盤水平震度 $K_{h1} = 0.150$
下降時震度 $K_{h2} = 0.150$

水没スライス 非水没スライス
湛水標高 地下水位

	湛水標高(m)	選択	上昇ピッチ(m)	選択	下降ピッチ(m)
最高水位	20.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000
A水位		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
B水位	14.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
C水位		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
最低水位	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

計算式の選択
☒ Fellenius法 ☐ 修正Fellenius法 ☐ 修正Fellenius法(道路土工)

必要抑止力式の選択
☒ $p.F_s = (\sum S + Pr) / \sum T$ ☐ $p.F_s = \sum S / (\sum T - Pr)$

残留水位の設定へ 計算画面へ キャンセル

安定計算式は「基準水面法」と「フィルダム法」の2種類があり、タブをクリックすることにより切り換えることができます。それぞれ、計画安全率や地盤水平震度などを設定してください。

必要抑止力の式も2種類から選択することができます。

湛水標高の設定

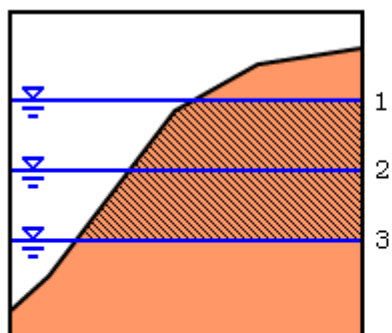
湛水標高の上昇・下降などを設定するウィンドウは以下に示す通りです。

	湛水標高(m)	選択	上昇ピッチ(m)	選択	下降ピッチ(m)	残留率(%)	維持
最高水位	40.000	<input checked="" type="checkbox"/>	↑	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000	50	<input checked="" type="checkbox"/>
A水位		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
B水位	30.000	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
C水位		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
最低水位	20.000	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000	<input checked="" type="checkbox"/>	↓	×	<input type="checkbox"/>

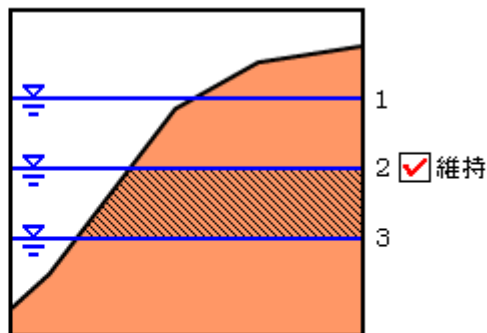
基本的に新基準では
チェックをつけません

- ① 湛水標高は最低水位から最高水位まで5つ入力できます。
- ② 上昇時に使用する水位に対して左側の「選択」欄にチェックをつけます。そして次の水位までのピッチを「上昇ピッチ」欄に入力します。
- ③ 下降時に使用する水位に対して右側の「選択」欄にチェックをつけます。そして次の水位までのピッチを「下降ピッチ」欄に入力します。また、残留率を設定する必要があり、「残留率」欄にどれだけ考慮するかを%で入力します。

初期状態において、残留率を考慮する面積は選択されているもっとも上の水位を基準に求められますが、「維持」をチェックすることによって、チェックされた水位以下の残留率を考慮する面積はこの水位を基準に求められます（下図参照）。



どの水位でも「維持」がチェックされていない場合の、水位3における残留率を考慮する面積(斜線部)



水位2の「維持」がチェックされている場合の、水位3における残留率を考慮する面積(斜線部)

- ※ 「残留率」「維持」の項目は、当初設定した計算方法で「残留間隙水圧の残留率を設定して検討する」を選択した場合に考慮されます。
- ※ 「残留水位ライン」を設定して検討する場合、上記の（参考）残留率は、最高水位→B水位と最高水位→最低水位が表示されます。したがって推奨する入力方法として、
 - ・最低水位の欄に、最低水位(LWL)を入力する。
 - ・B水位の欄に制限水位(RWL)あるいは常時満水位(NWL)を入力する。
 - ・最高水位の欄にサーチャージ水位(SWL)、あるいは最高水位(HWL)を入力する。
 として入力してください。

(a) 残留間隙水圧の残留率を設定して検討する場合。

湛水標高、上昇ピッチ、下降ピッチ、残留率も設定してください。下降時に水位が停滞して残留水位をクリアする必要がある場合は「維持」欄にチェックしてください。

（※計算式の選択ダイアログにおいて「残留水位の設定へ」ボタンは現れません）

(b) 残留水位ラインを設定して検討する場合。

湛水標高、上昇ピッチ、下降ピッチも設定してください。また、下降時に間隙水圧を計算するための水位線を設定してください。水位線は、「残留水位の設定へ」ボタンをクリックすると設定することができます。

（※計算式の選択ダイアログにおいて「残留率(%)」「維持」の項目は現れません）

※ 残留率と残留水位線の関係につきましては、「5.7.1 計算項目の設定」(湛水斜面計算)の「残留率と残留水位線の関係について」を参照してください。

残留水位線の設定

「残留水位の設定へ」ボタンをクリックすると、以下のようなダイアログが現れます。このダイアログで、残留水位線及び基盤岩線を入力してください。残留水位線を入力すると、その段階における残留率が計算されて表示されます。また基盤岩線は、湛水円弧計算の際の不通過線(3.2.2 円弧すべりタブで設定した不通過線とあわせて考慮されます)として使われます。この残留水位線及び基盤岩線の座標入力はマウス入力もできます。

(最低水位、B 水位が設定されていないとその地点での残留率は表示されません)

自動計算 - 湛水斜面計算

ケース名	地形	すべり面	水位
崖線堆積斜面の湛水計算	地形 1	(繰返し円弧)	水位 1

水位名 水位 1

	X座標 (m)	Y座標 (m)
1	0.000	1.500
2	3.750	2.250
3	18.750	14.000
4	31.500	19.000
5	45.750	26.000
6	52.500	28.000
7		

水位名 残留水位線

	X座標 (m)	Y座標 (m)
1	0.000	1.500
2	3.750	2.250
3	7.500	7.500
4	11.250	11.500
5	14.464	14.000
6	33.411	20.024
7	45.750	26.000

☐ マウス入力

	最高水位 → B水位	最高水位 → 最低水位
(参考) 残留率	31.0 (%)	57.1 (%)

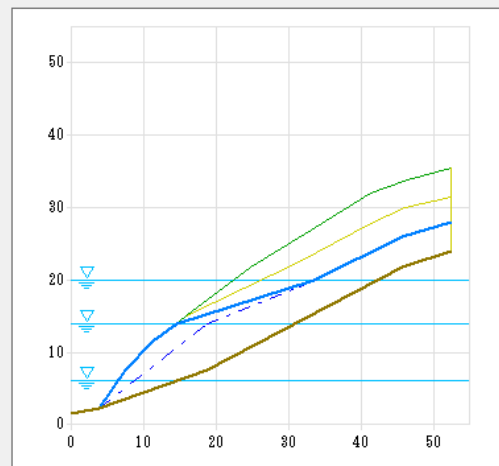
地層線名 基盤岩線

	X座標 (m)	Y座標 (m)
1	0.000	1.500
2	3.750	2.250
3	18.750	7.500
4	45.750	21.750
5	52.500	24.000
6		
7		
8		

☐ マウス入力

残留水位線・基盤岩線の確定

キャンセル



水位線(基盤岩線)座標を編集する際、“*”を入力したらその位置での地表面座標が表示されます。

(設定に関する注意点)

- ※ 既往の地下水位ラインはここでは表示のみで編集はできません。
- ※ 残留水位線は、原則的に現地下水位線と同じか上にあることを想定しています。
- ※ 残留水位線はすべり面のある範囲は最低限入力してください。すべり面の外の残留水位線については計算には関係せず、なくても計算はできます。
- ※ 基盤岩境界線は、(参考) 残留率の算出に使用します。

湛水標高および残留率または残留水位線の設定が終わったら、計算条件の設定・確認を行います。

すべり面強度 ボタンをクリックすると [すべり面強度] ダイアログが表示されます。円弧すべりの強度を設定してください。

亀裂の設定 ボタンをクリックすると、[亀裂の設定] ダイアログが表示されます。亀裂を考慮したい場合に設定してください。

計算式と計算方法は、画面の下にある **条件設定** ボタンで計算式および計算条件などを確認・変更することができます。

円弧の制限範囲 ボタンをクリックすると、[円弧の制限範囲] ダイアログが表示されますので、指定範囲内の円弧だけに限って計算したい場合に使用します。

4.4.2. 計算結果

条件設定が終わり、**計算開始** ボタンをクリックすると、繰り返し円弧による湛水計算を開始します。計算が終了すると計算結果一覧が表示されます。

計算結果一覧の中で計画安全率を満たしている場合は青色で、満たしていない場合は赤色で表示されます。

円弧情報 ボタンはカーソル行の湛水標高に対して繰り返し円弧の一覧結果を表示します。

相関図 ボタンをクリックすると、湛水標高－最小安全率相関図、湛水標高－最大抑止力図が表示されます。

条件設定 ボタンをクリックすると、湛水計算の計算式および計算条件の設定に戻ります。

結果ファイル保存 ボタンをクリックすると、計算結果ファイルとして保存できます。（“*.swr” 形式）になります。同一断面・条件であれば過去に行った計算も **結果ファイル読込** ボタンで読み込むことができます。

結果表印刷 ボタンをクリックすると、諸条件と上昇下降の結果が印刷されます。また、**Word 出力** ボタンも同様の結果を Word 形式で出力します。

水位線 CAD 出力 ボタンをクリックすると、湛水線や残留水位線などを含んだ CAD データの出力を行います。

計算結果

自動計算 - 湛水斜面計算

ケース

地形

水位

産錐堆積斜面の湛地形 1

水位 1

計算条件の設定

すべり面強度

地層値

亀裂の設定

亀裂なし

計算式と計算方法

Fellenius法 - フィルダム法(地震時考慮)

計算方法 - 残留間隙水圧の残留率を設定

円弧の制限範囲

計算開始

計算結果表示

結果表示条件

作図設定

☒ 上昇時 計算結果
 ☐ 下降時 計算結果

	湛水標高 WL(m)	常時 最小安全率 Fs	常時 最大抑止力 Pr(kN/m)	地震時 最小安全率 Fs	地震時 最大抑止力 Pr(kN/m)
1	6.000	0.966	452.5	0.737	720.2
2	8.000	0.983	407.3	0.746	683.2
3	10.000	1.016	329.4	0.764	617.5
4	12.000	1.068	222.0	0.794	525.2
5	14.000	1.143	87.7	0.838	420.8
6	16.000	1.226	-41.3	0.888	318.4
7	18.000	1.293	-139.5	0.923	239.7
8	20.000	1.344	-209.7	0.945	192.2

円弧情報

相関図

計算式と計算方法

計算結果ファイル

条件設定

結果ファイル保存

結果ファイル読込

出力

水位線CAD出力

結果表印刷

Word出力

閉じる

繰り返し円弧一覧

	表示	中心X	中心Y	半径	常時 すべり 抵抗力 (kN/m)	常時 すべり力 (kN/m)	常時 安全率	常時 抑止力 (kN/m)	最大 深度 (m)	地震時 すべり 抵抗力 (kN/m)	地震時 すべり力 (kN/m)	地震時 安全率	地震時 抑止力 (kN/m)
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	39.000	35.650	1870.940	1936.174	0.966	452.5	7.000	1703.222	2307.985	0.737	720.2
2	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	35.000	31.457	1489.454	1481.686	1.005	288.6	6.000	1361.281	1756.116	0.775	482.7
3	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	43.000	38.850	2027.417	2005.576	1.010	379.3	7.000	1854.497	2403.768	0.771	669.5
4	<input checked="" type="checkbox"/>	4.000	35.000	30.050	1802.180	1772.161	1.016	324.5	7.000	1650.682	2115.304	0.780	570.4
5	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	47.000	42.050	2176.073	2054.068	1.059	288.9	7.000	1999.285	2474.656	0.807	599.2
6	<input checked="" type="checkbox"/>	4.000	39.000	33.250	1961.349	1838.437	1.066	244.8	7.000	1803.730	2208.606	0.816	515.4
7	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	51.000	45.250	2311.167	2084.059	1.109	189.8	7.000	2131.667	2523.222	0.844	517.9
8	<input checked="" type="checkbox"/>	4.000	43.000	36.450	2102.319	1885.444	1.115	160.3	7.000	1940.198	2278.376	0.851	452.1
9	<input checked="" type="checkbox"/>	8.000	35.000	27.650	1858.295	1630.159	1.139	97.9	7.000	1718.863	1965.034	0.874	344.5
10	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	55.000	48.450	2418.165	2093.439	1.155	94.0	7.000	2237.514	2546.582	0.878	436.4
11	<input checked="" type="checkbox"/>	4.000	47.000	39.650	2229.222	1918.542	1.161	73.1	7.000	2063.875	2329.836	0.885	382.5
12	<input checked="" type="checkbox"/>	8.000	39.000	30.850	1995.409	1689.809	1.180	32.4	7.000	1850.145	2048.658	0.903	301.0
13	<input checked="" type="checkbox"/>	4.000	51.000	42.863	2397.272	1941.336	1.203	-7.6	7.000	2169.670	2368.049	0.916	316.8
14	<input checked="" type="checkbox"/>	8.000	43.000	34.050	2120.807	1734.504	1.222	-39.4	7.000	1971.276	2112.972	0.932	247.4
15	<input checked="" type="checkbox"/>	4.000	55.000	46.193	2464.883	1986.639	1.240	-80.9	7.000	2293.122	2434.889	0.941	263.6
16	<input checked="" type="checkbox"/>	8.000	47.000	37.301	2244.163	1782.972	1.258	-104.5	7.000	2090.470	2180.926	0.958	199.6

表示: ☒ 全ON ☐ 全OFF

詳細情報

印刷

すべり面登録

閉じる

指定した湛水標高に対する繰り返し円弧の結果一覧です。

結果一覧の中で、安全率が赤色で表示されているものは最小安全率、抑止力が赤色で表示されているものは最大抑止力をあらわします。

表示の ☒ 全ON、☐ 全OFF ボタンでこの湛水標高の円弧の表示が可能です。

☐ 詳細情報 ボタン、☐ 印刷 ボタン、☐ すべり面登録 ボタンはカーソル行の結果に対して処理を行います。

☐ 詳細情報 ボタンをクリックすると、詳細情報やスライス分割図・有効抵抗力図が表示されます。

☐ 印刷 ボタンをクリックすると、スライス集計表や安定計算結果などを印刷することができます。

☐ すべり面登録 ボタンをクリックすると、ケース構成要素のすべり面に、円弧すべりが登録されます。ここで登録した円弧を使ってケースを作成することにより、指定すべり計算や、対策工計算（自動計算、杭範囲）を行うことができます。

4.5. 軟弱地盤における盛土亀裂「PROのみ対応」

この「軟弱地盤上における盛土亀裂」計算は、軟弱層の沈下によって引き起こる盛土層の亀裂を考慮した円弧すべり安定計算を行う機能です。「道路土工 軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版）（社団法人 日本道路協会）」に記載があります。

4.5.1. 計算条件の設定

軟弱地盤上の盛土亀裂計算は、基本的に“繰返し円弧”計算と同様です。**ケースの新規作成**または**ケース登録変更**によって、すべり面が（繰返し円弧）となっていなければなりません。また、あらかじめ円弧すべりの中心範囲を設定しておく必要があります。[軟弱地盤における盛土亀裂]コマンドを実行すると、下記のダイアログボックスが表示されます。

メニュー：[計算]－[軟弱地盤における盛土亀裂]

計算を開始する前に、すべり面強度、亀裂の設定、計算式の選択、円弧の制限範囲の設定を行ってください。

すべり面強度

通常は「地層値」として、各地層に設定された $C \cdot \phi$ 値を用いて計算を行います。

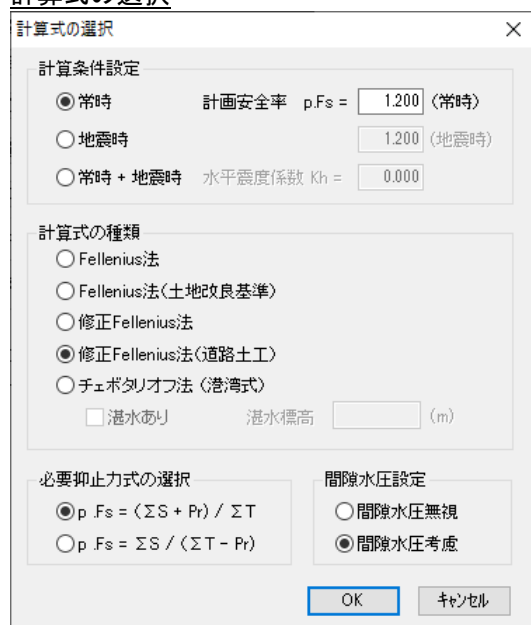
亀裂の設定

層番号	色	地層名	粘着力 C	摩擦角 ϕ	湿潤重量 γ
1	赤	路体部	20.0	25.0000	19.00
2	黄	上部粘土層	21.0	0.0000	20.00
3	緑	下部粘土層	22.0	0.0000	21.00
4	青	砂岩層	100.0	40.0000	22.00

テンションクラックの設定において、その深さ指定方法を亀裂深さラインからの設定か、地表からの深さ指定かのどちらかを選択します。**亀裂深さラインを指定する**を選択した場合、円弧すべり面はこのラインと交点を持った場合に、その点より上を鉛直な亀裂として、すべり面を作成しなおします。(紫色の線で亀裂深さラインを表示します)

一方、**地表からの深さを一律指定する**を選択すると、地表面からの亀裂の深さが Z_t となります。また、代入ボタンをクリックすると、 Z_t を式によって求めます。このとき使用する C 、 ϕ 、 γ は、地層一覧で選択している行における地層の値を使用します。(γ は地層の γ_t)

計算式の選択



計算式の選択 dialog box. It contains settings for calculation conditions, calculation methods, and safety factor formulas.

計算条件設定

- ☒ 常時: 計画安全率 $p.F_s = 1.200$ (常時)
- ☐ 地震時: 1.200 (地震時)
- ☐ 常時 + 地震時: 水平震度係数 $K_h = 0.000$

計算式の種類

- ☐ Fellenius法
- ☐ Fellenius法(土地改良基準)
- ☐ 修正Fellenius法
- ☒ 修正Fellenius法(道路土工)
- ☐ チェボタリオフ法(港湾式)
- ☐ 湛水あり: 湛水標高 (m)

必要抑止力式の選択

- ☒ $p.F_s = (\sum S + Pr) / \sum T$
- ☐ $p.F_s = \sum S / (\sum T - Pr)$

間隙水圧設定

- ☐ 間隙水圧無視
- ☒ 間隙水圧考慮

Buttons: OK, キャンセル

「道路土工 軟弱地盤対策工指針 (平成 24 年度版) (社団法人 日本道路協会)」に順ずる場合は、修正 Fellenius 法(道路土工式)と同等の計算になります。

地震時を考慮する場合はチェックをオンにして、水平設計震度と地震時計画安全率を入力してください。以上の設定が完了後、**計算開始**をクリックします。

計算結果



計算結果表示 dialog box. It shows a table of calculation results for 10 cases.

計算条件の設定

- ケース: 軟弱地盤
- 地形: 地形
- 水位: -
- すべり面強度: 地層値
- 亀裂の設定: (亀裂深さラインを使用)
- 計算式の選択: 間隙水圧考慮-修正Fellenius法(道路土工式・湛水なし)
- 円弧の制限範囲:

計算結果表示

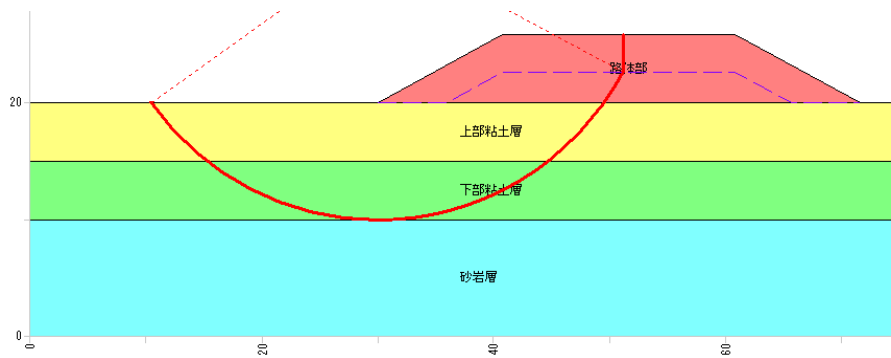
結果表示条件: 表示件数 84 / 全データ件数 84

表示	中心X	中心Y	半径	常時 すべり力 (kN/m)	常時 安全率	常時 抑止力 (kN/m)	最大 深度 (m)
1	30.000	36.000	26.000	1133.621	970.888	1.167	31.5
2	30.000	38.000	28.000	1177.532	999.859	1.177	22.3
3	30.000	32.000	20.000	903.948	747.487	1.209	-6.9
4	30.000	34.000	22.000	950.030	783.958	1.211	-9.2
5	30.000	30.000	18.000	855.777	702.618	1.217	-12.6
6	30.000	36.000	24.000	994.360	814.369	1.221	-17.1
7	30.000	38.000	26.000	1037.088	840.475	1.233	-28.5
8	30.000	32.000	18.000	765.724	589.531	1.298	-58.2
9	30.000	34.000	20.000	810.641	623.049	1.301	-62.9
10	30.000	36.000	22.000	853.416	650.043	1.312	-73.3

表示: 全ON 全OFF ※カーソル行が印刷の対象になります。

Buttons: 詳細情報, 印刷, すべり面登録, 閉じる

計算が完了すると、上記のとおり計算結果の一覧が表示されます。



計算結果一覧表でカーソルを移動すると、そのすべり面が赤色の太線としてメイン画面に表示されます。

一覧表の見出し項目をクリックすると、昇順または降順に並べ替えられます。

安全率の項目が”#####”となる場合は、安全率が極大（すべり力が0に近い状態）か、想定すべり方向の逆方法にすべる（すべり力が負の値）であることを示します。これを非表示にするには、結果表示条件の設定を行って、計算結果のフィルタリングを行ってください。

制限事項

本機能では、下記の仕様・制限によって計算されます。

- 亀裂が発生しない円弧は、計算対象から除外されます。
- すべり面は、左上がり、右上がりのどちらでも計算できます。（すべり面の左右末端の標高差によりプログラムが判断します）
- すべり面の亀裂部分には粘着力が発生しないものとして計算します。

5. 自動計算「PROのみ対応」

本プログラムの特色ある機能の一つです。地すべり防止対策工としてよく検討される排土工や盛土工などの安定計算を効率よく行うことができます。

排土工計算、押さえ盛土工計算、道路切盛土工計算、地下水位計算、はね上げ計算、湛水斜面計算（指定すべり）、地下水位計算（GGRAPH 連動）の検討を行うことができます。

5.1. 計算結果の選択

自動計算は、指定すべり計算で求めた計算結果を使って行います。各自動計算のコマンドを実行すると〔自動計算を行う計算結果の選択〕ダイアログが開いてアクティブなケースの計算結果一覧が表示されます。一覧の中から自動計算を行う結果を選択して **OK** ボタンをクリックしてください。ただし、湛水斜面計算は Fellenius 法(湛水なし)で計算された結果のみ選択することができます。

排土工の自動計算を行う計算結果の選択

計算結果の一覧 自動計算を行う計算結果を選択してOKボタンを押してください。

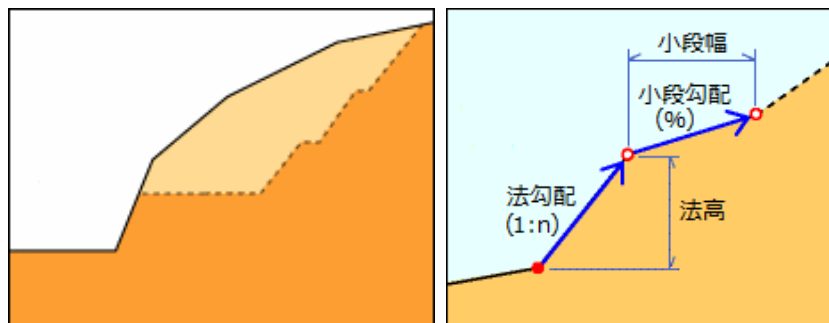
	計算式	C, ϕ 番号	由来	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	常時 F _s	常時 p.F _s	常時 Pr (kN/m)	地震時 F _s	地震時 p.F _s	地震 Pr (kN/m)
1	Fellenius法(湛水なし)	1	常/震	15.00	17.60	1.043	1.200	1688.1	0.716	1.050	5028.7

OK キャンセル

5.2. 排土工計算

排土工の自動計算は、選択されているケースの計算結果に対して適切な切土形状をすばやく決定することを目的として装備したものです。

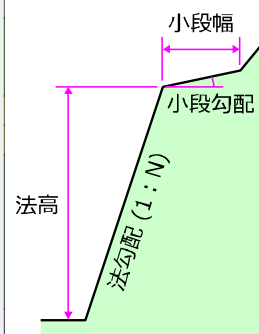
排土工の自動計算には、基面高変化、基面幅変化、法高変化、法勾配変化の4種類があり、計算手法を1つ選択して条件を設定したら、**計算**ボタンをクリックして計算を実行します。



5.2.1. 排土工計算の項目

(1) 基面高変化

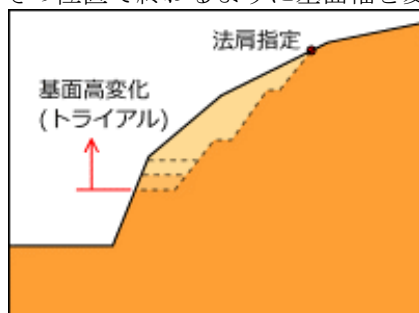
基面高変化は、法尻標高を〇〇mから〇〇mまで〇〇mピッチで動かすものです。



- ① 法面の形状として法勾配、法高、小段幅、小段勾配をそれぞれ設定します。
- ② 基面高の変化範囲として開始高と終了高、ピッチを指定します。
- ③ 法肩については直接指定する方法と基面幅を指定して求める方法の2つから選択することができます。法肩を指定すると基面高から始まった切土がその位置で終わるように基面幅を変化させます。逆に基面幅を指定すると切土を行い地形とぶつかった点を法肩として算出します。

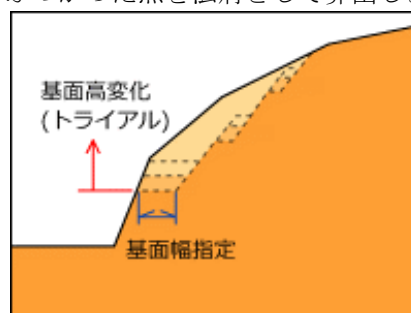
【法肩を指定する】

法肩を指定すると基面高から始まった切土がその位置で終わるように基面幅を変化させます。



【法肩を指定しない】

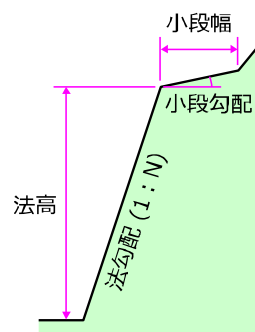
基面幅を指定すると切土を行い地形とぶつかった点を法肩として算出します。



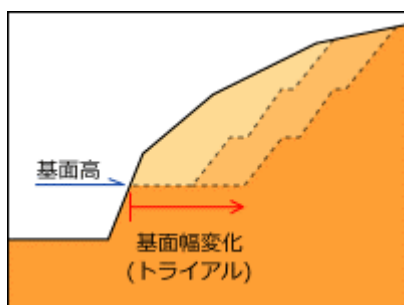
(2) 基面幅変化

基面幅変化は、法尻幅を〇〇mから〇〇mまで〇〇mピッチで動かすものです。

基面高変化	基面幅変化	法高変化	法勾配変化
法勾配	1: <input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> 基面高	<input type="text"/> (m)
法高	<input type="text"/> (m)	<input type="radio"/> X座標指定	<input type="text"/> (m)
小段幅	<input type="text"/> (m)	基面幅変化	<input type="text"/> ~ <input type="text"/> (m)
小段勾配	<input type="text"/> (%)	ピッチ	<input type="text"/> (m)



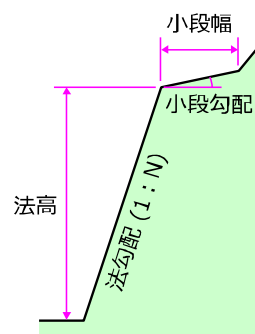
- ① 法面の形状として法勾配、法高、小段幅、小段勾配をそれぞれ設定します。
- ② 切土を開始する基面高を指定します。高さを直接入力するか、X座標を入力して算出する方法が選択できます。
- ③ 基面幅の変化範囲として開始幅と終了幅、ピッチを指定します。



(3) 法高変化

法高変化は、法高を〇〇mから〇〇mまで〇〇mピッチで動かすものです。

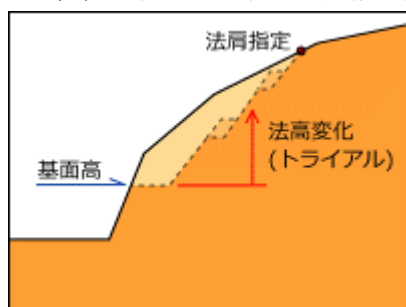
基面高変化	基面幅変化	法高変化	法勾配変化
法勾配	1: <input type="text"/>	基面高	<input type="text"/> (m)
法高変化	<input type="text"/> ~ <input type="text"/> (m)	ピッチ	<input type="text"/> (m)
小段幅	<input type="text"/> (m)	小段幅	<input type="text"/> (m)
小段勾配	<input type="text"/> (%)	小段勾配	<input type="text"/> (%)
法肩の指定 <input checked="" type="radio"/> 指定する <input checked="" type="radio"/> X = <input type="text"/> (m) <input type="radio"/> Y = <input type="text"/> (m) <input type="radio"/> 指定しない 基面幅 <input type="text"/> (m)			



- ① 法面の形状として法勾配、法高、小段幅、小段勾配をそれぞれ設定します。法高の変化範囲として開始高と終了高、ピッチを指定します。
- ② 切土の開始位置として基面高を指定します。
- ③ 法肩については直接指定する方法と基面幅を指定して求める方法の2つから選択することができます。法肩を指定すると基面高から始まった切土がその位置で終わるように基面幅を変化させます。逆に基面幅を指定すると切土を行い地形とぶつかった点を法肩として算出します。

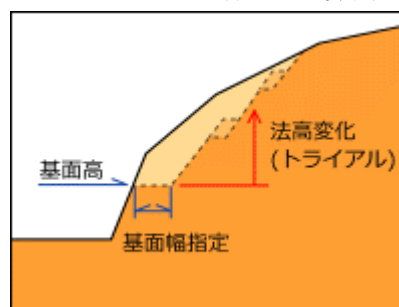
【法肩を指定する】

法肩を指定すると基面高から始まった切土がその位置で終わるように基面幅を変化させます。



【法肩を指定しない】

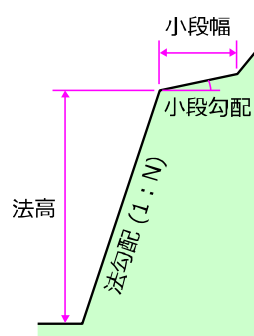
基面幅を指定すると切土を行い地形とぶつかった点を法肩として算出します。



(4) 法勾配変化

法勾配変化は、法勾配を 1 : ○○ から 1 : ○○ まで ○○ ピッチで動かすものです。

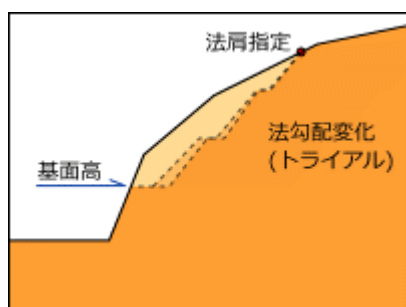
基面高変化	基面幅変化	法高変化	法勾配変化
法勾配変化 1: <input type="text"/> ~ 1: <input type="text"/> 基面高 <input type="text"/> (m)			
ピッチ <input type="text"/>			
法高 <input type="text"/> (m)			
小段幅 <input type="text"/> (m)			
小段勾配 <input type="text"/> (%)			
法肩の指定			
<input checked="" type="radio"/> 指定する <input type="radio"/> X = <input type="text"/> (m)			
<input type="radio"/> Y = <input type="text"/> (m)			
<input type="radio"/> 指定しない 基面幅 <input type="text"/> (m)			



- ① 法面の形状として法勾配、法高、小段幅、小段勾配をそれぞれ設定します。法勾配の変化範囲として開始勾配と終了勾配、ピッチを指定します。
- ② 切土の開始位置として基面高を指定します。
- ③ 法肩については直接指定する方法と基面幅を指定して求める方法の2つから選択することができます。法肩を指定すると基面高から始まった切土がその位置で終わるように基面幅を変化させます。逆に基面幅を指定すると切土を行い地形とぶつかった点を法肩として算出します。

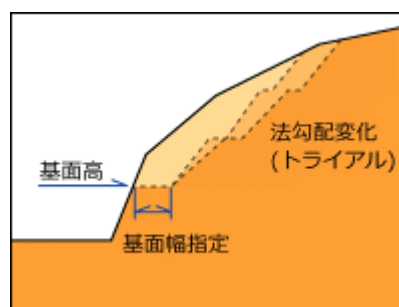
【法肩を指定する】

法肩を指定すると基面高から始まった切土がその位置で終わるように基面幅を変化させます。



【法肩を指定しない】

基面幅を指定すると切土を行い地形とぶつかった点を法肩として算出します。



5.2.2. 計算結果

常時 p .Fs、地震時 p .Fs は計画安全率で、これを入力すると常時 Pr、地震時 Pr が求まり計算結果に表示されます。また、この計画安全率以上の常時 Fs、地震時 Fs は青色で表示され、未満の場合は赤色で表示されます。

—計算結果—

	基面高 (m)	基面幅 (m)	常時 Fs	常時 Pr (kN/m)	地震時 Fs	地震時 Pr (kN/m)	切土量 (m ³ /m)
3	24.000	44.240	1.231	-170.3	0.798	2008.7	850.262
4	26.000	36.423	1.202	-12.2	0.779	2319.5	774.391
5	28.000	36.190	1.175	151.0	0.763	2624.8	702.778
6	30.000	35.957	1.153	307.3	0.750	2921.7	631.632
7	32.000	35.723	1.135	453.3	0.739	3207.6	560.952

計算 ボタンは入力された設定値を使って計算を行うときにクリックします。するとケース画面上で切土が行われ、計算結果が表示されます。ただし、条件が不足しているときは計算できません。

計算が終了すると、計算結果が下記の表に表示されます。なお、「切土量」は断面奥行き方向の幅を 1 m とした場合の切土量を表します。

すべり面条件の設定

すべり面が複数存在する場合

☒ 安全率が最小のすべり面を使用

☐ 最上のすべり面を使用

☐ 最下のすべり面を使用

OK キャンセル

すべり面条件 ボタンは、計算時に切土によりすべり面が分割されたときに、どのすべり面を使用するかを設定します。このボタンをクリックすると「すべり面条件の設定」ダイアログが表示され、安全率が最小のすべり面か、最上のすべり面、最下のすべり面の 3 つから選択できます。この項目は、「安全率が最小のすべり面を使用」が初期設定です。設定を変更した場合は再計算してください。

ケース登録 ボタンをクリックすると計算結果リストで選択されている結果をケースとして登録します。このとき、ケースの登録画面が表示されケース名および地形名を入力して登録することができます。

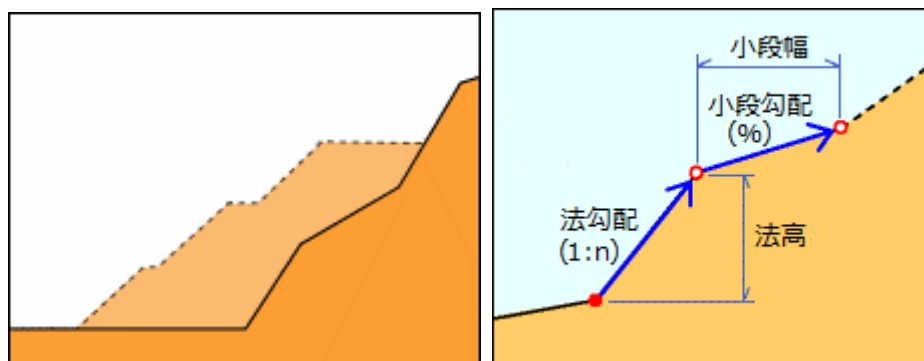
印刷 ボタンをクリックすると設定した変化項目および計算結果を印刷します。

閉じる ボタンは、現在の設定を記憶させておきたいときに使用し、**キャンセル** ボタンは今までの設定を無効にしたいときに使用します。

切土により水位線が地表面からはみ出した場合、そのままにするか地表面に沿わせるかを「設定」メニューの「計算条件」にて処理します。

5.3. 押さえ盛土工計算

押さえ盛土工の自動計算は、選択されているケースの計算結果に対して適切な盛土形状をすばやく決定することを目的として装備したものです。[押さえ盛土工計算] コマンドを実行し計算結果を選択すると、[盛土地層の新規作成] ダイアログ、[押さえ盛土工計算] ダイアログの順で表示されます。



5.3.1. 盛土地層の新規作成

盛土を行うにはまず、盛土層の性質を設定しなければなりません。また、盛土部がすべり面の末端部あるいは頭部を覆う場合には、盛土を切るすべり面の形状と強度の入力が必要になります。

① 盛土層の性質を設定します。

盛土層の性質設定は地層の設定と同じです。地層名、表示色、地質定数 (C ϕ など) を入力してください。

自動計算 - 押さえ盛土工 (盛土地層の新規作成)

盛土層の性質 末端すべり面 頭部すべり面

地層名

表示色 ☐ 強度増加係数を考慮

地質

土質名

湿潤重量 $\gamma_t =$ (kN/m^3)

飽和重量 $\gamma_{sat} =$ (kN/m^3)

粘着力 $C =$ (kN/m^2)

内部摩擦角 $\phi =$ ($^{\circ}$)

強度増加係数 $k =$

基準高標高 $H =$ (m)

② すべり面の頭部と末端を延長します。

ここでは、すべり面末端を延長する（盛土層を切る）部分の形状と強度、及び頭部すべり面を延長する部分の形状と強度およびを設定します。

盛土層の性質 末端すべり面 頭部すべり面

形状

☒ 末端すべり面を延長

☐ 水平からの角度指定

$\theta =$ ($^{\circ}$)

☐ 水平からの角度

$\theta = 45^{\circ} - \phi/2$

☐ すべり面末端からの角度

$\theta = 45^{\circ} - \phi/2$

強度

☒ 地層値 ☐ 逆算値

☐ 指定1 ☐ 指定2

盛土層の性質 末端すべり面 頭部すべり面

形状

☒ 頭部すべり面を延長

☐ 水平からの角度指定

$\theta =$ ($^{\circ}$)

強度

☒ 地層値 ☐ 逆算値

☐ 指定1 ☐ 指定2

末端すべり面の形状は4種類から選択できます。[末端すべり面を延長]は、地山内のすべり面形状をそのまま延長します。[水平からの角度指定]は、水平線からの成す角度 θ の直線となります。地山のすべり面強度 ϕ を用いて、すべり面形状を決定する方法は水平からの角度として $45^\circ - \phi/2$ とするものと、末端の接線からの角度として $45^\circ - \phi/2$ とするもの2種類があります。

強度について、[地層値]は該当する盛土材のC、 ϕ で、[逆算値]は該当するすべり面に用いられた逆算C、 ϕ です。指定値が入力されている場合はそれも選択することができます。

頭部すべり面の形状は2種類から選択できます。[頭部すべり面を延長]は、頭部端点の接線となります。[水平からの角度指定]は、頭部端点を通り水平線から角度 θ の直線となります。

強度の選択は、末端すべり面と同じで、[地層値]、[逆算値]、[指定値]から選択します。

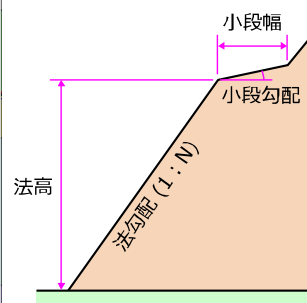
5.3.2. 押さえ盛土工計算の項目

[盛土地層の新規作成]ダイアログで盛土の地層を設定し、**OK** ボタンをクリックすると下図のダイアログが表示され押さえ盛土工の計算をすることができます。

押さえ盛土の自動計算には、天端高変化、天端幅変化、法高変化、法勾配変化の4種類があり、計算手法を1つ選択して条件を設定したら、**計算** ボタンをクリックして計算を実行します。

(1) 天端高変化

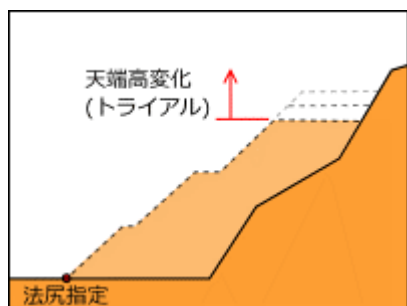
天端高変化は、天端標高を〇〇mから〇〇mまでピッチ〇〇mで動かすものです。



- ① 法面の形状として法勾配、法高、小段幅、小段勾配をそれぞれ設定します。
- ② 天端高の変化範囲として開始高と終了高、ピッチを指定します。
- ③ 法尻については直接指定する方法と天端幅を指定して求める方法の2つから選択することができます。法尻を指定するとそこから天端高まで盛土を行って天端幅を求めます。逆に天端幅を指定すると上から法面を形成していき地形とぶつかった点を法尻として算出します。

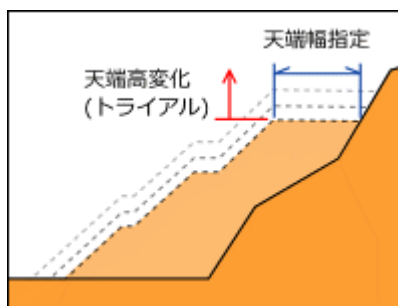
【法尻を指定する】

法尻を指定するとそこから天端高まで盛土を行って天端幅を求めます。



【法尻を指定しない】

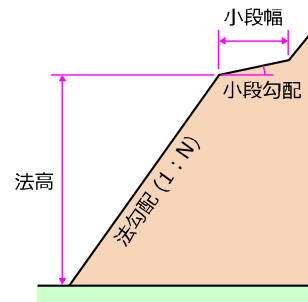
天端幅を指定すると上から法面を形成していき地形とぶつかった点を法尻として算出します。



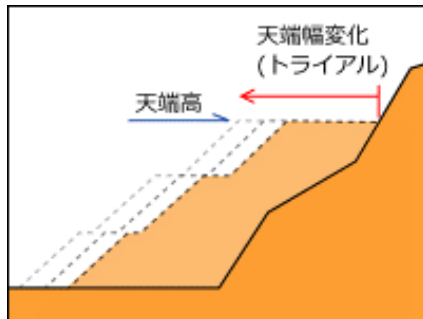
(2) 天端幅変化

天端幅変化は、天端幅を〇〇mから〇〇mまで〇〇mピッチで動かすものです。

天端高変化	天端幅変化	法高変化	法勾配変化
法勾配	1: <input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> 天端高 <input type="text"/> (m)	
法高	<input type="text"/> (m)	<input type="radio"/> X座標指定 <input type="text"/> (m)	
小段幅	<input type="text"/> (m)	天端幅変化 <input type="text"/> ~ <input type="text"/> (m)	
小段勾配	<input type="text"/> (%)	ピッチ <input type="text"/> (m)	



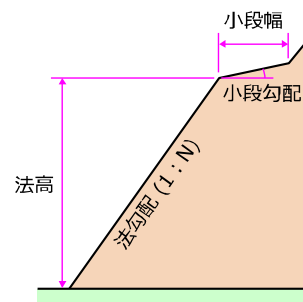
- ① 法面の形状として法勾配、法高、小段幅、小段勾配をそれぞれ設定します。
- ② 盛土を開始する天端高を指定します。高さを直接入力するか、X座標を入力して算出する方法が選択できます。
- ③ 天端幅の変化範囲として開始幅と終了幅、ピッチを指定します。計算は開始幅から始まってピッチ分増加させ、終了幅を超えるまで続けます。



(3) 法高変化

法高変化は、法高を〇〇mから〇〇mまで〇〇mピッチで動かすものです。

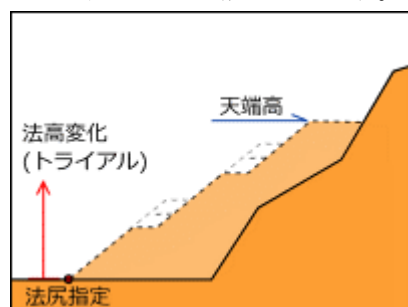
天端高変化	天端幅変化	法高変化	法勾配変化
法勾配	1: <input type="text"/>	天端高 <input type="text"/> (m)	
法高変化	<input type="text"/> ~ <input type="text"/> (m)		
ピッチ	<input type="text"/> (m)		
小段幅	<input type="text"/> (m)		
小段勾配	<input type="text"/> (%)		
法尻の指定 <input checked="" type="radio"/> 指定する <input checked="" type="radio"/> X = <input type="text"/> (m) <input type="radio"/> Y = <input type="text"/> (m) <input type="radio"/> 指定しない 天端幅 <input type="text"/> (m)			



- ① 法面の形状として法勾配、法高、小段幅、小段勾配をそれぞれ設定します。法高の変化範囲として開始高と終了高、ピッチを指定します。
- ② 盛土の基面高を指定します。
- ③ 法尻については直接指定する方法と天端幅を指定して求める方法の2つから選択することができます。法尻を指定するとそこから天端高まで盛土を行って天端幅を求めます。逆に天端幅を指定すると上から法面を形成していき地形とぶつかった点を法尻として算出します。

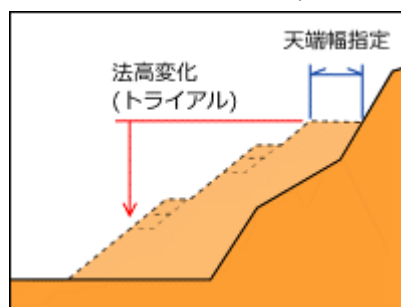
【法肩を指定する】

法尻を指定するとそこから天端高まで盛土を行って天端幅を求めます。



【法肩を指定しない】

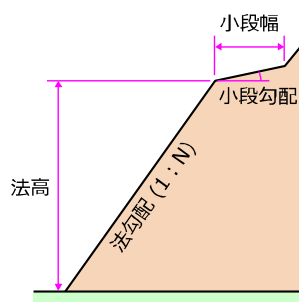
天端幅を指定すると上から法面を形成していき地形とぶつかった点を法尻として算出します。



(4) 法勾配変化

法勾配変化は、法勾配を 1 : 〇〇 から 1 : 〇〇 まで 〇〇 ピッチで動かすものです。

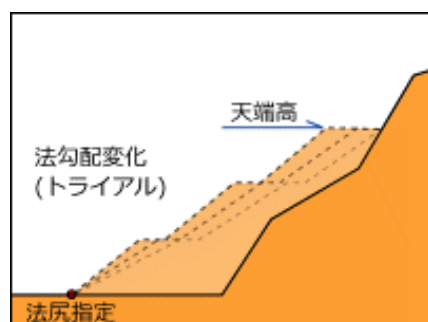
天端高変化	天端幅変化	法高変化	法勾配変化
法勾配変化 1: <input type="text"/> ~ 1: <input type="text"/> 天端高 <input type="text"/> (m)			
ピッチ <input type="text"/>			
法高 <input type="text"/> (m)			
小段幅 <input type="text"/> (m)			
小段勾配 <input type="text"/> (%)			
法尻の指定 <input checked="" type="radio"/> 指定する <input checked="" type="radio"/> X = <input type="text"/> (m) <input type="radio"/> Y = <input type="text"/> (m) <input type="radio"/> 指定しない 天端幅 <input type="text"/> (m)			



- ① 法面の形状として法勾配、法高、小段幅、小段勾配をそれぞれ設定します。法勾配の変化範囲として開始勾配と終了勾配、ピッチを指定します。
- ② 盛土の基面高を指定します。
- ③ 法尻については直接指定する方法と天端幅を指定して求める方法の2つから選択することができます。法尻を指定するとそこから天端高まで盛土を行って天端幅を求めます。逆に天端幅を指定すると上から法面を形成していき地形とぶつかった点を法尻として算出します。

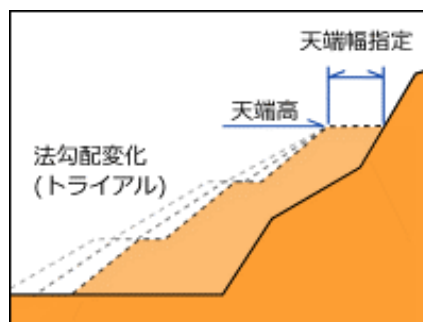
【法肩を指定する】

法尻を指定するとそこから天端高まで盛土を行って天端幅を求めます。



【法肩を指定しない】

天端幅を指定すると上から法面を形成していき地形とぶつかった点を法尻として算出します。



5.3.3. 計算結果

常時 $p.F_s$ 、地震時 $p.F_s$ は計画安全率で、これを入力すると常時 Pr 、地震時 Pr が求まり計算結果に表示されます。また、この計画安全率以上の常時 F_s 、地震時 F_s は青色で表示され、未満の場合は赤色で表示されます。

—計算結果—

	天端高 (m)	天端幅 (m)	常時 F_s	常時 Pr (kN/m)	地震時 F_s	地震時 Pr (kN/m)	盛土量 (m ³ /m)
15	29.000	36.667	1.168	358.6	0.761	4851.8	330.834
16	30.000	37.084	1.183	191.3	0.768	4780.4	367.709
17	31.000	37.500	1.197	32.2	0.774	4715.7	405.001
18	32.000	36.417	1.209	-106.8	0.780	4664.5	441.210
19	33.000	36.833	1.220	-236.5	0.785	4620.9	477.835

計算 ボタンは入力された設定値を使って計算を行うときにクリックします。するとケース画面上で盛土が行われ、計算結果が表示されます。ただし、条件が不足しているときは計算できません。

盛土層設定 ボタンは「盛土地層の新規作成」ダイアログを開きます。これは最初に設定した値を変更したいときに使用します。ただし、ケース登録をしたあとでは変更ではなく、新規の地層の設定となります。

ケース登録 ボタンをクリックすると計算結果リストで選択されている結果をケースとして登録します。このとき、ケースの登録画面が表示されケース名および地形名を入力して登録することができます。

印刷 ボタンをクリックすると設定した変化項目および計算結果を印刷します。

閉じる ボタンは、現在の設定を記憶させておきたいときに使用し、**キャンセル** ボタンは今までの設定を無効にしたいときに使用します。

5.4. 道路切盛土工計算

道路切盛土工の自動計算は、選択されているケースの計算結果に対して適切な切盛土形状をすばやく決定することを目的として装備したものです。[道路切盛土工計算] コマンドを実行し計算結果を選択すると、[法形状の設定] ダイアログ、[盛土地層の新規作成] ダイアログ、[道路切盛土工計算] ダイアログの順で表示されます。

5.4.1. 法形状の設定

道路センターから右側と左側に分けます。また、画面を大きく上・下に分け上部に切土、下部に盛土に関するデータを入力して下さい。

法形状を設定してから、その形状の繰り返し回数を設定します。そして上下の方向を指定することができます。切土および盛土の形状は左右にそれぞれ3パターンずつ設定することができ、繰り返し回数分だけ法面を作成していきます。

道路切盛土工計算 - 法形状の設定

	左側			右側		
切土	切土1	切土2	切土3	切土1	切土2	切土3
法勾配(1n)	1.00			1.00		
法高(m)	7.000			7.000		
小段幅(m)	1.500			1.500		
小段勾配(%)	0.00			0.00		
繰り返し回数(回)	10	0	0	10	0	0
方向	↑	↑	↑	↑	↑	↑
盛土	盛土1	盛土2	盛土3	盛土1	盛土2	盛土3
法勾配(1n)	1.50			1.50		
法高(m)	5.000			5.000		
小段幅(m)	1.500			1.500		
小段勾配(%)	0.00			0.00		
繰り返し回数(回)	10	0	0	10	0	0
方向	↓	↓	↓	↓	↓	↓

OK

キャンセル

5.4.2. 盛土地層の新規作成

道路切盛土工を行うには、盛土層の性質を設定しなければなりません。また、盛土部がすべり面の末端部あるいは頭部を覆う場合には、盛土を切るすべり面の形状と強度の入力が必要になります。

設定項目として「盛土層の性質」、「末端すべり面」、「頭部すべり面」の3つがあります。これらは「押さえ盛土工」と同じように指定します。

① 盛土層の性質を設定します。

盛土層の性質は地層の設定と同じです。地層名、表示色、地質定数（ C 、 ϕ など）を入力してください。

② すべり面の頭部と末端を延長します。

ここでは、すべり面末端を延長する（盛土層を切る）部分の形状と強度、及び頭部すべり面を延長する部分の形状と強度およびを設定します。

末端すべり面の形状は4種類から選択できます。[末端すべり面を延長]は、地山内のすべり面形状をそのまま延長します。[水平からの角度指定]は、水平線からの成す角度 θ の直線となります。地山のすべり面強度 ϕ を用いて、すべり面形状を決定する方法は水平からの角度として $45^\circ - \phi/2$ とするものと、末端の接線からの角度として $45^\circ - \phi/2$ とするもの2種類があります。

強度について、[地層値]は該当する盛土材の C 、 ϕ で、[逆算値]は該当するすべり面に用いられた逆算 C 、 ϕ です。指定値が入力されている場合はそれも選択することができます。

頭部すべり面の形状は2種類から選択できます。[頭部すべり面を延長]は、頭部端点の接線となります。[水平からの角度指定]は、頭部端点を通り水平線から角度 θ の直線となります。

強度の選択は、末端すべり面と同じで、[地層値]、[逆算値]、[指定値]から選択します。

5.4.3. 道路切盛土計算の項目

〔法形状の設定〕ダイアログで法面の形状を設定し、盛土地層の設定も済ませると下図のダイアログが表示され道路切盛土工の計算をすることができます。

道路切盛土工の自動計算には、水平距離変化、標高変化の2種類があり、計算手法を1つ選択して条件を設定したら、計算ボタンをクリックして計算を実行します。

(1) 水平距離變化

水平距離変化は、道路のセンター位置を〇〇mから〇〇mまでピッチ〇〇mで動かすものです。

自動計算 - 道路切盛土工算

ケース名

地形

すべり面

水位

1-現地形

原地形

すべり面 1

HWL

常時 pFs

地震時 pFs

1.200

1.050

水平距離変化

標高変化

道路左側

道路右側

幅(m)

0.000

0.000

横断勾配(%)

0.00

0.00

方向

←

→

センター位置変化

X =

~

(m)

ピッチ

(m)

道路センター標高

H =

(m)

計算

法形状変更

すべり面条件

盛土層設定

ケース登録

印刷

Word出力

開じる

キャンセル

-計算結果-

センター位置 (m)

左交点 X (m)

左交点 Y (m)

右交点 X (m)

右交点 Y (m)

常時 F_s

常時 P_r (kN/m)

地震時 F_s

地震時 P_r (kN/m)

切土量 (m³/m)

盛土量 (m³/m)

- ① 路面形状として道路の左右の幅、横断勾配、横断勾配の向きをそれぞれ設定します。
- ② センター位置の変化範囲として開始位置と終了位置、ピッチを指定します。計算は開始位置から始まってピッチ分増加させ、終了高を超えるまで続けます。
- ③ 道路センター標高を入力します。

(2) 標高變化


標高変化は、道路のセンター標高を〇〇mから〇〇mまでピッチ〇〇mで動かすものです。

水平距離変化	標高変化
幅(m)	道路左側
横断勾配(%)	道路右側
方向	

道路センター位置 X = (m)

センター標高変化 H = ~ (m)

ピッチ (m)



- ① 路面形状として道路の左右の幅、横断勾配、横断勾配の向きをそれぞれ設定します。
- ② 道路センター位置の変化範囲として開始位置と終了位置、ピッチを指定します。計算は開始位置から始まってピッチ分増加させ、終了高を超えるまで続けます。
- ③ 道路センター標高を入力します。

5.4.4. 計算結果

切土をするか盛土をするかの判断は、路面の両端の座標を求め、それが地中にあるなら切土となり、空中にはみ出していたなら盛土の処理を行います。

常時 $p.F_s$ 、地震時 $p.F_s$ は計画安全率で、これを入力すると常時 Pr 、地震時 Pr が求まり計算結果に表示されます。また、この計画安全率以上の常時 F_s 、地震時 F_s は青色で表示され、未満の場合は赤色で表示されます。

-計算結果-											
	センター 位置 (m)	左交点 X (m)	左交点 Y (m)	右交点 X (m)	右交点 Y (m)	常時 F_s	常時 Pr (kN/m)	地震時 F_s	地震時 Pr (kN/m)	切土量 (m ³ /m)	盛土量 (m ³ /m)
15	88.000	62.400	23.600	93.150	37.150	0.968	2731.7	0.659	6433.3	1.283	95.310
16	90.000	64.800	23.867	95.450	37.450	0.962	2770.3	0.656	6410.5	3.883	70.776
17	92.000	67.200	24.133	97.750	37.750	0.958	2793.7	0.653	6373.6	7.083	46.776
18	94.000	69.600	24.400	100.050	38.050	0.954	2801.9	0.651	6322.8	10.883	23.310
19	96.000	91.414	36.586	102.350	38.350	0.950	2813.6	0.649	6273.8	14.868	---

計算 ボタンは入力された設定値を使って計算を行うときにクリックします。するとケース画面上で道路の切盛土が行われ、計算結果が表示されます。ただし、条件が不足しているときは計算できません。

法形状変更 ボタンは「法形状の設定」ダイアログを開きます。前に設定した法形状を変更したい場合に使用します。

すべり面条件 ボタンは切土によりすべり面が分割されたときに、どのすべり面を使用するかを設定するために使用します。このボタンをクリックすると「すべり面条件の設定」ダイアログが表示され、安全率が最小のすべり面か、最上のすべり面、最下のすべり面の3つから選択できます。

盛土層設定 ボタンは「盛土地層の新規作成」ダイアログを開きます。これは最初に設定した値を変更したいときに使用します。ただし、ケース登録をしたあとでは変更ではなく、新規の地層の設定となります。

ケース登録 ボタンをクリックすると計算結果リストで選択されている結果をケースとして登録します。このとき、ケースの登録画面が表示されケース名および地形名を入力して登録することができます。

印刷 ボタンをクリックすると設定した変化項目および計算結果を印刷します。

閉じる ボタンは、現在の設定を記憶させておきたいときに使用し、**キャンセル** ボタンは今までの設定を無効にしたいときに使用します。

切土により水位線が地表面からはみ出した場合、そのままにするか地表面に沿わせるかを「設定」メニューの「計算条件」にて処理します。

5.5. 地下水位計算

地下水位変化の自動計算は、選択されているケースの計算結果に対して水位を変化させ安定計算を行います。

地下水位変化の自動計算には、平行水位変化、くさび水位変化の2種類があり、計算手法を1つ選択して条件を設定したら、計算ボタンをクリックして計算を実行します。

5.5.1. 地下水位計算の項目

(1) 平行水位変化

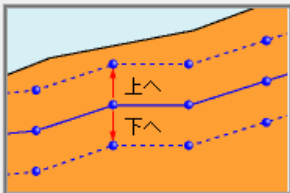
平行水位変化は、地下水位を任意の水位高に平行移動させます。

自動計算 - 地下水位計算

ケース名	地形	すべり面	水位	常時 p.Fs	地震時 p.Fs
1-現地形	原地形	すべり面 1	HWL	1.200	1.050

平行水位変化 くさび水位変化

現水位より 上へ (m)
 下へ (m)
 ピッチ (m)



計算
 ケース登録
 印刷
 Word 出力
 閉じる
 キャンセル

— 計算結果 —

変化量 Δh (m)	常時 Fs	常時 Pr (kN/m)	地震時 Fs	地震時 Pr (kN/m)

- ① 水位の上限値および下限値を設定します。
- ② ピッチを入力します。計算は0からピッチを加算して上限値を超えるまで続けます。また、0からピッチを減算して下限値を下回るまで続けます。

(2) くさび水位変化

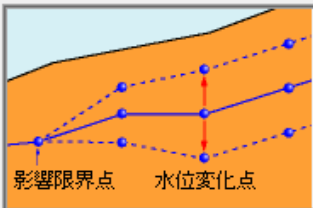
くさび水位変化では、影響限界点を不動点として任意の水位変化点で地下水位高を上下させます。

平行水位変化 くさび水位変化

影響限界点 X = (m)
 Y = (m)

水位変化点 X = (m)
 Y = (m)

現水位より 上へ (m)
 下へ (m)
 ピッチ (m)



影響限界点 水位変化点

水位変化点以降を
☒ 平行 ☐ 延長

- ① 影響限界点と水位変化点を設定します。影響限界点と水位変化点間の水位形状は、水位変化点の変化量を影響限界点からの水平距離で比例配分します。また、水位変化点よりも遠方の水位形状は、その直前の勾配をそのまま延長する場合と既存水位と平行にする操作が選択できます。
- ② 水位の上限値および下限値を設定します。
- ③ ピッチを入力します。計算は0からピッチを加算して上限値を超えるまで続けます。また、0からピッチを減算して下限値を下回るまで続けます。

5.5.2. 計算結果

常時 $p.F_s$ 、地震時 $p.F_s$ は計画安全率で、これを入力すると常時 Pr 、地震時 Pr が求まり計算結果に表示されます。また、この計画安全率以上の常時 F_s 、地震時 F_s は青色で表示され、未満の場合は赤色で表示されます。

—計算結果—

	変化量 Δh (m)	常時 F_s	常時 Pr (kN/m)	地震時 F_s	地震時 Pr (kN/m)
4	-2.000	1.007	2185.2	0.690	5675.8
5	-1.000	0.979	2505.0	0.670	5995.7
6	0.000	0.950	2842.3	0.649	6333.0
7	1.000	0.918	3195.1	0.626	6685.8
8	2.000	0.886	3568.9	0.603	7059.6

計算 ボタンは入力された設定値を使って計算を行うときにクリックします。するとケース画面上で水位変化が行われ、計算結果が表示されます。ただし、条件が不足しているときは計算できません。

ケース登録 ボタンをクリックすると計算結果リストで選択されている結果をケースとして登録します。このとき、ケースの登録画面が表示されケース名および地形名を入力して登録することができます。

印刷 ボタンをクリックすると設定した変化項目および計算結果を印刷します。

閉じる ボタンは、現在の設定を記憶させておきたいときに使用し、**キャンセル** ボタンは今までの設定を無効にしたいときに使用します。

水位変化により水位線が地表面からはみ出した場合、そのままにするか地表面に沿わせるかを「設定」メニューの「計算条件」にて処理します。

5.6. はね上げ計算

はね上げ計算は、抑止杭工やアンカー工などの抑止工前面すべりの検討などに威力を発揮します。

はね上げすべりの自動計算には、標高変化、水平距離変化、角度変化の3種類があり、計算手法を1つ選択して条件を設定したら、**計算**ボタンをクリックして計算を実行します。

5.6.1. はね上げ計算の項目

(1) 標高変化

標高変化は、地表面との交点を標高〇〇mから〇〇mまで〇〇ピッチで動かすものです。

ケース名	地形	すべり面	水位	常時 p.Fs	地震時 p.Fs
I-現地形	原地形	すべり面 1	HWL	1.200	1.050

- 計算結果 -							
	標高 (m)	水平距離 (m)	角度 θ (°)	常時 Fs	常時 Pr (kN/m)	地震時 Fs	地震時 Pr (kN/m)

① はね上げ標高の変化範囲として開始標高と終了標高、ピッチを指定します。計算は開始標高から始まってピッチ分増加させ、終了標高を超えるまで続けます。

② 水平からの はね上げ角度を指定します。「 $45^\circ - \phi/2$ 」の ϕ は、はね上げ部分の内部摩擦角です。地層値が選択され、はね上げ部分のすべり面強度が複数の値となる場合は、地表面の地層の内部摩擦角が ϕ となります。

③ はね上げ部分のすべり面強度を指定します。

(2) 水平距離変化

水平距離変化は、地表面の交点を水平距離〇〇mから〇〇m まで〇〇mピッチで動かすものです。

① はね上げ水平距離の変化範囲として開始位置と終了位置、ピッチを指定します。計算は開始位置から始まってピッチ分増加させ、終了位置を超えるまで続けます。

② はね上げ角度を指定します。はね上げ角度は水平からの角度を指定します。

③ はね上げ部分のすべり面強度を指定します。

(3) 角度変化

角度変化は、すべり面上の点を開始点として水平角度〇〇° から〇〇° まで〇〇° ピッチで動かすものです。

標高変化

水平距離変化

角度変化

開始

(°)

水平からのはね上げ角度

終了

(°)

☐ $45^\circ - \phi/2$

ピッチ

(°)

ϕ は地層値を使用

はね上げ開始位置

X =

(m)

はね上げ部分のすべり面強度

☒ 地層値
☐ 逆算値
☐ 指定1
☐ 指定2

- ① はね上げ角度の変化範囲として開始角度と終了角度、ピッチを指定します。計算は開始角度から始まってピッチ分増加させ、終了角度を超えるまで続けます。ただし、 $45^\circ - \phi/2$ のチェックボックスをオンにしているときはその角度1つのみとなります。
- ② はね上げ開始位置を指定します。はね上げ開始位置はすべり面上の点です。
- ③ はね上げ部分のすべり面強度を指定します。

5.6.2. 計算結果

常時 p.Fs、地震時 p.Fs は計画安全率で、これを入力すると常時 Pr、地震時 Pr が求まり計算結果に表示されます。また、この計画安全率以上の常時 Fs、地震時 Fs は青色で表示され、未満の場合は赤色で表示されます。

—計算結果—

	標高 (m)	水平距離 (m)	角度 θ (°)	常時 Fs	常時 Pr (kN/m)	地震時 Fs	地震時 Pr (kN/m)
4	26.000	76.417	35.00	0.872	2734.9	0.614	4886.8
5	28.000	79.250	35.00	0.909	2241.7	0.638	4297.6
6	30.000	82.084	35.00	0.939	1865.7	0.657	3809.4
7	32.000	84.917	35.00	0.957	1618.5	0.671	3433.7
8	34.000	87.750	35.00	0.962	1500.5	0.678	3171.0

計算 ボタンは入力された設定値を使って計算を行うときにクリックします。するとケース画面上ではね上げ計算が行われ、計算結果が表示されます。ただし、条件が不足しているときは計算できません。

ケース登録 ボタンをクリックすると計算結果リストで選択されている結果をケースとして登録します。このとき、ケースの登録画面が表示されケース名および地形名を入力して登録することができます。

印刷 ボタンをクリックすると設定した変化項目および計算結果を印刷します。

閉じる ボタンは、現在の設定を記憶させておきたいときに使用し、**キャンセル** ボタンは今までの設定を無効にしたいときに使用します。

5.7. 湛水斜面計算

湛水斜面の自動計算は、選択しているケースに対して湛水標高の上昇・下降を検討する場合に、より迅速に湛水斜面の安定度を把握することを目的として装備したものです。

5.7.1. 計算項目の設定

[湛水斜面計算] コマンドを実行し計算結果を選択すると、最初に(湛水降下時の間隙水圧の)計算方法を選択するダイアログが現れます。計算方法を決定したら、湛水斜面計算の設定ダイアログが現れます。

(※) 残留水位ラインを設定して検討する方法は、オプションをご購入された場合のみ可能です。

湛水斜面計算の計算条件

湛水斜面計算の計算方法を以下から選択してください。

☐ 残留水位ラインを設定して検討する。(オプション)

☒ 残留間隙水圧の残留率を設定して検討する。

決定

(左：残留率設定の場合、右：残留水位ライン設定の場合)

自動計算－湛水斜面計算

ケース名	地形	すべり面	水位
湛水地すべり(残留水位) 原地形		すべり面 1	HWL

計算方法: 残留間隙水圧の残留率を設定

基準水面法 フィルダム法

状況の設定 ☒ 常時 ☐ 常時 + 地震時

常時 計画安全率 $pFs = 1.200$

地震時 計画安全率 $pFs = 1.050$

地盤水平震度 $Kh1 = 0.150$

下降時震度 $Kh2 = 0.080$

☒ 逆算安全率 $Fs = 1.000$

☐ 補正係数 $\lambda = 1.541$

	湛水標高(m)	選択	上昇ピッチ(m)	選択	下降ピッチ(m)	残留率(%)	維持
最高水位	50.000	<input checked="" type="checkbox"/>	↑	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000	50	×
A水位		<input type="checkbox"/>					
B水位	44.000	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
C水位		<input type="checkbox"/>					
最低水位	10.000	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000		↓		×

条件設定 **計算開始** 閉じる キャンセル

自動計算－湛水斜面計算

ケース名	地形	すべり面	水位
湛水地すべり(残留水位) 原地形		すべり面 1	HWL

計算方法: 残留水位ラインを設定

基準水面法 フィルダム法

状況の設定 ☒ 常時 ☐ 常時 + 地震時

常時 計画安全率 $pFs = 1.200$

地震時 計画安全率 $pFs = 1.050$

地盤水平震度 $Kh1 = 0.150$

下降時震度 $Kh2 = 0.080$

☒ 逆算安全率 $Fs = 1.000$

☐ 補正係数 $\lambda = 1.541$

	湛水標高(m)	選択	上昇ピッチ(m)	選択	下降ピッチ(m)
最高水位	50.000	<input checked="" type="checkbox"/>	↑	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000
A水位		<input type="checkbox"/>			
B水位	44.000	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
C水位		<input type="checkbox"/>			
最低水位	10.000	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000		↓

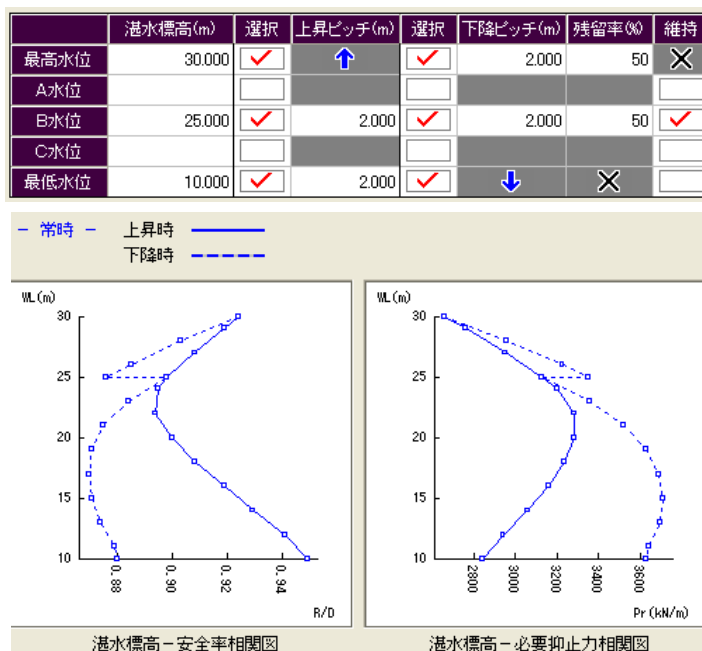
条件設定 残留水位の設定へ **計算開始** 閉じる キャンセル

湛水斜面の自動計算には、基準水面法、フィルダム法の2種類の式があり、タブをクリックすることにより切り換えることができます。

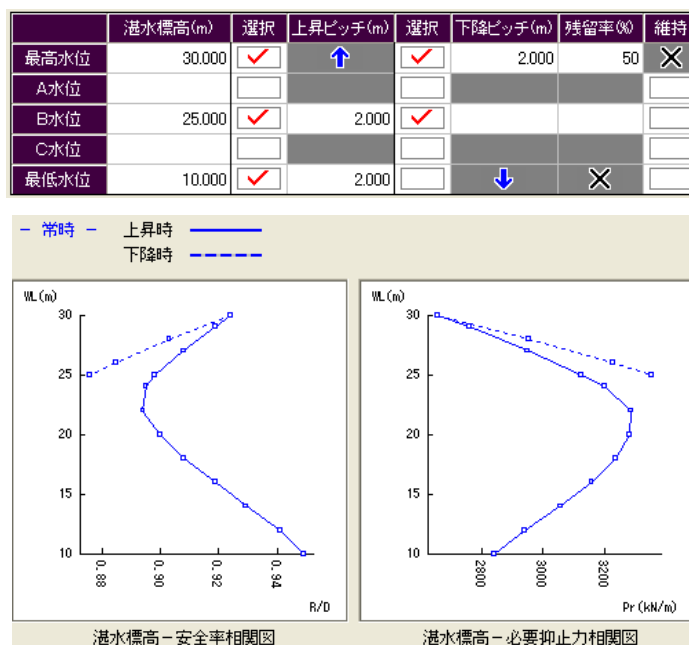
各条件を設定し**計算開始**ボタンをクリックすると計算結果が表示されます。

残留率と残留水位線の関係について

これまでの間隙水圧の残留率を設定する計算での貯水位は、多くの場合、最低水位(LWL) → 制限水位(RWL) → サーチャージ水位(SWL) → 制限水位(RWL) (維持) → 最低水位(LWL) という設定で行ってききました。この場合の設定条件と結果は概ね下記のようになっていました。



しかし最近の指針では、「貯水位上昇の貯水位の変化に伴う安全率 F_s の評価のための安定解析は、河床標高あるいはすべり面の末端標高からサーチャージ水位(SWL) までの範囲について行う。一方貯水位下降時の貯水位の変化に伴う安全率 F_s の評価のための安定解析は、洪水期に急速な貯水位下降が予測される場合を対象とし、通常サーチャージ水位(SWL) から制限水位(RWL) までの範囲について行う。なお制限水位が設定されていない場合には常時満水位(NWL) までとする。」とされています。その場合の条件と結果は概ね下記のようになります。



ゆえに「残留水位ラインを設定して検討する」を用いて検討する場合、事前に残留する水位線を想定して入力することになります。この場合、新指針に従いサーチャージ水位(SWL) から制限水位(RWL) までの検討をする場合は1本の水位線で検討できます。

一方従来の考え方のようにサーチャージ水位(SWL) から制限水位(RWL) まで下げ、制限水位で維持した後最低水位(LWL) まで下げるような検討をしたい場合、残留水位線は2本必要となり、今回の機能では検討できませんが、2回別々に計算する、あるいは2ケースに分けて計算することで検討可能となります。

5.7.2. 基準水面法

「基準水面法」タブをクリックすると、次の条件入力ウィンドウが表示されます。

- ① 状況の設定で、「常時」か「常時+地震時」かを選択します。
- ② 必要抑止力を求めたい場合は計画安全率を入力します。
- ③ 「常時+地震時」を選択した場合は湛水標高の上昇・下降時に使う地盤水平震度係数を設定します。

補正係数は、直接入力する方法と逆算安全率から求める方法があります。画面上で、「地盤水平深度」と表記されているものが上昇時の地盤水平震度係数、「下降時深度」と表記されているものが下降時の地盤水平震度係수에該当します。ただし、下降時であっても、後述する湛水標高の設定で、「維持」に設定されている標高では、「地盤水平深度」が適用されます。

5.7.3. フィルダム法

「フィルダム法」タブをクリックすると、次の条件入力ウィンドウが表示されます。

- ① 状況の設定で、「常時」か「常時+地震時」かを選択します。
- ② 必要抑止力を求めたい場合は計画安全率を入力します。
- ③ 「常時+地震時」を選択した場合は湛水標高の上昇・下降時に使う地盤水平震度係数を設定します。

画面上で、「地盤水平深度」と表記されているものが上昇時の地盤水平震度係数、「下降時深度」と表記されているものが下降時の地盤水平震度係수에該当します。ただし、下降時であっても、後述する湛水標高の設定で、「維持」に設定されている標高では、「地盤水平深度」が適用されます。

5.7.4. 湛水標高の設定

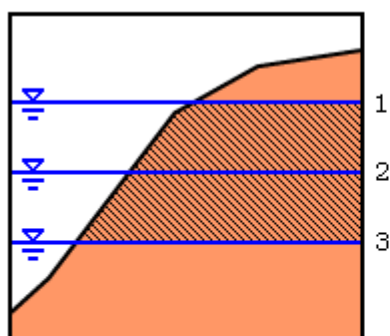
湛水標高の上昇・下降などを設定するウィンドウは以下に示す通りです。

	湛水標高(m)	選択	上昇ピッチ(m)	選択	下降ピッチ(m)	残留率(%)	維持
最高水位	40.000	<input checked="" type="checkbox"/>	↑	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000	50	<input checked="" type="checkbox"/>
A水位		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
B水位	30.000	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
C水位		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
最低水位	20.000	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000	↓			<input checked="" type="checkbox"/>

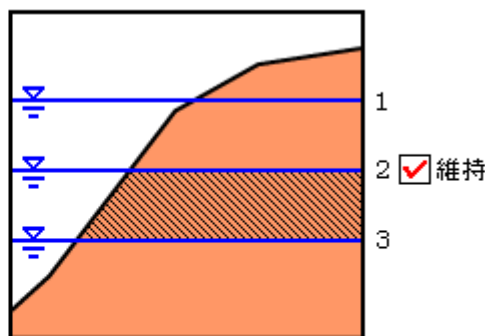
基本的には新基準ではチェックをつけません

- ① 湛水標高は最低水位から最高水位まで5つ入力できます。
- ② 上昇時に使用する水位に対して左側の「選択」欄にチェックをつけます。そして次の水位までのピッチを「上昇ピッチ」欄に入力します。
- ③ 下降時に使用する水位に対して右側の「選択」欄にチェックをつけます。そして次の水位までのピッチを「下降ピッチ」欄に入力します。また、残留率を設定する必要があり、「残留率」欄にどれだけ考慮するかを%で入力します。

初期状態において、残留率を考慮する面積は選択されているもっとも上の水位を基準に求められますが、「維持」をチェックすることによって、チェックされた水位以下の残留率を考慮する面積はこの水位を基準に求められます（次項参照）。



どの水位でも[維持]がチェックされていない場合、水位3における残留率を考慮する面積(斜線部)



水位2の[維持]がチェックされている場合、水位3における残留率を考慮する面積(斜線部)

※ 「残留率」「維持」の項目は、当初設定した計算方法で「残留間隙水圧の残留率を設定して検討する」を選択した場合に考慮されます。

※ 「残留水位ライン」を設定して検討する場合、上記の(参考)残留率は、最高水位→B水位と最高水位→最低水位が表示されます。したがって推奨する入力方法として、

- ・最低水位の欄に、最低水位(LWL)を入力する。
- ・B水位の欄に制限水位(RWL)あるいは常時満水位(NWL)を入力する。
- ・最高水位の欄にサーチャージ水位(SWL)、あるいは最高水位(HWL)を入力する。

として入力してください。

(a) 残留間隙水圧の残留率を設定して検討する場合。

湛水標高、上昇ピッチ、下降ピッチ、残留率も設定してください。下降時に水位が停滞して残留水位をクリアする必要がある場合は[維持]欄にチェックしてください。

(※計算式の選択ダイアログにおいて「残留水位の設定へ」ボタンは現れません)

(b) 残留水位ラインを設定して検討する場合。

湛水標高、上昇ピッチ、下降ピッチも設定してください。また、下降時に間隙水圧を計算するための水位線を設定してください。水位線は、「残留水位の設定へ」ボタンをクリックすると設定することができます。

(※計算式の選択ダイアログにおいて「残留率(%)」「維持」の項目は現れません)

5.7.5. 残留水位線の設定

「残留水位の設定へ」ボタンをクリックすると、以下のようなダイアログが現れます。このダイアログで、残留水位線を入力します。残留水位線を入力すると、その段階における残留率が計算されて表示されます。残留水位線は湛水下降時の水位線として使われます。この残留水位線の座標入力にはマウス入力もできます。(最低水位、B水位が設定されていないとその地点での残留率は表示されません)

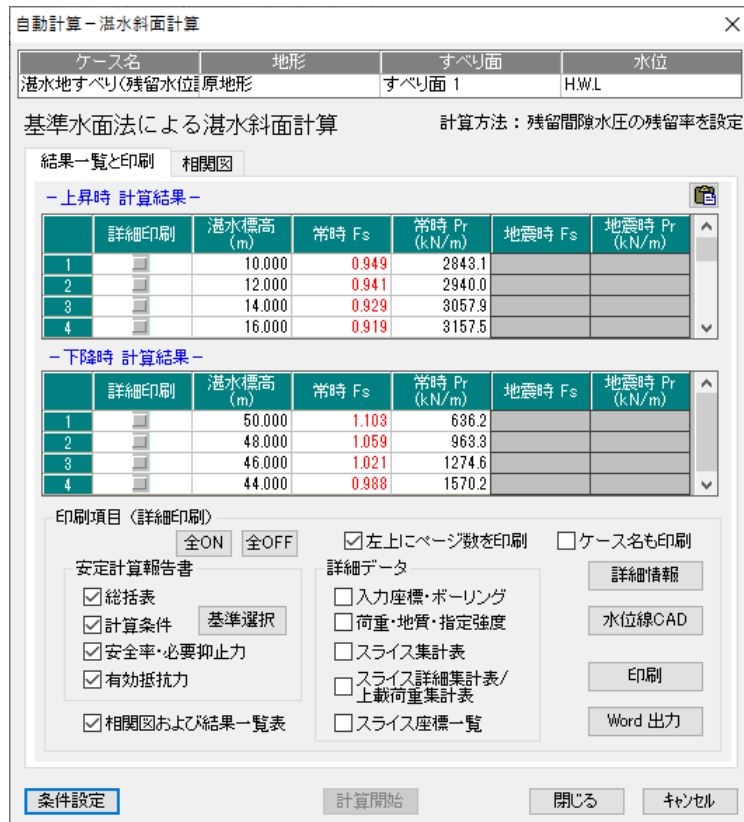
※ 「残留水位の設定へ」ボタンは、当初設定した計算方法で「残留水位ラインを設定して検討する」を選択した場合に現れます。



- ※ 既往の地下水位ラインはここではさわられません。
- ※ 残留水位線は、原則的に現地下水位線と同じか上にあることを想定しています。
- ※ 残留水位線はすべり面のある範囲は最低限入力してください。すべり面の外の残留水位線については計算には関係せず、なくても計算はできます。
- ※ 残留水位線は1ファイル当たり1本のみとなりますので、ケースを変えて検討する場合でも1本の残留水位線しか設定できません。ケースを変えて検討したい場合は別ファイルでの検討をお願いします。

5.7.6. 結果一覧と印刷

計算開始 ボタンをクリックすると、設定した条件により計算結果が表示されます。



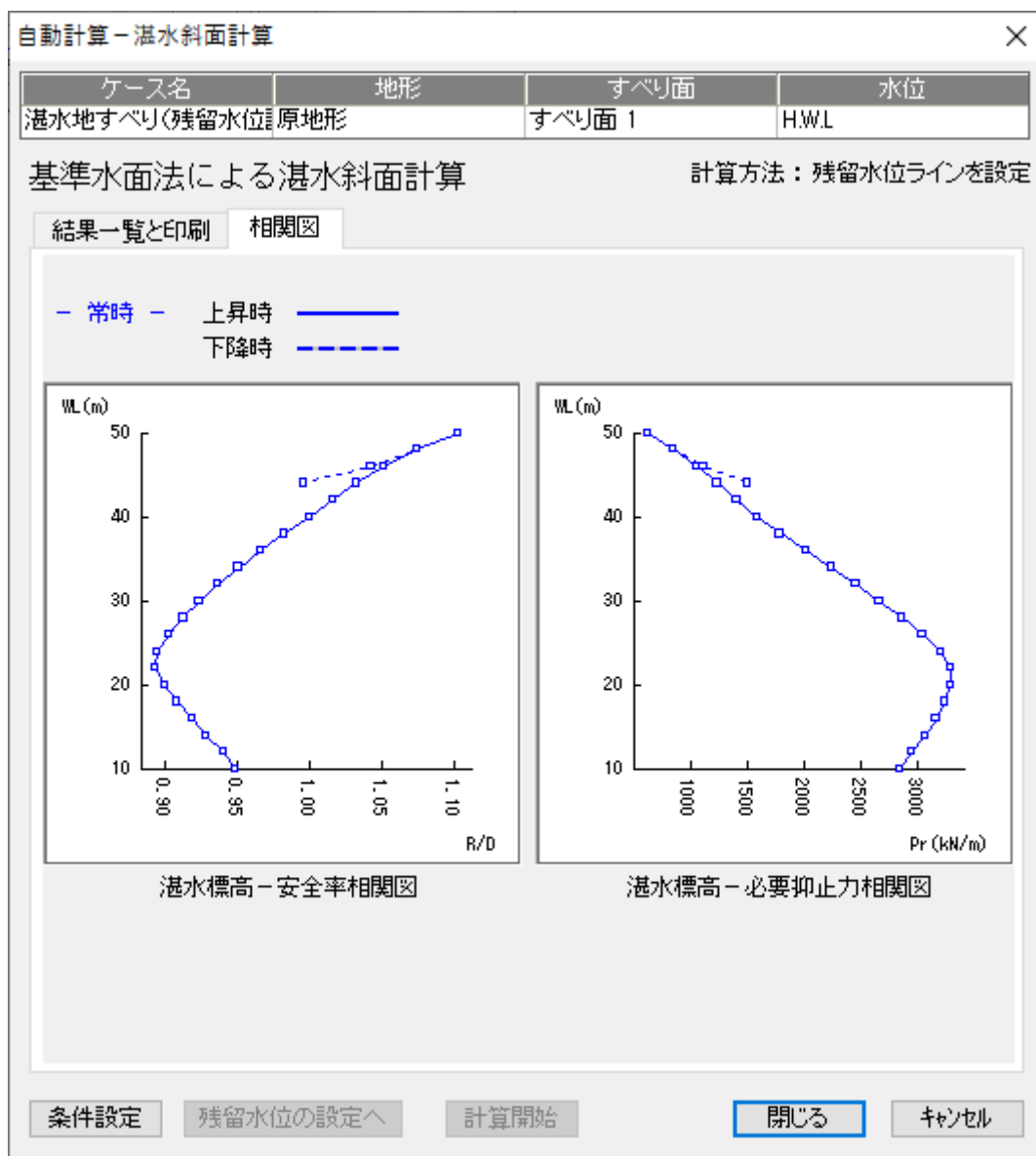
その中に上昇時と下降時の湛水標高、常時安全率、常時必要抑止力、地震時安全率、地震時必要抑止力が表示されています。計画安全率を満たしていない場合、安全率は赤色で表示されます。表示されている計算結果の中から、印刷したいものを選び、**印刷**ボタンをクリックすると、チェックされている印刷項目の内容が印刷されます。

条件設定ボタンをクリックすると、条件入力画面に戻ります。

閉じるボタンをクリックすると、入力した条件を記憶します。**キャンセル**ボタンをクリックすると、入力した条件を無効にします。

5.7.7. 相関図

〔相関図〕タブをクリックすると、計算結果から湛水標高－安全率相関図と湛水標高－必要抑止力相関図を確認することができます。



5.8. 地下水位計算(GGRAPH連動)

地下水位計算 (GGRAPH 連動) の自動計算は、GGRAPH の観測日時別の地下水位データを読み込んで、安定計算を行います。(ただし、地下水位の保存データは GGRAPH Ver3 以上の形式でないと読み込めません。)

5.8.1. コマンドボタンの説明

[地下水位計算 (GGRAPH 連動)] コマンドを実行し計算結果を選択すると下図のダイアログが表示され観測日時別の地下水位による安定計算を行うことができます。

フォルダの選択

GGRAPH の孔内水位データが保存されているフォルダを選択して下さい。

【作業ファイル】

作業ファイル保存

読み込みまたは編集した地下水位データを作業用ファイルとして保存します。拡張子は “.sgw” となります。このファイルは PowerSSA 形式、GGRAPH 形式のデータファイルとは独立のデータ形式となります。

作業ファイル読込

“.sgw” 形式の作業用データファイルを開きます。

【データ処理】

観測値取得

選択したデータフォルダから、孔内水位データを読み込みます。

読み込み対象になる孔内水位データは、GGRAPH 用の現場情報ファイル “.gen” によって管理されている孔内水位データが対象になります。(ただし、GGRAPH Ver3 以上の形式でないと読み込めません。)

水位データの補間方法

孔内水位データを読み込んだ際の端部（右端および左端）の地下水位を設定します。また、欠測データがあると、その日時に関しては安定計算を行いませんので、安定計算をさせるために、不足分のデータを補うための補間を行います。

☐ 孔内水位計の標高を表示しない

データを読み込んだ場合、各孔内水位に対して、水位値とそれに対応する地表面（孔口標高）からの標高値が画面に表示されます。このチェックボックスをオンにすると、標高値が表示されなくなります。（つまり画面内で一度に見られる孔内水位値が増加します）

クリア

読み込んだ孔内水位データを削除します。

【計算】

計算

観測日時別の水位で安定計算処理を実行します。

ケース登録

計算結果で選択されている観測日時の水位でケース登録します。

印刷

計算結果を一覧表形式で印刷します。

【ファイル出力】

GGRAPH Text 形式で安全率出力

安定計算処理の計算結果で出てきた安全率を GGRAPH で読み込み可能なテキスト形式にして出力します。（安全率という項目は GGRAPH には存在しないため、GGRAPH テキストの種別は“その他時系列”扱いとなります）

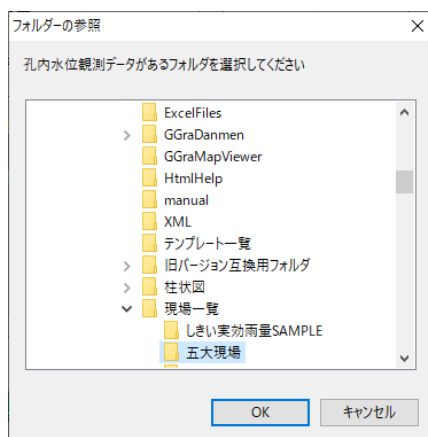
CSV 形式で結果一覧出力

日付別の安全率や孔内水位値を一覧形式にしたファイルを CSV 形式で出力します。

5.8.2. 地下水位値の読込

① 孔内水位データを選択します

フォルダの選択 ボタンをクリックして、GGRAPH の孔内水位データが保存されているフォルダを選択します。



読み込み対象になる孔内水位データは、GGRAPH 用の現場情報ファイル”*.gen”によって管理されている孔内水位データが対象になります。

②観測値データを実際に読み込みます

①でフォルダを選択した後、**観測値取得**をクリックすると、「孔内水位データの取得方法」ダイアログが現れます。そこで孔内水位データの取得方法を選択して **読込開始** ボタンをクリックすると、その取得方法に応じてデータが読み込まれます。

孔内水位データの取得方法

データの取得方法

☐ 全データを読み込む
(時分単位のデータをそのまま使用する)

☒ 日付単位(最高値)で読み込む
(同日に複数データがある場合は、孔内水位の最高値を使用する)

☐ 日付単位(平均値)で読み込む
(同日に複数データがある場合は、孔内水位の平均値を使用する)

読込開始 キャンセル

孔内水位フォルダおよび孔内水位データの取得方法を変更せずに**観測値取得**を行うと、以前の作業状態を保ちながら追加部分の観測日時データを読み込みます。つまり観測値が既に格納されている場合は既存データのほうを優先します。

③安全率を計算する上で必要な計器を選択します

データの読込が完了すると、「計器読込情報」ダイアログが現れます。この画面には、計器名称・観測値存在期間が表示されています。ここで、安定計算対象の期間設定および計器選択を行います。なお、存在期間の範囲を表す目盛りは3ヶ月単位と1年単位で切り替えることができます。

計器読込情報

このフォルダからは以下の孔内水位計を読み込んでいます
必要に応じて安定計算の対象となる観測期間と孔内水位計を選択してください

データ取得時の観測期間 ⇒ 安定計算対象期間 (入力例: 2003/01/01)

1998/01/01 - 2016/01/05 1998/01/01 - 2016/01/05

◆ 読み込んだ孔内水位計の一覧 ◆ ☐ 1目盛を1年単位で表示

	計器名称	選択	前回読込	観測値存在期間	98	.	.	.	99	.	.	.	00	.	.	.
1	BV-1	<input checked="" type="checkbox"/>		1998/01/01 - 1999/01/05												
2	BV-2	<input checked="" type="checkbox"/>		1998/01/01 - 1998/12/30												
3	BV-5	<input checked="" type="checkbox"/>		1998/01/01 - 1999/01/05												
4	BV-7	<input type="checkbox"/>		1999/09/12 - 2003/09/29												
5	BV-排水	<input type="checkbox"/>		2000/01/01 - 2001/12/31												
6	BV-11	<input type="checkbox"/>		2015/01/01 - 2016/01/05												
7	BV-12	<input type="checkbox"/>		2015/01/01 - 2015/12/30												
8	BV-15	<input type="checkbox"/>		2015/01/01 - 2016/01/05												

OK キャンセル

選択が終わったら、読み込まれた地下水位値が以下のように画面に表示されます。

自動計算 - 地下水位計算 (GGRAPH連動)

ケース名	地形	すべり面	水位	常時 p.Fs	地震時 p.Fs
4-押え盛土	計画地形-盛土	すべり面 1	LWL	1.200	1.050

GGRAPHデータ(孔内水位)が存在するフォルダ [フォルダの選択](#)

¥5da¥GGRAPHVer7¥現場一覧¥五大現場

ー地下水位値ー

	X位置(m)	左端	右端	BV-1	BV-2	BV-5
削孔深度(m)			20.000		15.000	15.000
孔口標高(m)			551.000	627.909	690.000	
観測日時	標高(m)	標高(m)	水位(m)	標高(m)	水位(m)	標高(m)
1 1998/01/01			6.640	544.360	6.350	621.559
2 1998/01/04			6.450	544.550	6.210	621.699
3 1998/01/07			6.280	544.720	6.140	621.769
4 1998/01/10			6.350	544.650	5.780	622.129
5 1998/01/13			6.420	544.580	6.170	621.739
6 1998/01/16			6.480	544.520	6.040	621.869
7 1998/01/19			6.570	544.430	6.330	621.579
8 1998/01/22			6.620	544.380	6.360	621.549

▲ データの読み込みを完了しました。空欄部分の設定を行ってください。

ー計算結果ー

観測日時	常時 Fs	常時 Pr (kN/m)	地震時 Fs	地震時 Pr (kN/m)

作業ファイル

作業ファイル保存 作業ファイル読込

ファイル名:

データ処理

観測値取得

水位データの補間方法

☐ 孔内水位計の標高を表示しない

クリア

計算

計算 ケース登録

印刷

ファイル出力

GGRAPH Text 形式で安全率出力

CSV 形式で結果一覧出力

閉じる キャンセル

観測日時欄の書式は、時間別で読み込んだ場合は ”年月日時分” まで、それ以外ならば “年月日” まで表示されます。

5.8.3. 端部の地下水位設定および欠測データの補間

孔内水位データを読み込んだ際の端部（右端および左端）の地下水位を設定します。また、欠測データがあると、その日時には安定計算を行いませんので、欠測データがある場合は安定計算をさせるために、不足分のデータを補うための補間を行います。

①端部設定・補間を行う前に

端部の地下水位設定および欠測データの補間をするに当たって、孔内水位計の配置位置（X位置、削孔深度、孔口標高）を設定しておく必要があります。画面の地下水位値の上部に孔内水位計の属性情報を入力する欄がありますので、設置記録などの現場情報に基づいて入力してください。なお、削孔深度および孔口標高については、GGRAPHの孔内水位データに記録されている場合は、自動的に読み込みます。また、X位置を入力すると孔口標高は自動的に算出されます。

自動計算 - 地下水位計算 (GGRAPH連動)

ケース名	地形	すべり面	水位	常時 p.Fs	地震時 p.Fs
4-押え盛土	計画地形-盛土	すべり面 1	LWL	1.200	1.050

GGRAPHデータ(孔内水位)が存在するフォルダ [フォルダの選択](#)

¥5da¥GGRAPHVer7¥現場一覧¥五大現場

ー地下水位値ー

	X位置(m)	左端	右端	BV-1	BV-2	BV-5
削孔深度(m)			20.000		15.000	15.000
孔口標高(m)			26.833	38.043	38.043	62.000
観測日時	標高(m)	標高(m)	水位(m)	標高(m)	水位(m)	標高(m)
1 1998/01/01			6.640	20.193	6.350	31.693
2 1998/01/04			6.450	20.383	6.210	31.833
3 1998/01/07			6.280	20.553	6.140	31.903
4 1998/01/10			6.350	20.483	5.780	32.263
5 1998/01/13			6.420	20.413	6.170	31.873
6 1998/01/16			6.480	20.353	6.040	32.003

②端部設定・補間の実行

①で孔内水位計の属性をすべて入力したら、[水位データの補間方法](#)ボタンをクリックします。端部の地下水位設定は以下の4通りの方法があります。

- ・ 観測日ごとに水位をそのまま延長する
- ・ 初期観測日で延長した水位を平行移動する
- ・ 端点を指定し、観測日ごとに水位と連結する
- ・ 端点を指定し、初期観測日の位置関係を維持して平行移動する

孔内水位データの編集

端部の地下水位の設定方法

☒ 観測日ごとに水位をそのまま延長する
☐ 初期観測日で延長した水位を平行移動する
☐ 端点を指定し、観測日ごとに水位と連結する
☐ 端点を指定し、初期観測日の位置関係を維持して平行移動する

	左端側		右端側	
	X座標(m)	Y座標(m)	X座標(m)	Y座標(m)
左端			右端	
2			2	

※指定点はそれぞれ2点まで設定できます。

欠測データの補間

☐ 欠測データを補間する
 欠測データは計器位置から補間します。

データ作成 キャンセル

欠測データを補間する場合は、☐欠測データを補間するにチェックを付けてください。ただし、この機能は欠測しているデータの両隣の水位標高の平均を代入する方法です。(列の最初あるいは最後のデータが欠測している場合は、1つ隣と2つ隣の水位標高から平均する) この方式に選らない場合は、補間を行わず水位を直接手入力して下さい。なお、同一観測日に水位データが一箇所しかない場合は、欠測データの補間できません。

をクリックすると、端部の地下水位設定および欠測データの補間（チェックをつけた場合）処理が行われます。実際の実行画面は以下のようになります。

自動計算 - 地下水位計算 (GGRAPH連動)

ケース名	地形	すべり面	水位	常時 pFs	地震時 pFs
4-押え盛土	計画地形-盛土	すべり面 1	LWL	1.200	1.050

GGRAPHデータ(孔内水位)が存在するフォルダ

○¥5da¥GGRAPHVer7¥現場一覧¥五大現場

—地下水位値—

		左端	右端	BV-1	BV-2	BV-5
	X位置(m)	0.000	180.000	50.000	100.000	150.000
	削孔深度(m)			20.000	15.000	15.000
	孔口標高(m)			26.833	38.043	62.000
観測日時	標高(m)	標高(m)	水位(m)	標高(m)	水位(m)	標高(m)
1 1998/01/01	8.693	68.088	6.640	20.193	6.350	31.693
2 1998/01/04	8.933	68.292	6.450	20.383	6.210	31.833
3 1998/01/07	9.203	68.826	6.280	20.553	6.140	31.903
4 1998/01/10	8.703	68.786	6.350	20.483	5.780	32.263
5 1998/01/13	8.953	68.572	6.420	20.413	6.170	31.873
6 1998/01/16	8.703	68.062	6.480	20.353	6.040	32.003
7 1998/01/19	8.813	68.284	6.570	20.263	6.330	31.713
8 1998/01/22	8.743	68.382	6.620	20.213	6.360	31.683

—計算結果—

観測日時	常時 Fs	常時 Pr (kN/m)	地震時 Fs	地震時 Pr (kN/m)

作業ファイル

ファイル名:

データ処理

☐ 孔内水位計の標高を表示しない

計算

ファイル出力

左端・右端値および孔内水位値については数値を直接入力することもできます。このとき孔内水位値に関しては、孔口標高が定義されていれば水位や標高は自動的に算出されて表示されます。

5.8.4. 孔内水位計の重複

孔内水位計の属性の中で X 位置が重複している場合には、地下水位の補間をすることができません。このとき、**水位データの補間方法**ボタンをクリックすると「同じ位置に 2 つ以上の孔内水位計が配置されています」というメッセージとともに、重複状態を示すダイアログが表示されます。ここで孔内水位計が重複しないように X 位置および計器統合の設定を行います。

同じ位置に複数の孔内水位計が配置されています

水位を推定するためには、各計器が互いに異なる位置にある必要があります
以下の計器に対して、X 位置の修正またはデータ統合を行ってください

計器名称	X 位置	観測値存在期間	新名称	統合先
BV-2	100.000	1998/01/01 - 1999/01/05	BV-2(+)BV-5	√
BV-5	100.000	1998/01/01 - 1999/01/05	[統合先]	●

カーソル行だけ合成・再表示 X 位置の更新・再表示 キャンセル

重複を解消する手段としては、以下のような方法があります。

- 互いに異なる孔内水位計のデータを統合させる
- X 位置を他の孔内水位計とずらす

手段 a. については、統合先以外の計器にセルを合わせて統合後の新名称を設定した後、**カーソル行だけ合成・再表示**をクリックして、重複情報を更新してください。ただし、統合する計器間において同一観測日時で観測値が存在する場合は統合できません。この場合は手段 b. を使うなどの対処をする必要があります。

手段 b. については、指定した計器の X 位置を入力した後、**X 位置の更新・再表示**をクリックして、重複情報を更新してください。このとき変更した X 位置が他の計器と重複した場合には、その計器も追加表示されます。

以上の操作を行ってすべての計器の重複が解消されたら、「孔内水位データの編集」ダイアログが出現しますので、端部の地下水位設定および欠測データの補間を行います。

(注意)

一度でも統合編集をした孔内水位計については、**キャンセル**ボタンを押しても実行前の状態に戻すことはできません。

5.8.5. 安定計算

水位の設定が終了したら、**計算**ボタンをクリックして観測日時別の水位で安定計算処理を実行します。安定計算が終了すると結果を見ることができます。

自動計算 - 地下水位計算 (GGRAPH連動)

ケース名	地形	すべり面	水位	常時 pFs	地震時 pFs
4-押え盛土	計画地形-盛土	すべり面 1	LWL	1.200	1.050

GGRAPHデータ(孔内水位)が存在するフォルダ

◎%5da\GGRAPHVer7\現場一覧\五大現場

- 地下水位値 -

	左端	右端	BV-1	BV-2	BV-5			
X位置(m)	0.000	180.000	50.000	100.000	150.000			
削孔深度(m)			20.000	15.000	15.000			
孔口標高(m)			26.833	38.043	62.000			
観測日時	標高(m)	標高(m)	水位(m)	標高(m)	水位(m)	標高(m)	水位(m)	標高(m)
1 1998/01/01	8.693	68.088	6.640	20.193	6.350	31.693	7.560	54.440
2 1998/01/04	8.933	68.292	6.450	20.383	6.210	31.833	7.380	54.620
3 1998/01/07	9.203	68.826	6.280	20.553	6.140	31.903	7.020	54.980
4 1998/01/10	8.703	68.786	6.350	20.483	5.780	32.263	6.910	55.090
5 1998/01/13	8.953	68.572	6.420	20.413	6.170	31.873	7.190	54.810
6 1998/01/16	8.703	68.062	6.480	20.353	6.040	32.003	7.460	54.540
7 1998/01/19	8.813	68.284	6.570	20.263	6.330	31.713	7.430	54.570
8 1998/01/22	8.743	68.382	6.620	20.213	6.360	31.683	7.380	54.620

- 計算結果 -

	観測日時	常時 Fs	常時 Pr (kN/m)	地震時 Fs	地震時 Pr (kN/m)
1	1998/01/01	0.755	5036.2	0.489	9173.4
2	1998/01/04	0.748	5117.2	0.484	9254.4
3	1998/01/07	0.740	5204.6	0.479	9341.8
4	1998/01/10	0.735	5255.4	0.476	9392.5
5	1998/01/13	0.744	5156.1	0.482	9293.4

作業ファイル

ファイル名:

データ処理

☐ 孔内水位計の標高を表示しない

計算

ファイル出力

ケース登録ボタンをクリックすると計算結果で選択されている観測日時の水位でケース登録します。

印刷ボタンをクリックすると計算結果を一覧表形式で印刷します。

5.8.6. ファイル出力

地下水位計算 (GGRAPH 連動) では、安定計算処理の計算結果で出てきた安全率を再度 GGRAPH で読み込んでグラフ化する機能や、計算結果を任意に編集できるように CSV 形式で計算結果を出力する機能を用意しています。

①GGRAPH Text 形式で安全率出力

安定計算で算出された観測日時別の安全率と計算時の計画安全率を、GGRAPH で読込可能なテキスト形式にて出力することができます。なお GGRAPH には安全率の項目がありませんので、GGRAPH で読み込む時はその他時系列扱いとして読むことになります。

常時安全率のファイル名を "sample.tot" とすると、その他の出力ファイル名は以下のようになります。

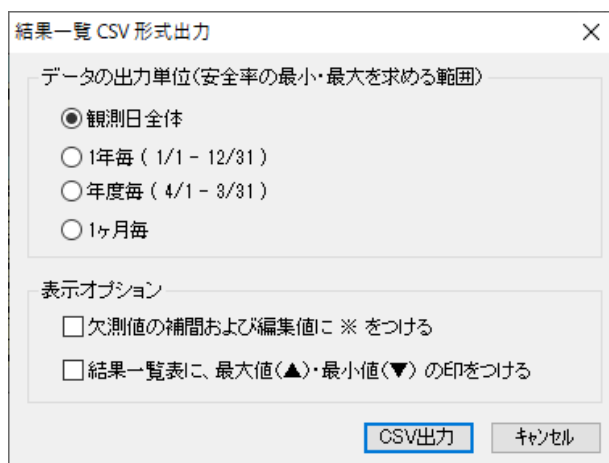
常時計画安全率 ... "sample_pFs.tot"

地震時安全率 ... "sample_Q.tot"

地震時計画安全率 ... "sample_Q_pFs.tot"

②CSV 形式で結果一覧出力

このコマンドでは、地下水位値や安全率計算結果および間隙水圧を CSV 形式で一度に出力することができます。CSV 出力にすると、必要なデータだけをまとめた報告書を Excel などを用いて作成することができます。



◆ データの出力単位（安全率の最小・最大を求める範囲）

最大・最小安全率の対象となる範囲を設定します。設定できるのは、観測期間全体における分布、1年ごとの分布、年度ごとの分布(毎年4月1日から翌年3月31日まで)、1ヶ月ごとの分布の4通りです。

◆ 欠測値の補間および編集値に※をつける

地下水位値に関してデータを読み込んだそのままの値と入力編集または補正を行った値を識別する機能です。編集値ならば“※”印を付すかどうかを設定することができます。“※”印をつけられる表は、観測日別安全率一覧表、最小・最大安全率分布表の2表です。

◆ 結果一覧表に、最大値(▲)・最小値(▼)の印をつける

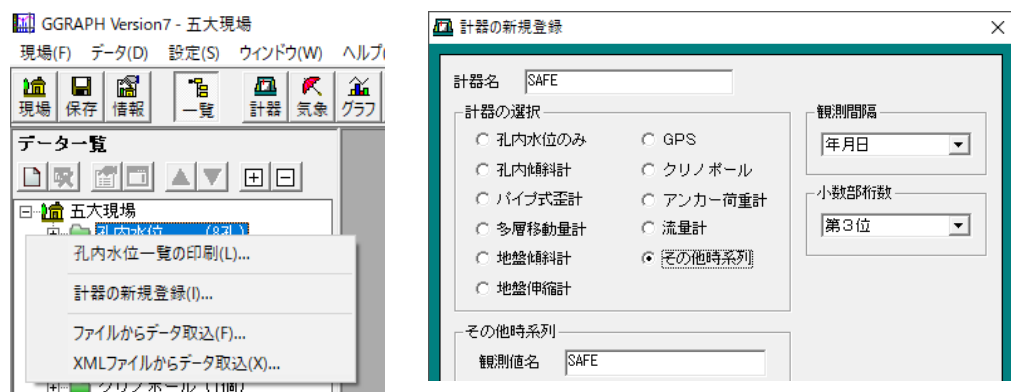
データの出力単位ごとの安全率・地下水位値に対して、最大値(▲印)・最小値(▼印)ならば印をつけるというオプションです。

5.8.7. GGRAPHを用いて安全率をグラフ化

5.8.6の①で出力したGGRAPH Textのデータを、GGRAPHで作成した現場に組み込んで安全率および計画安全率をグラフ化する手順を以下に説明します。なお、詳細な操作方法についてはGGRAPHの取り扱い説明書を参照して下さい。

①GGRAPHで、安全率・計画安全率（その他時系列計器扱い）を新規登録する

左図は新規登録ポップアップメニュー、右図は安全率をその他計器として登録したときの画面です。



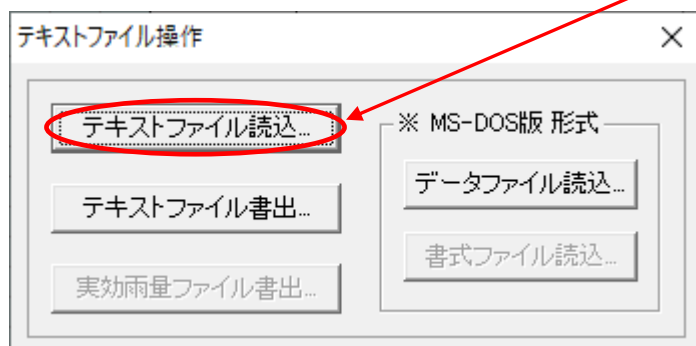
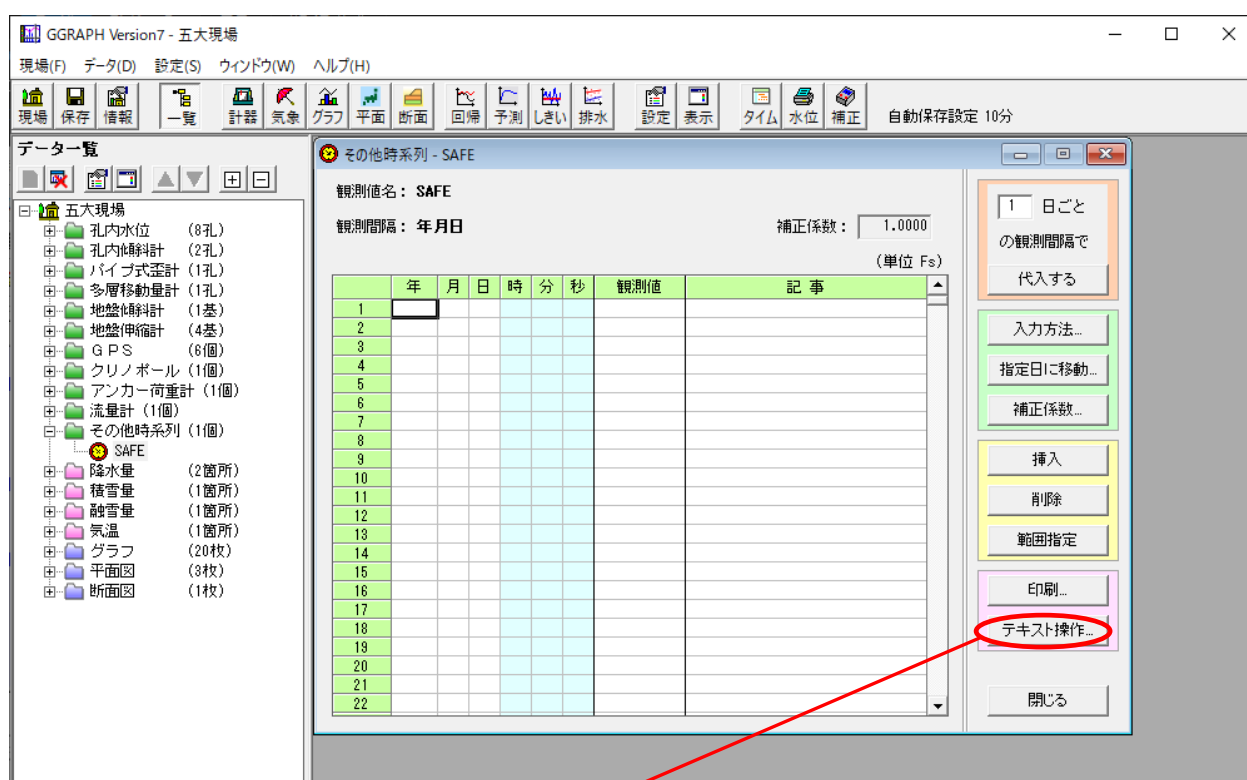
観測間隔は、PowerSSA 側で出力した時間設定と同じものを選択してください。「時間別で読み込む」を選択なら「年月日時分」を、「日付別最高値ルール」または「平均値ルール」であれば「年月日」を選択してください。選択を間違えると正常な読み込みができません。

上図にもあるように、計器名・観測値名・観測値単位を必ず設定してください。(計器名と観測値名が同じでも入力してください。) また、本来安全率には「単位」は存在しませんが、任意の文字列(例・Fs)を必ず入力してください。

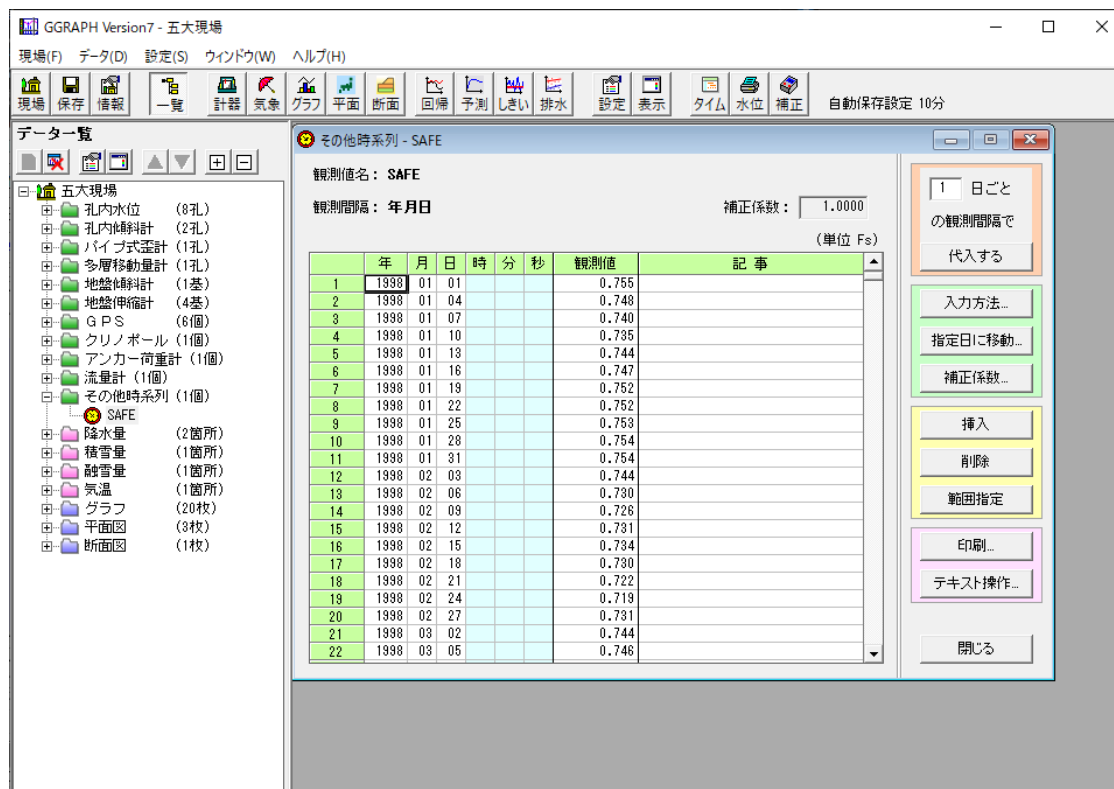
②安全率・計画安全率のデータを取り込む

①で、安全率をその他時系列計器として登録した時の画面は以下ようになります。[テキスト操作]→[テキストファイル読込]ボタンを順にクリックして、PowerSSA 側で生成したテキストファイルを読み込んでグラフの項目として登録すれば、孔内水位値と安全率の関係をグラフで把握できるようになります。

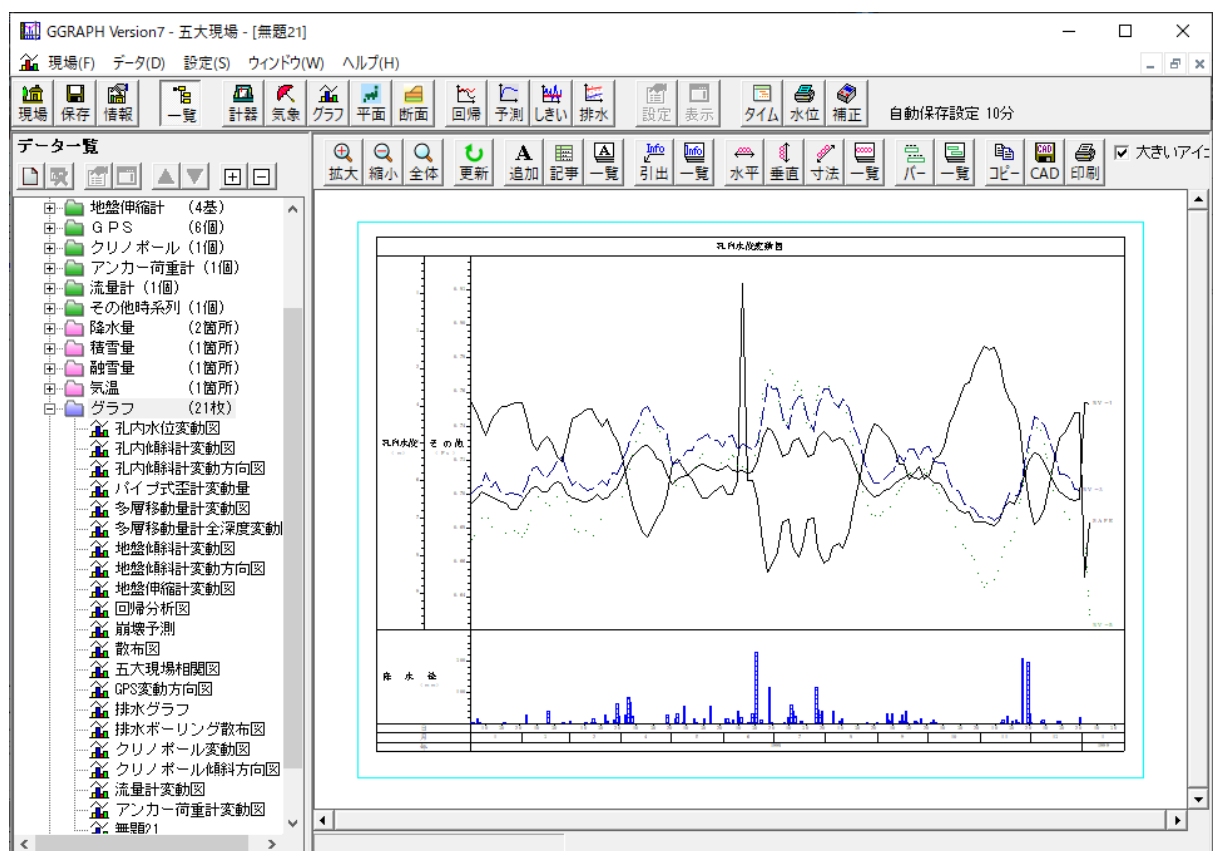
◆ 安全率をその他時系列として登録した時の画面



◆ PowerSSA で出力した安全率テキストを GGRAPH に組み込んだときの画面



◆ 安全率をグラフに組み込んだときの画面



6. 設計・施工照査「PROのみ対応」

この機能は、現況地形に対して盛土または切土を行う場合、施工途中の地形が十分な安全率を確保できるかどうかの検討を行うことを目的としています。また、グラウンドアンカー工を施工した場合の安全率照査と、逆巻き施工における施工途中の安全率照査が可能となっています。

〔設計・施工照査に必要な要件〕

切土施工時、盛土施工時、アンカー施工時の照査では、原地形と計画地形のデータの差分をとり、自動的に施工中の地形を生成します。そのため原地形と計画地形の2つのケースをあらかじめ用意する必要があります。

計算に必要なケース

施工する前の地形（原地形）で安全率計算が行われたケース

施工した後の地形（計画地形）で安全率計算が行われたケース

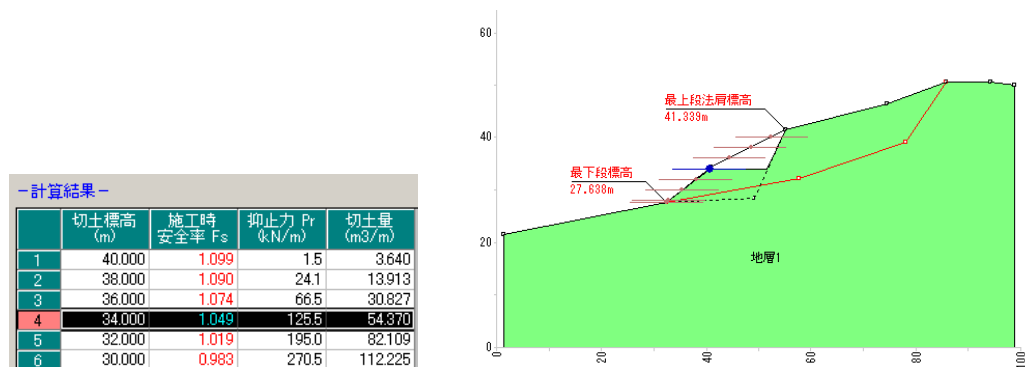
この両方が必要です。

※ 指定すべり面のケースが対象です。繰り返し円弧計算のケースは使えません。

なお、“アンカー照査（オプション）”の説明は、別章を設けて説明します。

6.1. 切土施工中の安定度照査

この機能は、上部から切り下げて施工することを前提とした切土施工中の安全率を計算し、施工標高ごとの安全率一覧表を作成します。



—計算結果—

	切土標高 (m)	施工時 安全率 F_s	抑止力 Pr (kN/m)	切土量 (m ³ /m)
1	40.000	1.099	1.5	3.640
2	38.000	1.090	24.1	13.913
3	36.000	1.074	66.5	30.827
4	34.000	1.049	125.5	54.370
5	32.000	1.019	195.0	82.109
6	30.000	0.983	270.5	112.225

切土施工時の照査を行う前に、切土前と切土後の2つのケースが登録され、安全率が計算済みであることを確認してください。また、切土後のケースタブをクリックして、アクティブにしておいてください。

切土施工時の照査を行うには、下記のメニューを選択します。

メニュー：【設計・施工照査(P)】—【切土施工中の安定度照査】

下記画面から、C_φ番号の選択を行います。

この画面には、切土後のケースで計算に使われた C_φ 番号がすべて表示されますので、複数ある場合は使用する番号を選択してください。

切土施工中の安定度照査を行う計算結果の選択

計算結果の一覧 自動計算を行う計算結果を選択してOKボタンを押してください。

	計算式	C _φ 番号	由来	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 φ(°)	常時 F _s	常時 p.F _s	常時 Pr (kN/m)	地震時 F _s	地震時 p.F _s	地震 Pr (kN/m)
1	Fellenius法(湛水なし)	1	常/震	15.00	17.60	1.043	1.200	1688.1	0.716	1.050	5028.7

OK キャンセル

切土施工中の安定度照査の設定画面では、次のとおり入力してください。

- ① 下記の画面で、[切土前のケース選択]ボタンをクリックして、切土前のケースを選択してください。

The left screenshot shows the 'Cutting Construction Stability Check' dialog box. It has a tabbed interface with 'Condition 1 (Cutting Case Selection)', 'Condition 2 (Check Elevation Setting)', and 'Calculation'. The 'Condition 1' tab is active, showing a table of cases for 'Before Cutting' and 'After Cutting'. The 'After Cutting' case is selected. The 'Cutting Case Selection' button is visible.

The right screenshot shows the 'Cutting Case Selection' dialog box. It prompts the user to select a case for the 'Cutting Case'. The table lists the following cases:

Case No.	Case Name	Topography Name
1	1-現地地形	原地形
2	2-水位低下	原地形
3	3-押え盛土	計画地形-盛土

計算には切土前/切土後のケースで登録されているすべり面、水位、荷重のどの要素を使用するかを選択することになります。切土によって水位が空中に浮き出る部分は、[計算条件の設定]の[自動計算での水位線の形状]の設定にしたがって計算されます。

- ② [条件2（照査標高の設定）]タブに切り替えます。

ここで施工中の照査したい標高を設定します。[等ピッチで代入]を使えば、設定したピッチで自動的に設定できます。表に直接入力することも可能です。

The screenshot shows the 'Condition 2 (Check Elevation Setting)' tab. It features a table for 'Cutting Check Elevation (m)' with values ranging from 57.164 to 40.000. To the right, there are input fields for 'Cutting Start Position' (57.164 m) and 'Pitch' (3.000 m). Buttons for 'Equal Pitch Substitution', 'Cutting Case Elevation Substitution', 'Cutting Before Case Elevation Substitution', '<< Insert', and '>> Delete' are present. The 'Next' button is at the bottom right.

項目	説明
[掘削標高(m)]	施工途中の照査したい標高を入力します。
[等ピッチで代入]ボタン	表に掘削標高(1)からの等ピッチで代入されます。
切土地形の座標を代入	切土地形を構成する座標から、照査標高を代入します。
切土前地形の座標を代入	切土前地形を構成する座標から、照査標高を代入します。
<< 挿入	カーソル行に標高を追加します。
>> 削除	カーソル行の標高を削除します。

③ [計算]タブに切り替えます。[計算]ボタンをクリックすると計算が開始され、結果を表示します。

切土施工中の安定度照査

切土後のケース情報

ケース名	地形	すべり面	水位
3-頭部排水	計画地形-切土	すべり面 1	LWL

条件1(切土前地形の設定) 条件2(照査標高の設定) 計算

施工時の計画安全率 $p.F_s =$ 1.040

-計算結果-

	切土標高 (m)	施工時 安全率 F_s	抑止力 P_r (kN/m)	切土量 (m^3/m)
1	57.164	1.034	64.2	---
2	54.164	1.036	42.3	5.025
3	51.164	1.037	25.1	14.429
4	48.164	1.039	7.2	32.347
5	45.164	1.040	-10.1	50.678
6	42.164	1.042	-28.5	70.281
7	40.000	1.044	-43.9	86.656

計算開始

すべり面条件

ケース登録

印刷

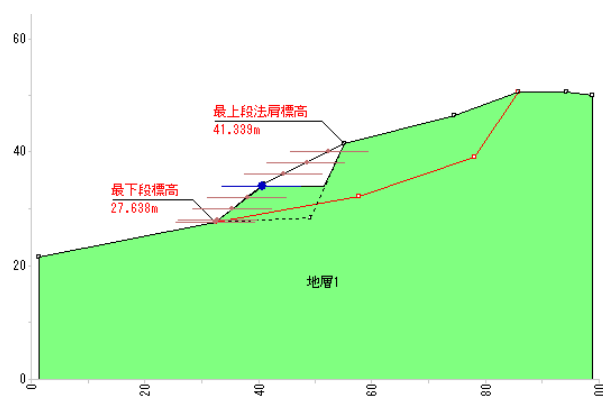
Word 出力

<< 戻る

閉じる キャンセル

項目	説明
[計算]ボタン	計算を開始します。
[すべり面条件]ボタン	すべり面が切土によって分割される場合、どれを計算対象にするかを設定します。
[ケース登録]ボタン	計算結果のカーソル行をケースに登録します。
[印刷]ボタン	計算結果の一覧表を印刷します。 標高ごとの詳細な計算結果が必要な場合は、ケース登録を行ってから個別に印刷してください。
[Word 出力]ボタン	計算結果の一覧表を Word ファイルに出力します。

※計算結果の「切土量」は、奥行き方向の幅を 1 m としたときの切土量を表します。



6.2. 盛土施工中の安定度照査

この機能は、盛土施工中の安全率を計算し、施工標高ごとの安全率一覧表を作成します。

盛土施工時の照査を行う前に、施工前と施工後の2つのケースが登録され、安全率が計算済みであることを確認してください。また、施工後のケースタブをクリックして、アクティブにしておいてください。

盛土施工時の照査を行うには、下記のメニューを選択します。

メニュー：[設計・施工照査(P)]－[盛土施工中の安定度照査]

次に下記画面から、C、 ϕ 番号の選択を行います。

この画面には、施工後のケースで計算に使われた C ϕ 番号がすべて表示されますので、複数ある場合は使用する番号を選択してください。

盛土施工中の安定度照査を行う計算結果の選択

計算結果の一覧 自動計算を行う計算結果を選択してOKボタンを押してください。

	計算式	C、 ϕ 番号	由来	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	常時 F _s	常時 p.F _s	常時 Pr (kN/m)	地震時 F _s	地震時 p.F _s	地震 Pr (kN/m)
1	Fellenius法(浸水なし)	1	常/震	15.00	17.60	1.170	1.200	339.2	0.776	1.050	4476.4

OK キャンセル

①下記の画面で、[盛土前のケース選択]ボタンをクリックして、盛土前のケースを選択してください。

盛土施工中の安定度照査

盛土後のケース情報

ケース名	地形	すべり面	水位
4-押え盛土	計画地形-盛土	すべり面 1	LWL

条件1(盛土前地形の設定) 条件2(照査標高の設定) 計算

盛土前のケース選択 盛土前地形について

ケース名	使用	盛土前	使用	盛土後
3-頭部削土				4-押え盛土
地形		計画地形-切土		計画地形-盛土
すべり面		すべり面 1	○	すべり面 1
水位		LWL	○	LWL
荷重		なし	○	なし

次へ>>

閉じる キャンセル

盛土前地形ケースの選択

盛土前地形となるケースを選択してください。

	ケース名	地形名
1	1-現地形	原地形
2	2-水位低下	原地形
3	3-頭部削土	計画地形-切土

OK キャンセル

計算には盛土前/盛土後のケースで登録されているすべり面、水位、荷重のどの要素を使用するかを選択することになります。また、盛土層へのすべり面の延長は自動的に行われます。

② 【条件2（照査標高の設定）】タブに切り替えます。

ここで施工中の照査したい標高を設定します。[等ピッチで代入]を使えば、設定したピッチで自動的に設定できます。表に直接入力することも可能です。

盛土施工中の安定度照査

盛土後のケース情報

ケース名	地形	すべり面	水位
4-押え盛土	計画地形-盛土	すべり面 1	LWL

条件1(盛土前地形の設定) 条件2(照査標高の設定) 計算

盛土開始位置: 11.000 (m)

等ピッチで代入

ピッチ: 3.000 (m)

盛土地形の座標を代入

盛土前地形の座標を代入

<< 挿入 >> 削除

<< 戻る 次へ >>

閉じる キャンセル

項目	説明
[掘削標高(m)]	施工途中の照査したい標高を入力します。
[等ピッチで代入]ボタン	表に掘削標高(1)からの等ピッチで代入されます。
切土地形の座標を代入	切土地形を構成する座標から、照査標高を代入します。
切土前地形の座標を代入	切土前地形を構成する座標から、照査標高を代入します。
<< 挿入	カーソル行に標高を追加します。
>> 削除	カーソル行の標高を削除します。

③ 【計算】タブに切り替えます。[計算]ボタンをクリックすると計算が開始され、結果を表示します。

盛土施工中の安定度照査

盛土後のケース情報

ケース名	地形	すべり面	水位
4-押え盛土	計画地形-盛土	すべり面 1	LWL

条件1(盛土前地形の設定) 条件2(照査標高の設定) 計算

施工時の計画安全率 $pFs =$ 1.100

計算結果

	盛土標高 (m)	施工時安全率 Fs	抑止力 Pr (kN/m)	盛土量 (m ³ /m)
1	11.000	1.044	605.3	---
2	14.000	1.071	310.7	26.850
3	17.000	1.087	193.1	53.400
4	20.000	1.104	-53.0	81.200
5	23.000	1.129	-318.3	121.100
6	26.000	1.174	-803.4	212.208
7	26.833	1.186	-935.0	240.949

計算開始

ケース登録

印刷

Word 出力

<< 戻る

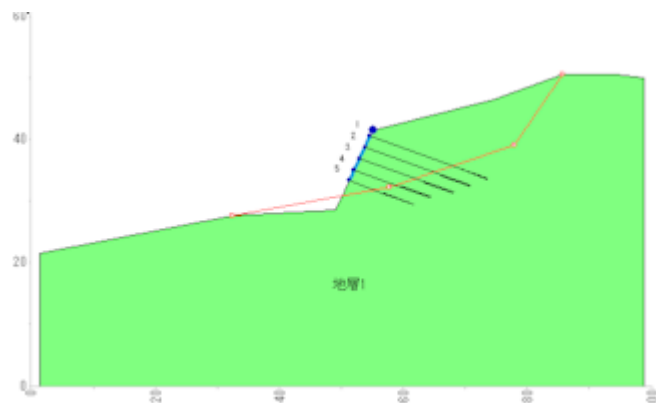
閉じる キャンセル

項目	説明
[計算]ボタン	計算を開始します。
[ケース登録]ボタン	計算結果のカーソル行をケースに登録します。
[印刷]ボタン	計算結果の一覧表を印刷します。 標高ごとの詳細な計算結果が必要な場合は、ケース登録を行ってから個別に印刷してください。
[Word 出力]ボタン	計算結果の一覧表を Word ファイルに出力します。

※ 計算結果の「盛土量」は、奥行き方向の幅を1mとしたときの盛土量を表します。

6.3. アンカー照査(簡易機能) – 打設順序による照査

この機能は、グラウンドアンカーを打設した場合の安全率を計算し、施工本数ごとの安全率一覧表を作成します。



アンカー施工時の安定度照査を行う前に、これからアンカーを配置しようとするケースについて、施工前の安全率計算が行われている必要があります。ただし、簡易 Janbu 法、SHIN-Janbu 法、簡易 Bishop 法の場合は計算ができません。

アンカー施工時の照査を行うには、下記のメニューを選択します。

メニュー：[設計・施工照査(P)]－[アンカー照査(簡易機能)]－[打設順序による照査]

(※) Version5.5 までは、「施工時照査」 - 「アンカー施工時の安定度照査」というメニュー名称でした。

次に下記画面から、C, ϕ 番号の選択を行います。

この画面には、施工後のケースで計算に使われた C ϕ 番号がすべて表示されますので、複数ある場合は使用する番号を選択してください。

アンカー照査(簡易・打設順序)の計算結果の選択

計算結果の一覧 自動計算を行う計算結果を選択してOKボタンを押してください。

	計算式	C, ϕ 番号	由来	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	常時 F _s	常時 p.F _s	常時 Pr (kN/m)	地震時 F _s	地震時 p.F _s	地震 Pr (kN/m)
1	Fellenius法(浸水なし)	1	常/震	15.00	17.60	0.950	1.200	2842.3	0.649	1.050	6333.0

★簡易Bishop法・簡易Janbu法・SHIN-Janbu法の計算結果は選択できません。

OK キャンセル

アンカー工の画面は4枚のタブからなります。

[条件1 (配置設定)]→[条件2 (計算設定)]→[条件3 (鋼材設定)]→[計算] の順に設計条件を入力していきます。

① 条件1（配置設定）タブで、アンカー配置の設定を行います。

条件1(配置設定)

アンカー配置 (簡易機能・打設順序)

条件1(配置設定) | 条件2(計画設定) | 条件3(欄材設定) | 計算

配置設定

範囲1

この配置エリア

全配置クリア

基準位置

X = 138.200 (m)

Y = 54.600 (m)

マウス入力

配置方向

◎ 上段方向 ○ 下段方向

離れ

0.500 (m)

アンカー段数

2 (本)

縦間隔

b = 8.00 (m)

水平間隔

a = 8.00 (m)

アンカー傾角

θ = 20.00 (°)

アンカー体長

La = 8.0 (m)

アンカー打設順番

○ 下段から上段へ ◎ 上段から下段へ

自由長設定

次へ >>

閉じる キャンセル

項目	説明
配置設定	アンカーを配置する範囲の番号を選択します。 1つの範囲内に複数本のアンカーが配置できます。 アンカーの配置範囲は20まで設定できます。
基準位置 X,Y	アンカー配置の基準となる地形上の点の座標を入力します。 X,Yの一方を入力すると、もう一方は逆算されます。
マウス入力	オンにすると、基準位置の座標をメイン画面上のマウスクリックによって設定できます。
配置方向	アンカーを基準位置から上に配置するか、下に配置するかを設定します。
離れ	基準位置からの離れを入力します。
アンカー段数	この配置範囲内でのアンカー段数を入力します。
縦間隔	アンカーの縦間隔は、地形断面上の斜距離を入力します。
水平間隔	正面から斜面を見たときの、横方向の間隔を入力します。
アンカー傾角	水平からの打設角度を入力します。
アンカー体長	アンカー体長を入力します。
アンカー打設順番	アンカーを打設する順番を上段からか、下段からかで選択します。
自由長設定	自由長設定ダイアログボックスが表示されます。

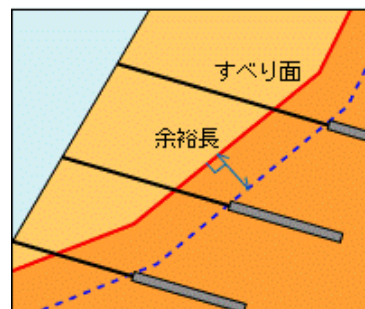
自由長設定

すべり面からの余裕長 = 1.0 (m) 参考

自由長の丸め = 0.5 (m)

配置範囲	アンカー配置位置		自由長 (m)
	X (m)	Y (m)	
1	140.386	56.733	16.00
2	138.512	54.390	16.50
3	132.786	49.733	18.50
4	130.912	47.390	19.00
5	125.186	42.733	19.50
6	123.312	40.390	18.50

OK キャンセル



自由長設定ダイアログボックスで、自由長の確認と修正ができます。アンカー自由長の初期設定は、余裕長は0.5m、丸めが1.0mです。余裕長とは、すべり面とアンカー体の頭部との距離をさします。

② 条件2（計算設定）タブで、アンカーを含めた安定計算式の設定を行います。

条件2(計算設定)

項目	説明
すべり面勾配 <input type="radio"/> 作図平均 <input type="radio"/> 単純平均 <input type="radio"/> 角度指定	すべり面勾配の算出方法を選択します。この値は、すべり面とアンカーとのなす角 β を算出するために必要で、すべてのアンカーに一律に適用されます。 ここで「作図平均」のすべり面勾配は、アンカーの最上段と最下段でのすべり面の交点を結んだ角度をさします。
安定計算式	1. 斜面の安定化の基本式は以下の式です。 2. $Fs = \frac{\text{地すべり抵抗力}}{\text{地すべり力}}$ この式にアンカー工で対策をする場合、アンカー工の力を「すべろうとする力から引く」のか「すべり抵抗力に足す」のかの2種類があります。
抑止効果 <input type="radio"/> 引き止め効果 <input type="radio"/> 締め付け効果 <input type="radio"/> 引き止め+締め付け効果	アンカーの抑止効果をどのように見るかを選択します。 すべり力とは逆向きの引き止め力に期待する「引き止め効果」、すべり面の法線方向に締め付けて摩擦力に期待する「締め付け効果」、またはその両方です。
アンカーの設計荷重 <input type="radio"/> 設計アンカー力直接指定 <input type="radio"/> 限界アンカー力	「設計アンカー力を直接指定」を選択した場合、アンカー1本当りの設計荷重を直接入力して安定度照査をおこないます。条件 3(鋼材設定)の入力は不要です。 「限界アンカー力」を選択した場合、テンドン強度およびアンカー体長から許容アンカー力を算出し、その最小値を限界アンカー力として安定度照査をおこないます。この場合、条件3(鋼材設定)が必要になります。

③ 条件3（鋼材設定）タブで、アンカーを含めた安定計算式の設定を行います。

条件2（計算設定）において「設計アンカー力直接指定」を選択した場合は、この画面の設定は必要ありません。

条件3(鋼材設定)

アンカー照査 (簡易機能・打診順序) ×

ケース名	地形	すべり面	水位
3-頭部排水	計画地形-切土	すべり面 1	LWL

条件1(配置設定) 条件2(計算設定) 条件3(鋼材設定) 計算

tendon規格

項目	値
鋼材名	
鋼材種別	
規格名	
テンダンの見かけの周長 U (mm)	
削孔径 (アンカー径) dA (mm)	
テンドン極限引張り力 Tus (kN)	
テンドン降伏引張り力 Tys (kN)	

規格代入
ANCHORから代入
規格登録

(アンカータイプの選択) ☒ ランクA (常時) ☐ ランクB

☐ テンドン降伏引張り力 (Tys) は考慮しない
☐ テンドンとグラウトの許容付着応力度 (τb) は考慮しない

テンドン強度から求める許容アンカー力

引張荷重から算出した許容アンカー力 $0.80 \times Tus = \text{--} \text{ kN}$
降伏荷重から算出した許容アンカー力 $0.75 \times Tys = \text{--} \text{ kN}$
許容係数 (0.1~1.0) 1.00 説明

アンカー体長から求める許容アンカー力

アンカー体周囲摩擦抵抗 $\tau = \text{ } \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 参照
テンドンとグラウトの許容付着応力度 $\tau b = \text{ } \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 参照
引き抜きに対する安全率 $F_s = \text{ }$ 参照
グラウトとアンカー-テンダンの付着長から算出した許容アンカー力 $\text{--} \text{ kN}$
地山とグラウトの付着長から算出した許容アンカー力 $\text{--} \text{ kN}$

許容アンカー力

テンドン強度から求める許容アンカー力 $\text{--} \text{ kN}$
アンカー体長から求める許容アンカー力 $\text{--} \text{ kN}$
許容アンカー力 $\text{--} \text{ kN}$

<< 戻る 次 >>
閉じる キャンセル

項目	説明
鋼材名 鋼材種別 規格名	アンカーテンダンの名称等を入力します。 空白でも計算には影響しませんが、規格登録の際に必要となります。
テンダンの見かけ周長 U 削孔径 dA テンドン極限引張り力 Tus テンドン降伏引張り力 Tys	アンカーテンダンの各項目を入力してください。 テンダンの種類によっては、Tys を見ないものがあります。その場合は空白としてください。
規格代入	登録されたアンカーのリストを表示します。
ANCHOR から代入	弊社ソフト「ANCHOR」に登録されている鋼材のデータベースから、アンカーテンドンを選択します。この機能を使用するには、ANCHOR (Ver6 以降) がインストールされ、[設定]-[ANCHOR リンク設定]メニューで、ANCHOR プログラムへのリンク設定をしておく必要があります。
規格登録	入力したアンカーテンダンの値を登録します。
アンカータイプの選択	アンカータイプとして、ランク A/ランク B のいずれかを選択します。 この選択に応じて Tus,Tys にかかる係数が変わります。
テンドン降伏引張り力(Tys)は考慮しない テンドンとグラウトの許容付着応力度(τb)は考慮しない	アンカーの中には、Tys および τb のパラメータがないものもあります。このような場合にアンカー力の計算からこれらのパラメータを除外するためのオプションです。

- ④ [計算]タブに切り替えて、計算を行います。
 施工時計画安全率を入力して、[計算]ボタンをクリックしてください。

アンカー照査 (簡易機能・打設順序)

ケース名	地形	すべり面	水位
3-頭部排土	計画地形-切土	すべり面 1	LWL

条件1(配置設定) 条件2(計算設定) 条件3(鋼材設定) 計算

施工時の計画安全率 $p \cdot F_s$ =

計算開始

アンカー 段数	打設位置		施工時 安全率 F_s	備考
	X (m)	Y (m)		
1	-	-	1.043	当初状態
2	1	140.386	1.061	
3	2	138.512	1.079	
4	3	132.786	1.097	
5	4	130.912	1.118	
6	5	127.081	1.143	
7	6	125.186	1.171	
8	7	123.312	1.201	

印刷項目 (計算結果)
☒ 安全率照査一覧表 ☒ 安定計算報告書
 ※ 安定計算報告書は、カーソル行が印刷の対象になります。

印刷 Word出力 CAD出力

<<戻る 開じる キャンセル

計算結果表

項目	説明
施工時計画安全率 $p \cdot F_s$	計画安全率を入力します。
アンカー段数	アンカーの最上段から数えた段数を表示しています。
打設位置 X,Y	施工済みの最下段アンカーの頭部座標を表示します。
施工時安全率 F_s	該当の位置まで施工した場合の安全率を教示します。 計画安全率に満たない場合は赤色で表示されます。

各ボタンについて

項目	説明
計算	計算を開始し、結果を表示します。
印刷	安全率一覧表、安定計算報告書 を印刷します。 印刷したい項目にチェックをつけてください。
Word 出力	印刷内容を Microsoft Word 形式に変換します。
CAD 出力	地形へのアンカー配置状況を CAD データに出力します。

6.4. アンカー照査(簡易機能) - 逆巻き施工による照査

この機能では、斜面を切土整形しなから上段からアンカーを施工する場合の、施工途中の安定度について照査します。切土前と切土後の地形を使って、施工段階ごとの切土地形を自動的に合成した地形により計算します。

切土+アンカー施工時の照査を行う前に、切土前と切土後の2つのケースが登録され、安全率が計算済みであることを確認してください。また、切土後のケースタブをクリックして、アクティブにしておいてください。

切土+アンカー施工時の照査を行うには、下記のメニューを選択します。

メニュー： [設計・施工照査(P)]-[アンカー照査(簡易機能)]-[逆巻き施工による照査]

(※) Version5.5 までは、「施工時照査」 - 「切土+アンカー施工時の安定度照査」というメニュー名称でした。

次に下記画面から、C、 ϕ 番号の選択を行います。

この画面には、切土後のケースで計算に使われた C ϕ 番号がすべて表示されますので、複数ある場合は使用する番号を選択してください。ただし、簡易 Janbu 法、SHIN-Janbu 法、簡易 Bishop 法の場合は計算ができません。

アンカー照査(簡易・逆巻き施工)の計算結果の選択

計算結果の一覧 自動計算を行う計算結果を選択してOKボタンを押してください。

	計算式	C、 ϕ 番号	由来	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	常時 F _s	常時 p.F _s	常時 Pr (kN/m)	地震時 F _s	地震時 p.F _s	地震 Pr (kN/m)
1	Fellenius法(過水なし)	1	常/震	15.00	17.60	1.043	1.200	1688.1	0.716	1.050	5028.7

★簡易Bishop法・簡易Janbu法・SHIN-Janbu法の計算結果は選択できません。

OK キャンセル

アンカー工の画面は5枚のタブからなります。

[条件1 (切土前地形の設定)]→[条件2 (配置設定)]→[条件3 (計算設定)]→[条件4 (鋼材設定)]→[計算]の順に設計条件を入力していきます。

① 条件1 (切土前地形の選択) タブで、切土前の地形が登録されたケースを選択します。

下記の画面で、**切土前のケース選択** ボタンをクリックして、切土前のケースを選択してください。

条件1(切土前地形の設定)

アンカー照査(簡易機能・逆巻き施工)

ケース名 地形 すべり面 水位

1-現地形 計画地形-切土 すべり面1 LWL 本位

条件1(切土前地形の設定) 条件2(配置設定) 条件3(計算設定) 条件4(鋼材設定) 計算

切土前のケース選択 切土前地形について

ケース名	使用	切土前	切土後
1-現地形	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2-水位低下	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3-計画地形-切土	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4-押し盛土	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

決へ>> 戻る キャンセル

切土前地形ケースの選択

切土前地形となるケースを選択してください。

	ケース名	地形名
1	1-現地形	原地形
2	2-水位低下	原地形
3	4-押し盛土	計画地形-盛土

OK キャンセル

計算には切土前/切土後のケースで登録されているすべり面、水位、荷重のどの要素を使用するかを選択することになります。切土によって水位が空中に浮き出る部分は、[計算条件の設定]の[自動計算での水位線の形状]の設定にしたがって計算されます。

② 条件2（配置設定）タブで、アンカー配置の設定を行います。

条件2（配置設定）

アンカー配置 (簡易機能・逆書き施工)

ケース名: 計画地形・切土 ずり面 1 LWL 水位

条件1 (切土前地形の設定) 条件2 (配置設定) 条件3 (計算設定) 条件4 (鋼材設定) 計算

配置設定 範囲 1 この配置エリア 全配置クリア

基準位置 X = 138.200 (m) Y = 54.000 (m) ☒ マウス入力

配置方向 ☒ 上段方向 ☐ 下段方向

離れ 0.500 (m)

アンカー段数 2 (本)

縦間隔 b = 3.00 (m)

水平間隔 a = 3.00 (m)

アンカー傾角 θ = 25.00 (°)

アンカー体長 La = 7.0 (m)

切土標高と打設位置との比高 dy = 0.500 (m)

自由長設定

<< 戻る 次へ >>

閉じる キャンセル

項目	説明
配置設定	アンカーを配置する範囲の番号を選択します。 1つの範囲内に複数本のアンカーが配置できます。 アンカーの配置範囲は20まで設定できます。
基準位置 X,Y	アンカー配置の基準となる地形上の点の座標を入力します。 X,Yの一方を入力すると、もう一方は逆算されます。
マウス入力	オンにすると、基準位置の座標をメイン画面上のマウスクリックによって設定できます。
配置方向	アンカーを基準位置から上に配置するか、下に配置するかを設定します。
離れ	基準位置からの離れを入力します。
アンカー段数	この配置範囲内でのアンカー段数を入力します。
縦間隔	アンカーの縦間隔は、地形断面上の斜距離を入力します。
水平間隔	正面から斜面を見たときの、横方向の間隔を入力します。
アンカー傾角	水平からの打設角度を入力します。
アンカー体長	アンカー定着長の長さを入力します。
切土標高と打設位置との比高 dy	切土の照査標高について、アンカーの頭部からの比高を入力します。
自由長設定	自由長設定ダイアログボックスが表示されます。

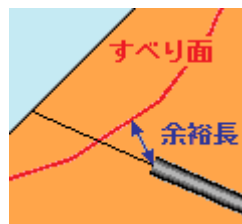
自由長設定

すべり面からの余裕長 = 1.0 (m) 参考

自由長の丸め = 0.5 (m)

配置範囲	アンカー配置位置		自由長 (m)
	X (m)	Y (m)	
1	140.386	56.733	16.00
2	138.512	54.390	16.00
3	134.661	52.076	18.00
4	132.786	49.733	18.50
5	130.912	47.390	18.00
6	127.061	45.076	19.50
7	125.186	42.733	18.50
8	123.312	40.390	17.50

OK キャンセル



自由長設定ダイアログボックスで、自由長の確認と修正ができます。アンカー自由長の初期設定は、余裕長は0.5m、丸めが1.0mです。余裕長とは、すべり面とアンカー体の頭部との距離をさします。

③ 条件3（計算設定）タブで、アンカーを含めた安定計算式の設定を行います。

条件3(計算設定)

項目	説明
すべり面勾配 <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> 作図平均 <input type="radio"/> 単純平均 <input type="radio"/> 角度指定 	すべり面勾配の算出方法を選択します。この値は、すべり面とアンカーとのなす角 β を算出するために必要で、すべてのアンカーに一律に適用されます。 ここで「作図平均」のすべり面勾配は、アンカーの最上段と最下段でのすべり面の交点を結んだ角度をさします。
安定計算式	3. 斜面の安定化の基本式は次式です。 4. $Fs = \frac{\text{地すべり抵抗力}}{\text{地すべり力}}$ この式にアンカー工で対策をする場合、アンカー工の力を「すべろうとする力から引く」のか「すべり抵抗力に足す」のかの2種類があります。
抑止効果 <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> 引き止め効果 <input type="radio"/> 締め付け効果 <input type="radio"/> 引き止め+締め付け効果 	アンカーの抑止効果をどのように見るかを選択します。 すべり力とは逆向きの引き止め力に期待する「引き止め効果」、すべり面の法線方向に締め付けて摩擦力に期待する「締め付け効果」、またはその両方です。
アンカーの設計荷重 <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> 設計アンカー力直接指定 <input type="radio"/> 限界アンカー力 	「設計アンカー力を直接指定」を選択した場合、アンカー1本当りの設計荷重を直接入力して安定度照査をおこないます。条件 4(鋼材設定)の入力は不要です。 「限界アンカー力」を選択した場合、テンドン強度およびアンカー体長から許容アンカー力を算出し、その最小値を限界アンカー力として安定度照査をおこないます。この場合、条件4(鋼材設定)が必要になります。

④ 条件4（鋼材設定）タブで、アンカーを含めた安定計算式の設定を行います。

条件3（計算設定）において「設計アンカー力直接指定」を選択した場合は、この画面の設定は必要ありません。

条件4(鋼材設定)

アンカー照査 (壁易機能・逆巻き施工)

ケース名	地形	すべり面	水位
3-5階部排土	計画地形-切土	すべり面 1	LWL

条件1(切土前地形の設定) 条件2(配置設定) 条件3(計算設定) 条件4(鋼材設定) 計算

tendon規格

	値
鋼材名	仮設-種置き[KJS-KTB-SHS]
鋼材種別	○5(φ12.7)
規格名	○5-10
tendonの見かけの周長 U (mm)	213.6
削孔径 (アンカー径) dA (mm)	135
tendon極限引張り力 Tus (kN)	1890.0
tendon降伏引張り力 Tys (kN)	1560.0

規格代入 ANCHORから代入 規格登録

(アンカータイプの選択) ☐ ランクA (常時) ☒ ランクB

☐ tendon降伏引張り力 (Tys) は考慮しない

☐ tendonとグラウトの許容付着応力度 (τb) は考慮しない

tendon強度から求める許容アンカー力

引張荷重から算出した許容アンカー力 $0.65 \times Tus = 1189.50 \text{ kN}$

降伏荷重から算出した許容アンカー力 $0.80 \times Tys = 1248.00 \text{ kN}$

許容係数 (0.1~1.0) 1.00 説明

アンカー体長から求める許容アンカー力

アンカー体周面摩擦抵抗 τ = 0.60 (N/mm²) 参照

tendonとグラウトの許容付着応力度 τb = 1.60 (N/mm²) 参照

引き抜きに対する安全率 F_s = 1.5 参照

グラウトとアンカー tendonの付着長から算出した許容アンカー力 2392.32 kN

地山とグラウトの付着長から算出した許容アンカー力 1187.52 kN

許容アンカー力

tendon強度から求める許容アンカー力 1189.50 kN

アンカー体長から求める許容アンカー力 1187.52 kN

許容アンカー力 1187.52 kN

<< 戻る 次へ >> 開じる キャンセル

項目	説明
鋼材名 鋼材種別 規格名	アンカー tendon の名称等を入力します。 空白でも計算には影響しませんが、規格登録の際に必要となります。
tendon の見かけ周長 U 削孔径 dA tendon 極限引張り力 Tus tendon 降伏引張り力 Tys	アンカー tendon の各項目を入力してください。 tendon の種類によっては、Tys を見ないものがあります。その場合は空白としてください。
規格代入	登録されたアンカーのリストを表示します。
ANCHOR から代入	弊社ソフト「ANCHOR」に登録されている鋼材のデータベースから、アンカー tendon を選択します。この機能を使用するには、ANCHOR (Ver6 以降) がインストールされ、[設定]-[ANCHOR リンク設定]メニューで、ANCHOR プログラムへのリンク設定をしておく必要があります。
規格登録	入力したアンカー tendon の値を登録します。
アンカータイプの選択	アンカータイプとして、ランク A/ランク B のいずれかを選択します。 この選択に応じて Tus, Tys にかかる係数が変わります。
tendon 降伏引張り力 (Tys) は考慮しない tendon とグラウトの許容付着応力度 (τb) は考慮しない	アンカーの中には、Tys および τb のパラメータがないものもあります。このような場合にアンカー力の計算からこれらのパラメータを除外するためのオプションです。

⑤ [計算]タブに切り替えて、計算を行います。施工時計画安全率を入力して、[計算]ボタンをクリックしてください。

アンカー照査 (簡易機能・逆巻き施工)

ケース名	地形	すべり面	水位
3-頭部附排土	計画地形-切土	すべり面 1	LWL

条件1(切土前地形の設定) 条件2(配置設定) 条件3(計算設定) 条件4(鋼材設定) 計算

施工時計画安全率 $p \cdot F_s =$ 計算開始

アンカー段数	打設位置		切土標高 (m)	施工時安全率		切土量 (m ² /m)	備考
	X (m)	Y (m)		打設前 F_s	打設後 F_s		
1	-	-	57.164	-	1.034	-	当初状態
2	1	140.386	56.733	1.034	1.047	0.494	
3	2	138.512	54.390	1.049	1.063	5.764	
4	3	134.861	52.076	1.064	1.079	12.589	
5	4	132.786	49.733	1.080	1.097	25.376	
6	5	130.912	47.390	1.099	1.119	41.029	
7	6	127.061	45.076	1.120	1.146	61.433	
8	7	125.186	42.733	1.148	1.175	89.789	
9	8	123.312	40.390	1.178	1.209	86.656	
10	-	-	40.000	-	1.209	86.656	切土末端

すべり面条件 ケース登録

印刷項目 (計算結果)
☒ 安全率照査一覧表 ☒ 安定計算報告書
 ※ 安定計算報告書は、カーソル行が印刷の対象になります。

印刷 Word出力 CAD出力

<< 戻る 開じる キャンセル

計算結果表

項目	説明
施工時計画安全率 $p \cdot F_s$	計画安全率を入力します。
アンカー段数	アンカーの最上段から数えた段数を表示しています。
打設位置 X,Y	施工済みの最下段アンカーの頭部座標を表示します。
施工時安全率 F_s	該当の位置まで施工した場合の安全率を教示します。 計画安全率に満たない場合は赤色で表示されます。
切土量	断面奥行き方向の幅を 1 m とした場合の切土量を表示します。

各ボタンについて

項目	説明
すべり面条件	すべり面が切土によって分割される場合、どのすべり面を計算対象とするかを設定します。
計算	計算を開始し、結果を表示します。
印刷	安全率一覧表、安定計算報告書 を印刷します。 印刷したい項目にチェックをつけてください。
Word 出力	印刷内容を Microsoft Word 形式に変換します。 (Word2000 以降)
CAD 出力	地形へのアンカー配置状況を DXF 形式の CAD データに出力します。

(空白ページ)

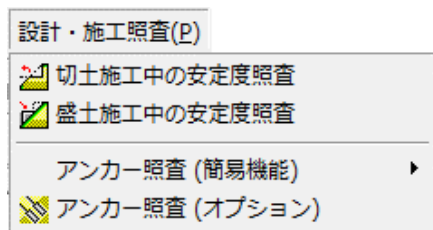
7. アンカー照査 (オプション) 「PROのみ対応」

この機能は、グラウンドアンカーを打設した場合の安全率を計算し、安定度照査を行うオプション機能です。指定すべり計算だけでなく繰返し円弧計算による打設後安定度照査、逆巻き工法によるアンカー施工中の安定度照査ができます。さらに、簡易機能にはない、アンカー1 段ごとの設計アンカー力や打設角度、および水平間隔を自由に設定できるため、既設アンカーの増し打ち照査も可能です。

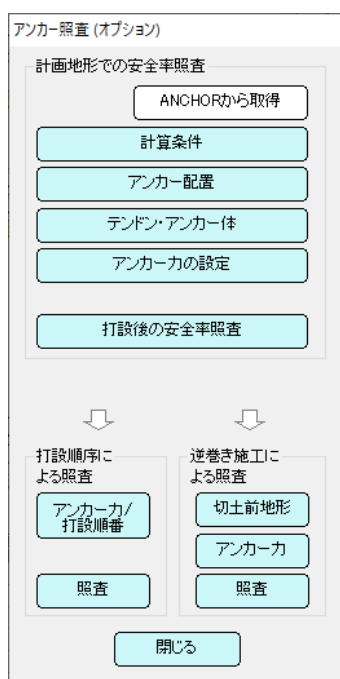
なおオプション機能であるため、PRO 版を購入されている方でも別途ご購入が必要になります。

7.1. アンカー照査 (オプション) の起動

「アンカー照査(オプション)」を起動する場合は、[メニュー]-[設計・施工照査]-[アンカー照査(オプション)]を選択します(下図参照)。

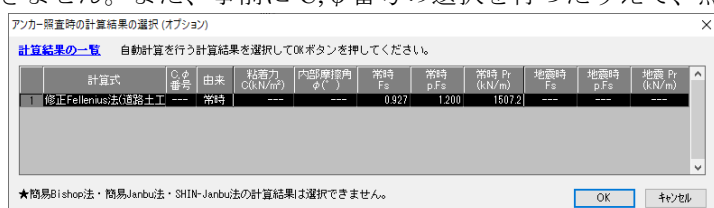


アンカー照査(オプション)を選択すると、アンカー照査の操作フロー画面が現れます。



この画面の上のほうから操作することによって、グラウンドアンカー配置時の安全率を照査することができます。なお、打設後の安全率照査・打設順序による照査・逆巻き施工による照査については、必ずしも上記フローによらずどれか1つの照査のみ行うことも可能です。

このオプションは、指定すべり計算からでも繰返し円弧計算からのどちらからでも実行可能になっていますが、指定すべり計算から入った場合、簡易 Janbu 法、SHIN-Janbu 法、簡易 Bishop 法の場合は計算ができません。また、事前に C, ϕ 番号の選択を行ったうえで、照査を開始します。



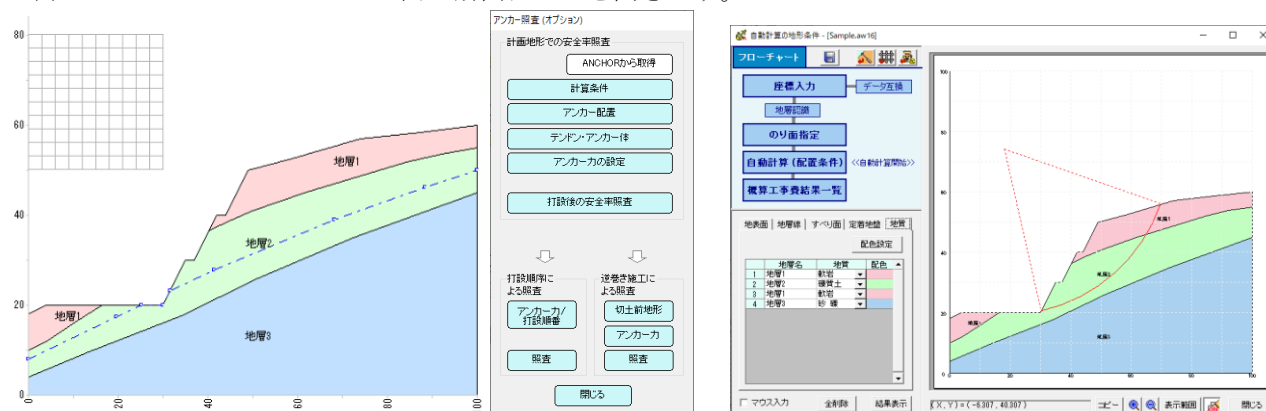
7.2. 計画地形での安全率照査

ここでは、フロー上部の”計画地形での安全率照査”の項目について説明します。

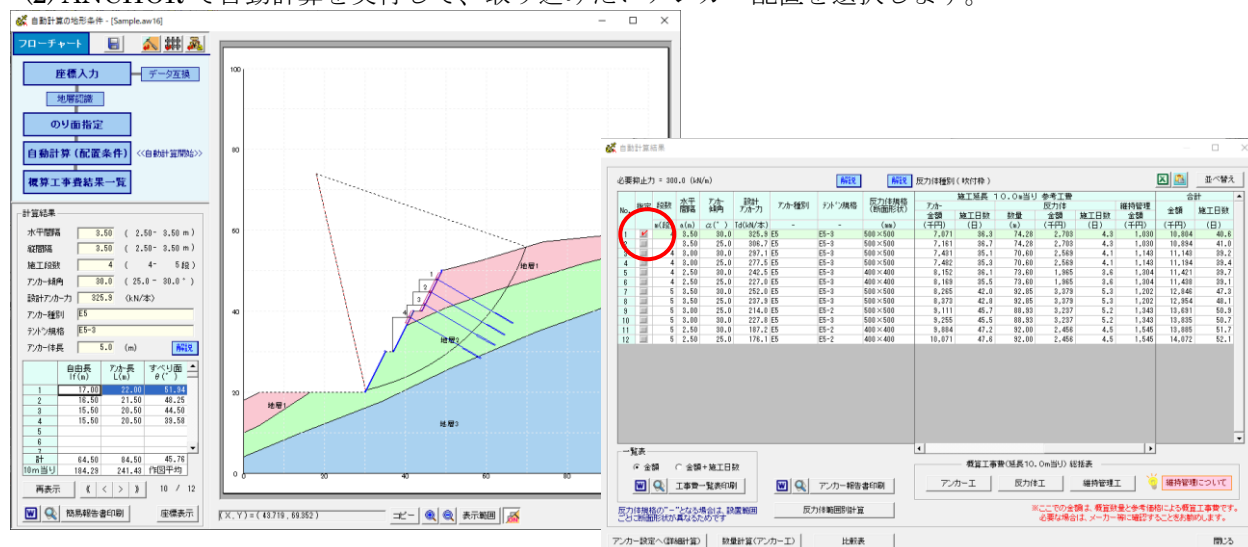
7.2.1. ANCHORから取得

弊社ソフト“ANCHOR”をお持ちの場合、“ANCHOR”で決めた配置設定を本アンカー照査オプションに取り込むことができます。（この機能を使うためには“ANCHOR” Version15.02 以降が必要になります。）
実行するためには、以下の要領で行います。

(1) PowerSSA と ANCHOR で同じ断面データを開きます。



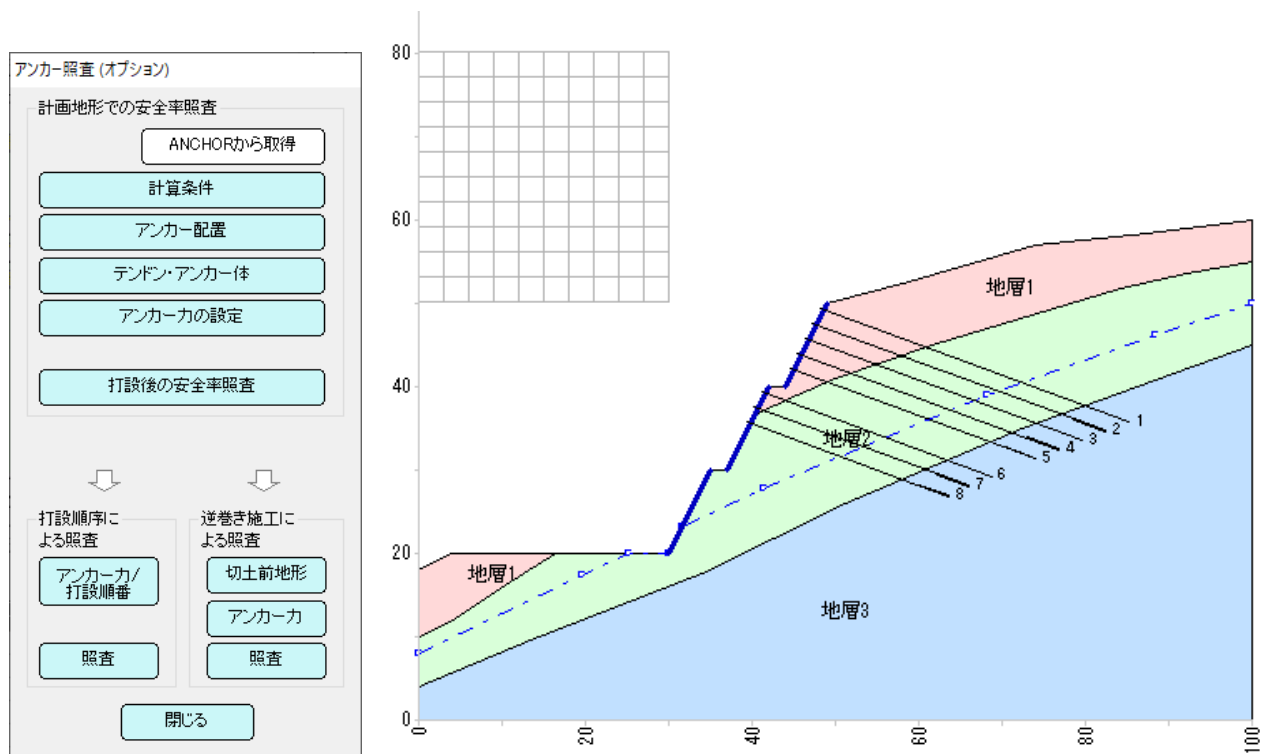
(2) ANCHOR で自動計算を実行して、取り込みたいアンカー配置を選択します。



(3) PowerSSA のフロー画面で[ANCHOR から取得]コマンドを実行します。

正しく実行されていれば、PowerSSA の断面図に ANCHOR で配置設定したアンカー情報(配置・計算条件設定を含む)が反映されます。

計算条件などの詳細な内容は次節以降に記載します。



7.2.2. 計算条件

フロー内の「計算条件」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。ここでは、アンカーを含めた安定計算式の設定を行います。なお、”ANCHOR から取得”を実行した場合は、ANCHOR の設定内容が反映されています。

計算条件

ケース	地形	すべり面	水位
計画[円弧]	地形 2	(繰返し円弧)	水位 2

すべり面勾配

☒ 全段一律 ☐ 各段で算出

作図平均 $\alpha =$ (°)

安定計算式

☐ $F_s = \frac{[\text{地すべり抵抗力}] + [\text{アンカー力}] \cdot \sin \beta \cdot \tan \phi}{[\text{地すべり力}] - [\text{アンカー力}] \cdot \cos \beta}$

☒ $F_s = \frac{[\text{地すべり抵抗力}] + [\text{アンカー力}] \cdot (\cos \beta + \sin \beta \cdot \tan \phi)}{[\text{地すべり力}]}$

抑止効果

☐ 引き止め ☐ 締め付け ☒ 引き止め + 締め付け

OK キャンセル

項目	説明
すべり面勾配 ○ 全段一律（以下から選択） 作図平均 単純平均 角度指定 ○ 各段で算出	すべり面勾配の算出方法を選択します。この値は、すべり面とアンカーとのなす角 β を算出するために必要で、すべてのアンカーに一律に適用されます。 ここで「作図平均」のすべり面勾配は、アンカーの最上段と最下段でのすべり面の交点を結んだ角度を指します。
安定計算式	5. 斜面の安定化の基本式は以下の式です。 6. $Fs = \frac{\text{地すべり抵抗力}}{\text{地すべり力}}$ この式にアンカー工で対策をする場合、アンカー工の力を「すべろうとする力から引く」のか「すべり抵抗力に足す」のかの2種類があります。
抑止効果 ○ 引き止め効果 ○ 締め付け効果 ○ 引き止め+締め付け効果	アンカーの抑止効果をどのように見るかを選択します。 すべり力とは逆向きの引き止め力に期待する「引き止め効果」、すべり面の法線方向に締め付けて摩擦力に期待する「締め付け効果」、またはその両方です。

7.2.3. アンカー配置

フロー内の「アンカー配置」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。ここでは、アンカーを配置するための範囲設定およびアンカー長などの設定を行います。なお、「ANCHOR から取得」を実行した場合は、ANCHOR の設定内容が反映されています。

アンカー配置

☐ マウス入力

削除

	配置のり面						配置条件			
	上端点		下端点		のり長 (m)	地表線 設定	基準点 設定	アンカー 段数 (本)	1本目 離れ (m)	標準 縦間隔 (m)
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)						
範囲 1	49.000	50.000	44.000	40.000	11.180	単線	上端	3	1.50	3.00
範囲 2	42.000	40.000	37.000	30.000	11.180	単線	上端	3	1.50	3.00
範囲 3	35.000	30.000	30.000	20.000	11.180	単線	上端	3	1.50	3.00
範囲 4						単線	下端			

アンカー配置↓

追加

削除

☐ マウス入力

一括入力

☐ すべり面から取得

No	使用	アンカー配置設定						反力体 等の 厚さ (m)	自由長 Lf (m)	アンカー 体長 La (m)	アンカー 長 L (m)	水平 間隔 a (m)	打設 角度 $\theta(^{\circ})$	内部摩擦角	
		のり面 範囲	基準点 設定	離れ (m)	縦間隔 (m)	配置座標								$\phi(^{\circ})$	$\tan \phi$
						X (m)	Y (m)								
1	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	1.50	-	48.329	48.658	0.60	35.50	4.50	40.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350
2	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	4.50	3.00	46.988	45.975	0.60	32.00	4.50	36.50	3.00	20.00	30.0000	0.577350
3	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	7.50	3.00	45.646	43.292	0.60	29.00	4.50	33.50	3.00	20.00	30.0000	0.577350
4	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	1.50	-	41.329	38.658	0.60	25.00	4.50	29.50	3.00	20.00	30.0000	0.577350
5	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	4.50	3.00	39.988	35.975	0.60	22.50	4.50	27.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350
6	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	7.50	3.00	38.646	33.292	0.60	19.50	4.50	24.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350
7	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 3	上端	1.50	-	34.329	28.658	0.60	16.00	4.50	20.50	3.00	20.00	30.0000	0.577350
8	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 3	上端	4.50	3.00	32.988	25.975	0.60	13.50	4.50	18.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350

OK

キャンセル

項目（配置のり面・配置条件）	説明
上端点・下端点	アンカー配置の基準となる点の座標を入力します。マウス入力もできます。配置範囲は 20 個まで設定できます。
のり長	上端点・下端点を結んだ長さを表示します。地表面設定で”単線”を選択した場合は、直線距離を示し、”連続線”を選択した場合は、上端点から下端点までの地形に沿った区間の長さを示します。
地表面設定	アンカー配置するときの範囲形状を”単線”と”連続線”から選択します。
基準点設定	アンカーを配置範囲の”上端”から配置するか、”下端”から配置するかを設定します。範囲設定中は範囲線の基準点を丸印で表示します。 (例) 下図で範囲 1 は、地表面設定…連続線、基準点設定…下端 範囲 2 は、地表面設定…単線、基準点設定…上端を選択しています。
アンカー段数	この配置範囲内でのアンカー段数を入力します。
1 本目離れ	その範囲における 1 本目のアンカーを打設するときの基準点からの離れを入力します。
標準縦間隔	その範囲における 2 本目以降のアンカーを打設するときの間隔を入力します。アンカーを”アンカー配置↓”で初期配置するときを使用します。
削除ボタン	選択している行の入力内容をクリアします。
“アンカー配置↓” ボタン	入力した配置のり面・配置条件に基づいて、アンカー配置を登録します。このとき、以前に入力されていた長さ・打設情報はクリアされます。

項目（アンカー配置設定）	説明
使用	アンカーを配置したけれど、計算に反映したくない場合は、このチェックを外します。画面では灰色のアンカーとして表示します。
のり面範囲	配置しているアンカーがどの範囲に属しているかを示します。
基準点設定	配置しているアンカーの属している範囲の基準点方向を示します。
離れ	配置しているアンカーが基準点から離れている距離を示します。
縦間隔	同一範囲内アンカーどうしの距離差分を示します。
配置座標 X,Y	アンカー頭部の座標を示します。 (※ 離れ、縦間隔、配置座標については任意編集もできます。編集後は各々のパラメータが再計算されます。離れについては上表の”1 本目離れ”の欄にも反映します。)
反力体等の厚さ	そのアンカーの頭部から出す距離を設定します。
自由長 Lf	そのアンカーの自由長を設定します。(自由長の長さには反力体等の厚さを含んだ値を設定します。)
アンカー体長 La	アンカー体長を入力します。
アンカー長 L	配置するアンカーの全長を示します。
水平間隔 a	正面から斜面を見たときの、横方向の間隔を入力します。

打設角度 θ	水平からの打設角度を入力します。
締付効果計算用内部摩擦角 ϕ	安定計算時に締付効果を反映させるときの内部摩擦角 ϕ を入力します。 (すべり面から取得するにチェックを入れた場合は、すべり面交点の ϕ を用います。)

また、**追加**ボタンおよび**削除**ボタンでアンカーを直接追加・削除できます。これらのボタンを実行すると、上表の“アンカー段数”に反映されます。さらに、**一括入力**ボタンをクリックすると、下のダイアログが現れて、配置済みアンカーのパラメータを一括で反映できます。(このとき、空欄がある箇所は反映されません。)

一括入力

×

反力体 等の 長さ (m)	自由長 Lf (m)	アンカー 体長 La (m)	アンカー 長 L (m)	水平 間隔 a (m)	打設 角度 θ (°)	内部摩擦角	
						ϕ (°)	$\tan \phi$
0.50		4.00		2.00	20.00	30.0000	0.577350

※ 一括入力する項目のみ入力して下さい。空欄は反映されません。

一括入力

キャンセル

以下は、アンカーを追加したときの例です。

アンカー配置

削除

マウス入力

	No	使用	配置のり面				配置条件					
			上端点		下端点		のり長 (m)	地表線 設定	基準点 設定	アンカー 段数 (本)	1本目 離れ (m)	標準 縦間隔 (m)
			X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)						
範囲 1	49.000	50.000	44.000	40.000	11.180	単線	上端	3	1.50	3.00		
範囲 2	42.000	40.000	37.000	30.000	11.180	単線	上端	3	1.50	3.00		
範囲 3	35.000	30.000	30.000	20.000	11.180	単線	上端	3	1.50	3.00		
範囲 4						単線	下端					

追加

削除

マウス入力

一括入力

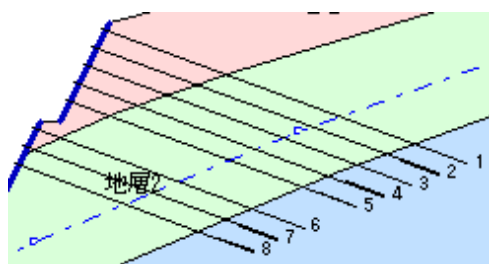
No	使用	アンカー配置設定				反力体 等の 長さ (m)	自由長 Lf (m)	アンカー 体長 La (m)	アンカー 長 L (m)
		のり面 範囲	基準点 設定	離れ (m)	縦間隔 (m)				
1	✓	範囲 1	上端	1.50	-	48.329	48.658	0.60	35.50
2	✓	範囲 1	上端	4.50	3.00	46.988	45.975	0.60	32.00
3	✓	範囲 1	上端	7.50	3.00	45.646	43.292	0.60	29.00
4	✓	範囲 2	上端	1.50	-	41.329	38.658	0.60	25.00
5	✓	範囲 2	上端	4.50	3.00	39.988	35.975	0.60	22.50
6	✓	範囲 2	上端	7.50	3.00	38.646	33.292	0.60	19.50
7	✓	範囲 3	上端	1.50	-	34.329	28.658	0.60	16.00
8	✓	範囲 3	上端	4.50	3.00	32.988	25.975	0.60	13.50

追加

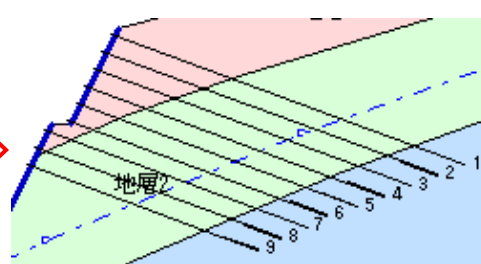
削除

マウス入力

No	使用	アンカー配置設定			
		のり面 範囲	基準点 設定	離れ (m)	縦間隔 (m)
1	✓	範囲 1	上端	1.50	-
2	✓	範囲 1	上端	4.50	3.00
3	✓	範囲 1	上端	7.50	3.00
4	✓	範囲 2	上端	1.50	-
5	✓	範囲 2	上端	4.50	3.00
6	✓	範囲 2	上端	11.00	6.50
7	✓	範囲 2	上端	7.50	-3.50
8	✓	範囲 3	上端	1.50	-



追加後



7.2.4. テンドン・アンカー体

フロー内の「テンドン・アンカー体」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。ここでは、アンカーの属性から許容アンカー力を求めるための設定を行います。この後に設定するアンカー力を直接指定する場合は、この欄の設定は不要です。なお、「ANCHOR から取得」を実行した場合は、ANCHOR の設定内容が反映されています。

テンドン・アンカー体

☒ 許容アンカー力を設定する
 (※) アンカー力を直接入力する場合は設定不要です。

(アンカータイプの選択)
 ☒ ランクA (常時)
 ☐ ランクB

引張荷重から算出した許容アンカー力
 × Tus

降伏荷重から算出した許容アンカー力
 × Tys

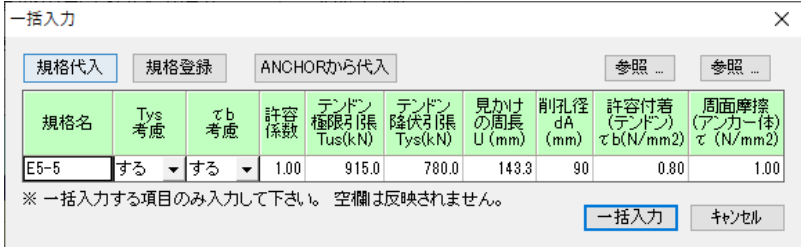
引き抜きに対する安全率
 Fs =

No	使用	規格名	Tys 考慮	τb 考慮	許容 係数 λ	テンドン 極限引張 Tus(kN)	テンドン 降伏引張 Tys(kN)	見かけ の周長 U (mm)	削孔径 dA (mm)	許容付着 (テンドン) τb(N/mm2)	周面摩擦 (アンカー体) τ (N/mm2)	許容 アンカー力 Ta (kN)
1	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	する	する	1.00	915.0	780.0	143.3	90	0.80	1.00	508.94
2	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	する	する	1.00	915.0	780.0	143.3	90	0.80	1.00	508.94
3	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	する	する	1.00	915.0	780.0	143.3	90	0.80	1.00	508.94
4	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	する	する	1.00	915.0	780.0	143.3	90	0.80	1.00	508.94
5	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	する	する	1.00	915.0	780.0	143.3	90	0.80	1.00	508.94
6	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	する	する	1.00	915.0	780.0	143.3	90	0.80	1.00	508.94
7	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	する	する	1.00	915.0	780.0	143.3	90	0.80	1.00	508.94
8	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	する	する	1.00	915.0	780.0	143.3	90	0.80	1.00	508.94

項目	説明
許容アンカー力を設定する	アンカーの属性から許容アンカー力を求める場合、このチェックを入れます。
アンカータイプの選択	アンカータイプとして、ランク A/ランク B のいずれかを選択します。この選択に応じてテンドン極限引張り力(Tus),テンドン降伏引張り力(Tys)にかかる係数が変わります。
引張荷重・降伏荷重から算出した許容アンカー力	アンカーテンドンが持つ、Tus(テンドン極限引張),Tys(テンドン降伏引張)から許容アンカー力を求めるための低減係数を設定します。
引き抜きに対する安全率	引き抜きに対する安全率を設定します。

項目 (アンカーの属性)	説明
使用	アンカーを安定計算に反映させるかさせないかを示しているフラグです。この画面では表示のみです。
規格名	アンカーテンドンの規格名を入力します。空白でも計算には影響しませんが、規格登録の際に必要です。
Tys, τb 考慮	アンカーの中には、Tys および τb のパラメータがないものもあります。このような場合にアンカー力の計算からこれらのパラメータを除外するためのオプションです。

許容係数 λ	テンドン強度から許容アンカー力を求める場合に、値を調整するための係数です。目一杯の値で設計したい場合には“1.0”で、俗に言う「8割設計」を行いたい場合には“0.8”となります。
テンドン極限引張 T_{us} テンドン降伏引張 T_{ys} 見かけの周長 U 削孔径 d_A	アンカーテンダンの各項目を入力してください。 テンダンの種類によっては、 T_{ys} , U の情報がないものがあります。その場合は空白とします。(上で T_{ys} および τ_b を考慮しないと設定していれば、入力欄は入力不可になっています)
許容付着(テンドン) τ_b 周面摩擦(アンカー体) τ	テンドンとグラウトの許容付着応力度を τ_b に、アンカー体周面摩擦抵抗を τ に入力します。(上で τ_b を考慮しないと設定していれば、 τ_b の入力欄は入力不可となっています)
許容アンカー力 T_a	設定した属性から算出された許容アンカー力を表示します。

項目 (コマンドボタン)	説明
一括入力	<p>下のダイアログが現れて、配置済みアンカーのパラメータを一括で反映できます。(このとき、空欄がある箇所は反映されません。)</p> 
規格代入・規格登録	アンカーテンダンの項目(規格名, T_{us} , T_{ys} , U , d_A)をアプリケーション内リストに登録したり、登録されているリストから代入します。
ANCHOR から代入	弊社ソフト「ANCHOR」に登録されている鋼材のデータベースから、アンカーテンドンを選択します。この機能を使用するには、ANCHOR (Ver6 以降) がインストールされ、[設定]-[ANCHOR リンク設定]メニューで、ANCHOR プログラムへのリンク設定をしておく必要があります。
結果詳細	算出された許容アンカー力の内訳を表示します。

許容アンカー力詳細											
No	使用	規格名	テンドン強度から求まる 許容アンカー力				アンカー体長から求まる 許容アンカー力				許容 アンカー力
			$0.60 \cdot T_{us}$ (kN)	$0.75 \cdot T_{ys}$ (kN)	係数 λ	T_{a1} (kN)	L_a (m)	T_{ab} (kN)	T_{ag} (kN)	T_{a2} (kN)	T_a (kN)
1	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	549.00	585.00	1.00	549.00	4.50	515.88	508.94	508.94	508.94
2	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	549.00	585.00	1.00	549.00	4.50	515.88	508.94	508.94	508.94
3	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	549.00	585.00	1.00	549.00	4.50	515.88	508.94	508.94	508.94
4	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	549.00	585.00	1.00	549.00	4.50	515.88	508.94	508.94	508.94
5	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	549.00	585.00	1.00	549.00	4.50	515.88	508.94	508.94	508.94
6	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	549.00	585.00	1.00	549.00	4.50	515.88	508.94	508.94	508.94
7	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	549.00	585.00	1.00	549.00	4.50	515.88	508.94	508.94	508.94
8	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	549.00	585.00	1.00	549.00	4.50	515.88	508.94	508.94	508.94
9	<input checked="" type="checkbox"/>	E5-5	549.00	585.00	1.00	549.00	4.50	515.88	508.94	508.94	508.94

7.2.5. アンカー力の設定

フロー内の「アンカー力の設定」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。ここでは、アンカー力の設定を行います。なお、「ANCHOR から取得」を実行した場合は、ANCHOR の設定内容が反映されています。

アンカー力

一括入力

No	使用	アンカー配置設定						アンカー長 L (m)	水平 間隔 a (m)	打設 角度 θ (°)	アンカー力	
		のり面 範囲	基準点 設定	離れ (m)	縦間隔 (m)	配置座標					設定方法	T (kN/本)
						X (m)	Y (m)					
1	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	1.50	-	48.329	48.658	40.00	3.00	20.00	直接入力	500.00
2	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	4.50	3.00	46.988	45.975	36.50	3.00	20.00	直接入力	500.00
3	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	7.50	3.00	45.646	43.292	33.50	3.00	20.00	直接入力	500.00
4	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	1.50	-	41.329	38.658	29.50	3.00	20.00	直接入力	500.00
5	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	4.50	3.00	39.988	35.975	27.00	3.00	20.00	直接入力	500.00
6	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	7.50	3.00	38.646	33.292	24.00	3.00	20.00	直接入力	500.00
7	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 3	上端	1.50	-	34.329	28.658	20.50	3.00	20.00	直接入力	500.00
8	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 3	上端	4.50	3.00	32.988	25.975	18.00	3.00	20.00	直接入力	500.00
9	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 3	上端	7.50	3.00	31.646	23.292	15.50	3.00	20.00	直接入力	500.00

OK キャンセル

上のダイアログにおいて、「使用」から「打設角度 θ 」までの項目は、先の共通設定で設定済みの内容を表示しています。アンカー力の設定方法としては、「直接入力」と「許容アンカー力」の 2 通りから選択します。一括入力 ボタンをクリックしたときは、その内容を全てのアンカーに適用します。

一括入力

×

アンカー力 設定方法	アンカー力 T (kN/本)
直接入力	500.00

※ 一括入力する項目のみ入力して下さい。
空欄は反映されません。

一括入力 キャンセル

7.2.6. 打設後の安全率照査 (繰り返し円弧計算の場合)

アンカー力まで設定し終わったら、計算を行います。フロー内の「打設後の安全率照査」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。

ダイアログが現れると、現在の計算条件の設定や計算結果表示条件、および既存計算結果の一覧が現れます。

打設後の安全率照査

ケース	地形	すべり面	水位
計画[円弧]	地形 2	(繰返し円弧)	水位 2

計算条件の設定

すべり面強度

地層値

亀裂の設定

亀裂なし

計算式の選択

間隙水圧考慮-修正Fellenius法(道路土工式・湛水なし)

円弧の制限範囲

計算開始

計算結果表示

結果表示条件

表示件数 163 / 全データ件数 163

作図設定

[計算]メニューの繰返し円弧条件をコピー

計画安全率 $p.F_s =$ 1.200

	表示	中心 X (m)	中心 Y (m)	半径 R (m)	すべり 抵抗力 S (kN/m)	すべり力 T (kN/m)	打設前 安全率 F_s	必要 抑止力 P_r (kN/m)	最大 深度 (m)	引止効果 $P_o \cdot \cos \beta$ (kN/m)	締付効果 $P_o \cdot \sin \beta \cdot \tan \phi$ (kN/m)	打設後 安全率 F_s
1	<input checked="" type="checkbox"/>	15.000	68.000	50.000	3699.93	4290.89	0.862	1449.2	11.529	685.44	770.31	1.201
2	<input type="checkbox"/>	18.000	74.000	55.000	5134.93	5535.05	0.927	1507.2	15.795	811.89	728.19	1.205
3	<input type="checkbox"/>	9.000	71.000	55.000	3166.52	3772.10	0.839	1360.0	9.823	637.29	783.99	1.216
4	<input type="checkbox"/>	9.000	77.000	60.000	3661.07	4134.86	0.885	1300.8	11.740	728.37	757.08	1.244
5	<input type="checkbox"/>	15.000	74.000	55.000	4214.21	4595.73	0.916	1300.7	13.383	781.11	739.35	1.247
6	<input type="checkbox"/>	21.000	80.000	60.000	6565.67	6550.38	1.002	1294.8	18.963	917.55	685.17	1.247
7	<input type="checkbox"/>	24.000	80.000	60.000	7524.70	7329.71	1.026	1271.0	20.949	946.44	671.94	1.247
8	<input type="checkbox"/>	24.000	74.000	55.000	7522.61	7263.07	1.035	1193.1	20.345	874.44	703.62	1.253
9	<input type="checkbox"/>	21.000	68.000	50.000	6301.73	6200.28	1.016	1138.7	16.713	753.39	748.89	1.258
10	<input type="checkbox"/>	27.000	71.000	50.000	6611.47	6503.23	1.016	1192.5	19.586	921.06	683.55	1.263

表示:

全ON

全OFF

※カーソル行が印刷の対象になります。

アンカー詳細

印刷

CAD出力

すべり面登録

開じる

必要に応じて、すべり面強度・亀裂の設定・計算式の選択・円弧の制限範囲・計算結果表示条件、計画安全率を設定した後、[計算開始]ボタンをクリックして計算を行います。[計算]メニューの繰返し円弧条件をコピーボタンをクリックすれば、通常の繰返し円弧計算で設定されている条件を取り込むこともできます。(繰返し円弧計算の設定方法については、2.9. 繰返し円弧計算の断面を作成する、2.10. 繰返し円弧の安定計算を行う、の節も合わせてご参照ください。)

「すべり面強度」設定ダイアログ

すべり面強度

すべり面強度の選択

☒ 地層値
 ☐ 指定値 1
 ☐ 指定値 2

OK

キャンセル

「亀裂の設定」設定ダイアログ

亀裂の設定

☒ 亀裂を考慮する

亀裂面位置

地形側

X = 0.000 (m)

Y = 18.000 (m)

水平面に対する傾斜角

theta = 90.0 (°)

亀裂長さ

L = 0.000 (m)

亀裂面強度

☒ $C = 0.0, \phi = \text{地層値}$
☐ 指定強度 1
 ☐ 指定強度 2

指定強度 1

$C =$

(kN/m²)

$\phi =$

(°)

指定強度 2

$C =$

(kN/m²)

$\phi =$

(°)

※指定強度 1,2 は、[設定]-[指定強度]の設定と同じになります。

OK

キャンセル

「計算式の選択」 設定ダイアログ

計算式の選択

計算式の種類

- ☐ Fellenius法
- ☐ Fellenius法(土地改良基準)
- ☐ 修正Fellenius法
- ☒ 修正Fellenius法(道路土工)

必要抑止力式の選択

- ☒ $p \cdot F_s = (\sum S + Pr) / \sum T$
- ☐ $p \cdot F_s = \sum S / (\sum T - Pr)$

間隙水圧設定

- ☐ 間隙水圧無視
- ☒ 間隙水圧考慮

OK キャンセル

「円弧の制限範囲」 設定ダイアログ

円弧の制限範囲

	考慮	開始	終了
X(m)	<input checked="" type="checkbox"/>	20.000	60.000
Y(m)	<input type="checkbox"/>		

OK キャンセル

「計算結果表示条件」 の設定ダイアログ

計算結果表示条件の設定

下記の条件により、計算結果を表示します。

☒ 打設前安全率 $< 0.000 < F_s < 1.400$

☐ 打設後安全率 $\leq \quad \leq F_s \leq \quad$

☐ 抑止力 (kN/m) $< 20.0 < Pr < \quad$

☐ すべり力 (kN/m) $< 0.00 < T < \quad$

☐ 深度 (m) $< 3.000 < \text{深度} < \quad$

☐ オーバーハンする円弧を除外

☐ 異常値($F_s \leq 0, T \leq 0$ など)を除外

各メッシュごとの計算結果

- ☒ 全て表示
- ☐ 最小安全率のみ表示
- ☐ 最大抑止力のみ表示
- ☐ 最小安全率と最大抑止力を表示

OK キャンセル

「作図の設定」 の設定ダイアログ

作図の設定

図上に表示する値

値 ☒ 常時の値 ☐ 地震時の値

項目 ☒ 安全率 F_s ☐ 抑止力 Pr

等値線の間隔

安全率線

抑止力線

画面上の表示設定

☒ 数値を表示する

☒ 等値線を表示する

☐ 線表示 ☒ ペイント表示

安全率グラデーション

均等配色 色を初期化

OK キャンセル

計算が終われば、安全率照査結果が一覧で表示されます。

アンカー詳細ボタン、印刷ボタン、CAD出力ボタン、すべり面登録ボタンはカーソル行の結果に対して処理を行います。

アンカー詳細ボタンをクリックすると、そのすべり面における配置済みアンカーの作用結果が表示されます。

アンカー詳細

No	使用	反力体等の厚さ(m)	自由長 L_f (m)	アンカー体長 L_a (m)	アンカー長 L (m)	アンカー力設定方法	アンカー力 T (kN/本)	水平間隔 a (m)	打設角度 θ (°)	内部摩擦角		すべり面勾配 α (°)	1m当りアンカー力 P_o (kN/m)	アンカーとすべり面 β (°)	引止効果 $P_o \cdot \cos \beta$ (kN/m)	締付効果 $P_o \cdot \sin \beta \cdot \tan \phi$ (kN/m)
										ϕ (°)	$\tan \phi$					
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0.60	35.50	4.50	40.00	直接入力	500.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350	42.81	166.67	62.81	76.16	85.59
2	<input checked="" type="checkbox"/>	0.60	32.00	4.50	36.50	直接入力	500.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350	42.81	166.67	62.81	76.16	85.59
3	<input checked="" type="checkbox"/>	0.60	29.00	4.50	33.50	直接入力	500.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350	42.81	166.67	62.81	76.16	85.59
4	<input checked="" type="checkbox"/>	0.60	25.00	4.50	29.50	直接入力	500.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350	42.81	166.67	62.81	76.16	85.59
5	<input checked="" type="checkbox"/>	0.60	22.50	4.50	27.00	直接入力	500.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350	42.81	166.67	62.81	76.16	85.59
6	<input checked="" type="checkbox"/>	0.60	19.50	4.50	24.00	直接入力	500.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350	42.81	166.67	62.81	76.16	85.59
7	<input checked="" type="checkbox"/>	0.60	16.00	4.50	20.50	直接入力	500.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350	42.81	166.67	62.81	76.16	85.59
8	<input checked="" type="checkbox"/>	0.60	13.50	4.50	18.00	直接入力	500.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350	42.81	166.67	62.81	76.16	85.59
9	<input checked="" type="checkbox"/>	0.60	11.00	4.50	15.50	直接入力	500.00	3.00	20.00	30.0000	0.577350	42.81	166.67	62.81	76.16	85.59
合計															685.44	770.31

開じる

印刷 ボタンをクリックすると、安定計算結果やスライス集計表などを印刷することができます。

アンカー照査 (オプション) 印刷項目

印刷項目

アンカー計算結果

- ☒ 安定計算報告書
- ☐ 繰り返し円弧計算結果一覧

全ON 全OFF

- ☐ ケース名も印刷
- ☒ 左上にページ数を印刷

詳細データ

- ☐ 入力座標・ボーリング
- ☐ 荷重・地質・指定強度
- ☐ スライス集計表
- ☐ スライス詳細集計表/上載荷重集計表
- ☐ スライス座標一覧

印刷 Word出力 キャンセル

CAD 出力 ボタンをクリックすると、現表示断面の CAD イメージを出力できます。

CADデータに保存

タイトル 標準断面図

図面サイズ A1 841 x 594 スケール 1:250

DL標高の設定

☒ 自動設定 DL = 10.0 (m)

全ON 全OFF

出力	項目	レイヤ名
<input checked="" type="checkbox"/>	地形	TIKEI
<input checked="" type="checkbox"/>	地層境界線	TISO
<input checked="" type="checkbox"/>	地形ポリゴン	TIKEIPOLY
<input checked="" type="checkbox"/>	すべり面	SUBERIMEN
<input checked="" type="checkbox"/>	水位	SUI
<input type="checkbox"/>	荷重	KAJU
<input type="checkbox"/>	亀裂	KIRETU
<input type="checkbox"/>	ボーリング	BORING
<input checked="" type="checkbox"/>	コンター	CONTOUR
<input checked="" type="checkbox"/>	対策工	TAISAKUKOU
<input type="checkbox"/>	スライス図	SLICE
<input type="checkbox"/>	スライス情報	SLICEINFO
<input checked="" type="checkbox"/>	タイトル	TITLE
<input checked="" type="checkbox"/>	土質	DOSITU
<input checked="" type="checkbox"/>	DL標高	DL-LINE
<input checked="" type="checkbox"/>	目盛	MEMORI
<input checked="" type="checkbox"/>	用紙枠	WAKU

土質表の位置設定

☒ 左側 ☐ 右側

標準断面図

CAD出力 閉じる

すべり面登録 ボタンをクリックすると、ケース構成要素のすべり面に、円弧すべりが登録されます。ここで登録した円弧を使ってケースを作成することにより、指定すべり計算や、他の対策工計算（自動計算、杭範囲）を行うことができます。

すべり面登録

すべり面

名称 R50.000

X 15.000 Y 68.000

半径 50.000

OK キャンセル

7.2.7. 打設後の安全率照査 (指定すべり計算の場合)

アンカー力まで設定し終えたら、計算を行います。フロー内の「計算結果」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。

ダイアログが現れると、計算結果が現れます。

打設後の安全率照査

ケース	地形	すべり面	水位
計画[指定]	地形 2	最大Pr	水位 2

計算式	C _φ 番号	由来	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 φ(°)
修正Fellenius法(道路土工式・湿気)	---	常時	---	---

計算開始

計画安全率 p.Fs = 1.200

すべり抵抗 S (kN/m)	すべり力 T (kN/m)	打設前安全率 Fs	必要抑止力 Pr (kN/m)	引止効果 Po·cosβ (kN/m)	締付効果 Po·sinβ·tanφ (kN/m)	打設後安全率 Fs
5134.93	5535.05	0.927	1507.2	633.28	874.08	1.200

アンカー詳細 印刷 CAD出力 閉じる

アンカー詳細ボタン、印刷ボタン、CAD出力ボタンの処理内容は、前節、繰り返し円弧計算の計算結果の内容と同じになります。

7.3. 打設順序による照査

ここでは、フロー下部の打設順序による照査の項目について説明します。(打設順序による照査が必要なければ、この節は読み飛ばしてもかまいません)

7.3.1. アンカー力/打設順番

フロー内の「アンカー力/打設順番」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。ここでは、アンカー力および打設順番の設定を行います。

アンカー力

計画地形照査の条件をコピー 一括入力 下段から上段へ 上段から下段へ

No	使用	アンカー配置設定				配置座標		アンカー長 L (m)	水平間隔 a (m)	打設角度 θ (°)	アンカー力		打設順番
		のり面範囲	基準点設定	離れ (m)	縦間隔 (m)	X (m)	Y (m)				設定方法	T (kN/本)	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	1.50	-	48.329	48.658	35.00	3.00	30.00	直接入力	615.40	1
2	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	4.50	3.00	46.988	45.975	32.50	3.00	30.00	直接入力	615.40	2
3	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	7.50	3.00	45.646	43.292	30.00	3.00	30.00	直接入力	615.40	3
4	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	1.50	-	41.329	38.658	26.50	3.00	30.00	直接入力	615.40	4
5	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	4.50	3.00	39.988	35.975	24.00	3.00	30.00	直接入力	615.40	5
6	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	7.50	3.00	38.646	33.292	22.00	3.00	30.00	直接入力	615.40	6
7	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 3	上端	1.50	-	34.329	28.658	19.00	3.00	30.00	直接入力	615.40	7
8	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 3	上端	4.50	3.00	32.988	25.975	16.50	3.00	30.00	直接入力	615.40	8

OK キャンセル

上のダイアログにおいて、「使用」から「打設角度 θ 」までの項目は、先の計画地形照査で設定済みの内容を表示しています。アンカー力の設定方法としては、「直接入力」と「許容アンカー力」の2通りから選択します。**一括入力** ボタンをクリックしたときは、その内容を全てのアンカーに適用します。また**計画地形照査の条件をコピー** ボタンをクリックすると、先の計画地形照査で設定したアンカー力の設定内容がコピーされます。打設順番は、安定計算時にアンカーを配置したい順に番号を入力します。(上の図の場合は1~8までの数字を任意に入力します。)重複入力した場合は、入力前の値が、重複先のアンカー番号に変わります。**下段から上段へ** ボタン、および**上段から下段へ** ボタンをクリックしたら配置標高順に一括反映します。

7.3.2. 打設順序による照査

アンカー力・打設順番まで設定し終えたら、計算を行います。フロー内の「照査」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。

ダイアログが現れると、現在の円弧制限範囲や計算結果表示条件、および既存計算結果の一覧が現れます。

必要に応じて、円弧の制限範囲・計算結果表示条件、計画安全率を設定した後、**計算開始** ボタンをクリックして計算を行います。**計画地形照査の条件をコピー** ボタンをクリックすれば、計画地形での安全率照査で設定されている条件を取り込むことができます。

打設順序による照査

円弧の制限範囲

結果表示条件

作図の設定

計画地形照査の条件をコピー

計算開始

計画安全率 $p.Fs =$

安全率非表示	打設順番	打設位置		最小安全率 F_s	引止効果 $P_o \cos \theta$ (kN/m)	締付効果 $P_o \sin \theta \cdot \tan \phi$ (kN/m)	備考
		X (m)	Y (m)				
<input type="checkbox"/>	-	---	---	0.823	---	---	当初状態
<input checked="" type="checkbox"/>	1	48.329	48.658	0.863	8.08	96.11	アンカー No.1
<input checked="" type="checkbox"/>	2	46.988	45.975	0.904	54.78	189.84	アンカー No.2
<input checked="" type="checkbox"/>	3	45.646	43.292	0.939	95.82	283.32	アンカー No.3
<input checked="" type="checkbox"/>	4	41.329	38.658	0.981	163.88	373.08	アンカー No.4
<input checked="" type="checkbox"/>	5	39.988	35.975	1.022	228.45	462.70	アンカー No.5
<input checked="" type="checkbox"/>	6	38.646	33.292	1.064	318.66	547.26	アンカー No.6
<input checked="" type="checkbox"/>	7	34.329	28.658	1.111	448.14	621.88	アンカー No.7
<input checked="" type="checkbox"/>	8	32.988	25.975	1.155	559.28	698.80	アンカー No.8
<input checked="" type="checkbox"/>	9	31.646	23.292	1.201	685.44	770.31	アンカー No.9

安定計算詳細

印刷

閉じる

計算結果は、各打設順番ごとにすべり計算をかけた上で、その最小安全率(指定すべり計算の場合は単に安全率)を表示します。表の一番左の列にある「安全率非表示」欄は、印刷・Word 出力時の安定度照査作成時に各段ごとの安全率を出力しますが、その際、この欄にチェックを入れたものに対しては、安全率数値を印字しない様式になります。

また、**安定計算詳細** ボタンをクリックした場合は、各段ごとの計算結果を表示します。この画面は先に説明した計画地形での安全率照査結果の画面に準拠したものになります。**印刷** ボタンをクリックした場合は、安定度照査報告書の出力を行います。

7.4. 逆巻き施工による照査

ここでは、フロー下部の逆巻き施工による照査の項目について説明します。(逆巻き施工による照査が必要なければ、この節は読み飛ばしてもかまいません)

7.4.1. 切土前地形

フロー内の「切土前地形」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。ここでは、逆巻き施工に必要な切土前地形ケースの指定を行います。

切土前地形ケースの選択

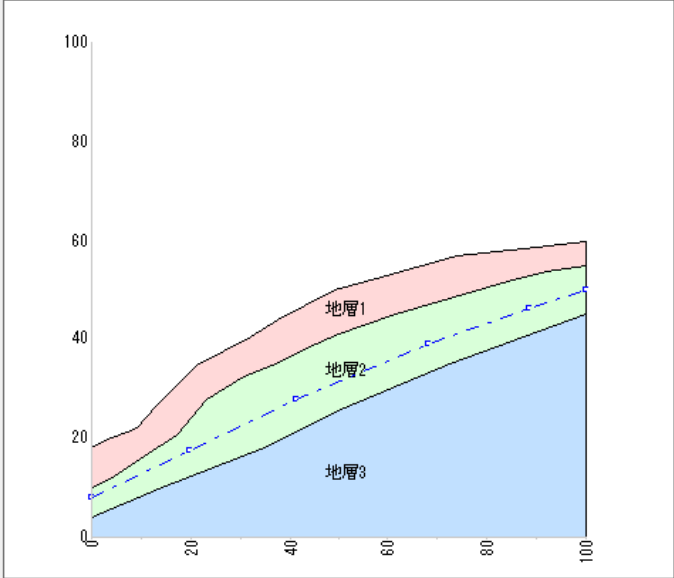
切土前地形となるケースを選択してください。

選択	ケース名
<input checked="" type="checkbox"/>	現況[円弧]
<input type="checkbox"/>	現況[指定]
<input type="checkbox"/>	計画[指定]

	使用	切土前	使用	切土後
ケース名		現況[円弧]		計画[円弧]
地形		地形 1		地形 2
すべり面		(繰返し円弧)		すべり面
水位	<input type="radio"/>	水位 1		水位 2
荷重	<input type="radio"/>	なし		なし

切土前地形について

OK キャンセル



安定計算には切土前/切土後のケースで登録されているすべり面(指定すべり計算のみ)、水位、荷重のどの要素を使用するかを選択することになります。切土によって水位が空中に浮き出る部分は、[計算条件の設定]の[自動計算での水位線の形状]の設定にしたがって計算されます。なお、現在選択中の切土後地形(ケース)が「指定すべり」の場合は、切土前地形(ケース)においても事前に指定すべり計算を実行する必要があります。

(切土前地形について)

切土前地形(ケース)の認識には、現在選択中の切土後地形(ケース)との関係が、以下の条件をすべて満足する必要があります。

- ・切土後地形線が切土前地形線より高くなる箇所が無いこと
- ・切土後地層数が切土前地層数以下であること
- ・切土開始位置および切土終了位置の交点があること
- ・切土開始位置より外側の地形線が重複していること
- ・切土終了位置より外側の地形線が重複していること

7.4.2. アンカー力

フロー内の「アンカー力」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。ここでは、アンカー力の設定を行います。

アンカー力

計画地形照査の条件をコピー 一括入力

No	使用	アンカー配置設定				配置座標		アンカー長 L (m)	水平間隔 a (m)	打設角度 θ (°)	アンカー力	
		のり面範囲	基準点設定	離れ (m)	縦間隔 (m)	X (m)	Y (m)				設定方法	T (kN/本)
1	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	1.50	-	48.329	48.658	40.00	3.00	20.00	直接入力	500.00
2	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	4.50	3.00	46.988	45.975	36.50	3.00	20.00	直接入力	500.00
3	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 1	上端	7.50	3.00	45.646	43.292	33.50	3.00	20.00	直接入力	500.00
4	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	1.50	-	41.329	38.658	29.50	3.00	20.00	直接入力	500.00
5	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	4.50	3.00	39.988	35.975	27.00	3.00	20.00	直接入力	500.00
6	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 2	上端	7.50	3.00	38.646	33.292	24.00	3.00	20.00	直接入力	500.00
7	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 3	上端	1.50	-	34.329	28.658	20.50	3.00	20.00	直接入力	500.00
8	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 3	上端	4.50	3.00	32.988	25.975	18.00	3.00	20.00	直接入力	500.00
9	<input checked="" type="checkbox"/>	範囲 3	上端	7.50	3.00	31.646	23.292	15.50	3.00	20.00	直接入力	500.00

OK キャンセル

上のダイアログにおいて、「使用」から「打設角度 θ 」までの項目は、先の計画地形照査で設定済みの内容を表示しています。アンカー力の設定方法としては、「直接入力」と「許容アンカー力」の2通りから選択します。**一括入力**ボタンをクリックしたときは、その内容を全てのアンカーに適用します。また**計画地形照査の条件をコピー**ボタンをクリックすると、先の計画地形照査で設定したアンカー力の設定内容がコピーされます。

7.4.3. 逆巻き施工による照査

アンカー力まで設定し終えたら、計算を行います。フロー内の「照査」コマンドをクリックすると、以下のダイアログが現れます。

ダイアログが現れると、現在の円弧制限範囲や計算結果表示条件、および既存計算結果の一覧が現れます。

必要に応じて、円弧の制限範囲・計算結果結果表示条件、計画安全率を設定し、切土標高およびその標高におけるアンカーの配置段数を設定したら、**計算開始**ボタンをクリックして計算を行います。**計画地形照査の条件をコピー**ボタンをクリックすれば、計画地形照査の条件で設定されている条件を取り込むことができます。

逆巻き施工による照査

円弧の制限範囲

結果表示条件 作図の設定

計画地形照査の条件をコピー

掘削標高の設定 すべり面条件 計算開始

計画安全率 $p.F_s =$ 1.050

施工 Step	安全率非表示	掘削段階	掘削標高 (m)	切土量 (m ³ /m)	最小安全率	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7	No 8	No 9
1	<input type="checkbox"/>	0	50.000											
2	<input type="checkbox"/>	1	40.000											
3	<input type="checkbox"/>	1	40.000			●	●	●						
4	<input type="checkbox"/>	2	30.000			●	●	●	●	●				
5	<input type="checkbox"/>	2	30.000			●	●	●	●	●	●			
6	<input type="checkbox"/>	3	20.000			●	●	●	●	●	●	●		
7	<input type="checkbox"/>	3	20.000			●	●	●	●	●	●	●	●	●

安定計算詳細 印刷 開じる

円弧の制限範囲ボタンをクリックしたら以下のダイアログが現れます。逆巻き施工の場合は、通常の制限範囲のほかに繰り返し円弧頭部の Y 座標によるしきいも設定することができます。

円弧の制限範囲

	考慮	開始	終了
X(m)	<input type="checkbox"/>		
Y(m)	<input type="checkbox"/>		

すべり面頭部のY座標が、掘削標高以下の場合

☐ そのまま計算する
☒ 計算対象から除外

OK キャンセル

すべり面条件ボタンをクリックしたら以下のダイアログが現れます。ここでは、指定すべり計算および繰り返し円弧計算特有の処理に対しての設定を行います。

すべり面条件の設定

すべり面が複数存在する場合（指定すべり）

☒ 安全率が最小のすべり面を使用
☐ 最上のすべり面を使用
☐ 最下のすべり面を使用

円弧通過点の設定（繰り返し円弧）

☐ 円弧通過点を掘削下端にする
 （※ 中心範囲+通過点のみ有効）

OK キャンセル

掘削標高の設定ボタンをクリックしたら、切土標高およびその標高におけるアンカーの配置段数を設定するダイアログが現れます。

掘削標高の設定

掘削標高のマウス設定

☒ 2行挿入（打設前後を設定）
☐ 1行挿入

アンカー配置のマウス設定

☒ 全施工ステップも自動配置
☐ 指定ポイントのみ個別に配置

アンカー位置を指定した場合の標高設定

☒ アンカーとの比高 H = (m)
☐ アンカーからの斜長 L = (m)

切り下げ丸め

等ピッチで代入
アンカー位置で代入
すべてクリア

行挿入 行削除 ●印 全設置 ●印 全クリア

施工 Step	掘削 段階	掘削標高 (m)	標高差 (m)	アンカー配置（※マウスで●設置）											
				全部	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7	No 8	No 9		
1	0	50.000	-	>>											
2	1	40.000	10.000	>>											
3	1	40.000	-	>>	●	●	●								
4	2	30.000	10.000	>>	●	●	●								
5	2	30.000	-	>>	●	●	●	●	●	●					
6	3	20.000	10.000	>>	●	●	●	●	●	●					
7	3	20.000	-	>>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															

（※）マウス挿入可（+shiftで点選択）

OK キャンセル

項目	説明
掘削標高のマウス設定 ○2行挿入（打設前後を設定） ○1行挿入	掘削標高リストをマウスおよび等ピッチで代入およびアンカー位置で代入するときに、1掘削標高設定あたり2施工ステップを作成するか、1施工ステップを作成するかを選択します。
アンカー配置のマウス設定 ○全施工ステップも自動配置 ○指定ポイントのみ個別に配置	アンカー配置段数の入れ方を選択します。 “全施工ステップも自動配置”を選択した場合、あるステップのアンカー段数をクリックした場合、それ以降のステップにも同じ段数が適用されます。 これに対し、“指定ポイントのみ個別に配置”を選択した場合、あるステップのアンカー段数をクリックした場合は、そのステップ行のみその施工段数が反映されるようになります。

(例) 以下のような施工ステップがある場合

施工 Step	掘削 段階	掘削標高 (m)	標高差 (m)	>>	アンカー配置 (※マウスで●設定)						
					全部	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6
1	0	50.000	-	>>							
2	1	40.000	10.000	>>							
3	1	40.000	-	>>	●	●	●	●			
4	2	30.000	10.000	>>	●	●	●	●			
5	2	30.000	-	>>	●	●	●	●			
6	3	20.000	10.000	>>	●	●	●	●			
7	3	20.000	-	>>	●	●	●	●			

“全施工ステップも自動配置”を選択していたら、クリックした行以降のステップにもその配置段が適用されます。

施工 Step	掘削 段階	掘削標高 (m)	標高差 (m)		アンカー配置 (※マウスで●設定)						
					全部	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6
1	0	50.000	-	>>							
2	1	40.000	10.000	>>							
3	1	40.000	-	>>	●	●	●	●			
4	2	30.000	10.000	>>	●	●	●	●	●	●	●
5	2	30.000	-	>>	●	●	●	●	●	●	●
6	3	20.000	10.000	>>	●	●	●	●	●	●	●
7	3	20.000	-	>>	●	●	●	●	●	●	●

“指定ポイントのみ個別に配置”を選択していたら、クリックした行のみ、その配置段が適用されます。

施工 Step	掘削 段階	掘削標高 (m)	標高差 (m)		アンカー配置 (※マウスで●計						
					全部	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6
1	0	50.000	-	>>							
2	1	40.000	10.000	>>							
3	1	40.000	-	>>	●	●	●	●			
4	2	30.000	10.000	>>	●	●	●	●	●	●	
5	2	30.000	-	>>	●	●	●	●	●	●	
6	3	20.000	10.000	>>	●	●	●	●	●	●	
7	3	20.000	-	>>	●	●	●	●	●	●	

項目（続き）	説明
等ピッチで代入	掘削標高を指定したピッチで一括代入します。掘削標高の開始値は切土開始標高または、任意指定した値からのピッチとなります。
アンカー位置で代入	掘削標高をアンカー位置に応じて一括代入します。このとき、“アンカー位置を指定した場合の標高設定”で行った設定内容を考慮します。（実行前に想定標高リストを表示します）
アンカー位置を指定した場合の標高設定 ○ アンカーとの比高 ○ アンカーからの斜長	アンカー位置を指定した場合の掘削標高を決定するときのパラメータです。比高は純粋な標高差、斜長は斜距離分下がったところを掘削標高とするものです。（標高値の丸め設定もできます。）
行挿入・行削除	カーソルで選択した行分の挿入・削除を行います。
●印全配置・●印全クリア	全配置はその掘削標高で配置可能なアンカーに●印を打ち、全クリアは、設定済みの●印をすべてクリアします。
すべてクリア	現在の掘削標高リストを全て消去します。

掘削標高を設定した後の計算結果画面は以下のようになります。

逆書き施工による照査

円弧の制限範囲

結果表示条件

計画地形照査の条件をコピー

掘削標高の設定

すべり面条件

計算開始

計画安全率 $pFs = 1.050$

施工 Step	安全率非表示	掘削段階	掘削標高 (m)	切土量 (m ³ /m)	最小安全率	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7	No 8	No 9
1		0	50.000											
2		1	40.000											
3		1	40.000			●	●	●						
4		2	30.000			●	●	●	●					
5		2	30.000			●	●	●	●	●				
6		2	30.000			●	●	●	●	●	●			
7		3	20.000			●	●	●	●	●	●	●		
8		3	20.000			●	●	●	●	●	●	●	●	

安定計算詳細

印刷

閉じる

“計算開始”ボタンをクリックして、安定計算を行った後の画面は以下のようになります。

逆書き施工による照査

円弧の制限範囲

結果表示条件 3.000<深度

計画地形照査の条件をコピー

掘削標高の設定

すべり面条件

計算開始

計画安全率 $pFs = 1.050$

施工 Step	安全率非表示	掘削段階	掘削標高 (m)	切土量 (m ³ /m)	最小安全率	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7	No 8	No 9
1		0	50.000		1.000									
2		1	40.000	66.050	1.371									
3		1	40.000	-	1.451	●	●	●						
4		2	30.000	233.815	1.235	●	●	●	●					
5		2	30.000	-	1.329	●	●	●	●	●				
6		2	30.000	-	1.439	●	●	●	●	●	●			
7		3	20.000	445.301	1.064	●	●	●	●	●	●	●		
8		3	20.000	-	1.201	●	●	●	●	●	●	●	●	

安定計算詳細

印刷

閉じる

計算結果は、各施工ステップごとにすべり計算をかけた上で、その最小安全率(指定すべり計算の場合は単に安全率)を表示します。表の一番左の列にある”安全率非表示”欄は、印刷・Word 出力時の報告書作成時に各段ごとの安全率を出力しますが、その際に、この欄にチェックを入れたものに対しては、安全率数値を印字しない様式になります。

また、**安定計算詳細**ボタンをクリックした場合は、各ステップごとの計算結果を表示します。この画面は先に説明した打設後の安全率照査の画面に準拠したものになります。逆巻き施工の場合は加えて、選択した行の計算結果に対してケース登録をすることもできます。**印刷**ボタンをクリックした場合は、照査報告書の出力を行います。

8. 杭範囲「PROのみ対応」

本プログラムでは杭範囲を算出する方法が2つあります。1つは「有効抵抗力による杭範囲特定」で、もう1つは「杭はね上げ、杭下方すべりによる杭範囲特定」です。[杭範囲]メニューを選択すると、この2つの検討ができます。

8.1. 計算結果の選択

杭範囲の特定は、指定すべり計算で求めた計算結果を使って行います。各杭範囲特定のコマンドを実行すると[自動計算を行う計算結果の選択]ダイアログがひらいてアクティブなケースの計算結果一覧が表示されますので、一覧の中から杭範囲特定を行う結果を選択してOKボタンをクリックしてください

有効抵抗力による杭範囲特定を行う計算結果の選択

計算結果の一覧 自動計算を行う計算結果を選択してOKボタンを押してください。

	計算式	C _φ 番号	由来	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 φ(°)	常時 F _s	常時 p.F _s	常時 Pr (kN/m)	地震時 F _s	地震時 p.F _s	地震 Pr (kN/m)
1	Fellenius法(湛水なし)	1	常/震	15.00	17.60	0.950	1.200	2842.3	0.649	1.050	6333.0
2	Fellenius法(湛水なし)	2	常/震	38.51	10.66	0.950	1.200	2841.9	0.663	1.050	6112.4

OK キャンセル

8.2. 有効抵抗力による杭範囲特定

[有効抵抗力による杭範囲特定] コマンドを実行し計算結果を選択すると下図のダイアログが表示されスライス分轄図、有効抵抗力図と杭範囲の設置可能領域を示す図が出てきます。

有効抵抗力による杭範囲特定

ケース名	地形	すべり面	水位
1-現地形	原地形	すべり面 1	H.W.L

Y (m)

スライス分轄図

X (m)

常時
地震時

計画安全率 p.F_s
1.200 計算

安全率 F_s
0.950

必要抑止力 Pr
2842.3 (kN/m)

Prとなる X座標
75.017 (m)
97.641 (m)

0.7Prとなる X座標
57.917 (m)
137.329 (m)

印刷
Word出力
閉じる
キャンセル

Ru (kN/m)

有効抵抗力図

くさび杭
せん断杭
抑え杭

凡例: ■ 設置可能 □ 条件付設置可能

この画面で表示されている杭の種類及び適用範囲は「地すべり鋼管杭設計要領」によっています。ここで、計画安全率を変えて[計算]ボタンをクリックすると、必要抑止力が変わるため、杭範囲も変わります。

[印刷]ボタンをクリックすると、スライス図および有効抵抗力図が印刷されます。[閉じる]ボタンをクリックすると、入力した条件を記憶します。[キャンセル]ボタンをクリックすると、入力した条件を無効にします。

8.3. 杭はね上げ、杭下方すべりによる杭範囲特定

杭の設置位置を想定して、それによって起こり得る杭はね上げすべり、杭下方すべりを検討することができます。

杭はね上げ、杭下方すべりによる杭範囲特定には、水平距離変化、標高変化の2種類があり、変化方法を1つ選択して条件を設定したら、**計算**ボタンをクリックして計算を実行します。

8.3.1. 杭範囲特定の変化要素の項目

(1) 水平距離變化

水平距離変化は、地表面の杭位置を水平距離〇〇mから〇〇mまで〇〇mピッチで動かすものです。

- ① 杭位置を水平距離の開始距離、終了距離、変化ピッチで設定します。
- ② 杭直径を考慮する時はチェックボックスをオンにして杭径を入力します。

杭はね上げ、杭下方すべりによる杭範囲特定

ケース名

地形

すべり面

水位

1-現地形

原地形

すべり面 1

HWL

水平距離変化

標高変化

杭位置 開始距離

60.000 (m)

終了距離

120.000 (m)

ピッチ

2.000 (m)

☐ 杭径を考慮する

杭径

D =

(mm)

杭位置

杭下方すべり

杭はね上げすべり

杭はね上げすべり

はね上げ角度

☒ $\theta = 45^\circ - \phi/2$ (ϕ は地層値)
☐ 直接指定 $\theta =$ ($^\circ$)

はね上げ部の強度

地層値

計画安全率 常時 p.Fs =

1.200

地震時 p.Fs =

1.050

杭上方土塊の必要抑止力

☐ 杭上方土塊の必要抑止力を計算する

杭下方すべり

杭下方すべり角度 $\theta =$

0.00 ($^\circ$)

新規すべり面部の強度

地層値(C=0)

計画安全率 常時 p.Fs =

1.200

地震時 p.Fs =

1.050

計画安全率 常時 p.Fs =

1.200

地震時 p.Fs =

1.050

条件設定

計算

印刷

Word 出力

閉じる

キャンセル

(2) 標高變化

標高変化は、地表面の杭位置を標高〇〇mから〇〇mまで〇〇mピッチで動かすものです。

- ① 杭位置を標高の開始距離、終了距離、変化ピッチで設定します。
- ② 杭直径を考慮する時はチェックボックスをオンにして杭径を入力します。

水平距離変化		標高変化	
杭位置	開始標高	<input type="text"/>	(m)
	終了標高	<input type="text"/>	(m)
	ピッチ	<input type="text"/>	(m)
<input type="checkbox"/> 杭径を考慮する			
	杭径	D = <input type="text"/>	(mm)



8.3.2. すべり条件の設定

杭はね上げすべり

はね上げ角度

☒ $\theta = 45^\circ - \phi/2$ (ϕ は地層値)
 ☐ 直接指定 $\theta =$ ($^\circ$)

はね上げ部の強度

地層値

計画安全率

常時 p.Fs =

地震時 p.Fs =

杭下方すべり

杭下方すべり角度 $\theta =$ ($^\circ$)

新規すべり面部の強度

地層値(C=0)

計画安全率

常時 p.Fs =

地震時 p.Fs =

杭上方土塊の必要抑止力

☒ 杭上方土塊の必要抑止力を計算する

計画安全率

常時 p.Fs =

地震時 p.Fs =

杭はね上げすべりについては、はね上げ角度、はね上げ部の強度、計画安全率を設定する必要があります。
杭下方すべりについては、杭下方すべり角度、新規すべり面部の強度、計画安全率を設定する必要があります。

杭上方土塊の必要抑止力を求めるときは計画安全率を入力する必要があります。

8.3.3. 計算および結果処理

変化項目およびすべり条件を設定したら「計算」ボタンをクリックします。すると、計算結果が表示されます。

杭はね上げ、杭下方すべりによる杭範囲特定

ケース名	地形	すべり面	水位
1-現地形	原地形	すべり面 1	H.W.L

	杭はね上げすべり p.Fs	杭下方すべり p.Fs	杭上方土塊 p.Fs	杭設置前 Pr(kN/m)
常時	1.200	1.200	1.200	2842.3
地震時	1.050	1.050	1.050	6333.0

計算結果

すべり面登録

	距離 X (m)	標高 Y (m)	はね上げ		杭下方		杭上方	
			常時 Fs	地震 Fs	常時 Fs	地震 Fs	常時 Pr (kN/m)	地震 Pr (kN/m)
1	60.000	23.333	0.852	0.600	-16.224	3.252	5008.4	7702.9
2	62.000	23.556	0.844	0.596	-23.005	3.032	5132.0	7758.5
3	64.000	23.778	0.839	0.593	-41.918	2.829	5243.0	7802.3
4	66.000	24.000	0.836	0.592	-325.550	2.643	5341.0	7833.9
5	68.000	24.222	0.836	0.592	53.381	2.475	5426.1	7853.6
6	70.000	24.444	0.838	0.593	24.193	2.323	5497.8	7861.2
7	72.000	24.667	0.843	0.596	15.476	2.186	5556.5	7857.3
8	74.000	24.889	0.850	0.601	11.309	2.062	5602.4	7842.2
9	76.000	25.706	0.867	0.611	8.856	1.949	5636.0	7815.9
10	78.000	27.117	0.893	0.627	7.168	1.841	5659.4	7777.3
11	80.000	28.529	0.918	0.643	5.941	1.737	5671.3	7724.6
12	82.000	29.941	0.938	0.657	5.024	1.640	5670.5	7657.3
13	84.000	31.353	0.953	0.668	4.319	1.549	5655.5	7574.1
14	86.000	32.765	0.961	0.675	3.767	1.464	5624.8	7473.9
15	88.000	34.176	0.961	0.678	3.325	1.386	5576.3	7355.1

条件設定

計算

印刷

Word 出力

開じる

キャンセル

すべり面登録ボタンをクリックすると現在選択されている計算結果のすべり面を登録することができます。

印刷および Word 出力ボタンをクリックするとこの結果一覧表を出力することができます。

条件設定ボタンをクリックすると条件の設定画面に戻ることができます。

(空白ページ)

9. 盛土工計算

盛土工計算では、地震時の変形量を検討するニューマーク法計算と、「宅地防災マニュアルの解説（大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説）」の二次元の分割法を用いて安全率の計算をする宅地防災マニュアルと、「道路土工盛土工指針」に沿って盛土工の性能照査を意識したチェックリストが出力できる盛土工チェックリストの検討が行えます。この章では、ニューマーク法計算と宅地防災マニュアルと盛土工チェックリストの操作について説明します。

9.1. 盛土工検討チェックリスト

本プログラムでは、盛土工における打ち合わせから成果品に利用できるチェックリストを作成することができます。これは、発注者との協議において、初期の段階で設計の種類や量的なものを把握できるようにチェックリストで認識の不一致を無くすために利用して頂くためのものです。基本として、「道路土工盛土工指針」を基準としたシナリオになっておりますが、参考として高速道路関連と鉄道関連の基準も掲載しています。

メニュー：[盛土工計算]－[盛土工検討チェックリスト]

9.1.1. 基本操作

ここでは、基本的な操作方法を説明します。[盛土工検討チェックリスト]ダイアログはフローチャート形式に従って各項目の問いかけに対して、判定していくことによって、自動的に何の検討が必要かを誘導する仕組みになっています。

盛土工検討チェックリスト

重要度判定性能レベル

項目	判定
緊急輸送用道路か	考慮しない 該当する 該当しない
道路網は存在するか	考慮しない 存在する 存在しない
その他、道路のネットワークとしての機能があるか	考慮しない 有 無
盛土が損傷した場合の交通機能へ及ぼす影響が大きいのか	考慮しない 大きい 小さい
盛土が損傷した場合の隣接する施設に及ぼす影響が大きいのか	考慮しない 大きい 小さい

☐ 重要度を任意設定する

重要度

	常時の作用	降雨時の作用	地震時の作用	採用
	性能1	性能1	レベル1地震動	レベル2地震動
重要度1	性能1	性能1	性能1	性能2
重要度2	性能1	性能1	性能2	性能3

盛土の重要度と要求性能

(1) 盛土の設計に当たっては、使用目的との適合性、構造物の安全性について、安全性、供用性、修復性の観点から(2)～(4)に従って要求性能を設定することを基本とする。

(2) 盛土の要求性能の水準は、以下を基本とする。

性能1： 想定する作用によって盛土としての健全性を損なわない性能

性能2： 想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、盛土としての機能の回復がすみやかに得られる性能

性能3： 想定する作用による損傷が盛土として致命的とならない性能

(3) 盛土の重要度の区分は、以下を基本とする

重要度1： 万一損傷すると交通機能に著しい影響を与える場合、あるいは、隣接する施設に重大な影響を与える場合

重要度2： 上記以外の場合

(4) 盛土の要求性能は、想定する作用と盛土の重要度に応じて、上記(2)に示す要求性能の水準から適切に選定する。

道路土工盛土工指針 p83～84

盛土の要求性能の例

登録文字編集

閉じる

フローチャート

操作画面

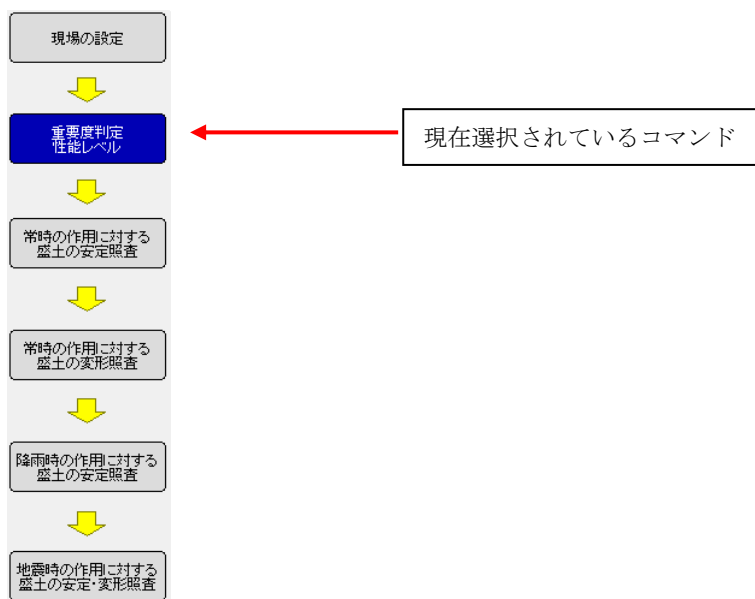
参考資料

画面の構成としては、フローチャート、操作画面、参考資料の3つに分類されています。

9.1.2. フローチャート

フローチャートは、画面左に表示されており、「重要度判定・性能レベル」「常時の作用に対する盛土の安定照査」「常時の作用に対する変形照査」「降雨時の作用に対する安定照査」「地震時の作用に対する盛土の安定・変形照査」の5種類に分類されています。

フローチャートのコマンドをクリックすると、その項目に従って操作画面と参考資料の表示が切り替わります。選択されているコマンドは青色の背景色で表示されます。



9.1.3. 操作画面

操作画面では、マウスやキーボードを使って、各項目に対する判定を選択もしくは入力していきます。

項 目	判 定		
緊急輸送用道路か	考慮しない	該当する	該当しない
迂回路は存在するか	考慮しない	存在する	存在しない
その他、道路のネットワークとしての機能があるか	考慮しない	有	無
盛土が損傷した場合の交通機能へ及ぼす影響が大きい	考慮しない	大きい	小さい
盛土が損傷した場合の隣接する施設に及ぼす影響が大きい	考慮しない	大きい	小さい

項目の問いかけに対して、判定欄を選択していきます。選択方法はマウスを判定したい欄に移動し、クリックするだけです。選択されている欄の背景が白色になります。

項 目	判 定		
緊急輸送用道路か	考慮しない	該当する	該当しない
迂回路は存在するか	考慮しない	存在する	存在しない
その他、道路のネットワークとしての機能があるか	考慮しない	有	無
盛土が損傷した場合の交通機能へ及ぼす影響が大きい	考慮しない	大きい	小さい
盛土が損傷した場合の隣接する施設に及ぼす影響が大きい	考慮しない	大きい	小さい

☐ 重要度を任意設定する

重要度
 重要度1

↓

	常時の作用	降雨の作用	地震動の作用		採用
			レベル1地震動	レベル2地震動	
重要度1	性能1	性能1	性能1	性能2	○
重要度2	性能1	性能1	性能2	性能3	

判定を選択すると、自動的に結果を判定するようになっています。上図の条件で判定すると、重要度については“重要度1”と判定し、性能レベルを自動的に抽出するようになっています。

現場特有の条件など一般的な指標に当てはまらない場合もあります。そのような場合は、任意で結果を設定することができます。

照査方法や安全率など現場の条件によって、自由度の高い項目については、テキスト入力によって決定してください。

	常時の作用に対する盛土の安定照査条件	
	長期間経過後(供用中)	盛土施工直後(施工中)
照査方法(計算式)	修正Fellenius法	
安全率	1.2	1.1
荷重の組合せ	自重+ 載荷重	自重

荷重の組合せ	自重
照査指標および許容値	自重+載荷重

項目によっては上図のように、コンボボックスにて選択するものがあります。現場の条件によって選択してください。

9.1.4. 参考資料

本プログラムでは、判定を行う際に参考となる情報を表示します。掲載している内容は、選択しているコマンドによって切り替わります。情報量が多い場合は、スクロールバーを移動して表示することになります。

盛土工検討チェックリスト

現場の設定

重要度判定性能レベル

常時の作用に対する盛土の安定照査

常時の作用に対する盛土の変形照査

降雨時の作用に対する盛土の安定照査

地震時の作用に対する盛土の安定・変形照査

出力

重要度判定性能レベル

項 目	考 慮	判 定
緊急輸送用道路か	考慮しない	該当する 該当しない
迂回路は存在するか	考慮しない	存在する 存在しない
その他、道路のネットワークとしての機能があるか	考慮しない	有 無
盛土が損傷した場合の交通機能へ及ぼす影響が大きい	考慮しない	大きい 小さい
盛土が損傷した場合の隣接する施設に及ぼす影響が大きい	考慮しない	大きい 小さい

☐重要度を任意設定する

重要度

	常時の作用	降雨時の作用	地震動の作用		採用
			レベル1地震動	レベル2地震動	
重要度1	性能1	性能1	性能1	性能2	
重要度2	性能1	性能1	性能2	性能3	

盛土の重要度と要求性能

(1) 盛土の設計に当たっては、使用目的との適合性、構造物の安全性について、安全性、供用性、修復性の観点から(2)～(4)に従って要求性能を設定することを基本とする。

(2) 盛土の要求性能の水準は、以下を基本とする。

性能1： 想定する作用によって盛土としての健全性を損なわない性能

性能2： 想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、盛土としての機能の回復がすみやかに行い得る性能

性能3： 想定する作用による損傷が盛土として致命的とならない性能

(3) 盛土の重要度の区分は、以下を基本とする

重要度1： 万一損傷すると交通機能に著しい影響を与える場合、あるいは、隣接する施設に重大な影響を与える場合

重要度2： 上記以外の場合

(4) 盛土の要求性能は、想定する作用と盛土の重要度に応じて、上記(2)に示す要求性能の水準から適切に選定する。

道路土工—盛土工指針」p83～84

盛土の要求性能の例

登録文字編集

閉じる

9.1.5. 登録文字編集

計算式の名称や荷重の条件などは、予め登録されたテキストを選択する方法としています。この文字情報を変更もしくは追加・削除といった操作が行えます。画面下にある[登録文字編集]ボタンをクリックすると、[登録文字編集]ダイアログが表示されます。

項目名欄にあるコンボボックスをクリックし、編集したい項目を選択すると、登録されているテキストデータが表示されます。追加する場合は、下の行にカーソルを移動し、テキストで入力します。

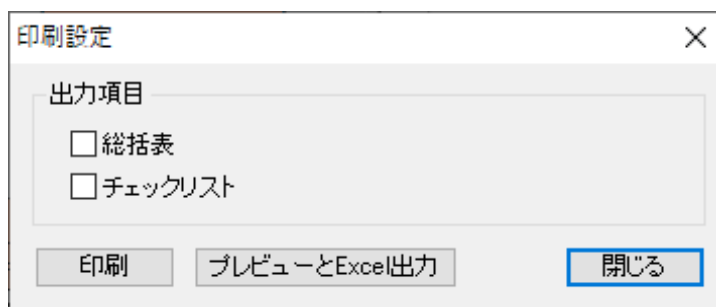
例えば、下図のように名称を入力し、**OK**ボタンをクリックすると、次回から選択時にその項目が選択できるようになります。

	常時の作用に対する盛土の安定照査条件	
	長期間経過後(供用中)	盛土施工直後(施工中)
照査方法(計算式)	<div> <div>修正Fellenius法</div> <div>Fellenius法</div> <div>簡易Bishop法</div> <div>簡易Janbu法</div> <div>SHIN-Janbu法</div> <div>追加したい計算式を入力します</div> </div>	
安全率	<div> <div>簡易Bishop法</div> <div>簡易Janbu法</div> <div>SHIN-Janbu法</div> </div>	
荷重の組合せ	<div> <div>SHIN-Janbu法</div> </div>	

入力したテキストが次回から、選択できます。

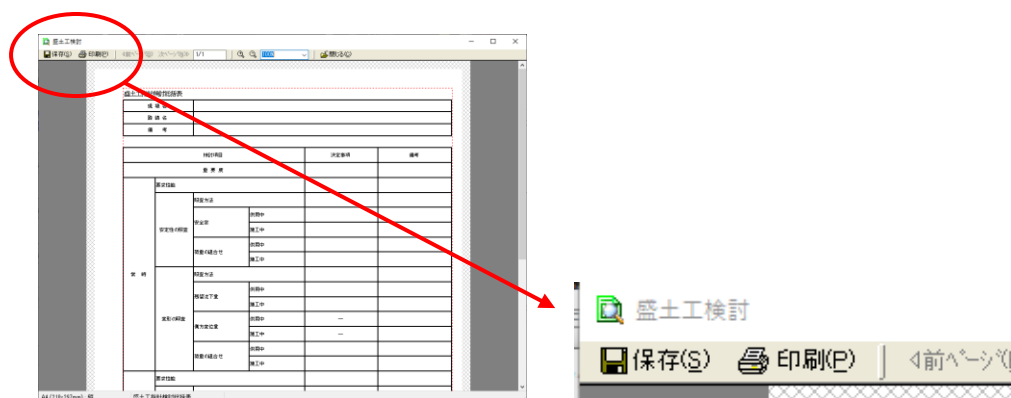
9.1.6. 出力

フローチャート領域にある**出力**ボタンをクリックすれば、プリンタなどからチェックリストを出力することができます。



出力したい項目(総括表、チェックリスト)を選択し、**印刷**ボタンもしくは**プレビューと Excel 出力**ボタンをクリックします。

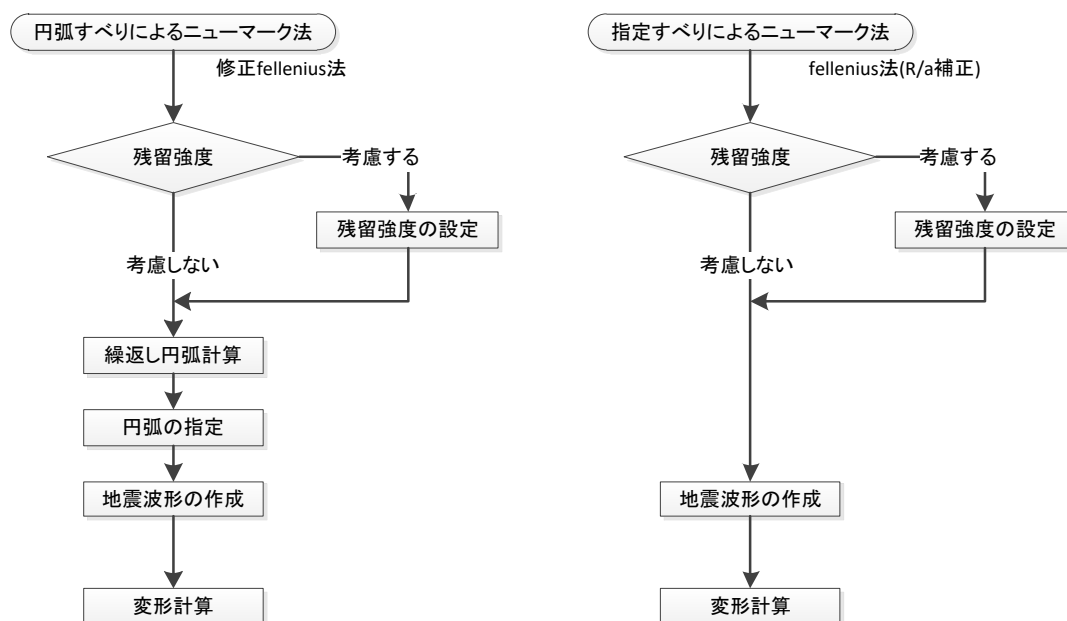
Microsoft Excel 形式ファイルに保存する場合は、**プレビューと Excel 出力**ボタンをクリックします。[盛土工検討]ダイアログが表示されますので、画面左上にある保存をクリックすれば、保存先を指定し、名前を付けて保存することができます。



9.2. ニューマーク法計算

本プログラムにおける、ニューマーク法による変形量照査について説明します。ニューマーク法は、地震時の盛土に対する動的照査法の一つです。ニューマーク法は、入力パラメータの設定が円弧すべり法と同等で、比較的簡便に地震時における盛土の残留変位を求めることができます。

さらに、PowerSSA では、指定すべり(Fellenius 法 R/a 補正)でのニューマーク法を取り入れました。指定すべりのニューマーク法についての説明は出力の概要書で確認することができます。



指定すべりによるニューマーク法計算では、以下の条件で検討できるようになっています。

- (1) 安定計算式が fellenius 法(R/a 補正)を使用していること
- (2) 土質定数が全て逆算値、地層値、指定値のいずれかであること

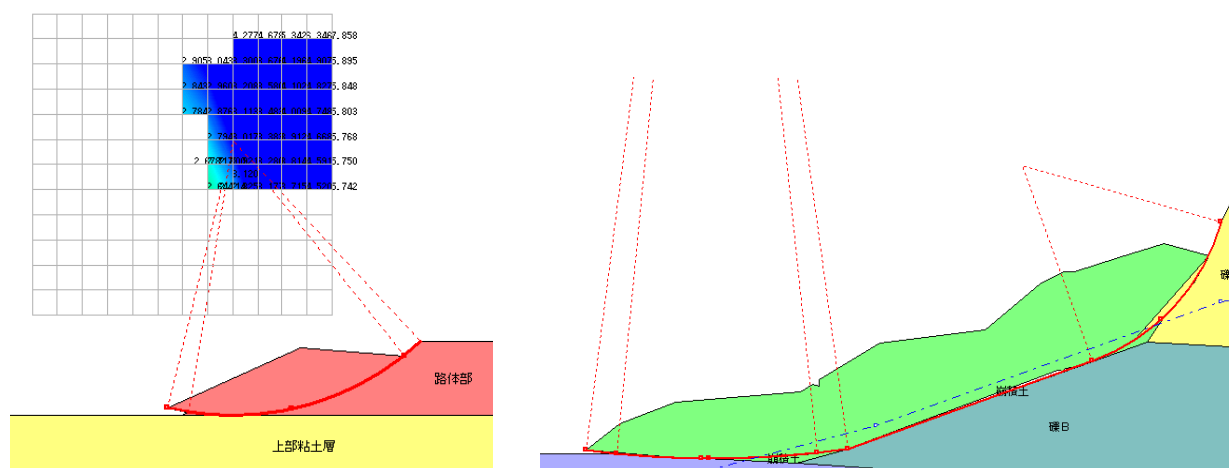


図 ニューマーク法による検討結果(左：円弧すべり 右：指定すべり)

【何故、fellenius 法(R/a 補正)なのか？】

fellenius 法(R/a 補正)の安全率を導く式を用いて、ニューマーク法への応用が比較的簡単に行えたためです。

9.2.1. 地質定数の設定

[ニューマーク法計算]をクリックすると 4 つのタブ(地質定数の設定、繰返し円弧計算、地震波形の設定、計算条件、結果)があります(指定すべりの場合は 3 つ)。基本的には、左から右の順で入力していくことになります。最初に[ニューマーク法計算]をクリックすると、ニューマーク法による地震時変形量解析ダイアログの[地質定数の設定]画面が表示されます。

メニュー：[盛土工計算]—[ニューマーク法計算]

	地層名	表示色	土質名	ピーク強度		残留強度	
				C (kN/m ²)	φ (°)	C (kN/m ²)	φ (°)
1	路床部	赤	砂質土	20.0	25.0000	20.0	10.0000
2	上部粘土層	黄	粘性土A	21.0	0.0000	21.0	0.0000
3	下部粘土層	緑	粘性土B	22.0	0.0000	22.0	0.0000
4	砂岩層	青	砂岩	100.0	40.0000	100.0	40.0000

初期値として、地層名・表示色・土質名・ピーク強度(C, φ)が入力されています。この画面では、残留強度以外の変更は行えません。地層名などの変更や追加がある場合は、別途設定することになります。設定方法については「2.3.6. 地層データを設定する」をご覧ください。

一般的に用いられているニューマーク法は、強度を一定で用いることになっていますが、実際には、土塊の変形に伴って内部摩擦角はピーク状態から残留状態に移行する(ひずみ軟化挙動)と言われています。(鉄道構造物等設計標準・同解説土構造物 p413 より一部修正)

本プログラムでは、即時強度低下が考慮できるように残留強度を設定できるようにしました。

残留強度を設定する場合は、[即時強度低下(残留強度)を考慮する]にチェックすると、残留強度時の c および φ を設定することができます。

	地層名	表示色	土質名	ピーク強度		残留強度	
				C (kN/m ²)	φ (°)	C (kN/m ²)	φ (°)
1	路床部	赤	砂質土	20.0	25.0000	20.0	10.0000
2	上部粘土層	黄	粘性土A	21.0	0.0000	21.0	0.0000
3	下部粘土層	緑	粘性土B	22.0	0.0000	22.0	0.0000
4	砂岩層	青	砂岩	100.0	40.0000	100.0	40.0000

図 即時強度低下(残留強度)を考慮しない場合【円弧すべり】

	地層名	表示色	土質名	ピーク強度		残留強度	
				C (kN/m ²)	φ (°)	C (kN/m ²)	φ (°)
1	路床部	赤	砂質土	20.0	25.0000	20.0	10.0000
2	上部粘土層	黄	粘性土A	21.0	0.0000	21.0	0.0000
3	下部粘土層	緑	粘性土B	22.0	0.0000	22.0	0.0000
4	砂岩層	青	砂岩	100.0	40.0000	100.0	40.0000

図 即時強度低下(残留強度)を考慮した場合【円弧すべり】

ニューマーク法による地震時変形量解析

地質定数の設定 地震波形の設定 計算条件・結果

☒ 即時強度低下(残留強度)を考慮する

	ピーク強度		残留強度	
	C (kN/m ²)	φ (°)	C (kN/m ²)	φ (°)
逆算値の強度設定	15.5	13.85	2.0	5.00

	ピーク時	即時低下時
降伏震度 Ky	0.000	-0.228

図 即時強度低下(残留強度)を考慮した場合【指定すべりー逆算値】

ニューマーク法による地震時変形量解析

地質定数の設定 地震波形の設定 計算条件・結果

☒ 即時強度低下(残留強度)を考慮する

地層名	表示色	土質名	ピーク強度		残留強度	
			C (kN/m ²)	φ (°)	C (kN/m ²)	φ (°)
1 押え盛土		砂礫A	0.0	40.00	0.0	35.00
2 礫A		礫A	0.0	40.00	0.0	40.00
3 崩積土		粘性土	20.0	20.00	20.0	20.00
4 礫B		礫B	0.0	35.00	0.0	35.00
5 基盤		岩盤	76.0	30.00	76.0	30.00

	ピーク時	即時低下時
降伏震度 Ky	0.194	0.192

図 即時強度低下(残留強度)を考慮した場合【指定すべりー地層値】

即時強度低下とは

地震波動によって、すべりの挙動が生じた時に本来有している土質強度が期待できない場合に、以後の計算を残留強度で計算します。本プログラムでは、ピークから残留強度まで一気に低下することを前提として計算します。

9.2.2. 繰返し円弧計算

次に繰返し円弧計算を行います。ニューマーク法では、設定した円弧に対して、変形量を求める手法であるために、事前に計算する円弧を決定する必要があります。なお、指定すべりで行う場合は、繰返し計算は行いません。

[繰返し円弧計算]タブをクリックすると以下の画面が表示されます。

ニューマーク法による地震時変形量解析

地質定数の設定 繰返し円弧計算 地震波形の設定 計算条件・結果

計算条件の設定

すべり面強度 地層値

計算式の選択 間隙水圧考慮-修正Fellenius法(道路土工式)

円弧の制限範囲

計算結果表示

表示条件 3.000<深度

作図の設定

採用	中心X	中心Y	半径	最大深度 (m)	常時安全率	降伏震度Ky ピーク時	降伏震度Ky 即時低下時

※ ニューマーク法で計算する円弧を1つ採用してください。

計算 計算結果

閉じる

すべり面強度 ボタンをクリックすると、すべり面強度ダイアログが表示されます。

ここでは、すべり面強度の設定を地層値、指定値 1、指定値 2 の 3 つから選択することができます。

地層値を選択した場合は、「8.1.1. 地質定数の設定」で設定した値を用いて計算します。指定値を選択した場合は、設定した値のみで繰返し円弧計算を実施します。指定値の設定方法については、「3.1.10 [設定]メニューのコマンド」をご覧ください。

指定値は、以下の場合選択することができませんので、ご注意ください。

- ① 地質定数の設定で、即時強度低下(残留強度)を考慮した場合
- ② 指定値が設定されていない場合

①の場合には、指定値が設定されていても選択することはできません。

次に計算式の設定を行います。初期設定では、“修正 Fellenius 法(道路土工)―間隙水圧考慮”となっていますので、変更が必要な場合は**計算式の選択**ボタンをクリックします。クリックすると、計算式の選択ダイアログが表示されますので、計算式を設定してください。

各計算式の説明については、「9.2. 安定計算式の説明」をご覧ください。なお、ニューマーク法に用いる計算式について、「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」では、次のように記載されています。

地震時の盛土の滑動変形量をニューマーク法により求める際の、降伏震度 K_y を求める場合にも修正 Fellenius 法が用いられるが、その際には修正 Fellenius 法に震度法を適用した式において、構造物係数 γ_i 、円弧すべり抵抗係数 f_s のそれぞれを 1 とし、照査値がちょうど 1 となる逆算水平震度を求めるとよい。

「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」 p66 一部修正

すべり面強度および計算式の設定が終了すれば、**計算開始**ボタンをクリックしてください。この時、繰返し円弧の条件については、別途設定する必要があります。設定方法については、「2.9. 繰返し円弧計算の断面を作成する」をご覧ください。

自動的に繰返し円弧計算が行われた後、計算した結果が表示されます。常時安全率および降伏震度 K_y の最小値には、赤色で表示します。初期画面では、降伏震度の値を昇順で表示するようにしています。

ニューマーク法による地震時変形量解析

地質定数の設定 繰返し円弧計算 地震波形の設定 計算条件・結果

計算条件の設定

すべり面強度 地層値

計算式の選択 間隙水圧考慮-修正Fellenius法(道路土工式)

円弧の制限範囲

計算結果表示

表示条件 3.000<深度
表示件数 37 / 全データ件数 116

作図の設定

	採用	中心X	中心Y	半径	最大深度 (m)	常時 安全率	降伏震度 K_y ピーク時	降伏震度 K_y 即時低下時
1	<input checked="" type="checkbox"/>	35.000	41.000	20.000	3.918	3.379	0.645	
2	<input type="checkbox"/>	36.000	41.000	20.000	4.251	3.586	0.646	
3	<input type="checkbox"/>	35.000	39.000	18.000	3.765	3.261	0.647	
4	<input type="checkbox"/>	36.000	39.000	18.000	4.142	3.461	0.647	
5	<input type="checkbox"/>	34.000	41.000	20.000	3.531	3.228	0.652	
6	<input type="checkbox"/>	37.000	41.000	20.000	4.526	3.844	0.653	
7	<input type="checkbox"/>	37.000	39.000	18.000	4.456	3.717	0.654	
8	<input type="checkbox"/>	34.000	39.000	18.000	3.329	3.120	0.656	
9	<input type="checkbox"/>	38.000	41.000	20.000	4.741	4.169	0.663	
10	<input type="checkbox"/>	38.000	39.000	18.000	4.702	4.041	0.666	
11	<input type="checkbox"/>	37.000	42.000	20.000	3.555	4.375	0.755	
12	<input type="checkbox"/>	38.000	44.000	22.000	3.784	4.894	0.755	
13	<input type="checkbox"/>	38.000	46.000	24.000	3.805	5.052	0.755	
14	<input type="checkbox"/>	38.000	48.000	26.000	3.823	5.203	0.756	
15	<input type="checkbox"/>	38.000	50.000	28.000	3.837	5.342	0.756	
16	<input type="checkbox"/>	38.000	42.000	20.000	3.757	4.739	0.756	
17	<input type="checkbox"/>	37.000	40.000	18.000	3.493	4.214	0.756	
18	<input type="checkbox"/>	38.000	40.000	18.000	3.723	4.575	0.758	
19	<input type="checkbox"/>	36.000	48.000	26.000	3.483	4.537	0.760	

※ ニューマーク法で計算する円弧を1つ採用してください。

解説

開じる

この結果から、ニューマーク法に用いる円弧を決定します。データが多く、絞り込んで表示したい場合は、**表示条件**ボタンをクリックし、降伏震度と最大震度に対する表示制限を行うことが可能です。必要に応じて、調整してください。

計算結果表示条件の設定

下記の条件により、計算結果を表示します。

☐ 降伏震度 < < K_y < 1.000

☐ 安全率 < < 0.000 < F_s < 1.400

☒ 深度 (m) < < 3.000 < 深度 <

各メッシュごとの計算結果

☐ 全て表示

☒ 最小降伏震度のみ表示

OK キャンセル

計算結果表示

表示条件 3.000<深度
表示件数 37 / 全デ

	採用	中心X	中心Y	半径
1	<input checked="" type="checkbox"/>	35.000	41.000	20.00
2	<input type="checkbox"/>	36.000	41.000	20.00
3	<input type="checkbox"/>	35.000	39.000	18.00
4	<input type="checkbox"/>	36.000	39.000	18.00

ニューマーク法に用いる円弧については、一覧表の左にある採用欄にカーソルを合わせてチェックします。また、結果一覧については、データの並べ替えが行えます。並べ替えを行いたいキー項目にマウスを移動し、クリックすると昇順・降順を切り替えながら表示できます。

	採用	中心X	中心Y	半径	最大深度 (m)	降伏震度Ky ピーク時	降伏震度Ky 即時低下時
1	<input checked="" type="checkbox"/>	10.000	18.000	17.000	3.467	0.5599	
2	<input type="checkbox"/>	12.000	18.000	16.000	3.570	0.4884	
3	<input type="checkbox"/>	12.000	18.000	17.000	4.570	0.4447	
4	<input type="checkbox"/>	14.000	18.000	15.000	3.673	0.4981	
5	<input type="checkbox"/>	14.000	18.000	16.000	4.673	0.4444	

	採用	中心X	中心Y	半径	最大深度 (m)	降伏震度Ky ピーク時	降伏震度Ky 即時低下時
63	<input type="checkbox"/>	14.000	30.000	25.000	3.663	0.5798	
64	<input type="checkbox"/>	20.000	22.000	17.000	5.636	0.5791	
65	<input type="checkbox"/>	21.000	20.000	16.000	6.863	0.5791	
66	<input type="checkbox"/>	20.000	28.000	23.000	6.209	0.5788	
67	<input type="checkbox"/>	21.000	18.000	15.000	7.534	0.5784	
68	<input type="checkbox"/>	20.000	26.000	21.000	6.066	0.5776	
69	<input type="checkbox"/>	20.000	24.000	19.000	5.882	0.5774	
70	<input type="checkbox"/>	18.000	18.000	13.000	3.879	0.5713	
71	<input type="checkbox"/>	21.000	22.000	18.000	7.118	0.5710	
72	<input type="checkbox"/>	21.000	18.000	16.000	8.534	0.5688	
73	<input type="checkbox"/>	20.000	18.000	14.000	5.982	0.5676	
74	<input type="checkbox"/>	16.000	22.000	17.000	3.439	0.5669	
75	<input type="checkbox"/>	21.000	24.000	20.000	7.298	0.5667	
76	<input type="checkbox"/>	21.000	26.000	22.000	7.430	0.5642	
77	<input type="checkbox"/>	21.000	28.000	24.000	7.531	0.5633	
78	<input type="checkbox"/>	21.000	30.000	26.000	7.611	0.5633	
79	<input type="checkbox"/>	21.000	20.000	17.000	7.863	0.5630	
80	<input type="checkbox"/>	18.000	30.000	25.000	5.600	0.5626	
81	<input type="checkbox"/>	21.000	18.000	17.000	9.534	0.5625	
82	<input type="checkbox"/>	18.000	20.000	15.000	4.211	0.5606	
83	<input checked="" type="checkbox"/>	10.000	18.000	17.000	3.467	0.5599	
84	<input type="checkbox"/>	18.000	28.000	23.000	5.410	0.5507	

図 並べ替えの例

また、「2.9. 繰り返し円弧計算の断面を作成する」でも説明したように、「作図の設定」ボタンで作図の表示をお好みに合わせて設定することができます。操作については、「2.9. 繰り返し円弧計算の断面を作成する」をご覧ください。

9.2.3. 地震波形の設定

決定した円弧に対して、地震波形を取り込みます。地震波形は、提供元によって拡張子やデータの規則性等が異なります。本プログラムでは、次の方法でデータを取り入れることが可能です。

1. 表計算ソフトのデータから取得する方法
2. CSV ファイル形式から直接読み込む方法

(1) 表計算ソフトのデータから取得する

例えば、Microsoft Excel にあるデータを取り入れる方法を説明します。

① **新規追加** ボタンをクリックし、波形の名称を入力します。入力した名称が正しければ、**OK** ボタンをクリックします。

ニューマーク法による地震時変形量解析

地質定数の設定 繰返し円弧計算 地震波形の設定 計算条件・結果

波形データの作成・編集

データ読込 データ登録

現在採用されているデータ

新規追加 名称変更 削除

時間ピッチ = (sec)

時間 (sec)	加速度 (gal)	
	補正前	補正後
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		

波形確認

データの補正を行う

最大加速度補正前	倍率	最大加速度補正後

オリジナル波形モデルを作成する

オリジナル波形モデルの作成機能

☒ 周波数で作成する ☐ 線形で作成する

周波数 Hz = 1.0

継続サイクル = 10

水平震度係数 Kh = 0.000

継続時間 (sec) = 10.0

代入時間ピッチ = 0.020 代入する

☐ 値を変動させる

最大値に至るまでのサイクル = 0

最大値に至るまでの時間 (sec) = 0.0

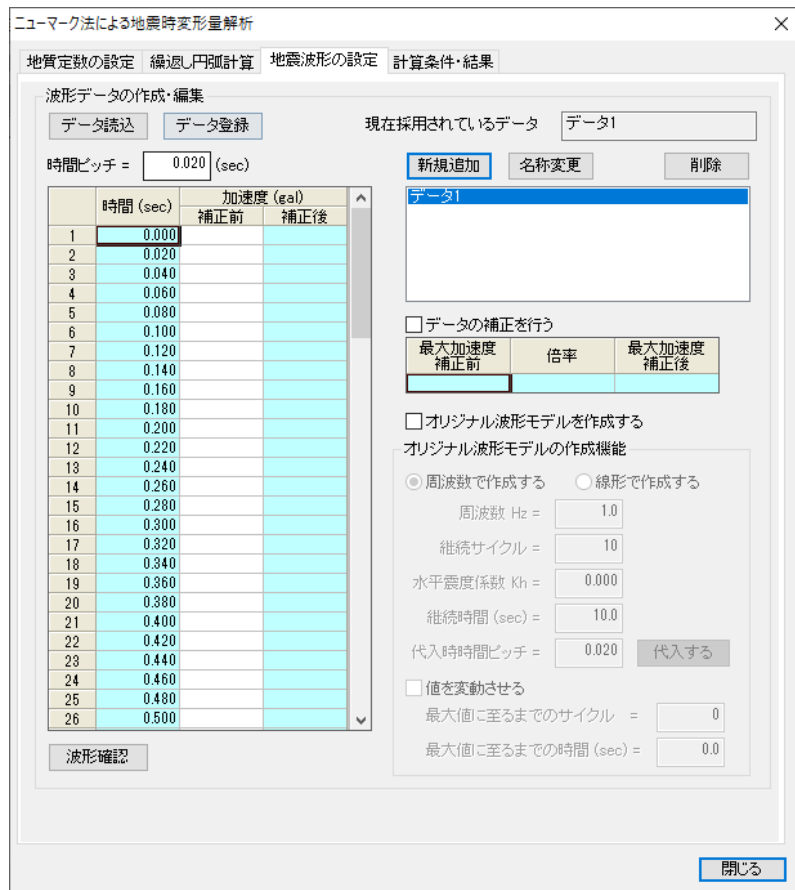
閉じる

波形データ名の入力

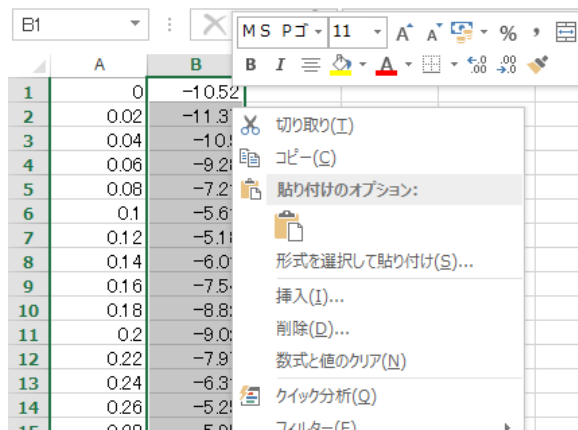
名称 データ1

OK キャンセル

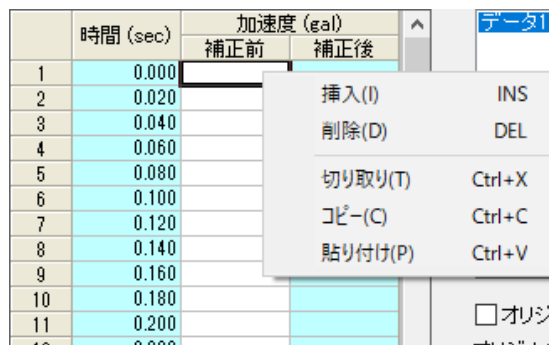
OK ボタンをクリックすると、時間ピッチと補正前の加速度が有効(入力可能)になります。ここで、取り入れるデータの時間ピッチを確認してください。時間ピッチが本プログラムに入力されているピッチと異なる場合は、時間ピッチを予め修正してください。なお、本プログラムの初期設定は 0.020 秒となっています。



次に Microsoft Excel を起動し、波形データが入力されているファイルを読み込みます。そこで、必要な加速度データを範囲指定し、[コピー]もしくは[Ctrl]を押しながら[C]キーを押してください。



本プログラムに戻り、入力したい場所へカーソルを移動し、右クリックすると、メニューが表示されます。ここで、一番下にある[貼り付け(P)]もしくは[Ctrl]を押しながら[V]キーを押します。



時間ピッチ = 0.020 (sec)

	時間 (sec)	加速度 (gal)	
		補正前	補正後
1	0.000	-10.520	
2	0.020	-11.370	
3	0.040	-10.900	
4	0.060	-9.280	
5	0.080	-7.210	
6	0.100	-5.610	
7	0.120	-5.180	
8	0.140	-6.010	
9	0.160	-7.540	
10	0.180	-8.820	
11	0.200	-9.020	
12	0.220	-7.970	
13	0.240	-6.310	
14	0.260	-5.250	
15	0.280	-5.950	
16	0.300	-8.810	
17	0.320	-13.120	
18	0.340	-17.250	

(2) CSV ファイルからデータを取得する

CSV ファイルから直接読み込むことが可能です。ただし、本プログラムでは、適切に読み込む規則を設けています。そのため、事前に以下の点について異なっていれば、修正してください。

A1 セル：波形データの名称

B1 セル：時間ピッチ(秒)

C1 セル：補正倍率

A2 から下のセル：経過時間(秒)・・・時間ピッチと整合がとれていることを原則とします。

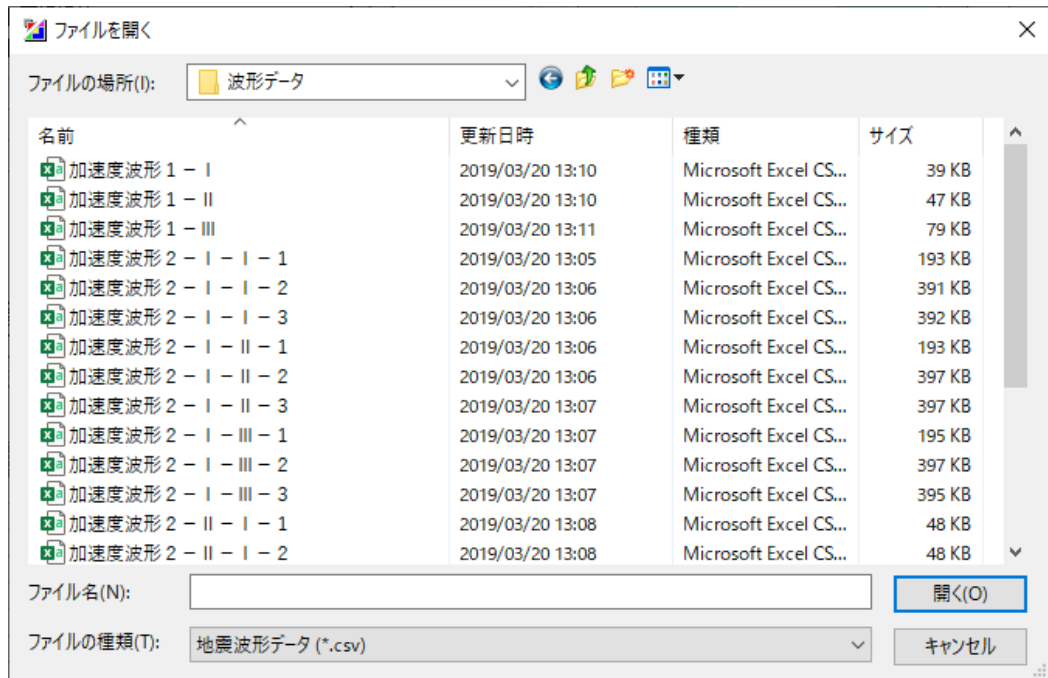
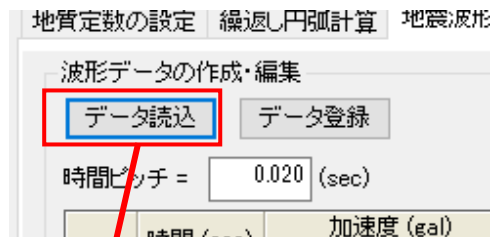
B2 から下のセル：加速度(gal)・・・補正する前のデータを原則とします。

	A	B	C	D	E
1	データ1	0.02	1		
2	0	-24.203			
3	0.02	-11.851			
4	0.04	-3.118			
5	0.06	-1.862			
6	0.08	-22.857			
7	0.1	-33.534			
8	0.12	-27.104			
9	0.14	-16.248			
10	0.16	1.428			
11	0.18	8.725			

なお、補正後の値は CSV ファイルとして作成しても読み込むことはできません。補正は本プログラム内で計算し、反映します。作成したデータを CSV 形式で保存することで、適切に本プログラムに反映することができます。

テキスト形式ファイルから CSV 形式を作成する場合は、カンマ(,)で区切って同じように作成します。

作成した CSV データは「データ読み込み」ボタンで呼び出すことが可能です。ボタンをクリックし、読み込みたい CSV ファイルを指定します。



作成したデータを CSV ファイルとして保存する場合は、「データ登録」ボタンをクリックして保存先を指定し、ファイル名を入力します。

【地震波形の補正を行う場合】

地震波形の補正を行うことができます。本プログラムの補正は、時間軸についての変更は行わず、加速度のみを最大値からの比率で大きくしたり、小さくしたりすることができます。

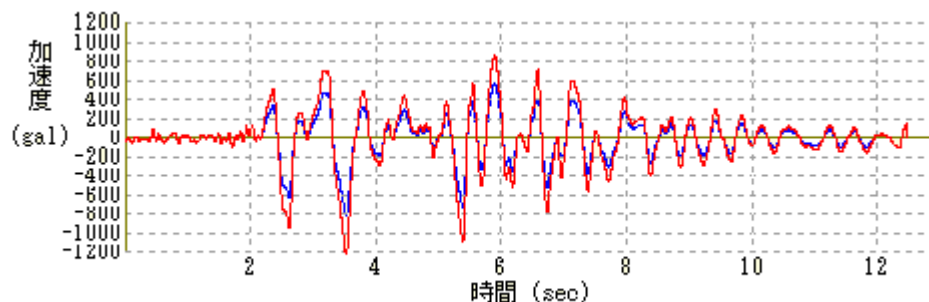


図 補正後(赤)の波形

<input type="checkbox"/> データの補正を行う		
最大加速度 補正前	倍率	最大加速度 補正後
560.655	1.300	728.851

データの補正を行う場合は、[□データの補正を行う]をオンにします。オンにすると倍率と補正後の最大加速度の欄が有効になります。ここで、倍率もしくは最大加速度のどちらかを修正すると、逆算で倍率および補正後の値を変更することができます。入力したデータは青色で表示されます。

☑データの補正を行う		
最大加速度 補正前	倍率	最大加速度 補正後
560.655	1.000	560.655

➡

☑データの補正を行う		
最大加速度 補正前	倍率	最大加速度 補正後
560.655	2.000	1121.310

本プログラムでは、簡単な波形モデルを作成する機能を有しています。作成方法は次の二つから選択することができます。[オリジナル波形モデルを作成する]をオンにすると、入力が有効になります。

- 周波数で作成する
- 線形で作成する

☒ オリジナル波形モデルを作成する

オリジナル波形モデルの作成機能

☒ 周波数で作成する ☐ 線形で作成する

周波数 Hz =

継続サイクル =

水平震度係数 Kh =

継続時間 (sec) =

代入時間ピッチ =

☐ 値を変動させる

最大値に至るまでのサイクル =
 最大値に至るまでの時間 (sec) =

(1) 周波数で作成する場合

周波数で作成する場合、周波数、継続サイクル、水平震度係数、時間ピッチを入力して、サインカーブにより擬似的に地震波形を作成します。例えば、周波数=1.0(Hz)、継続サイクル=10、水平震度係数=0.15、時間ピッチ=0.01 として、[代入する]ボタンをクリックすると、以下の波形が出来上がります。

☒ オリジナル波形モデルを作成する

オリジナル波形モデルの作成機能

☒ 周波数で作成する ☐ 線形で作成する

周波数 Hz = ①

継続サイクル = ②

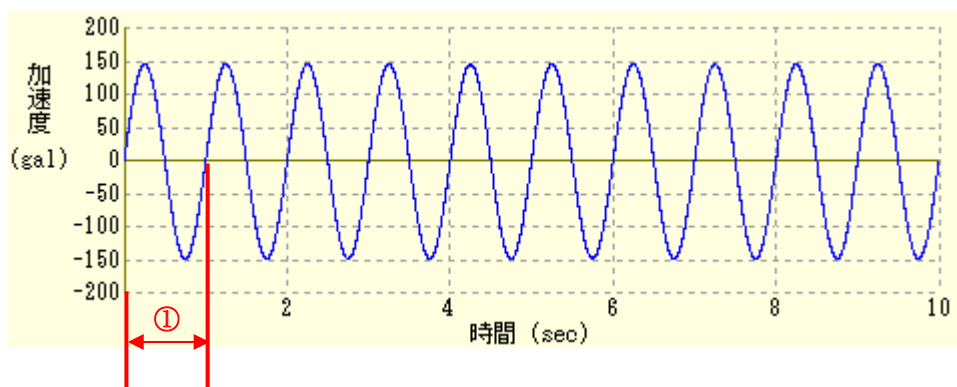
水平震度係数 Kh = ③

継続時間 (sec) =

代入時間ピッチ = ④

☐ 値を変動させる

最大値に至るまでのサイクル =
 最大値に至るまでの時間 (sec) =



①周波数：1秒間に発生する波の数です。

②継続サイクル：波の数を何回発生させるかという項目になります。上記の条件だと①×10回=10秒となります。

③水平震度係数：係数から加速度に換算して反映します。（上記設定は係数1=980galで換算）

なお、換算値については、「8.2.5.設定・その他」をご覧ください。

④設定したピッチ(秒)で比例計算します。

(2) 線形で作成する場合

線形で作成する場合、有効になる項目は水平震度係数、継続時間、時間ピッチです。例えば、水平震度係数=0.15、継続時間=10.0、時間ピッチ=0.02として、[代入する]ボタンをクリックすると、以下の波形が出来上がります。

☒ オリジナル波形モデルを作成する

オリジナル波形モデルの作成機能

☐ 周波数で作成する ☒ 線形で作成する

周波数 Hz =

継続サイクル =

水平震度係数 Kh =

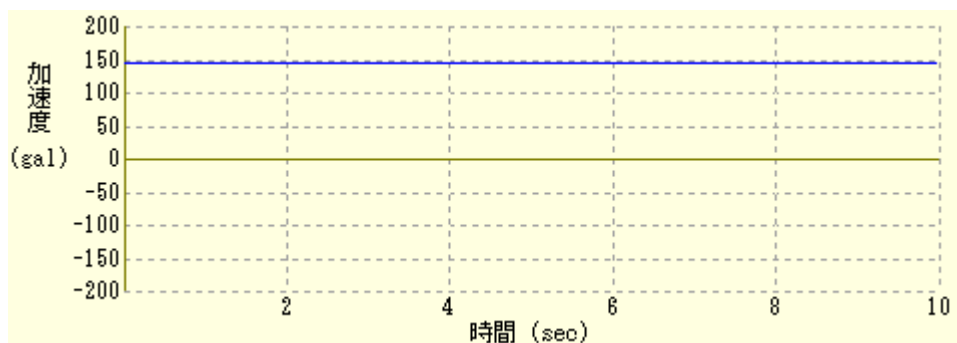
継続時間 (sec) =

代入時間ピッチ =

☐ 値を変動させる

最大値に至るまでのサイクル =

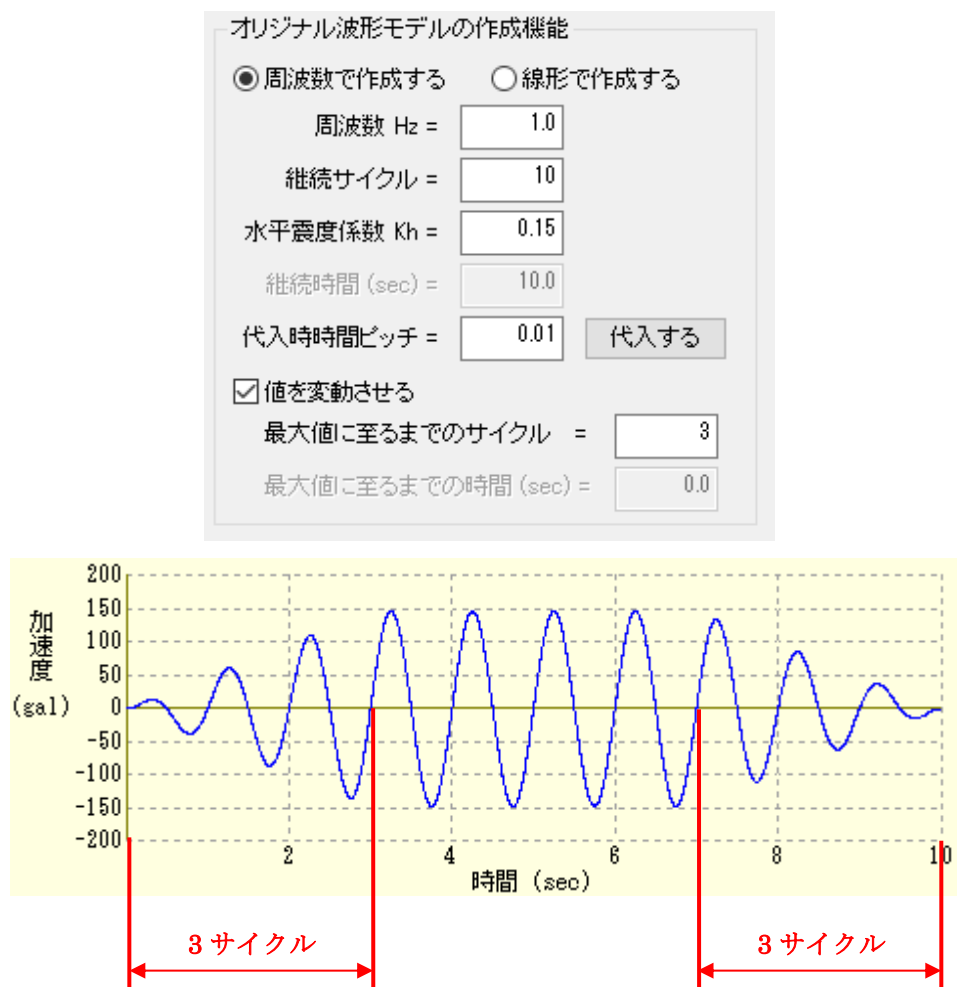
最大値に至るまでの時間 (sec) =



線形の波形は上図のように一直線のモデルになってしまいます。各項目については、(1)で説明した内容と同じであることから説明は省略します。

(3) 値を変動させる

(1)と(2)で作成したモデルは、初期の段階から設定した時間まで最大値を計測している状態です。ここでは、最大値が僅かな間のみ発生できるように作成することができます。(1)と(2)の条件から、値を変動するにチェックし、最大値に至るまでのサイクルを3と入力した場合、波形は次のようになります。



上図の波形では、最大のサイクルに至るまでに3サイクルの範囲で比例的に大きくなっていくようになります。また、同じように3サイクルの範囲で、収束していくような波形になります。

そのため、データが10サイクルの場合、5サイクルより大きい値では左右対称の波形が作成できなくなります。5サイクルより大きい場合は、開始のサイクルが優先されます。

同様に線形データでも最大値に至るまでの時間を入力すると、作成することができます。最大値に至るまでの時間を4秒として計算すると、以下の波形データが完成します。

オリジナル波形モデルの作成機能

☐ 周波数で作成する ☒ 線形で作成する

周波数 Hz = 1.0

継続サイクル = 10

水平震度係数 Kh = 0.15

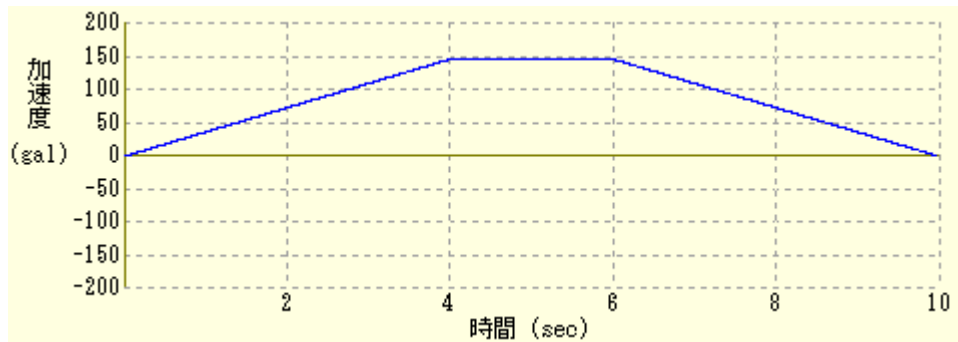
継続時間 (sec) = 10.0

代入時間間ピッチ = 0.01 代入する

☒ 値を変動させる

最大値に至るまでのサイクル = 3

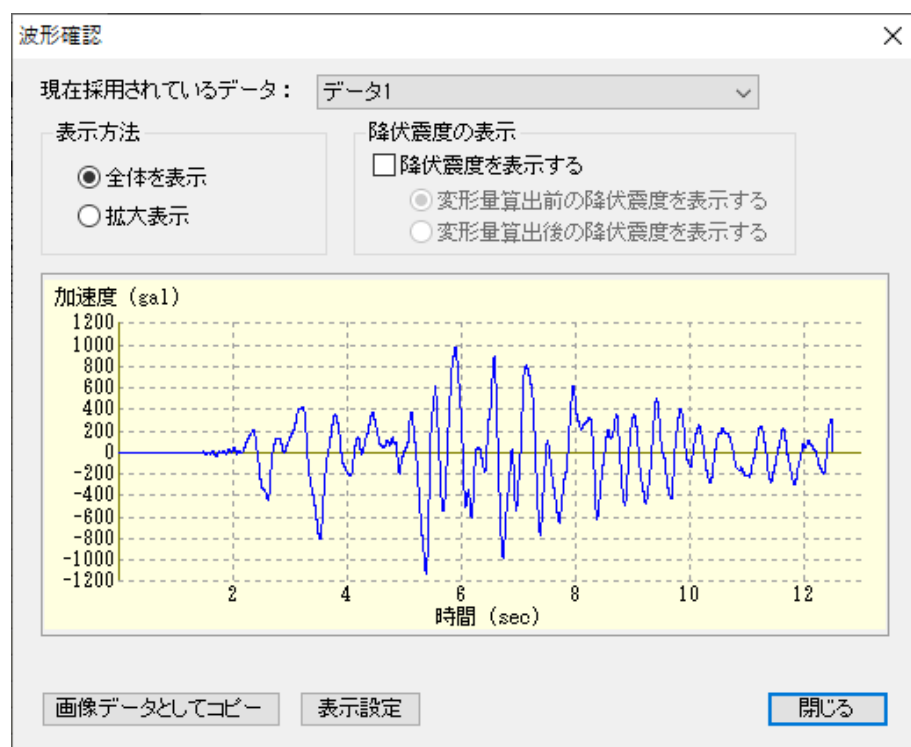
最大値に至るまでの時間 (sec) = 4



周波数の時と同様に、比例計算で求めた値を波形データに反映します。

【地震波形を見る場合】

作成した地震波形を確認することができます。**波形確認**ボタンをクリックすると波形確認ダイアログが表示されます。



複数の波形データを入力している場合は、波形データを選択することができます。波形データを切り替える場合は、現在選択されているデータのコンボボックスから選択することができます。

波形は、表示方法を切り替えることによって、次のように表示されます。

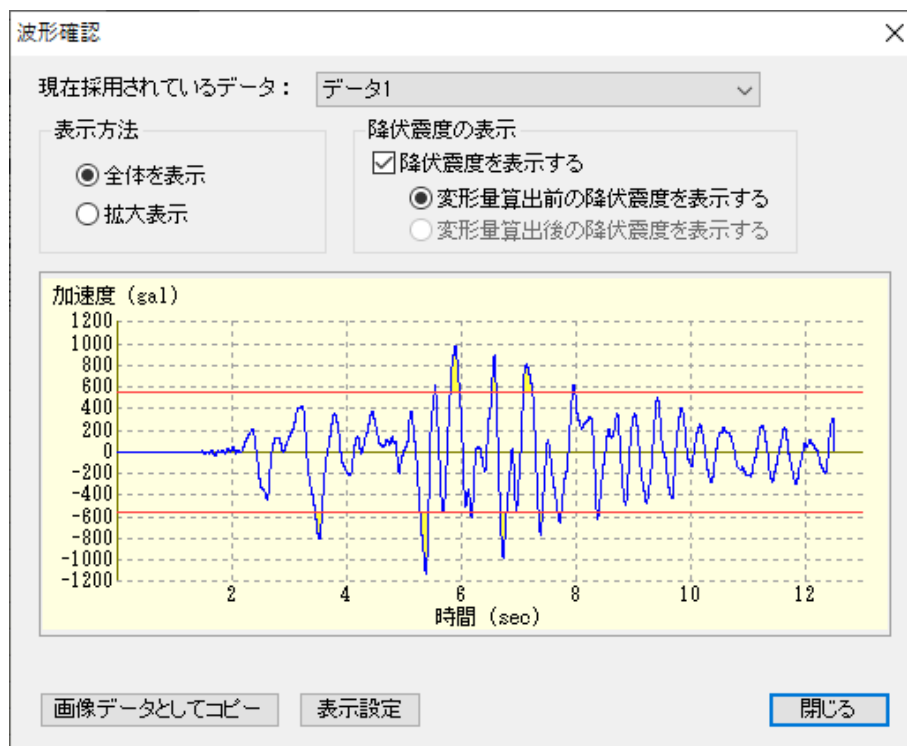
○全体を表示

入力された時間を一度に表示します。全体のイメージを把握するために適しています。

○拡大表示

全体表示では、細かい波形の形状が読み取れない場合があります。拡大表示は、時間軸を入力データの約 10 倍に表示し、スクロールバーを移動することによって、細かいデータを確認することができます。

波形データに降伏震度を表示させることができます。[降伏震度を表示する]にチェックを入れると、変形量算出前の降伏震度が表示されます。降伏震度の表示は、変形量算出前と算出後の選択が可能です。ただし、変形量が算出されていない場合は、選択できないようになっています。



ニューマーク法では、降伏震度を超えた波形に対して変形が生じる手法となっています。そのため、変形が生じる領域を予め着色(上図では黄色)されています。

[表示設定]ボタンをクリックすると、波形の描画設定が行えます。X、Y 軸の設定や、着色設定などを好みに応じて変更することができます。

波形描画設定

X 軸設定

- ☒ 値を表示する
- ☒ 自動設定
- ☐ 最大値とピッチを設定
 - 最大値 = 10.0 (sec)
 - ピッチ = 2.0 (sec)

Y 軸設定

- ☒ 値を表示する
 - (表示単位 ☒ gal ☐ K)
- ☒ 自動設定
- ☐ 最大値とピッチ設定
 - 最大値 = 100 (gal)
 - ピッチ = 50 (gal)

項目	着色
地震波形	青
降伏震度	赤
降伏震度を超えた波形領域	黄

閉じる

Y 軸設定では、単位を gal と震度係数に切り替えることが可能です。なお、換算値は「8.2.5.設定・その他」をご覧ください。

設定した波形データを画像データとして利用することができます。[画像データとしてコピー]ボタンをクリックすると、クリップボードに記憶された状態になります。別ソフトウェアを起動し、[貼り付け]を行うことによって、波形データを貼り付けることが可能です。

9.2.4. 計算条件・結果

次に[計算条件・結果]タブをクリックし、変形量の計算を行います。クリックすると以下の画面が表示されます。

The image shows two screenshots of the 'Calculation Conditions and Results' window. The left window is the 'Calculation Conditions' tab, and the right window is the 'Calculation Results' tab.

Calculation Conditions (Left):

- Buttons: 地質定数の設定, 線形・円弧計算, 地震波形の設定, 計算条件・結果
- Calculation Conditions:
 - ☐ 滑動停止時にスライスを切り直す
 - ☐ 浮き上がったスライスを取り除いて計算
 - 解説
 - 計算開始
- Calculation Results:
 - データ1 (dropdown)
 - 波形確認
 - グラフ確認
 - ☐ 降伏震度情報の表示
- Table:

経過時間 (sec)	水平震度	角加速度 (rad/s ²)	角速度 (rad/s)	回転角 (rad)	累積変形量 (m)
- Buttons: 時間別スライス情報をコピー, 方向: [], 累積変形量 $\delta =$ [] (m)
- Buttons: 計算結果印刷, []
- Button: 閉じる

Calculation Results (Right):

- Buttons: 地質定数の設定, 地震波形の設定, 計算条件・結果
- Calculation Conditions:
 - 計算開始
- Calculation Results:
 - データ1 (dropdown)
 - 波形確認
 - グラフ確認
 - ☐ 降伏震度情報の表示
- Table:

経過時間 (sec)	水平震度	加速度 (m/s ²)	速度 (m/s)	変位量 (m)		
				円弧 1	直線部	円弧 2
- Buttons: スライス情報をコピー, 基本情報, 方向: []
- Buttons: 計算結果印刷, []
- Buttons: 描画タイプ I, 描画タイプ II, 説明
- Button: 閉じる

図 計算条件の画面（左：円弧すべり、右：指定すべり）

(1) 計算条件

地震波形の条件が決定すれば、変形量計算が行えるようになります。本プログラムでは、基準に示されているニューマーク法以外に下記の計算条件を選択することが可能です。ただし、指定すべりを選択した場合は、これらの設定が行えないようになります。

□滑動停止時にスライスを再計算

決定した円弧土塊は、剛体として円弧の中心座標を軸に回転運動を行うため、円弧土塊の形状が変わらない限り、慣性モーメントは、変わりません。しかし、変形が生じた後の円弧土塊では、滑動力と抵抗力が少しずつ変わってきます。本プログラムでは、一旦、変形が止まった段階で、スライスの再計算を実施し、滑動力と抵抗力の関係から降伏震度を再計算します。

□浮き上がったスライスを取り除いて計算

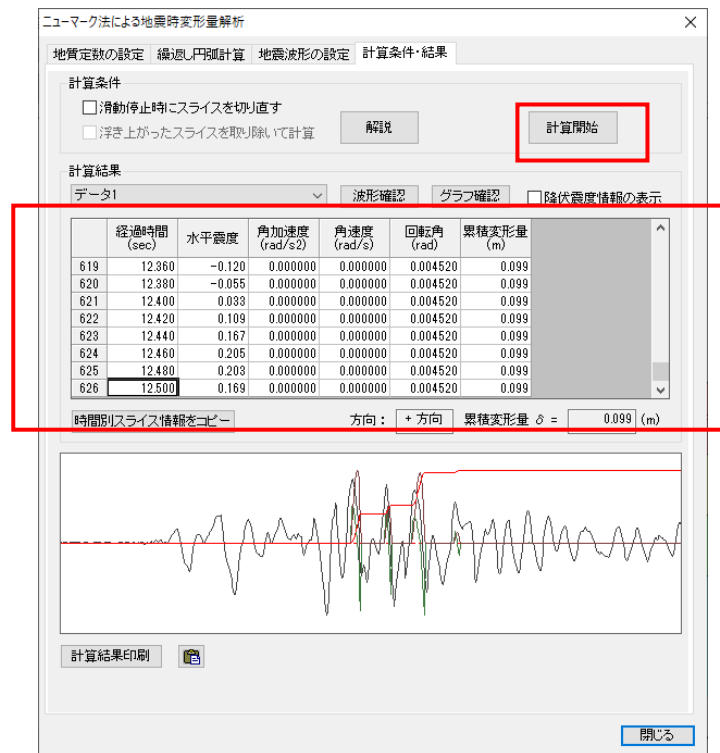
[□滑動停止時にスライスを再計算]にチェックが入った状態で選択できるようになります。剛体で回転する場合、末端の円弧部分が空中に突出するような状態になります。この突出したスライスを除去して計算することができます。

どちらの設定も、基準書に記載のない手法となります。考え方を十分理解した上で、ご利用ください。

(2) 計算開始

[計算開始]ボタンで登録された全ての波形に対して計算を行います。画面中央に経過時間毎の情報を表示します。

選択されている波形データに対する経過時間毎の水平震度、角加速度、角速度、回転角、変形量を表示します。変形量は、その経過時間までの累計変形量です。計算結果画面の中に[□降伏震度情報の表示]チェックボックスがあります。これを選択すると、降伏震度、滑動・抵抗モーメント、慣性モーメントが表示されます。基準として定められているニューマーク法では、これらの値が変動することはありません。



波形確認 グラフ確認 ☒ 降伏震度情報の表示

降伏震度	慣性力の基準モーメント (kN・m)		慣性モーメント J (kN・m・s ²)
	滑動	抵抗	
0.314	19223.453	1092.764	42928.262
0.314	19223.453	1092.764	42928.262
0.314	19223.453	1092.764	42928.262
0.314	19223.453	1092.764	42928.262
0.314	19223.453	1092.764	42928.262
0.314	19223.453	1092.764	42928.262
0.314	19223.453	1092.764	42928.262

降伏震度の情報を表示すると、横スクロールバーが表示されますので、マウスをバーに当てながら、移動するか、矢印キーを使って表示カーソルを移動して、確認することができます。

時間別スライス情報をコピー 方向: + 方向 累積変形量 $\delta =$ 0.099 (m)

図 円弧すべりによる方向と変形量の結果

	経過時間 (sec)	水平震度	加速度 (m/s ²)	速度 (m/s)	変位量 (m)		
					円弧 1	直線部	円弧 2
619	12.360	0.120	0.000000	0.000000	0.520	0.508	0.571
620	12.380	0.055	0.000000	0.000000	0.520	0.508	0.571
621	12.400	-0.033	0.000000	0.000000	0.520	0.508	0.571
622	12.420	-0.109	0.000000	0.000000	0.520	0.508	0.571
623	12.440	-0.167	0.000000	0.000000	0.520	0.508	0.571
624	12.460	-0.205	0.000000	0.000000	0.520	0.508	0.571
625	12.480	-0.203	0.000000	0.000000	0.520	0.508	0.571
626	12.500	-0.169	0.000000	0.000000	0.520	0.508	0.571

スライス情報をコピー 基本情報 方向: - 方向

図 指定すべりによる方向と変形量の結果

結果として、先図のように方向と変形量が表示されます。

方向：地震波形は振幅運動であるため、振幅の大きさを Y 軸に表示させると、＋方向と－方向が繰返し発生するような図形になります。本プログラムでは＋方向と－方向の両方を計算して、大きな値を自動的に採用するようにしています。そのため、結果として方向を表示しています。上図では、マイナス方向の変形量が採用されたことを意味しています。

変形量 δ ：最終的な累積変形量を表示します。単位は“m”です。指定すべりの場合は、円弧 1、直線、円弧 2 に対する累計変形量が最後の行に表示されます。

時間別スライス情報をコピー ボタンは、選択されているカーソルのスライス情報をコピーします。コピーした情報は Microsoft Excel のような表計算ソフトなどに貼り付けることが可能です。（[Ctrl]+[V] ボタンで貼り付けることができます。）

複合すべりで検討を行った場合は、**基本情報** ボタンが表示されます。基本情報では、下図のように円弧部分と直線部分に対する結果を表示しています。領域を指定して、[Ctrl]+[C] ボタンでコピーし、Microsoft Excel のような表計算ソフトなどに貼り付けることが可能です。（[Ctrl]+[V] ボタンで貼り付けることができます。）

	円弧 1	直線部	円弧 2
半径 r (m)	215.073	-	44.771
慣性モーメント J ($\text{kN}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2$)	59523078.184	-	1299768.765
質量 J ($\text{kN}\cdot\text{s}^2/\text{m}$)	-	1638.327	-
地震抵抗力 M_{dr} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	18719.929	1972.043	137265.556
地震滑動力 M_{dk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	2804947.223	15113.769	217281.100
作用点位置 a (m)	210.082	-	39.818

閉じる

【なぜ、複合すべりでの計算結果で各部(円弧 1、直線、円弧 2)の変位量が異なるのか？】

通常の円弧すべりとは異なり、指定すべりでは、円弧と直線が各々、変位量が異なることが多いことが分かります。直線と円弧の各部分は作用点 a を基準に計算しています。その作用点位置では、変位量は同じですが、最終的にすべり面上の変位量を算出する際、各部分で半径が異なるために生じてしまう現象です。（直線部分は半径を持たないことから、同じ変位量となります）

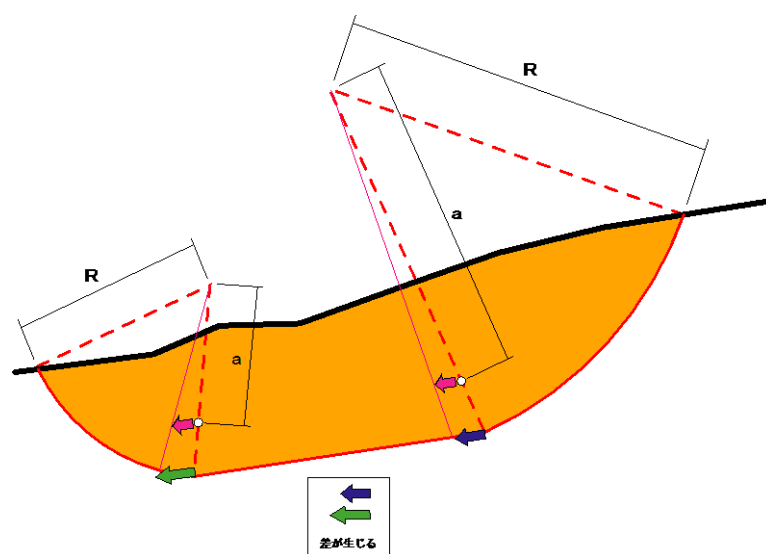
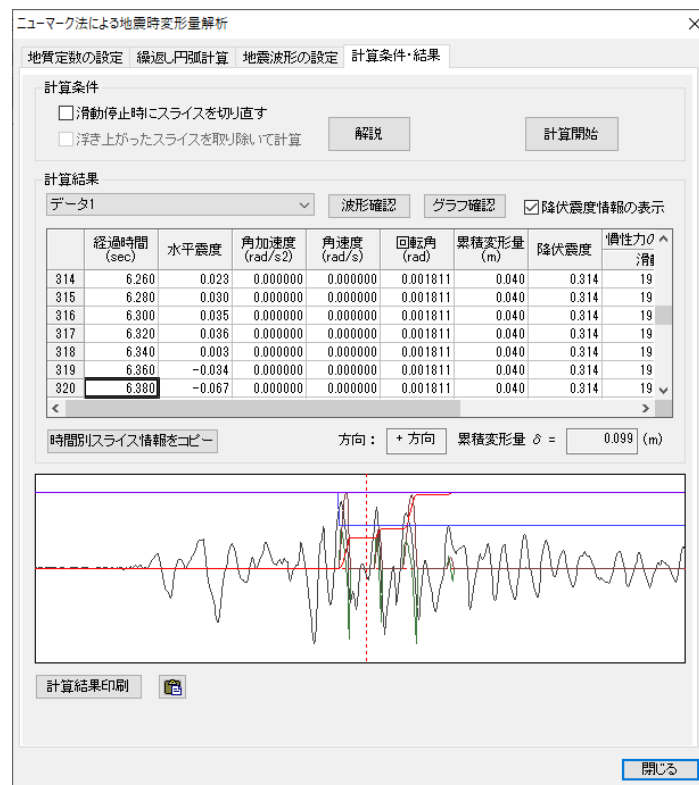


図 変位量の違い

コピーするスライス情報一覧表

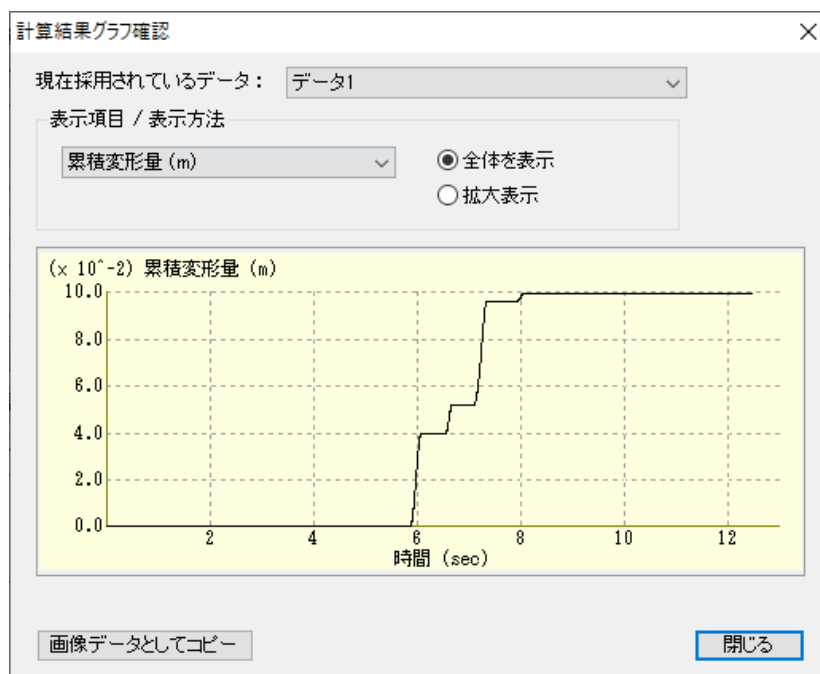
記号	説明	SI 単位	従来単位
No.	スライス番号	—	—
h1	すべり面深さ	m	m
h2			
d	スライス幅	m	m
l	各スライス毎のすべり面長	m	m
α	すべり面と水平面とのなす角	°	°
hw	水位からすべり面の深さ	m	m
y	スライス重心から円弧中心までの垂直距離	m	m
Gx	重心までの距離	m	m
Gy			
C	すべり面の粘着力	kN/m ²	tf/m ²
ϕ	すべり面の内部摩擦角	°	°
A	面積	m ²	m ²
W	スライスの重量	kN/m	tf/m
N	スライスにかかるすべり面の法線力	kN/m	tf/m
Ne	スライスにかかるすべり面の法線力(地震時)	kN/m	tf/m
qh	荷重分力(水平方向)	kN/m	tf/m
qNv	鉛直荷重分力(法線)	kN/m	tf/m
qTv	鉛直荷重分力(接線)	kN/m	tf/m
qN	荷重分力(法線方向)	kN/m	tf/m
qT	荷重分力(接線方向)	kN/m	tf/m
U	間隙水圧	kN/m	tf/m
S	スライスにかかる地すべり抵抗力	kN/m	tf/m
T	スライスにかかる地すべり力	kN/m	tf/m

画面下に表示されるグラフは、各項目の値を示したグラフになります。結果一覧で表示される項目を上下の領域に合わせて表示しています。



例えば、上図のように経過時間にカーソルを合わせると、それに応じて破線(赤色)で示します。また、各項目にカーソルを合わせると、その対応している線が太く表示されます。各項目で、単位が異なるため、Y 軸の単位は表示していません。領域で均等配分しているグラフですので、目安として確認するためのものです。**画像データとしてコピー**ボタンをクリックすると、別ソフトウェアで貼り付けることができます。

なお、各項目のグラフを別途出力することができます。グラフは画面中央にある**グラフ確認**ボタンをクリックすると[計算結果グラフ確認ダイアログ]が表示されます。表示する波形データと項目をコンボボックスから選択してください。



- 累積変形量 (m)
- 累積変形量 (m)
- 角加速度 (rad/s²)
- 角速度 (rad/s)
- 回転角 (rad)
- 降伏震度
- 滑動モーメント (kN・m)
- 抵抗モーメント (kN・m)
- 慣性モーメント (kN・m・s²)

結果確認グラフにおいても全体表示と拡大表示から選択できます。拡大表示は時間軸のみ拡大したデータとなり、全体表示の約 10 倍の比率で広がることになります。波形データや計算結果で表示できたグラフと同様に**画像データとしてコピー**ボタンをクリックすると、表示されているデータが他のソフトウェアで貼り付けることができます。

計算結果印刷ボタンをクリックすると、ニューマーク法に関する内容を印刷することができます。

出力の円弧情報については、[降伏震度を求めた円弧]と[すべり変形後の円弧]の二つから選択することができます。円弧詳細情報については、スライスの再計算が条件として選択されていれば、すべり変形後の円弧でも選択できるようになります。なお、複合すべりの場合、繰り返し円弧計算結果一覧表は出力できません。

9.2.5. 設定・その他

ニューマーク法に関する設定項目としては、降伏震度がマイナスになる時の処理方法と震度係数の換算値との二つがあります。

【降伏震度がマイナスになる理由】

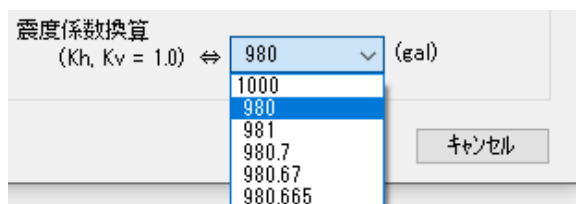
降伏震度が円弧によって、マイナスになる場合があります。これは、その円弧が常時の安全率で既に 1.0 を下回っている場合に起こります。基本的にニューマーク法は常時に対して安全であることが前提の計算式となっています。

初期設定として、マイナスの場合は $K_y=0$ として計算するようにしていますが、マイナス値で表示したい場合は、[メニュー]—[設定]—[計算条件]で、画面を表示し、チェックを外します。



【震度係数換算について】

震度係数(K_h, K_v)の変換単位を設定することができます。初期値は 980(gal)となっていますが、変更したい場合は、[メニュー]—[設定]—[計算条件]で、画面を表示し、コンボボックスから選択することができます。



【降伏震度 K_y による影響】

ニューマーク法による変形量は、波形と降伏震度 K_y によって、大きく結果が異なる計算手法です。特に即時沈下を考慮した場合、 K_y の数値が僅かに変わるだけで、変形量に大きな違いが生じる可能性があります。例として下図に作成した波形と降伏震度の図を示します。

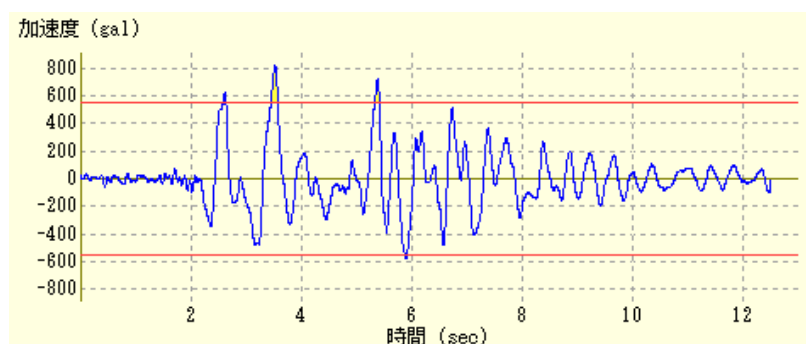


図 1

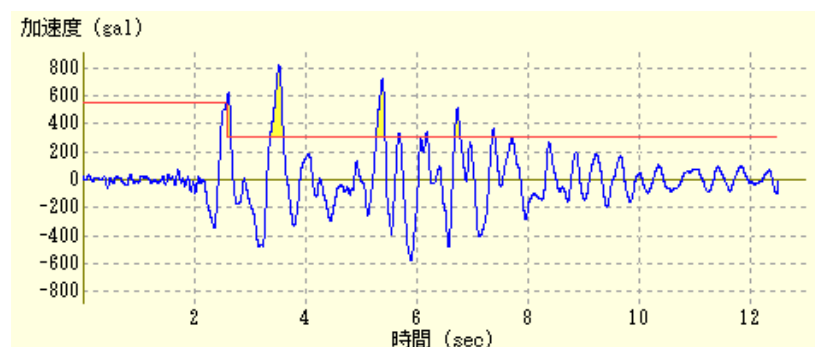


図 2

ニューマーク法は、基本的に降伏震度と波形の間にある領域が変形量に大きく左右されます。図 1 の場合は、殆ど変形は発生しませんが、降伏震度が若干下がると、塗り潰された領域が一気に増幅しますので、降伏震度の数値が僅かであっても、変形量が大きくなります。

【降伏震度 K_y の値について】

降伏震度は、指定した円弧の安全率が 1 となる逆算にて求められます。画面には小数点以下第 3 位まで値が表示されていますが、計算上は、さらに細かい数値で行っています。画面では、小数点以下第 4 位を四捨五入した値を表示しています。

【地震波形について】

参考として、「道路橋示方書 V 耐震設計編」（社団法人日本道路協会）に記載されている地震波形を CSV 形式ファイルで sample フォルダ内に用意しています。ただし、地震波形の取り扱いについては、参考として用いるものであり、実際の現場で利用する場合には用いる波形の妥当性や値が正しいことを確認してください。なお、波形データについては、気象庁や日本道路協会などから取り寄せることが可能です。

ファイル名称(*.CSV)	地震名	マグニ チュード M	記録場所
加速度波形 1－Ⅰ	1978 年宮城県沖地震	7.4	開北橋周辺地盤上 LG
加速度波形 1－Ⅱ	1968 年日向灘沖地震	7.5	板島橋周辺地盤上 LG
加速度波形 1－Ⅲ	1983 年日本海中部地震	7.7	津軽大橋周辺地盤上 TR
加速度波形 2－Ⅰ－Ⅰ－1	2003 年十勝沖地震	8.0	清水道路維持出張所構内地盤上 EW
加速度波形 2－Ⅰ－Ⅰ－2	2011 年東北地方太平洋沖 地震	9.0	開北橋周辺地盤上 EW
加速度波形 2－Ⅰ－Ⅰ－3			新晩翠橋周辺地盤上 NS
加速度波形 2－Ⅰ－Ⅱ－1	2003 年十勝沖地震	8.0	直別観測点地盤上 EW
加速度波形 2－Ⅰ－Ⅱ－2	2011 年東北地方太平洋沖 地震	9.0	仙台河川国道事務所構内地盤上 EW
加速度波形 2－Ⅰ－Ⅱ－3			阿武隈大堰管理所構内地盤上 NS
加速度波形 2－Ⅰ－Ⅲ－1	2003 年十勝沖地震	8.0	大樹町生花観測点地盤上 EW
加速度波形 2－Ⅰ－Ⅲ－2	2011 年東北地方太平洋沖 地震	9.0	山崎震動観測所地盤上 NS
加速度波形 2－Ⅰ－Ⅲ－3			土浦出張所構内地盤上 EW
加速度波形 2－Ⅱ－Ⅰ－1	1995 年兵庫県南部地震	7.3	神戸海洋気象台地盤上 N-S
加速度波形 2－Ⅱ－Ⅰ－2			神戸海洋気象台地盤上 E-W
加速度波形 2－Ⅱ－Ⅰ－3			猪名川架橋予定地点周辺地盤上 N-S
加速度波形 2－Ⅱ－Ⅱ－1			JR 西日本鷹取駅構内地盤上 N-S
加速度波形 2－Ⅱ－Ⅱ－2			JR 西日本鷹取駅構内地盤上 E-
加速度波形 2－Ⅱ－Ⅱ－3			大阪ガス茸合供給所構内地盤上 N27W
加速度波形 2－Ⅱ－Ⅲ－1			東神戸大橋周辺地盤上 N12W
加速度波形 2－Ⅱ－Ⅲ－2			ポートアイランド内地盤上 N-S
加速度波形 2－Ⅱ－Ⅲ－3			ポートアイランド内地盤上 E-W

LG:橋軸方向 TR:橋軸直角方向 N-S:北南方向 E-W:東西方向 N27W:北西 27° 方向

9.3. 宅地防災マニュアル

本プログラムにおける、宅地防災マニュアルによる安定計算について説明します。

宅地防災マニュアルは、「宅地防災マニュアルの解説(大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説)」の二次元分割法を用いて、任意点回りの滑動および抵抗モーメントで安全率を算出する手法です。

宅地防災マニュアルの計算を行うには、ケースの新規作成またはケースの登録変更によって、すべり面を指定してなければなりません。また、選択されているケースに対して計算を行います。

9.3.1. 計算条件の設定

[盛土工計算]メニューの[宅地防災マニュアル]をクリックすると2つのタブ(計算条件、計算・印刷)があります。最初に[計算条件]タブの画面が表示されます。基本的には、左から右の順序でタブを選択し、入力していくことになります。

The screenshot shows the PowerSSA PRO Version7 software interface. The main menu bar includes options like 'ファイル(F)', '表示(V)', '作成(M)', 'ケース(K)', '計算(C)', '自動計算(A)', '設計・施工照査(P)', '杭範囲(T)', '盛土工計算(L)', '設定(S)', 'ウインドウ(W)', and 'ヘルプ(H)'. The '盛土工計算(L)' menu is open, showing options like '盛土工検討チェックリスト', 'ニューマーク法計算', '宅地防災マニュアル' (highlighted with a red box), '浸透流解析 (オプション)', '浸透流の簡易設定法(オプション)', and '変形解析 (オプション)'. A red arrow points from the '宅地防災マニュアル' option to the '宅地防災マニュアルによる安定解析' dialog box.

The '宅地防災マニュアルによる安定解析' dialog box has a title bar with a close button. It contains a table with the following data:

ケース名	地形	すべり面	水位
宅地盛土	地形 1	すべり面 1	水位 1

Below the table, there are two tabs: '計算条件' (selected) and '計算・印刷'. The '計算条件' tab contains the following settings:

計算条件の設定

☒ 地震時のみ計算

水平震度係数 $K_h =$

モーメント中心座標(任意点)の設定

	任意点座標	
	X0 (m)	Y0 (m)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

Buttons on the right side of the dialog box include: 'メッシュ入力で代入', '円弧座標を代入', '単円弧中心座標' (with sub-tables for X(m) and Y(m)), '<< 挿入', '>> 削除', and '座標クリア'. A note at the bottom right says '※マス入力可'. The '開じる' button is at the bottom right.

画面右上の[解説]ボタンをクリックすると、宅地防災マニュアルの計算方法に関する解説が表示されます。

ただし、ケースに指定したすべり面の入力画面で、すべり面の強度に[逆算]や[逆算 C=0]が含まれている場合は以下のメッセージが表示されます。宅地防災マニュアルの安定計算では、逆算には対応していないため、すべり面の設定の際は、[逆算]や[逆算 C=0]以外になっているか、ご確認ください。なお、座標値 (X,Y) が空欄の箇所は逆算でも構いません。

入力確認：宅地防災マニュアル

すべり面区間の強度指定に[逆算]が設定されています。
入力画面(すべり面座標)に戻り、座標入力されている箇所の強度を
[逆算]以外に変更してください。

※すべり面強度の入力例

すべり面名	X座標 (m)	Y座標 (m)	形状	強度
すべり面 1				
1	29.000	11.000	直線	地層値
2	49.000	10.000	円弧	地層値
3	79.000	12.000	直線	地層値
4	132.000	31.000	円弧	地層値
5	147.000	40.000	直線	地層値
6	160.000	61.000	直線	地層値
7			直線	逆算
8			直線	逆算
9			直線	逆算
10			直線	逆算
11			直線	逆算

OK

図 入力確認メッセージ

計算条件の設定で、水平震度係数を入力します。**参考値**ボタンをクリックすると、地域別補正係数を選択することができます。地域別補正係数を選択後、**代入**ボタンをクリックすると、自動計算された値が入力されます。

参考値：設計水平震度

出典 大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び共同解説
[編] 変動予測調査編
国土交通省 平成27年5月 P.1 - 115

地域別補正係数 (Cz)

☒ A (Cz = 1.0)
☐ B (Cz = 0.9)
☐ C (Cz = 0.8)
☐ 沖縄 (Cz = 0.7)

設計水平震度の標準値 (Kh0 = 0.25)

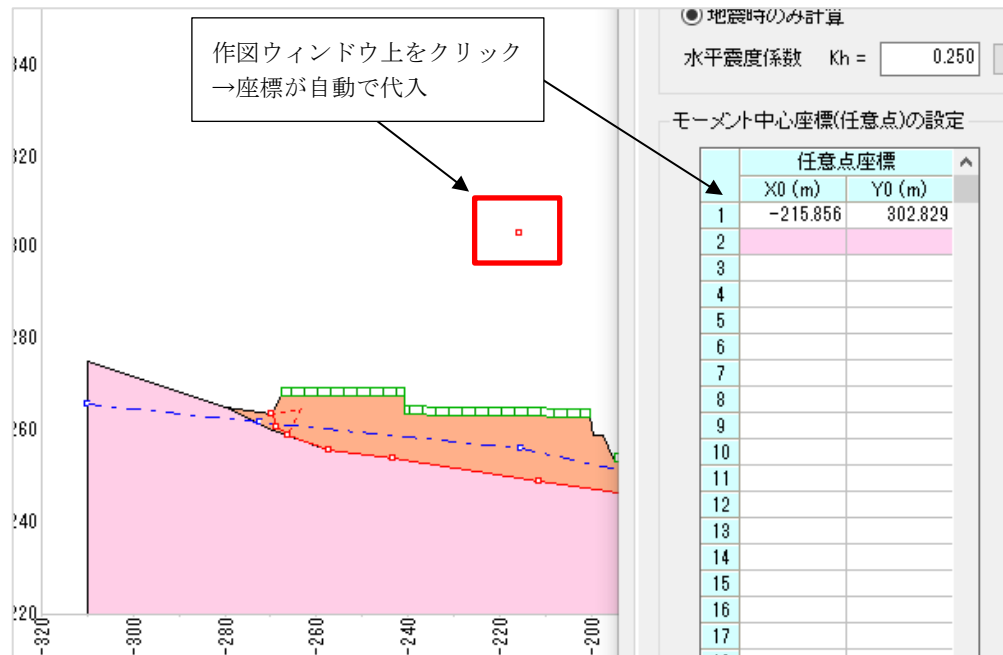
設計水平震度 (Kh)

$$Kh = Cz \cdot Kh0 = 1.00 \times 0.25 = 0.250$$

代入 キャンセル

モーメント中心座標（任意点）の設定を行います。最大 999 個の座標を設定できます。

中心座標の設定は、表に値を直接入力するほか、作図ウィンドウをマウスでクリックすると、その点の座標を自動で入力することができます。



メッシュ入力で代入ボタンをクリックすると、下図のウィンドウが表示されます。

直接値を入力するか、作図ウィンドウ上でクリックすると自動で座標が入力され、作図ウィンドウに範囲が表示されます。ピッチを入力すると、範囲内にメッシュが表示されます。

代入方法で[上書き]を選択すると、表に入力データがあった場合でも、メッシュで作成した座標が上書きされます。[最終行に追加]を選択すると、表に入力データがあった場合にその下の行からメッシュで作成した座標が入力されます。

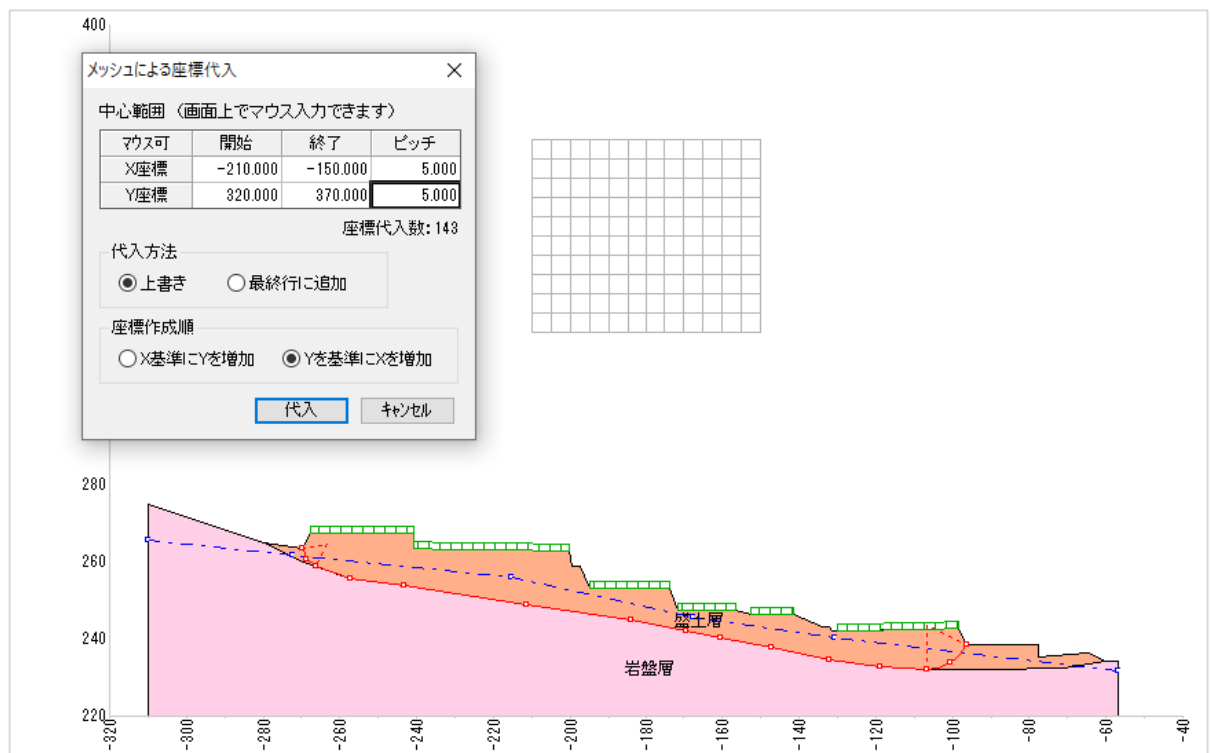
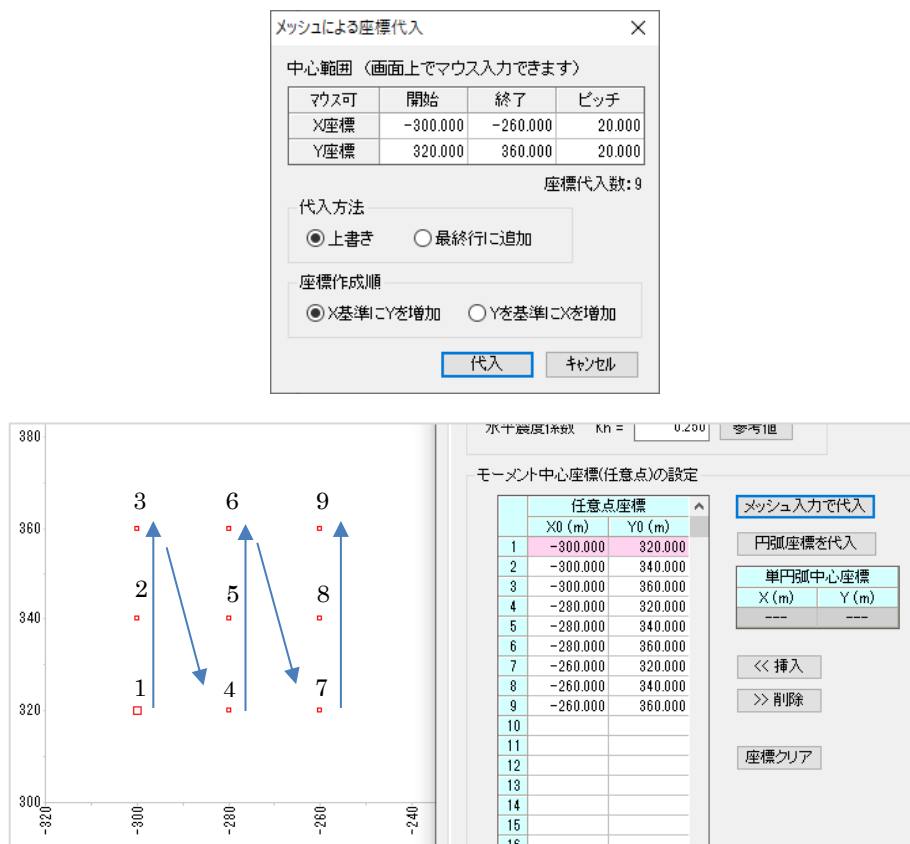


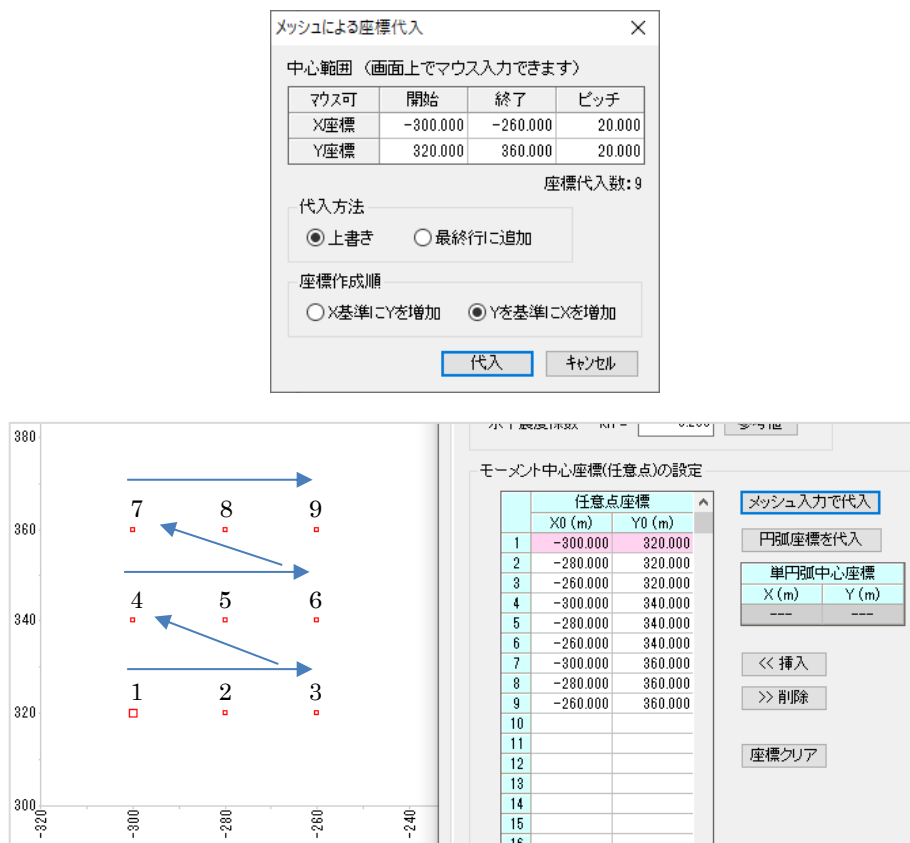
図 メッシュ入力例

座標作成順では、メッシュで作成した座標を表に代入する際の順番を選択します。それぞれ、下図のような順序（1～9）で代入されます。

■ X 基準に Y を増加の場合：



■ Y 基準に X を増加の場合：



すべり面が単円弧の場合、単円弧の中心座標がモーメントの中心座標となります。単円弧の中心座標は、[単円弧中心座標]に表示されます。**円弧座標を代入**ボタンをクリックすると、任意点座標の表に値が設定されます。

モーメント中心座標(任意点)の設定

	任意点座標	
	X0 (m)	Y0 (m)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

メッシュ入力で代入

円弧座標を代入

単円弧中心座標	
X (m)	Y (m)
31.250	77.500

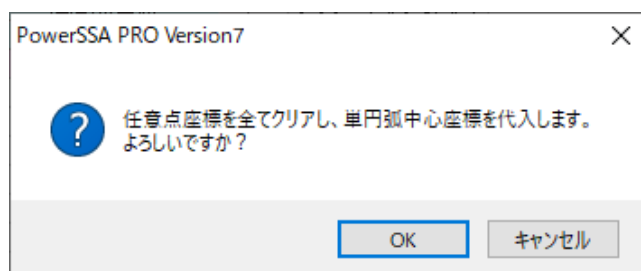


図 [円弧座標を代入]ボタン選択後メッセージ

モーメント中心座標(任意点)の設定

	任意点座標	
	X0 (m)	Y0 (m)
1	31.250	77.500
2		
3		
4		
5		
6		

メッシュ入力で代入

円弧座標を代入

単円弧中心座標	
X (m)	Y (m)
31.250	77.500

図 [円弧座標を代入]ボタン選択後画面

<<挿入ボタンは、表のカーソルがある行の上に空欄の行を挿入し、**>>削除**ボタンは、表のカーソルがある行を削除します。

座標クリアボタンは、任意点座標の入力データをすべて削除します。

6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	

<< 挿入

>> 削除

座標クリア

9.3.2. 計算・印刷

計算条件入力後、計算を行います。

[計算・印刷]タブをクリックすると以下の画面が表示され、**計算開始**ボタンをクリックすると計算を開始します。計算が終了すると計算結果一覧が表示されます。

計算結果一覧の中で、安全率が赤色で表示されているものは最小安全率をあらわします。

宅地防災マニュアルによる安定解析

ケース名	地形	すべり面	水位
宅地盛土	地形 1	すべり面 1	水位 1

計算条件 計算・印刷

	任意点 X0 (m)	任意点 Y0 (m)	抵抗 モーメント MR(kN・m/m)	滑動 モーメント MD(kN・m/m)	安全率 Fs
1	-226.030	387.081	1789190.498	1745628.613	1.025
2	-226.030	382.141	1726355.546	1682222.391	1.026
3	-221.030	387.081	1797885.638	1751386.864	1.027
4	-226.030	377.141	1662756.868	1618046.906	1.028
5	-221.030	382.141	1735049.674	1687984.475	1.028
6	-216.030	387.081	1806578.929	1757146.422	1.028
7	-226.030	372.141	1599162.048	1553868.481	1.029
8	-221.030	377.141	1671452.050	1623804.290	1.029
9	-216.030	382.141	1743743.954	1693738.956	1.030
10	-211.030	387.081	1815273.217	1762904.438	1.030
11	-226.030	367.141	1535564.131	1489695.884	1.031
12	-221.030	372.141	1607857.005	1550638.465	1.031

印刷項目 (詳細印刷)

安定計算報告書

☒ 総括表

☒ 計算条件

☒ 計算結果

☐ 結果一覧表

☐ 全ON ☐ 全OFF

詳細データ

☐ 入力座標・ボーリング

☐ 荷重・地質・指定強度

☐ スライス集計表

☐ スライス詳細集計表/上載荷重集計表

☐ スライス座標一覧

☒ 左上にページ数を印刷

☐ ケース名も印刷

☒ 任意点を印刷

計算開始

詳細情報

印刷

Word 出力

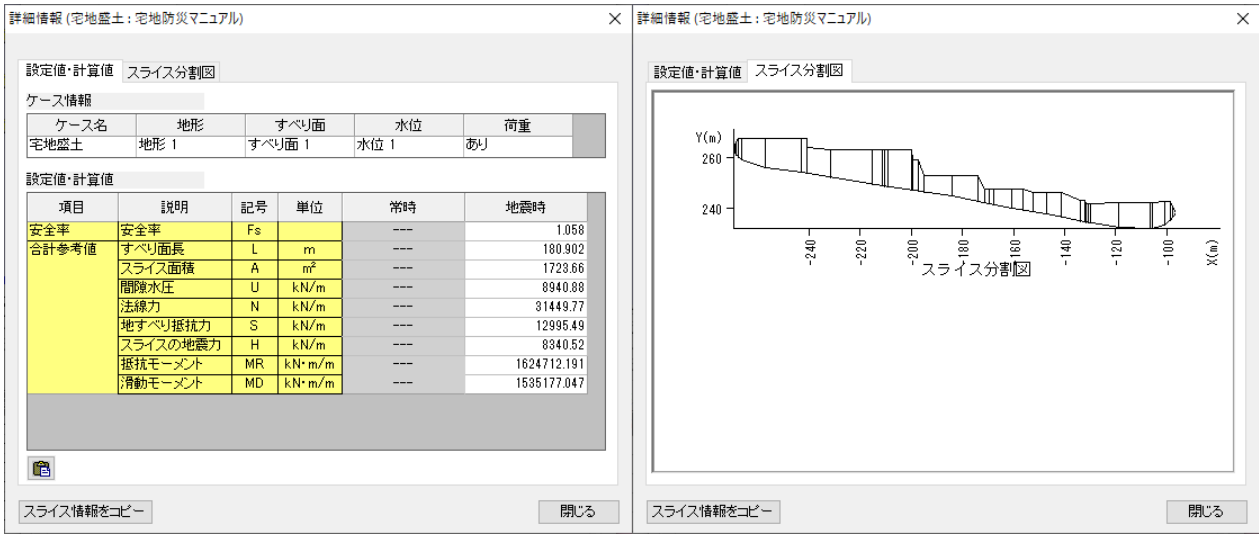
開じる

表のタイトルをクリックすると、一覧表の並び替えができます。クリックをする毎に降順と昇順を切り替えます。なお、一番左の空欄タイトルをクリックすると、[計算条件]タブで設定した、任意点座標の順序で並び替えができます。

	任意点 X0 (m)	任意点 Y0 (m)	抵抗 モーメント MR(kN・m/m)	滑動 モーメント MD(kN・m/m)	安全率 Fs
1	-226.030	387.081	1789190.498	1745628.613	1.025
2	-226.030	382.141	1726355.546	1682222.391	1.026
3	-221.030	387.081	1797885.638	1751386.864	1.027
4	-226.030	377.141	1662756.868	1618046.906	1.028
5	-221.030	382.141	1735049.674	1687984.475	1.028
6	-216.030	387.081	1806578.929	1757146.422	1.028
7	-226.030	372.141	1599162.048	1553868.481	1.029

詳細情報 ボタン、**印刷** ボタン、**Word 出力** ボタンは一覧表のカーソル行の結果に対して処理を行います。

詳細情報 ボタンをクリックすると、詳細情報やスライス分割図が表示されます。



印刷 ボタンをクリックすると、スライス集計表や安定計算結果などを印刷することができます。

Word 出力 ボタンをクリックすると、スライス集計表や安定計算結果などを Word ファイル形式で出力することができます。

何れも印刷項目のチェックボックスを ON・OFF することで、出力内容を制御できます。

印刷項目 (詳細印刷)

安定計算報告書

☒ 総括表

☒ 計算条件

☒ 計算結果

☐ 結果一覧表

詳細データ

☐ 入力座標・ボーリング

☐ 荷重・地質・指定強度

☐ スライス集計表

☐ スライス詳細集計表/
上載荷重集計表

☐ スライス座標一覧

☒ 左上にページ数を印刷

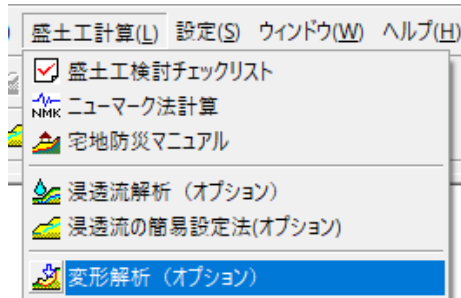
☐ ケース名も印刷

☒ 任意点を印刷

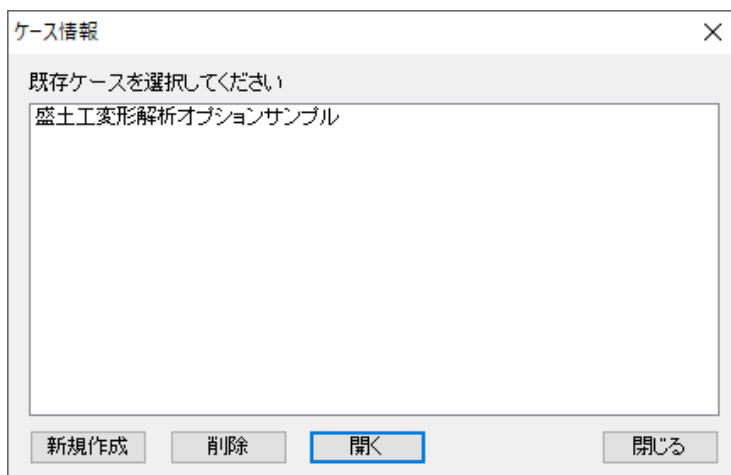
10. 盛土工変形解析オプション

10.1. オプションの起動

「盛土工変形解析オプション」を起動する場合は、[メニュー]-[盛土工計算]-[変形解析(オプション)]を選択します(下図参照)。



変形解析(オプション)を選択すると、以下の画面が表示されます。



10.1.1. 新規ケースを作成する

新規ケースを作成する場合、**新規作成**ボタンをクリックします。この時、別画面が表示されます。この画面では、転送元のケース、転送後のケース名称、盛土層の選択を行います。

変形解析オプション (新規ケースの作成)

転送元ケース: 4-押え盛土

ケース名称: 4-押え盛土

	盛土層 選択	地層名	表示 色	土質名	単位体積重量		土質強度	
					湿潤重量 γ_t (kN/m ³)	飽和重量 γ_{sat} (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ (°)
1	<input checked="" type="checkbox"/>	押え盛土		砂礫A	18.00	18.00	40.00	0.00
2	<input type="checkbox"/>	礫A		礫A	20.00	20.00	40.00	0.00
3	<input type="checkbox"/>	崩積土		粘性土	18.00	18.00	20.00	20.00
4	<input type="checkbox"/>	礫B		礫B	18.00	18.00	35.00	0.00
5	<input type="checkbox"/>	基盤		岩盤	20.00	20.00	30.00	76.00

ケース作成 キャンセル

転送元のケース : PowerSSA では、複数のケースが登録できます。ここでは、その中から変形解析に用いるケースデータ（SSA 本体で作成したケース）を指定します。なお、指定方法はプルダウンメニューから既存のケースを選ぶことになります。

変形解析オプション (新規ケースの作成)

ケース名称 : 転送後のケース名称を変更することができます。初期値として、PowerSSA で作成したケース名称（変形解析する時のケース名）が入力されています。

盛土層選択 : 変形解析を行う場合、盛土層と現地形を分別して計算する仕組みになっています。そのため、PowerSSA で盛土層となる地層を事前に選択しておく、解析までの入力作業が軽減できます。
※盛土層を指定しなくても、データの転送は行えます。

盛土層の選択については、ケース毎に設定されている地層が表示されますので、その中から盛土層として解析したい地層名の一覧表の左側にあるチェックボックスにチェックを入れます。この時、盛土層として複数の地層を指定できます。

	盛土層 選択	地層名	表示 色
1	<input checked="" type="checkbox"/>	押え盛土	ピンク
2	<input type="checkbox"/>	礫A	黄色
3	<input type="checkbox"/>	崩積土	緑色
4	<input type="checkbox"/>	礫B	水色
5	<input type="checkbox"/>	基盤	紫色

10.1.2. 既存ケースを開く・既存ケースの削除

既に作成したケースは、ケース選択画面で表示されますので、表示したいケース名称を選択した状態で画面下にある「開く」ボタンをクリックします。また、ケースを削除したい場合も削除したいケース名称を選択した状態で、「削除」ボタンをクリックします。

(既存ケースを開く場合)

(既存ケースを削除する場合)

【変形オプションのファイル形式について】

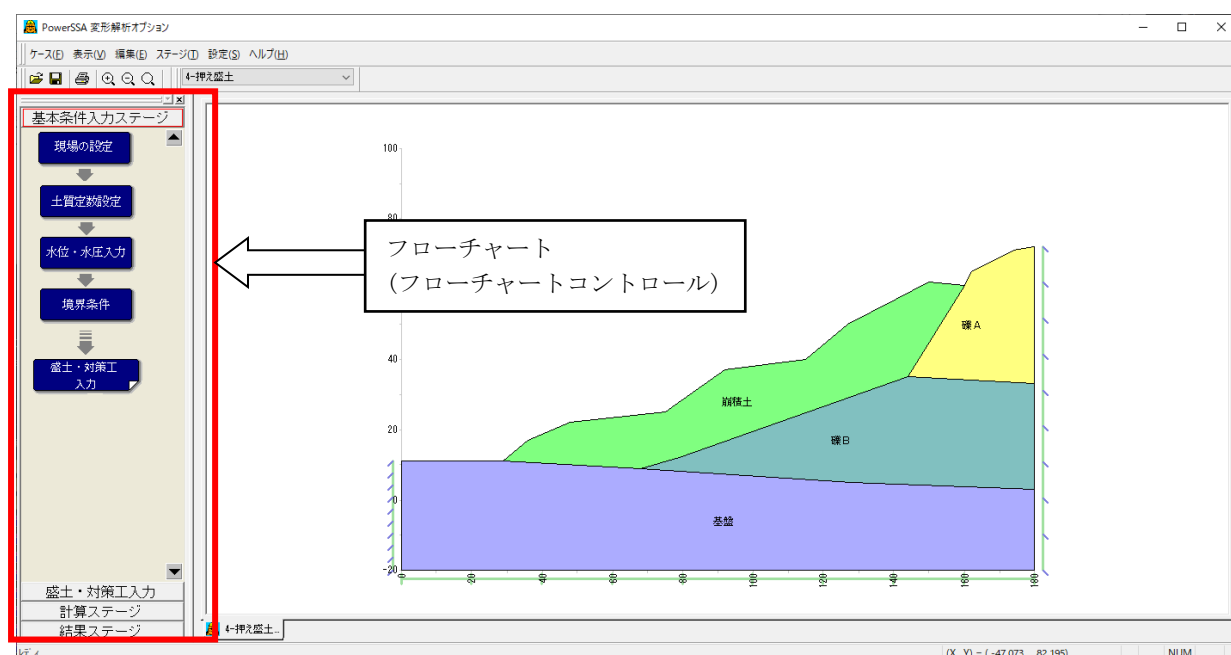
変形オプションは、複数のファイル(fec ファイル、gz ファイル)から構成されています。SSA 本体のファイルが保存されているフォルダに以下のものが作成されます。

- (1) SSA 本体のファイル名と同じ名称のフォルダ
- (2) SSA 本体のファイル名と同じ名称の fec ファイル
- (3) 記号化された gz ファイル[(1)のフォルダ内に保存されます]

なお、ケースを削除した場合、fec ファイルは自動的に消去しますが、フォルダと gz ファイルについては、自動的に消去することができません。他のファイル等が無い事を十分確認した上で、消去して頂きますようお願いいたします。

10.1.3. 変形解析オプション画面

新規作成もしくは既存ケースを開くと変形解析オプション画面が表示されます。入力手順は、画面左にあるフローチャートに従って進めていきます。



10.2. 現場の設定

現場の設定では、現場名、ケース名、備考、座標軸の範囲が設定できます。

現場の設定			
現場名:	<input type="text" value="地すべり"/>		
ケース名:	<input type="text" value="4-押え盛土"/>		
備考:	<input type="text"/>		
座標軸の範囲			
X座標の範囲	<input type="text" value="0.0"/> ~ <input type="text" value="180.0"/> (m)	X座標の幅	<input type="text" value="180.0"/> (m)
Y座標の範囲	<input type="text" value="-20.0"/> ~ <input type="text" value="100.0"/> (m)	Y座標の幅	<input type="text" value="120.0"/> (m)
<input type="button" value="OK"/>		<input type="button" value="キャンセル"/>	

この項目については、既に PowerSSA で設定している内容を初期値として入力しています。現場名、ケース名、備考については、出力する際に表示される内容です。必要に応じて修正や変更を行ってください。

10.3. 土質定数の設定

フローチャートコントロール内の[土質定数設定]をクリックするか、土質定数を設定したいメイン画面内の地層上でダブルクリックをすると次のようなダイアログが表示されます。既に PowerSSA で設定しているデータは自動的に入力されています。

土質定数設定

地層名一覧: 礫A, 崩積土, 礫B, 基盤

地層名: 礫A

表示色: [Yellow Box]

構成モデル:
☐ 弾性体モデル
☒ Drucker-Prager弾塑性モデル
☐ CamClay弾塑性モデル

地質:
土質名: 礫A

☒ C, ϕ より計算
C = 0.000 (kN/m²)
 ϕ = 40.0000 (°)

☐ 直接入力
降伏応力 = 0.0000 (kN/m²)
 β = 1.3359

弾性係数 E = (kN/m²)
ポアソン比 ν =
透水係数 k = $\times 10^{-5}$ (cm/s)
湿潤単位体積重量 γ_t = 20.00 (kN/m³)
静止土圧係数 K_0 = 0.500
硬化係数 H = 0.000

参考 OK キャンセル

10.3.1. 地層名称と表示色

地層名は初期値で入力されていますが、変更したい場合は、地層名一覧から変更したい名称をクリックすると、右上のテキストボックスに同じ地層名が表示されますので、そのテキストボックス内で変更してください。

また、地層の色を変更することができます。変更する場合は、**設定**ボタンをクリックします。クリックすると、色設定の選択画面が表示されますので、好みに応じて変更してください。

このテキストボックスで変更します。

地層名一覧

地層名: 礫A

表示色: [Yellow Box]

設定

一覧から、地層名を選択します。

色の設定

基本色(B):

[Color Selection Grid]

10.3.2. 構成モデル

構成モデルは[弾性体モデル]、[Drucker-Prager 弾塑性モデル]、[CamClay 弾塑性モデル]の 3 つのモデルから選択ができます。それぞれのモデルによって地質の入力項目が異なります。



構成モデル

☐ 弾性体モデル

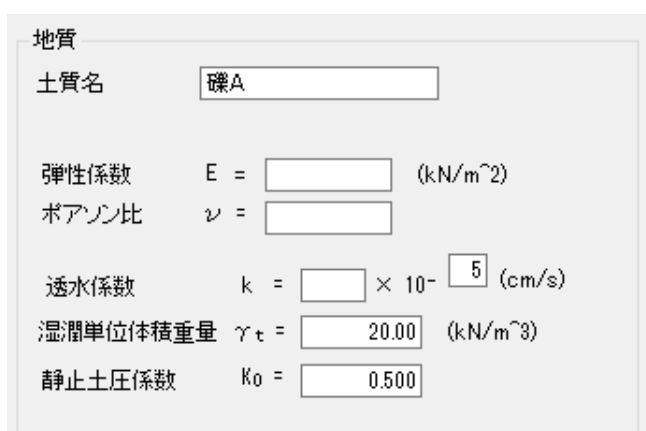
☒ Drucker-Prager弾塑性モデル

☐ CamClay弾塑性モデル

解説

(1) 弾性体モデルを選択した場合

入力画面は以下のようになります。弾性体モデルでは土質名、弾性係数、ポアソン比、透水係数、湿潤単位体積重量、静止土圧係数を入力してください。



地質

土質名

弾性係数 $E =$ (kN/m²)

ポアソン比 $\nu =$

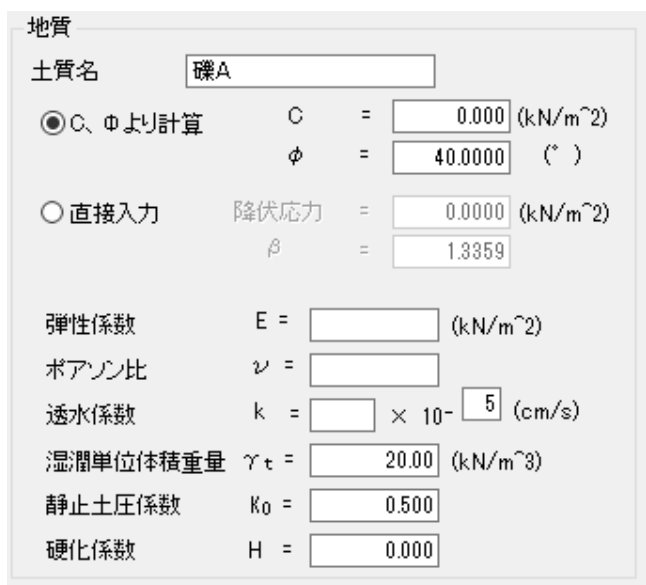
透水係数 $k =$ $\times 10^{-}$ (cm/s)

湿潤単位体積重量 $\gamma_t =$ (kN/m³)

静止土圧係数 $K_0 =$

(2) Drucker-Prager 弾塑性モデルを選択した場合

入力画面は以下のようになります。「C、 ϕ より計算」と「直接入力」が選択できます。「C、 ϕ より計算」を選択すると降伏応力と β を入力する必要がなくなります。弾性係数、ポアソン比、透水係数、湿潤単位体積重量、静止土圧係数、硬化係数を入力してください。



地質

土質名

☒ C、 ϕ より計算 $C =$ (kN/m²)

$\phi =$ (°)

☐ 直接入力 降伏応力 $=$ (kN/m²)

$\beta =$

弾性係数 $E =$ (kN/m²)

ポアソン比 $\nu =$

透水係数 $k =$ $\times 10^{-}$ (cm/s)

湿潤単位体積重量 $\gamma_t =$ (kN/m³)

静止土圧係数 $K_0 =$

硬化係数 $H =$

(3) CamClay 弾塑性モデルを選択した場合

入力画面は以下になります。このモデルではまず透水係数、湿潤単位体積重量、静止土圧係数を入力してください。「塑性指数を用いる」を選択すると圧縮指数、膨潤指数、初期間隙比、限界応力比の入力が省略できます。「手入力」を選択した場合は塑性指数以外のすべての定数を入力してください。

地質

土質名

透水係数 $k =$ $\times 10^{-}$ (cm/s)

湿潤単位体積重量 $\gamma_t =$ (kN/m³)

静止土圧係数 $K_0 =$

☐ 塑性指数を用いる $PI =$

☒ 手入力

圧縮指数 $\lambda =$

膨潤指数 $\kappa =$

ポアソン比 $\nu =$

初期間隙比 $e_0 =$

限界応力比 $M =$

(4) 参考データ

・ポアソン比

土質	ポアソン比 ν
非排水条件の粘性土	0.5 に近い値
軟弱な粘土	0.45
硬質な粘土	0.40
ゆるい砂	0.35

ただし、 $\nu=0.5$ とすると解が求まらないので注意してください。

・土の単位体積重量（日本道路協会：道路土工 仮設構造物指針）

土質	密なもの(kN/m ³)	ゆるいもの(kN/m ³)
礫質土	20	18
砂質土	19	17
粘性土	18	14

・静止土圧係数（日本道路協会：道路土工 仮設構造物指針）

N値	静止土圧係数
$N \geq 8$	0.5
$4 \leq N < 8$	0.6
$2 \leq N < 4$	0.7
$N < 2$	0.8

・透水係数

土質	透水係数の範囲
粘性土	$10^{-9} \sim 10^{-7}$ (cm/sec)
微細砂、シルト、砂・シルト	$10^{-7} \sim 10^{-3}$ (cm/sec)
砂及び礫	$10^{-3} \sim 10^{-1}$ (cm/sec)
清浄な礫	$10^{-1} \sim 10^2$ (cm/sec)

10.4. 水位・水圧入力

[水位・水圧入力]コマンドをクリックすると以下のような画面が表示されます。転送したデータに水位がある場合は、既に入力されています。変更がなければ、そのまま閉じてください。

水位線

名称変更

	X座標(m)	Y座標(m)
1	0.000	4.000
2	43.000	6.000
3	85.000	17.000
4	160.000	44.000
5	180.000	47.000
6		
7		
8		
9		
10		

水の単位体積重 $\gamma_w =$ (kN/m³)

☐ マウス入力

閉じる

10.5. 境界条件

[境界条件]コマンドをクリックすると、側面と底面の拘束条件等を設定するダイアログが表示されます。水平固定、垂直固定はそれぞれ境界の水平方向、垂直方向の移動を制限する時に選択してください。また、排水を選択すると境界で水の流出を許し、非排水を選択すると境界で水の流出を許さないことを示します。設定が終わったら、**OK** ボタンをクリックします。

境界条件

左側面

☒ 水平固定 ☒ 排水
☐ 垂直固定 ☐ 非排水

底面

☒ 水平固定 ☐ 排水
☒ 垂直固定 ☒ 非排水

右側面

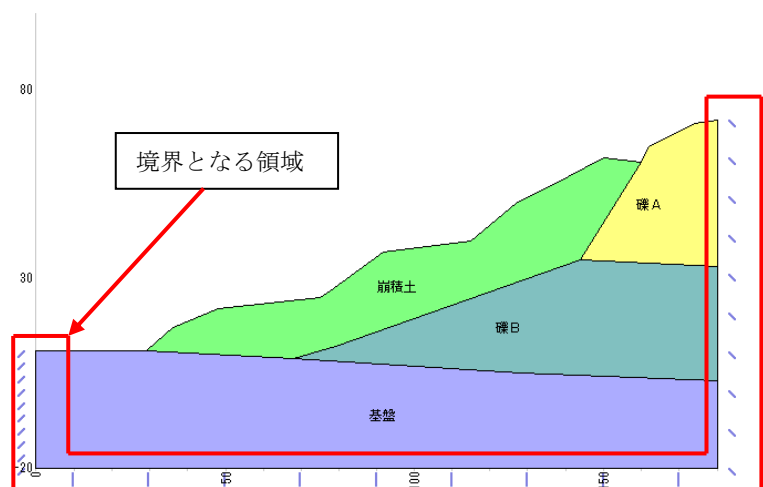
☒ 水平固定 ☒ 排水
☐ 垂直固定 ☐ 非排水

圧密解析用

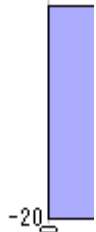
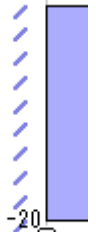
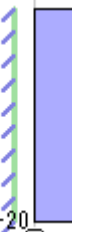
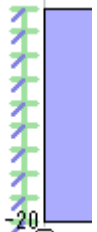
☐ 地表面、盛土表面を排水条件とする

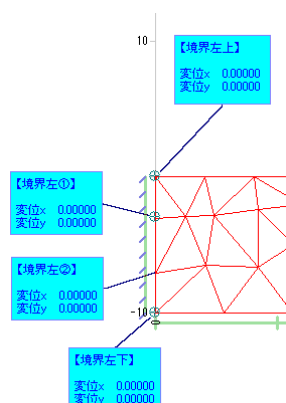
OK

キャンセル

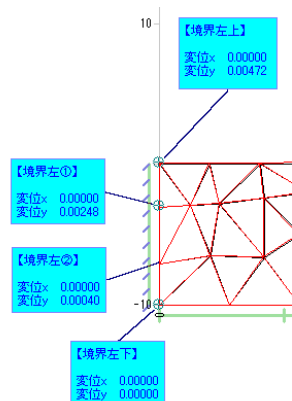


なお、画面には境界条件を示す表示が確認できます。例えば、左側面の境界条件によって、次のような画面表示に切り替わります。

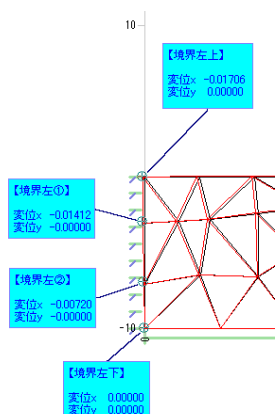
固定なし・非排水	固定なし・排水	水平固定・排水	水平・垂直固定・排水
			



左図は、解析する前の状態を「ポイントモニタ」を使って、表示しています。
 なお、ポイントモニタについては、別途説明を行っています。



左図は、水平を固定して解析した結果を表示しています。水平を固定すると、X 変位が解析前の状態と同じ 0.00000 を示しています。

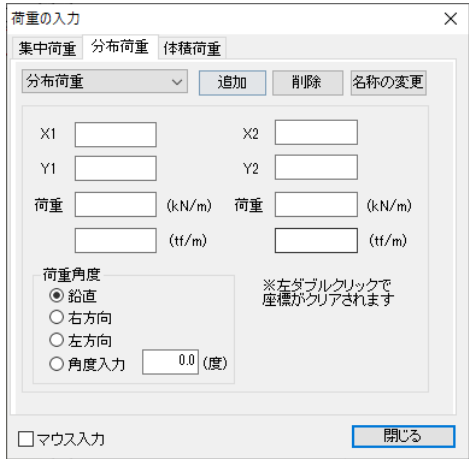
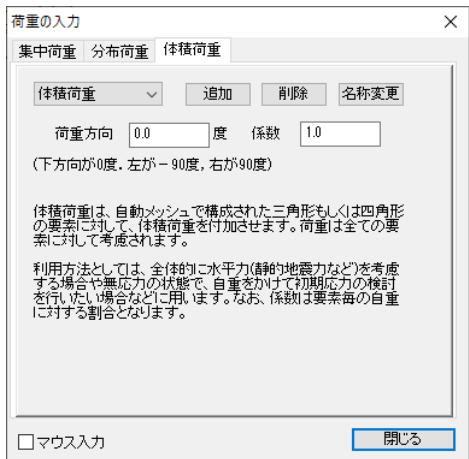


左図は、垂直を固定して解析した結果を表示しています。垂直を固定すると、Y 変位が解析前の状態と同じ 0.00000 を示しています。

境界条件では、このように端部の変位を強制的に固定してしまえることができますので、必要に応じて、設定してください。

10.6. 荷重入力

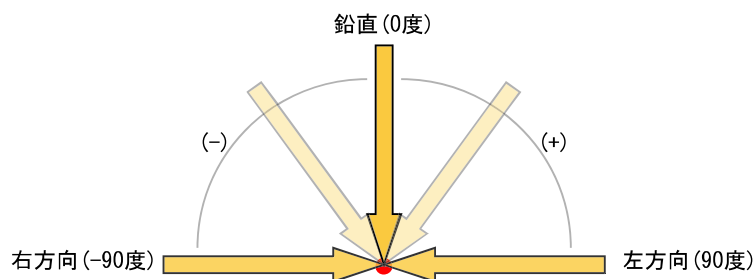
[荷重入力]コマンドをクリックすると、荷重の入力ダイアログが表示されます。集中荷重、分布荷重、体積荷重の設定が行えます。

集中荷重を選択した場合	
分布荷重を選択した場合	
体積荷重を選択した場合	

荷重は地層線、盛土上ならばどこでも設置できます。「マウス入力」をチェックすると、荷重の作用位置をマウスから入力できるようになります。

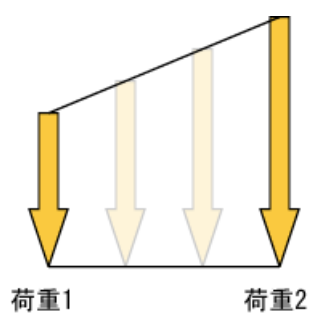
(1) 荷重の角度について

荷重に方向を与えることができます。荷重方向は鉛直を 0 度として、右側が(+)、左側が(-)となります。(下図参照)



(2) 分布荷重について

分布荷重では、指定した領域において荷重を台形分布として設定することができます。入力方法は、荷重 1 と荷重 2 に異なる値を入力すれば、台形分布荷重となります。



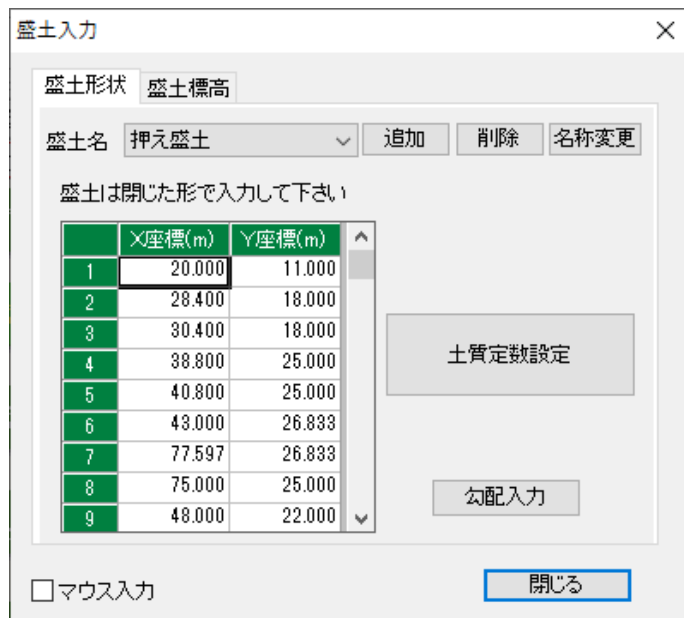
(3) 体積荷重とは

体積荷重は、自動メッシュで構成された三角形の面積に対して、体積荷重を付加させます。荷重は全てのメッシュに対して考慮され、利用方法としては、全体的に水平力(静的地震力など)を考慮する場合や無応力の状態で、自重をかけて初期応力の検討を行いたい場合などに用います。なお、係数はメッシュ毎の自重に対する割合です。

10.7. 盛土入力

[盛土入力]コマンドをクリックすると、盛土入力ダイアログが表示されます。ケース作成時に盛土層として選択した地形があれば、その地形座標が既に入力されています。

この画面では、地形座標の変更や新たに盛土層を追加することも可能です。盛土入力ダイアログでは、[盛土形状]、[盛土標高]のタブが用意されています。



盛土入力

盛土形状 盛土標高

盛土名 押え盛土 追加 削除 名称変更

盛土は開じた形で入力して下さい

	X座標(m)	Y座標(m)
1	20.000	11.000
2	28.400	18.000
3	30.400	18.000
4	38.800	25.000
5	40.800	25.000
6	43.000	26.833
7	77.597	26.833
8	75.000	25.000
9	48.000	22.000

土質定数設定

勾配入力

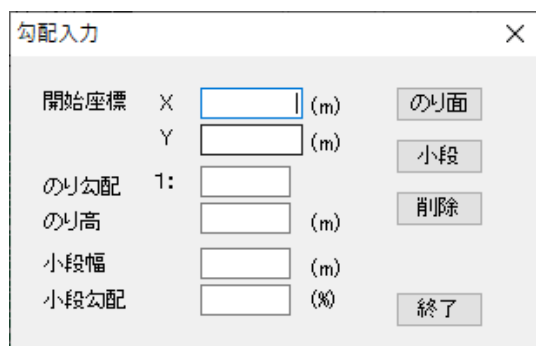
☐ マウス入力

閉じる

10.7.1. 盛土形状

盛土形状は、座標やマウスで入力することができます。(操作については、2.3.地形構成座標の入力と同じです。)

[勾配入力]ボタンをクリックすると、次のような画面が表示されます。



勾配入力

開始座標 X (m) のり面

Y (m) 小段

のり勾配 1: 削除

のり高 (m)

小段幅 (m)

小段勾配 (%) 終了

盛土体は、ある一定の形状で計画される場合が多く、のり勾配やのり高など盛土体として必要な項目を入力した後、画面右にある[のり面]、[小段]ボタンをクリックしながら、盛土体を形成することができます。

また、[土質定数設定]ボタンをクリックすると、盛土体の土質定数を設定するダイアログが表示されます。入力方法は「2.3.土質定数の設定」と同じです。なお、盛土体に限り、CamClay 弾塑性モデル(主に粘性土をモデル化するために開発されたモデルであるため)を選択できませんので、予めご了承ください。

なお、盛土を考慮する場合は、土質定数設定を必ず行ってください

10.7.2. 盛土標高

盛土体の施工は、25cm～30cm 毎に盛土体を形成していきます。そのため、比較的高い盛土を計画する場合、完成するまでに長期間要する場合があります。

[盛土標高]タブで、盛土体の中間標高を設定することによって、設定した高さでの変形を確認することができます。

盛土体の変形を確認する際は、必ず1つ以上の標高を入力する必要があります。

上図の例では、標高 18.000m と 25.000m の盛土高で変形量を確認することができるようになります。

10.8. 地盤改良入力

変形量が許容できる値を超えた場合、対策工として地盤改良を行うことがあります。地盤改良を検討したい場合、[地盤改良入力]コマンドをクリックすると、地盤改良入力ダイアログが表示されます。

地盤改良は、その領域の指定と土質定数を設定することで計算に反映できます。改良体の入力および土質定数の設定方法については、PowerSSA 本体と同じです。

10.9. ジオテキスタイル入力

地盤改良と同じように、ジオテキスタイルで対策したい場合、[ジオテキスタイル]コマンドをクリックすると、[ジオテキスタイル入力]ダイアログが表示されます。なお、ジオテキスタイルの場合は、1箇所のみ入力が行えます。

配置する箇所を座標で指定し、断面剛性を入力してください。ジオテキスタイルは、地表面もしくは地層境界線に沿って指定してください。[Shift]キーを押しながらクリックすると、地形もしくは地層の近傍変化点を自動的に抽出するようになっています。

ジオテキスタイル入力

名称: ジオテキスタイル

	X座標(m)	Y座標(m)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

	断面剛性 (kN/m)
1	

☐ マウス入力

断面剛性について

基本的には、各メーカーが提示している値を利用します。ここでは、前田工繊㈱の材料特性を参考に示します。

G-80・・・ 2.0×10^3 (kN/m)

G-120・・・ 3.0×10^3 (kN/m)

G-150・・・ 4.0×10^3 (kN/m)

※この情報は出荷時点でのデータです。材料の改良は日々行われておりますので、必ず、メーカーへ確認してください。

10.10. 土留め壁入力

対策工として、矢板を地中に打設して、変形を抑える場合があります。[土留め壁入力]コマンドをクリックすると、[土留め壁入力]ダイアログが表示され、矢板の設定を行うことができます。

土留め壁入力

土留め壁 種別名

土留め壁諸元

厚み(m)	単位体積重量(kN/m ³)	弾性係数(N/mm ²)	ポアソン比	断面二次モーメント(cm ⁴ /m)	断面係数(cm ³ /m)
		200000.0000	0.3000	100000000.0000	

低減係数

☐ 断面二次モーメントを低減する(45～60%) (%)

☐ 断面係数を低減する(60～80%) (%)

位置

X座標(m)	地中長さ(m)	地表からの立ち上がり(m)
		0.0000

☐ マウス入力

まず、**鋼矢板選択入力** ボタンをクリックし、使用する鋼矢板を選択してください。選択後、**入力** ボタンをクリックすると、そのデータを代入することができます。[鋼矢板選択] ダイアログに存在しない矢板を用いる場合は、直接、土留め壁諸元を入力してください。

鋼矢板選択

種類	厚み (mm)	単位体積質量 (kg/m ³)	断面二次モーメント (cm ⁴ /m)	断面係数 (cm ³ /m)
SP-II	100.0	120	8740	874
SP-III	125.0	150	16800	1340
SP-III	130.0	150	17400	1340
SP-IV	170.0	190	38600	2270
SP-IA	85.0	89	4500	563
SP-IIA	120.0	108	10600	880
SP-IIIA	150.0	146	22800	1520
SP-IVA	185.0	185	41600	2250
SP-VI	200.0	210	63000	3150
SP-VII	225.0	240	86000	3820
SP-VIII	120.0	102	12000	1000

土留め壁入力

種別名: SP-II

鋼矢板選択入力

土留め壁諸元

厚み(m)	単位体積質量(kN/m ³)	弾性係数(N/mm ²)	ポアソン比	断面二次モーメント(cm ⁴ /m)	断面係数(cm ³ /m)
0.2000	1.1770	200000.0000	0.3000	8740.0000	874.0000

低減係数

☐ 断面二次モーメントを低減する(45~60%)

☐ 断面係数を低減する(60~80%)

位置

X座標(m) 地中長さ(m) 地表からの立ち上がり(m)

0.0000

☐ マウス入力

次に土留め壁の位置 (X 座標、地中長さ、地表からの立ち上がり) を入力します。「マウス入力」をチェックすると、マウスで土留め壁の設置位置(X 座標)を入力できます。ここでの X 座標は土留め壁の中心の位置を指定してください。また、必要があれば、低減係数を入力してください。

土留め壁は複数設置することができます。登録方法は、**追加** ボタンをクリックしてください。

10.11. 土留め壁強制変位入力

土留壁の変位量が、弾塑性法などによりあらかじめ予測でき、その値を考慮して周辺の変状を見たい場合など、土留壁強制変位を設定できます。

フローチャートコントロールの[土留壁強制変位入力]をクリックすると次のようなダイアログが表示されます。

土留め壁強制変位入力

土留め強制変位

追加 削除 名称変更 ↑ ↓

	深さ(m)	強制変位(m)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

土留め壁 土留め壁

設定した変位を適用する側面

☒ 土留め壁左側面

☐ 土留め壁右側面

解説

CSV読み込み 閉じる

まず、対象となる土留め壁を選択します。次に[設定した変位を適用する側面]は、土留め壁の左右どちらの側面に強制変位の値を適用するかを選択します。次に表内の入力項目に壁面の深度ごとの変位量を入力します。**追加** ボタンをクリックすると、別の土留め壁への設定を行うことができます。また、同じ土留め壁でも別の時間、別の施工ステップでの変位を設定する場合は、**追加** ボタンから設定します。

ただし、順解析で盛土荷重に対する変形として得られる土留壁の変位が弾塑性法などの値と乖離があり、強制的に変位を与えないといけないモデルでは、周辺地盤のモデル化が適切でない可能性もあります。また、そのような周辺地盤のモデル化の下で予測される周辺地盤の沈下量は妥当かどうかという問題も起こります。そのような場合は、周辺地盤モデルにおける物性値の再評価が望まれます。

10.12. メッシュ分割

[メッシュ分割]コマンドをクリックすると、[メッシュ分割]ダイアログが表示されます。



メッシュ分割

全体

領域の追加 領域の削除 名称変更

☐ 領域の座標入力を行う

	X座標(m)	Y座標(m)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

メッシュ品質

最大追加点数 1000

最大面積 10.000 (m²) 以下

許容最小角度 20.00 (度) 以上

メッシュ分割

メッシュ分割結果

分割節点数 0 個

分割要素数 0 個

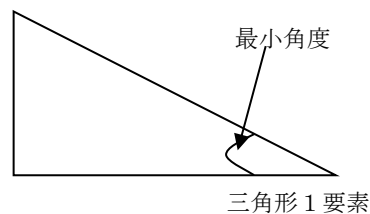
4角形メッシュ入力

閉じる

10.12.1. メッシュ品質

まず、領域全体のメッシュ品質を設定します。品質を設定する項目は、最大追加点数、最大面積、許容最小角度の 3 つです。最大追加点数の設定によってメッシュ分割時の節点の追加点数を制御できます。この設定は、「最大面積」「許容最小角度」の設定より優先されるため、これより点数が多くなような場合は「最大面積」「許容最小角度」は保障されません。

許容最小角度とは三角形要素の最小角度の許容値のことであり、これよりも小さな角度の頂点がある場合は、「最大追加点数」の範囲内で再分割が行われます。メッシュを細かく分割したい時は、許容角度を増やし最大面積を小さくしてください。また、土留め壁付近のメッシュ分割をより細かくしたい時は許容角度を増やしてください。（下図参照）



10.12.2. 部分領域のメッシュ設定

メッシュ分割領域を追加することにより、領域ごとにメッシュ品質を設定できます。解析モデル中で特に詳細な解析を行いたい部分についてメッシュを細かくしたい場合などに使用します。**追加**ボタンをクリックし、名称を入力すれば、部分領域のメッシュの設定が行えます。X 座標と Y 座標を入力すると領域の設定が行えます。なお、座標値はマウスで直接取得することもできます。

10.12.3. 4角形メッシュ設定

基本的なメッシュ形状は3角形ですが、部分的に4角形メッシュも作成できます。4角形メッシュを作成するには[4角形メッシュ入力]ボタンをクリックして、下記の画面で領域を設定します。

FEMの特性上、4角形メッシュを作成した場合と、3角形メッシュのみで計算した場合では、計算結果にほとんど違いはありません。

【四角形メッシュ設定における留意事項】

四角形メッシュを作成する場合、以下の事項にご留意ください。

1. 設定した領域は、空中に出ないようにしてください。
2. 設定した領域は、矢板と重ならないようにしてください。
3. 設定した領域は、地層線などの線分と交わらないようにしてください。

10.13. 施工工程

[施工工程]コマンドをクリックすると、次のような画面が表示されます。

	日	時分	間隔 (日)	間隔 (時分)	種別	番号・施工名称	作業内容	詳細設定	ステップ数	計算時間
1	0	0	0	00:01	初期応力設定あり					
2	0	00:01	10	00:00	盛土	1:盛土層<標高1>			10	
3	10	00:01	10	00:00	盛土	2:盛土層<標高2>			10	
4	20	00:01	0	00:01	放置解析				10	
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										

↑ ↓ 計算範囲 計算実行 閉じる

(1) 種別をプルダウンメニューより選択してください。

(2)番号・施工名称をプルダウンメニューより選択してください。盛土の場合、設定した標高が表示されますので、施工手順に合わせて指定してください。盛土の番号や施工名称が選択されない場合は、盛土の設定が未入力になっています。土質定数や標高が正しく入力されているか確認してください。

	日	時分	間隔 (日)	間隔 (時分)	種別	番号・施工名称	作業内容	詳細設定	ステップ数	計算時間
1	0	0	0	00:01	初期応力設定あり					
2	0	00:01	10	00:00	盛土	1:盛土層<標高1>			10	
3	10	00:01	10	00:00	盛土	1:盛土層<標高1>			10	
4	20	00:01	0	00:01	放置解析	2:盛土層<標高2>			10	
5										
6										

(3)間隔(日・時分)を入力してください。間隔は選択した施工種別の施工時間を入力する項目で、分単位で入力してください。

(4)ステップ数を入力してください。ステップ数は(3)で入力した時間間隔を何ステップで計算を行うか指定する項目です。

施工ステップ設定										
	日	時分	間隔(日)	間隔(時分)	種別	番号・施工名称	作業内容	詳細設定	ステップ数	計算時間
1	0	0	0	00:01	初期応力設定あり					
2	0	00:01	10	00:00	盛土	1-盛土層<標高1>			10	
3	10	00:01	10	00:00	盛土	2-盛土層<標高2>			10	
4	20	00:01	0	00:01	放置解析				10	
5										
6										

(5)施工工程の入力が終わったら、計算範囲を選択し、計算実行をクリックしてください。このとき入力項目に誤りがあるとその欄が黄色に変わります。誤りの例としては次のようなものがあります。

1. 種別(放置解析以外)が選択されているのに番号・施工名称が選択されていない。
→ 番号・施工名称を選択してください。
2. 放置解析を選択した時にステップ数が入力されていない。
→ ステップ数を入力してください。

なお、計算済みの行は青色で表示されます。

施工工程の順番を変えたい場合は↑もしくは↓ボタンをクリックしてください。現在選択されている工程が上下に移動します。

施工手順の入力後、計算範囲を設定します。設定した施工手順に合わせて、計算範囲を一覧から選択できます。基本的には“最後まで”を選択すれば、全ての施工工程による解析結果を表示します。

計算範囲

初期解析だけ行う
10日 00:01まで
20日 00:01まで
最後まで

計算実行

計算範囲を設定したら、**計算実行**ボタンをクリックしてください。

【メッシュ分割に失敗する場合】

自動メッシュを作成する際、場合によって、メッシュ構成が思っていたような状態にならなくなり、解析結果が異なる場合があります。原因としては、地層の境界部分(対策工なども含みます)で、変化点が多い場合に結束処理に異なる点を認識してしまうことが挙げられます。

もし、失敗する場合は、失敗しているメッシュ付近の地形および地層境界線を少し(1mm から 10cm 程度)だけ移動させてみてください。

なお、地形の座標や境界線については、一度、オプション機能を終了し、SSA 本体で修正することになりますので、予めご了承ください。

計算実行ボタンをクリックすると[計算詳細設定]ダイアログが表示されます。ここでは、解析方法の条件を設定します。

計算詳細設定

初期解析を計算します

限界繰返し回数 (通常は変更の必要がありません)

許容誤差 (収束しない場合は値を大きくしてください)

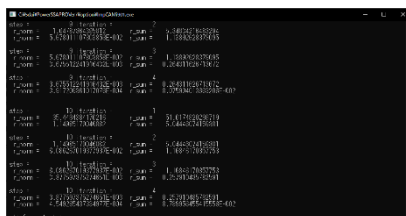
求解方法

☒ 連成計算
・CamClay弾塑性モデルを選択している場合は連成計算を選択してください

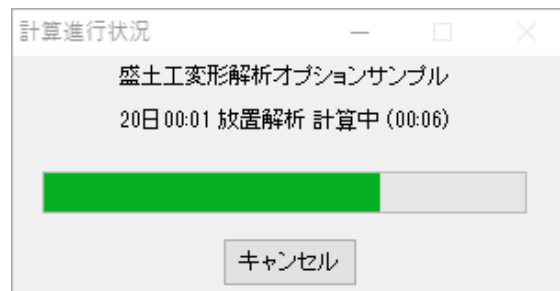
☐ 非連成計算
・水の影響を無視する

☐ 非連成弾性高速計算
・水の影響を無視する
・すべて弾性体として扱う

- (1) 限界繰返し回数は1ステップ当たりの最大繰返し回数を表します。
- (2) 許容誤差は計算ステップが次のステップに進む時の条件で、許容誤差より小さくなると次のステップに移行します。また、許容誤差を大きくすると、収束しやすくなりますが、計算精度は多少悪くなります。
- (3) 求解方法を「連成計算」、「非連成計算」、「非連成弾性高速計算」より選択してください。
「連成計算」は水の影響を考慮し、弾塑性計算を行ないます。
「非連成計算」は水の影響を無視し、弾塑性計算を行ないます。
「非連成弾性高速計算」は、水の影響を無視し、全ての材料を弾性体として解くので、高速に解く事ができます。
- (4) 設定が終わったら、**計算開始**ボタンをクリックします。クリックすると、計算が開始されます。計算実行中は次の2つのダイアログが表示されています。



計算ダイアログ



計算進行状況ダイアログ

[計算ダイアログ]・・・ステップ数と繰返し回数、誤差を表示します。
[計算進行状況ダイアログ]・・・計算終了までの目安を表示します。**キャンセル**ボタンをクリックすると計算を中止します。

- (5) 計算中に現在までに計算済みのステップに対する描画の設定を行い、計算中に結果を見ることができます。

【計算が収束しない場合】

計算が収束しない場合は、以下を試してみてください。

- ① 繰返し回数を増やす
- ② 許容誤差を大きい値にする
- ③ 計算モデルを変更してみる
(地表面上の層に、Drucker-Prager 弾塑性モデルを適用する)

10.14. 可視化

計算が終了すると、結果を確認することができます。[可視化]コマンドをクリックすると以下のような画面が表示されます。選択した項目と工程・日時によって、メイン画面上で確認することができます。

(1)表示項目を応力、ひずみ、水圧、局所安全率、変位、主応力、弾塑性状態から選択してください。各項目の簡単な説明を以下に示します。

- ・ σ_x 、 σ_y 、 σ_z ・・・x,y,zそれぞれの方向の応力を示します。
- ・ τ_{xy} ・・・せん断応力を示します。
- ・ ϵ_x 、 ϵ_y ・・・x,yそれぞれの方向のひずみ成分を示します。
- ・ γ_{xy} ・・・(工学)せん断ひずみを示します。
- ・ 体積ひずみ・・・正の値は膨張を示し、負の値は圧縮を示します。
- ・ 偏差ひずみ・・・偏差ひずみの値が大きいところでは、ひずみの局所化が生じていると考えられます。
- ・ 間隙水圧・・・変形に伴う間隙水圧を示します。
- ・ 過剰間隙水圧・・・変形に伴う間隙水圧増分を示します。初期間隙水圧に対する変化量を表しています。
- ・ 局所安全率・・・メッシュごとに安全率を示します。1より大きいと安全側であると考えます。
- ・ メッシュ変位・・・変形前(計算前)と変形後(設定した施工日時)のメッシュを示します。
- ・ 主応力・・・要素毎の主応力の向きと大きさを示します。
- ・ 弾塑性状態・・・弾性状態か塑性状態かを示す。**Drucker Prager** 弾塑性モデルで完全塑性(硬化係数がゼロ)の場合、塑性状態では土が破壊していると考えられます。
- ・ 変位ベクトル・・・矢印の向きで変位方向を示し、矢印の大きさに変位の大きさを示します。矢印の大きさが大きいほど変位が大きいことを示します。

(2)表示種別をコンター (面)、コンター (線)、グラデーションの中から選択してください。

(3)最小値・最大値・分割個数、変位倍率を設定してください。**自動設定**をクリックすると、最小値・最大値が自動的に設定できます。ただし、変位ベクトルを選択した場合は、ベクトル倍率を設定してください。

(4)グラデーションパターンをモノクロ、モノクロ2、カラー1、2色指定、3色指定から選択してください。

(5)施工工程及び日時を選択してください。

(6)すべての選択が終わったら、**描画**をクリックしてください。

地層線表示にチェックを入れると、計算前に設定した地層線が描画できます。

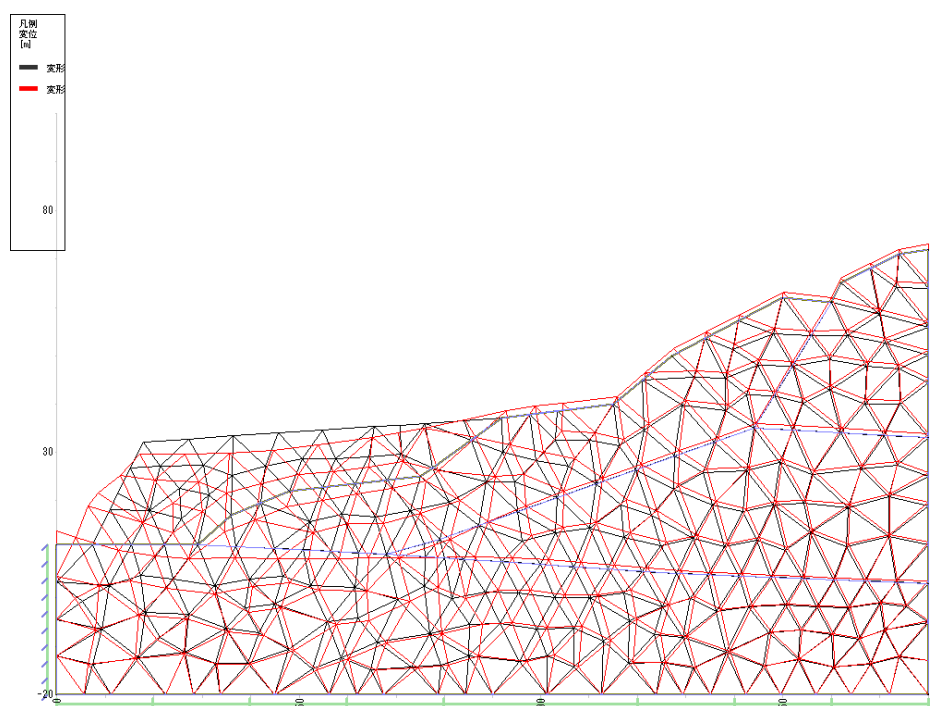
>>をクリックすると、一つ後の施工日時の状態を描画します。

<<をクリックすると、一つ前の施工日時の状態を描画します。

>>>をクリックすると、施工日時に従って連続的に描画がされます。

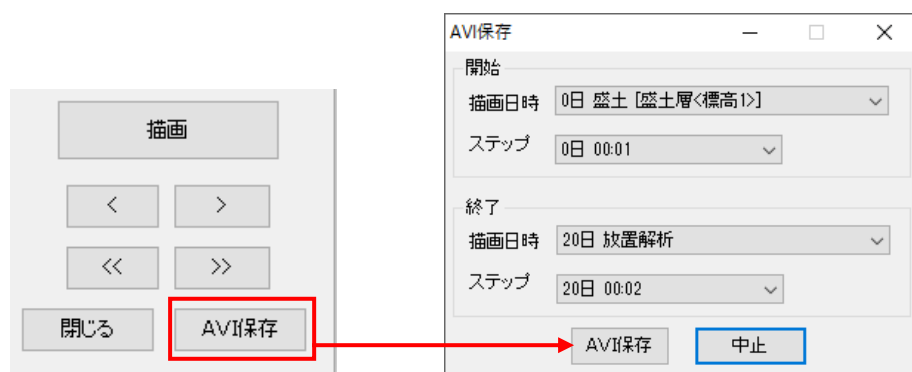
<<<をクリックすると、施工日時を逆に戻って連続的に描画がされます。

例えばメッシュ変位図（カラー1、倍率 10.0 倍）を描画すると、次のような画面になります。



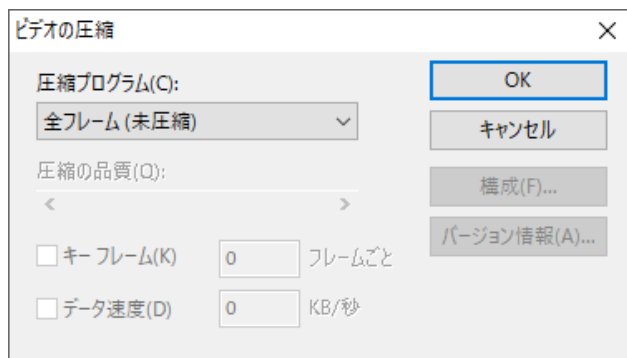
10.14.1. 動画保存(AVI保存)

画像を施工日時に従って動画で画像を保存することができます。静止画の描画と同様に可視化したい項目などを設定してから、**AVI 保存**をクリックしてください。**AVI 保存**をクリックすると、次のようなダイアログが表示されます。



開始と終了の日時を設定し、**AVI 保存**ボタンをクリックします。ファイルの名称と保存先を指定し、**AVI 保存**ボタンをクリックします。

次に圧縮方法の設定が行えるダイアログが表示されますので、設定後、**OK**ボタンをクリックしてください。



圧縮プログラムでは、Microsoft Video1 による作成がデータ量が少なく、比較的処理時間も早いです。

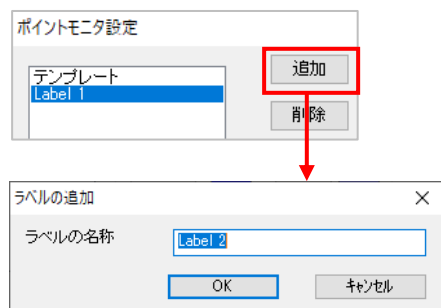
10.15. ポイントモニタ

[ポイントモニタ]コマンドをクリックすると、以下のような画面が表示されます。ここでは、ポイントモニタの作成方法を一般的な手順で説明します。



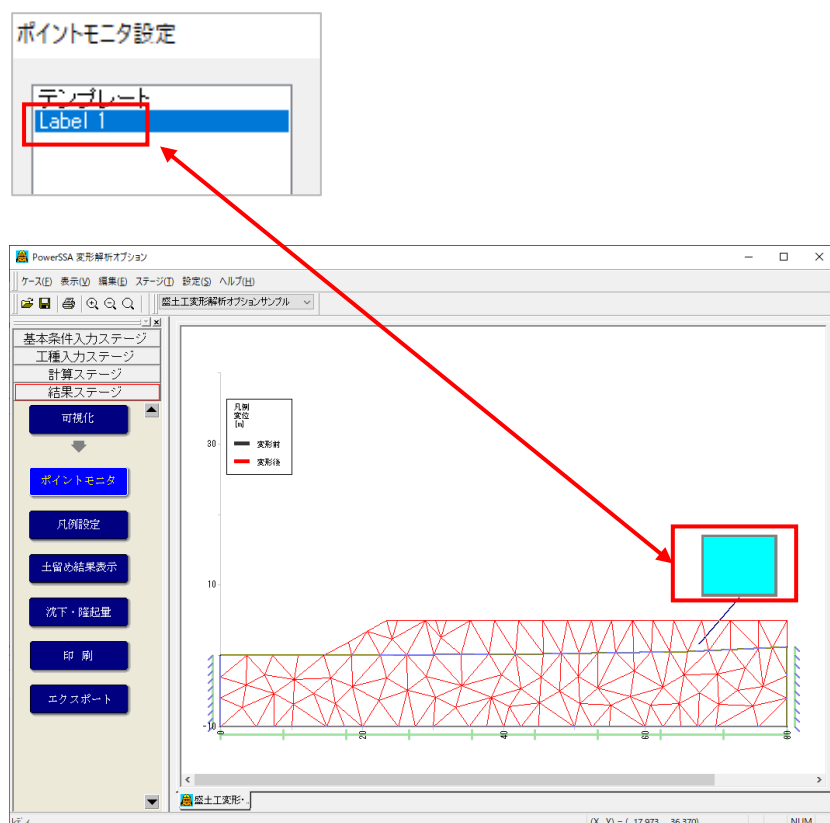
10.15.1. ポイントモニタの作成

まず、**追加**ボタンをクリックし、ポイントモニタを一つ作成します。この時、ポイントモニタの名称を入力し、**OK**ボタンをクリックします。なお、初期値は“Label1” “Label2”となります。



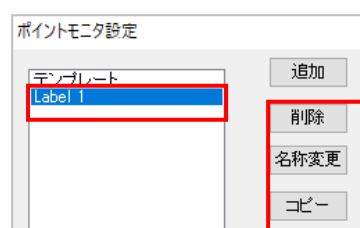
OKボタンをクリックすると、左のテンプレートの下に作成した名称が表示されます。また、メイン画面に Label1 のポイントモニタが表示されます。

[ポイントモニタ設定]ダイアログで、新規で作成した Label1 をクリックすると、現在の設定情報が表示されます。



10.15.2. ポイントモニタの削除、名称変更、コピー

作成したポイントモニタの削除、名称変更、コピーは**追加**ボタンの下に配置されています。実施したいポイントモニタを選択し、必要に応じて、ボタンをクリックしてください。



10.15.3. ポイントモニタの座標設定

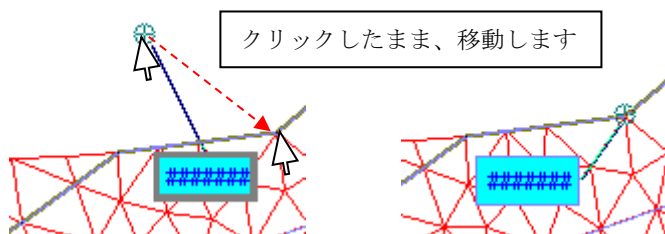
作成したポイントモニタの座標値を変更します。変更方法は二種類から選択することができます。

(1) 座標値を直接入力する

確認したい座標値が既に分かっている場合は、x 座標と y 座標を以下のテキストボックスに入力してください。

(2) マウスで地形座標を取得する

メイン画面で、⊕印の部分にマウスをクリックしたまま移動させます。クリックを離すと、その位置に⊕部分が表示され、座標値が更新されます。



10.15.4. 道路中心点の作成

道路中心点としてポイントモニタを作成することができます。**道路中心点の追加**ボタンをクリックします。クリックすると[道路中心点の追加]ダイアログが表示されますので、座標を直接入力するか、マウスでメイン画面から座標を取得します。なお、道路中心点としての仕様ですので、座標は地表面上しか選択できません。ご了承ください。

同時に道路端部の座標を最大で 2 点追加することができます。道路端部のポイントを同時に作成する場合は、[路面端部を同時に追加する]にチェックを入れます。

チェックを入れると、道路右側と左側の入力欄が有効になりますので、中心点からの離れを入力してください。なお、必ず値を入力することになります。

道路中心点の追加

道路中心座標

x 31

y 25

☒ 路面端部を同時に追加する

	中心点からの距離x (m)
道路左側	3
道路右側	3

追加 閉じる

追加ボタンをクリックすると、ポイントモニタが3つ追加されます。なお、初期名称として“道路中心1”“道路右1”“道路左1”となります。必要に応じて、名称を変更してください。

また、値についても、x 変位と y 変位を表示するようにしています。

10.15.5. 表示項目の設定

追加されたポイントモニタにどのような情報を表示するかを選択します。まず、値を表示したいポイントモニタを選択し、表示したい項目を選択します。

値

表示項目

☐ σ_x ☐ σ_y ☐ σ_z ☐ τ_{xy} ☐ 平均応力 ☐ 偏差応力

☐ ϵ_x ☐ ϵ_y ☐ γ_{xy} ☐ 体積ひずみ ☐ 偏差ひずみ

☐ 間隙水圧 ☐ 過剰間隙水圧 ☐ 局所安全率 ☐ FL

☐ x変位 ☐ y変位 ☐ 変位絶対値 ☐ グラフにあわせて

☐ 施工工程 ☐ 施工日時 ☐ ステップ数 ☐ 座標x ☐ 座標y ☐ 倍率

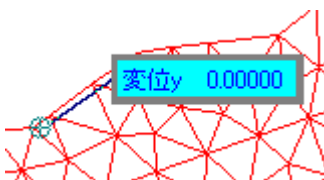
整数部桁 小数点以下桁 値挿入

例えば、表示項目から“y 変位”を選択し、値挿入ボタンをクリックすると、ポイントモニタに、その地点での y 変位が表示されます。

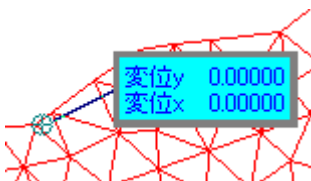
☐ x変位 ☒ y変位 ☐ 変位絶対値 ☐ グラフにあわせて

☐ 施工工程 ☐ 施工日時 ☐ ステップ数 ☐ 座標x ☐ 座標y ☐ 倍率

整数部桁 3 小数点以下桁 5 値挿入

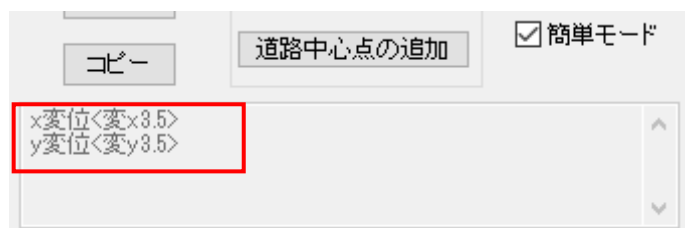


これに続けて、x 変位を表示する場合は、“x 変位”を選択し、値挿入ボタンをクリックしてください。そうすると、以下のように x 変位が表示されます。



10.15.6. 表示項目の編集

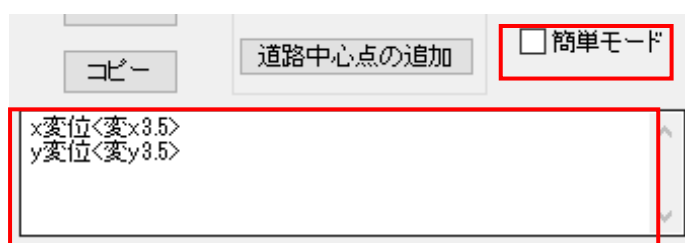
追加した情報は、ダイアログ中央にあるテキストボックス内にも表示されます。



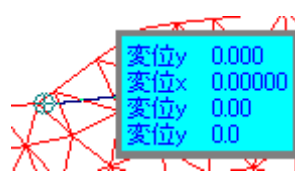
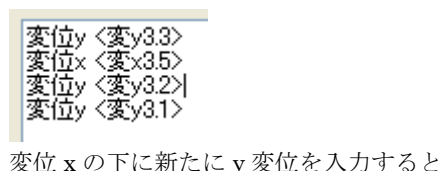
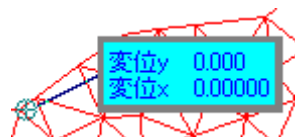
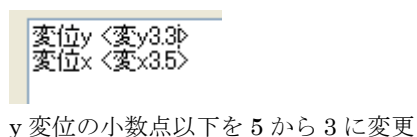
テキストボックス内にある“<変 y3.5>”と表示されていますが、これは、変位 y の整数部 3 桁と小数点以下 5 桁という情報であることが読み取れます。

よって、桁を変更したい場合や表示する順番を変えることによって、編集することが可能です。

通常は自由に変更できないようになっていますが、[☐簡単モード]のチェックを外すと以下のようにテキストボックス内に有効になります。



このテキストボックス内の表示方法を修正や追加を行うと、自由に設定できることになります。



これらの特性を理解しておくと、非常に便利です。

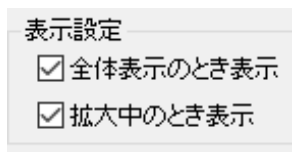
他にも以下のような機能が搭載されています。下図の画面では、ポイントモニタの配色設定が行えます。各ボタンをクリックすると、色設定が行える画面が表示されますので、好みに応じて変更してください。



末行削除ボタンは、現在選択されているポイントモニタに表示されている末行の項目を消去する際にクリックします。

フォント設定ボタンは、ポイントモニタに表示されているフォント形式や文字サイズを変更できます。

表示設定では、メイン画面に表示させるタイミングを設定できます。全体表示と拡大表示の際にポイントモニタを表示させるかどうかを設定できます。

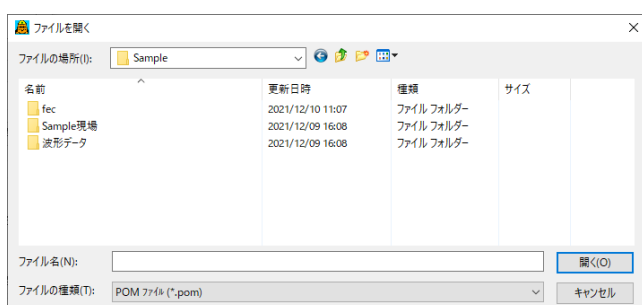


10.15.7. 表示設定の登録・読込

他の現場でも同じような設定がある場合は、その設定状態を保存、読込することができます。

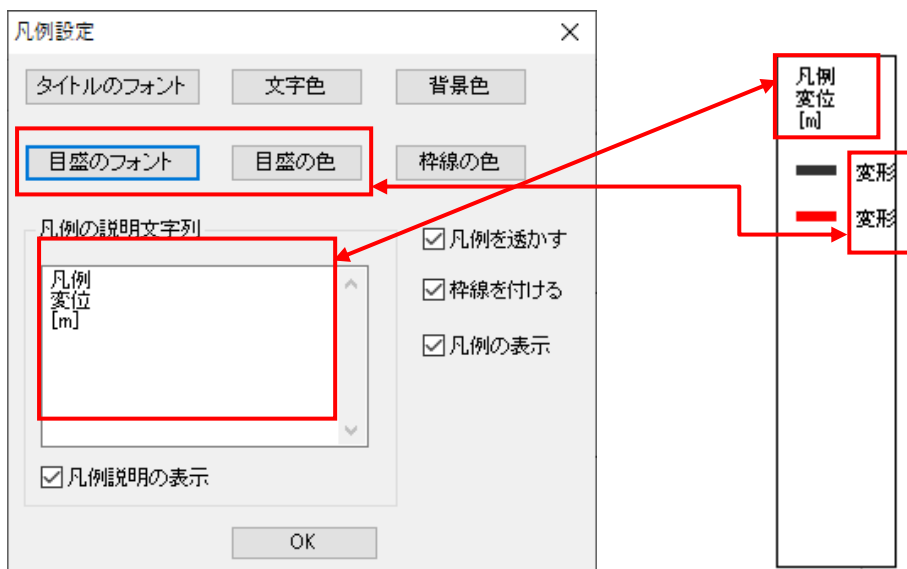
設定した状態を**書出**ボタンをクリックし、保存します。名前を付けて保存してください。なお、拡張子は「*.pom」です。

状態を読み込む場合は、**読込**ボタンをクリックし、呼び出したいファイルを選択すれば、同じポイントモニタが追加されることになります。



10.16. 凡例設定

メイン画面左にある凡例をお好みに応じて変更することができます。[凡例設定]コマンドをクリックすると、以下のよう画面が表示されます。



- ① タイトルフォント、文字色
タイトルフォント、文字色は凡例のフォントや色を変更します。
- ② 背景色、枠線の色
凡例の背景色や枠線の色を変更します。
- ③ 目盛のフォント、目盛の色
目盛のフォント、色を変更します。

他にも、チェックボックスで凡例を透かす機能や凡例の非表示設定も行えますので、お好みに応じて設定してください。

10.17. 土留め結果表示

[土留め結果表示]コマンドをクリックすると、次のような画面が表示されます。解析時に土留め壁を設定した場合に利用します。

土留め壁名

▼

許容曲げ応力度

270.00

(N/mm²)

許容せん断応力度

80.00

(N/mm²)

全照査

判定

σ_{sa} =

☒ 土留め左表面

☐ 土留め右表面

工程

▼

日時

▼

描画範囲(絶対値)

変位

(mm)

曲げモーメント

(kN・m)

せん断力

(kN)

クリップボードにコピー

グラフ描画

表の出力

閉じる

グラフ消去

印刷

まず、土留め壁を指定し、許容曲げ応力度および許容せん断応力度を入力します。許容曲げ応力度および許容せん断応力度については、各文献を参考に入力してください。

土留め壁を選択すると、判定する面を指定します。左表面もしくは右表面のどちらかを選択してください。

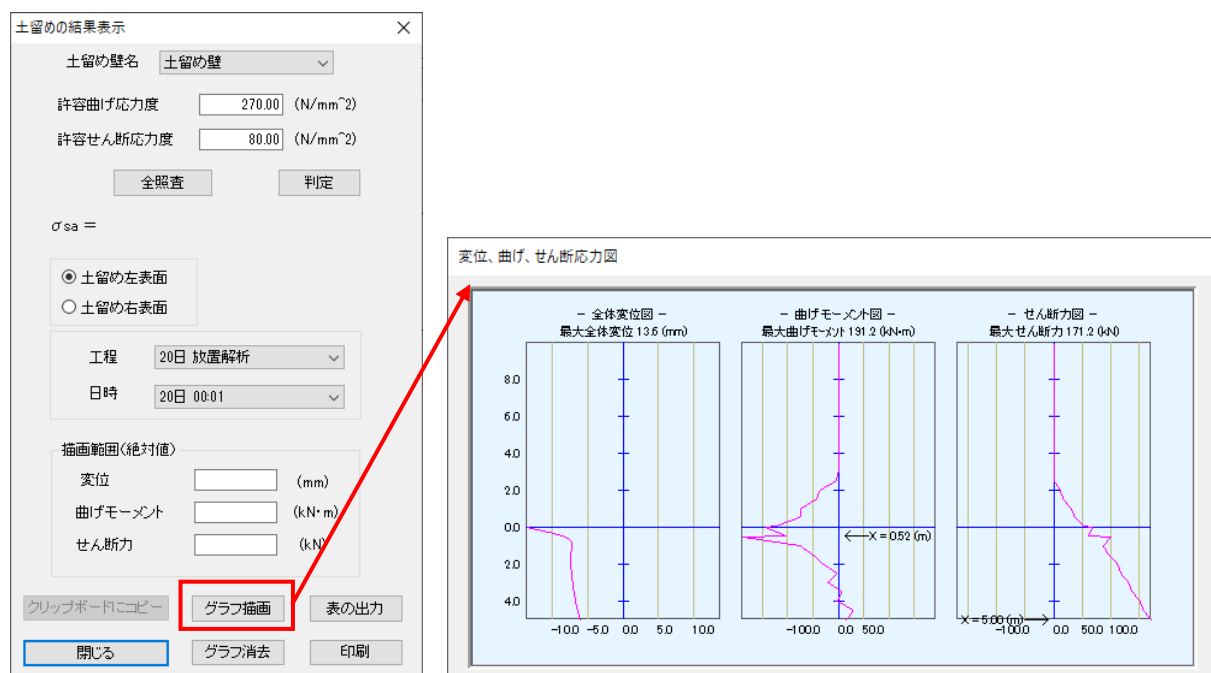
☒ 土留め左表面

☐ 土留め右表面

全照査ボタンは、選択した土留め壁の応力度判定を全工程で行います。**判定**ボタンは指定した工程と日時の応力度判定を行います。そのため、工程と日時を指定した場合に限り、有効になります。

また、土留め壁のグラフを描画することができます。描画項目は変位、曲げモーメント、せん断力に対して行います。描画範囲を入力し「グラフ描画」ボタンをクリックすると表示されます。

なお、描画範囲が未入力の場合は、自動的に描画範囲を設定して表示します。表示したグラフは、「グラフ消去」ボタンで非表示にすることができます。



鋼材の許容応力度 「道路土工-仮設構造物工指針」 P. 47

種類	SS400	SM490
軸方向引張 (純断面)	210	280
軸方向圧縮 (総断面)	$1/r \leq 18$ 210 $18 < 1/r \leq 92$ $[140 - 0.82(1/r - 18)] \times 1.5$ $92 < 1/r$ $[1,200,000 / (6,700 + (1/r)^2)] \times 1.5$ l : 部材の座屈長さ (mm) r : 断面二次半径 (mm)	$1/r \leq 16$ 280 $16 < 1/r \leq 79$ $[185 - 1.2(1/r - 16)] \times 1.5$ $79 < 1/r$ $[1,200,000 / (5,000 + (1/r)^2)] \times 1.5$ l : 部材の座屈長さ (mm) r : 断面二次半径 (mm)
曲げ	引張縁 (総断面)	210
	圧縮縁 (総断面)	280
せん断 (総断面)	120	160

※ 単位は N/mm²、既に仮設としての割増し係数を乗じた値です。

				SY295	SY390	軽量鋼矢板
母材部	曲げ引張			270	355	210
	曲げ圧縮			270	355	210
溶接部	良好な施工条件 での溶接	突合わせ溶接	引張	215	285	165
			圧縮	215	285	165
		すみ肉溶接	せん断	125	165	100
	現場建込み溶接	突合わせ溶接	引張	135	180	110
			圧縮	135	180	110
		すみ肉溶接	せん断	80	100	60

単位は N/mm²

10.18. 沈下・隆起量

[沈下・隆起量]コマンドをクリックすると以下のような画面が表示されます。ここでは、ある指定した地表面の沈下・隆起量や設定したポイントモニタの沈下・隆起量を確認することができます。

地盤の沈下・隆起量

任意の工程日時の間の沈下量結果を見ることができます。

表示方法

● 指定範囲の沈下量

○ ポイントモニタの経時沈下量

表示範囲の設定

マウスで入力

0.000 m ~ 80.000 m

グラフ表示

グラフ消去

表示する間隔

0.500 m

許容沈下量を指定

0.50 cm

値

● y方向のみ

○ 距離($\sqrt{x^2+y^2}$)

描画開始時の値を0とする

工程

0日 盛土 [盛土層<標高1>]

日時

0日 00:01

開じる

10.18.1. 指定範囲の沈下量

指定した工期における地表面の変化量をグラフとして表示します。まず、沈下量グラフに表示する領域を指定します。指定方法はマウスによる入力と座標入力(X座標)が行えます。次に表示する工程を指定してください。指定方法は、画面下にある工程、日時から選択してください。

また、表示する値については、y方向のみとxyを考慮した移動量の二種類から選択できます。

地盤の沈下・隆起量

任意の工程日時の間の沈下量結果を見ることができます。

表示方法

● 指定範囲の沈下量

○ ポイントモニタの経時沈下量

表示範囲の設定

マウスで入力

29.613 m ~ 47.841 m

グラフ表示

グラフ消去

表示する間隔

0.500 m

許容沈下量を指定

0.50 cm

値

○ y方向のみ

● 距離($\sqrt{x^2+y^2}$)

描画開始時の値を0とする

工程

0日 盛土 [盛土層<標高1>]

10日 盛土 [盛土層<標高2>]

日時

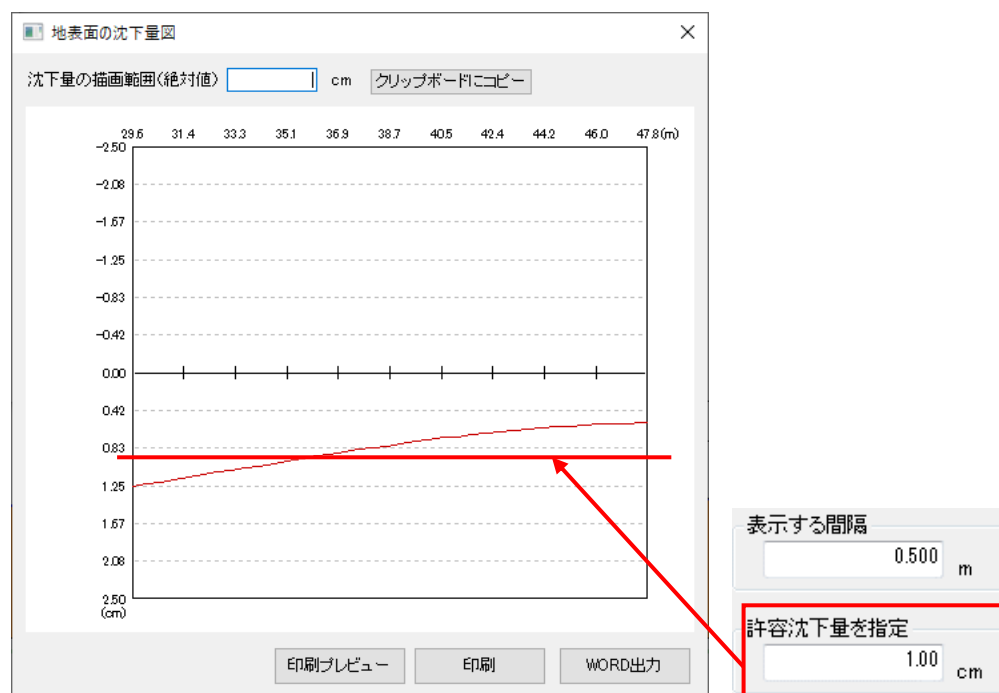
0日 00:01

10日 00:01

開じる

入力すると、**グラフ表示**ボタンが有効になります。ボタンをクリックし、グラフを確認してください。なお、表示している画面を非表示にする場合は、**グラフ消去**ボタンをクリックします。

グラフ表示ボタンをクリックすると、指定した条件のグラフが表示されます。(下図参照)



沈下量のグラフでは、X 軸に指定した領域(地表面座標)と Y 軸に指定した工期内の沈下・隆起量を表示します。ここで、破線と実線が表示されていることが分かります。これは、許容沈下量の入力値によって変化します。表示する間隔はグラフの精度によるもので、小さい値を入力すると、より滑らかな線を形成することができます。

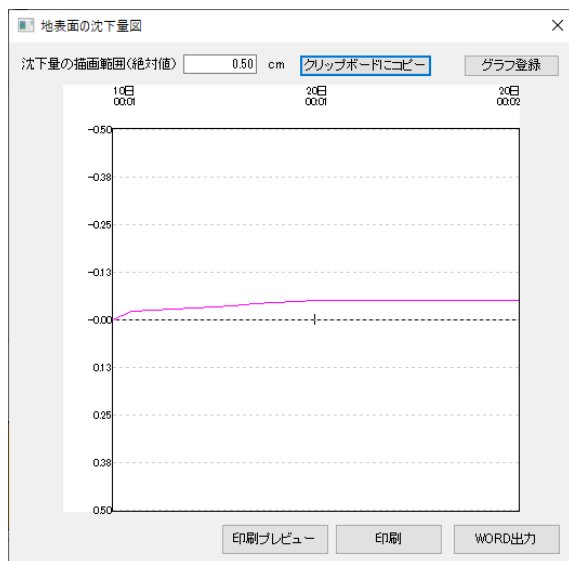
沈下量の描画範囲(絶対値)のテキストボックスに値を入力すると、Y 軸の表示範囲が変更されます。必要に応じて入力してください。

10.18.2. ポイントモニタの経時沈下量

登録したポイントモニタから指定した期間の変化量を表示することができます。

表示方法を“ポイントモニタの経時沈下量”に選択すると、ポイントモニタの指定画面に切り替わります。そこで、グラフにしたいポイントモニタを指定し、表示する値の選択と工期を指定してください。

[☐描画開始時の値を 0 とする]にチェックすると、描画開始時の値を 0 として、その相対変化量を表示することができます。



ポイントモニタを複数描画することが可能です。条件を変えながら、**グラフ表示**ボタンをクリックすると、反映されます。ただし、**グラフ消去**ボタンをクリックすると、今まで設定した条件およびグラフ表示は消去されます。

設定したグラフを一時的に登録することができます。**グラフ登録**ボタンをクリックすると、現在表示されているグラフを保存します。

登録したグラフは、**グラフ消去**ボタンをクリックしてもデータを保持しています。再度、登録したグラフを呼び出す場合は、**登録済みグラフ**ボタンをクリックします。

なお、データが無い場合は、**登録済みグラフ**ボタンが無効になっています。

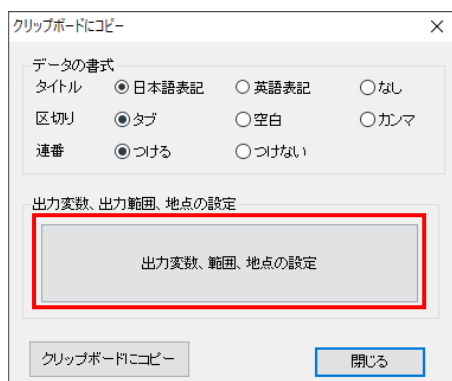
表示されているグラフを報告書形式で出力することができます。印刷する場合は、**印刷プレビュー**、**印刷**、**Word 出力**ボタンから選択し、クリックしてください。

10.19. 印刷

解析の条件や結果一覧を出力することができます。[印刷]コマンドをクリックすると、以下のような画面が表示されます。印刷範囲、ページ番号、印刷内容の選択や会社名等を印字することができます。必要に応じて設定し、**プレビュー**、**印刷**、**Word 出力**ボタンをクリックしてください。

10.20. エクスポート

Microsoft Excel や Microsoft Word など、他のソフトウェアで解析結果を貼り付けることができます。[エクスポート] コマンドをクリックすると、以下のような画面が表示され、エクスポートの設定を行います。



クリップボードにコピー

データの書式

タイトル ☒ 日本語表記 ☐ 英語表記 ☐ なし

区切り ☒ タブ ☐ 空白 ☐ カンマ

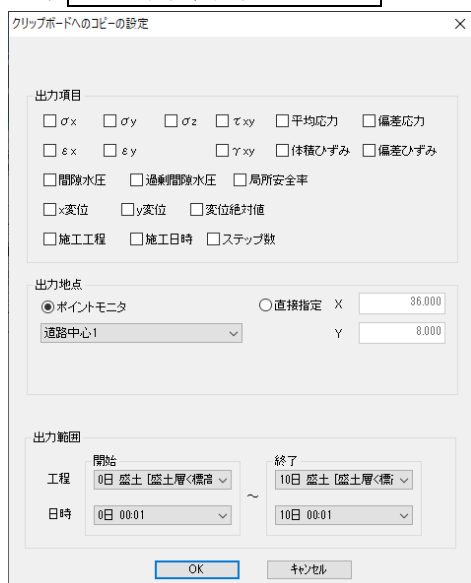
連番 ☒ つける ☐ つけない

出力変数、出力範囲、地点の設定

出力変数、範囲、地点の設定

クリップボードにコピー 閉じる

まず、**出力変数、範囲、地点の設定** ボタンをクリックします。クリックすると以下のような画面が表示されます。



クリップボードへのコピーの設定

出力項目

☐ σ_x ☐ σ_y ☐ σ_z ☐ τ_{xy} ☐ 平均応力 ☐ 偏差応力

☐ ε_x ☐ ε_y ☐ γ_{xy} ☐ 体積ひずみ ☐ 偏差ひずみ

☐ 間隙水圧 ☐ 過剰間隙水圧 ☐ 局所安全率

☐ x変位 ☐ y変位 ☐ 変位絶対値

☐ 施工工程 ☐ 施工日時 ☐ ステップ数

出力地点

☒ ポイントモニタ ☐ 直接指定 X 36.000

道路中心1 Y 8.000

出力範囲

開始 終了

工程 0日 盛土 [盛土層<標準>] 10日 盛土 [盛土層<標準>]

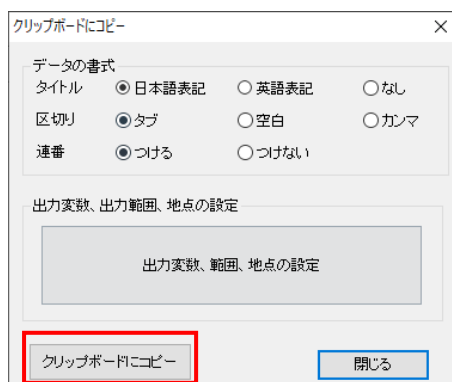
日時 0日 00:01 10日 00:01

OK キャンセル

この中で、出力したい項目を“出力項目”の中から選びます。なお、項目は複数選択可能です。次に出力したい地点を選択します。選択方法はポイントモニタを直接指定するか座標を入力する方法があります。

出力したい範囲(工程と日時)を設定し、**OK** ボタンをクリックし、[クリップボードにコピー] ダイアログに戻ります。

次にデータの書式を決定します。タイトル、区切り、連番の設定が行えますので、必要に応じて設定してください。設定が確定した後、**クリップボードにコピー** ボタンをクリックすれば、自動的にコピーされますので、他のソフトウェアを起動し、貼り付けを行ってください。



クリップボードにコピー

データの書式

タイトル ☒ 日本語表記 ☐ 英語表記 ☐ なし

区切り ☒ タブ ☐ 空白 ☐ カンマ

連番 ☒ つける ☐ つけない

出力変数、出力範囲、地点の設定

出力変数、範囲、地点の設定

クリップボードにコピー 閉じる

11. 盛土工浸透流解析オプション

11.1. オプションの起動

「盛土工浸透流解析オプション」を起動する場合は、[メニュー]-[盛土工計算]-[浸透流解析(オプション)]を選択します(下図参照)。



浸透流解析(オプション)を選択すると、[降雨時の検討]ダイアログが表示されます。

The '降雨時の検討' dialog box has tabs for 土質定数, 不飽和浸透特性, メッシュ, 浸透・浸出面, 降雨, 排水層, and 計算. The '土質定数' tab is active, showing the '解析方法' section with radio buttons for 定常流解析 and 非定常流解析 (selected). A '解説' button is next to it. A '参考値' button is also present. Below is a table:

	地層名	表示色	土質名	飽和透水係数		比貯留係数 Ss(1/m)
				kx(m/s)	ky(m/s)	
1	盛土層		砂質土A	1.000E-05	1.000E-05	1.000E-04
2	基層		砂礫B	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-05

検討時の検討ダイアログには、複数のタブが用意されています。基本的な入力手順は左から右に入力を行っていくことになります。起動すると[土質定数]タブを表示します。まず、解析方法を定常流解析もしくは非定常流解析から選択してください。なお、解析方法の選択によってタブの種類が以下のように変更します。

The '土質定数' tab is active, showing the '解析方法' section with radio buttons for 定常流解析 (selected) and 非定常流解析. A '解説' button is next to it. A '参考値' button is also present.

(定常流解析の場合)

The '土質定数' tab is active, showing the '解析方法' section with radio buttons for 定常流解析 and 非定常流解析 (selected). A '解説' button is next to it. A '参考値' button is also present.

(非定常流解析の場合)

11.2. 土質定数

[土質定数]タブでは、各地層に対して、飽和透水係数および比貯留係数を設定します。

	地層名	表示色	土質名	飽和透水係数		比貯留係数 Ss(1/m)
				kx(m/s)	ky(m/s)	
1	盛土層		砂質土A	1.000E-05	1.000E-05	1.000E-04
2	基層		砂礫B	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-05

入力方法は、直接入力する方法と参考値を見て代入する方法があります。

(1) 直接入力

カーソルを入力したい箇所に移動し、数値を直接入力してください。

例えば、“0.00001”と入力すると自動的に“1.000E-05”となり、“10”と入力すると“1.000E+01”と表示されます。

(2) 参考値から入力

右上にある参考値ボタンをクリックすると、以下の画面が表示されます。

参考資料

資料 1

資料 2

資料 3

代表的な土	透水係数 (m/s)		透水性
礫	1.0×10^{-3}	以上	透水性が高い
砂	1.0×10^{-3}	～ 1.0×10^{-5}	中位の透水性
砂質土	1.0×10^{-5}	～ 1.0×10^{-7}	透水性が低い
粘性土	1.0×10^{-7}	～ 1.0×10^{-9}	非常に透水性が低い
粘土	1.0×10^{-9}	以下	不透水性

出典

道路土工－盛土工指針(平成22年度版) P.173
(社)日本道路協会

係数の採用値

飽和透水係数 kx

1.000

× 10⁻⁵

(m/s)

飽和透水係数 ky

1.000

× 10⁻⁵

(m/s)

比貯留係数 Ss

1.000

× 10⁻⁴

(1/m)

代入

キャンセル

飽和透水係数と比貯留係数は、領域が広く、参考文献等によって、その範囲が異なります。[資料]タブを切り替えることによって、参考文献が切り替わります。それらを参考に透水係数および比貯留係数を設定します。各項目のテキストボックスに数値を入力し、桁を右のプルダウンメニューから選んでください。プルダウンメニューでは“×1～×10⁻⁹⁹”まで選択できます。

11.2.1. 透水係数について

透水係数とは、土中の水の透水性を示すもので、値が小さいほど水を透し難く、値が大きいほど水を透し易くなります。透水係数を求める方法には、直接測定する方法、間接的に推定する方法があります。目安としては、以下の表を参考にするとよいでしょう。

透水係数 (cm/sec)

10^{-9}		10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^{+1}
透水性	実質上不透水		非常に低い		低い		中位		高い		
土の種類	粘性土		微細砂, シルト, 砂ーシルトー粘土混合土					砂及び礫		清浄な礫	
直接測定する方法	特殊な変水位透水試験		変水位透水試験						特殊な変水位透水試験		
間接的に推定する方法	圧密試験から計算		なし						清浄な砂と礫は粒度と間隙比から計算		

11.2.2. 貯留係数・比貯留係数について

「不飽和地盤の挙動と評価」(社団法人地盤工学会)では、貯留係数(比貯留係数)について以下のような記載があります。

貯留係数は対象とする地盤の持つ地下水の貯留性を表現する定数であり、単位地下水位の変動に起因する貯留水の変化量の絶対値であると定義される。貯留係数は非定常浸透解析において水位変動速度を支配するパラメータとして重要であり、一般には揚水試験により測定されている。まず、被圧帯水層の上部の加圧層からの水の出入りはないと考えると、地下水位の変化による貯留水量の変化は水圧の増減による帯水層の伸縮、および土粒子と水の膨張収縮によってもたらされ、貯留係数 S は次式のように表される。

$$S = S_s/D = \gamma_w(\alpha + n\beta)D$$

ここに、 S_s : 比貯留係数、 γ_w : 水の単位体積重量、 α : 帯水層の圧縮率、 β : 水の圧縮率、 n : 間隙率、 D : 帯水層の厚さ
「不飽和地盤の挙動と評価」(社団法人地盤工学会) P48 より一部修正

11.3. 不飽和浸透特性

次に[不飽和浸透特性]タブをクリックします。クリックすると次のような画面が表示されます。ここでは、不飽和浸透特性は“ θ - K_r , θ - ϕ ”もしくは“ ϕ - θ , ϕ - K_r ”の2つから選択し入力します。

降雨時の検討

土質定義 不飽和浸透特性 メッシュ 浸透・湧出面 降雨 排水層 計算

不飽和浸透特性の選択

☒ θ - K_r , θ - ψ ☐ ψ - θ , ψ - K_r 解説

不飽和浸透特性の設定

地層名	表示色	土質名	不飽和浸透特性
1 盛土層		砂質土A	細粒分の多い砂質土
2 基層		砂礫B	標準砂

不飽和浸透特性 細粒分の多い砂質土

θ - K_r θ - ψ

	θ	K_r
1	0.000	0.000E+00
2	0.010	1.000E-02
3	0.020	2.000E-02
4	0.030	3.000E-02
5	0.040	4.000E-02
6	0.050	5.000E-02
7	0.060	6.000E-02
8	0.070	8.000E-02
9	0.080	9.000E-02
10	0.090	1.100E-01
11	0.100	1.300E-01
12	0.110	1.600E-01

閉じる

不飽和浸透特性は、各層に対して設定します。設定方法としては、不飽和浸透特性欄にあるプルダウンメニューより、相当する状態を選択してください。

出荷状態では、参考値として以下のデータを用意しています。

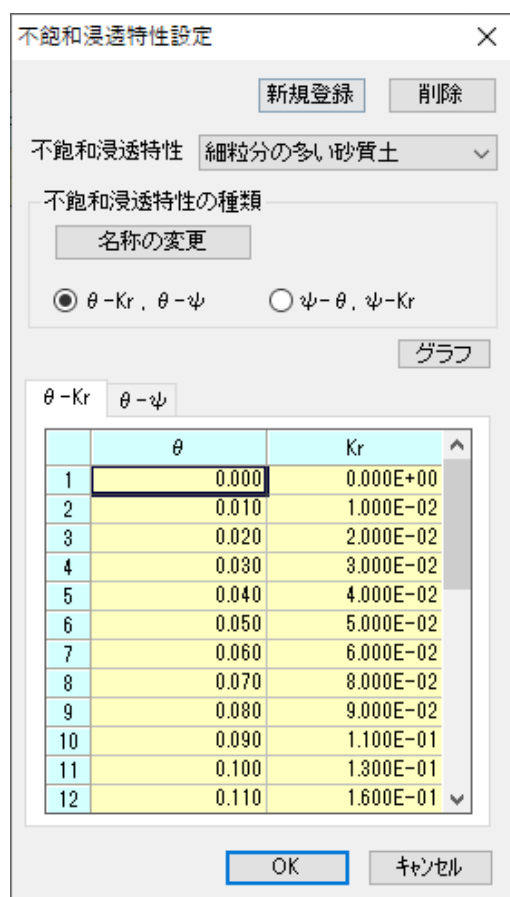
土質工学会「根切り工事と地下水」より

砂丘砂、標準砂、細砂 1、細砂 2、砂、アカホヤ、クロニガ、黒ぼく 1、黒ぼく 2、洪積粘土、関東ローム、しらす、沖積土、泥岩

財団法人国土技術研究センター「河川堤防の構造検討の手引き」より

礫質土・砂質土、細粒分の多い砂質土、粘性土

不飽和浸透特性の設定 ボタンをクリックすると、各土質に対するデータを編集することができます。また、新規に特性データを追加することができます。

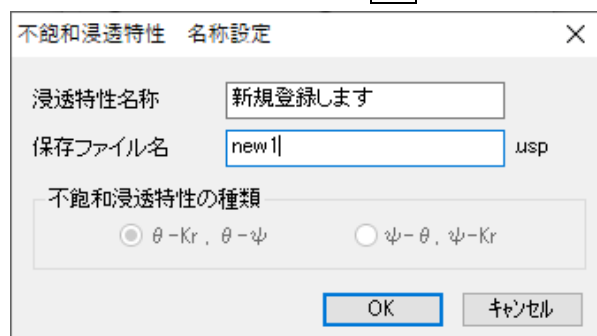


不飽和浸透特性設定 dialog box. It includes buttons for '新規登録' (New Registration) and '削除' (Delete). A dropdown menu shows '不飽和浸透特性' (Unsaturated Permeability Characteristics) with '細粒分の多い砂質土' (Fine-grained sandy soil) selected. Below is a section for '不飽和浸透特性の種類' (Type of Unsaturated Permeability Characteristics) with a '名称の変更' (Change Name) button and two radio buttons: $\theta-K_r, \theta-\psi$ (selected) and $\psi-\theta, \psi-K_r$. A 'グラフ' (Graph) button is also present. The main area shows a table with two tabs: $\theta-K_r$ and $\theta-\psi$. The $\theta-K_r$ tab is active, displaying a table with 12 rows of data. At the bottom are 'OK' and 'キャンセル' (Cancel) buttons.

	θ	K_r
1	0.000	0.000E+00
2	0.010	1.000E-02
3	0.020	2.000E-02
4	0.030	3.000E-02
5	0.040	4.000E-02
6	0.050	5.000E-02
7	0.060	6.000E-02
8	0.070	8.000E-02
9	0.080	9.000E-02
10	0.090	1.100E-01
11	0.100	1.300E-01
12	0.110	1.600E-01

11.3.1. 新規にデータを作成する

新規登録を行う場合、**新規登録** ボタンをクリックします。以下の画面が表示されますので、特性名称とファイル名を入力してください。入力完了後、**OK** ボタンをクリックします。



不飽和浸透特性 名称設定 dialog box. It has input fields for '浸透特性名称' (Permeability Characteristics Name) with '新規登録します' (New Registration) and '保存ファイル名' (Save File Name) with 'new1'. Below is a section for '不飽和浸透特性の種類' (Type of Unsaturated Permeability Characteristics) with two radio buttons: $\theta-K_r, \theta-\psi$ (selected) and $\psi-\theta, \psi-K_r$. At the bottom are 'OK' and 'キャンセル' (Cancel) buttons.

新たに設定した浸透特性名称の入力準備ができます。ここで、特性値を入力してください。

不飽和浸透特性設定

新規登録 削除

不飽和浸透特性 新規登録します

不飽和浸透特性の種類

名称の変更

☒ θ -Kr, θ - ψ ☐ ψ - θ , ψ -Kr

グラフ

θ -Kr θ - ψ

	θ	Kr
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

OK キャンセル

特性値を入力してください。

なお、新規で追加した特性値データおよび既存のデータはファイルとして、**UspData** フォルダに格納されます。この中のファイルを削除・移動すると、プログラム上で確認することができません。予めご注意ください。インストール時にフォルダを任意で指定しない場合の保存先を例として、以下に記します。

【不飽和浸透特性データの一般的な保存先】

C:\Program Files\5dai\PowerSSA_PRO_Ver5\UspData

11.3.2. 名称を変更する

浸透特性名称を変更する場合は、**名称の変更** ボタンをクリックします。[不飽和浸透特性 名称設定] ダイアログが表示されますので、名称を変更後、**OK** ボタンをクリックすると変更作業が終了します。

不飽和浸透特性 名称設定

浸透特性名称 新規登録します

保存ファイル名 new1 usp

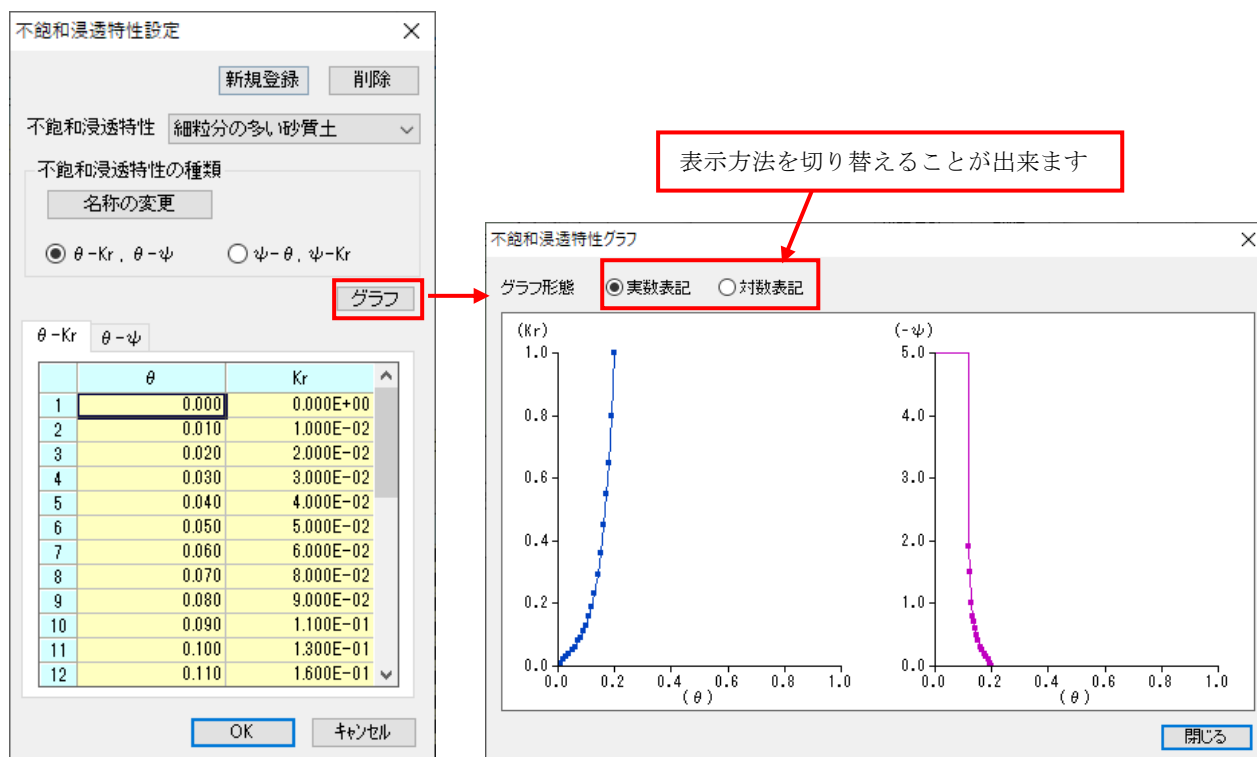
不飽和浸透特性の種類

☒ θ -Kr, θ - ψ ☐ ψ - θ , ψ -Kr

OK キャンセル

11.3.3. 作成したデータのグラフを確認する

作ったデータや既存のデータをグラフで確認することができます。確認したい場合は、**グラフ**ボタンをクリックすると[不飽和浸透特性グラフ]ダイアログが表示されます。グラフ形態を“実数表記”か“対数表記”を切り替えることができますので、必要に応じて選択してください。確認が終わりましたら、**閉じる**ボタンで戻ることができます。



11.3.4. データを削除する

既存のデータを削除する場合は、**削除**ボタンをクリックします。なお、削除した場合、復元することができませんので、ご注意ください。

初期値のデータを誤って削除した場合は、バックアップフォルダがありますので、その中から必要なデータを UspData フォルダにコピーしてください。

11.4. メッシュ

[メッシュ]タブをクリックすると以下のような画面が表示されます。浸透流計算に際して、飽和・不飽和領域を一体として扱う FEM 解析手法を採用しています。そこで、連続体である地盤を一定の法則に従って分割した要素の集合体とみなして解析を行います。

降雨時の検討

×

土質定数

不飽和浸透特性

メッシュ

浸透・浸出面

降雨

排水層

計算

基本メッシュ

☒ 三角形+四角形

☐ 三角形

基本メッシュの地層ごとの大きさ

	地層名	表示色	メッシュの大きさ(m)	
			X方向	Y方向
1	盛土層		2.0	2.0
2	基層		2.0	2.0

部分メッシュ ☐ マウス入力

	部分メッシュの範囲				メッシュの大きさ(m)	
	1点目		2点目		X方向	Y方向
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)		
1						
2						
3						
4						
5						

挿入

削除

追加点 ☐ マウス入力

	指定座標	
	X (m)	Y (m)
1		
2		
3		
4		
5		

挿入

削除

解説

開じる

11.4.1. 基本メッシュ

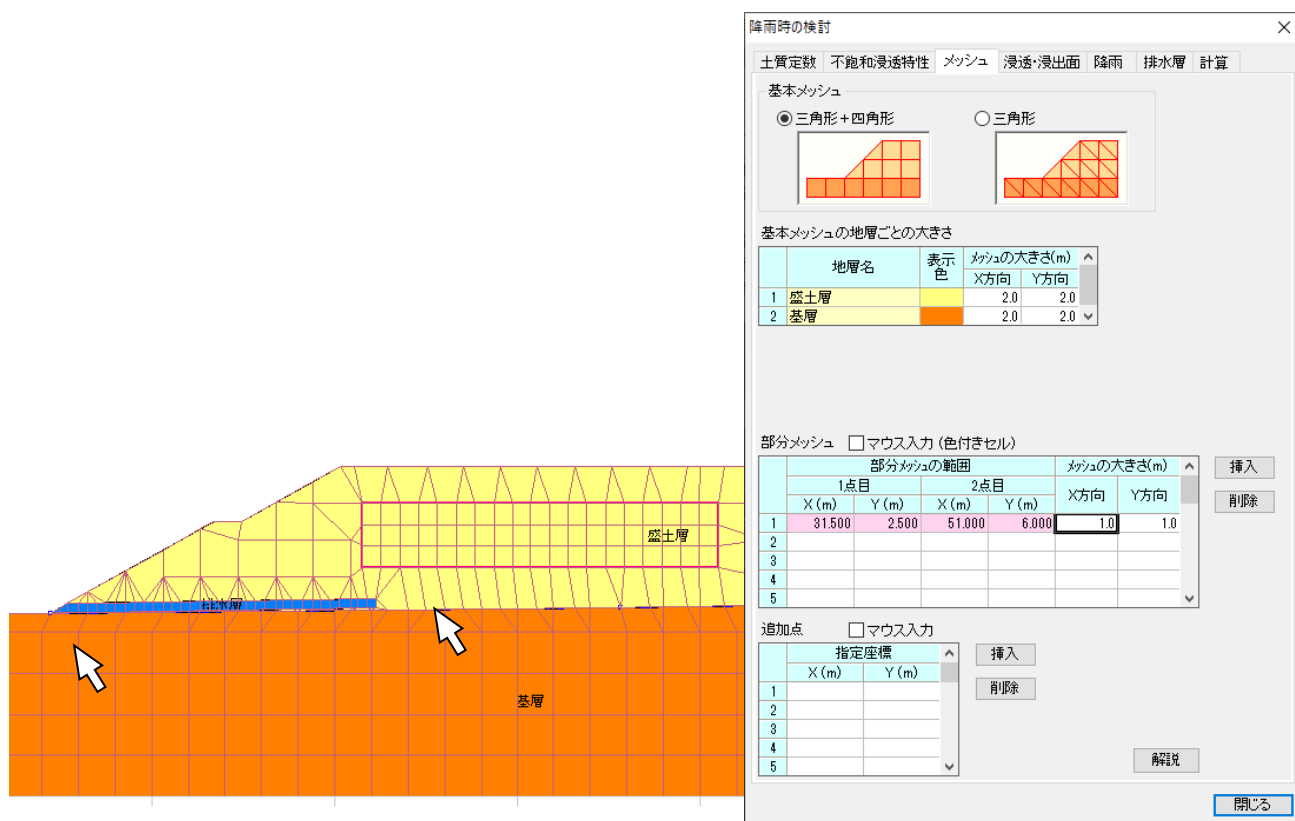
ここでは、基本となるメッシュ設定を行います。まず、メッシュの作成方法を“三角形+四角形”もしくは“三角形”のどちらかを選択します。その後、各地層のメッシュピッチを設定します。

メッシュを作成する場合、一般的に以下のようなイメージを念頭に設定する方が望ましいと思われます。

メッシュピッチ	細かい	粗い
計算精度	高くなる	低くなる
計算時間	遅くなる	早くなる

11.4.2. 部分メッシュ

部分メッシュとは、地層に関係なく、指定した領域に対して、メッシュを作成する機能です。矩形の指定になるため、画面上の左下と右上を指定することになります。



降雨時の検討

土質定数 不飽和浸透特性 **メッシュ** 浸透・浸出面 降雨 排水層 計算

基本メッシュ

☒ 三角形+四角形 ☐ 三角形

基本メッシュの地層ごとの大きさ

地層名	表示色	メッシュの大きさ(m)	
		X方向	Y方向
1 盛土層	黄色	2.0	2.0
2 基層	オレンジ	2.0	2.0

部分メッシュ ☐ マウス入力 (色付きセル)

部分メッシュの範囲				メッシュの大きさ(m)		
1点目		2点目		X方向	Y方向	
X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)			
1	31.500	2.500	51.000	6.000	1.0	1.0
2						
3						
4						
5						

追加点 ☐ マウス入力

指定座標		
X (m)	Y (m)	
1		
2		
3		
4		
5		

挿入 削除 解説 閉じる

[☐マウス入力]にチェックすると、直接マウスで指定することが可能になります。設定した領域のメッシュピッチを入力してください。指定したデータに割り込んで入力したい場合は、**挿入**ボタンをクリックします。また、カーソル行のデータを消去したい場合は**削除**ボタンをクリックしてください。

11.4.3. 通過点

メッシュを作成する際に、節点を設けたい場所がある場合は、この通過点で指定します。座標入力もしくはマウス入力で指定することができます。

なお、マウス入力による操作や挿入、削除については、部分メッシュと同様です。

11.5. 浸透・浸出

降雨がある場合の浸透する領域もしくは地表面からの浸出する領域を設定します。[浸透・浸出面]タブをクリックすると、次のような画面が表示されます。

11.5.1. 浸透しない領域・浸出しない領域の設定

降雨時の検討

土質定数 不飽和浸透特性 メッシュ 浸透・浸出面 降雨 排水層 計算

浸透面・浸出面の設定

☒ 地表面全域を浸透面・浸出面とする

☐ 浸透・浸出しない領域を設定する

水位境界条件

☒ 左端を固定

☐ 右端を固定

浸透しない領域 ☐ マウス入力 (色付きセル)

	始点		終点		備考
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

※浸透しない地表面の範囲を設定してください

浸出しない領域 ☐ マウス入力

	始点		終点		備考
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

※浸出しない地表面の範囲を設定してください

挿入 削除

閉じる

降雨時の検討

土質定数 不飽和浸透特性 メッシュ 浸透・浸出面 降雨 排水層 計算

浸透面・浸出面の設定

☐ 地表面全域を浸透面・浸出面とする

☒ 浸透・浸出しない領域を設定する

水位境界条件

☒ 左端を固定

☐ 右端を固定

浸透しない領域 ☐ マウス入力 (色付きセル)

	始点		終点		備考
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

※浸透しない地表面の範囲を設定してください

浸出しない領域 ☐ マウス入力

	始点		終点		備考
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

※浸出しない地表面の範囲を設定してください

挿入 削除

閉じる

有効になります

まず、[浸透面・浸出面]の設定を行います。初期値は「地表面全域を浸透面・浸出面とする」が選択されています。浸透性の低い構造物等がある場合に浸透や浸出を行わない解析を行いたい場合は、「浸透・浸出しない領域を設定する」を選択し、その領域を指定することになります。

浸透・浸出しない領域を設定するにチェックすると、上図右のように画面が有効になります。

有効になっている場合は、どちらかの領域を必ず指定してください。指定方法は始点と終点の座標を入力します。マウスによる入力を行う場合は、[☐マウス入力]にチェックし、任意点を指定します。

なお、指定する領域は地表面に限定していますので、ご注意ください。また、必要に応じ挿入ボタンおよび削除ボタンをクリックしてください。入力を終わると、赤線で画面に表示・確認することができます。

浸透しない領域 ☐ マウス入力

	始点		終点		備考
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

※浸透しない地表面の範囲を設定してください

浸出しない領域 ☐ マウス入力 (色付きセル)

	始点		終点		備考
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1	23.406	5.000	14.483	0.000	
2					
3					
4					
5					
6					

排水層

11.5.2. 水位境界条件

水位の境界条件を設定します。

水位境界条件

☒ 左端を固定

☒ 右端を固定

左端や右端の水位を固定する場合は、チェックを入れてください。固定した場合、画面上では下図のようなマークで表示されます。

降雨時の検討

土質定数 不飽和浸透特性 メッシュ 浸透・浸出面 降雨 排水層 計算

浸透面・浸出面の設定

☐ 地表面全城を浸透面・浸出面とする

☒ 浸透・浸出しない領域を設定する

水位境界条件

☒ 左端を固定

☒ 右端を固定

浸透しない領域 ☐ マウス入力 (色付きセル)

	始点		終点		備考
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

※浸透しない地表面の範囲を設定してください

浸出しない領域 ☐ マウス入力

	始点		終点		備考
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1	23.406	5.000	14.483	0.000	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

※浸出しない地表面の範囲を設定してください

挿入 削除

開じる

なお、データの挿入および削除については、画面右にある挿入、削除ボタンで行うことができます。

11.6. 降雨

非定常流解析の場合、降雨データが必要になります。波形の名称を入力し、降雨時間とその降雨量を入力します。[降雨]タブをクリックすると以下の画面が表示されます。

降雨時の検討

土質定数 不飽和浸透特性 メッシュ 浸透・浸出面 降雨 排水層 計算

波形名称 降雨1

単位時間 時間(hour) ▼

	時間(hour)	降雨量(mm/h)
1	10.0	2.0
2	20.0	10.0
3	30.0	20.0
4	40.0	10.0
5	50.0	5.0
6	60.0	2.0
7	120.0	1.0
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

データ読み込

データ登録

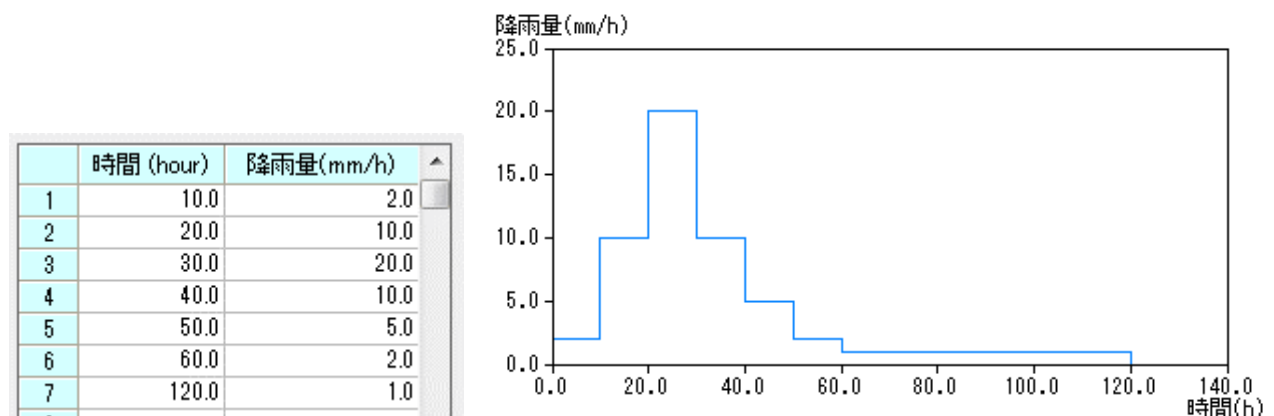
降雨量(mm/h)

時間(h)

グラフ設定

開じる

波形の名称を入力します。波形の名称がデータを登録する際の初期名称となります。次に設定時間の単位を設定します。設定は“日”、“時間”、“分”の3つから選択可能です。選択後、データを作成することになります。なお、時間は累積時間で入力してください。入力例を以下に記します。



例えば、時間 10.0h、降雨量を 1.0mm/h と入力すると、10 時間の降雨量合計は $10.0\text{h} \times 1.0\text{mm/h} = 10\text{mm}$ 降るという意味です。

上図右のグラフにある青色で囲んだ面積が雨の量になります。

11.7. 排水層

11.7.1. 排水層の追加・削除

浸透流解析実施後、水位を下げることを目的として、排水層を入力することができます。排水層は複数入力することができます。設定する場合は、まず、**追加**ボタンをクリックしてください。クリックすると、排水層の入力項目が有効になります。

降雨時の検討

土質定数 不飽和浸透特性 メッシュ 浸透・浸出面 降雨 排水層 計算

排水層の設定

☐ この排水層を使用する

排水層名 表示色 土質名 不飽和浸透特性

不飽和浸透特性

参考値 $\theta - Kr$ $\theta - \psi$

	θ	Kr
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

飽和透水係数 $k_x(m/s)$ $k_y(m/s)$ 比貯留係数 $S_s(l/m)$

メッシュ範囲 ☐ マウス入力

排水層の底面				排水層の厚み(m)	メッシュの大きさ(m)	
1点目		2点目			X方向	Y方向
X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			

閉じる

有効になれば、排水層名、表示色、土質名、不飽和浸透特性、飽和透水係数、比貯留係数を設定します。各項目の入力は、土質定数の設定方法と同じです。詳しくは、「2.2.土質定数」をご覧ください。

なお、設定した排水層を削除したい場合は、**削除**ボタンをクリックしてください。

11.7.2. 排水層の配置およびメッシュ設定

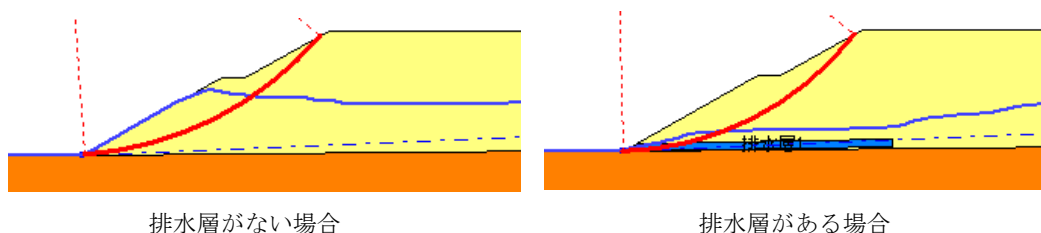
各設定の入力後、画面下にある排水層の配置位置と排水層の厚みおよびメッシュの設定を行います。

メッシュ範囲 ☐ マウス入力

排水層の底面				排水層の厚み(m)	メッシュの大きさ(m)	
1点目		2点目			X方向	Y方向
X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			

排水層は直線のみでの設定になります。そのため、入力は始点と終点の座標を入力するか、マウスによる直接入力になります。マウス入力の場合は、☐ マウス入力にチェックして、メイン画面から座標を取得することになります。

排水層は基本的に透水性が高いため、配置を効果的に行えば、水位を下げるすることができます。(下図参照)



11.8. 計算

[計算]タブをクリックすると、以下のような画面が表示されます。この画面では、計算を行う前の条件設定と計算後の結果を表示します。

降雨時の検討

土質定数 不飽和浸透特性 メッシュ 浸透・浸出面 降雨 排水層 計算

計算条件の設定

浸透流 繰返し条件

メッシュ生成

計算開始

すべり面強度 地層値

計算式の選択 修正Fellenius法(道路土工式・湛水なし)

円弧の制限範囲

選択 降雨時間 中心 X 中心 Y 半径(m) 安全率

断面表示設定

FEM情報

局所動水勾配

水位を登録

円弧一覧

スライス情報

- 計算過程 -

計算結果印刷

閉じる

11.8.1. 解析条件

まず、解析の条件を設定する必要があります。**浸透流繰返し条件ボタン**をクリックし、[浸透流繰返し条件と出力条件]ダイアログを表示させます。

降雨時の検討

土質定数 不飽和浸透特性 メッシュ 浸透・浸出面 降雨 排水層 計算

計算条件の設定

浸透流 繰返し条件

メッシュ生成

計算開始

すべり面強度 地層値

計算式の選択 修正Fellenius法(道路土工式・湛水なし)

円弧の制限範囲

選択 降雨時間 中心 X 中心 Y 半径(m) 安全率

断面表示設定

FEM情報

局所動水勾配

水位を登録

円弧一覧

スライス情報

- 計算過程 -

計算結果印刷

閉じる

浸透流計算繰返し条件と出力条件

計算収束条件

許容誤差 0.010 (m)

最大繰返し回数 20 (回)

負の圧力水頭の下限值 0.000 (m)

水位データ作成方法

☒ 同一鉛直線上で最も下の水位

☐ 飽和していると見なす距離を考慮

飽和距離 1.000 (m)

再確認

タイムステップ

タイムステップ 最小値 0.010 (h)

最大値 10.000 (h)

出力時間 (h)

	浸透流計算
1	10.00
2	20.00
3	30.00
4	60.00
5	100.00
6	200.00
7	600.00
8	
9	
10	

挿入

削除

OK

キャンセル

- (1) 許容誤差：単位は **m** です。**0.000m** よりも大きな値を指定します。通常は **0.01~0.5m** 程度にします。**FEM** 要素のうち、最も小さいものの **1/10** 程度が目安です。繰返しの前後の計算結果の差が、ここで指定した許容誤差以下になった場合、解が求まったものとみなします。
- (2) 最大繰返し回数：1 以上の整数値を指定します。通常は、**10~20** 回を指定します。ここで指定した繰返し回数内で解が求まらなかった場合は、計算を中止します。
- (3) 負の圧力水頭の下限值：水面より上の不飽和領域について、計算開始時点の圧力水頭をある値よりも小さくしたくない場合に設定します。単位は **m** です。初期値は **0.000m** が設定されています。一般的には、この設定値を変更する必要はありません。**0.000m** よりも小さな値を指定すると、不飽和の圧力水頭は、この値よりも小さくなることはありません。
- (4) タイムステップ：浸透流解析では、ある時間の計算結果を求めるため、その時間に達するまで少しずつ時間を進めながら計算します。その時間の進め方をタイムステップの最小値と最大値で調整します。タイムステップの単位は、降雨(2.6.降雨参照)で設定した単位時間に合わせます。

(最小値)

0 よりも大きな値にしてください。また、降雨波形データの時間間隔よりも小さくなるようにしてください。

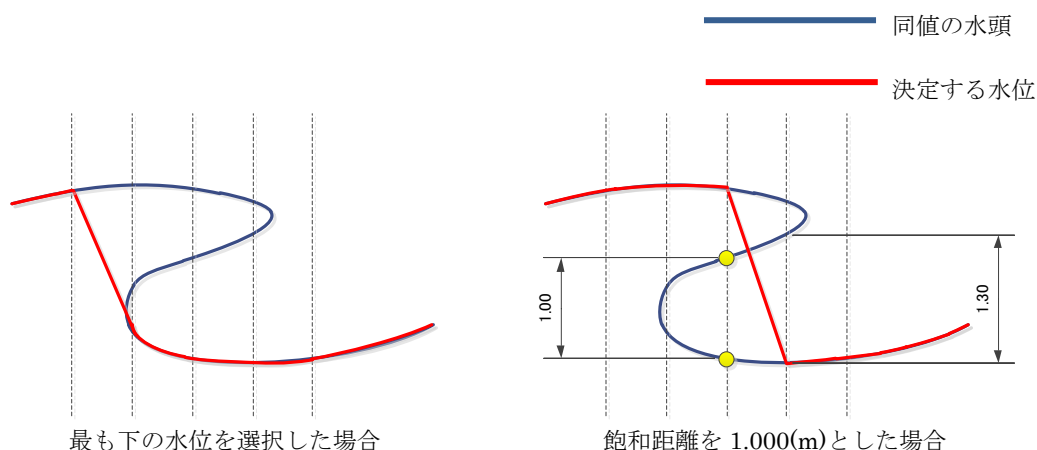
(最大値)

最小値よりも大きな値（数倍から数十倍程度）を指定します。

- (5) 出力時間：解析結果を表示する時間を設定します。時間は、降雨で設定した単位時間に合わせて入力してください。最大で **500** 個まで設定することができます。

なお、出力時間については、行の途中で挿入したい場合や削除したいデータがある場合は、**挿入**ボタンおよび**削除**ボタンで修正することができます。

- (6) 水位データの作成方法：浸透流解析を実施する際、ある任意の鉛直線上に同一の水頭値が複数存在する場合があります(下図参照)。その場合、最も標高の低い水位を採用し、安定計算を実行します。しかし、場合によっては、危険側の判定になることから、途中の不飽和部分を飽和状態として水位を構築することができます。その場合は**[○飽和すると見なす距離を考慮]**を選択し、飽和とみなす距離を入力してください。



例えば、上図のように鉛直線上にある距離を確認し、飽和距離以内になった場合は、最下点の水位データを無視して構築することになります。

設定が完了したら、**OK**ボタンをクリックしてください。

11.8.2. すべり面強度

すべり計算を実施する際、指定値で計算を行う場合は、**すべり面強度**ボタンをクリックします。初期値は“地層値”になっていますが、指定値での計算を実施する場合は、指定値 1 もしくは指定値 2 のどちらかを指定してください。

すべり面強度

すべり面強度の選択

☒ 地層値

☐ 指定値 1

☐ 指定値 2

OK キャンセル

指定値の設定がない場合

すべり面強度

すべり面強度の選択

☒ 地層値

☐ 指定値 1 C=20.0(kN/m²) φ=30.00(°)

☐ 指定値 2 C=10.0(kN/m²) φ=20.00(°)

OK キャンセル

指定値の設定がある場合

11.8.3. 計算式の選択

次に**計算式の選択**ボタンをクリックし、計画安全率や安定計算に用いる式を設定します。

計算式の選択ボタンをクリックすると次のようなダイアログが表示されます。必要に応じて、安全率や計算式を修正・選択してください。入力完了したら、**OK**ボタンをクリックします。

計算式の選択 (繰り返し円弧計算)

計算条件

☒ 降雨時

☐ 降雨地震時 Kh = 0.000

計画安全率 p,Fs = 1.200

計算式の選択

☐ Fellenius法

☐ Fellenius法 (土地改良基準)

☐ 修正Fellenius法

☒ 修正Fellenius法 (道路土工)

必要抑止力式の選択

☒ $p.Fs = (\sum S + Pr) / \sum T$

☐ $p.Fs = \sum S / (\sum T - Pr)$

OK キャンセル

<地震時について>

地震時を考慮すると、設定した kh と計画安全率を用いた計算が行えます。「道路土工・盛土工指針」では、降雨時+地震時という組み合わせの検討は行っておりません。そのため、地震時を検討する場合は、その説明が必要になる場合がありますので、ご注意ください。

11.8.4. メッシュ生成

計算を実施する前に、**メッシュ生成**ボタンをクリックし、設定したメッシュが正しく反映されているかどうかを確認してください。

降雨時の検討

土質定数 不飽和浸透特性 メッシュ 浸透・浸出面 降雨 排水層 計算

計算条件の設定

浸透流 繰返し条件

メッシュ生成

計算中止

すべり面強度 地層値

計算式の選択 修正Fellenius法(道路土工式・湛水なし)

円弧の制限範囲

選択 降雨時間 中心X 中心Y 半径(m) 安全率

断面表示設定

FEM情報

局所動水勾配

水位を登録

円弧一覧

スライス情報

計算過程

基本データの読み込み中です。

FEM要素データ作成開始。

節点を追加生成中。

要素分割中(1)。

要素分割中(2)。

バンド幅の調整中。

終了しました。

浸透流計算データを作成します。

終了しました。

FEM要素データを読み込んでいます。

終了しました。

浸透流モデルデータを読み込んでいます。

終了しました。

計算結果印刷

開じる

計算過程を示すコメント欄

メッシュ生成が正常であれば、計算過程のコメントが“終了しました”と表示されます。ここで、**断面表示設定**ボタンをクリックし、☐メッシュ図にチェックを入れ、**OK**ボタンをクリックしてください。

画面表示設定

FEM要素

☒メッシュ図

☐要素No ☐節点No

浸透流解析結果

☐流速ベクトル ☐グラデーション 設定

☐全水頭 等値線

☐圧力水頭 等値線

☐流量 等値線

安定計算結果 (円弧すべり)

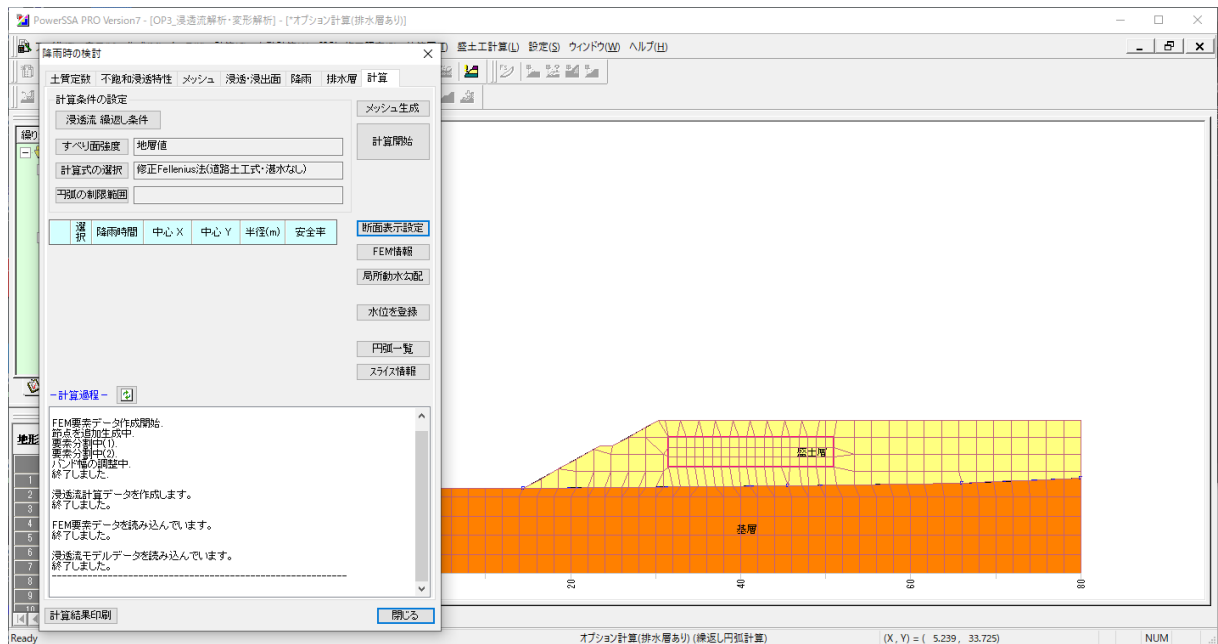
結果表示条件 2.000<深度

作図設定

OK キャンセル

メッシュ図にチェックします。

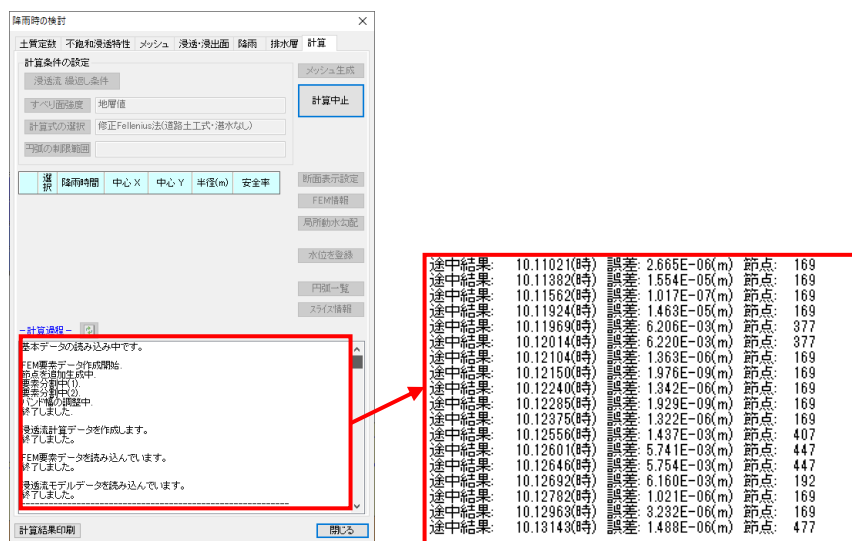
メイン画面にメッシュが表示されましたので、ここで、拡大・縮小を行いながら、各層で設定したメッシュが正しいかどうかを確認することができます。



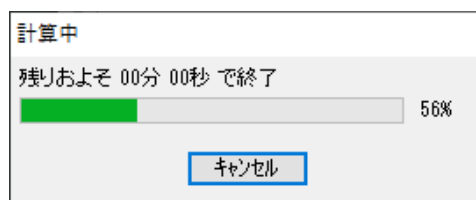
11.8.5. 計算開始

メッシュ設定が正しいことを確認したら、**計算開始**ボタンをクリックしてください。浸透流解析および安定計算を実施します。(定常流解析の場合は、浸透流解析のみ行います)

計算開始と同時にコメント欄に計算過程が表示されます。

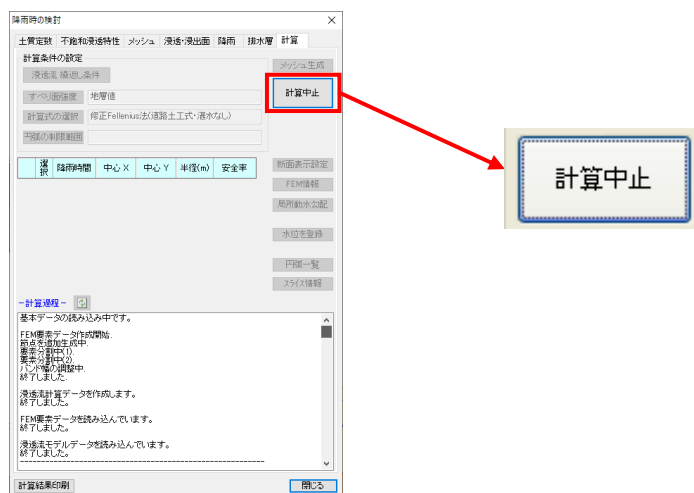


また、安定計算時(繰返し円弧計算)には、以下のダイアログで進捗状況を表示しています。

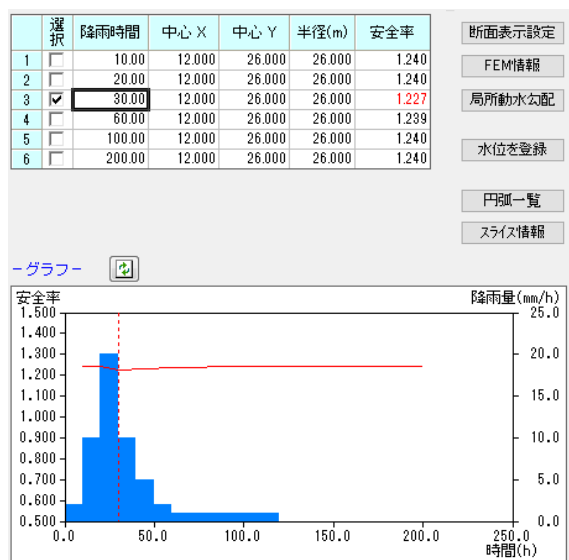


この時も、計算が正常に終了した場合、“終了しました”というコメントが表示されます。

もし、計算中に中止したい場合は、解析中の間、計算開始ボタンが計算中止ボタンに切り替わっていますので、計算中止を行う場合は、クリックしてください。

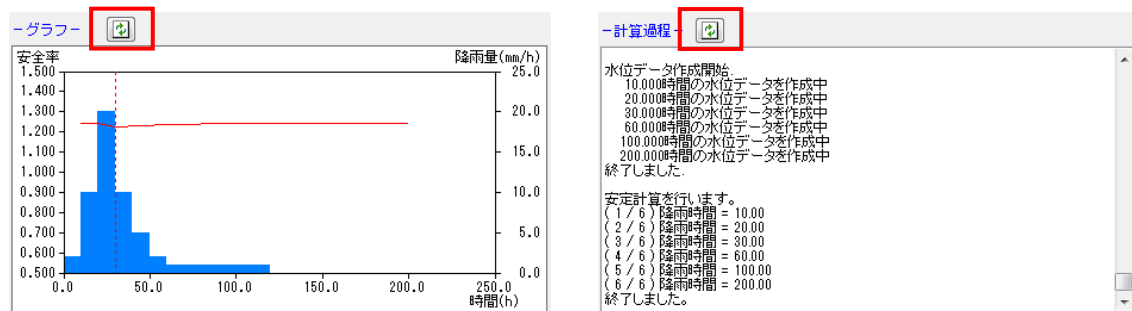


計算が終了すると、出力時間で設定した水位の状態および安全率を表示し、コメント欄に降雨波形と安全率のグラフが表示されます。



出力時間毎に安全率を表示しており、最も安全率の低い時間にカーソルが移動しています。なお、水位は、カーソル行における水位を表示しています。

コメント欄の左上にある切り替えボタンをクリックすると、計算時のコメント表示に切り替わります。



また、右上にある[□地震時結果を使用]にチェックを入れると、地震時のデータに切り替わります。

なお、計算が正常に作動しなかった場合、次のようなコメントが表示されます。

SUS/DAT ファイルに誤りがある

基本データファイルに誤りがあります。入力データを再確認して下さい。

中断

実行中に「進行状況」ウィンドウの〔中断〕を押しました。必要に応じて再計算して下さい。

空洞を含む地層が見つからない

入力データに誤りがある可能性があります。地層データを再確認して下さい。

分割幅 0 の領域が多すぎる

入力データに誤りがある可能性があります。FEM の要素に関するデータのうち、地層の要素の大きさを再確認して下さい。

1 節点の属する領域が多すぎる

FEM の要素に関するデータのうち、地層および部分領域の要素の大きさを一段階大きくして下さい。要素の大きさが大きく異なる地層が隣接する場合は、部分領域を設定するか、大きさの差を小さくして下さい。

節点数が大きくなりすぎた

FEM の要素に関するデータのうち、地層および部分領域の要素の大きさを一段階大きくして下さい。

入力データに誤りがある

基本データファイルに誤りがあります。入力データを再確認して下さい。

節点を共有する要素が多くなりすぎた

要素の大きさが大きく異なる地層が隣接する場合は、部分領域を設定するか、大きさの差を小さくして下さい。

初期全水頭を求められない

初期水位データを再確認して下さい。

水位一定境界上の節点が見つからない

地層データと水位一定箇所データを再確認して下さい。

線分上にある節点数超過

FEM の要素に関するデータのうち、地層および部分領域の要素の大きさを一段階大きくして下さい。

浸出面上の節点数超過

FEM の要素に関するデータのうち、地層および部分領域の要素の大きさを一段階大きくして下さい。

水位変動境界上の節点数超過

FEM の要素に関するデータのうち、地層および部分領域の要素の大きさを一段階大きくして下さい。

降雨浸透境界上の節点数超過

FEM の要素に関するデータのうち、地層および部分領域の要素の大きさを一段階大きくして下さい。

降雨浸透境界上の節点が見つからない

地層データと降雨浸透箇所データを再確認して下さい。

11.8.6. グラフ設定

表示されている降雨波形と安全率のグラフの表示方法を変更することができます。グラフ設定ボタンをクリックすると、グラフに関する画面が表示されます。

グラフ描画設定

X 軸設定

☒ 値を表示する
☒ 自動設定
☐ 最大値とピッチを設定 最大値 (hour)
ピッチ (hour)

Y 軸設定

降雨量設定

☒ 値を表示する
☒ 折れ線を塗りつぶす
☒ 自動設定
☐ 最大値とピッチを設定 最大値 (mm)
ピッチ (mm)
降雨グラフの色設定

安全率設定

☒ 値を表示する
☐ 自動設定
☒ 最大・最小値とピッチ設定 最小値
最大値
ピッチ
安全率グラフの色設定

OK キャンセル

ここでは、X 軸、Y 軸、安全率の表示方法を設定することができます。軸の描画範囲を任意で修正したい場合は、[☐ 最大値とピッチを設定]を選択し、最大値とピッチを任意で必要に応じて修正することができます。

グラフ描画設定

X 軸設定

☒ 値を表示する
☒ 自動設定
☐ 最大値とピッチを設定 最大値 (hour)
ピッチ (hour)

また、線の色を変更することができます。色設定のマークをクリックすると、色設定画面が表示されますので、好みに合わせて選択してください。

11.8.7. 断面表示設定

メイン画面に表示されている地形に対して、解析結果を重ねて表示することができます。

断面表示設定 ボタンをクリックすると、以下の画面が表示されます。

断面表示設定

FEM要素

☐ メッシュ図
☐ 要素No ☐ 節点No

浸透流解析結果

☐ 流速ベクトル ☐ グラデーション
☐ 全水頭 等値線
☐ 圧力水頭 等値線
☐ 流量 等値線

安定計算結果 (円弧すべり)

結果表示条件

OK キャンセル

グラデーションにおいて、色の設定が行えます。色設定を行う場合は、**設定** ボタンをクリックしてください。設定欄を開いたら、色の部分をクリックしてお好みの色を選択してください。

グラデーション設定

グラデーション表示

☒ 全水頭 ☐ 圧力水頭

全水頭

最大値 4.757

最小値 0.000

最大値の色

中間値の色

最小値の色

圧力水頭

最大値 14.352

最小値 -6.790

最大値の色

中間値の色

最小値の色

OK

キャンセル

11.8.8. FEM情報

FEM 情報ボタンをクリックすると、以下の画面が表示されます。ここでは、節点情報と要素情報を確認することができます。

FEM情報

表示条件

出力時間

10.00

~

10.00

(hour)

FEM要素

節点No

1

~

427

要素No

1

~

395

更新

節点情報

要素情報

出力 時間	節点 No	節点座標 (m)		水頭値 (m)		流量 (m³/hour)
		X 座標	Y 座標	全水頭	圧力水頭	
10.00	1	0.000	-10.000	0.000	10.000	-6.523E-05
10.00	2	0.000	-7.758	0.000	7.758	-1.230E-04
10.00	3	0.000	-5.516	0.000	5.516	-1.009E-04
10.00	4	0.000	-3.274	0.000	3.274	-6.581E-05
10.00	5	0.000	-1.032	0.000	1.032	-1.568E-05
10.00	6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000E+00
10.00	7	2.000	-10.000	0.032	10.032	0.000E+00
10.00	8	2.000	-7.758	0.030	7.788	0.000E+00
10.00	9	2.000	-5.516	0.025	5.541	0.000E+00
10.00	10	2.000	-3.274	0.016	3.290	0.000E+00
10.00	11	2.000	-1.032	0.005	1.037	0.000E+00
10.00	12	2.000	0.000	0.000	0.000	-3.713E-05
10.00	13	4.000	-10.000	0.068	10.068	0.000E+00
10.00	14	4.000	-7.758	0.064	7.822	0.000E+00
10.00	15	4.000	-5.516	0.053	5.569	0.000E+00
10.00	16	4.000	-3.274	0.034	3.308	0.000E+00
10.00	17	4.000	-1.032	0.011	1.043	0.000E+00
10.00	18	4.000	0.000	0.000	0.000	-7.862E-05
10.00	19	6.000	-10.000	0.109	10.109	0.000E+00
10.00	20	6.000	-7.758	0.103	7.861	0.000E+00

開じる

FEM情報

表示条件

出力時間 ~ (hour)

FEM要素 節点No ~

要素No ~

節点情報 要素情報

出力時間	要素No	構成節点					流速(m/hour)			流速の向き(°)
							X成分	Y成分	大きさ	
10.00	1	415	425	426	416	9.825E-04	-4.092E-04	1.064E-03	337.39	
10.00	2	356	357	347	346	1.235E-05	-1.991E-03	1.991E-03	270.36	
10.00	3	376	377	357	356	6.997E-05	-1.964E-03	1.965E-03	272.04	
10.00	4	416	417	407	406	1.064E-03	-1.506E-03	1.844E-03	305.24	
10.00	5	414	413	423	424	2.279E-04	-2.368E-05	2.292E-04	354.07	
10.00	6	422	423	413	412	1.171E-05	-1.042E-05	4.299E-05	345.97	
10.00	7	414	424	425	415	3.555E-04	-2.495E-04	4.343E-04	324.93	
10.00	8	411	412	402	401	1.661E-05	-1.416E-05	2.183E-05	319.54	
10.00	9	414	404	403	413	1.685E-04	-1.001E-04	1.960E-04	329.28	
10.00	10	379	380	370	369	-1.442E-06	-2.141E-06	2.582E-06	286.04	
10.00	11	78	79	70	69	-7.934E-05	-1.682E-03	1.684E-03	267.30	
10.00	12	369	370	360	359	-2.479E-06	3.767E-07	2.508E-06	171.36	
10.00	13	336	337	327	326	2.097E-05	-2.005E-03	2.005E-03	270.60	
10.00	14	359	360	350	349	-1.563E-06	3.307E-06	3.658E-06	115.30	
10.00	15	316	317	307	306	8.411E-05	-0.210E-03	2.018E-03	272.39	
10.00	16	349	350	340	339	1.363E-06	-2.002E-06	6.448E-06	77.80	
10.00	17	296	297	282	281	1.912E-04	6.302E-03	2.011E-03	275.45	
10.00	18	339	329	328	338	8.147E-06	2.943E-06	8.663E-06	19.86	
10.00	19	256	245	244	255	5.899E-04	-9.045E-04	1.080E-03	303.11	
10.00	20	329	330	320	319	1.295E-05	1.134E-05	1.721E-05	411.19	

開示

節点情報：表示条件に合わせて、出力時間、節点 No、節点座標、全水頭、圧力水頭、流量を表示します。(上図左)

要素情報：表示条件に合わせて、出力時間、要素 No、構成節点、流速(X、Y、大きさ)、流速の向きを表示します。

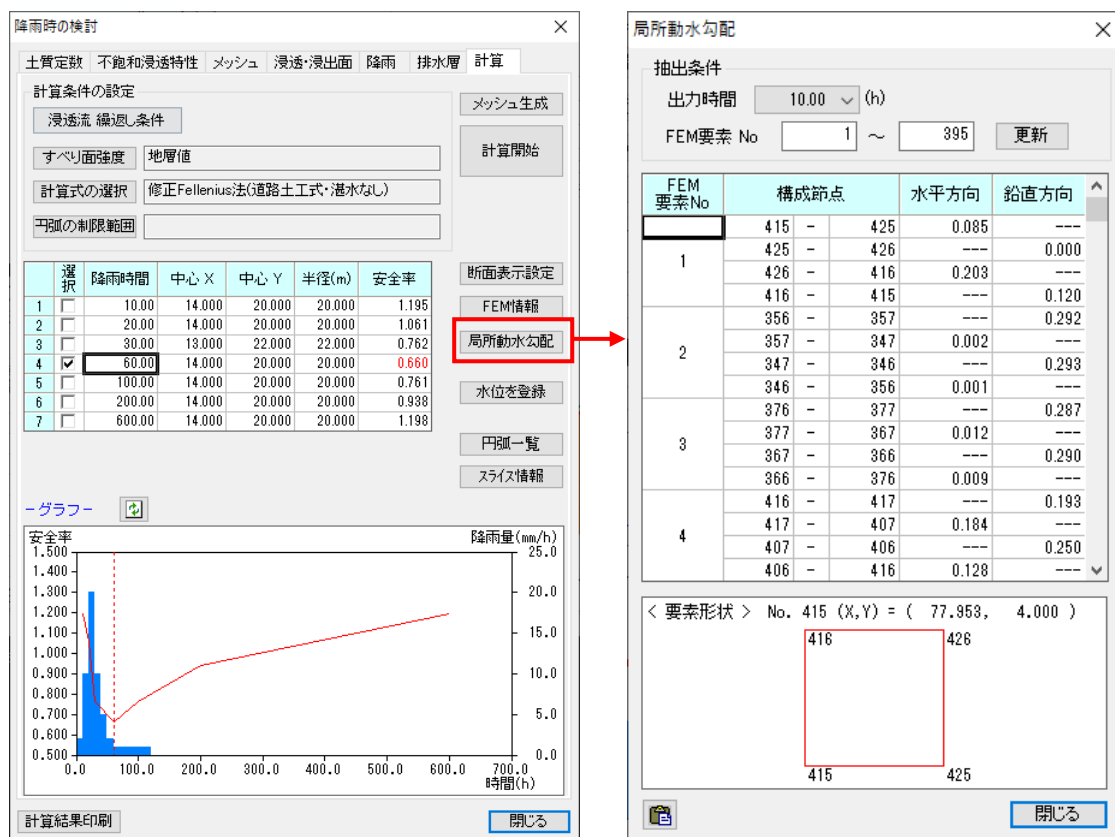
ここで言う節点とは、メッシュを構成した際の交点のことで、要素は節点で囲まれた四角形もしくは三角形のことです。

表示条件では、出力時間、節点 NO、要素 NO を範囲指定できます。1 つだけ抽出する場合は、同じ値をテキストに入力してください。**更新**ボタンをクリックすると、条件に合わせて内容を再表示します。

この情報は印刷帳票として出力は行いません。ただし、この情報をクリップボードにコピーすることができます。画面左下にあるコピーボタンをクリックすれば、他のソフトウェアに貼り付けることが可能です。

11.8.9. 局所動水勾配

要素毎に局所動水勾配を確認することができます。**局所動水勾配**ボタンをクリックすると以下のような画面が表示されます。



局所動水勾配は水平方向と鉛直方向で表示されます。出力時間、FEM 要素 No を指定し、**更新**ボタンをクリックすると条件に合わせて再表示します。

この情報は印刷帳票として出力は行いません。ただし、この情報をクリップボードにコピーすることができます。画面左下にあるコピーボタンをクリックすれば、他のソフトウェアに貼り付けることが可能です。

11.8.10. 水位の登録

浸透流解析で求めた水位を水位データとして登録することができます。非定常流解析で求めた場合、出力時間毎に水位が変化するため、登録したい出力時間にカーソルを移動後、**水位を登録**ボタンをクリックします。

クリックすると、水位名称を決定してください。名称を変更後、**登録**ボタンをクリックすると、Power SSA の水位データとして登録され、他のケースでも利用することが可能になります。

水位データの登録

入力値として登録する水位データ [降雨時間 60.00]

水位名 降雨時間=60.00

登録 キャンセル

11.8.11. 円弧一覧

繰返し円弧計算で安定計算を実施した場合、決定した円弧以外の情報を確認することができます。確認したい時間にカーソルを移動し、**円弧一覧**ボタンをクリックすると、以下のような画面が表示されます。

時間別繰返し円弧一覧

指定降雨時間 60.00 (h) 作図設定

結果表示条件 2,000<深度 表示件数 624 / 全データ件数 693

	採用	中心X	中心Y	半径(m)	すべり抵抗力(kN/m)	すべり力(kN/m)	安全率	抑止力(kN/m)	最大深度(m)
1	<input checked="" type="checkbox"/>	14,000	20,000	20,000	116.741	176.729	0.660	95.4	2.316
2	<input type="checkbox"/>	13,000	22,000	22,000	103.460	156.241	0.662	84.1	2.083
3	<input type="checkbox"/>	14,000	21,000	21,000	131.521	194.926	0.674	102.4	2.444
4	<input type="checkbox"/>	14,000	22,000	22,000	146.590	212.288	0.690	108.2	2.571
5	<input type="checkbox"/>	15,000	20,000	20,000	159.834	231.333	0.690	117.8	2.805
6	<input type="checkbox"/>	12,000	26,000	26,000	116.103	166.667	0.696	83.9	2.102
7	<input type="checkbox"/>	15,000	21,000	21,000	175.374	247.995	0.707	122.3	2.926
8	<input type="checkbox"/>	14,000	24,000	24,000	175.920	242.634	0.725	115.3	2.799
9	<input type="checkbox"/>	15,000	22,000	22,000	190.700	262.568	0.726	124.4	3.035
10	<input type="checkbox"/>	12,000	28,000	28,000	142.777	195.671	0.729	92.1	2.327
11	<input type="checkbox"/>	16,000	20,000	20,000	204.355	279.485	0.731	131.1	3.271
12	<input type="checkbox"/>	15,000	22,000	21,000	101.499	137.235	0.739	63.2	2.035
13	<input type="checkbox"/>	16,000	21,000	21,000	220.340	293.538	0.750	132.0	3.369
14	<input type="checkbox"/>	16,000	21,000	20,000	128.114	170.177	0.752	76.1	2.369
15	<input type="checkbox"/>	14,000	26,000	26,000	204.092	268.232	0.760	117.8	2.990
16	<input type="checkbox"/>	16,000	22,000	22,000	236.253	306.431	0.770	131.5	3.457
17	<input type="checkbox"/>	16,000	22,000	21,000	141.452	182.893	0.773	78.1	2.457
18	<input type="checkbox"/>	14,000	28,000	28,000	231.863	290.018	0.799	116.2	3.151
19	<input type="checkbox"/>	14,000	19,000	20,000	232.361	287.501	0.808	112.7	3.189
20	<input type="checkbox"/>	16,000	24,000	24,000	266.259	328.729	0.809	128.3	3.608

詳細情報 印刷 閉じる

円弧情報として、中心 X、中心 Y、半径、安全率、抑止力、最大深度を確認することができます。計算を行った場合、自動的に【最小安全率の円弧】が採用されるようになっています。ただし、円弧の描画を確認するとイメージする円弧と異なる場合があります。その時は、以下のような手法で採用円弧を変更することができます。

(1) 採用したい円弧にチェックを入れる。

左にある採用欄で、採用したい円弧にチェックを入れ直せば、その結果が解析結果として反映されます。最も簡単な手法です。

(2) 結果表示条件で絞り込みを行った後、最小安全率の円弧を採用する。

画面左上にある**結果表示条件**ボタンをクリックします。

計算結果表示条件の設定

下記の条件により、計算結果を表示します。

☐ 安全率 < 0.000 < Fs < 1.400

☐ 抑止力 (kN/m) < 20.0 < Pr <

☐ すべり力 (kN/m) < 0.000 < T <

☒ 深度 (m) < 2,000 < 深度 <

☐ オーバーハングする円弧を除外

☐ 異常値(Fs ≤ 0, T ≤ 0 など)を除外

各メッシュごとの計算結果

☒ 全て表示

☐ 最小安全率のみ表示

☐ 最大抑止力のみ表示

☐ 最小安全率と最大抑止力を表示

※ この条件は降雨時間の結果全てに反映されます

OK キャンセル

繰返し円弧計算]ダイアログの結果表示条件ボタンをクリックすると、計算結果に制限をかけて絞り込むことができます。繰返し円弧計算では、極端に小さな円弧や薄い円弧ができてしまう場合があります。このような特例の円弧を除外するのに有効です。

安全率、抑止力、すべり力、深度、オーバーハングする円弧、異常値除外の各チェックボックスをオンにすると、計算結果の絞り込みが有効になります。また、安全率、抑止力、すべり力、深度については制限となる数値を自由に設定することができます。

各メッシュの計算結果では、円弧の中心メッシュ 1 点について、すべての半径のすべり面を表示するか、または最小安全率などの代表的なすべり面のみを表示するかを設定できます

11.8.12. スライス情報

安定計算に用いる土塊重量や抵抗力・滑動力などの情報を確認することができます。スライスについては、Power SSA 本体に搭載されている機能と同じです。なお、スライスに関する内容については、技術資料(スライス)をご覧ください。

スライス情報

	高さ h1(m)	高さ h2(m)	スライス幅 b(m)	すべり長 l(m)	すべり角 α(°)	水位高 hw(m)	C (kN/m2)	φ(°)	重量 W(kN/m)	間隙水圧 (kN/m)	抵抗力 (kN/m)	滑動力 (kN/m)
1	0.000	2.038	5.000	5.071	10.801	1.128	0.000	30.000	101.5	55.4	25.577	19.021
2	2.038	2.271	0.938	0.983	17.371	2.154	0.000	30.000	36.4	19.3	8.891	10.868
3	2.271	2.373	0.496	0.526	19.516	2.300	0.000	30.000	20.7	10.8	5.023	6.915
4	2.373	2.589	1.487	1.611	22.587	2.333	0.000	30.000	66.8	32.0	17.147	25.657
5	2.589	2.628	0.496	0.550	25.668	2.280	0.000	30.000	23.2	10.2	6.178	10.049
6	2.628	2.633	0.088	0.099	26.598	2.261	0.000	30.000	4.1	1.8	1.097	1.836
7	2.633	2.651	0.407	0.459	27.396	2.185	0.000	30.000	19.4	7.9	5.369	8.927
8	2.651	2.374	0.500	0.571	28.854	2.060	0.000	30.000	22.5	9.0	6.178	10.858
9	2.374	2.080	0.500	0.580	30.499	1.920	0.000	30.000	20.0	8.3	5.138	10.150
10	2.080	1.765	0.500	0.591	32.172	1.740	0.000	30.000	17.3	7.4	4.157	9.212
計	-	-	15.280	17.679	-	-	-	-	431.3	183.1	116.741	176.729

閉じる

11.8.13. 印刷

採用した結果に対して、報告書形式にて出力することができます。画面左下にある「計算結果印刷」ボタンをクリックすると以下のような画面が表示されます。

印刷(浸透流解析)

印刷項目の選択

☒ 総括表
☒ 計算条件
☒ 解析・安定計算結果一覧
☒ 不飽和浸透特性グラフ

印刷

Word出力

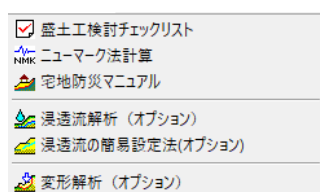
閉じる

印刷項目として、総括表、計算条件、解析・安定計算結果一覧、不飽和浸透特性グラフを選択できます。必要に応じて、出力する項目にチェックを入れ、「印刷」ボタンもしくは「Word 出力」ボタンをクリックしてください。

11.9. 浸透流簡易設定法

11.9.1. 入力方法

「道路土工・盛土工指針」では、図解法の一つとして、地山からの浸透流を仮定した簡便法を紹介しています。この浸透流簡易設定法コマンドでは、簡易設定法で行った場合の水位を入力し、新たに水位線を登録できるまでを行います。



上図のように、[メニュー]-[盛土工計算]-[浸透流の簡易設定法(オプション)]を選択します。

浸透流の簡易設定法

浸透水（盛土内の水位を入力してください）

水位名 水位登録

☐ マウス入力（色付きセル）

	X座標 (m)	Y座標 (m)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

更新 クリア

入力した座標を反映する場合は[更新]ボタンをクリックします。
更新後、水位を登録する場合は[水位登録]ボタンをクリックします。

地山の境界条件、盛土の浸透特性等の不確定な面が大きいため、実務上は「4-9-5 地下水排水工」に示す排水材料、厚さの基礎排水層を設置することを前提に図に示すような地山からの浸透流を仮定した簡便法で行なう。

道路土工・盛土工指針P118より一部修正

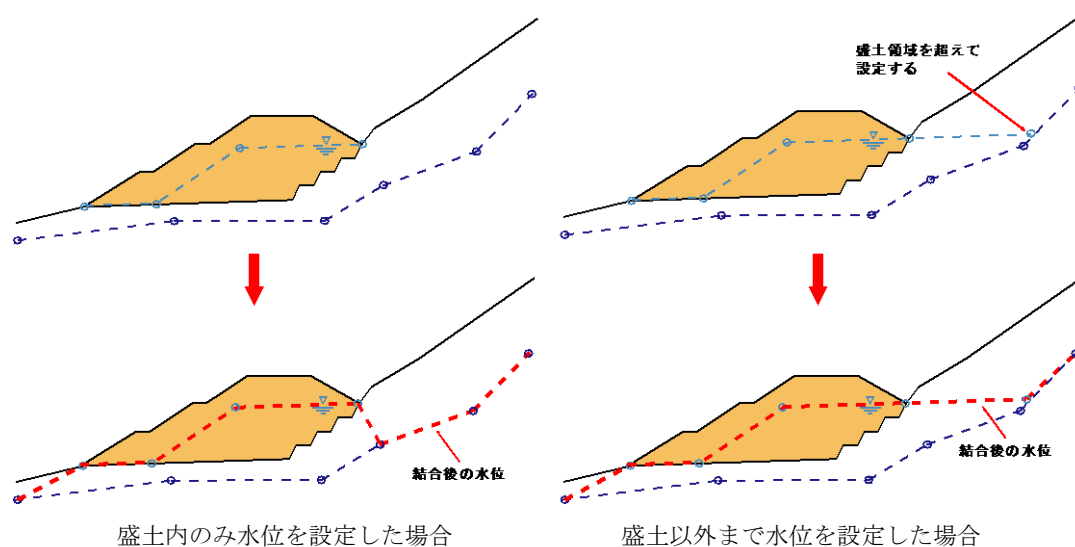
ポイント 閉じる

選択すると、次のようなダイアログが表示されます。ここで、水位名を入力します。入力後は、マウスもしくは座標入力で盛土内の水位を設定してください。

入力後、**更新**ボタンで、既にある水位と入力した水位の結合を行います。結合後の水位が妥当であれば、**水位登録**ボタンをクリックし、新規に水位が登録されることになります。

また、入力したデータが正しくない場合は、任意で修正するか**クリア**ボタンをクリックしてください。

簡易設定法の結合方法は入力した水位の始点と終点座標の領域にある既存の水位を消去し、既存の水位と結合する仕組みです。そのため、場合によっては、下図左にあるモデルのように盛土内だけで水位を設定すると、既存の水位と結合した際、不自然な水位線が構築される可能性があります。



その場合は、盛土内に限らず、上図右のように水位入力において、盛土を超えて水位を設定することによって、想定している水位を実現しやすくなります。必要に応じて、座標値の入力を行い、**更新**ボタンをクリックしてください。

(空白ページ)

12. 技術資料

12.1. 記号の説明

本プログラムにおける、共通の記号を以下に説明します。

記号	名称	SI 単位	従来単位
F_s	安全率	—	—
$p.F_s$	計画安全率	—	—
P_r	必要抑止力	kN/m	tf/m
C	すべり面の粘着力	kN/m ²	tf/m ²
ϕ	すべり面の内部摩擦角	°	°
γ_t	土の単位体積湿潤重量	kN/m ³	tf/m ³
γ_{sat}	土の単位体積飽和重量	kN/m ³	tf/m ³
W	スライスの重量	kN/m	tf/m
α	すべり面と水平面とのなす角	°	°
R	すべり面円弧の半径	m	m
l	各スライス毎のすべり面長	m	m
d	スライス幅	m	m
h	スライスのすべり面から水位までの平均高さ	m	m
N	スライスにかかるすべり面の法線力	kN/m	tf/m
T	スライスにかかる地すべり力	kN/m	tf/m
S	スライスにかかる地すべり抵抗力	kN/m	tf/m
u	スライスにかかる間隙水圧	kN/m ²	tf/m ²
Kh	水平震度係数	—	—
y	スライス重心から円弧中心までの垂直距離	m	m
Q	冠頭部亀裂に働く水圧の水平外力	kN/m	tf/m
f_0	修正係数	—	—
\sum_i	全てのスライス	—	—
\sum_j	C_ϕ が既知であるスライス	—	—
\sum_k	C_ϕ が逆計算であるスライス	—	—

12.2. 安定計算式の説明

12.2.1. 安定計算式の種類

本プログラムにおける安定計算式の種類は以下のとおりです。

Fellenius 法（湛水なし）
Fellenius 法（基準水面法）
Fellenius 法（フィルダム法）
修正 Fellenius 法
修正 Fellenius 法（道路土工）
Fellenius 法（土地改良基準）
Fellenius 法(R/a 補正)
簡易 Bishop 法
簡易 Janbu 法
SHIN-Janbu 法（初動すべり）
SHIN-Janbu 法（変則すべり）
SHIN-Janbu 法（単独すべり）
SHIN-Janbu 法（一体すべり）
チェボタリオフ法
宅地防災マニュアル（二次元の分割法）

12.2.2. Fellenius法(湛水なし)

(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha)}$$

$$\text{地震時} : F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha) \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{V}{R} \cdot K_h \cdot W)}$$

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = p \cdot F_s \cdot \sum T - \sum S$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \sum T - \frac{1}{p \cdot F_s} \sum S$$

ここで、

$$\begin{aligned} \text{常時} : \sum S &= \sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\} \\ \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{地震時} : \sum S &= \sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha) \cdot \tan \phi\} \\ [\text{直線}] \quad \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha + K_h \cdot W \cdot \cos \alpha) \end{aligned}$$

$$[\text{円弧}] \quad \sum T = \sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{V}{R} \cdot K_h \cdot W)$$

(3) 逆計算式

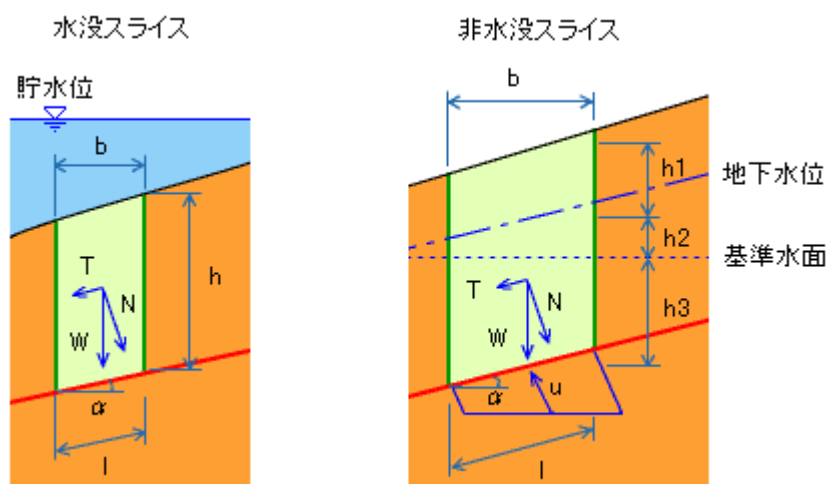
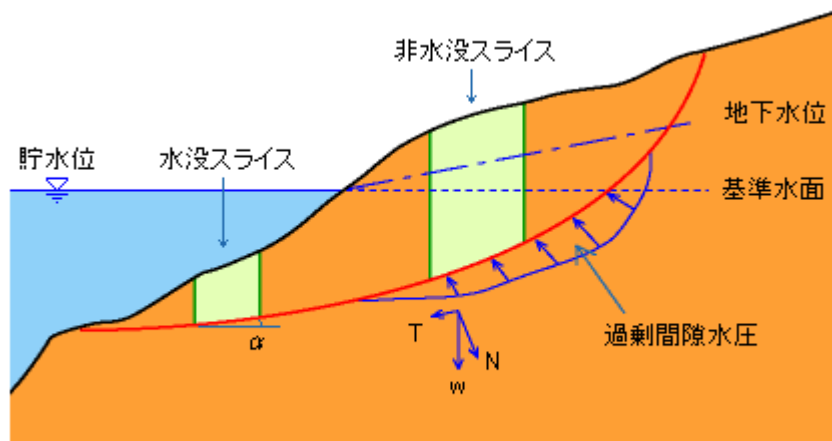
C を指定する場合 :

$$\tan \phi = \frac{F_s \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\} - C \cdot \sum_k l}{\sum_k (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l)}$$

ϕ を指定する場合 :

$$C = \frac{F_s \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\} - \sum_k \{(W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum_k l}$$

12.2.3. Fellenius法(基準水面法)



(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (N - U) \cdot \tan \phi\}}{\sum T}$$

$$\text{地震時} : F_s = \frac{\lambda \cdot \sum \{C \cdot l + (N - N_e - U) \cdot \tan \phi\}}{\sum (T + T_e)}$$

水没スライス :

$$N = W \cdot \cos \alpha = (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) \cdot h \cdot d \cdot \cos \alpha$$

$$U = 0$$

$$T = W \cdot \sin \alpha = (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) \cdot h \cdot d \cdot \sin \alpha$$

$$N_e = K_h \cdot \gamma_{\text{sat}} \cdot h \cdot d \cdot \sin \alpha$$

$$T_e = K_h \cdot \gamma_{\text{sat}} \cdot h \cdot d \cdot \cos \alpha$$

非水没スライス :

$$N = W \cdot \cos \alpha = \{ \gamma_t \cdot h_1 \cdot d + \gamma_{\text{sat}} \cdot h_2 \cdot d + (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) \cdot h_3 \cdot d \} \cdot \cos \alpha$$

$$U = \gamma_w \cdot h_2 \cdot l \quad (\text{Fellenius 法})$$

$$U = \gamma_w \cdot h_2 \cdot l \cdot \cos^2 \alpha \quad (\text{修正 Fellenius 法})$$

$$U = \gamma_w \cdot h_2 \cdot d \cdot \cos \alpha \quad (\text{修正 Fellenius 法 道路土工式})$$

$$T = W \cdot \sin \alpha = \{ \gamma_t \cdot h_1 \cdot d + \gamma_{\text{sat}} \cdot h_2 \cdot d + (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) \cdot h_3 \cdot d \} \cdot \sin \alpha$$

$$N_e = K_h \cdot \{ \gamma_t \cdot h_1 \cdot d + \gamma_{\text{sat}} \cdot \{h_2 + h_3\} \cdot d \} \cdot \sin \alpha$$

$$T_e = K_h \cdot \{ \gamma_t \cdot h_1 \cdot d + \gamma_{\text{sat}} \cdot \{h_2 + h_3\} \cdot d \} \cdot \cos \alpha$$

ここで、

λ : 地震時の補正係数

γ_t : 土塊の湿潤単位体積重量

γ_{sat} : 土塊の飽和単位体積重量

γ_w : 水の単位体積重量

(2) 必要抑止力の計算式

分子の場合 : $Pr = p.F_s \cdot \Sigma T - \Sigma S$

分母の場合 : $Pr = \Sigma T - \frac{1}{p.F_s} \Sigma S$

ここで、

常時 : $\Sigma S = \Sigma \{ C \cdot l + (N - U) \cdot \tan \phi \}$

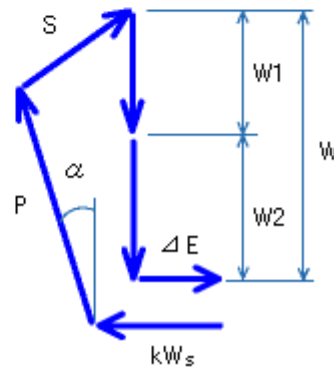
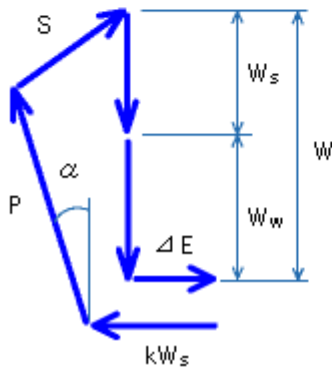
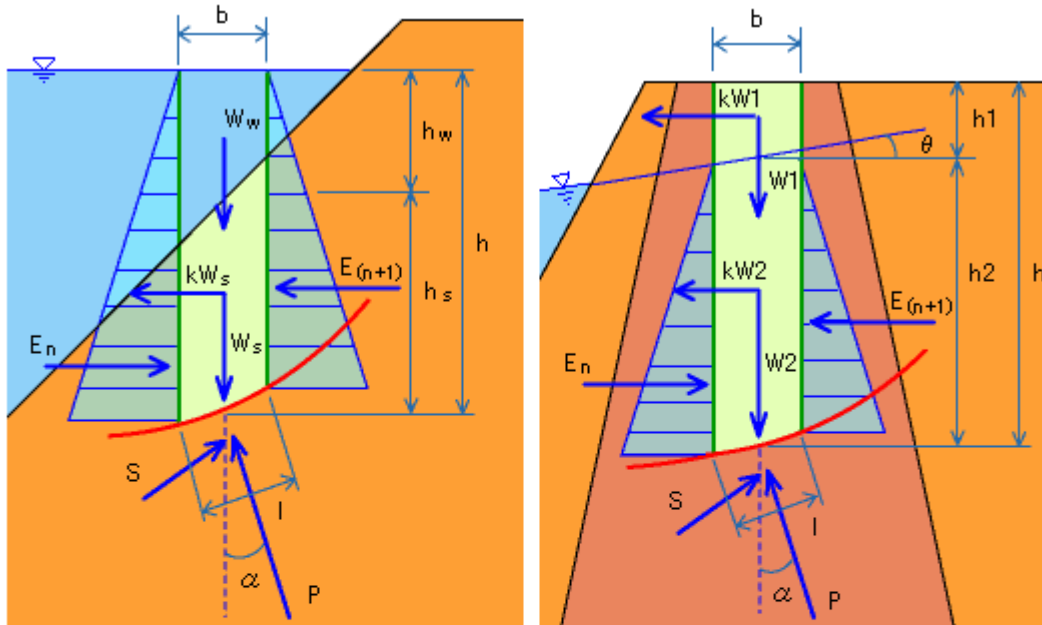
$\Sigma T = \Sigma (W \cdot \sin \alpha)$

地震時 : $\Sigma S = \Sigma \{ C \cdot l + (N - U - Ne) \cdot \tan \phi \}$

[直線] $\Sigma T = \Sigma (W \cdot \sin \alpha + Kh \cdot W \cdot \cos \alpha)$

[円弧] $\Sigma T = \Sigma (W \cdot \sin \alpha + \frac{y}{R} \cdot Kh \cdot W)$

12.2.4. Fellenius法(フィルダム法)



(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (N - U) \cdot \tan \phi\}}{\sum T}$$

$$\text{地震時} : F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (N - N_e - U) \cdot \tan \phi\}}{\sum (T + T_e)}$$

水没スライス :

$$\begin{aligned} N &= W \cdot \cos \alpha + \Delta E \cdot \sin \alpha \\ &= (W_s + W_w) \cdot \cos \alpha + (E_n - E_{n+1}) \cdot \sin \alpha \\ &= (h_s \cdot \gamma_{\text{sat}} + h_w \cdot \gamma_w) \cdot d \cdot \cos \alpha + h \cdot \gamma_w \cdot l \cdot \sin^2 \alpha \end{aligned}$$

$$N_e = K_h \cdot W_s \cdot \sin \alpha$$

$$U = h \cdot \gamma_w \cdot l \quad (\text{Fellenius 法})$$

$$U = h \cdot \gamma_w \cdot l \cdot \cos^2 \alpha \quad (\text{修正 Fellenius 法})$$

$$U = h \cdot \gamma_w \cdot d \cdot \cos \alpha \quad (\text{修正 Fellenius 法 道路土工式})$$

$$\begin{aligned} T &= W \cdot \sin \alpha - \Delta E \cdot \cos \alpha \\ &= (W_s + W_w) \cdot \sin \alpha - (E_n - E_{n+1}) \cdot \cos \alpha \\ &= h_s \cdot (\gamma_{\text{sat}} + \gamma_w) \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \end{aligned}$$

$$T_e = K_h \cdot W_s \cdot \cos \alpha$$

非水没スライス：

$$\begin{aligned}
 N &= W \cdot \cos \alpha + \angle E \cdot \sin \alpha \\
 &= (W_1 + W_2) \cdot \cos \alpha + (E_n - E_{n+1}) \cdot \sin \alpha \\
 &= (h_1 \cdot \gamma_t + h_2 \cdot \gamma_{sat}) \cdot b \cdot \cos \alpha + h_2 \cdot \gamma_w \cdot d \cdot (\tan \alpha - \tan \theta) \cdot \sin \alpha \\
 Ne &= Kh \cdot (W_1 + W_2) \cdot \sin \alpha \\
 &= Kh \cdot (h_1 \cdot \gamma_t + h_2 \cdot \gamma_{sat}) \cdot b \cdot \sin \alpha \\
 U &= h_2 \cdot \gamma_w \cdot l \quad (\text{Fellenius 法}) \\
 U &= h_2 \cdot \gamma_w \cdot l \cdot \cos^2 \alpha \quad (\text{修正 Fellenius 法}) \\
 U &= h_2 \cdot \gamma_w \cdot d \cdot \cos \alpha \quad (\text{修正 Fellenius 法 道路土工式}) \\
 T &= W \cdot \sin \alpha - \angle E \cdot \cos \alpha \\
 &= (W_1 + W_2) \cdot \sin \alpha - (E_n - E_{n+1}) \cdot \cos \alpha \\
 &= (h_1 \cdot \gamma_t + h_2 \cdot \gamma_{sat}) \cdot d \cdot \sin \alpha - h_2 \cdot \gamma_w \cdot d \cdot (\tan \alpha - \tan \theta) \cdot \cos \alpha \\
 Te &= Kh \cdot (W_1 + W_2) \cdot \cos \alpha \\
 &= Kh \cdot (h_1 \cdot \gamma_t + h_2 \cdot \gamma_{sat}) \cdot b \cdot \cos \alpha
 \end{aligned}$$

ここで、

γ_t : 土塊の湿潤単位体積重量
 γ_{sat} : 土塊の飽和単位体積重量
 γ_w : 水の単位体積重量

(2) 必要抑止力の計算式

分子の場合 : $Pr = p.Fs \cdot \Sigma T - \Sigma S$

分母の場合 : $Pr = \Sigma T - \frac{1}{p.Fs} \Sigma S$

ここで、

常時 : $\Sigma S = \Sigma \{C \cdot l + (N - U) \cdot \tan \phi\}$

$\Sigma T = \Sigma (W \cdot \sin \alpha - \angle E \cdot \cos \alpha)$

地震時 : $\Sigma S = \Sigma \{C \cdot l + (N - U - Ne) \cdot \tan \phi\}$

[直線] $\Sigma T = \Sigma (W \cdot \sin \alpha - \angle E \cdot \cos \alpha + Kh \cdot W \cdot \cos \alpha)$

[円弧] $\Sigma T = \Sigma (W \cdot \sin \alpha - \angle E \cdot \cos \alpha + \frac{y}{R} \cdot Kh \cdot W)$

12.2.5. 修正Fellenius法

(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l \cdot \cos^2 \alpha) \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha)}$$

$$\text{地震時} : F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l \cdot \cos^2 \alpha - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha) \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{Y}{R} \cdot K_h \cdot W)}$$

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = p \cdot F_s \cdot \sum T - \sum S$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \sum T - \frac{1}{p \cdot F_s} \sum S$$

ここで、

$$\begin{aligned} \text{常時} : \sum S &= \sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l \cdot \cos^2 \alpha) \cdot \tan \phi\} \\ \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{地震時} : \sum S &= \sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l \cdot \cos^2 \alpha - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha) \cdot \tan \phi\} \\ [\text{直線}] \quad \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha + K_h \cdot W \cdot \cos \alpha) \\ [\text{円弧}] \quad \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{Y}{R} \cdot K_h \cdot W) \end{aligned}$$

(3) 逆計算式

C を指定する場合 :

$$\tan \phi = \frac{F_s \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l \cdot \cos^2 \alpha) \cdot \tan \phi\} - C \cdot \sum_k l}{\sum_k (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l \cdot \cos^2 \alpha)}$$

ϕ を指定する場合 :

$$\begin{aligned} C &= [F_s \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l \cdot \cos^2 \alpha) \cdot \tan \phi\} \\ &\quad - \tan \phi \cdot \sum_k (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l \cdot \cos^2 \alpha)] / \sum_k l \end{aligned}$$

12.2.6. 修正Fellenius法(道路土工)

(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot d \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha)}$$

$$\text{地震時} : F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot d \cdot \cos \alpha - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha) \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{V}{R} \cdot K_h \cdot W)}$$

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = p \cdot F_s \cdot \sum T - \sum S$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \sum T - \frac{1}{p \cdot F_s} \sum S$$

ここで、

$$\begin{aligned} \text{常時} : \sum S &= \sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot d \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi\} \\ \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{地震時} : \sum S &= \sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot d \cdot \cos \alpha - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha) \cdot \tan \phi\} \\ [\text{直線}] \quad \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha + K_h \cdot W \cdot \cos \alpha) \\ [\text{円弧}] \quad \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{V}{R} \cdot K_h \cdot W) \end{aligned}$$

(3) 逆計算式

Cを指定する場合 :

$$\tan \phi = \frac{F_s \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot d \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi\} - C \cdot \sum_k l}{\sum_k (W \cdot \cos \alpha - u \cdot d \cdot \cos \alpha)}$$

ϕ を指定する場合 :

$$\begin{aligned} C &= [F_s \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot d \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi\} \\ &\quad - \tan \phi \cdot \sum_k (W \cdot \cos \alpha - u \cdot d \cdot \cos \alpha)] / \sum_k l \end{aligned}$$

12.2.7. Fellenius法(土地改良基準)

(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : Fs = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha)}$$

$$\text{地震時} : Fs = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l - Kh \cdot W \cdot \sin \alpha) \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha + Kh \cdot W \cdot \cos \alpha)}$$

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = p \cdot Fs \cdot \sum T - \sum S$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \sum T - \frac{1}{p \cdot Fs} \sum S$$

ここで、

$$\begin{aligned} \text{常時} : \sum S &= \sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\} \\ \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{地震時} : \sum S &= \sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l - Kh \cdot W \cdot \sin \alpha) \cdot \tan \phi\} \\ \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha + Kh \cdot W \cdot \cos \alpha) \end{aligned}$$

(3) 逆計算式

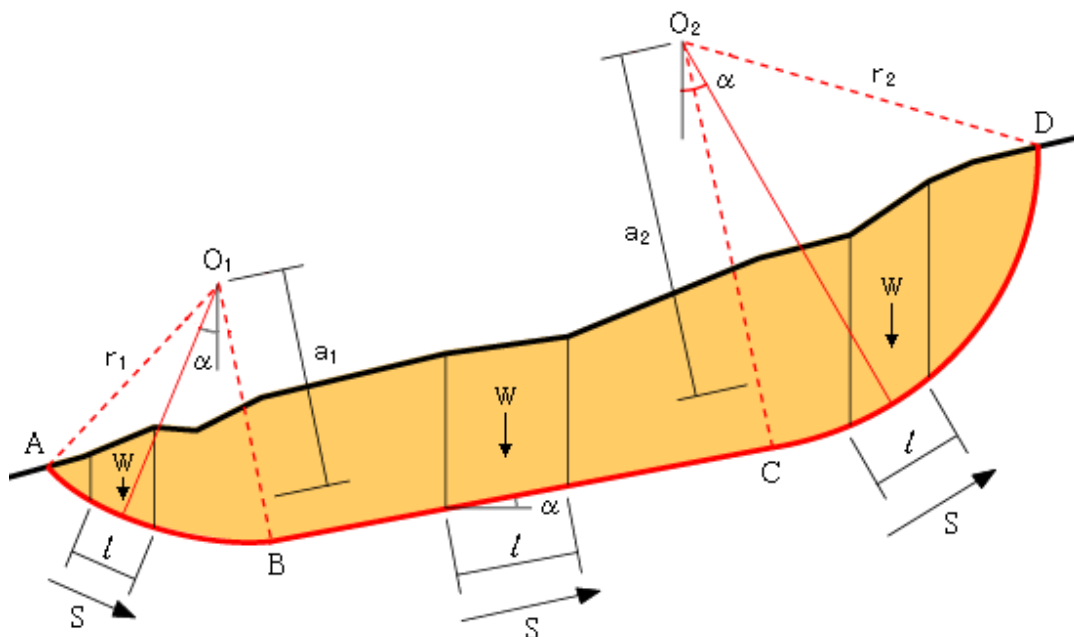
Cを指定する場合 :

$$\tan \phi = \frac{Fs \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\} - C \cdot \sum_k l}{\sum_k (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l)}$$

ϕ を指定する場合 :

$$C = \frac{Fs \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\} - \sum_k \{(W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum_k 1}$$

12.2.8. Fellenius法(R/a補正)



(1) 安全率の計算式

$$F_s = \frac{\frac{r_1}{a_1} \sum S_{AB} + \frac{r_2}{a_2} \sum S_{CD} + \sum S_{BC}}{\frac{r_1}{a_1} \sum T_{AB} + \frac{r_2}{a_2} \sum T_{CD} + \sum T_{BC}}$$

ここで、

$$\begin{aligned} \text{常時} : \sum S &= \sum \{ (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi + C \cdot l \} \\ \sum T &= \sum (W \cdot \sin \alpha) \end{aligned}$$

$$\text{地震時} : \sum S = \sum \{ (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha) \cdot \tan \phi' + C' \cdot l \}$$

$$[\text{直線}] \quad \sum T = \sum (W \cdot \sin \alpha + K_h \cdot W \cdot \cos \alpha)$$

$$[\text{円弧}] \quad \sum T = \sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{y}{R} \cdot K_h \cdot W)$$

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = p \cdot F_s \cdot \left(\frac{r_1}{a_1} \sum T_{AB} + \frac{r_2}{a_2} \sum T_{CD} + \sum T_{BC} \right) - \left(\frac{r_1}{a_1} \sum S_{AB} + \frac{r_2}{a_2} \sum S_{CD} + \sum S_{BC} \right)$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \left(\frac{r_1}{a_1} \sum T_{AB} + \frac{r_2}{a_2} \sum T_{CD} + \sum T_{BC} \right) - \frac{1}{p \cdot F_s} \left(\frac{r_1}{a_1} \sum S_{AB} + \frac{r_2}{a_2} \sum S_{CD} + \sum S_{BC} \right)$$

(3) 逆計算式

C を指定する場合 :

$$\tan \phi = \frac{Fs \cdot \sum_i T' - \sum_j S' - C \cdot (\frac{r_1}{a_1} \sum_k l_{AB} + \frac{r_2}{a_2} \sum_k l_{CD} + \sum_k l_{BC})}{\frac{r_1}{a_1} \sum_k (N_{AB} - U_{AB}) + \frac{r_2}{a_2} \sum_k (N_{CD} - U_{CD}) + \sum_k (N_{BC} - U_{BC})}$$

ϕ を指定する場合 :

$$C = \frac{Fs \cdot \sum_i T' - \sum_j S' - \tan \phi \cdot (\frac{r_1}{a_1} \sum_k (N_{AB} - U_{AB}) + \frac{r_2}{a_2} \sum_k (N_{CD} - U_{CD}) + \sum_k (N_{BC} - U_{BC}))}{\frac{r_1}{a_1} \sum_k l_{AB} + \frac{r_2}{a_2} \sum_k l_{CD} + \sum_k l_{BC}}$$

ここで、

$$\sum_j S' = \frac{r_1}{a_1} \sum_j S_{AB} + \frac{r_2}{a_2} \sum_j S_{CD} + \sum_j S_{BC}$$

$$\sum_i T' = \frac{r_1}{a_1} \sum_i T_{AB} + \frac{r_2}{a_2} \sum_i T_{CD} + \sum_i T_{BC}$$

12.2.9. 簡易Bishop法

(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = \frac{1}{(\sum W \cdot \sin \alpha)} \cdot \sum \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\}$$

$$\text{地震時} : F_s = \frac{1}{\sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{Y}{R} \cdot Kh \cdot W)} \cdot \sum \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\}$$

ここで、

$$n_\alpha = \cos \alpha \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi}{F_s} \right)$$

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = (p \cdot F_s - F_s) \cdot \sum T$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \left(1 - \frac{F_s}{p \cdot F_s} \right) \cdot \sum T$$

ここで、

$$\text{常時} : \sum T = \sum (W \cdot \sin \alpha)$$

$$\text{地震時} : \sum T = \sum \left(W \cdot \sin \alpha + \frac{Y}{R} \cdot Kh \cdot W \right)$$

(3) 逆計算式

C を指定する場合 :

$$\begin{aligned} \tan \phi = & \left\{ F_s \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) \right. \\ & \left. - C \cdot \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right\} / \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \end{aligned}$$

ϕ を指定する場合 :

$$\begin{aligned} C = & \left\{ F_s \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) \right. \\ & \left. - \tan \phi \cdot \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right\} / \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \end{aligned}$$

12.2.10. 簡易Janbu法

(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = \frac{f_0}{\sum (W \cdot \tan \alpha) + Q} \cdot \sum \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\}$$

$$\text{地震時} : F_s = \frac{f_0}{\sum (W \cdot \tan \alpha + K_h \cdot W) + Q} \cdot \sum \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\}$$

ここで、

$$n_\alpha = \cos^2 \alpha \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi}{F_s} \right)$$

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = (p \cdot F_s - F_s) \cdot \sum T$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \left(1 - \frac{F_s}{p \cdot F_s} \right) \cdot \sum T$$

ここで、

$$\text{常時} : \sum T = \sum (W \cdot \tan \alpha) + Q$$

$$\text{地震時} : \sum T = \sum (W \cdot \tan \alpha + K_h \cdot W) + Q$$

(3) 逆計算式

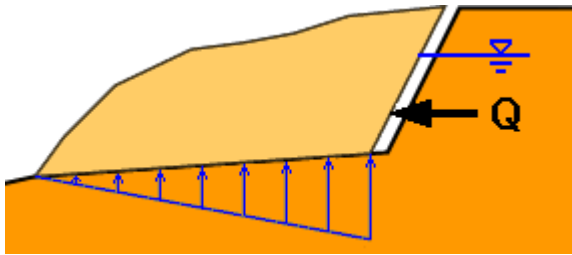
Cを指定する場合 :

$$\tan \phi = \left[\frac{F_s}{f_0} \cdot \left\{ \sum_i (W \cdot \tan \alpha) + Q \right\} - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) - C \cdot \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right] / \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha}$$

ϕ を指定する場合 :

$$C = \left[\frac{F_s}{f_0} \cdot \left\{ \sum_i (W \cdot \tan \alpha) + Q \right\} - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) - \tan \phi \cdot \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right] / \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha}$$

12.2.11. SHIN-Janbu法(初動すべり)



冠頭部亀裂のみで、未だ末端部押し出し現象が見られない段階のすべりに対応した式。

(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = f_0 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\} + \frac{W_n' \cdot \tan \phi_n}{n_{\alpha, n-1}}}{\sum_{i=1}^{n-1} (W \cdot \tan \alpha) + W_n' \cdot \tan \alpha_{n-1} + Q}$$

$$\text{地震時} : F_s = f_0 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\} + \frac{W_n' \cdot \tan \phi_n}{n_{\alpha, n-1}}}{\sum_{i=1}^{n-1} (W \cdot \tan \alpha + K_h \cdot W) + W_n' \cdot \tan \alpha_{n-1} + K_h \cdot W_n' + Q}$$

ここで、

$$n_\alpha = \cos^2 \alpha \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi}{F_s} \right)$$

$$W_n' = W_n - \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot Z_w^2 \cdot \frac{1}{\tan \theta}$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot Z_w^2$$

θ : 亀裂面の水平面に対する傾斜角

Z_w : 亀裂内水位高

γ_w : 水の単位体積重量

α_i : スライス i のすべり面傾斜角

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = (p \cdot F_s - F_s) \cdot \Sigma T$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \left(1 - \frac{F_s}{p \cdot F_s} \right) \cdot \Sigma T$$

ここで、

$$\text{常時} : \Sigma T = \sum_{i=1}^{n-1} (W \cdot \tan \alpha) + W_n' \cdot \tan \alpha_{n-1} + Q$$

$$\text{地震時} : \Sigma T = \sum_{i=1}^{n-1} (W \cdot \tan \alpha + K_h \cdot W) + W_n' \cdot \tan \alpha_{n-1} + K_h \cdot W_n' + Q$$

(3) 逆計算式

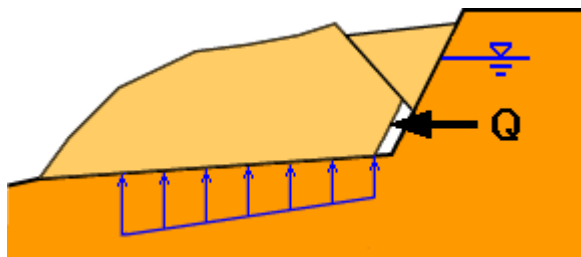
C を指定する場合 :

$$\tan \phi = \left[\frac{F_s}{f_0} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} (W \cdot \tan \alpha) + W_n' \cdot \tan \alpha_{n-1} + Q \right\} \right. \\ \left. - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) - C \cdot \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right] / \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha}$$

ϕ を指定する場合 :

$$C = \left[\frac{F_s}{f_0} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} (W \cdot \tan \alpha) + W_n' \cdot \tan \alpha_{n-1} + Q \right\} \right. \\ \left. - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) - \tan \phi \cdot \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right] / \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha}$$

12.2.12. SHIN-Janbu法(変則すべり)



冠頭部亀裂を埋めている水圧Qが有効でかつ亀裂面沿いのせん断抵抗も有効と考えられる場合のすべりに対応した式。

(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = f_0 \cdot \frac{1}{\sum (W \cdot \tan \alpha) + Q} \cdot \sum \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\}$$

$$\text{地震時} : F_s = f_0 \cdot \frac{1}{\sum (W \cdot \tan \alpha + K_h \cdot W) + Q} \cdot \sum \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\}$$

ここで、

$$n_\alpha = \cos^2 \alpha \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi}{F_s} \right)$$

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = (p \cdot F_s - F_s) \cdot \sum T$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \left(1 - \frac{F_s}{p \cdot F_s} \right) \cdot \sum T$$

ここで、

$$\text{常時} : \sum T = \sum (W \cdot \tan \alpha) + Q$$

$$\text{地震時} : \sum T = \sum (W \cdot \tan \alpha + K_h \cdot W) + Q$$

(3) 逆計算式

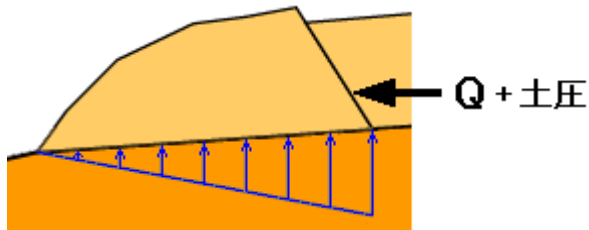
Cを指定する場合 :

$$\tan \phi = \left[\frac{F_s}{f_0} \cdot \left\{ \sum_i (W \cdot \tan \alpha) + Q \right\} - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) - C \cdot \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right] \\ / \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha}$$

ϕ を指定する場合 :

$$C = \left[\frac{F_s}{f_0} \cdot \left\{ \sum_i (W \cdot \tan \alpha) + Q \right\} - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) - \tan \phi \cdot \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right] \\ / \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha}$$

12.2.13. SHIN-Janbu法(単独すべり)



陥没帯下流壁から下流の斜面が単独ですべる場合に対応した式。

(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = f_0 \cdot \frac{\sum_{i=1}^k \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\}}{\sum_{i=1}^k (W \cdot \tan \alpha) + Q + E_a}$$

$$\text{地震時} : F_s = f_0 \cdot \frac{\sum_{i=1}^k \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\}}{\sum_{i=1}^k (W \cdot \tan \alpha + K_h \cdot W) + Q + E_a}$$

ここで、

$$n_\alpha = \cos^2 \alpha \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi}{F_s} \right)$$

$$W_k = \frac{1}{2} \cdot (h + h') \cdot d \cdot \gamma_t + \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot Z_w^2 \cdot \frac{1}{\tan \theta} - \frac{1}{2} \cdot (\gamma_t - \gamma') \cdot Z_w^2 \cdot \cos \theta$$

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \{ \gamma_t \cdot h^2 - (\gamma_t - \gamma') \cdot Z_w^2 \} \cdot K_a$$

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_e}{2} \right)$$

γ_t : 土塊の湿潤単位体積重量

γ' : 土塊の水中単位体積重量

γ_w : 水の単位体積重量

θ : 陥没帯下流壁の傾斜角

Z_w : 壁脚部尻での水位高

ϕ_e : 陥没土塊の内部摩擦角

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = (p \cdot F_s - F_s) \cdot \Sigma T$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \left(1 - \frac{F_s}{p \cdot F_s} \right) \cdot \Sigma T$$

ここで、

$$\text{常時} : \Sigma T = \sum_{i=1}^k (W \cdot \tan \alpha) + Q + E_a$$

$$\text{地震時} : \Sigma T = \sum_{i=1}^k (W \cdot \tan \alpha + K_h \cdot W) + Q + E_a$$

(3) 逆計算式

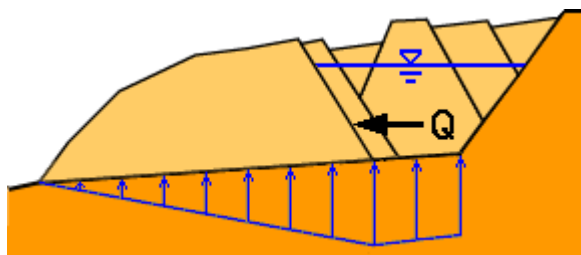
C を指定する場合 :

$$\tan \phi = \left[\frac{Fs}{f_0} \cdot \left\{ \sum_i (W \cdot \tan \alpha) + Q + Ea \right\} - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) - C \cdot \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right] \\ / \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha}$$

ϕ を指定する場合 :

$$C = \left[\frac{Fs}{f_0} \cdot \left\{ \sum_i (W \cdot \tan \alpha) + Q + Ea \right\} - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) - \tan \phi \cdot \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right] \\ / \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha}$$

12.2.14. SHIN-Janbu法(一体すべり)



陥没帯上流側の壁から下方斜面が一体としてすべる場合に対応した式。

(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : Fs = f_0 \cdot \frac{1}{\Sigma(W \cdot \tan \alpha) + Q} \cdot \Sigma \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\}$$

$$\text{地震時} : Fs = f_0 \cdot \frac{1}{\Sigma(W \cdot \tan \alpha + Kh \cdot W) + Q} \cdot \Sigma \left\{ \frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right\}$$

ここで、

$$n_\alpha = \cos^2 \alpha \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi}{Fs} \right)$$

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = (p \cdot Fs - Fs) \cdot \Sigma T$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \left(1 - \frac{Fs}{p \cdot Fs} \right) \cdot \Sigma T$$

ここで、

$$\text{常時} : \Sigma T = \Sigma(W \cdot \tan \alpha) + Q$$

$$\text{地震時} : \Sigma T = \Sigma(W \cdot \tan \alpha + Kh \cdot W) + Q$$

(3) 逆計算式

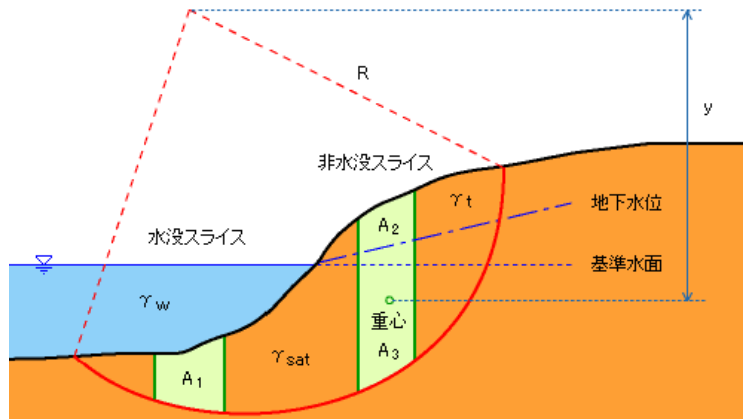
Cを指定する場合 :

$$\tan \phi = \left[\frac{Fs}{f_0} \cdot \left\{ \sum_i (W \cdot \tan \alpha) + Q \right\} - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) - C \cdot \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right] / \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha}$$

ϕ を指定する場合 :

$$C = \left[\frac{Fs}{f_0} \cdot \left\{ \sum_i (W \cdot \tan \alpha) + Q \right\} - \sum_j \left(\frac{C \cdot l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot l \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi}{n_\alpha} \right) - \tan \phi \cdot \sum_k \frac{W - u \cdot l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha} \right] / \sum_k \frac{l \cdot \cos \alpha}{n_\alpha}$$

12.2.15. チェボタリオフ法



(1) 安全率の計算式

$$\text{常時} : F_s = \frac{\sum (C \cdot l + W' \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi)}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

$$\text{地震時} : F_s = \frac{\sum (C \cdot l + W' \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi)}{\sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{y}{R} \cdot K_h \cdot W)}$$

水没スライス

$$W' = A_1 \cdot (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)$$

$$W = A_1 \cdot \gamma_{\text{sat}}$$

非水没スライス

$$W' = A_2 \cdot \gamma_t + A_3 \cdot (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)$$

$$W = A_2 \cdot \gamma_t + A_3 \cdot \gamma_{\text{sat}}$$

ここで、 γ_t : 土塊の湿潤単位体積重量

γ_{sat} : 土塊の飽和単位体積重量

γ_w : 水の単位体積重量

(2) 必要抑止力の計算式

$$\text{分子の場合} : Pr = p \cdot F_s \cdot \sum T - \sum S$$

$$\text{分母の場合} : Pr = \sum T - \frac{1}{p \cdot F_s} \sum S$$

$$\text{ここで、} \sum S = \sum (C \cdot l + W' \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi) \quad \text{常時} : \sum T = \sum (W \cdot \sin \alpha)$$

$$\text{地震時} : \sum T = \sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{y}{R} \cdot K_h \cdot W)$$

(3) 逆計算式

C を指定する場合 :

$$\tan \phi = \frac{F_s \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j (C \cdot l + W' \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi) - C \cdot \sum_k l}{\sum_k (W \cdot \cos \alpha)}$$

ϕ を指定する場合 :

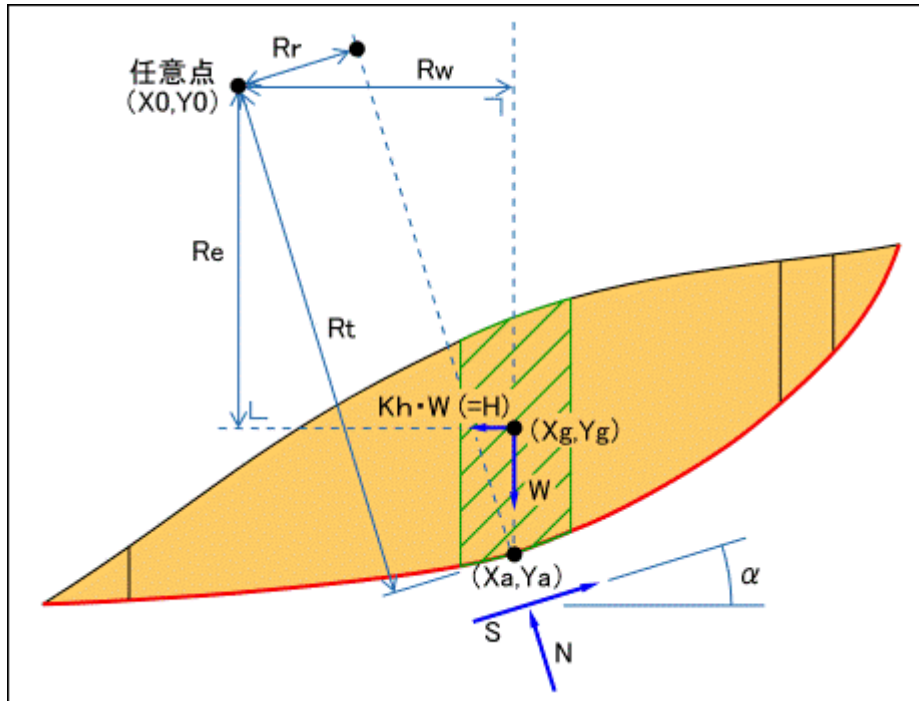
$$C = \frac{F_s \cdot \sum_i (W \cdot \sin \alpha) - \sum_j (C \cdot l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi) - \sum_k (W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi)}{\sum_k l}$$

12.2.16. 宅地防災マニュアル(二次元の分割法)

(1) 安全率の計算式

$$\text{地震時：} F_s = \frac{M_R}{M_D} = \frac{\sum \{ [C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \varphi] \cdot R_t \}}{\sum \{ W \cdot R_w - (W \cdot \cos \alpha - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha) \cdot R_r + K_h \cdot W \cdot R_e \}}$$

$$\left[\begin{array}{l} R_w = \pm (X_0 - X_g) \\ R_r = (Y_0 - Y_a) \cdot \cos(\alpha + 90^\circ) \pm (X_0 - X_a) \cdot \sin(\alpha + 90^\circ) \\ R_e = (Y_0 - Y_g) \\ R_t = (Y_0 - Y_a) \cdot \cos \alpha \pm (X_0 - X_a) \cdot \sin \alpha \end{array} \right]$$



- 注1) $\pm (X_0 - X_g)$ においては、計算モデルが右上り斜面の場合は“-”、左上り斜面の場合は“+”とする
 注2) 右上り斜面の場合、 $W \cdot R_w$ および $H \cdot R_e$ は時計回りを“+”とする（左上り斜面は反時計回りを“+”）
 注3) 右上り斜面の場合、 $N \cdot R_r$ および $S \cdot R_t$ は反時計回りを“+”とする（左上り斜面は時計回りを“+”）

ここで、

$$\begin{aligned} S &= C \cdot l + (N - u \cdot l) \cdot \tan \varphi \\ N &= W \cdot \cos \alpha - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha \\ H &= K_h \cdot W \end{aligned}$$

と定義すると、

$$F_s = \frac{M_R}{M_D} = \frac{\sum (S \cdot R_t)}{\sum (W \cdot R_w - N \cdot R_r + H \cdot R_e)}$$

となる。

M_R	:	抵抗モーメント	($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)
M_D	:	滑動モーメント	($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)
S	:	地すべり抵抗力	(kN/m)
N	:	スライスの重力による法線力（底面反力）	(kN/m)
H	:	スライスの地震力	(kN/m)
W	:	スライスの重量	(kN/m)
R_w	:	自重によるモーメントの腕の長さ	(m)
R_r	:	底面反力によるモーメントの腕の長さ	(m)
R_e	:	地震力によるモーメントの腕の長さ	(m)
R_t	:	すべり面によるモーメントの腕の長さ	(m)
X_0, Y_0	:	任意点座標	(m)
X_g, Y_g	:	重心座標	(m)
X_a, Y_a	:	重心直下のすべり面座標	(m)

(2) 必要抑止力の計算式

必要抑止力の算出は対応しておりません。

(3) 逆計算式

逆計算式は対応しておりません。

(4) 単一円弧すべりの対応

宅地防災マニュアルの解説（大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説）の単一円弧すべりの計算は、下式で定義されております。

$$\text{地震時：} F_s = \frac{M_R}{M_D} = \frac{\sum\{[C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - K_h \cdot W \cdot \sin \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \varphi] \cdot R_0\}}{\sum\{W \cdot R_0 \cdot \sin \alpha + K_h \cdot W \cdot R_e\}} \quad \dots \text{(単一円弧の式)}$$

ここで、「(1)の計算式」は、複合型すべりの式ですが、単一円弧の場合は、 $R_r=0$, $R_t=R_0$, $R_w=R_t \cdot \sin \alpha = R_0 \cdot \sin \alpha$ (R_0 : 単一円弧の半径) となるため、「(1)の計算式」に代入すると、単一円弧の式と同じになります。

当ソフトにおいては、「(1)の計算式」のみの対応ですが、単一円弧の場合、その中心座標と任意点が同じであれば、 $R_r=0$, $R_t=R_0$ となり、また、 R_w は【 $\pm(X_0 - X_g) = R_0 \cdot \sin \alpha$ 】であるため、単一円弧すべりの計算は可能です。

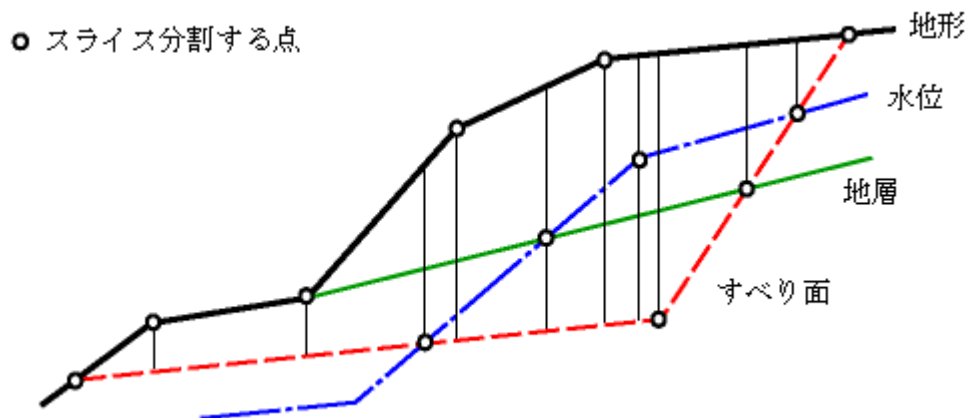
12.2.17. 解析式出典一覧

解析式	状況	出典名、発行日	発行	頁
Fellenius 法 (簡便法)	常時	改訂新版 建設省河川砂防基準(案) 同解説・計画編 平成 9 年 10 月 16 日	(社)日本河川研究会 建設省河川局 監修	198
	地震時	切土法面の調査・設計から施行まで 1998 年 1 月 15 日	(社)地盤工学会	81
基準水面法	常時	多目的ダムの建設 第 2 巻 調査編 昭和 62 年 11 月 20 日	(財)ダム技術センター 建設省河川局 監修	476
	地震時			
フィルダム法	常時	フィルダムの調査・設計から施行まで 平成 6 年 5 月	(社)土質工学会	161
	地震時			161
Fellenius 法 (土地改良基準)	常時 地震時	土地改良事業計画設計基準・設計 [農道] 基準書・技術書 平成 10 年 3 月	農林水産省 構造改善局	310
修正 Fellenius 法 (道路土工)	常時	道路土工―盛土工指針 平成 21 年 6 月	(社)日本道路協会	111
	地震時			124
Fellenius 法 (R/a 補正)	常時	道路土工のり面工斜面安定工指針 昭和 61 年 11 月	(社)日本道路協会	269
	地震時			
簡易 Bishop 法	常時	土質工学ハンドブック 平成 3 年 10 月 25 日	(社)土質工学会	239
	地震時			244
簡易 Janbu 法	常時	新・斜面崩壊防止工事の設計と実例 ―急傾斜地崩壊防止工事技術指針― 参考編 平成 14 年 7 月 15 日	(社)全国治水砂防協会	7
	地震時			
SHIN-Janbu 法 (初動・変則・単独 ・一体すべり)	常時	地すべり工学―最新のトピックス― 1995 年 3 月 15 日	(株)山海堂 著者 申 潤植	81
	地震時			
チェボタリオフ法	常時	港湾の施設の技術上の基準・同解説 昭和 54 年 3 月	(社)日本港湾協会	5-94
	地震時			
宅地防災マニュアル (二次元の分割 法)	常時			
	地震時	宅地防災マニュアルの解説 平成 19 年 12 月 大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイ ドライン及び同解説 平成 27 年 5 月	宅地防災研究会 国土交通省	152 1-105

12.3. スライス

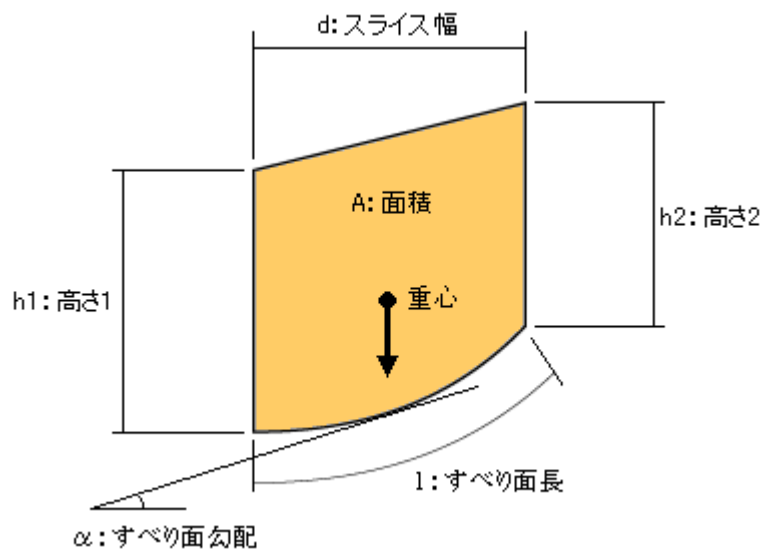
12.3.1. スライス分割の原則

スライスはすべり面内部において、地形、地層、水位、すべり面の各点と、それぞれの交点をピックアップし、そのX座標をスライス分割位置として作成します。
また、最大スライス幅を設定した場合は、スライス幅がこの設定より大きくならない位置で、さらに分割します。最大スライス幅の設定は、すべり面形状が円弧の個所에만適用します。



12.3.2. スライス情報

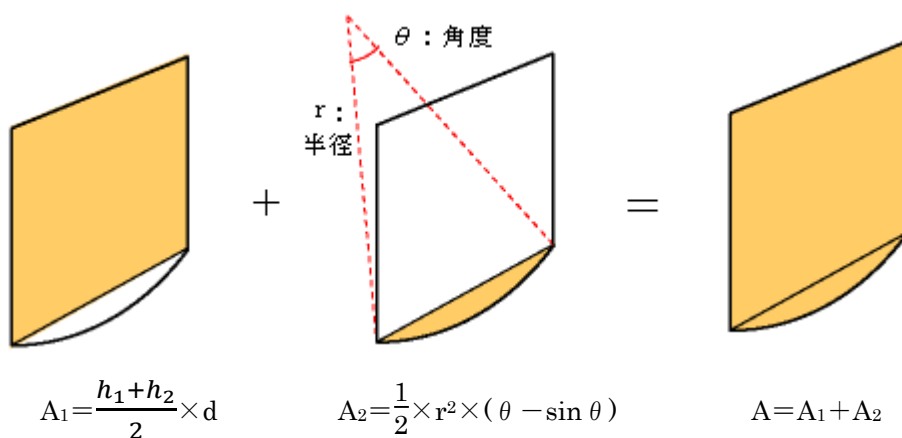
スライスの情報を以下に示します。



12.3.3. スライス計算

(1) 面積の計算

台形部分と円弧の部分に分けて計算し、最後に 2 つの和を求めます。

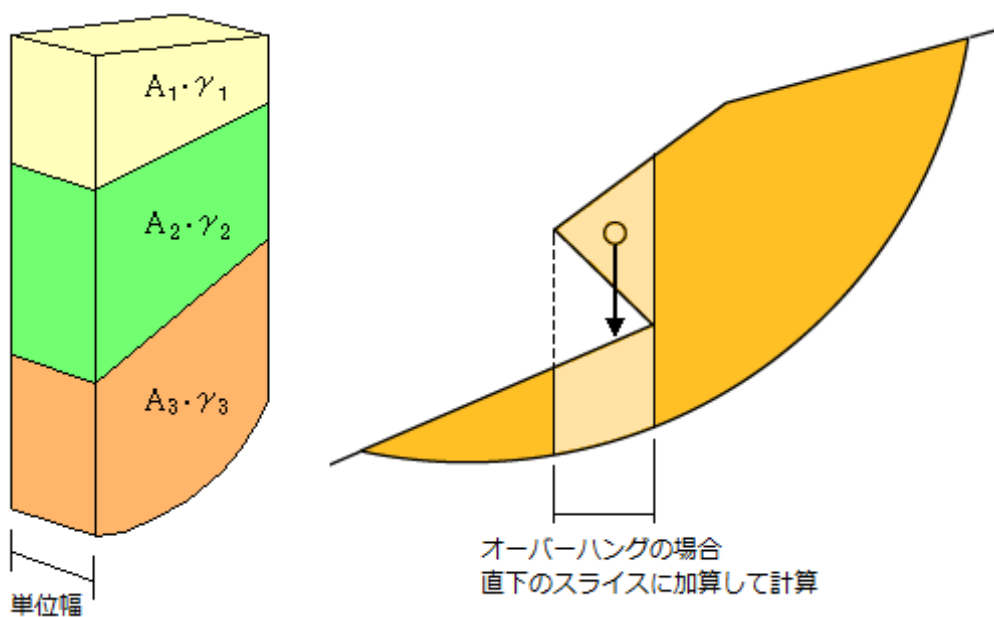


(2) 重量の計算

各層において単位幅（1 m）あたりの重量を計算し、その合計を求めます。

オーバーハングがある場合は、オーバーハングの重量がオーバーハングの重心から直下にかかるものとして計算します。

$$W = A_1 \cdot \gamma_1 + A_2 \cdot \gamma_2 + A_3 \cdot \gamma_3$$

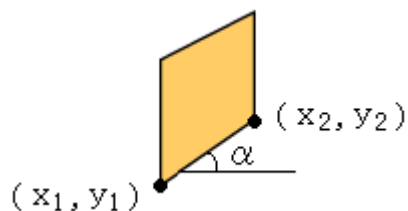


(3) すべり面傾斜角度の計算

スライスの重心から垂直に降ろした直線とすべり面との交点における接線の角度を求めます。すべり面が直線の場合は、傾きがそのまますべり面傾斜角度になります。

①直線の場合

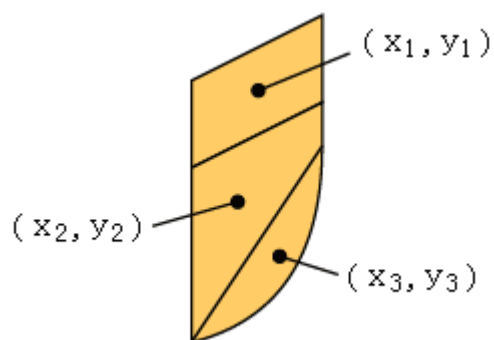
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right)$$



②円弧の場合

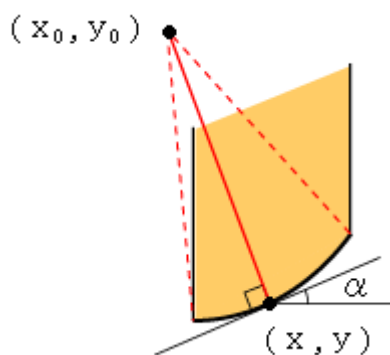
各層の重量を W_1 、 W_2 、 W_3 とするとスライスの重心座標 x は以下の式で現れます。

$$x = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3}{W_1 + W_2 + W_3}$$



この x 座標におけるすべり面勾配は、次のような式で表されます。

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{y - y_0}{x - x_0} \right) + \frac{\pi}{2}$$

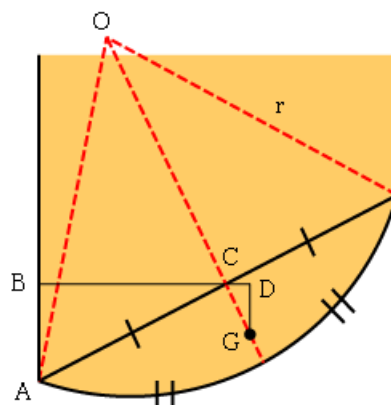


(4) すべり面長の計算 (円弧)

$$l = r \times \theta$$

ここで、

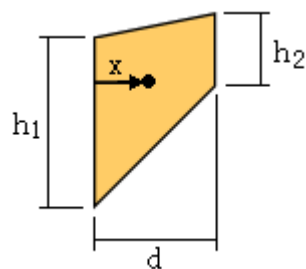
$$\theta = 2 \times \sin^{-1} \left(\frac{AC}{r} \right)$$



(5) 重心の求め方

①台形の重心の計算式

$$x = \frac{2 \cdot h_2 + h_1}{3 \cdot (h_2 + h_1)} \times d$$



②円弧の重心の計算式

面積 S の計算式は次のように表わされます。

$$S = \frac{r^2 \theta}{2} - \overline{OC} \cdot \sqrt{r^2 - \overline{OC}^2}$$

断面の 1 次モーメント G の計算式は次のように表わされます。

$$G = \frac{2}{3} \cdot \left(r^2 - \overline{OC}^2 \right)^{\frac{3}{2}}$$

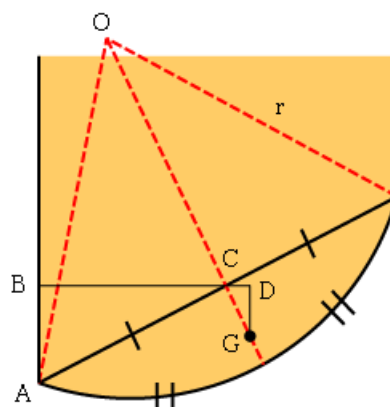
右図の線 CG の長さは次の式で表されます。

$$\overline{CG} = \frac{G}{S} - \overline{OC}$$

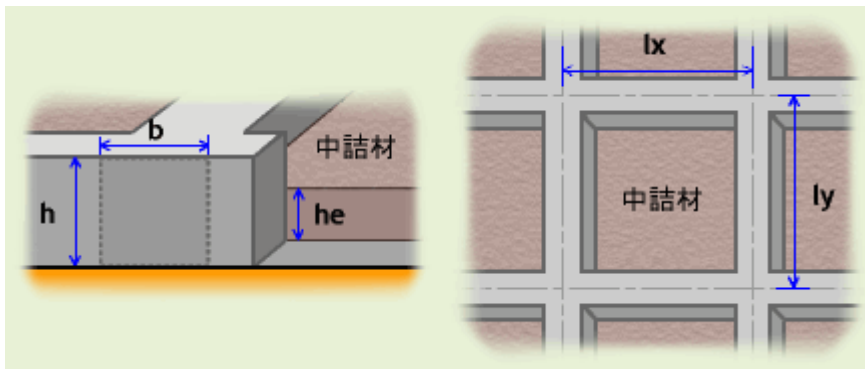
ゆえに、

$$\overline{BD} = \overline{BC} + \overline{CD}$$

$$= \overline{BC} - \frac{\overline{CG}}{\overline{AC}} \cdot \sqrt{\overline{AC}^2 - \overline{CB}^2}$$



12.4. のり枠荷重の計算式



のり枠荷重は、枠荷重と中詰材重量の和によって算出されます。

$$\begin{aligned}\text{のり枠 1 スパン分の荷重} &= \text{枠荷重} + \text{中詰材重量} \\ &= b \times (l_x + l_y - b) \times h \times \gamma_c + (l_x - b) \times (l_y - b) \times h_e \times \gamma_e\end{aligned}$$

ここで、

- b : 枠幅
- h : 枠高
- h_e : 中詰材の厚さ
- l_x : 横枠のスパン長
- l_y : 縦枠のスパン長
- γ_c : のり枠の単位体積重量
- γ_e : 中詰材の単位体積重量

なお「のり枠重量の入力補助」ダイアログ内で設定した荷重は、上記重量から地形線 1m 当りの分布荷重を求め、その値からスライス幅 1m 当りの分布荷重を以下の式で求めた分布荷重 q を採用します。

$$\text{地形線 1m 当りの分布荷重} = \text{のり枠 1 スパン分の荷重} \div (l_x \times l_y)$$

$$\text{スライス幅 1m 当りの分布荷重 } q = \text{地形線 1m 当りの分布荷重} \times \text{のり長} \div \text{作用幅}$$

(空白ページ)

13. 解析理論

13.1. 陰解法弾塑性計算アルゴリズムを用いた土／水連成解析¹⁾

13.1.1. 支配方程式と境界条件

地盤の変形挙動を考える際、地盤を土粒子からなる骨格（以下、土骨格と呼ぶ）（固体）と、その中に含まれている間隙水（液体）、気泡（気体）の混合体として考えるのが一般的かつ合理的な手法であろう²⁾。しかし、ここでの目的は土質力学で通常用いられている有効応力の原理に従う土／水連成数値解析の精度向上と計算時間の短縮にあるので、間隙は水で完全飽和であり、有効応力を仮定する 2 相混合体として扱う。また、その間隙水は非圧縮性であると仮定する。

この単純化された 2 相混合体に対する準静的な場合の支配方程式は以下の 6 つの式で表される。

$$\text{準静的なつりあい式：} \quad \text{div} \boldsymbol{\sigma} + \mathbf{b} = \mathbf{0}, \quad (12.1.1.1)$$

$$\text{土骨格部分の弾塑性構成式：} \quad \boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{C}^{ep} \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (12.1.1.2)$$

$$\text{ひずみ変位関係式：} \quad \boldsymbol{\varepsilon} = (\nabla \mathbf{u})^S, \quad (12.1.1.3)$$

$$\text{有効応力の原理：} \quad \boldsymbol{\sigma} = \boldsymbol{\sigma}' - p_w \mathbf{1}, \quad (12.1.1.4)$$

$$\text{連続式：} \quad \text{tr}(\boldsymbol{\varepsilon}) + \text{div}(\mathbf{v}_w) = 0, \quad (12.1.1.5)$$

$$\text{間隙水の流動則（ダルシー則）：} \quad \mathbf{v}_w = -\mathbf{K}_p \text{grad}(h). \quad (11.1.1.6)$$

ここで $\boldsymbol{\sigma}$ は全応力テンソル、 \mathbf{b} は物体力ベクトル、 $\boldsymbol{\sigma}'$ は有効応力テンソル、 \mathbf{C}^{ep} は弾塑性構成テンソル、 $\mathbf{1}$ ($(\mathbf{1})_{ij} = \delta_{ij}$) はクロネッカーのデルタ、 \mathbf{v}_w は間隙水の流束ベクトル（土骨格に対する相対速度）、 \mathbf{K}_p は透水係数テンソルであり、上付きの s は () 内のテンソルの対称部分であることを表している。 h は全水頭を表しており、 γ_w を間隙水の単位体積重量、 z を位置水頭とすると

$$h = \frac{p_w}{\gamma_w} + z \quad (12.1.1.7)$$

の関係がある。また、土骨格部分（正確には混合体全体の変形に対する境界条件）、間隙水圧（全水頭）に対してそれぞれ境界条件が課されており、土骨格に対する境界条件は

$$\text{Neumann 境界：} \quad \bar{\mathbf{t}} = \boldsymbol{\sigma} \mathbf{n} \quad \text{on } S_\sigma, \quad (12.1.1.8)$$

$$\text{Dirichlet 境界：} \quad \bar{\mathbf{u}} = \mathbf{u} \quad \text{on } S_u. \quad (12.1.1.9)$$

である。ここで記号の上の $\bar{}$ （バー）は既知量であることを表しており、 S_σ は応力速度既知の境界、 S_u は変位速度既知の境界であり、土骨格部分に対する全境界を S とすると

$$S \supset S_\sigma, \quad S \supset S_u, \quad \phi = S_\sigma \cap S_u, \quad (12.1.1.10)$$

と仮定する。 \mathbf{n} は S 上の単位法線ベクトルである。

全水頭に対する境界条件は

$$\text{Neumann 境界 : } \bar{q} = \mathbf{v}_w \cdot \mathbf{n} \quad \text{on } S_q, \quad (12.1.1.11)$$

$$\text{Dirichlet 境界 : } \bar{h} = h \quad \text{on } S_h. \quad (12.1.1.12)$$

である。 q は単位時間あたりの流出入量、 S_q は流量既知の境界、 S_h は水頭既知の境界である。水頭に対する全境界を S とすると

$$S \supset S_q, \quad S \supset S_h, \quad \phi = S_q \cap S_h, \quad (12.1.1.13)$$

である。

13.1.2. 弱形式化と有限要素法離散化

以下のような試験関数を定義する。

$$\delta \mathbf{u} := \{ \delta \mathbf{u} \mid \delta \boldsymbol{\varepsilon} = (\nabla \delta \mathbf{u})^S, \delta \mathbf{u} = 0 \text{ on } S_u \} \quad (12.1.2.1)$$

この試験関数をつりあい式 (12.1.1.1) の速度型に掛け合わせ Gauss の発散定理と変形に対する力の境界条件 (12.1.1.8)、有効応力の原理 (12.1.1.4) を用いるとつりあい式の弱形式が得られる：

$$\int_V (\boldsymbol{\sigma}' - p_w \mathbf{1}) \cdot \delta \boldsymbol{\varepsilon} dv + \int_V \mathbf{b} \cdot \delta \mathbf{u} dv - \int_{S_\sigma} \bar{\mathbf{t}} \cdot \delta \mathbf{u} ds = 0. \quad (12.1.2.2)$$

次にもう一つの試験関数を定義する。

$$\delta h := \{ \delta h \mid \delta h = 0 \text{ on } S_h \} \quad (12.1.2.3)$$

連続式 (12.1.1.5) に掛け合わせ、Gauss の発散定理と流量既知の境界条件(12.1.1.10)を用いることにより、次のような連続式の弱形式が得られる：

$$\int_V \{ \text{tr}(\boldsymbol{\varepsilon}) \delta h - \mathbf{v}_w \cdot \text{grad}(\delta h) \} dv = - \int_{S_q} \bar{q} \delta h ds. \quad (12.1.2.4)$$

この2つの弱形式を有限要素法定式化するため空間的離散化を行う。節点変位を \mathbf{d} 、節点水頭を h とする

$$\begin{aligned} \mathbf{u} &= \mathbf{N} \mathbf{d}, \\ \boldsymbol{\varepsilon} &= \nabla \mathbf{N} \mathbf{d} = \mathbf{B} \mathbf{d}, \\ \text{tr}(\boldsymbol{\varepsilon}) &= \mathbf{1}^T \mathbf{B} \mathbf{d} = \mathbf{b}_v^T \mathbf{d}, \\ h &= \mathbf{n}_h^T \mathbf{h}, \\ \text{grad}(h) &= \mathbf{B}_h \mathbf{h}, \\ \mathbf{v}_w &= -\mathbf{K}_p \mathbf{B}_h \mathbf{h}, \\ p_w &= \gamma_w (h - z), \\ &= \gamma_w \mathbf{n}_h^T (\mathbf{h} - \mathbf{z}). \end{aligned} \quad (12.1.2.5)$$

ここで \mathbf{N} は変位に対する内挿関数であり、 \mathbf{n}_h は水頭に対する内挿関数である。試験関数に対しても同様の離散化が行えると仮定すると

$$\begin{aligned}
\delta \mathbf{u} &= \mathbf{N} \delta \mathbf{d}, \\
\delta \boldsymbol{\varepsilon} &= \mathbf{B} \delta \mathbf{d}, \\
\delta h &= \mathbf{n}_h^T \delta \mathbf{h}, \\
\mathbf{grad}(\delta h) &= \mathbf{B}_h \delta \mathbf{h},
\end{aligned} \tag{12.1.2.6}$$

となる。なおここで空間的離散化を行った (12.1.2.5) 式以降、有限要素定式化の慣例に従い、表記は変えていないが応力、ひずみはベクトル化、構成テンソルはマトリクス化されていることに注意する。したがって、上付きの \mathbf{T} は転置行列を意味する。(12.1.2.5)、(12.1.2.6)の関係を(12.1.2.2)、(12.1.2.4)に代入し整理すると：

$$\mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma}'(\mathbf{d}) d\mathbf{v} - \gamma_w \mathbf{K}_v^T (\mathbf{h} - \mathbf{z}) = \mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{N}^T \bar{\mathbf{t}} ds - \mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{N}^T \mathbf{b} d\mathbf{v}, \tag{12.1.2.7}$$

$$\mathbf{K}_v \mathbf{\hat{d}} + \mathbf{K}_h \mathbf{h} = - \mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{n}_h \bar{q} ds \tag{12.1.2.8}$$

が得られる。ここで

$$\mathbf{K}_v = \mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{n}_h \mathbf{b}_v^T d\mathbf{v} \tag{12.1.2.9}$$

$$\mathbf{K}_h = \mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{B}_h^T \mathbf{K}_p \mathbf{B}_h d\mathbf{v} \tag{12.1.2.10}$$

であり、 \mathbf{A} は assembly operator と呼ばれ全要素数 ne の数だけ重ね合わせる事を意味する。 \mathbf{K}_p は透水係数マトリクスであり、間隙水の浸透における異方性を考える場合、

$$\mathbf{K}_p = \begin{bmatrix} k_x & 0 & 0 \\ 0 & k_y & 0 \\ 0 & 0 & k_z \end{bmatrix} \tag{12.1.2.11}$$

と表せる。 k_x 、 k_y 、 k_z はそれぞれ x 、 y 、 z 方向の透水係数である。式(12.1.2.7)、(12.1.2.8)の左辺を内力ベクトル、右辺を外力ベクトルと呼び、

$$\mathbf{F}^{\text{int}}(\mathbf{d}, \mathbf{h}) = \mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma}'(\mathbf{d}) d\mathbf{v} - \gamma_w \mathbf{K}_v^T (\mathbf{h} - \mathbf{z}), \tag{12.1.2.12}$$

$$\mathbf{F}^{\text{ext}} = \mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{N}^T \bar{\mathbf{t}} ds - \mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{N}^T \mathbf{b} d\mathbf{v}, \tag{12.1.2.13}$$

$$\mathbf{G}^{\text{int}}(\mathbf{\hat{d}}, \mathbf{h}) = \mathbf{K}_v \mathbf{\hat{d}} + \mathbf{K}_h \mathbf{h}, \tag{11.1.2.14}$$

$$\mathbf{G}^{\text{ext}} = - \mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{n}_h \bar{q} ds, \tag{12.1.2.15}$$

と表すと、最終的には土／水連成有限要素法定式化は節点における離散化された変位 \mathbf{d} 、変位速度 $\mathbf{\hat{d}}$ と間隙水圧 \mathbf{h} を未知とする非線形連立方程式に帰着される：

$$\mathbf{F}^{\text{ext}} - \mathbf{F}^{\text{int}}(\mathbf{d}, \mathbf{h}) = \mathbf{0}, \tag{12.1.2.16}$$

$$\mathbf{G}^{\text{ext}} - \mathbf{G}^{\text{int}}(\mathbf{\hat{d}}, \mathbf{h}) = \mathbf{0}. \tag{12.1.2.17}$$

13.1.3. Newton Raphson法に整合する土/水連成解析の定式化

式(12.1.2.16)、(12.1.2.17)には速度型の物理量と、現在時の物理量が混在しているので時間に関して離散化(差分化)を行う。

対象としている時間間隔 $[t_n, t_{n+1}]$ において物理量 ψ が線形に変化すると仮定すると、

$$\psi = (1-\theta)\psi_n + \theta\psi_{n+1}, \quad (12.1.3.1)$$

$$\dot{\psi} = (\psi_{n+1} - \psi_n) / \Delta t, \quad (12.1.3.2)$$

と表せる。ここで、下付き添え字 n 、 $n+1$ はそれぞれ時刻 t_n 、 t_{n+1} での物理量であることを表している。このパラメータ θ を0とした時を陽解法近似、1とした時を陰解法近似という。なお、陰解法弾塑性計算アルゴリズムとは、この θ を1としたことのみでないことに注意する。

その大きな違いは土骨格部分の弾塑性体に対する応力計算法の違いにある。従来、汎用されている土/水連成解析においては、この時間差分に関しては θ を1とし陰解法的に取り扱っているが、弾塑性構成式に関しては、単に陽解法増分解析を行っているものがほとんどであり、求まった応力が降伏面上に正確に乗っていないなどの欠点があった。この降伏面上にない応力を降伏面に戻す操作を **Return Mapping** と呼ぶが、Simo らは陰解法 **Return Mapping** として **Algorithmic tangential moduli** を用いた **General return mapping algorithms** を用いた弾塑性構成式を陰解法で解く方法を提案している³⁾。地盤材料においては Borja ら⁴⁾ が修正 Cam-clay モデルを用いた陰解法弾塑性計算を提案している。しかし、彼らは土骨格のみを対象とした解析であり、間隙水については考慮していない。本プログラムでは地盤材料の解析に汎用される土/水連成解析に、陰解法弾塑性計算アルゴリズムを整合するように組み込み、2次収束が保証され、理論解のある問題においては高精度であることを用いた¹⁾。

今、時刻 t_n で式(12.1.2.16)、(12.1.2.17)を満足しており、時刻 t_{n+1} で満足する解を Newton Raphson 法に整合するよう求めることを考え、式(12.1.2.16)、(12.1.2.17)を Taylor 展開し、節点変位増分 $\Delta \mathbf{d}_{n+1} = \mathbf{d}_{n+1}^{(k+1)} - \mathbf{d}_{n+1}^{(k)}$ 、および、節点水頭増分 $\Delta h_{n+1} = h_{n+1}^{(k+1)} - h_{n+1}^{(k)}$ に関する線形化近似を行う。ここで、各物理量の下付き添え字 n は荷重ステップ数、上付き添え字 (k) は各増分ステップ内のイタレーション回数を表している。 $\theta = 1$ として式(12.1.3.1)、(12.1.3.2)を式(12.1.2.16)、(12.1.2.17)に用いると：

$$\mathbf{F}^{ext} \Big|_{n+1}^{(k+1)} - \mathbf{F}^{int}(\mathbf{d}_{n+1}^{(k+1)}, h_{n+1}^{(k+1)}) = \mathbf{0}, \quad (12.1.3.3)$$

$$\mathbf{G}^{ext} \Big|_{n+1}^{(k+1)} - \mathbf{G}^{int}(\mathbf{d}_{n+1}^{(k+1)}, h_{n+1}^{(k+1)}) = \mathbf{0} \quad (12.1.3.4)$$

次に式(11.1.3.3)における内力ベクトルを $\Delta \mathbf{d}$ と Δh の一次の項まで Taylor 展開すると：

$$\mathbf{F}^{int} \Big|_{n+1}^{(k+1)} \approx \mathbf{F}^{int} \Big|_{n+1}^{(k)} + \frac{\partial \mathbf{F}^{int} \Big|_{n+1}^{(k)}}{\partial \mathbf{d}_{n+1}^{(k)}} \Delta \mathbf{d}_{n+1} - \frac{\partial \mathbf{F}^{int} \Big|_{n+1}^{(k)}}{\partial h_{n+1}^{(k)}} \Delta h_{n+1}, \quad (12.1.3.5)$$

となる。上式、右辺第2項および第3項は assembly operator \mathbf{A} が線形であることに注意すれば微分の chain rule を用いて以下のようになる：

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \mathbf{F}^{\text{int}}|_{n+1}^{(k)}}{\partial \mathbf{d}_{n+1}^{(k)}} \Delta \mathbf{d}_{n+1} &= \mathbf{A} \int_{e=1}^{ne} \mathbf{B}^T \frac{\partial \boldsymbol{\sigma}'(\mathbf{d}_{n+1}^{(k)})}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} \frac{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}}{\partial \mathbf{d}_{n+1}^{(k)}} d\nu \Delta \mathbf{d}_{n+1}, \\
&= \mathbf{A} \left[\int_{e=1}^{ne} \mathbf{B}^T \bar{\mathbf{C}}^{ep(k)}_{n+1} \mathbf{B} d\nu \right] \Delta \mathbf{d}_{n+1}, \\
&= \mathbf{K}_{n+1}^{(k)} \Delta \mathbf{d}_{n+1}.
\end{aligned} \tag{12.1.3.6}$$

$$\frac{\partial \mathbf{F}^{\text{int}}|_{n+1}^{(k)}}{\partial \mathbf{h}_{n+1}^{(k)}} \Delta \mathbf{h}_{n+1} = \mathbf{K}_v^T \Delta \mathbf{h}_{n+1} \tag{12.1.3.7}$$

ここで式(12.1.3.6)中の $\bar{\mathbf{C}}^{ep(k)}_{n+1} = \left[\frac{\partial \boldsymbol{\sigma}'_{n+1}^{(k)}}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} \right]$ は、式(12.1.3.3)を Newton Raphson 法で解く場合、それに整合した Consistent 弾塑性構成テンソルであり、一次元の場合を除き、一般には式(12.1.1.2)の (Continuum) 弾塑性構成テンソル \mathbf{C}^{ep} とは一致しない。

同様に式(12.1.3.4)を Taylor 展開し、微分の連鎖則を用いれば、

$$\mathbf{G}^{\text{int}}|_{n+1}^{(k+1)} \approx \mathbf{G}^{\text{int}}|_{n+1}^{(k)} + \frac{\partial \mathbf{G}^{\text{int}}|_{n+1}^{(k)}}{\partial \mathbf{d}_{n+1}^{(k)}} \Delta \mathbf{d}_{n+1} - \frac{\partial \mathbf{G}^{\text{int}}|_{n+1}^{(k)}}{\partial \mathbf{h}_{n+1}^{(k)}} \Delta \mathbf{h}_{n+1}, \tag{12.1.3.8}$$

となり、既知な量と未知な量を分離し、マトリクス表示すると、

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{d}}|_{n+1}^{\text{int}(k)} & -\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{h}}|_{n+1}^{\text{int}(k)} \\ \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial \mathbf{d}}|_{n+1}^{\text{int}(k)} & \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial \mathbf{h}}|_{n+1}^{\text{int}(k)} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta \mathbf{d}_{n+1} \\ \Delta \mathbf{h}_{n+1} \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} \mathbf{F}|_{n+1}^{\text{int}(k)} - \mathbf{F}|_{n+1}^{\text{ext}} \\ \mathbf{G}|_{n+1}^{\text{int}(k)} - \mathbf{G}|_{n+1}^{\text{ext}} \end{Bmatrix}, \tag{12.1.3.9}$$

となる。以上から上式(12.1.3.9)は離散化された \mathbf{d} と \mathbf{h} の非線形連立方程式、式 (12.1.3.3) と式 (12.1.3.4) を解く Newton Raphson 法に整合していることが分かる。

13.1.4. Trial elastic stateと弾塑性判定

時間間隔 $[t_n, t_{n+1}]$ の増分弾塑性初期値境界値問題を考え、時刻 t_n の時の $\{\boldsymbol{\varepsilon}_n, \boldsymbol{\sigma}'_n, (p_c)_n\}$ が既知であると仮定する。今、与えられた $\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}$ に対して trial elastic state は次式で与えられる：

$$\begin{aligned}\Delta\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)} &:= \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)} - \boldsymbol{\varepsilon}_n, \\ \boldsymbol{\sigma}_{n+1}'^{trial} &:= \boldsymbol{\sigma}'_n + \mathbf{C}\Delta\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}, \\ (p_c)_{n+1}^{trial} &:= (p_c)_n.\end{aligned}\tag{12.1.4.1}$$

上式より試行平均応力、試行一般化偏差応力、試行偏差応力は

$$\begin{aligned}p_{n+1}^{trial} &= -\frac{1}{3}\text{tr}(\boldsymbol{\sigma}_{n+1}'^{trial}), \\ q_{n+1}^{trial} &= \sqrt{\frac{3}{2}}\|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\|, \\ \mathbf{S}_{n+1}^{trial} &= \boldsymbol{\sigma}_{n+1}'^{trial} - \frac{1}{3}\text{tr}(\boldsymbol{\sigma}_{n+1}'^{trial})\mathbf{1},\end{aligned}\tag{12.1.4.2}$$

と表される。

負荷除荷判定は、離散化 Kuhn-Tucker 条件により

$$f_{n+1}^{trial} \begin{cases} \leq 0 & \Rightarrow \text{elastic step} \quad \Delta\phi = 0, \\ > 0 & \Rightarrow \text{plastic step} \quad \Delta\phi > 0. \end{cases}\tag{12.1.4.3}$$

で行われ、ここで Drucker Prager 弾塑性モデルの場合は

$$f_{n+1}^{trial} = \|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\| - \beta p_{n+1}^{trial} - \sqrt{\frac{2}{3}}(\sigma_Y + H\bar{e}_n^p),\tag{12.1.4.4}$$

であり、Cam Clay 弾塑性モデルの場合は

$$f_{n+1}^{trial} = q_{n+1}^{trial} + M p_{n+1}^{trial} \ln\left(\frac{p_{n+1}^{trial}}{(p_c)_n}\right),\tag{12.1.4.5}$$

である。

13.1.5. 初期地下水位の設定

全水頭 h 、間隙水圧 p_w 、間隙水の単位体積重量 γ_w 、位置水頭 z の間には、以下の関係がある。

$$h = \frac{p_w}{\gamma_w} + z \quad (12.1.1.7 \text{ 再})$$

飽和地盤の場合、これを図示すると図 1 のようになる。この全水頭が一定であるということは、式 (12.1.1.6) のダルシー則からも深さ方向に流れが起きないことを表している。

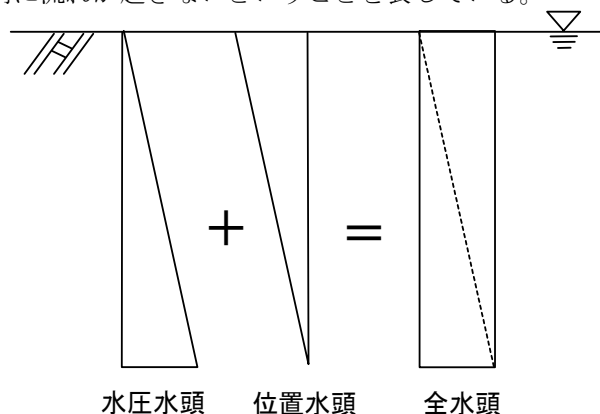


図1 飽和地盤の場合の全水頭

通常の地盤は地表面まで飽和していることは稀であり、何らかの地下水面、すなわち、ここでは飽和領域と不飽和領域の境というものを考えなければならない。しかし土／水連成解析は、その定式化より飽和地盤を対象としたもので、それを不飽和地盤に拡張するには幾つかの方法が考えられる。

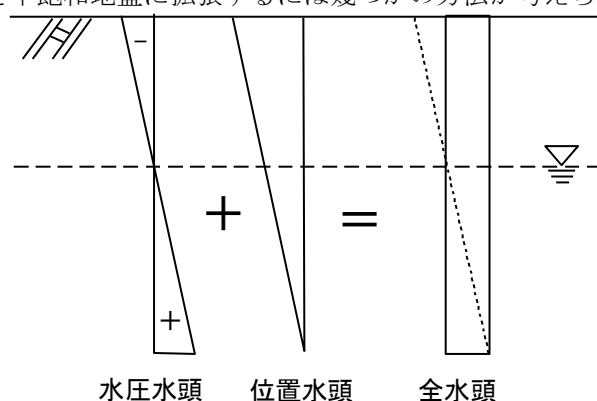


図2 不飽和地盤の水圧、位置水頭、全水頭

最も単純に考えられるのは、図 2 のように全水頭を一定とする為に、間隙水圧に負圧を設定する方法である。しかしこの方法では地下水位が深い場合、大きな負圧が発生してしまい、そこから計算される掘削解放力に大きな影響を与えるなどの問題があった。

そこで図 3 のような初期水圧の設定を自動で行っている。すなわち、不飽和領域で間隙水圧をゼロとするため、位置水頭を地下水位面での位置水頭で一定にし、全水頭一定を実現している。

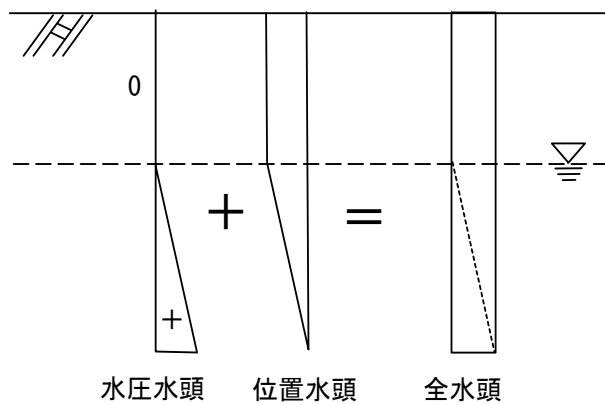


図3 不飽和地盤の水圧, 位置水頭, 全水頭

13.2. 要素ライブラリ

2次元土／水連成有限要素法解析には四角形要素として、4 CST 要素や8 or 9 節点アイソパラメトリック要素などが採用され、三角形要素としては6 節点アイソパラメトリック要素が汎用される。これらアイソパラメトリック要素などの高次な要素が用いられる理由はアウグラスや **rocking** などの擬似変形モードを防ぐ目的であり、変位は2次の形状関数で近似し、間隙水圧は1次オーダーを少なくすると良いといわれている⁵⁾。本プログラムにおいては変位に関しては8 節点四角形要素もしくは6 節点三角形要素、間隙水圧に関しては4 節点四角形要素もしくは3 節点三角形要素を用いている。

13.2.1. 4 節点および8 節点四辺形アイソパラメトリック要素

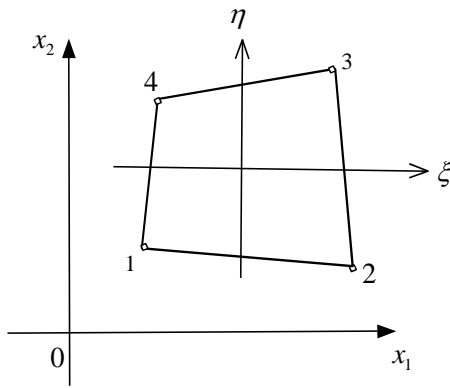


図 4 4 節点四辺形要素

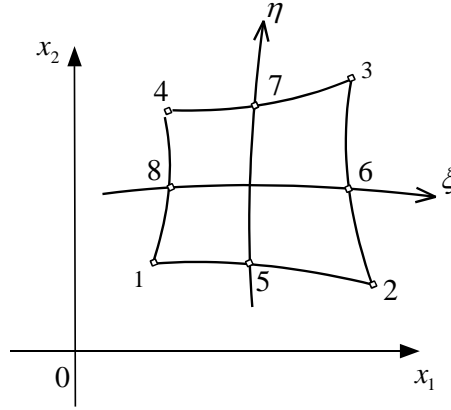


図 5 8 節点四辺形要素

図 4 に示すような任意の矩形要素を考え、左下の頂点より始めて、反時計方向に順次 1、2、3、4 の節点番号を付ける。この要素の形状は次式で表現される。

図 2-1 に示すような任意の矩形要素を考え、左下の頂点より始めて、反時計方向に順次 1、2、3、4 の節点番号を付ける。この要素の形状は次式で表現される。

$$\begin{aligned}
 & (2 \times 1) \quad \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{Bmatrix} = \begin{matrix} (2 \times 8) \\ \begin{bmatrix} N_1 & 0 & N_2 & 0 & N_3 & 0 & N_4 & 0 \\ 0 & N_1 & 0 & N_2 & 0 & N_3 & 0 & N_4 \end{bmatrix} \end{matrix} \begin{Bmatrix} x_1^1 \\ x_2^1 \\ x_1^2 \\ x_2^2 \\ x_1^3 \\ x_2^3 \\ x_1^4 \\ x_2^4 \end{Bmatrix}, \quad (12.2.1.1)
 \end{aligned}$$

ここで x_i ($i=1,2$) は座標関数であり、 x_i^j ($i=1,2$, $j=1,2,3,4$) は節点座標である。 i は x 、 y 方向を表し、 j は節点番号である。また N_i は形状関数であり、

$$\begin{aligned}
 N_1 &= \frac{1}{4}(1-\xi)(1-\eta), & N_2 &= \frac{1}{4}(1+\xi)(1-\eta), \\
 N_3 &= \frac{1}{4}(1+\xi)(1+\eta), & N_4 &= \frac{1}{4}(1-\xi)(1+\eta).
 \end{aligned} \quad (12.2.1.2)$$

のような ξ 、 η の関数である。 ξ 、 η は節点位置 1、2、3、4 で $(-1, -1)$ 、 $(1, -1)$ 、 $(1, 1)$ 、 $(-1, 1)$ の座標値をとる局所座標である。

次に図 4 に示すようなゆがんだ四角形要素を考え、左下の頂点より始めて、順次頂点番号を 1、2、3、4 とし、また 4 つの曲線边上に図 5 のような位置に 5、6、7、8 の番号を持つ中間節点をとる。この 8 節点要素の場合の要素形状を次式で表す：

$$\begin{aligned}
N_1 &= \frac{1}{4}(1-\xi)(1-\eta)(-1-\xi-\eta), & N_2 &= \frac{1}{4}(1+\xi)(1-\eta)(-1+\xi-\eta), \\
N_3 &= \frac{1}{4}(1+\xi)(1+\eta)(-1+\xi+\eta), & N_4 &= \frac{1}{4}(1-\xi)(1+\eta)(-1-\xi+\eta), \\
N_5 &= \frac{1}{2}(1-\xi^2)(1-\eta), & N_6 &= \frac{1}{2}(1+\xi)(1-\eta^2), \\
N_7 &= \frac{1}{2}(1-\xi^2)(1+\eta), & N_8 &= \frac{1}{2}(1-\xi)(1-\eta^2).
\end{aligned} \tag{12.2.1.3}$$

ξ 、 η は節点位置1、2、3、4で(-1, -1)、(1, -1)、(1, 1)、(-1, 1)の座標値をとり、また、中間節点位置5、6、7、8で(0, -1)、(1, 0)、(0, 1)、(-1, 0)の座標値をとる局所座標である。

以上より、4節点アイソパラメトリック要素と8節点アイソパラメトリック要素の形状は、どちらも次の形の式で表現できる：

$$x_i = \sum_j^n N_j x_i^j. \tag{12.2.1.4}$$

ここで n は4節点要素の時4で、8節点要素の時8とする。したがって8節点要素の場合の式(11.2.1.3)の N_i のうち、 N_5 、 N_6 、 N_7 、 N_8 を除去すれば4節点の N_i となるので、以下8節点要素の場合の説明に限る。

次に要素内の変位場を形状関数 N_i 、節点変位 d_i^j を用いて、次のように仮定する：

$$u_i = \sum_j^n N_j d_i^j. \tag{12.2.1.5}$$

このように要素内の変位分布を表す内挿関数を、要素の形状を表す関数 N_i と同じ物を使用する要素をアイソパラメトリック要素と呼ぶ。

ひずみの離散式は次式のようになる：

$$\{\varepsilon\} = [B]\{d\}. \tag{12.2.1.6}$$

このひずみベクトルを2次元問題において成分表示すると、

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{33} \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{33} \\ 2\varepsilon_{12} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u_1}{\partial x_1} \\ \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \\ \frac{\partial u_3}{\partial x_3} \\ \frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x_1} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial x_2} \\ 0 & 0 \\ \frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_1} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix}, \tag{12.2.1.7}$$

となり、(3.6.1.5)の関係を用いると

$$\underbrace{\begin{Bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{33} \\ 2\varepsilon_{12} \end{Bmatrix}}_{[B] \text{ マトリクス}} = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial x_1} & 0 & \frac{\partial N_2}{\partial x_1} & \Lambda \\ 0 & \frac{\partial N_1}{\partial x_2} & 0 & \Lambda \\ 0 & 0 & 0 & \Lambda \\ \frac{\partial N_1}{\partial x_2} & \frac{\partial N_1}{\partial x_1} & \frac{\partial N_2}{\partial x_2} & \Lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1^1 \\ d_2^1 \\ d_1^2 \\ d_2^2 \\ d_1^3 \\ d_2^3 \\ d_1^4 \\ d_2^4 \\ M \end{Bmatrix}, \quad (12.2.1.8)$$

となる。この $[B]$ マトリクスを作成する為には、形状関数 N_i の x_1 、 x_2 に関する微分形 $\partial N_i / x_1$ 、 $\partial N_i / x_2$ を計算する必要がある。 N_i は ξ 、 η の関数であり、また x_1 、 x_2 も ξ 、 η の関数であるから次式が成り立つ。

$$\begin{aligned} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} &= \frac{\partial N_i}{\partial x_1} \frac{\partial x_1}{\partial \xi} + \frac{\partial N_i}{\partial x_2} \frac{\partial x_2}{\partial \xi}, \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} &= \frac{\partial N_i}{\partial x_1} \frac{\partial x_1}{\partial \eta} + \frac{\partial N_i}{\partial x_2} \frac{\partial x_2}{\partial \eta}. \end{aligned} \quad (12.2.1.9)$$

これをマトリクス表示すると

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial \xi} & \frac{\partial x_2}{\partial \xi} \\ \frac{\partial x_1}{\partial \eta} & \frac{\partial x_2}{\partial \eta} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x_1} \\ \frac{\partial N_i}{\partial x_2} \end{Bmatrix} = [J] \begin{Bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x_1} \\ \frac{\partial N_i}{\partial x_2} \end{Bmatrix}, \quad (12.2.1.10)$$

となる。上式の最左辺は N_i が ξ 、 η の関数であることから陽に求められる。また、ここで、

$$\begin{aligned} \frac{\partial x_1}{\partial \xi} &= \sum_{i=1}^8 \frac{\partial N_i}{\partial \xi} x_{1i}, & \frac{\partial x_2}{\partial \xi} &= \sum_{i=1}^8 \frac{\partial N_i}{\partial \xi} x_{2i}, \\ \frac{\partial x_1}{\partial \eta} &= \sum_{i=1}^8 \frac{\partial N_i}{\partial \eta} x_{1i}, & \frac{\partial x_2}{\partial \eta} &= \sum_{i=1}^8 \frac{\partial N_i}{\partial \eta} x_{2i}. \end{aligned} \quad (12.2.1.11)$$

であることから、マトリクス $[J]$ も局所座標によって陽に表される。 $[J]$ マトリクスは **Jacobi** のマトリクスとして知られている。よって最終的に、

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x_1} \\ \frac{\partial N_i}{\partial x_2} \end{Bmatrix} = [J]^{-1} \begin{Bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \end{Bmatrix}, \quad (12.2.1.12)$$

と $[B]$ マトリクスの各成分を求めることができる。

応力は構成マトリクス $[C]$ を用いて

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{33} \\ \sigma_{12} \end{Bmatrix} = [C] \begin{Bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{33} \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix}, \quad (12.2.1.13)$$

と表すことができ、

$$dx_1 dx_2 = \det[J] d\xi d\eta, \quad (12.2.1.14)$$

という関係を用いれば、剛性マトリクスは

$$\begin{aligned} \mathbf{K}_e &= \int_{V_e} [\mathbf{B}]^T [\mathbf{C}] [\mathbf{B}] dx_1 dx_2, \\ &= \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [\mathbf{B}(\xi, \eta)]^T [\mathbf{C}] [\mathbf{B}(\xi, \eta)] \det[J] d\xi d\eta, \end{aligned} \quad (12.2.1.15)$$

と表すことができる。

13.2.2. 3節点および6節点三角形アイソパラメトリック要素

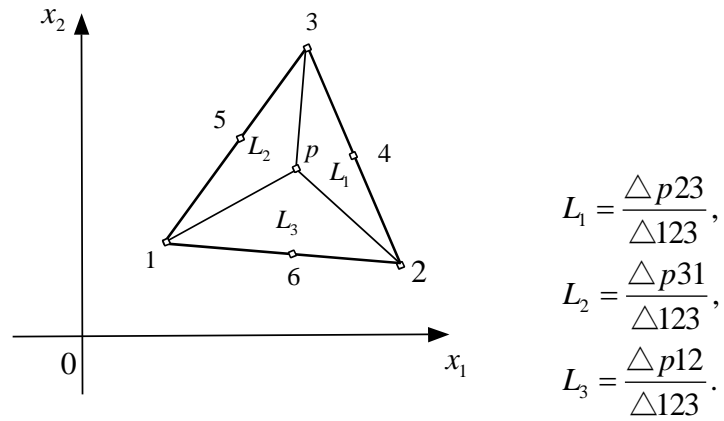


図 6 6 節点三角形要素

図 6 に示すような任意の三角形要素を考え、左下の頂点より始めて、反時計方向に順次 1、2、3、また中間節点として 4、5、6 の節点番号を付ける。この要素の形状関数は図 6 に示すような面積座標 L_1 、 L_2 、 L_3 を用いて次式で表現される：

$$\begin{aligned} N_1 &= L_1(2L_1 - 1), & N_4 &= 4L_2L_3, \\ N_2 &= L_2(2L_2 - 1), & N_5 &= 4L_3L_1, \\ N_3 &= L_3(2L_3 - 1), & N_6 &= 4L_1L_2. \end{aligned} \quad (12.2.2.1)$$

また 3 節点三角形要素の場合は

$$N_1 = L_1, \quad N_2 = L_2, \quad N_3 = L_3, \quad (12.2.2.2)$$

となる。

ここで $L_1 + L_2 + L_3 = 1$ を利用し、 ξ 、 η を用いて：

$$\begin{aligned} L_1 &= \xi, \\ L_2 &= \eta, \\ L_3 &= 1 - \xi - \eta, \end{aligned} \quad (12.2.2.3)$$

のような変数変換を行うと、前節における四角形要素と同様に剛性マトリクスの作成法がそのまま利用できる。ちなみに形状関数の局所座標での偏微分は：

$$\begin{aligned} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} &= \frac{\partial N_i}{\partial L_1} - \frac{\partial N_i}{\partial L_3}, \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} &= \frac{\partial N_i}{\partial L_2} - \frac{\partial N_i}{\partial L_3}, \end{aligned} \quad (12.2.2.4)$$

のように変換される。

13.3. 構成則ライブラリ

13.3.1. 弾性体モデル

(1) 弾性体モデルの構成テンソル

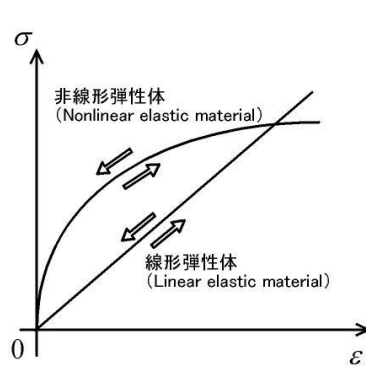


図 7 弾性体

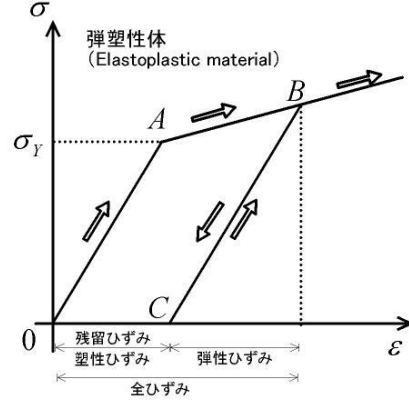


図 8 弾塑性体

構成式とは物質の力学的性質を表すものであり、応力-ひずみ関係式で表される。代表的な挙動に弾性挙動、塑性挙動、粘性挙動などがある。実際の物質の挙動をモデル化するために、弾性体、弾塑性体などがよく用いられており、弾性体、弾塑性体の挙動を1次元的に模式的に表したものが図 7、図 8 である。

弾性体 (Elastic material) の特徴は、図 7 に示すように、外力を取り去った際に完全に変形前の状態に戻る (応力ひずみ関係でいうと原点に戻る) ということである。ひずみ速度依存性、時間依存性のいずれも無く、ひずみは負荷速度、載荷履歴によらず現在の応力によって決まり、また静荷重の下で応力を長時間一定に保っていてもひずみは変化しない。Hooke の法則に従い応力とひずみの関係が線形なものを線形弾性体 (Linear elastic material)、それ以外を非線形弾性体 (Nonlinear elastic material) と呼ぶ。

線形弾性体の構成式は:

$$\sigma_{ij} = \mathbf{C}_{ijkl} \varepsilon_{kl}, \quad (12.3.1.1)$$

で表される。ここで \mathbf{C}_{ijkl} は4階の弾性構成テンソルであり、ラメの定数 (Lame's constants) λ 、 μ を用いて:

$$\mathbf{C}_{ijkl} = \lambda \delta_{ij} \delta_{kl} + \mu (\delta_{ik} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{jk}), \quad (12.3.1.2)$$

と表される。これを式(12.3.1.1)に代入すると、線形弾性体に対する構成式は次式のようにも表すことができる:

$$\sigma_{ij} = \lambda \varepsilon_{kk} \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij}. \quad (12.3.1.3)$$

ラメの定数とヤング率 E 、ポアソン比 ν の関係は:

$$E = \frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{\lambda + \mu}, \quad \nu = \frac{\lambda}{2(\lambda + \mu)} \quad (12.3.1.4)$$

のように与えられ、これを(12.3.1.3)に用いて各成分を表すと:

$$\sigma_{11} = \frac{(1-\nu)E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [\varepsilon_{11} + \frac{\nu}{1-\nu} (\varepsilon_{22} + \varepsilon_{33})], \quad \sigma_{12} = \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{12}, \quad (12.3.1.5a,b)$$

$$\sigma_{22} = \frac{(1-\nu)E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [\varepsilon_{22} + \frac{\nu}{1-\nu} (\varepsilon_{33} + \varepsilon_{11})], \quad \sigma_{23} = \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{23}, \quad (12.3.1.5c,d)$$

$$\sigma_{33} = \frac{(1-\nu)E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [\varepsilon_{33} + \frac{\nu}{1-\nu} (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22})], \quad \sigma_{31} = \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{31}, \quad (12.3.1.5e,f)$$

となる．ここで平面ひずみの場合は、式(12.3.1.5a)、(12.3.1.5c)、(12.3.1.5e)へ $\varepsilon_{33} = 0$ を代入し、マトリクス表示することにより：

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{33} \\ \sigma_{12} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (1-2\nu)/2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{33} \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} \quad (12.3.1.6)$$

となり、点線内が平面ひずみ状態の $[\mathbf{C}]$ マトリクスである。

(2) 弾性体モデルの入力値

通常、軟弱地盤上に盛土等を構築する場合、設計のために用意されている土質試験は、標準圧密試験と一軸圧縮試験であることが多いので、これらの結果からパラメータを推定する方法を述べる。当然、複雑な地盤の挙動をたった2つのパラメータで表現するわけであるから、その決定にはかなり高度な工学的判断が必要となり利用者に任せられている。

① 弾性係数

一軸圧縮試験は初期せん断力を無視しているため、実際の応力-ひずみ関係とはかなり異なるうえ、弾性係数として接線係数を探る方法と、割線係数を探る方法により弾性係数の数値が異なるが、一般には E_{50} が用いられる。ただし、一軸圧縮試験は非排水状態で行われるので E_{50} は全応力に対する弾性係数であり、有効応力に対する弾性係数に換算する必要がある。せん断弾性定数 $G = E/2(1+\nu)$ は体積変化に無関係であるので、間隙水圧の存在の有無に関わらず有効応力に対する値と全応力に対する値とは同じである。また、全応力に対する非排水状態でのポアソン比 $\bar{\nu}$ は0.5である。以上のことから、次の関係が成立する。

$$E = E_{50}(1+\nu)/1.5 \quad (12.3.1.7)$$

一方、圧密試験から得られる体積圧縮係数 m_v を用いて弾性係数を推定することも可能である。平面ひずみ状態を仮定した場合、 E と m_v には次の関係が成立する。

$$E = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)} \cdot \frac{1}{m_v} \quad (12.3.1.8)$$

ただし、 m_v も当然のことながら応力に依存し、どの応力レベルの m_v を探るかが問題である。応力変動による m_v の変動が小さい場合には、初期土被り圧 p_0 に対する m_v を用いればよいが、変動が大きい場合には盛土載荷重を考慮して決定しなければならない。

粘性土の場合、標準圧密試験の $e-p$ 曲線の初期の直線部の傾きより体積圧縮係数 m_v を求め、この m_v とポアソン比 ν から、初期弾性係数 E_0 を算定する場合が多い。また膨潤指数 κ 、平均有効主応力 p_0 、初期間隙比 e_0 およびポアソン比 ν から、

$$E_0 = \frac{3(1+e_0)(1-2\nu)}{\kappa} p \quad (12.3.1.9)$$

によって求める方法もある。

砂質土の場合、通常プレッシャーメータの測定値 E_s を用いるが、測定値がない場合は N 値より推定することも多い。

② ポアソン比

有効応力に対するポアソン比を直接測定することは難しいが、静止土圧係数 K_0 と、 $K_0 = \nu/(1-\nu)$ の関係がある。 K_0 は K_0 圧密試験から求められるが、 $\nu = 1/3$ 程度を採用する場合が多い。また荒井ら⁶⁾の逆解

析結果も $\nu = 0.3$ 近傍を示している。

③ 透水係数

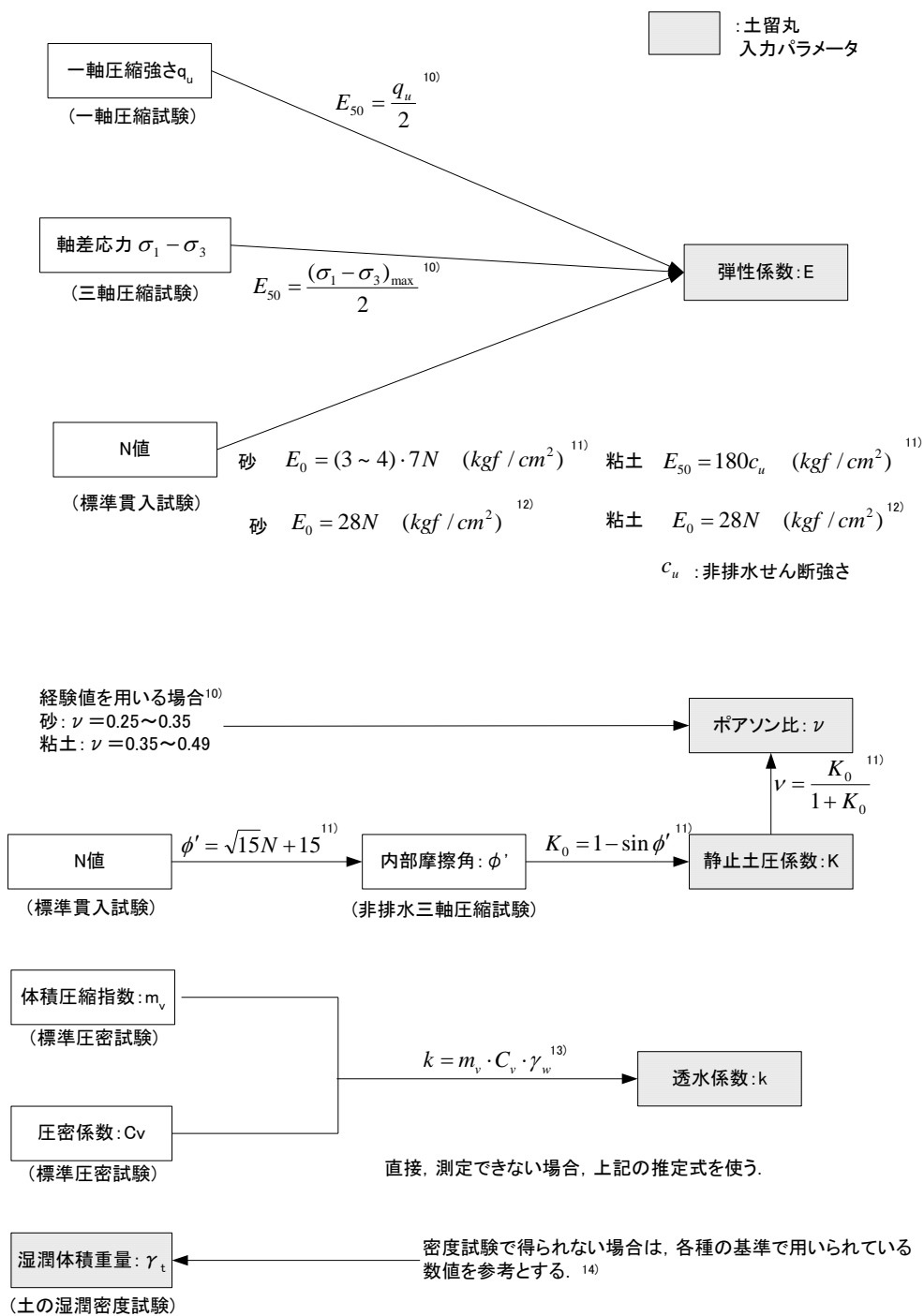
透水係数とは、土中の水の透水性を示すものである。値が小さいほど水を透し難く、値が大きいほど水を透し易い。

圧密試験から透水係数と荷重の関係が得られるが、一般に荷重の増加につれ透水係数が小さくなる。特に、先行圧密圧力より大きい応力、すなわち正規圧密状態に入ると、急激に小さくなるため、 m_v と同様の検討が必要である。また、このようにして得られた透水係数を用いて予測した圧密速度は実際のそれと比べて遅く、5～10倍しなければならないという報告^{7), 8), 9)}が多い。さらに、水平方向の透水性は水力方向のそれよりも10倍程度大きく採って補正している例もある。

透水係数を求める方法には、直接測定する方法、間接的に推定する方法がある。透水係数の目安を以下に示す。

透水係数 (cm/sec)											
	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ⁺¹
透水性	実質上不透水		非常に低い		低い		中位		高い		
土の種類	粘性土		微細砂, シルト, 砂ーシルトー粘土混合土				砂及び礫		清浄な礫		
直接測定する方法	特殊な変水位透水試験		変水位透水試験					特殊な変水位透水試験			
間接的に推定する方法	圧密試験から計算		なし					清浄な砂と礫は粒度と間隙比から計算			

以上のように、複雑な地盤の挙動を3つのパラメータで表現するわけであるから、高度な工学的判断が必要であり、他にも各種指針等で提案されているものもある。推奨する土留丸入力パラメータ決定フローを以下に示す。



13.3.2. Drucker Prager弾塑性モデル

(1) Drucker Prager 弾塑性モデルの降伏関数

地盤を Drucker Prager 弾塑性モデルの降伏条件にしたがうバイリニア型の弾塑性体と仮定し、関連流れ則を仮定する。その時の Drucker Prager 弾塑性モデルの降伏関数は以下で与えられる。

$$f = \|S\| - \beta p - \sqrt{\frac{2}{3}} (\sigma_Y + H \bar{e}^p) = 0, \quad (12.3.2.1)$$

ここで S は偏差応力、 p は平均応力であり、

$$S = \sigma + p\mathbf{1}, \quad (12.3.2.2)$$

$$p = -\frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3), \quad (12.3.2.3)$$

である。また σ_Y は降伏応力、 H は硬化・軟化係数、 \bar{e}^p は相当塑性ひずみである。

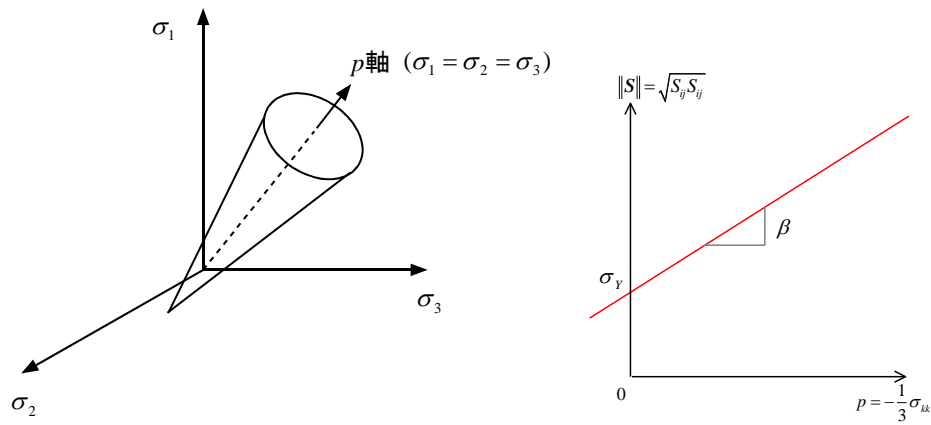


図 9 Drucker Prager 弾塑性モデルの降伏関数

この Drucker Prager 式は、図 9 のような主応力空間では静水圧軸（ $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ の軸）を中心軸を持つ円錐となる。このパラメータ β 、 σ_Y は主に土の強度に関係があり、特定の条件を与えることにより Mohr-Coulomb 式の c 、 ϕ と関連付けることができる^{15)・16)}。その方法によると $\sigma_1 < \sigma_2 = \sigma_3$ の条件下（三軸圧縮試験での応力状態に相当）で c 、 ϕ を決定した場合、

$$\beta = \frac{2\sqrt{6} \sin \phi}{3 - \sin \phi}, \quad \sigma_Y = \frac{6c \cos \phi}{3 - \sin \phi}, \quad (12.3.2.4)$$

であり、 $\sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$ の条件下（三軸伸張試験での応力状態に相当）で c 、 ϕ を決定した場合、

$$\beta = \frac{2\sqrt{6} \sin \phi}{3 + \sin \phi}, \quad \sigma_Y = \frac{6c \cos \phi}{3 + \sin \phi}, \quad (12.3.2.5)$$

で関連付けられる。

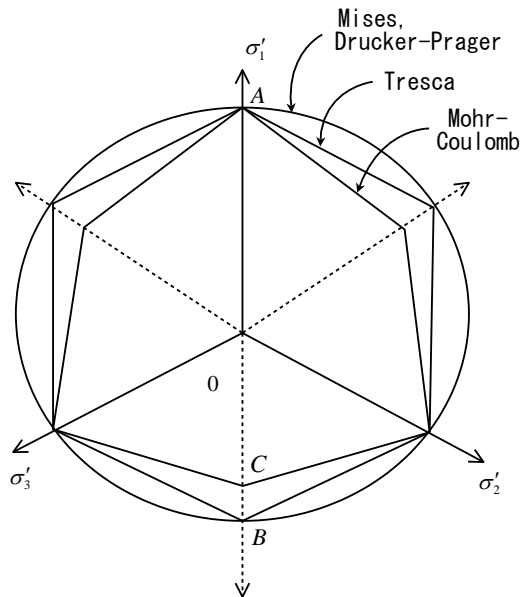


図 10 π 平面上での Drucker Prager モデルと Mohr-Coulomb モデルの降伏曲面

(2) Drucker Prager 弾塑性モデルの局所安全率

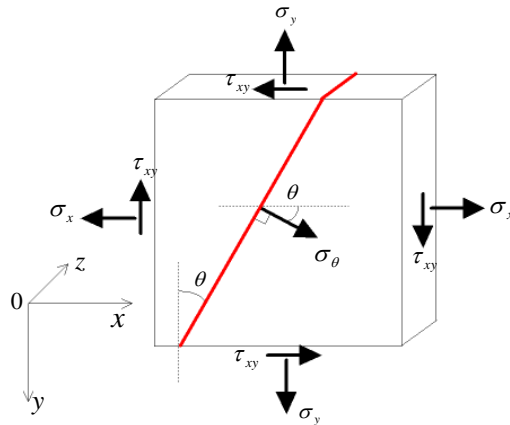


図 11 主応力面

図 11 に示す 2 次元平面において応力成分 σ_x 、 σ_y 、 τ_{xy} が既知であり、 $\sigma_z (= (\sigma_x + \sigma_y)/2)$ が中間主応力であるとする、Mohr の応力円を用いて最大・最小主応力は次式で得られる。

最大主応力は

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (12.3.2.6)$$

であり、最小主応力は

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (12.3.2.7)$$

である。なお、ここですべての応力は引張りが正であると仮定する。すなわち、両主応力が圧縮側にある時考えると最小主応力の方が絶対値は大きくなることに注意が必要である。

主応力面は

$$\alpha_1 = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \right), \text{ または, } \alpha_2 = \alpha_1 + \frac{\pi}{2}, \quad (12.3.2.8)$$

であるので、この α_1 、 α_2 をそれぞれある面の垂直応力の公式：

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta, \quad (12.3.2.9)$$

に代入し、最大主応力に一致する方を最大主応力面とする。ここで θ は、ある面の法線ベクトルと x 軸の間の角度である。

平均応力 $\sigma_m = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ が一定で、単純せん断により破壊したと考える。この時、局所安全率は次式で与えられる。

$$F_s = \frac{D_{\min} + (\sigma_1 - \sigma_3)/2}{(\sigma_1 - \sigma_3)/2} = \frac{2c \cos \phi + (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \phi}{\sigma_1 - \sigma_3}, \quad (12.3.2.10)$$

ここに c は粘着力、 ϕ は内部摩擦角である。また D_{\min} は図 12 に示すようなモールの円と破壊包絡線との接近度を表し、次式で与えられる：

$$D_{\min} = c \cos \phi + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \sin \phi - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}, \quad (12.3.2.11)$$

なお、ここで主応力は圧縮が正となっているので注意が必要である。

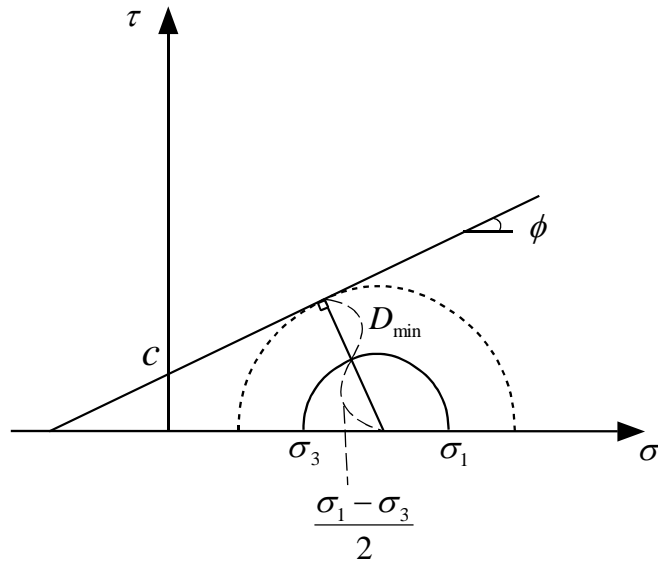


図 12 Drucker Prager モデルの局所安全率の概念図

(3) Scalar consistency parameter の決定

応力のような内部変数 r を考え、

$$r = -H\bar{e}^p, \quad (12.3.2.12)$$

とすると、降伏関数(12.3.2.1)は

$$f = \|S\| - \beta p - \sqrt{\frac{2}{3}}(\sigma_y - r) = 0, \quad (12.3.2.13)$$

となる。これより流れ則は：

$$\dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^p = \gamma \frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{\sigma}'} = \gamma \left(\frac{\partial \|S\|}{\partial \boldsymbol{S}} \frac{\partial \boldsymbol{S}}{\partial \boldsymbol{\sigma}} - \beta \frac{\partial p}{\partial \boldsymbol{\sigma}} \right) = \gamma \left(\hat{\boldsymbol{n}} - \frac{\beta}{3} \mathbf{I} \right), \quad (12.3.2.14)$$

となり、硬化則は：

$$\dot{\bar{e}}^p = \gamma \frac{\partial f}{\partial r} = \sqrt{\frac{2}{3}} \gamma, \quad (12.3.2.15)$$

となる。この流れ則と硬化則の陰解法近似は、

$$\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^p = \boldsymbol{\varepsilon}_n^p + \Delta \gamma \left(\hat{\boldsymbol{n}}_{n+1} - \frac{\beta}{3} \mathbf{I} \right), \quad (12.3.2.16)$$

$$\bar{e}_{n+1}^p = \bar{e}_n^p + \sqrt{\frac{2}{3}} \Delta \gamma, \quad (12.3.2.17)$$

で与えられる。また (11.3.2.16) より、塑性体積ひずみは

$$tr(\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^p) = tr(\boldsymbol{\varepsilon}_n^p) + \beta \Delta \gamma, \quad (12.3.2.18)$$

となる。

ここで試行弾性状態を考えると応力は、

$$\boldsymbol{\sigma}_{n+1}^{trial} = \mathbf{C}(\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1} - \boldsymbol{\varepsilon}_n^p), \quad (12.3.2.19)$$

と表される。ここで \mathbf{C} は式 (11.3.1.2) で示される弾性構成テンソルである。上式より偏差応力に関する試行応力は：

$$\mathbf{S}_{n+1}^{trial} = 2\mu(\mathbf{e}_{n+1} - \mathbf{e}_n^p), \quad (12.3.2.20)$$

となる。これと、

$$\mathbf{S}_{n+1} = 2\mu(\mathbf{e}_{n+1} - \mathbf{e}_{n+1}^p), \quad (12.3.2.21)$$

の差をとり、両辺に $\hat{\mathbf{n}}_{n+1}$ をかけると、

$$\|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\| = \|\mathbf{S}_{n+1}\| + 2\mu\Delta\gamma, \quad (12.3.2.22)$$

なる関係が得られる。

平均応力に関する試行応力は：

$$p_{n+1}^{trial} = -\kappa(tr\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1} - tr\boldsymbol{\varepsilon}_n^p), \quad (12.3.2.23)$$

となり、これと

$$p_{n+1} = -\kappa \left(\text{tr} \boldsymbol{\epsilon}_{n+1} - \text{tr} \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}^p \right), \quad (12.3.2.24)$$

の差をとると、

$$p_{n+1}^{trial} = p_{n+1} - \kappa \beta \Delta \gamma, \quad (12.3.2.25)$$

の関係が得られる。

式 (12.3.2.22)、(12.3.2.25) と、時刻 t_{n+1} で満たすべき降伏関数：

$$g := f_{n+1} = \|\mathbf{S}_{n+1}\| - \beta p_{n+1} - \sqrt{\frac{2}{3}} (\sigma_y + H \bar{e}_{n+1}^p) = 0, \quad (12.3.2.26)$$

を用いることにより、

$$g = \|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\| - 2\mu \Delta \gamma - \beta p_{n+1}^{trial} - \kappa \beta^2 \Delta \gamma - \sqrt{\frac{2}{3}} (\sigma_y + H \bar{e}_{n+1}^p) = 0, \quad (12.3.2.27)$$

となり、さらに試行降伏関数：

$$f_{n+1}^{trial} = \|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\| - \beta p_{n+1}^{trial} - \sqrt{\frac{2}{3}} (\sigma_y + H \bar{e}_n^p) = 0, \quad (12.3.2.28)$$

を代入すると、Scalar consistency parameter：

$$\Delta \gamma = \frac{f_{n+1}^{trial}}{2\mu + \kappa \beta^2 + \frac{2}{3} H}, \quad (12.3.2.29)$$

が陽に求まる。一般的には、この Scalar consistency parameter は陽には求まらず、ガウス点ごとに何らかの収束計算が必要となるが、この Drucker Prager 弾塑性モデルの場合、収束計算は必要ない。

(4) Consistent 弾塑性構成テンソル（陰解法弾塑性計算）

時刻 t_{n+1} での弾性ひずみ $\boldsymbol{\epsilon}_{n+1} - \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}^p$ を考慮した応力は次式のように表される：

$$\boldsymbol{\sigma}_{n+1}^{r(k)} = \kappa [\text{tr}(\boldsymbol{\epsilon}_{n+1}^{(k)}) - \text{tr}(\boldsymbol{\epsilon}_n^p)] \mathbf{1} - \kappa \beta \Delta \gamma \mathbf{1} + \mathbf{S}_{n+1}^{trial} - 2\mu \Delta \gamma \hat{\mathbf{n}}_{n+1}^{trial}. \quad (12.3.2.30)$$

これを $\boldsymbol{\epsilon}_{n+1}$ で偏微分することにより、

$$\begin{aligned} \frac{\partial \boldsymbol{\sigma}_{n+1}^{r(k)}}{\partial \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}} &= \kappa (\mathbf{1} \otimes \mathbf{1}) - \kappa \beta \left(\mathbf{1} \otimes \frac{\partial (\Delta \gamma)}{\partial \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}} \right) + 2\mu \left(\mathbf{1} - \frac{1}{3} \mathbf{1} \otimes \mathbf{1} \right) \\ &\quad - 2\mu \left(\hat{\mathbf{n}}_{n+1} \otimes \frac{\partial (\Delta \gamma)}{\partial \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}} \right) - 2\mu \Delta \gamma \frac{\partial \hat{\mathbf{n}}_{n+1}}{\partial \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}}, \end{aligned} \quad (12.3.2.31)$$

となる。ここで(3.2.3.11)の両辺を $\boldsymbol{\epsilon}_{n+1}$ で偏微分することにより、

$$\frac{\partial (\Delta \gamma)}{\partial \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}} = \frac{\kappa \beta \mathbf{1} + 2\mu \hat{\mathbf{m}}_{n+1}}{2\mu + \kappa \beta^2 + \frac{2}{3} H}, \quad (12.3.2.32)$$

が得られ、これと、

$$\frac{\partial \hat{\mathbf{n}}_{n+1}}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}} = \frac{2\mu}{\|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\|} \left(\mathbf{I} - \frac{1}{3} \mathbf{1} \otimes \mathbf{1} - \hat{\mathbf{n}}_{n+1} \otimes \hat{\mathbf{n}}_{n+1} \right), \quad (12.3.2.33)$$

の関係を (11.3.2.31) に代入することにより、次式の Consistent 弾塑性構成テンソルを得る：

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{C}}_{n+1}^{ep(k)} = & \kappa \left(1 - \frac{\kappa \beta^2}{A} \right) (\mathbf{1} \otimes \mathbf{1}) + 2\mu \theta \left[\mathbf{I} - \frac{1}{3} (\mathbf{1} \otimes \mathbf{1}) \right] \\ & - \frac{2\mu \kappa \beta}{A} [(\mathbf{1} \otimes \hat{\mathbf{n}}) + (\hat{\mathbf{n}} \otimes \mathbf{1})] - 2\mu \bar{\theta} (\hat{\mathbf{n}}_{n+1} \otimes \hat{\mathbf{n}}_{n+1}). \end{aligned} \quad (12.3.2.34)$$

ここで、

$$A = 2\mu + \kappa \beta^2 + \frac{2}{3} H, \quad (12.3.2.35)$$

$$\theta = 1 - \frac{2\mu \Delta \gamma}{\|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\|}, \quad (12.3.2.36)$$

$$\bar{\theta} = \frac{2\mu}{A} - (1 - \theta), \quad (12.3.2.37)$$

である。

これをマトリクス表示するため、ベクトル $\{j\}$ 、マトリクス $[L]$ を定義する：

$$\{j\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad [L] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}. \quad (12.3.2.38)$$

また、マトリクス $[L]^{-1}$ は

$$[L]^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}, \quad (12.3.2.39)$$

となる。これらは本来、テンソルである応力、ひずみをベクトル化したことにより、計算上あると便利な演算マトリクスである。例えば平均応力は次式のように求める：

$$\begin{aligned} p' &= -\frac{1}{3} \text{tr} \boldsymbol{\sigma}' = -\frac{1}{3} (\sigma'_{11} + \sigma'_{22} + \sigma'_{33}), \\ &= -\frac{1}{3} \{1 \quad 1 \quad 1 \quad 0\} \begin{Bmatrix} \sigma'_{11} \\ \sigma'_{22} \\ \sigma'_{33} \\ \sigma'_{12} \end{Bmatrix}, \\ &= -\frac{1}{3} \{j\}^T \{\sigma'\}. \end{aligned} \quad (12.3.2.40)$$

また一般化偏差応力 q はマトリクス $[L]$ を用いて次のように計算される：

$$\begin{aligned}
q &= \sqrt{\frac{3}{2}} \mathbf{S}_{ij} \mathbf{S}_{ij} = \sqrt{\frac{3}{2}} (\mathbf{S}_{11}^2 + \mathbf{S}_{22}^2 + \mathbf{S}_{33}^2 + 2\mathbf{S}_{12}^2), \\
&= \sqrt{\frac{3}{2}} \begin{Bmatrix} \mathbf{S}_{11} & \mathbf{S}_{22} & \mathbf{S}_{33} & \mathbf{S}_{12} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \mathbf{S}_{11} \\ \mathbf{S}_{22} \\ \mathbf{S}_{33} \\ 2\mathbf{S}_{12} \end{Bmatrix}, \\
&= \sqrt{\frac{3}{2}} \begin{Bmatrix} \mathbf{S}_{11} & \mathbf{S}_{22} & \mathbf{S}_{33} & \mathbf{S}_{12} \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \mathbf{S}_{11} \\ \mathbf{S}_{22} \\ \mathbf{S}_{33} \\ \mathbf{S}_{12} \end{Bmatrix}, \\
&= \sqrt{\frac{3}{2}} \{\mathbf{S}\}^T [\mathbf{L}] \{\mathbf{S}\}.
\end{aligned} \tag{12.3.2.41}$$

次に単位偏差応力ベクトルを定義する：

$$\hat{\mathbf{n}} = \frac{\mathbf{S}_{n+1}^{ir}}{\|\mathbf{S}_{n+1}^{ir}\|} = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{\mathbf{S}_{n+1}^{ir}}{q_{n+1}^{ir}} = \begin{Bmatrix} \hat{n}_1 \\ \hat{n}_2 \\ \hat{n}_3 \\ \hat{n}_4 \end{Bmatrix}. \tag{12.3.2.42}$$

これらを用いて式(12.3.2.34)で示された Consistent 弾塑性構成テンソル内の5つのマトリクスを導入する：

$$\mathbf{I} = [\mathbf{L}]^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}, \tag{12.3.2.43}$$

$$(\mathbf{1} \otimes \mathbf{1}) = \{j\} \{j\}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \tag{12.3.2.44}$$

$$(\mathbf{1} \otimes \hat{\mathbf{n}}) = \{j\} \{\hat{n}\}^T = \begin{bmatrix} \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \tag{12.3.2.45}$$

$$(\hat{\mathbf{n}} \otimes \mathbf{1}) = \{\hat{n}\} \{j\}^T = \begin{bmatrix} \hat{n}_1 & \hat{n}_1 & \hat{n}_1 & 0 \\ \hat{n}_2 & \hat{n}_2 & \hat{n}_2 & 0 \\ \hat{n}_3 & \hat{n}_3 & \hat{n}_3 & 0 \\ \hat{n}_4 & \hat{n}_4 & \hat{n}_4 & 0 \end{bmatrix}, \tag{12.3.2.46}$$

$$(\hat{\mathbf{n}} \otimes \hat{\mathbf{n}}) = \{\hat{n}\} \{\hat{n}\}^T = \begin{bmatrix} \hat{n}_1 \hat{n}_1 & \hat{n}_1 \hat{n}_2 & \hat{n}_1 \hat{n}_3 & \hat{n}_1 \hat{n}_4 \\ \hat{n}_2 \hat{n}_1 & \hat{n}_2 \hat{n}_2 & \hat{n}_2 \hat{n}_3 & \hat{n}_2 \hat{n}_4 \\ \hat{n}_3 \hat{n}_1 & \hat{n}_3 \hat{n}_2 & \hat{n}_3 \hat{n}_3 & \hat{n}_3 \hat{n}_4 \\ \hat{n}_4 \hat{n}_1 & \hat{n}_4 \hat{n}_2 & \hat{n}_4 \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \hat{n}_4 \end{bmatrix}, \quad (12.3.2.47)$$

これらを用いて式(12.3.2.34)で示された Consistent 弾塑性構成テンソルをマトリクス表示すると：

$$\begin{aligned} [\bar{\mathbf{C}}^{ep}] = & \kappa \left(1 - \frac{\kappa \beta^2}{A} \right) \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + 2\mu\theta \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix} - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ & - \frac{2\mu\kappa\beta}{A} \begin{bmatrix} \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \frac{2\mu\kappa\beta}{A} \begin{bmatrix} \hat{n}_1 & \hat{n}_1 & \hat{n}_1 & 0 \\ \hat{n}_2 & \hat{n}_2 & \hat{n}_2 & 0 \\ \hat{n}_3 & \hat{n}_3 & \hat{n}_3 & 0 \\ \hat{n}_4 & \hat{n}_4 & \hat{n}_4 & 0 \end{bmatrix} \\ & - 2\mu\bar{\theta} \begin{bmatrix} \hat{n}_1 \hat{n}_1 & \hat{n}_1 \hat{n}_2 & \hat{n}_1 \hat{n}_3 & \hat{n}_1 \hat{n}_4 \\ \hat{n}_2 \hat{n}_1 & \hat{n}_2 \hat{n}_2 & \hat{n}_2 \hat{n}_3 & \hat{n}_2 \hat{n}_4 \\ \hat{n}_3 \hat{n}_1 & \hat{n}_3 \hat{n}_2 & \hat{n}_3 \hat{n}_3 & \hat{n}_3 \hat{n}_4 \\ \hat{n}_4 \hat{n}_1 & \hat{n}_4 \hat{n}_2 & \hat{n}_4 \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \hat{n}_4 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (12.3.2.48)$$

となる。

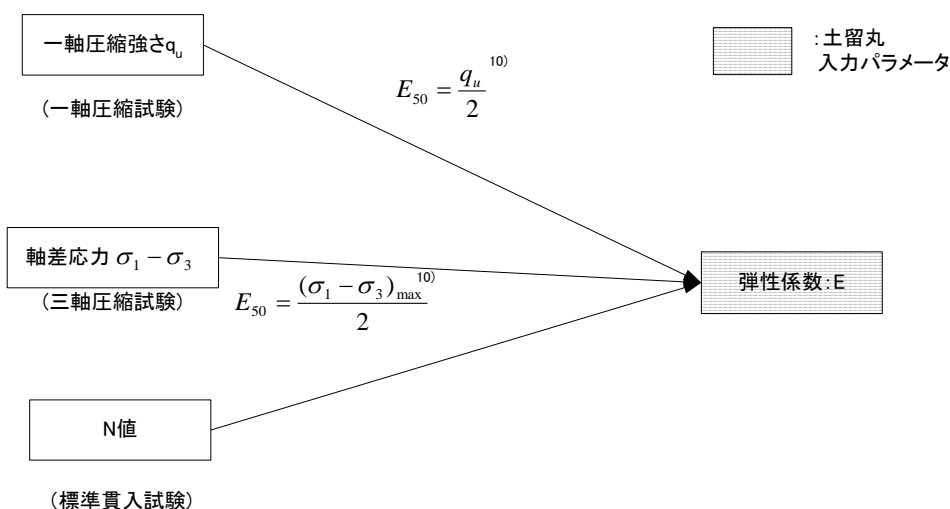
(5) Drucker Prager 弾塑性モデルの入力値

Drucker Prager 弾塑性モデルの入力値に関しては、弾性体モデルの入力定数に加えて、平均応力にかかる係数 β 、降伏応力 σ_y 、硬化係数 H が必要となる。これらは Drucker Prager 弾塑性モデルの降伏関数：

$$f = \|\mathbf{S}\| - \beta p - \sqrt{\frac{2}{3}} (\sigma_y + H \bar{e}^p) = 0, \quad (12.3.2.1 \text{ 再})$$

の中の係数である。

これらの Drucker Prager 弾塑性モデルの入力値に対する決定フローを以下に示す。



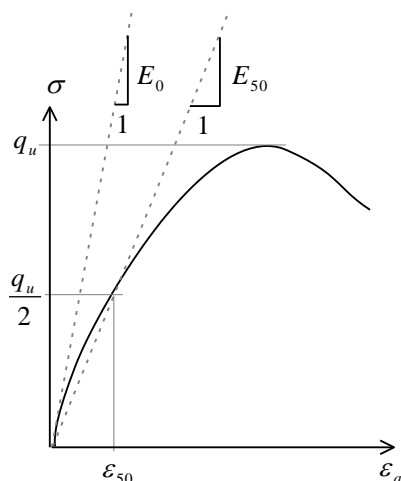


図 13 一軸圧縮試験

まず、変形を表す弾性係数は、一軸圧縮試験や三軸圧縮試験などの要素試験がある場合とない場合に分かれる。一軸圧縮試験を行った場合、次式の応力・ひずみを用いて左図の応力-ひずみ曲線を描く。圧縮ひずみ ε_a (%) は

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100, \quad (12.3.2.49)$$

ここに、 ΔH : 圧縮量 (cm)、 H_0 : 圧縮前の供試体高さ (cm) である。また、圧縮応力 σ (kN/m²) を次式で算出する。

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \times \left(1 - \frac{\varepsilon}{100}\right) \times 10, \quad (12.3.2.50)$$

ここで、 P : 圧縮ひずみが ε_a (%) の時に供試体に加えられた圧縮力 (N)、 A_0 : 圧縮前の供試体の断面積 (cm²) である。弾性係数 E_{50} (MN/m²) を次式で算出する。

$$E_{50} = \frac{\frac{q_u}{2}}{\varepsilon_{50}} / 10, \quad (12.3.2.51)$$

ここに、 ε_{50} : $\sigma = q_u/2$ のときの圧縮ひずみ (%), q_u : 一軸圧縮強さ (kN/m²) である。

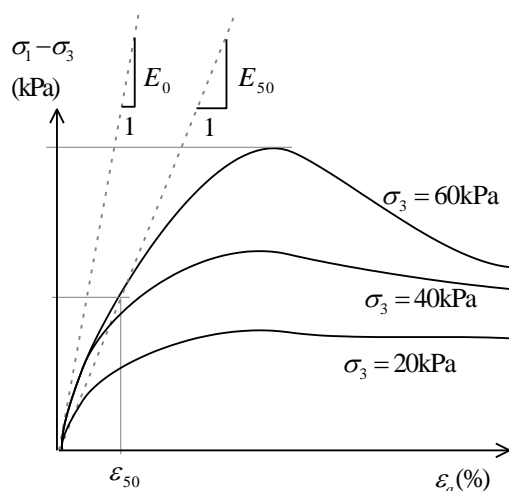


図 14 三軸圧縮試験

三軸試験を行った場合も、同様に軸差応力-ひずみ曲線を描き、想定される拘束圧の下での弾性係数を算出する。これらの方法による弾性係数は、図から見ても明らかのように、ひずみレベルによって大きく異なることに注意が必要である。

上記のように弾性係数の決定には要素試験結果を使うことが望ましいが、それが困難な場合にはN値から推定するか、同種の土で一般的に使われている土質定数を使うことになる。

原稿の各種設計基準に記載のある経験式については、石井 (1999) ¹⁰⁾ が非常に有用なデータ収集を行っているので参照されたい。ここでは参考の為、そこより抜粋して掲載する。

文献 (砂)

① 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説

$$E_0 = (3 \sim 4) E_b$$

$$E_b = 7N$$

$$E_0 = (3 \sim 4) \cdot 7N \approx 25N$$

ここに、 E_0 : 地盤の変形係数 (kgf/cm²)

E_b : 孔内水平載荷試験から求まる変形係数 (kgf/cm²)

N : 標準貫入試験のN値

② 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説

砂地盤に対しての記述なし(粘性土のみ)

- ③ 日本道路協会：道路橋示方書・同解説

$$E_0 = 28N$$

ここに、 E_0 ：地盤の変形係数 (kgf/cm²)

N ：標準貫入試験の N 値

- ④ 首都高速道路厚生会：仮設構造物設計基準

$$E_0 = 28N$$

ここに、 E_0 ：地盤の変形係数 (kgf/cm²)

N ：標準貫入試験の N 値

- ⑤ 日本建築学会：建築基礎構造設計指針

実大フーチングと平板載荷試験の結果から次式を導いた。

$$\text{正規圧密された砂： } E_0 = 14N$$

$$\text{過圧密された砂： } E_0 = 28N$$

ここに、 E_0 ：地盤の変形係数 (kgf/cm²)

N ：標準貫入試験の N 値

- ⑥ 日本道路協会：道路土工 軟弱地盤対策工指針 (昭和 61 年 11 月)

軟弱地盤がゆるい砂層や砂質土層であった場合、または軟弱層にゆるい砂層や砂質土層が挟まれて存在する場合には、 N 値を用いて次式から E_{50} を推定する。

$$E_{50} = 6N + 10$$

ここに、 E_{50} ：地盤の変形係数 (kgf/cm²)

N ：標準貫入試験の N 値

なお、砂層が薄くて N 値が測定されていない場合は、 E_{50} を上下の粘性土層の中間値を採用してもよい。

文献 (粘性土)

- ① 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説

おおよその目安としては、粘性土地盤においても $E_0 = 25N$ の傾向が認められる。

- ② 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説

$$E_i = 210c_u$$

$$E_{50} = 180c_u$$

ここに、 E_i ：初期正接係数 (kgf/cm²)

(ひずみレベル 0.2～0.5%に対応すると考えられる。)

E_{50} ：割線係数 (kgf/cm²)

c_u ：非排水せん断強さ (kgf/cm²)

- ③ 日本道路協会：道路橋示方書・同解説

$$E_0 = 28N$$

ここに、 E_0 ：地盤の変形係数 (kgf/cm²)

N ：標準貫入試験の N 値

- ④ 首都高速道路厚生会：仮設構造物設計基準

$$E_0 = 28N$$

ここに、 E_0 ：地盤の変形係数 (kgf/cm²)

N ：標準貫入試験の N 値

⑤ 日本建築学会：建築基礎構造設計指針

飽和沖積粘土： $E_s = 50c_u$

飽和洪積粘土： $E_s = 400c_u$

ここに、 E_s ：地盤の変形係数 (kgf/cm²)

c_u ：非排水せん断強さ (kgf/cm²)

⑥ 高速道路調査会編：関東ロームの土工—その土質と設計・施工—

$E_{50} = 50 \sim 250q_u$

$E_{50} = 250q_u$ (乱されていない試料)

ここに、 E_{50} ：割線弾性係数 (kgf/cm²)

q_u ：一軸圧縮強さ (kgf/cm²)

文献 (改良地盤)

① CDM研究会：設計と施工マニュアル

対象土の砂分含有率が 10～15%以下であれば、変形係数 E_{50} は以下の範囲にある。

$E_{50} = 400 \sim 600q_u$

ここに、 E_{50} ：割線弾性係数 (kgf/cm²)

q_u ：一軸圧縮強さ (kgf/cm²)

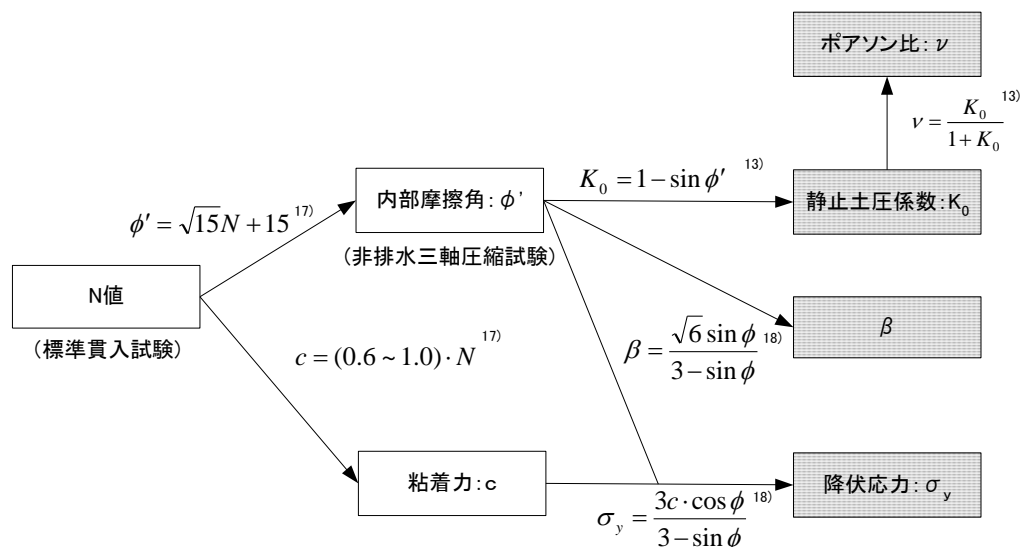
② D J M工法研究会：技術マニュアル

変形係数 E_{50} は概ね次の範囲にある。この工法は空気で粉体を地盤に送り込むため、改良体に空気が残留するので、CDM工法に比べて変形係数が小さくなると思われる。

$E_{50} = 50 \sim 200q_u$

ここに、 E_{50} ：割線弾性係数 (kgf/cm²)

q_u ：一軸圧縮強さ (kgf/cm²)



次に強度に関するパラメータ β 、 σ_y の決定法についてであるが、基本的には粘着力 c 、および内部摩擦角 ϕ より求める。この粘着力と内部摩擦角についても当該地盤のサンプリング試料を用いて土質試験を実施して決定することが基本となるが、実務においては手間や費用を要する為、標準貫入試験によるN値などから物性値を推定せざる得ない場合が多く、これも石井 (1999) ¹⁰⁾ に有用なデータが収集されているので参照されたい。ここでは参考の為、幾つかそこより抜粋する。

① 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説

・砂質土の内部摩擦角

$$\phi = 1.85 \left(\frac{N}{\sigma'_v + 0.7} \right)^{0.6} + 26$$

ここに、 ϕ ：砂質土の内部摩擦角（deg.）

σ'_v ：地質調査時の当該位置の有効上載圧（kgf/cm²）

ただし、0.5（kgf/cm²）を最小とする。

N ：標準貫入試験のN値

② 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説

・砂質土の内部摩擦角

$$\phi = 25 + 3.2 \sqrt{\frac{100N}{70 + p_w}}$$

ここに、 ϕ ：砂質土の内部摩擦角（deg.）

p_w ：標準貫入試験値を測定した時の有効土被り圧（kN/m²）

ただし、0.5（kgf/cm²）を最小とする。

N ：標準貫入試験のN値

・粘性土（海成粘土）の圧密による強度増加

$$C_u/p = 0.28 \sim 0.30$$

ここに、 c_u ：粘着力（kN/m²）

p ：圧密圧力（kN/m²）

③ 日本道路協会：道路橋示方書・同解説

・砂質土の内部摩擦角

$$\phi = \min(15 + \sqrt{15N}, 45)$$

ここに、 ϕ ：砂質土の内部摩擦角（deg.）

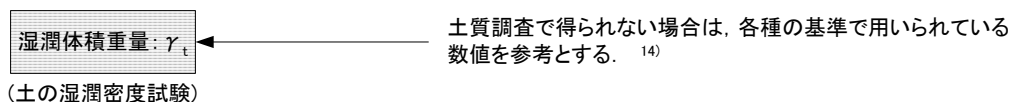
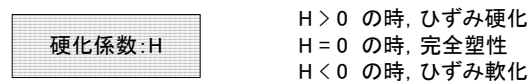
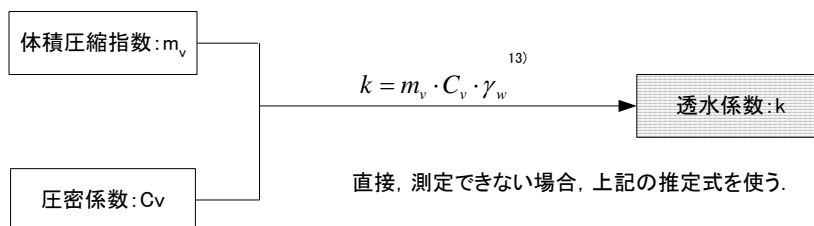
N ：標準貫入試験のN値、ただし、 $N > 5$

・粘性土の粘着力

$$C_u = (0.6 \sim 1.0)N$$

ここに、 c_u ：粘着力（tf/m²）

N ：標準貫入試験のN値



13.3.3. Cam Clay 弾塑性モデル

(1) Continuum 弾塑性構成テンソル（従来の陽解法弾塑性計算）

Cam-clay の降伏関数は以下のように与えられる。

$$f(p, q, p_c) = q + Mp \ln\left(\frac{p}{p_c}\right) = 0 \quad (12.3.3.1)$$

ここで平均応力 $p = -\frac{1}{3} \text{tr}(\boldsymbol{\sigma}')$ であり、一般化偏差応力 $q = \sqrt{\frac{3}{2}} \|\mathbf{S}\|$ 、偏差応力 $\mathbf{S} = \boldsymbol{\sigma}' - \frac{1}{3} \text{tr}(\boldsymbol{\sigma}') \mathbf{1}$ である。応力の右上のダッシュは有効応力であることを表している。応力、ひずみ等は引張り正であり、平均応力、体積ひずみ等は土質力学の慣例に従い圧縮を正としている。 M は限界応力比、 p_c は先行圧密応力である。降伏関数 f の p 、 q 、 p_c での微分を求めると：

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial p} &= M[1 + \ln(\frac{p}{p_c})], \\ \frac{\partial f}{\partial q} &= 1, \\ \frac{\partial f}{\partial p_c} &= -M \frac{p}{p_c}, \end{aligned} \quad (12.3.3.2)$$

である。

関連流れ則を仮定すると塑性ひずみ速度テンソルは次式で与えられ：

$$\boldsymbol{\varepsilon}^p = \gamma \frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{\sigma}'}, \quad (12.3.3.3)$$

ここで γ は塑性乗数（コンシステンシーパラメータ）である。

$$\frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{\sigma}'} = \frac{\partial f}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial \boldsymbol{\sigma}'} + \frac{\partial f}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial \boldsymbol{\sigma}'} = -\frac{1}{3} \left(\frac{\partial f}{\partial p} \right) \mathbf{1} + \sqrt{\frac{3}{2}} \left(\frac{\partial f}{\partial q} \right) \hat{\mathbf{n}}, \quad (12.3.3.4)$$

であり、ここで $\hat{\mathbf{n}} = \mathbf{S} / \|\mathbf{S}\|$ である。

また硬化則は

$$\dot{p}_c = \frac{p_c}{MD} \boldsymbol{\varepsilon}^p, \quad (12.3.3.5)$$

で与えられ、 D はダイレイタンシー係数であり、 λ を圧縮指数、 κ を膨潤指数、 e を間隙比とすると

$$D = \frac{\lambda - \kappa}{M(1+e)}, \quad (12.3.3.6)$$

で与えられる。

応力速度が弾性構成テンソルと弾性ひずみ速度で表せること、流れ則(12.3.3.3)、硬化則(12.3.3.5)、 $\gamma > 0$ の際の consistency 条件：

$$\dot{f}(\boldsymbol{\sigma}', p_c) = \frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{\sigma}'} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}^p + \frac{\partial f}{\partial p_c} \dot{p}_c = 0, \quad (12.3.3.7)$$

を用いることにより

$$\mathfrak{E} = \left[\mathbf{C} - \frac{\mathbf{C} \frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{\sigma}'} \otimes \frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{\sigma}'} \mathbf{C}}{\frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{\sigma}'} \cdot \mathbf{C} \frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{\sigma}'} - \frac{p_c}{MD} \frac{\partial f}{\partial p_c} \frac{\partial f}{\partial p}} \right] \mathfrak{E}, \quad (12.3.3.8)$$

が得られる。ここで \mathbf{C} は弾性構成テンソルであり、Cam Clay モデルの場合

$$\mathbf{C} = \tilde{\mathbf{K}} \mathbf{1} \otimes \mathbf{1} + 2\tilde{\mathbf{G}}(\mathbf{I} - \frac{1}{3} \mathbf{1} \otimes \mathbf{1}), \quad (12.3.3.9)$$

と表される。ここで係数 $\tilde{\mathbf{K}} = (1+e)p/\kappa$ 、 $\tilde{\mathbf{G}} = 3\tilde{\mathbf{K}}(1-2\nu)/2(1+\nu)$ であり、 ν はポアソン比である。

式(12.3.3.2)の関係を代入し、整理することにより (Continuum) 弾塑性構成テンソル \mathbf{C}^{ep} を得ることができる：

$$\mathbf{C}^{ep} = 2\tilde{\mathbf{G}}\mathbf{I} + c_1(\mathbf{1} \otimes \mathbf{1}) + c_2(\hat{\mathbf{n}} \otimes \mathbf{1} + \mathbf{1} \otimes \hat{\mathbf{n}}) + c_3(\hat{\mathbf{n}} \otimes \hat{\mathbf{n}}). \quad (12.3.3.10)$$

ここで

$$\begin{aligned} c_1 &= \frac{\tilde{\mathbf{K}}}{\chi} \left\{ \frac{p}{D} M[1 + \ln(\frac{p}{p_c})] + 3\tilde{\mathbf{G}} \right\} - \frac{2}{3} \tilde{\mathbf{G}}, \\ c_2 &= \frac{\tilde{\mathbf{K}}}{\chi} \sqrt{6\tilde{\mathbf{G}}} M[1 + \ln(\frac{p}{p_c})], \\ c_3 &= -\frac{6}{\chi} \tilde{\mathbf{G}}^2, \\ \chi &= \tilde{\mathbf{K}} M^2 [1 + \ln(\frac{p}{p_c})]^2 \\ &\quad + \frac{p}{D} M[1 + \ln(\frac{p}{p_c})] + 3\tilde{\mathbf{G}}, \end{aligned} \quad (12.3.3.11)$$

である。

式(12.3.2.25)から式(12.3.2.29)のマトリクスを用いて、 4×4 の Continuum 接線剛性マトリクスを作成する：

$$\begin{aligned} [C^{ep}] &= 2\tilde{\mathbf{G}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix} + c_1 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + c_2 \begin{bmatrix} \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ &\quad + c_3 \begin{bmatrix} \hat{n}_1 & \hat{n}_1 & \hat{n}_1 & 0 \\ \hat{n}_2 & \hat{n}_2 & \hat{n}_2 & 0 \\ \hat{n}_3 & \hat{n}_3 & \hat{n}_3 & 0 \\ \hat{n}_4 & \hat{n}_4 & \hat{n}_4 & 0 \end{bmatrix} + c_3 \begin{bmatrix} \hat{n}_1 \hat{n}_1 & \hat{n}_1 \hat{n}_2 & \hat{n}_1 \hat{n}_3 & \hat{n}_1 \hat{n}_4 \\ \hat{n}_2 \hat{n}_1 & \hat{n}_2 \hat{n}_2 & \hat{n}_2 \hat{n}_3 & \hat{n}_2 \hat{n}_4 \\ \hat{n}_3 \hat{n}_1 & \hat{n}_3 \hat{n}_2 & \hat{n}_3 \hat{n}_3 & \hat{n}_3 \hat{n}_4 \\ \hat{n}_4 \hat{n}_1 & \hat{n}_4 \hat{n}_2 & \hat{n}_4 \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \hat{n}_4 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (12.3.3.12)$$

(2) Return mapping algorithm : closest point projection method (陰解法 Return mapping)

式(12.1.4.3)の負荷除荷判定において $[t_n, t_{n+1}]$ の現ステップが塑性ステップであると判断された際、単に陽解法近似を行った計算アルゴリズムで増分解析を行うと、一般に求まった応力等が降伏局面上にないので降伏局面上に応力を引き戻す必要がある。これを Return mapping algorithms と呼ぶ。Borja ら⁴⁾ が return mapping algorithm として修正 Cam-clay モデルに対して提案している closest point projection 法を Cam Clay モデルに対して適用する。

流れ則(12.3.3.3)、硬化則(12.3.3.5)の有限時間積分により、次式が得られる：

$$\Delta \boldsymbol{\varepsilon}^p = \Delta \gamma \frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{\sigma}'}, \quad (12.3.3.13)$$

$$\Delta \varepsilon_v^p = \Delta \gamma \frac{\partial f}{\partial p}, \quad (12.3.3.14)$$

$$(p_c)_{n+1} = (p_c)_n \exp\left(\frac{\Delta \varepsilon_v^p}{MD}\right), \quad (12.3.3.15)$$

Return mapping 応力 tensor を次式のように表す：

$$\boldsymbol{\sigma}'_{n+1}^{(k)} = \boldsymbol{\sigma}'_{n+1}^{trial} - \mathbf{C} \Delta \boldsymbol{\varepsilon}^p. \quad (12.3.3.16)$$

この $\boldsymbol{\sigma}'_{n+1}^{(k)}$ の平均応力部分の考えると

$$p := p_{n+1}^{(k)} = p_{n+1}^{trial} - \tilde{\mathbf{K}} \Delta \varepsilon_v^p, \quad (12.3.3.17)$$

偏差部分は

$$q := q_{n+1}^{(k)} = q_{n+1}^{trial} - 3\mathbb{G} \Delta \varepsilon^p, \quad (12.3.3.18)$$

となる。ここで $q_{n+1}^{trial} = \sqrt{\frac{3}{2}} \|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\|$ 、 $\Delta \varepsilon^p = \sqrt{\frac{2}{3}} \|\Delta \boldsymbol{\varepsilon}^p\|$ 、 $\Delta \boldsymbol{\varepsilon}^p = \Delta \boldsymbol{\varepsilon}^p + \frac{1}{3} \Delta \varepsilon_v^p \mathbf{I}$ である。(12.3.3.17)、(12.3.3.18)、(12.3.3.15)に(12.3.3.2)、(12.3.3.2)の関係を代入すると：

$$p = p_{n+1}^{trial} - \Delta \gamma \mathbb{K} M [1 + \ln\left(\frac{p}{p_c}\right)], \quad (12.3.3.19)$$

$$q = q_{n+1}^{trial} - 3\mathbb{G} \Delta \gamma, \quad (12.3.3.20)$$

$$p_c := (p_c)_{n+1} = (p_c)_n \left(\frac{p}{p_c}\right)^{\frac{\Delta \gamma}{D}} \exp\left(\frac{\Delta \phi}{D}\right), \quad (12.3.3.21)$$

となり、コンシステンシー条件(12.3.3.1)の $f = 0$ とあわせると p 、 q 、 p_c 、 $\Delta \gamma$ に関する非線形連立方程式となっていることが分かる。

(3) Scalar consistency parameter の決定

式(12.3.3.19)、(12.3.3.20)、(12.3.3.21)内のパラメータ $\Delta\gamma$ は consistency 要求(12.3.3.1)を満たすように決定されなければならない。この根 $\Delta\gamma$ はスカラー関数 f に Newton Raphson 法を適用することにより求めることができるが、その際の初期値としては $p = p_{n+1}^{trial}$ 、 $q = q_{n+1}^{trial}$ 、 $p_c = (p_c)_n$ 、 $\Delta\gamma = 0$ を用いる。

f の $\Delta\gamma$ による偏微分 f' は、chain rule を用いると

$$f'(\Delta\gamma) = \frac{\partial f}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial(\Delta\gamma)} + \frac{\partial f}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial(\Delta\gamma)} + \frac{\partial f}{\partial p_c} \frac{\partial p_c}{\partial(\Delta\gamma)}, \quad (12.3.3.22)$$

となる。ここで $\partial f / \partial p$ 、 $\partial f / \partial q$ 、 $\partial f / \partial p_c$ は式(12.3.3.2)で与えられている。また式(12.3.3.19)、(12.3.3.20)、(12.3.3.21)を微分し、陰的に解くことにより

$$\frac{\partial p}{\partial(\Delta\gamma)} = -\frac{\Re M D [1 + \ln(\frac{p}{p_c})]}{D + \Re M \Delta\gamma / p + \Delta\gamma}, \quad (12.3.3.23)$$

$$\frac{\partial q}{\partial(\Delta\gamma)} = -3\Re, \quad (12.3.3.24)$$

$$\frac{\partial p_c}{\partial(\Delta\gamma)} = -\frac{p_c [1 + \ln(\frac{p}{p_c})]}{D + \Re M \Delta\gamma / p + \Delta\gamma}, \quad (12.3.3.25)$$

となる。ここで、変数 p 、 p_c は式(12.3.3.19)、(12.3.3.20)と連成しているため、関数 $f(\Delta\gamma^{(k)})$ は陽には求まらない。そこで p と p_c は反復的に解く。

式(12.3.3.20)を変形し、再表記すると

$$p_c = [(p_c)_n p^{\frac{\Delta\gamma^{(k)}}{D}} \exp(\frac{\Delta\gamma^{(k)}}{D})]^{\frac{D}{D+\Delta\gamma^{(k)}}}, \quad (12.3.3.26)$$

となり、これを式(12.3.3.19)に代入することにより次式を得る：

$$g(p) := p_{n+1}^{trial} + \Delta\gamma^{(k)} \Re M \frac{D}{D+\Delta\gamma^{(k)}} [\ln(p_c)_n - (1 + \ln p)] - p = 0, \quad (12.3.3.27)$$

この式の根 $p = p_{n+1}^{(k)}$ は、Newton Raphson 法を用いることにより、反復的に求められる。 g の p による偏微分 g' は

$$g'(p) = -(1 + \Delta\gamma^{(k)} \Re M \frac{D}{D+\Delta\gamma^{(k)}} \frac{1}{p}) \quad (12.3.3.28)$$

である。

この p 、 q 、 p_c 、 $\Delta\gamma$ を求める2重の Newton Raphson 法のアルゴリズムを図 15 に示す。

1. 初期化 $k = 0$, $\Delta\gamma^{(k)} = 0$.
2. $f^{(k)} = f(\Delta\gamma^{(k)})$ の計算.
 - 2.1. 初期化 $j = 0$, $p^{(j)} = p_{n+1}^{trial}$.
 - 2.2 $g^{(j)} = g(p^{(j)})$ の計算.
 - 2.3 if $|g^{(j)}| < g_{tol}$, goto 2.6 ; else,
 - 2.4 $p^{(j+1)} = p^{(j)} - \frac{g^{(j)}}{g'(p^{(j)})}$.
 - 2.5 $j \leftarrow j + 1$, goto 2.2.
 - 2.6 $f^{(k)} = f(\Delta\gamma^{(k)}, p^{(k)}, q^{(k)}, p_c^{(k)})$ を
計算し, return.
3. if $|f^{(k)}| < f_{tol}$, exit ; else,
4. $\Delta\gamma^{(k+1)} = \Delta\gamma^{(k)} - \frac{f^{(k)}}{f'(\Delta\gamma^{(k)})}$.
5. $k \leftarrow k + 1$, goto 2.

図 15 $f = 0$ 、 $g = 0$ とする根 p 、 q 、 p_c 、 $\Delta\gamma$ を求める
Newton Raphson algorithm.

(4) Consistent 弾塑性構成テンソル（陰解法弾塑性計算）

ひずみテンソル増分 $\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)} - \boldsymbol{\varepsilon}_n$ を考慮した増分応答関数は次式のように表される：

$$\boldsymbol{\sigma}_{n+1}'^{(k)} = \frac{1}{3} \text{tr}(\boldsymbol{\sigma}_{n+1}'^{(k)}) \mathbf{1} + \|\mathbf{S}_{n+1}^{(k)}\| \hat{\mathbf{n}} = -p \mathbf{1} + \sqrt{\frac{2}{3}} q \hat{\mathbf{n}}. \quad (12.3.3.29)$$

Consistent 弾塑性構成テンソルは、式(12.1.4.1) の直接的な偏微分により次式のように得られる：

$$\bar{\mathbf{C}}_{n+1}^{ep(k)} = \frac{\partial \boldsymbol{\sigma}_{n+1}'^{(k)}}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} = -\mathbf{1} \otimes \frac{\partial p}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} + \sqrt{\frac{2}{3}} q \frac{\partial \hat{\mathbf{n}}}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} + \sqrt{\frac{2}{3}} \hat{\mathbf{n}} \otimes \frac{\partial q}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}}. \quad (12.3.3.30)$$

ここで $\frac{\partial \boldsymbol{\sigma}_{n+1}'^{(k)}}{\partial p} = -\mathbf{1}$, $\frac{\partial \boldsymbol{\sigma}_{n+1}'^{(k)}}{\partial \hat{\mathbf{n}}} = \sqrt{\frac{2}{3}} q \mathbf{I}$, $\frac{\partial \boldsymbol{\sigma}_{n+1}'^{(k)}}{\partial q} = \sqrt{\frac{2}{3}} \hat{\mathbf{n}}$ を用いた。

式(12.3.3.30)内の各偏微分量は式(12.3.3.19)、(12.3.3.21)を用いて陰的に得ることができる。 p の $\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}$ による微分は：

$$\frac{\partial p}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} = a_1 \mathbf{I} + a_2 \frac{\partial(\Delta\gamma)}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}}, \quad (12.3.3.31)$$

となり、ここで

$$\begin{aligned} a_1 &= -\frac{\partial}{\partial p} p(D + \Delta\gamma) / a, \\ a_2 &= -\frac{\partial}{\partial p} MDp[1 + \ln(\frac{p}{p_c})] / a, \\ a &= Dp + \Delta\gamma(p + \frac{\partial}{\partial p} MD), \end{aligned} \quad (12.3.3.32)$$

である。また p_c の $\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}$ による微分は：

$$\frac{\partial p_c}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} = a_3 \mathbf{I} + a_4 \frac{\partial(\Delta\gamma)}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}}, \quad (12.3.3.33)$$

となり、ここで

$$\begin{aligned} a_3 &= -\frac{\partial}{\partial p_c} p_c \Delta\gamma / a, \\ a_4 &= p_c p[1 + \ln(\frac{p}{p_c})] / a, \end{aligned} \quad (12.3.3.34)$$

である。 q の $\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}$ による微分は：

$$\frac{\partial q}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} = \sqrt{6} \frac{\partial}{\partial \hat{\mathbf{n}}} \hat{\mathbf{n}} - 3 \frac{\partial(\Delta\gamma)}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}}, \quad (12.3.3.35)$$

となる。次に consistency 要求を課すことにより $\partial(\Delta\gamma)/\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}$ を得ることができる。すなわち $f = f(\Delta\gamma(\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}))$ を $\boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}$ で偏微分した結果：

$$\frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} = \frac{\partial f}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} + \frac{\partial f}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} + \frac{\partial f}{\partial p_c} \frac{\partial p_c}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} \equiv 0, \quad (12.3.3.36)$$

に式(12.3.4.3)、(12.3.4.5)、(12.3.4.7)を代入することにより

$$\frac{\partial(\Delta\gamma)}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{n+1}^{(k)}} = b_1 \mathbf{I} + b_2 \hat{\mathbf{n}}, \quad (12.3.3.37)$$

を得る。ここで

$$\begin{aligned} b_1 &= M\{a_3 \frac{p}{p_c} - a_1[1 + \ln(\frac{p}{p_c})]\}/b, \\ b_2 &= -\sqrt{6}\tilde{G}/b, \\ b &= -M\{a_4 \frac{p}{p_c} - a_2[1 + \ln(\frac{p}{p_c})]\} - 3\tilde{G}, \end{aligned} \quad (12.3.3.38)$$

である。

式(12.3.3.37)を(12.3.3.31)、(12.3.3.33)、(12.3.3.35)に代入することによって次の関係式を得る：

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}^{(k)}} &= a_1 \mathbf{1} + a_2(b_1 \mathbf{1} + b_2 \hat{\mathbf{n}}), \\ &= (a_1 + a_2 b_1) \mathbf{1} + a_2 b_2 \hat{\mathbf{n}}, \\ \frac{\partial q}{\partial \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}^{(k)}} &= \sqrt{6}\tilde{G}\hat{\mathbf{n}} - 3\tilde{G}(b_1 \mathbf{1} + b_2 \hat{\mathbf{n}}), \\ &= -3\tilde{G}b_1 \mathbf{1} + \tilde{G}(\sqrt{6} - 3b_2)\hat{\mathbf{n}}, \\ \frac{\partial p_c}{\partial \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}^{(k)}} &= a_3 \mathbf{1} + a_4(b_1 \mathbf{1} + b_2 \hat{\mathbf{n}}), \\ &= (a_3 + a_4 b_1) \mathbf{1} + a_4 b_2 \hat{\mathbf{n}}. \end{aligned} \quad (12.3.3.39)$$

$\hat{\mathbf{n}}$ の $\boldsymbol{\epsilon}_{n+1}^{(k)}$ での偏微分：

$$\frac{\partial \hat{\mathbf{n}}}{\partial \boldsymbol{\epsilon}_{n+1}^{(k)}} = \frac{2\tilde{G}}{\|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\|} (\mathbf{I} - \frac{1}{3} \mathbf{1} \otimes \mathbf{1} - \hat{\mathbf{n}} \otimes \hat{\mathbf{n}}). \quad (12.3.3.40)$$

と式(12.3.3.39)の関係を(12.3.3.30)に代入することにより次式の Consistent 弾塑性構成テンソルを得る：

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{C}}^{ep(k)}_{n+1} &= 2\tilde{G}\xi \mathbf{I} - (a_1 + a_2 b_1 + \frac{2}{3}\tilde{G}\xi)(\mathbf{1} \otimes \mathbf{1}) \\ &\quad - a_2 b_2 (\mathbf{1} \otimes \hat{\mathbf{n}}) - \sqrt{6}\tilde{G}b_1 (\hat{\mathbf{n}} \otimes \mathbf{1}) + \tilde{G}(2 - \sqrt{6}b_2 - 2\xi)(\hat{\mathbf{n}} \otimes \hat{\mathbf{n}}), \end{aligned} \quad (12.3.3.41)$$

ここで、 $\xi = \sqrt{\frac{2}{3}}q / \|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\| = \|\mathbf{S}_{n+1}^{(k)}\| / \|\mathbf{S}_{n+1}^{trial}\|$ である。 $\Delta\gamma \rightarrow 0$ とすると $\bar{\mathbf{C}}^{ep(k)}_{n+1}$ は式(12.3.3.10)の (Continuum) 弾塑性構成テンソル \mathbf{C}^{ep} に一致する。

式(12.3.3.41)の Consistent 弾塑性構成テンソルは、通常の Continuum 弾塑性構成テンソルを使用する場合と異なり、式(12.3.3.1)、(12.3.3.2)を Newton Raphson 法で解くのに整合しており、したがって2次収束を保証している。

ここで2次元の場合でマトリクス表示した Consistent 弾塑性構成テンソルを以下に示す：

$$\begin{aligned} [\bar{\mathbf{C}}^{ep}] &= 2\tilde{G}\xi \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix} - (a_1 + a_2 b_1 + \frac{2}{3}\tilde{G}\xi) \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - a_2 b_2 \begin{bmatrix} \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ \hat{n}_1 & \hat{n}_2 & \hat{n}_3 & \hat{n}_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ &\quad - \sqrt{6}\tilde{G}b_1 \begin{bmatrix} \hat{n}_1 & \hat{n}_1 & \hat{n}_1 & 0 \\ \hat{n}_2 & \hat{n}_2 & \hat{n}_2 & 0 \\ \hat{n}_3 & \hat{n}_3 & \hat{n}_3 & 0 \\ \hat{n}_4 & \hat{n}_4 & \hat{n}_4 & 0 \end{bmatrix} + \tilde{G}(2 - \sqrt{6}b_2 - 2\xi) \begin{bmatrix} \hat{n}_1\hat{n}_1 & \hat{n}_1\hat{n}_2 & \hat{n}_1\hat{n}_3 & \hat{n}_1\hat{n}_4 \\ \hat{n}_2\hat{n}_1 & \hat{n}_2\hat{n}_2 & \hat{n}_2\hat{n}_3 & \hat{n}_2\hat{n}_4 \\ \hat{n}_3\hat{n}_1 & \hat{n}_3\hat{n}_2 & \hat{n}_3\hat{n}_3 & \hat{n}_3\hat{n}_4 \\ \hat{n}_4\hat{n}_1 & \hat{n}_4\hat{n}_2 & \hat{n}_4\hat{n}_3 & \hat{n}_4\hat{n}_4 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (12.3.3.42)$$

(5) Cam Clay 弾塑性モデルの入力値

近年、軟弱地盤の圧密沈下やせん断に対する変形解析によく用いられるモデルとしては Roscoe (ロスコー) らの Cam Clay モデル^{19), 20), 21)} や、関口・太田モデル^{22), 23)} 等があげられる。この Cam Clay 定数を厳密に設定する為には、標準圧密試験、圧密非排水三軸圧縮試験 (\overline{CU} 試験)、現位置透水試験が必要となる。しかし、一般にこれらの試験結果がすべて得られることは稀であり、何らかの方法でこの定数を推定せざるを得ない場合が多い。ここでは、上記の試験より土質パラメータを決定する方法とともに、これらに代わる土質データからパラメータを推定する方法についても述べる。

① 圧縮指数 λ および膨張指数 κ

標準圧密試験の $e \cdot \log p$ 曲線の圧密時の傾き C_c および膨張時の傾き C_e より、それぞれ $\lambda = 0.434 C_c$ 、 $\kappa = 0.434 C_e$ から求める。 $e \cdot \log p$ の膨潤曲線がない場合、 $\kappa = 0.1 \lambda \sim 0.2 \lambda$ が用いられる場合が多い。

② 限界応力比 M およびダイレイタンシー係数 D

限界応力比 M は \overline{CU} 試験の破壊時の有効応力比より $M = (q/p)_{crit}$ として求められる。

また、ダイレイタンシー係数 D と限界応力比 M との間には次の関係式が成り立ち、したがって D は M より算定できる。

$$D = \frac{\lambda - \kappa}{(1 + e_0)M} \quad (12.3.3.43)$$

平均的な日本の粘土では M の値は 1.2～1.4 程度を採ることが多い。また、土の内部摩擦角 ϕ' と M との間には次式のような関係がある。

$$\sin \phi' = \frac{3M}{6 + M} \quad (12.3.3.44)$$

③ 初期間隙比

土の初期間隙比 e_0 は、土粒子の密度、土の湿潤密度、含水比から求めることができる。

④ 正規圧密領域における静止土圧係数

正規圧密領域における静止土圧係数 $K_0^{(NC)}$ は地盤内の水平有効応力と鉛直有効応力の比として与えられる。初期状態（載荷直前の状態）におけるある深さ z の鉛直有効応力は地盤材料の湿潤密度 γ_t と地下水位を知ることによって比較的容易に決定できる。一方、水平有効応力は、現在のところ確信を持ってその値を与える方法は見当たらない。したがってこのパラメータの決定に関しては種々の提案式があり、最も古典的で簡単なものは Jaky の関係式：

$$K_0^{(NC)} = 1 - \sin \phi' \quad (12.3.3.45)$$

である。また関口ら²⁴⁾ は提案した弾粘塑性構成モデルの平面ひずみバージョンの構成式に基づいて解析的に次式を誘導している：

$$K_0^{(NC)} = \frac{2 - \kappa/\lambda - \sin \phi'}{2 - \kappa/\lambda + \sin \phi'} \quad (12.3.3.46)$$

⑤ ポアソン比

有効応力表示のポアソン比 ν' の値は正規圧密領域における静止土圧係数 $K_0^{(NC)}$ の値から次式によって決定する。

$$\nu' = \frac{K_0^{(NC)}}{1 + K_0^{(NC)}} \quad (12.3.3.47)$$

以上の方法を用いて地盤の変形に対する土/水連成解析に用いる土質パラメータは決定される。しかし、これらのパラメータの個々の精度は等価ではなく、非常に精度の高いものから経験的で根拠のあいまいなものが混在している。また、常に個々の土質パラメータの決定に必要な土質試験が行なわれることはないから、より実用性を重視した土質パラメータの推定法が必要となってくる。こうしたニーズに応える研究成果も報告されている。Iizuka と Ohta²⁵⁾ は標準圧密試験やせん断試験を用いていくつかのパラメータを求め、静止土圧係数、内部摩擦角、圧密係数に対して塑性指数 I_p から直接決定する方法を提案している。Kamei²⁶⁾、²⁷⁾ および Nakase et al.²⁸⁾ は広範な土の種類への適応性と簡便性という観点から、各種土質定数は塑性指数 I_p のみによって決定する方法を提案している。

$$\square \quad \text{圧縮指数} \quad \lambda = 0.02 + 0.0045 I_p$$

$$\square \quad \text{膨潤指数} \quad \kappa = 0.00084 (I_p - 4.6)$$

$$\square \quad \text{初 期 間 隙 比}$$

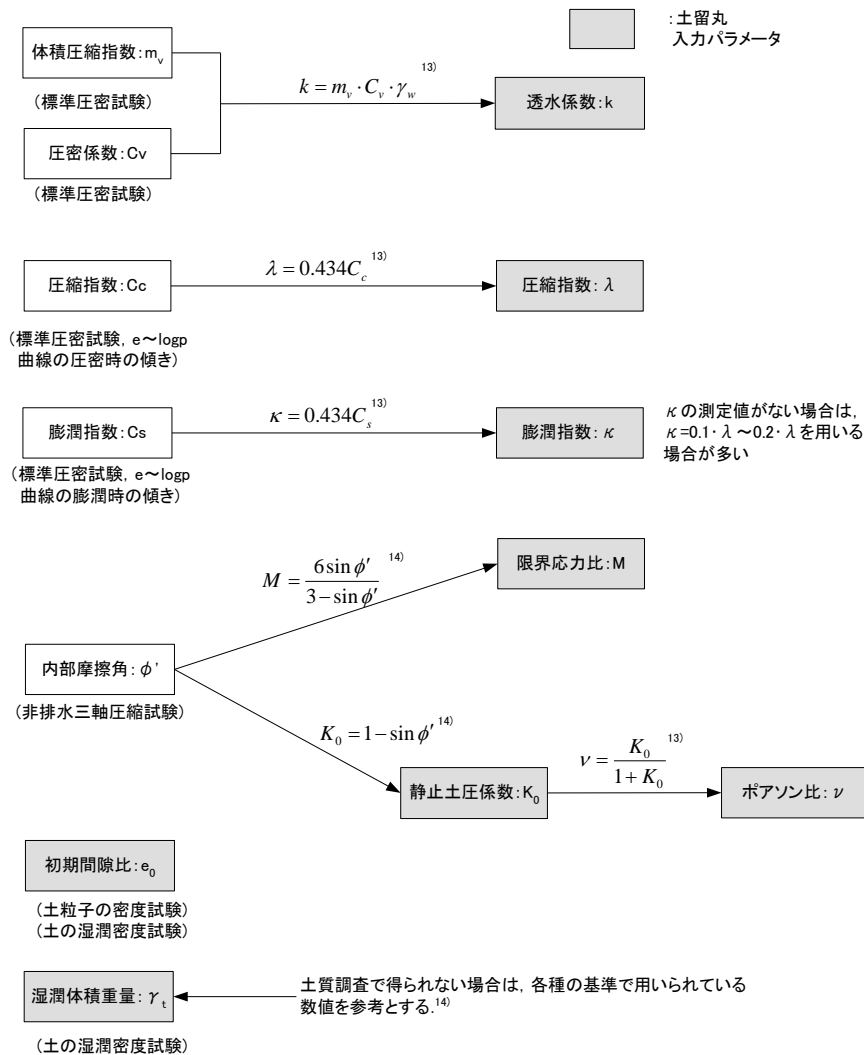
$$e_0 = N - 1.0 = 0.517 + 0.019 I_p \quad (12.3.3.48)$$

$$\square \quad \text{限界応力比} \quad M = 1.65$$

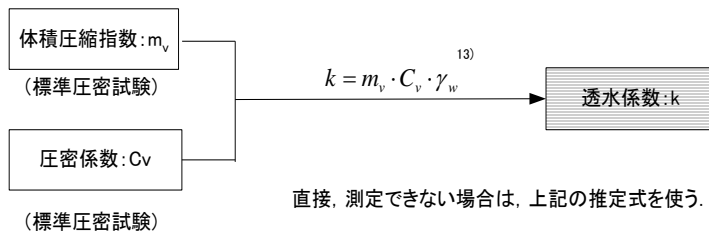
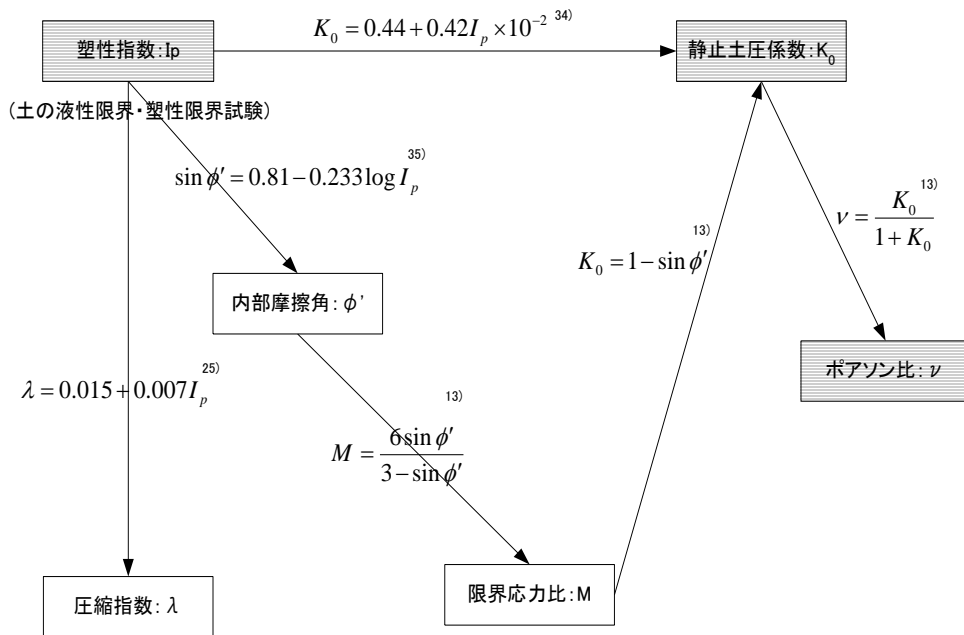
$$\square \quad \text{ダイラタンシー係数} \quad D = 0.00082 I_p + 0.0159$$

この決定法によって得られた土質定数による解析結果は要素試験(三軸試験)^{28)~31)}、モデル実験(遠心载荷試験)^{26), 30)}、実地盤の変形挙動^{32), 33)}を非常に良く表現できることが実証されている。土留丸の土質定数入力画面には、この塑性指数からの推定式(12.3.5.6)による自動計算が装備されている。

また、Cam Clay 弾塑性モデルの土質定数決定フローを以下に示す。



塑性指数を用いる場合



湿潤体積重量: γ_t

土質調査で得られない場合は, 各種の基準で用いられている数値を参考とする. ¹⁴⁾

(6) Cam Clay 弾塑性モデルの局所安全率

実際に地盤が破壊する際には、すべり面が表れる場合が多く観測されるが、すべり面全体で同時に破壊することは少なく、ある時点で発生した局所的な降伏あるいは破壊が順次拡大し、ついには全体の崩壊に至るといった経過をたどることは明らかである。このような破壊が徐々に進行して行く様相を進行性破壊と呼ぶ。この地盤内土要素の進行性破壊を表す指標の1つとして局所安全率がある。

局所安全率はこれまで岩盤斜面の切土安定評価の際に、有限要素法を用いた解析の例³⁸⁾があるが、その報告では図16のようにモールクーロン破壊規準を用いて主応力より、

$$SC = \frac{\sigma_{1f} - \sigma_{3f}}{\sigma_1 - \sigma_3},$$

$$= \frac{(\sigma_1 + \sigma_3 - 2p_w) \sin \phi' + 2c' \cdot \cos \phi'}{\sigma_1 - \sigma_3}, \quad (12.3.3.49)$$

を計算し、この $SC \geq 1.0$ であれば安定性は保たれているが、 $SC < 1.0$ の場合には土要素は破壊する（安全性は保たれない）と仮定されている。したがって式(12.3.3.49)を用いて各要素の SC を計算し、その分布を調べれば地盤内の破壊領域が分かり、安全性の評価ができる。

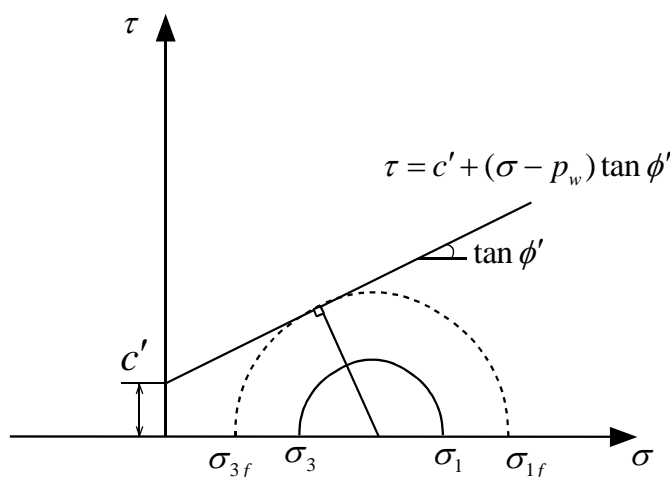


図 16 モール円を用いた局所安全率の概念図

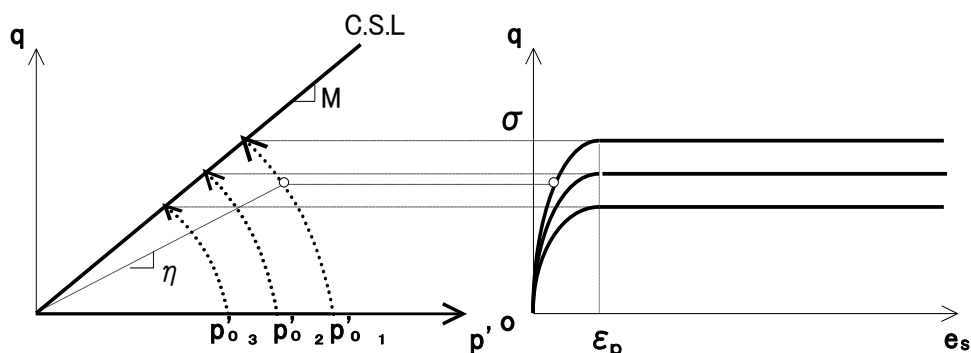


図 17 Cam Clay モデルにおける非排水パスと応力ひずみ関係.

一方、Cam Clay 弾塑性モデルに対する局所安全率はこの考えを拡張し、限界応力比を用いて以下のように

に定義する。

$$\alpha := \frac{M}{\eta} . \quad (12.3.3.50)$$

ここで $\eta (=q/p')$ は応力比と呼び、図 17 のように $p'-q$ 空間内での傾きを表す。すなわち、局所安全率 α はその点で非排水変形させた場合の限界状態線 (Critical State Line, C.S.L) の傾きと、現在の $p'-q$ 関係の傾きの比となる。なお、各点で非排水状態の場合、せん断が進行すると限界状態線上で止まり $\alpha=1.0$ となるが、「土留丸」で採用している土／水連成解析においては、各点で排水状態、すなわち間隙水が自由に移動できる状態としているので、限界状態線を越えて吸水軟化することもあり、その時は $\alpha<1.0$ となることもあり得る。

13.4. 対策エライブラリ

13.4.1. 土留め壁(鋼矢板)モデル

(1) 土留め壁(鋼矢板)のモデル化

従来、土留め壁を有限要素法に組み込む場合、主に梁理論による有限要素解析が用いられてきた。梁要素は梁理論に基づいて定式化されており、地盤の要素の節点に面積ゼロの線要素を重ねれば良く、簡便さからや要素数の増大を招かないなどの理由により汎用されてきたと考えられる。しかし、通常用いられる梁要素であると、変位を表す形状関数に回転角を含み、土の部分の平面要素と梁要素で変位が適合しない(変位のくい違いが生じる)などの問題があった。近年、計算機の高速化とメモリ容量の画期的な増大に伴い、要素の増大はそれほど問題とならなくなったことより、土留め壁を平面要素で近似することを採用した。その際、土留め壁の安定照査の為、曲げモーメント、せん断力を求める必要があるが、本ソフトにおいては、有限要素法で計算される等価節点力により計算している。

等価節点力の計算は、要素内部の応力を用いて、

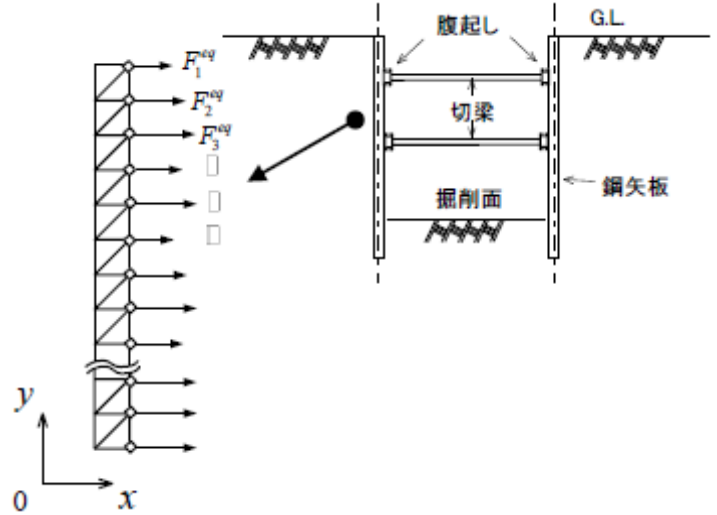


図 18 土留め壁の要素

$$F_i^{eq} = \int_{V_e} [B]^T \{\sigma\} dv, \quad (12.4.1.1)$$

で計算し、当該節点に内接する要素からの上式の値を合算する。その等価節点力を用いて、せん断力 Q は求めたい箇所より上部の等価節点力の合算として、

$$Q = \sum_i F_i^{eq}, \quad (12.4.1.2)$$

で求める。また、曲げモーメント M は求めたい箇所より上部の等価節点力と、その位置までの長さの積の合算として、

$$M = \sum_i F_i^{eq} L_i, \quad (12.4.1.3)$$

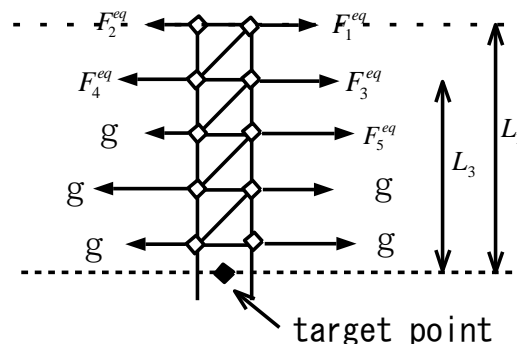


図 19 等価節点力

で求める。

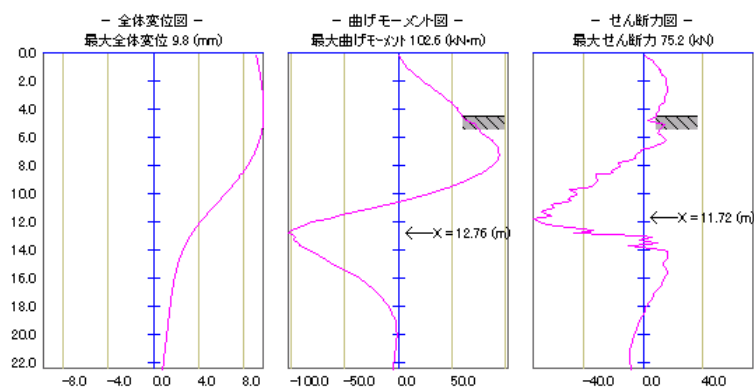


図 20 土留め壁の変位図、曲げモーメント図、せん断力図

また、鋼矢板の実際の形状は、図 19 のようになっており、これを連続体要素に近似する際、曲げ剛性を等価にするよう換算している。

$$E' = \frac{EI}{I'} \quad (12.4.1.4)$$

ここで E は鋼矢板のヤング率、 I は鋼矢板の断面 2 次モーメントであり、 E' は等価要素のヤング率、 I' は次式に示す、等価要素の断面 2 次モーメントである。

$$I' = \frac{bh^3}{12} \quad (12.4.1.5)$$

これを概念的に表した図が、図 20 である。

ただし、一般に用いる U 形鋼矢板では曲げに対する継手部分のずれが無視できない。鋼矢板のカタログ等
に示されている単位幅あたりの断面係数及び断面 2 次モーメントの値は、継手部分にずれが生じないと仮定
した時の計算値であることから、断面算定および土留め壁の応力・変形の算定に際してはこれらの値から低
減する必要がある。

一般には、ずれを無視した場合の単位幅あたりの値に対して、打ち込み工法などでは断面 2 次モーメント
で 45～60%、断面係数で 60～80% 程度とし、セメントミルクやソイルセメントの固化材中に設置される場
合にはこれらの値を適宜割増してよい。

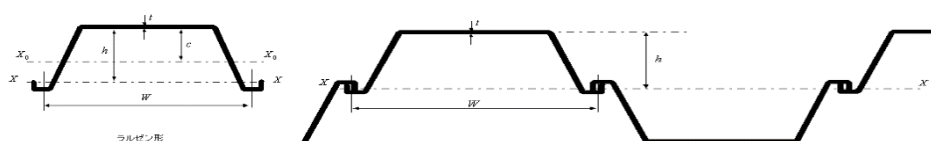


図 21 鋼矢板の形状

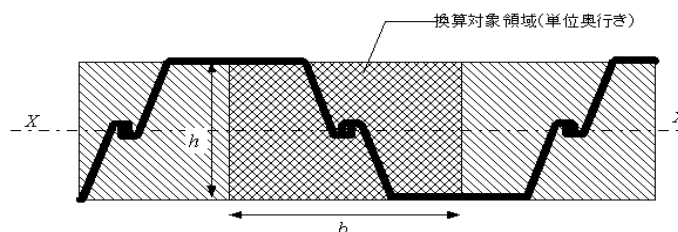


図 22 土留め壁（鋼矢板）と等価要素の剛性換算

(2) 土留め壁（鋼矢板）の入力値に関して

図 23 土留め壁諸元入力画面

土留め壁は標準で鋼矢板が採用されていると考えており、図 23 のように入力値としては

1. 厚み (m)
2. 単位体積重量 (kN/m³)
3. 弾性係数 (N/mm²)
4. ポアソン比 (—)
5. 断面二次モーメント (cm⁴/m) [壁幅 1 m 当り]
6. 断面係数 (cm³/m) [壁幅 1 m 当り]

が必要である。その代表的な諸元は以下の表に与える³⁶⁾。

表 1 U型鋼矢板

種類	厚み (mm)	単位体積重量 壁幅 1 m 当り (kg / m²)	断面2次 モーメント 壁幅 1 m 当り (cm⁴ / m)	断面係数 壁幅 1 m 当り (cm³ / m)
SP-II	100	120	8740	874
SP-III	125	150	16800	1340
SP-III	130	150	17400	1340
SP-IV	170	190	38600	2270
SP-IA	85	88.8	4500	529
SP-IIA	120	108	10600	880
SP-IIIA	150	146	22800	1520
SP-IVA	185	185	41600	2250
SP-VL	200	210	63000	3150
SP-VIL	225	240	86000	3820
SP-IIW	130	103	13000	1000
SP-IIIW	180	136	32400	1800
SP-IVW	210	177	56700	2700

13.4.2. ジオテキスタイルモデル

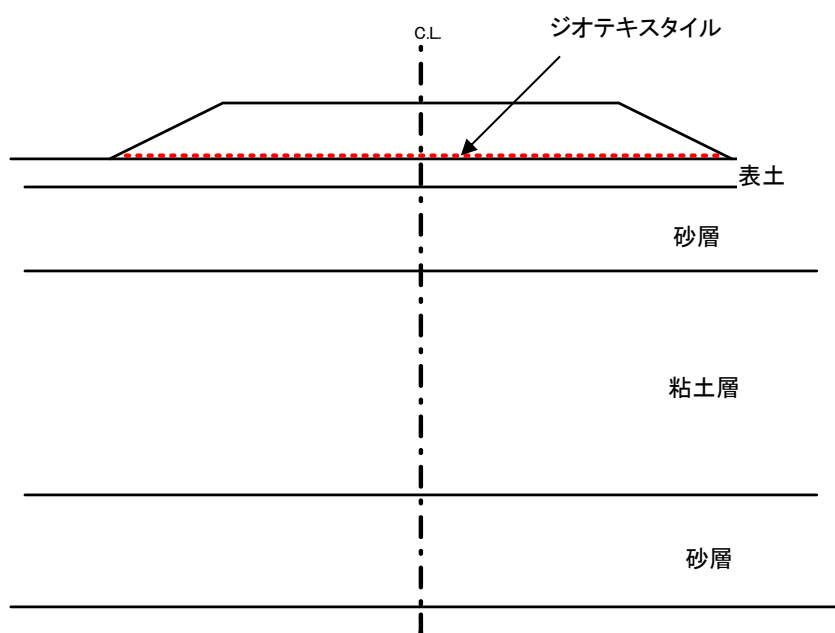


図 24 盛土下敷設ジオテキスタイル概要図

土留丸では、図 24 のようにジオテキスタイルを軟弱地盤上に築造する盛土の沈下・側方流動防止の検討に用いるために、敷設・検討が行える。(現在、盛土内でのジオテキスタイル敷設はできない。)

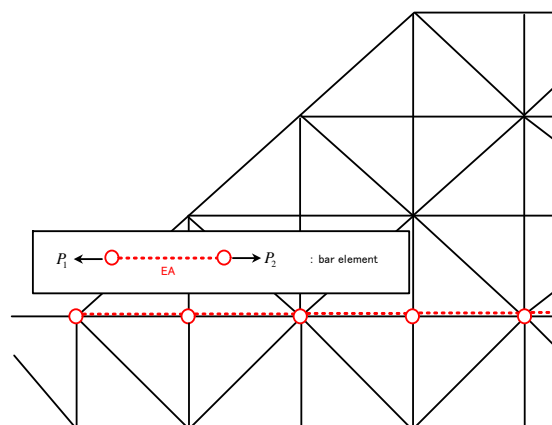


図 25 棒要素 (bar element) でのジオテキスタイルのモデル化

ここではジオテキスタイルを一次元の均質な棒要素 (bar element) の連結でモデル化を行う。棒要素に作用する力 $P_1 (= -P_2)$ と、2 点の変位差 $\Delta u (= u_1 - u_2)$ には

$$P_1 = -P_2 = \frac{EA}{L} \Delta u \quad (12.4.1.6)$$

の関係がある。ここで EA はジオテキスタイルの断面剛性 (kN/m)、 L はジオテキスタイル長さ (m) である。

これを有限要素法の内部に組み込む際には、対応する 2 節点間の剛性マトリクスに

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix} = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} \quad (12.4.1.7)$$

を重ねる。

隣り合うジオテキスタイル設置要素の当該節点同士を上記方法で連結し、盛土沈下時に発生する側方流動力 P に抵抗するようジオテキスタイルの効果を導入する。

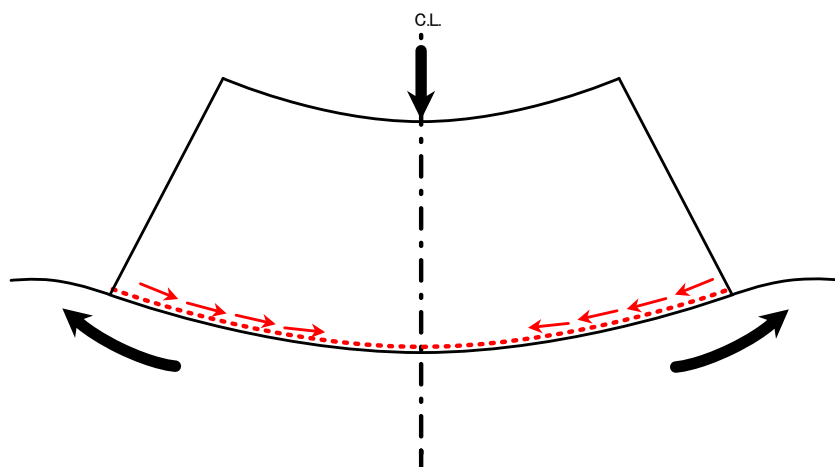


図 26 側方流動に抵抗するジオテキスタイルの模式図

参考文献

- 1) 矢富盟祥, 鱸 洋一: 陰解法弾塑性計算アルゴリズムを用いた微小変形土/水連成有限要素法解析, 応用力学論文集, vol.4, pp.345-356, 2001.
- 2) 土木学会海岸工学委員会研究現況レビュー小委員会: 海底地盤の力学挙動, 海岸波動, pp.457-459, 1994.
- 3) 例えば J. C. Simo, T.J.R.Hughes: Computational Inelasticity, Springer-Verlag New York, 1998.
- 4) R. I. Borja and S. R. Lee: Cam-Clay plasticity, Part I: Implicit integration of elasto-plastic constitutive relations, Compt. Methods Appl. Mech. Engrg. 78(1), pp.49-72, 1990.
- 5) 富田佳宏: 数値弾塑性力学—有限要素シミュレーション—基礎と応用—, 養賢堂, 1990.
- 6) Arai, K., Ohta, H. and Kojima, K.: Estimation of Soil Parameters Based on Monitored Movement of Subsoil Under Consolidation, Soils and Foundations, Vol.24, No.4, pp.95-108, 1984.
- 7) Shoji, M. and Matsumoto, T.: Consolidation of Embankment Foundation, Soils and Foundations, Vol.16, No.1, pp.59-74, 1976.
- 8) 土質工学会: 土質調査試験結果の解釈と適用例 [第1回改訂版], 土質基礎工学ライブラリー 4, 第7章, 1979.
- 9) Shibata, T. and Sekiguchi, H.: Performance of Trial Embankment on Soft Clay, Proc. of Int. Conf. on Case Histories in Geotechnical Engineering, St. Lnuis, Vol.2, pp.599-607, 1984.
- 10) 石井武司: 三次元弾塑性解析 FEM, 実務で役立つ FEM 講習会—講義と電算実習—テキスト①, 地盤工学会, pp.19-36, 1999.
- 11) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説, 基礎構造物・抗土圧構造物 pp.85-90, 1997.
- 12) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編, 47, 1996.
- 13) 地盤工学ハンドブック, 第3章, 土質力学, pp.124-127, 地盤工学会, 1999.
- 14) (社) 日本道路協会: 道路土工, 仮設構造物設計指針など.
- 15) Chen, W. F. and Mizuno, E.: Nonlinear analysis in soil mechanics, Elsevier, 1990.
- 16) Owen, D. R. J. and Hinton, E.: Finite elements in plasticity, Pineridge Press, 1990.
- 17) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, IV 下部構造物編, pp.235-241, 1996.
- 18) 若井明彦: 地すべり解析における有限要素法の利用に関する講習会—講義と電算実習—講習会テキスト② (3次元弾塑性解析 FEM による抑止杭の解析) (社) 日本地すべり学会, 2001.
- 19) Roscoe, K. H. and Poorooshasb, H. B.: A Theoretical and experimental study of strain in triaxial compression test on normally consolidated clays, Geotechnique, Vol. 13, No.1, pp.12-38, 1963.
- 20) Roscoe, K. H., Schofield, A. N. and Wroth, C. P.: On the yielding of soils, Geotechnique, Vol. 8, pp.22-53, 1958.
- 21) Roscoe, K. H., Schofield, A. N. and Thurairajah, A.: Yielding of clays in states wetter than critical, Geotechnique, Vol.13, pp.211-240, 1963.
- 22) Ohta, H. and Hata, S.: A theoretical study of the stress-strain relation for clays, Soils and Foundations, Vol.11, No.3, pp.65-90, 1971.

- 23) Sekiguchi, H. and Ohta, H, Induced anisotropy and time dependency in clays, Proc. Specialty Session 9, 9th ICSMFE, pp.229-239, 1977.
- 24) 関口秀雄, 西田義親, 金井文男 : 粘土の平面ひずみ粘塑性モデルについて, 第 37 回土木学会年次学術講演会概要集, 第 3 部, pp.181-182, 1982.
- 25) Iizuka, A. and Ohta, H. : A Determination Procedure of Input Parameters in Elasto- Viscoplastic Finite Element Analysis, Soils and Foundations, Vol.27, No.3, pp.71-87, 1987.
- 26) Kamei, T. , A study on the mechanical behavior of normally consolidated cohesive soils, thesis presented to the Tokyo institute of Technology at Tokyo, Japan, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor Engineering., 1985.
- 27) Kamei, T. , Dailatancy characteristics of normally consolidated cohesive soils, Solids and Foundations, 29, (1), 165-172, 1989.
- 28) Nakase, A. , Kamei, T. and Kusakabe, O. : Constitutive parameters estimated by plasticity index, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 114(7), 844-858, 1988.
- 29) Kamei, T. and Sakajo, S. : Evaluation of undrained shear behavior of K_0 -consolidated cohesive soils using elasto-viscoplastic model, Computers and Geotechnics, Vol.17, No.3, pp.397-417, 1995.
- 30) Kamei, T. : An integrated evaluation of the mechanical behavior of normally consolidated cohesive soils, Geological Reports of Shimane University, No.14, pp.1-14, 1995.
- 31) Kamei, T. : Experimental and numerical investigation of the undrained shear characteristics of un disturbed clay, Earth Science, Vol.50, No.3, pp.213-222, 1996.
- 32) Sakajo, S. and Kamei, T. : Simplified deformation analysis for embankment foundation using elasto-plastic model, Soils and Foundations, Vol.36, No.2, pp.1-11, 1996.
- 33) Kamei, T. and Sakajo, S. : A deformation analysis of deep foundation under embankment using an elasto-viscoplastic model, Journal of the Japan Society of Engineering Geology, Vol.39, No.2, pp.183-192, 1998.
- 34) Massarsch, K. R. : Lateral Earth Pressure in Normally Consolidated Clay, Design Parameters in Geotechnical Engineering, 7th ECSMFE, vol.2, pp.245-249, 1979.
- 35) Kenny, T. C. : Discussion on Proc. Parameter1732, JSMFED, Proc. ASCE, vol.85, SM3, pp.67-79, 1959.
- 36) 鋼矢板, 鋼管杭協会・鋼矢板技術研究委員会, pp.6-7, 1989.
- 37) 鉄鋼重量ハンドブック, 鉄鋼新聞社, pp.91-92, 1995.
- 38) 地盤工学における数値解析の実務, 社団法人 土質工学会, pp.32-37, 1987.

13.5. 基礎式の要約(浸透流解析)

13.5.1. 質量保存則 (連続の式)

不飽和の浸透流場において、何れの箇所においても間隙空気は大気とつながっていて封入状態ではなく、したがってそれ自体の運動は考慮しなくてよいと仮定します。このとき質量保存則は、一般に次式で表わされます。

$$\frac{\partial}{\partial t} (S_r \cdot n \cdot \rho_w) + \text{div} (\rho_w \cdot V) = 0 \quad (12.5.1.1)$$

ここに、

S_r : 飽和度

n : 間隙率

ρ_w : 間隙水の密度

V : 間隙水のみかけの流速ベクトルで、その成分は(V_x, V_y, V_z)

上式は、テンソル記号を用いて次のように書かれることもあります。

$$\frac{\partial}{\partial t} (S_r \cdot n \cdot \rho_w) + \frac{\partial}{\partial i} (\rho_w \cdot V_i) = 0, i = 1, 2, 3 \text{ or } x, y, z \quad (12.5.1.2)$$

これを通常の直交座標系で書き下せば、

$$\frac{\partial}{\partial t} (S_r \cdot n \cdot \rho_w) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho_w \cdot V_x) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho_w \cdot V_y) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho_w \cdot V_z) = 0 \quad (12.5.1.3)$$

なお、体積含水率 θ を持ち込み、 $\theta = S_r \cdot n$ の関係から、左辺第一項を θ で表わすこともあります。

13.5.2. 運動方程式(ダルシー則)

飽和ー不飽和領域内の流れがダルシーの法則に従うと仮定した時、運動方程式は以下のような形で与えられます。

$$V = -k \text{ grad } H \quad (12.5.2.1)$$

あるいは、

$$V_i = -k_{ij} \frac{\partial H}{\partial x_j} \quad (12.5.2.2)$$

また、直交座標系では、

$$V_x = -k_x \frac{\partial H}{\partial x}, V_y = -k_y \frac{\partial H}{\partial y}, V_z = -k_z \frac{\partial H}{\partial z} \quad (12.5.2.3)$$

ここに、

$k = (k_x, k_y, k_z)$: 透水係数

H : 全水頭

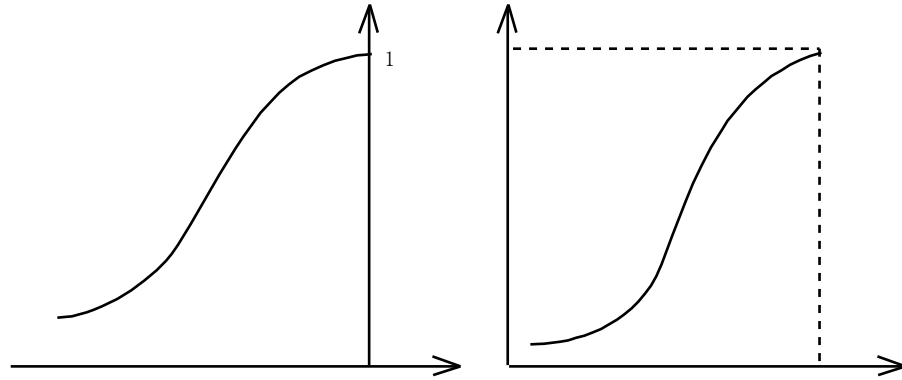
多孔体が飽和状態にあれば透水係数は定数ですが、不飽和状態では間隙水圧 ψ (負圧 or サクシヨン) もしくは体積含水率 θ の関数となります。不飽和状態の透水係数 k (不飽和透水係数) は次式で表わされます。

$$k = k_r \cdot k_s \quad (12.5.2.4)$$

ここに、

k_s : 飽和状態の透水係数

k_r : 比透水係数($0 \leq k_r \leq 1$)。図 12.5.1 のように、 k_r が ψ もしくは θ の関数であると考え。



● 図 12.5.1 比透水係数の表示

13.5.3. 飽和一不飽和浸透を支配する微分方程式

質量保存則と運動方程式から、流れを支配する微分方程式が導かれます。
たとえば、式(12.10.2) と式(12.10.5) より次式が得られます。

$$\frac{\partial H}{\partial x_i} \left(\rho_w \cdot k_{ij} \frac{\partial H}{\partial x_j} \right) = \frac{\partial}{\partial t} (S_r \cdot n \cdot \rho_w) \quad (12.5.3.1)$$

今、上式の右辺を次のように展開します。

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (S_r \cdot n \cdot \rho_w) &= \frac{\partial}{\partial \phi} (S_r \cdot n \cdot \rho_w) \frac{\partial \phi}{\partial t} \\ &= \left(S_r \cdot n \frac{\partial \rho_w}{\partial \phi} + S_r \cdot \rho_w \frac{\partial n}{\partial \phi} + n \cdot \rho_w \frac{\partial S_r}{\partial \phi} \right) \frac{\partial \phi}{\partial t} \end{aligned} \quad (12.5.3.2)$$

ここで、水を非圧縮性($\rho_w = \text{const}$) と仮定し、 $\theta = S_r \cdot n$ に注意すると次式が導かれます。

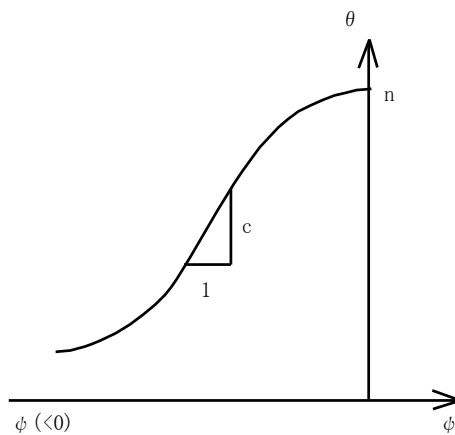
$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{ij} \frac{\partial H}{\partial x_j} \right) = (C + \alpha S_s) \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad (12.5.3.3)$$

ここに、

$C = \theta / \partial \psi$: 比水分容量。図 12.5.2 に示す ψ - θ 曲線 (水分特性曲線) の接線の傾きで定義される。

$S_s = n / \partial \psi$: 比貯留係数。多孔体を変形しない剛体であるとみなすとき 0 となる。

α : 不飽和領域では 0、飽和領域では 1 となる変数。



● 図 12.5.2 水分特性曲線

●

●

さらに、

$$H = \psi + x_3, \quad x_3 = \text{位置水頭} \quad (12.5.3.4)$$

を式(12.5.3.3) に代入すれば、

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{ij} \frac{\partial}{\partial x_j} (\psi + x_3) \right) = (C + \alpha S_s) \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (12.5.3.5)$$

を得ます。

式(12.5.3.5) が飽和－不飽和領域を一体とした数値解析で多く見られる圧力水頭 ψ に基づいた支配式の一般形です。上式において、式(12.5.3.6) より得られる、

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad (12.5.3.6)$$

の関係をもち込めば次式を得ます。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{ij} \frac{\partial H}{\partial x_j} \right) = (C + \alpha S_s) \frac{\partial H}{\partial t} \quad (12.5.3.7)$$

式(12.5.3.7) は、全水頭 H に基づいた飽和－不飽和浸透流の支配式です。直交座標形で表示するならば、二次元問題のとき次式で表わされます。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) = (C + \alpha S_s) \frac{\partial H}{\partial t} \quad (12.5.3.8)$$

本プログラムでは、有限要素法*1により式(12.5.3.8) を解いています。なお、式(12.5.3.8) を解く際、必要となる初期条件および境界条件は次のとおりです。

初期条件

解析の出発点における全水頭 H もしくは圧力水頭 ψ が与えられる。

境界条件

1. 境界 Γ の一部 $\Gamma 1$ 上で全水頭 H もしくは圧力水頭 ψ が指定される。
2. 残りの部分 $\Gamma 2$ 上で流量 q が規定される。

以上の条件のもとに式(12.5.3.8) を解くと、全水頭 H の分布が求まります。

さて、式(12.5.3.8) を有限要素解析する手法には、Galerkin 法に基づく重み付き残差法か、もしくは変分法があります。いずれにせよその結果は次式で表される多元連立方程式に到達します。

$$[h] \{H\} + [P] \left\{ \frac{\partial H}{\partial t} \right\} = \{Q\} \quad (12.5.3.9)$$

ここに、

- $[h]$: 解析領域を有限要素に分割したときの、各要素を構成する節点の座標値と透水係数 k_x, k_y で構成される浸透性行列を、全要素について重ね合わせたもの
- $[P]$: 比水分容量 C と節点の座標値の関数となる比水分容量行列を、全要素について重ね合わせたもの
- $\{H\}$: 各節点の全水頭（もしくは圧力水頭）を要素とする列ベクトル
- $\{\frac{\partial H}{\partial t}\}$: H の時間微分項
- $\{Q\}$: 節点流量を要素とする列ベクトル

式(12.5.3.9) を時間に関して差分化し、逐次数値積分すると微小な時間増分ごとの諸量が求められます。これには中央差分が後退差分が採用されており、それらの一般式は次のとおりです。

中央差分式:

$$\begin{aligned} & \left([h]_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} + \frac{2}{\Delta t_i} [P]_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} \right) \{H\}_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} \\ &= \left(-\frac{2}{\Delta t_i} [P]_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} - [h]_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} \right) \{H\}_t + 2 \{Q\}_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} \end{aligned} \quad (12.5.3.10)$$

後退差分式:

$$\begin{aligned} & \left([h]_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} + \frac{1}{\Delta t_i} [P]_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} \right) \{H\}_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} \\ &= \left(\frac{1}{\Delta t_i} [P]_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} \right) \{H\}_t + \{Q\}_{t+\frac{\Delta t_i}{2}} \end{aligned} \quad (12.5.3.11)$$

ここに、下付き添字は、マトリックスないし列ベクトルが評価されるべき時刻を示しています。元来、後退差分では、係数行列および荷重項の評価されるべき時刻は、 $(t + \Delta t_i)$ ですが、強度の非線形系でしばしば経験される不自然な解の振動を制御するために、中央差分と同様、中央点 $\left(t + \frac{\Delta t_i}{2}\right)$ とする方法を取っています。

本プログラムは、後退差分式(12.5.3.11) に基づいて、微小な時間増分 Δt_i ごとの解（全水頭 $\{H\}$ ）を求めています。

定常問題を解く場合、非定常解析の究極として解を得ることも可能です。しかし、これは一般に不経済となります。本プログラムは、式(12.5.3.9) の時間微分項を落とした次式を用いて定常解を得ています。

$$[h]\{H\} = \{Q\} \quad (12.5.3.12)$$

13.5.4. 不飽和浸透特性

飽和－不飽和浸透流解析を行う場合、一般に不飽和状態における土の浸透特性、つまり「 $\phi - \theta$ 関係（水分特性曲線）」、および「 $\phi - k_r$ （もしくは $\theta - k_r$ ）関係」が必要となります。浸透流解析オプションでは、「Van-Genuchten モデルによる不飽和浸透特性」によれば「 $\phi - \theta$ 関係」は次式となります。

$$S_e = \left(\frac{1}{1 + (\alpha \phi)} \right)^{1/n} \quad (12.5.4.1)$$

ここで、

S_e : 有効飽和度
 α, n : 材料に依存した係数

です。

また、 S_e は次式で定義されます。

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (12.5.4.2)$$

ここで、

θ_s : 飽和体積含水率（材料に依存）
 θ_r : 最小含水量（材料に依存）

です。

不飽和土の透水係数 k については、次式となります。

$$k_r = \frac{k}{k_s} = S_e^{1/2} [1 - (1 - S_e^{1/m})^m]^2 \quad (12.5.4.3)$$

ここで、

k_r : 相対透水係数
 k_s : 飽和透水係数
 $m = 1 - 1/n$

です。

上式の $\theta_s, \theta_r, \alpha, n$ は土の種類によって異なるパラメータです。本プログラムはこの 4 つのパラメータの値、およびそれにもとづく $\phi \sim \theta$ 、 k_r 関係を次の文献より引用しています。

土質工学会「根切り工事と地下水」より

砂丘砂, 標準砂, 細砂 1, 細砂 2, 砂, アカホヤ, クロニガ, 黒ぼく 1, 黒ぼく 2, 洪積粘土, 関東ローム, しらす, 沖積土, 泥岩
財団法人国土技術研究センター「河川堤防の構造検討の手引き」より
礫質土・砂質土, 細粒分の多い砂質土, 粘性土

(空白ページ)

サポート情報

製品サポート情報

当社では独自のユーザーサポートシステムを設け、オフィシャルユーザーとしてご登録いただいたユーザーの方々に対し、きめ細かなサポートサービスを行っております。当社のアプリケーションについてのお問い合わせは、「問い合わせシート」をご利用ください。

オフィシャルユーザー登録につきましては、製品のご購入の時点でオフィシャルユーザーとして登録させていただきます。製品発送時に、「ユーザー登録完了のお知らせ」を同封いたします。製品のお問い合わせには「ユーザー登録完了のお知らせ」をご用意の上、ご連絡ください。担当者変更の際には E-Mail、FAX または郵送にてお知らせください。バージョンアップの情報などをご案内させていただきます。

ユーザーサポート連絡先

〒921-8051 石川県金沢市黒田 1 丁目 35 番地

五大開発株式会社

ユーザーサポート係

TEL 050-3385-2996 (祝祭日と年末年始を除く月～金曜 9:00～12:00 13:00～17:00)
FAX 076-240-9585

ホームページアドレス	http://www.godai.co.jp/
E-Mail アドレス	pp-info@godai.co.jp

お問い合わせ

当社のアプリケーションについてのお問い合わせは、このお問い合わせシートをコピーし、下記の事項をご記入いただいたうえで、ユーザーサポート係までご連絡ください。

	年	月	日	この紙を含めて（ ） 枚
五大開発株式会社 ユーザーサポート係 電話（直通）050-3385-2996 FAX 076-240-9585	会	社	名	
	所	属	部 署	
	担	当	者	
	住		所	
	電		話	
	F	A	X	
プログラム名 : PowerSSA PowerSSA PRO				
プログラムのシリアル No.*1 :				
プログラムのバージョン *2 :				
Windows のバージョン*3 :				
コンピュータの機種 : メーカー名 機種名 CPU 名				
全メモリ容量 :				
プリンタの機種 : メーカー名 機種名				
プロッタの機種 : メーカー名 機種名				
その他の周辺機器 :				
[お問い合わせ内容]				
1. プログラムのシリアルNo.は、CDケースの側面に記載されています。 2. プログラムのバージョンは、[ヘルプ]－[バージョン情報]で確認できます。 3. Windowsのバージョンは[マイコンピュータ]の[プロパティ]－[情報]のシステムの項目で確認できます。				

PowerSSA 取り扱い説明書

2021 年 12 月 10 日 12 版 1 刷

編著者 五大開発株式会社

発行者 五大開発株式会社

〒921-8051 石川県金沢市黒田 1 丁目 35 番地

TEL 076-240-9587(直通) FAX 076-240-9585



五大開発株式会社

石川県金沢市黒田 1 丁目 35 番地

TEL 050-3385-2996 (直通)

FAX 076-240-9585