



# CESAR-LCPC Version 4.0

## トレーニングガイド

# 目次

目次.....	2
CESAR-LCPCの操作手順.....	3
トンネルの段階施工解析.....	10
土留め壁の段階施工解析.....	29
斜面近傍の浅い基礎の 3D解析.....	44
群杭沈下の 3D解析.....	52

# CESAR-LCPC の操作手順

## ユーザーインターフェイス

ユーザーインターフェイスは以下の通りです。

### メニューバー:

全ての機能にアクセスできます。

### グローバルツールバー:

[Load]、[Save]、[Zoom]、[Show]、[Select]等の機能にアクセスできます。

### プロジェクトフローバー:

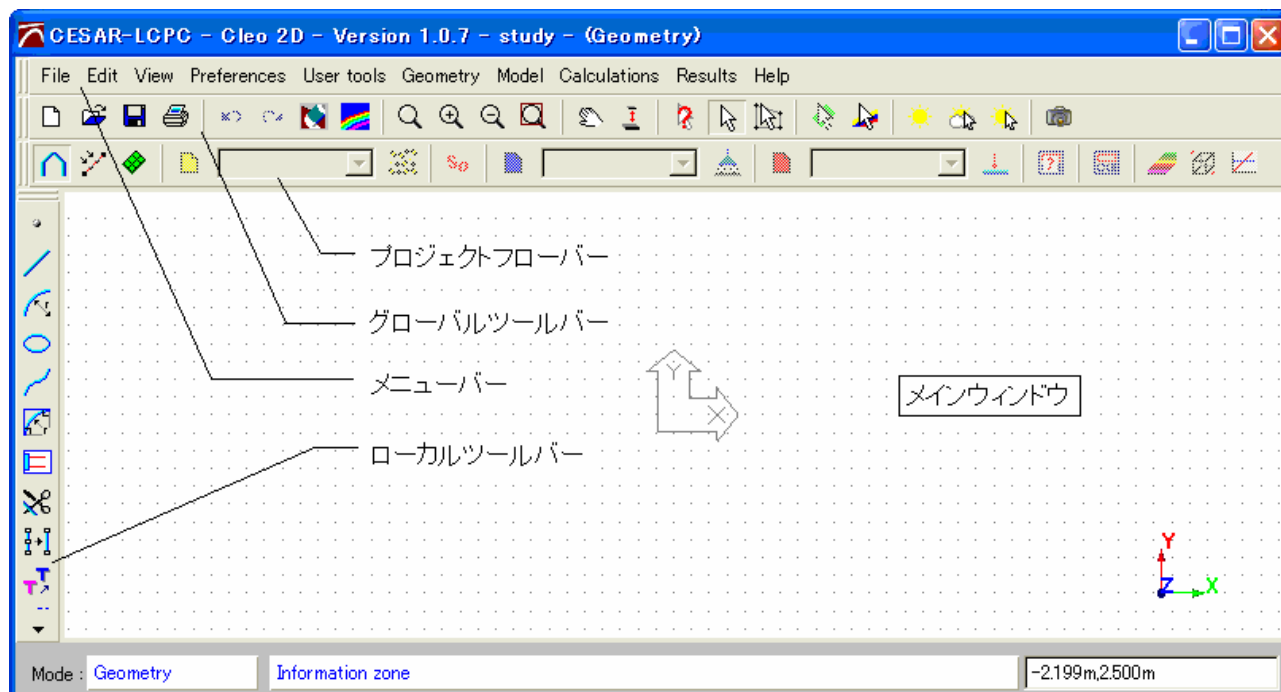
形状定義から結果表示までの各ステージに移動できます。

### ローカルツールバー:

各ステージにおける機能にアクセスできます。

### メインウィンドウ:

モデルの表示領域です。



プロジェクトフローバーの各ボタンは、左から右に、形状定義・メッシュ生成、解析タイプ・プロパティ設定、初期値設定、境界条件設定、荷重ケース設定、解析実行、ポスト処理に関するステージグループに対応します。

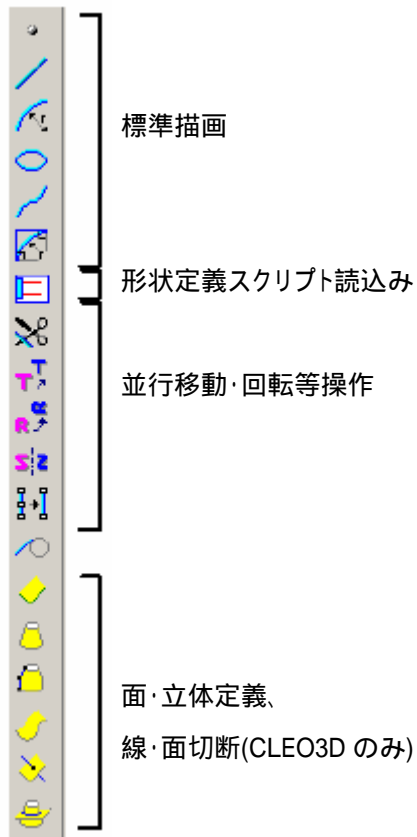




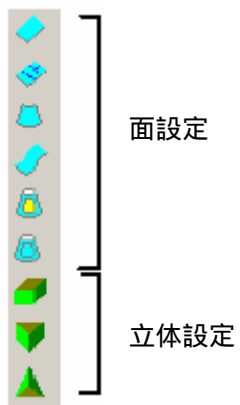
# 1:形状定義・メッシュ生成



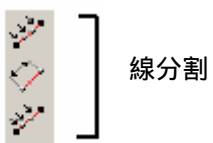
形状描画ステージ  のローカルツールバー



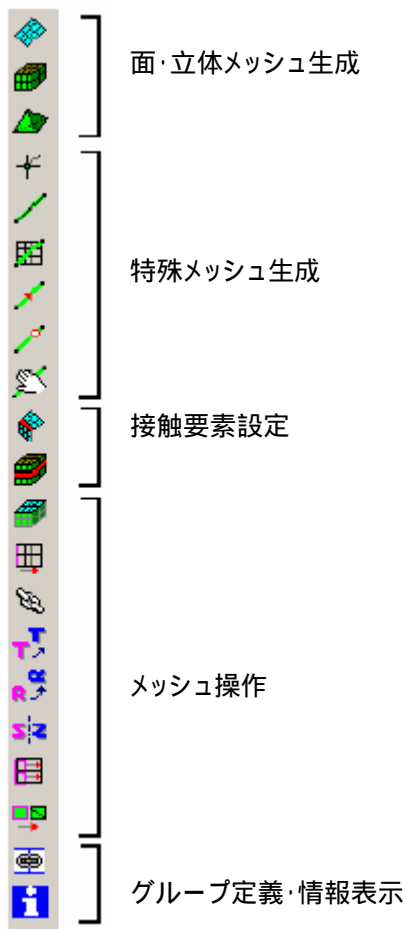
領域設定ステージ  のローカルツールバー



線分割定義ステージ  のローカルツールバー



メッシュ生成ステージ  のローカルツールバー

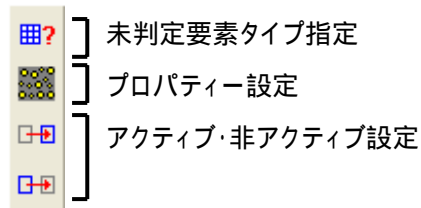


## 2: 解析タイプ・プロパティ設定



Stage 2  
 新規の解析モデルを作成する場合、モデル名を指定後、解析タイプを指定します。要素タイプ(流れ、軸対称、平面歪等)に依存しない共通のメッシュモデル(ニュートラルメッシュ)に対して、熱流解析と構造解析のような異なる計算モジュールやプロパティを持つ複数の解析モデルを設定できます。以降のステージの条件および結果は、本ステージのコンボボックスで選択されている解析モデルに対するものです。

プロパティ設定ステージ  のローカルツールバー



### 3:初期値設定



静的解析における原位置応力や動的解析における初期速度等の初期値を設定します。

連成問題に対するローカルツールバーの例

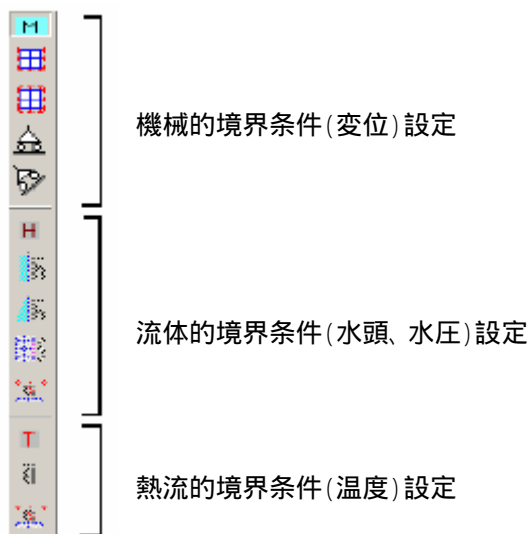


### 4:境界条件設定



境界条件を設定します。連成モデルの境界条件は、変位、温度、間隙水圧等で定義できます。

連成問題に対するローカルツールバーの例



## 5: 荷重ケース設定



荷重ケースを設定します。連成モデルの荷重は、力、熱流、流体流があります。

連成問題に対するローカルツールバーの例



## 6: 解析パラメータ設定



以下に示す解析パラメータを設定できます。

- 解析方法
- 荷重または時間ステップ定義
- 境界条件および荷重ケースの制御条件
- リスタート用データ保存

## 7: 解析実行



解析入力データのテキストファイルを作成し、DOS 上で解析が実行されます。



## 8: ポスト処理

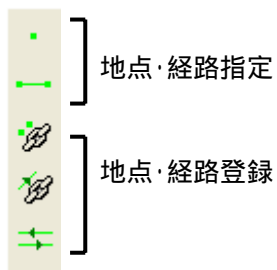



Stage 8

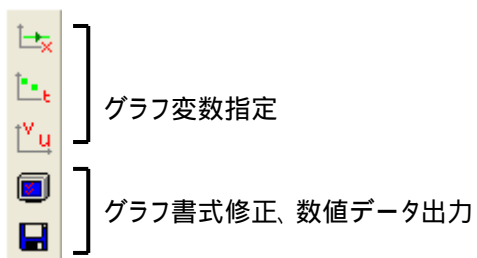
結果表示ステージ  のローカルツールバー



グラフ地点・経路設定ステージ  のローカルツールバー



グラフ作成ステージ  のローカルツールバー



# トンネルの段階施工解析

## 目的

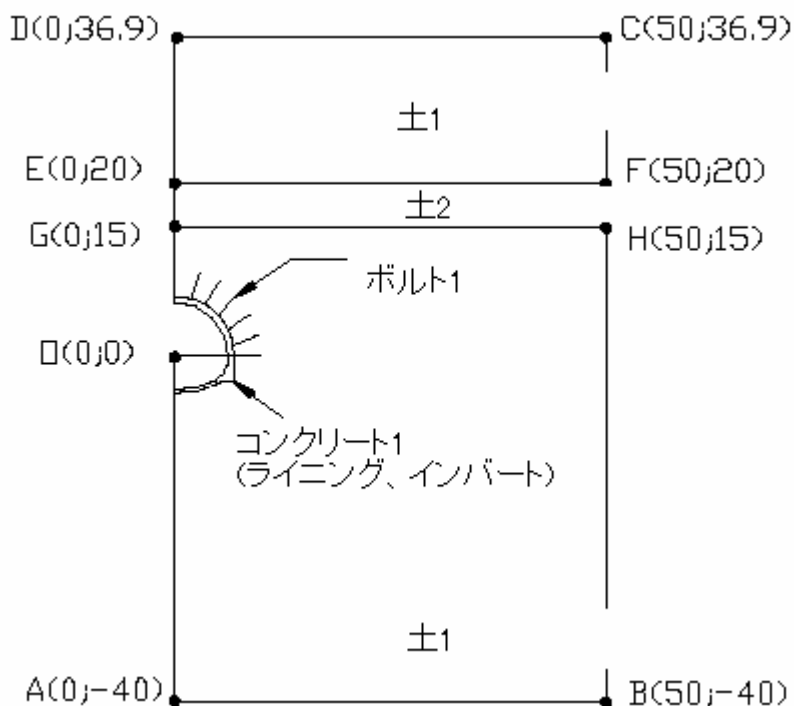
トンネル工事の例題を用いて段階施工解析の実行方法を習得します。  
モデル作成ツールおよび地盤解析で用いる荷重定義ツールを使用します。

## 条件

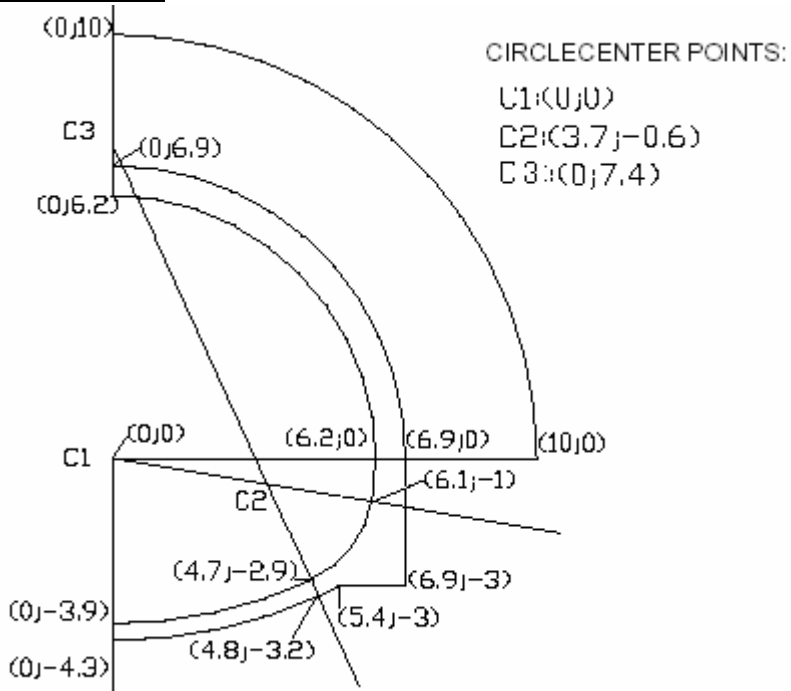
### 仮定:

- 平面ひずみ問題
- 静的解析
- 土の非線形解析(MCNL モジュールを利用)

### 形状定義:



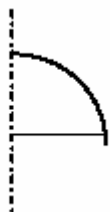
**詳細形状:**



**フェイズの定義:**

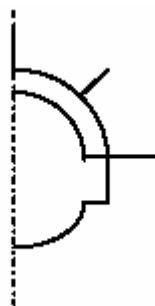
フェイズ1:

トンネル上部の掘削



フェイズ3:

トンネル下部の掘削



フェイズ5:

クリープによる長期挙動(形状はフェイズ4と同じ)

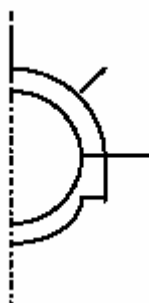
フェイズ2:

トンネル上部のロックボルト・ライニングの設置  
切羽の進行による応力解放



フェイズ4:

トンネル下部のライニング・インバートの設置  
応力解放率の設定



### 材料プロパティ:

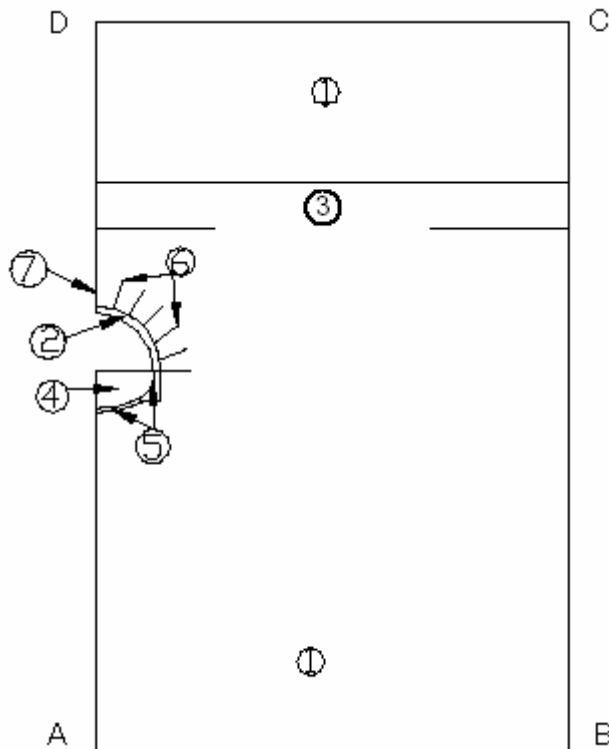
中間地層のみクリープの影響を受けプロパティが変化(短期が±1で長期が±2)するものとします。

#### プロパティ:

± 1	ヤング率 E ポアソン比 $\nu$ 単位重量 w 構成則 粘着力 C 摩擦角 $\phi$ ダイレイタンシー角 $\psi$	1000 MPa 0.33 20 kN/m <sup>3</sup> Mohr-Coulomb 0.1 MPa 30° 30°
± 2	ヤング率以外は± 1 と同じ ヤング率 E	500 MPa
コンクリート 1	ヤング率 E ポアソン比 $\nu$ 単位重量 w 構成則	20000 MPa 0.2 25 kN/m <sup>3</sup> Linear elasticity
ボルト 1	ヤング率 E 断面積 S 構成則	250000 MPa 0.0010 m <sup>2</sup> /m Linear elasticity
ボルト 2	ヤング率 E 断面積 S 構成則	250000 MPa 0.0005 m <sup>2</sup> /m Linear elasticity

注) ボルト2はボルト1の断面積を半分にしたもので、モデルの対称軸上で用いられます。

### グループ定義:



**各フェイズにおけるグループの状態:**

グループ	フェイズ 1	フェイズ 2	フェイズ 3	フェイズ 4	フェイズ 5
	±1				
	非アクティブ	コンクリート 1			
	±1				±2
	±1		非アクティブ		
	±1		非アクティブ	コンクリート 1	
	非アクティブ	ボルト 1			
	非アクティブ	ボルト 2			

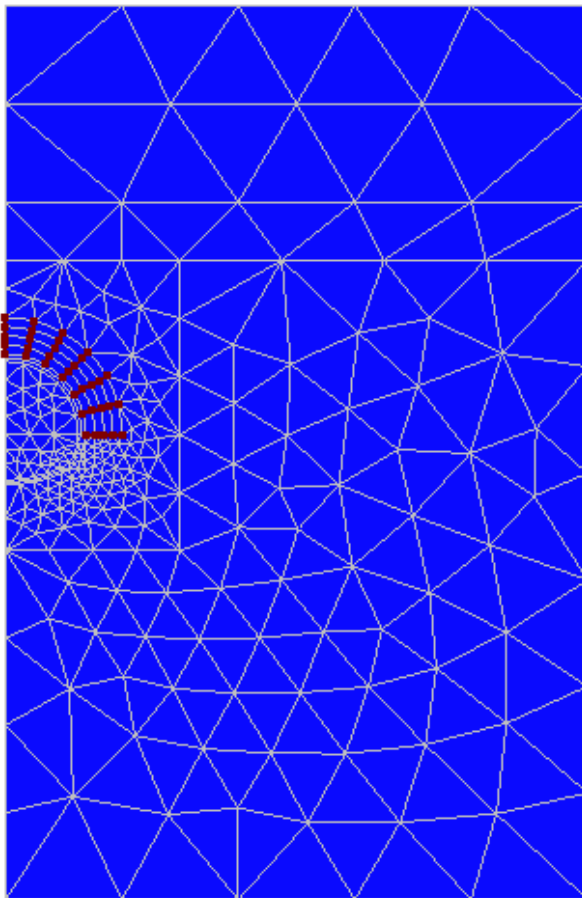
**境界条件:**

AD(対称線)と BC の境界上で水平変位なし  
 AB の境界上で鉛直変位なし

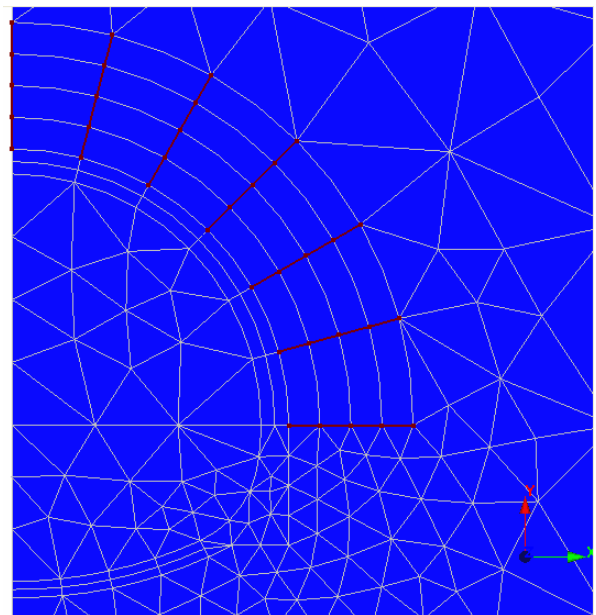
**メッシュ生成:**

モデルサイズを小さくするために対称問題とし、トンネルの半分のみをモデル化します。メッシュは、トンネルの周りに四角形を定義し、トンネル近傍で細かく、トンネルから離れるにつれて粗くします。解析精度を上げるため、変位の内挿関数を二次式とし、ライニングを四角形要素で2層にします。

**生成したメッシュ:**




(a)全体



(b)トンネル部拡大


# 環境設定

## 新規プロジェクト

1.  をクリックします。

## 保存

注) デモバージョンではこの機能を利用できません。

1.  をクリックします。1回目は[名前を付けて保存]ダイアログを表示します。
2. プロジェクトに名前を付けてディスクに保存します。

## プレファレンスの設定


1. [Preferences]メニューをクリックします。
2. [Units]を選択し、[Unit]ダイアログを表示します。以下のように変数の単位・書式を指定します。

ツリービューアイテム	サブアイテム	単位	書式
General	Length	m	0.000
Mechanical	Force	kN	0.000
	Displacement	mm	0.000
	Surface	m <sup>2</sup>	0.0000




ヒント) 一般にこれらの設定を新規解析の度に定義する必要はありません。単位の既定値を保存する方法はマニュアルを参照下さい。

3. [Validate]ボタンをクリックします。

# モデル作成



新規プロジェクトの場合、まずプロジェクトフローバーの[Geometry]ステージ  でモデルを作成します。

## 形状描画:



1.  をクリックし、[Points]ダイアログを表示します。
2. 形状を表す点の(X,Y)座標値を設定します。
3.  をクリックし、地点間に直線を描画します。
4.  をクリックし、各中心点(詳細形状図の C1,C2,C3)に対する半円(ライニングの境界)を描画します。

ヒント)CLEO2D では描画線同士の交点が自動生成されます。


## 線分割定義:

1. 線分割を定義するためにプロジェクトフローバーの[Density]ステージ  に進みます。
2.  をクリックし、[Constant density]ダイアログを表示します。線を選択し、分割数を指定し、[Apply]ボタンをクリックします。
3. 全ての線に対して上記の操作を繰り返し、[Validate]ボタンをクリックします。ライニングは厚さ方向に2分割します。

## メッシュ生成:


1. [Meshing]ステージ  に進みます。
2.  をクリックし、[Mesh]ダイアログを表示します。
3. グループ (土層)、グループ (中間土層)、グループ (トンネル下部)、グループ (ライニング下部、インバート)の領域を選択し、[Interpolation type]フレームの[Quadratic]、[Element type]フレームの[Triangle]を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。

ヒント)[Shift]キーか[Ctrl]キーを押しながら選択すると複数の領域を選択できます。

4. 同様に[Quadratic]および[Quadrangle]を選択し、グループ (ライニング)の領域を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
5.  をクリックし、[Line elements on element edges]ダイアログを表示します。グループ (ボルト1、ボルト2)の線分を選択し、[Quadratic interpolation]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

ヒント)  ツールで描画やメッシュ等の各アイテムに対する選択を制限できます。

## グループ定義:




1.  をクリックし、[Make Groups]ダイアログを表示します。
2. グループ (土層)のメッシュを選択し、グループ名を指定し、[Apply]ボタンをクリックします。

注)グループ定義を解除するには再度メッシュ生成をする必要があります。


3. 残りのグループも同様に定義をします。

# フェイズ1


## モデルタイプ:

1.  をクリックし、[Create or edit model]ダイアログを表示します。
2. 新たにモデル名を指定し、[Open]ボタンをクリックし、[Model type]ダイアログを表示します。
3. [Application domain]のコンボボックスで[Static]、[Calculation module]フレームでリストボックスの[MCNL]および[Plane strain]ラジオボタンを選択し、[Validate]ボタンをクリックし、[Initialization type]ダイアログを表示します。
4. [Phased analysis]ラジオボタンを選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
5. グループ (ライニング)、グループ (ボルト1、ボルト2)を選択し、 をクリックして非アクティブにします。
6.  をクリックし、[Ambiguous groups]ダイアログで、ボルトの要素タイプを[(F7) 2D bar elements]にします。

## プロパティ:

1.  をクリックし、[Property assignment]ダイアログを表示します。
2. [Mechanical]フレームのリストボックスで[Mohr-Coulomb without hardening]を選択し、土1のプロパティを入力します。
3. グループ (土層)、グループ (中間土層)、グループ (トンネル下部)、グループ (ライニング下部、インバート)を選択し、[Apply]ボタンおよび[Close]ボタンをクリックします。



## 初期応力:

1.  をクリックし、[Phase initialization]ダイアログを表示します。
2. [Geostatic]を選択し、[Definition]ボタンをクリックし、[Geostatic stresses]ダイアログを表示します。
3. [Insert]ボタンをクリックし、新規行を追加し、以下の値を入力します。

高さ	36.9 m
密度	20 kN/m <sup>3</sup>
X 方向応力比	0.5
Y 方向応力比	0.5

4. 各ダイアログで[Validate]ボタンをクリックします。

## 境界条件:



1.  をクリックし、[Boundary condition initialization]ダイアログを表示します。新たに条件名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2.  をクリックし、[General definition]ダイアログを表示します。
3. [U]ボックスをチェックし、テキストボックスに0.0を入力して、ADとBC(形状定義の図参照)の線上にある節点を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。
4. 同様に、[V]ボックスをチェックし、テキストボックスに0.0を入力して、AB の線上にある節点を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

ヒント)  により地盤解析で標準的な底辺と両側辺の支点を設定できます。




## 荷重ケース:

拘束応力を一部解放します。

1.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2. 掘削面(トンネル上部)の境界線を選択します。
3.  をクリックし、[Excavation forces]ダイアログを表示します。
4. 応力解放率[lamda]のテキストボックスに0.4を入力します。  
**ヒント) 残りの60%は切羽近傍のアーチ作用による拘束応力です。**
5. [Stress type]フレームの[Geostatic stresses]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

## MCNLの解析パラメータ:



1.  をクリックし、[Calculation data for the module MCNL]ダイアログを表示します。
2. [General parameters]タブで以下の値を入力します。

解法	1-initial stresses
繰返し最大増加数	1
増加数当りの最大繰返し数	200
許容誤差	0.01


3. [Validate]ボタンをクリックします。

## フェイズ2



### モデルタイプ:

1.  をクリックし、[Create or edit model]ダイアログを表示します。
2. 新たにモデル名を指定します。
3. [Based on]のコンボボックスでフェイズ1のモデル名を選択し、[Open]ボタンをクリックし、[Initialization type]ダイアログを表示します。
4. [Phased analysis]ラジオボタンを選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
5. グループ (ライニング上部)、グループ (ボルト1、ボルト2)を選択し、 をクリックしてアクティブにします。

### プロパティ:

1.  をクリックし、[Property assignment]ダイアログを表示します。
2. [Type of elements]コンボボックスで[(F1) Iso. elements-2D displacements]を選択し、[Mechanical]フレームのリストボックスで[Linear isotropic elasticity]を選択し、コンクリート1のプロパティを入力します。
3. グループ (ライニング上部)を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。
4. [Type of elements]コンボボックスで[(F7) 2D bar elements]を選択し、[Type of properties]コンボボックスで[Mechanical]を選択し、[Mechanical]フレームのリストボックスで[Elastic bar]を選択し、ボルト1のプロパティを入力します。
5. 同様に、[Type of properties]コンボボックスで[Geometry]を選択し、[Geometry]フレームのリストボックスの[Bar properties]を選択し、ボルト1のプロパティを入力します。
6. グループ (ボルト1)を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。
7. 同様に、ボルト2のプロパティを入力し、グループ (ボルト2)を選択し、[Apply]ボタンおよび[Close]ボタンをクリックします。

### 境界条件:


1.  をクリックし、[Boundary condition initialization]ダイアログを表示します。新たに条件名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2. フェイズ1の境界条件を削除します。
3.  をクリックし、[General definition]ダイアログを表示します。
4. [U]ボックスをチェックし、テキストボックスに0.0を入力して、ADとBC(形状定義の図参照)の線上にある節点を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。
5. 同様に、[V]ボックスをチェックし、テキストボックスに0.0を入力して、AB の線上にある節点を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

ヒント)  により地盤解析で標準的な底辺と両側辺の支点を設定できます。



## 荷重ケース:

以下の2つの荷重ケースを設定します。

残留拘束応力の解放  
ライニング自重の設定




1.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2. フェイズ1の荷重を削除します。

### 荷重ケース1:拘束応力

3. グループ (ライニング上部)を選択し、 をクリックして非表示にします。
4. 掘削面の境界線を選択します。
5.  をクリックし、[Excavation forces]ダイアログを表示します。
6. 応力解放率[ $\lambda$ da]のテキストボックスに0.6(フェイズ1の残りの60%)を入力し、[Stress type]フレームの[Geostatic stresses]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

ヒント)これは[Stress type]フレームの[Phase]でフェイズ1のモデル名を選択し応力解放率を1.0にするのと同じです。


### 荷重ケース2:ライニング自重

7.  をクリックして非表示部分を表示します。
8.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
9.  をクリックし、[Gravity forces]ダイアログを表示します。グループ (ライニング上部)を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

ヒント)[Automatic selection]ボタンにより、選択する要素グループを自動的に検出できます。



注)[Based on]オプションを利用して新規フェイズを作成すると、荷重も含めて前フェイズで設定した全項目をコピーできます。ただし、前フェイズで設定した荷重は新規フェイズ作成時に新規の荷重に置き換えられます。荷重ケースを削除する場合は[Loading initialization]ダイアログでそのケース名を指定し、[Delete]ボタンをクリックします。

## MCNLの解析パラメータ:



1.  をクリックし、[Calculation data for the module MCNL]ダイアログを表示します。
2. [General parameters]タブでパラメータの値を確認します。
3. [Validate]ボタンをクリックします。

## フェイズ3

### モデルタイプ:

1.  をクリックし、[Create or edit model]ダイアログを表示します。
2. 新たにモデル名を指定します。
3. [Based on]のコンボボックスでフェイズ2のモデル名を選択し、[Open]ボタンをクリックし、[Initialization type]ダイアログを表示します。
4. [Phased analysis]ラジオボタンを選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
5. グループ (トンネル下部)、グループ (ライニング下部、インバート)を選択し、 をクリックして非アクティブにします。


### 荷重ケース:

1.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2. フェイズ2の荷重を削除します。
3.  をクリックし、[Excavation forces]ダイアログを表示します。
4. 応力解放率[lamda]のテキストボックスに0.4を入力します。

ヒント) 残りの60%は切羽近傍のアーチ作用による拘束応力です。



5. [Stress type]フレームの[Phase]でフェイズ2のモデル名を選択し、掘削面下部の境界線を選択します。  
ヒント) [Excavation forces]ダイアログの[Automatic selection]ボタンにより、非アクティブにする要素グループの境界線を自動的に検出できます。
6. [Validate]ボタンをクリックします。

### MCNLの解析パラメータ:


1.  をクリックし、[Calculation data for the module MCNL]ダイアログを表示します。
2. [General parameters]タブでパラメータの値を確認します。
3. [Validate]ボタンをクリックします。

## フェイズ4

### モデルタイプ:

1.  をクリックし、[Create or edit model]ダイアログを表示します。
2. 新たにモデル名を指定します。
3. [Based on]のコンボボックスでフェイズ3のモデル名を選択し、[Open]ボタンをクリックし、[Initialization type]ダイアログを表示します。
4. [Phased analysis]ラジオボタンを選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
5. グループ (ライニング下部、インパート)を選択し、 をクリックしてアクティブにします。


### プロパティ:

1.  をクリックし、[Property assignment]ダイアログを表示します。
2. グループ (ライニング上部)を右クリックしてコンクリート1のプロパティをダイアログに表示します。
3. グループ (ライニング下部、インパート)を選択し、[Apply]ボタンおよび[Close]ボタンをクリックします。



### 荷重ケース:

以下の2つの荷重ケースを設定します。




残留拘束応力の解放  
ライニング自重の設定

1.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2. フェイズ3の荷重を削除します。


#### 荷重ケース1:拘束応力

3. グループ (ライニング下部、インパート)を選択し、 をクリックして非表示にします。
4. 掘削面下部の境界線を選択します。
5.  をクリックし、[Excavation forces]ダイアログを表示します。
6. 応力解放率[lamda]のテキストボックスに0.6を入力し、[Stress type]フレームの[Phase]でフェイズ2のモデル名を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

#### 荷重ケース2:ライニングの自重


7.  をクリックして非表示部分を表示します。
8.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
9.  をクリックし、[Gravity forces]ダイアログを表示します。グループ (ライニング下部、インパート)を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

## MCNLの解析パラメータ:


1.  をクリックします。[Calculation data for the module MCNL]ダイアログを表示します。
2. [General parameters]タブでパラメータの値を確認します。
3. [Validate]ボタンをクリックします。

## フェイズ5

### モデルタイプ:



1.  をクリックし、[Create or edit model]ダイアログを表示します。
2. 新たにモデル名を指定します。
3. [Based on]のコンボボックスでフェイズ4のモデル名を選択し、[Open]ボタンをクリックし、[Initialization type]ダイアログを表示します。
4. [Phased analysis]ラジオボタンを選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

### プロパティ:


1.  をクリックし、[Property assignment]ダイアログを表示します。
2. グループ (中間土層)に土2のプロパティを設定し、[Apply]ボタンおよび[Close]ボタンをクリックします。

### 荷重ケース:


荷重による長期クリ - プと等価な影響を設定します。

1.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2. フェイズ4の荷重を削除します。
3. グループ (中間土層)を選択します。
4.  をクリックし、[Long term actions]ダイアログを表示します。
5. [Initial stresses]フレームで[Geostatic stress]を選択し、[Current stresses]フレームでフェイズ4のモデル名を選択し、[Short-term values]フレームで土1のプロパティを入力し、[Validate]ボタンをクリックします。

### MCNLの解析パラメータ:




1.  をクリックし、[Calculation data for the module MCNL]ダイアログを表示します。
2. [General parameters]タブでパラメータの値を確認します。
3. [Validate]ボタンをクリックします。

### 解析実行:

1.  をクリックし、[Calculations]ダイアログを表示します。
2. リストボックスの解析モデルを選択します。
3. [Type of operation]フレームで[Create input files for the solver and calculate]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

# 解析結果

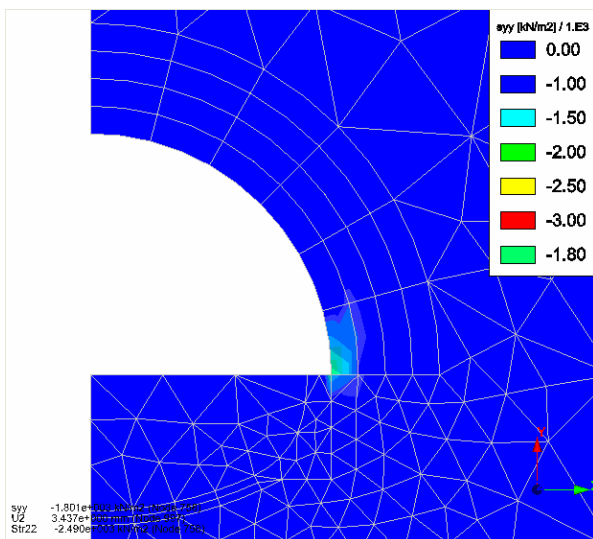
## 鉛直応力:

1. プロジェクトフローバーにおいて、[Result]ステージ  をクリックし、[Model selection]コンボボックスでフェイズ1のモデル名を選択します。
2.  をクリックし、[Display options]ダイアログを表示します。
3. [Plots]フレームで[Scalar plot]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
4.  をクリックし、[Scalar options]ダイアログを表示します。
5. [Type]タブの[Scalar type]コンボボックスで[syy]を選択し、[Apply]ボタンをクリックし鉛直応力のコンター図を表示します。

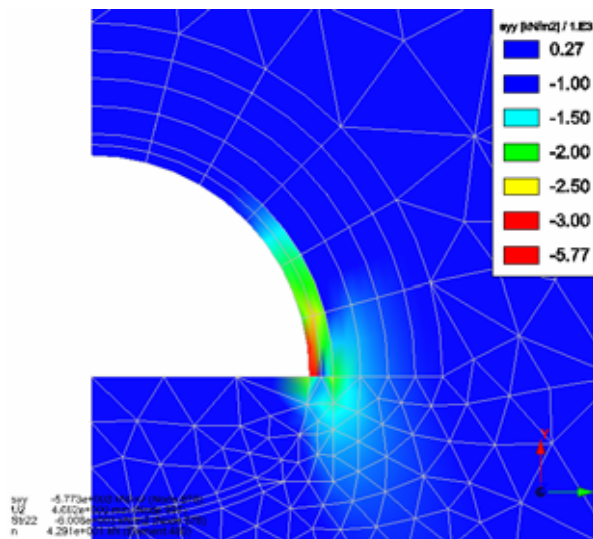
ヒント) 更に、[Isovalues]タブで、[Color plot style]フレームの[Color scheme]コンボボックスで[Inverse mechanical]を選択し、[Scale of color plot]フレームの[Manual]を選択し上下限值を入力し、[Number of levels]ボックスに区分数を入力すると、下図の書式が得られます。

ヒント)  をクリックし、[Display options]ダイアログで[Element edges]ボックスをチェックし、[Validate]ボタンをクリックすると、メッシュを表示します。

6. フェイズ2～フェイズ5に関しても同様に、[Model selection]コンボボックスで各モデル名を選択しコンター図を表示します。

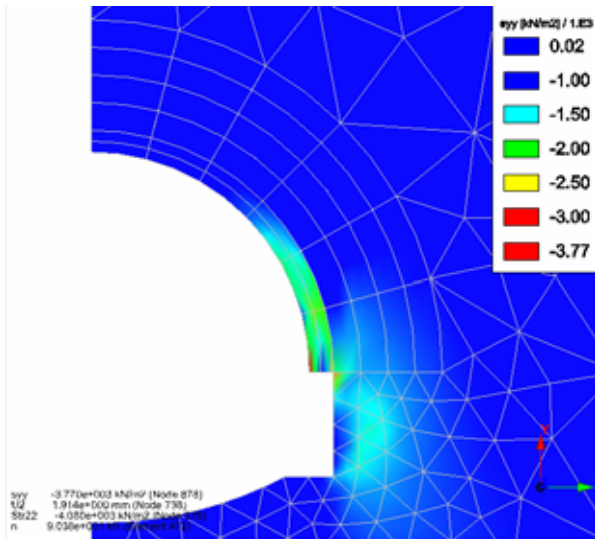


(a)フェイズ 1

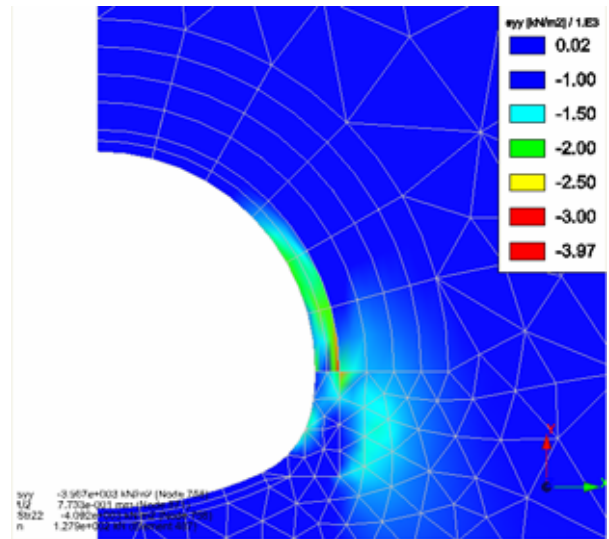


(b)フェイズ 2

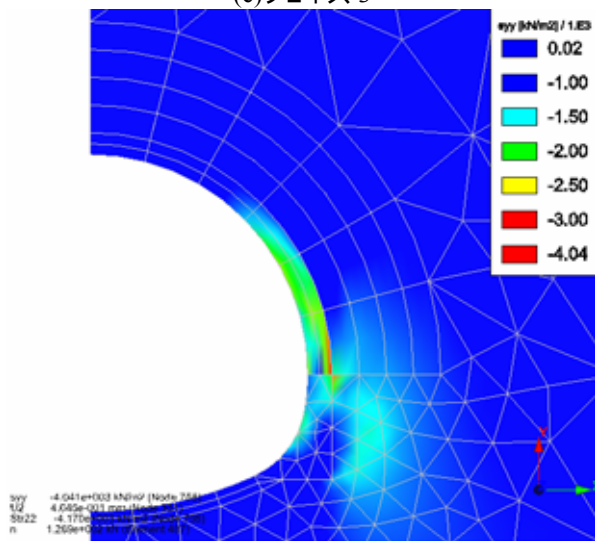




(c)フェイズ 3






(d)フェイズ 4




(d)フェイズ 5

## ボルト張力・塑性ひずみ:

- 鉛直応力と同様に、プロジェクトフローバーにおいて、[Result]ステージ  をクリックし、[Model selection]コンボボックスでフェイズ1のモデル名を選択します。
-  をクリックし、[Display options]ダイアログを表示します。
- [Plots]フレームで[Scalar plot]および[Beam plots]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
-  をクリックし、[Scalar options]ダイアログを表示します。
- [Type]タブの[Scalar type]コンボボックスで[Norm of plastic strain]を選択し、[Apply]ボタンをクリックし塑性ひずみのコンター図を表示します。

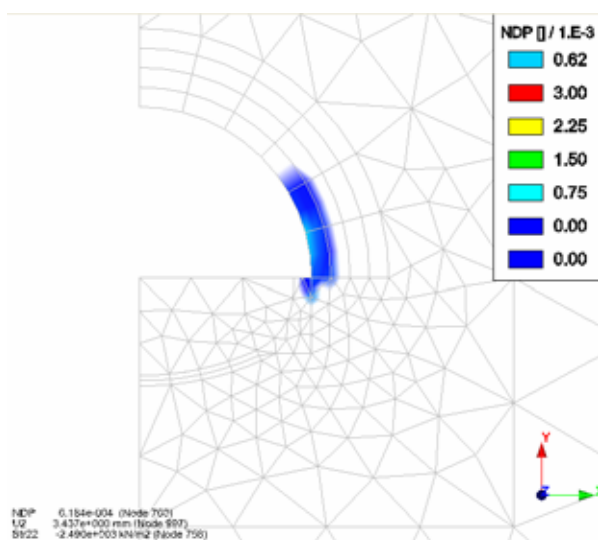
ヒント) 更に、[Isovalues]タブで、[Scale of color plot]フレームの[Manual]を選択し上下限值を入力し、[Number of levels]ボックスに区分数を入力すると、下図の書式が得られます。

ヒント)  をクリックし、[Display options]ダイアログで[Element edges]ボックスをチェックし、[Validate]ボタンをクリックすると、メッシュを表示します。

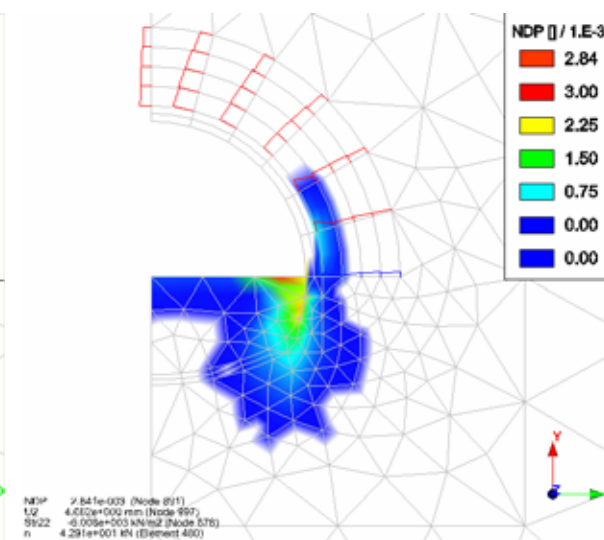
- [Model selection]コンボボックスでフェイズ2のモデル名を選択し、フェイズ1と同様にコンター図を表示します。
-  をクリックし、[Beam options]ダイアログを表示します。
- [Type]タブの[Beam results]コンボボックスで[Beam normal force]を選択し、[Apply]ボタンをクリックしボルト張力の分布図を表示します。

ヒント) 更に、[Scale]タブで[Manual]を選択し、[Magnitude of]および[Is represented by]ボックスに1.0[kN]および0.01[m]を入力すると、下図の書式が得られます。

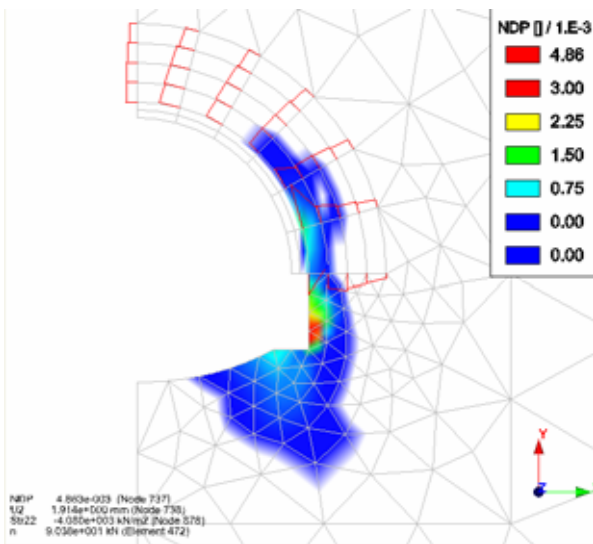
- フェイズ3～フェイズ5についても同様に、[Model selection]コンボボックスで各モデル名を選択しコンター図および分布図を表示します。



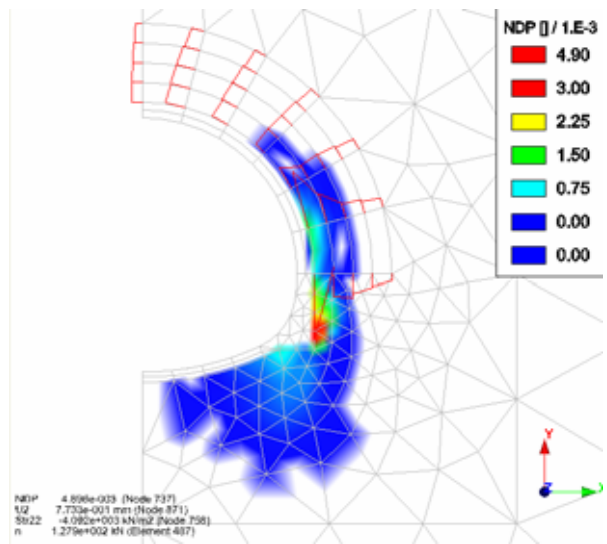
(a)フェイズ 1



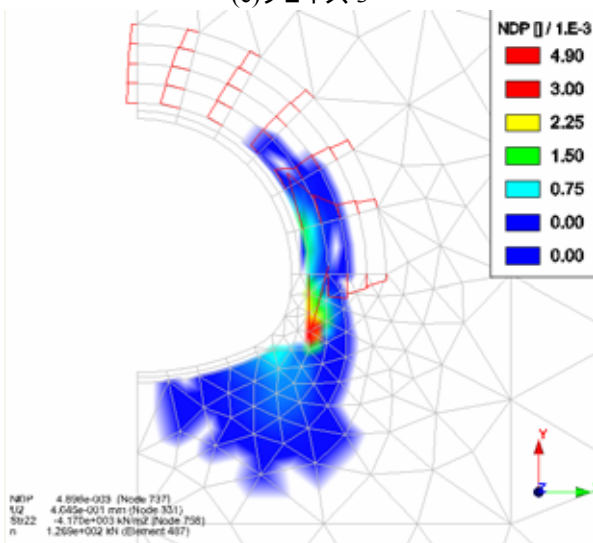
(b)フェイズ 2



(c)フェイズ 3









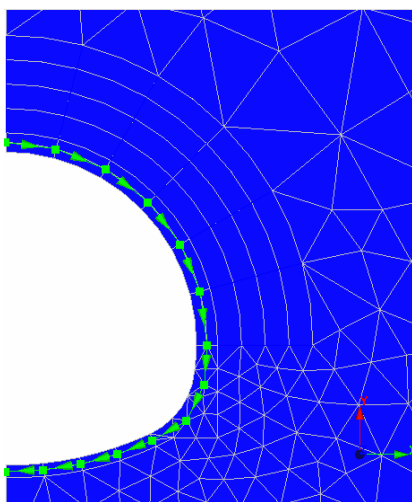
(d)フェイズ 4



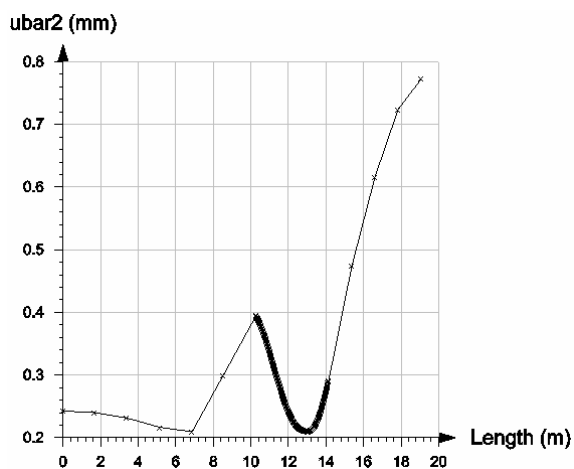
(d)フェイズ 5

## フェイズ4 グラフ(ライニング内部):

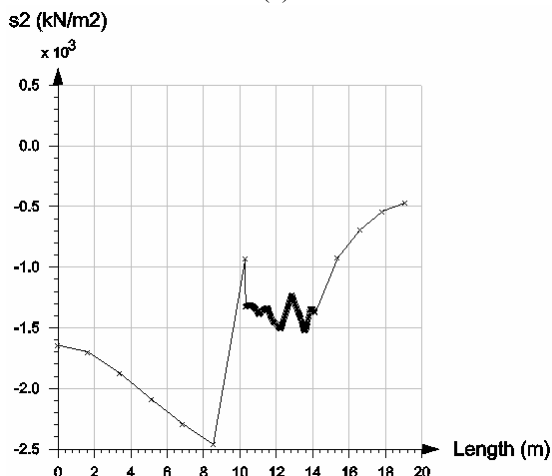
1. プロジェクトフローバーにおいて、[Result items]ステージ  をクリックし、[Model selection]コンボボックスでフェイズ4のモデル名を選択します。
2.  をクリックし、以下の経路図のように、ライニング内部を通る折線を描画します。  
**ヒント) 地点を順次クリックし、最後の地点でダブルクリックします。**
3.  をクリックし、[Lines Set]ダイアログを表示します。
4. 描画した折線を選択し、[Name]に折線名を入力し、[Validate]ボタンをクリックします。
5. プロジェクトフローバーの[Line graphs]ステージ  をクリックします。
6.  をクリックし、[Evolution of parameter on a line set]ダイアログを表示します。
7. [Parameter choice]コンボボックスで[Length of 2D displacement vector]を選択し、[Cross-section selection]コンボボックスで前記の折線名を選択し、[Validate]ボタンをクリックし、変位分布を表示します。  
**ヒント) グラフ書式は、 をクリックし、[Visualization options]ダイアログを表示し、変更します。**
8. 最大・最小主応力についても、[Evolution of parameter on a line set]ダイアログの[Parameter choice]コンボボックスで[Principal stress S2]および[Principal stress S1]を選択し、同様にグラフを表示します。



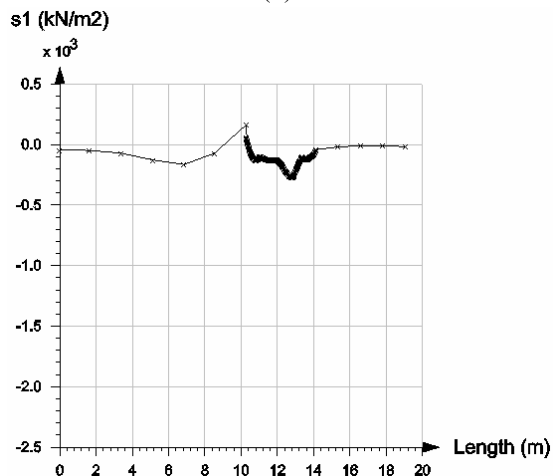
(a)経路



(b)変位



(c)最大主応力



(d)最小主応力

# 土留め壁の段階施工解析

## 目的

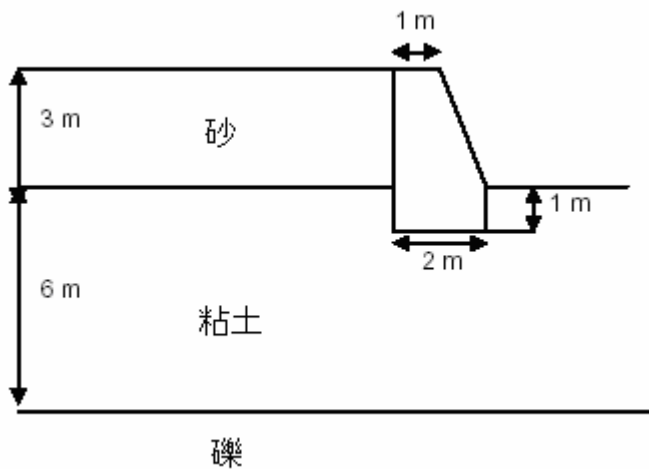
土留め壁の段階施工解析の実行方法を習得します。  
土・構造物境界の挙動をモデル化する接触要素を使用します。

## 条件

### 仮定:

- 平面ひずみ問題
- 静的解析
- 弾塑性体間の接触解析(TCNL モジュールを利用)

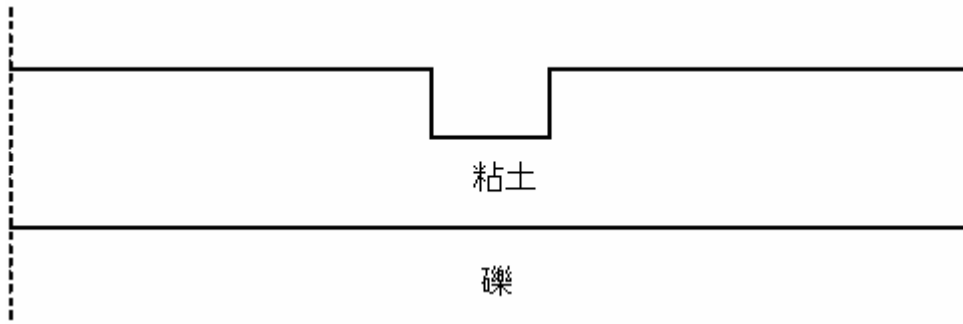
### 形状定義:



## フェイスの定義:

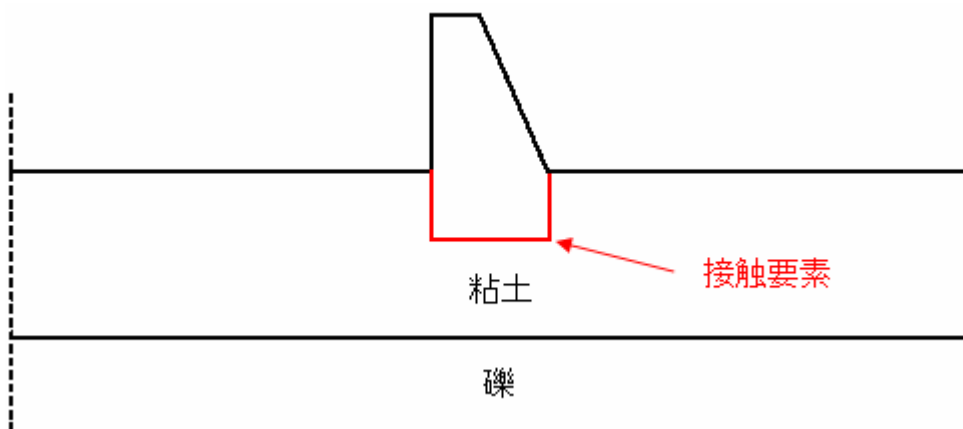
### フェイス1:

壁基礎部にある粘土の掘削



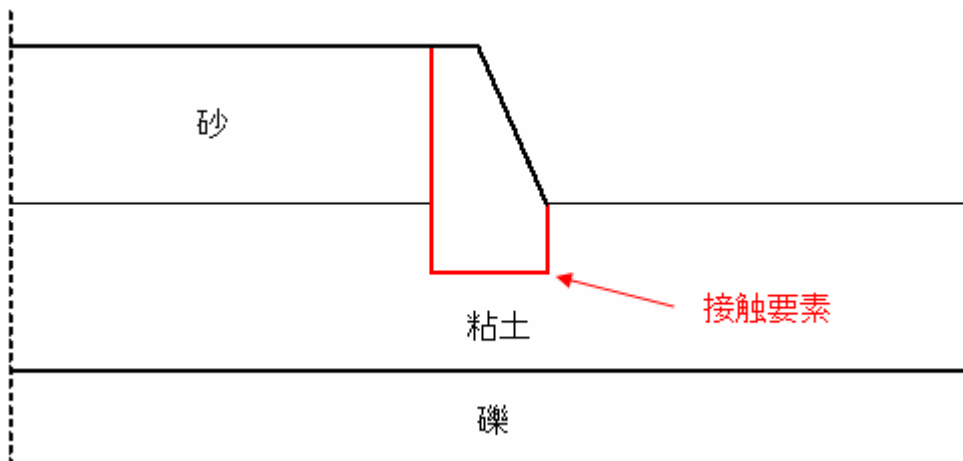
### フェイス2:

コンクリート壁の建設と粘土・壁基礎境界に用いる接触要素の設定



### フェイス3:

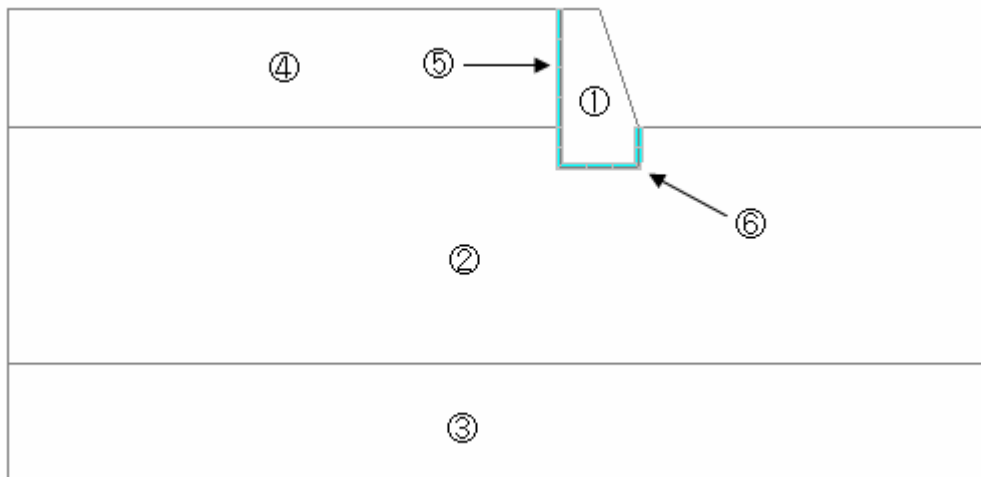
砂(裏込め)と砂・壁境界に用いる接触要素の設定



**材料プロパティ:**

区分	材料	単位重量	C'	$\phi'$	E	$\nu$	Rc	Rt	$\psi$
0 ~ 3 m	砂	$\gamma_h=19 \text{ kN/m}^3$	-	36°	100 MPa	0.25	-	-	0°
3 ~ 9 m	粘土	$\gamma_{sat}=19 \text{ kN/m}^3$	4 kPa	25°	10 MPa	0.4	-	-	0°
9 ~ m	礫	$\gamma_{sat}=21 \text{ kN/m}^3$	-	42°	100 MPa	0.25	-	-	0°
壁	コンクリート	$\gamma=25 \text{ kN/m}^3$	-	-	20000 MPa	0.2	40 MPa	4 MPa	-

**グループ定義:**



**各フェイズにおけるグループの状態:**

グループ	名称	フェイズ 1	フェイズ 2	フェイズ 3
	壁	非アクティブ	コンクリート	
	粘土	粘土		
	礫	礫		
	砂(裏込め)	非アクティブ	非アクティブ	砂
	砂・壁境界	非アクティブ	非アクティブ	境界
	粘土・壁基礎境界	非アクティブ	境界	

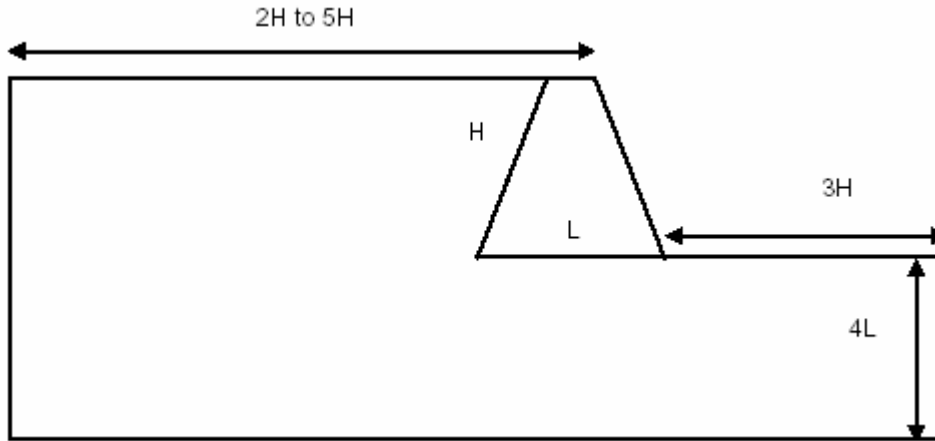
**境界条件:**

両側の鉛直サイドで水平変位なし  
 底辺で鉛直変位なし

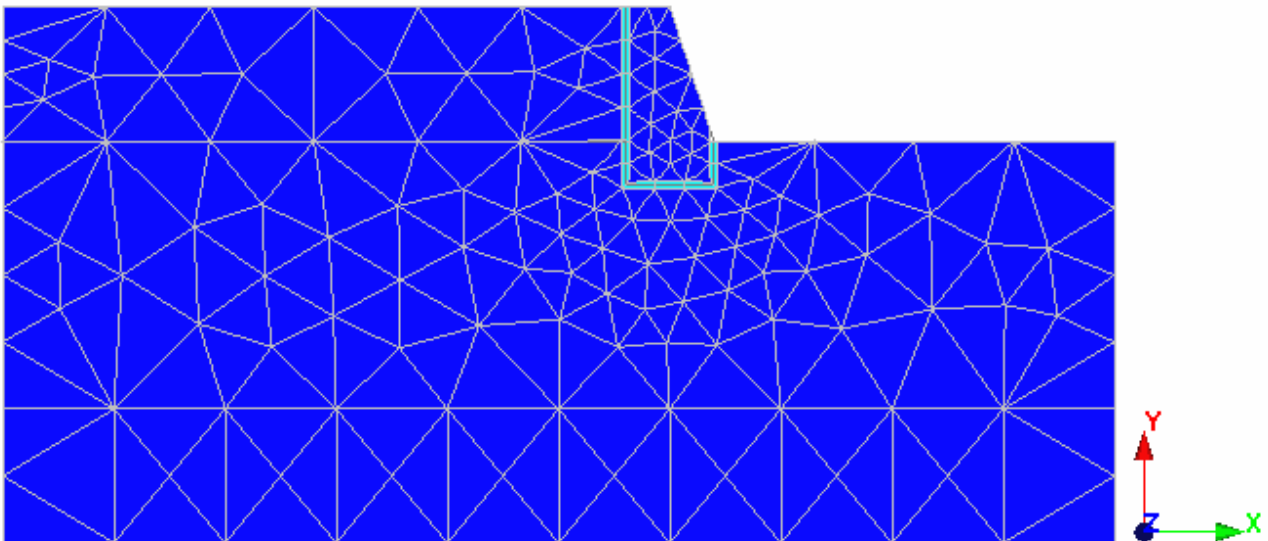
## メッシュ生成:

メッシュは応力集中が起こる壁近傍で特に細かくします。モデルは裏込めのため左右非対称なので、対称条件は利用できません。モデルは以下の推奨寸法に従って設定します。

### 重力式擁壁モデルの推奨寸法:




### 生成したメッシュ:






# 環境設定

## 新規プロジェクト

1.  をクリックします。

## 保存

注) デモバージョンではこの機能を利用できません。

1.  をクリックし、1回目は[名前を付けて保存]ダイアログを表示します。
2. プロジェクトに名前を付けてディスクに保存します。

## プレファレンスの設定


1. [Preferences]メニューをクリックします。
2. [Units]を選択し、[Unit]ダイアログを表示します。以下のように変数の単位・書式を指定します。

ツリービューアイテム	サブアイテム	単位	書式
General	Length	m	0.000
Mechanical	Force	kN	0.000
	Displacement	mm	0.000



ヒント) 一般にこれらの設定を新規解析の度に定義する必要はありません。単位の既定値を保存する方法はマニュアルを参照下さい。

3. [Validate]ボタンをクリックします。



# モデル作成

新規プロジェクトの場合、まずプロジェクトフローバーの[Geometry]ステージ  でモデルを作成します。

## 形状の描画:

1.  をクリックし、[Points]ダイアログを表示します。  
注) グループ (粘土)の上端の y 座標を0 m とします。
2. 形状を表す点の(X,Y)座標値を設定します。
3.  をクリックし、地点間に直線を描画します。  
ヒント) CLEO2D では描画線同士の交点が自動生成されます。

## 線分割定義:




1. 線分割を定義するためにプロジェクトフローバーの[Density]ステージ  に進みます。
2.  をクリックし、[Constant density]ダイアログを表示します。線を選択し、分割数を指定し、[Apply]ボタンをクリックします。
3. 全ての線に対して上記の操作を繰り返し、[Validate]ボタンをクリックします。  
ヒント) 四角形に関しては、ダイアログの[Propagate to opposite sides]ボックスをチェックすると、選択した辺の対辺も同様に分割されます。

注) 四角形の面は四角形要素のメッシュになります。線分が交差する場合、各線分はその交点で分割されます。

## メッシュ生成:


以下の2つのステップでメッシュを生成します。

壁と土の面メッシュ  
土・構造物境界の接触要素


1. [Meshing]ステージ  に進みます。  をクリックし、[Mesh]ダイアログを表示します。  
**ステップ1: 面メッシュ**
2. 全領域を選択し、[Interpolation type]フレームの[Quadratic]および[Element type]フレームの[Triangle]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。  
**ステップ2: 接触要素**
3. グループ (砂・壁部分境界)の線分を選択します。
4.  をクリックし、[Interface elements]ダイアログを表示します。[Interface element with 6 nodes]を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。
5. グループ (粘土・壁基礎境界)の線分を選択し、上記の操作を繰り返し、[Validate]ボタンをクリックします。  
ヒント) [Shift]キーか[Ctrl]キーを押しながら選択すると複数の領域を選択できます。

ヒント)  ツールで描画やメッシュ等の各アイテムに対する選択を制限できます。

## グループ定義:



1. をクリックし、[Make Groups]ダイアログを表示します。
2. グループ (壁)を選択し、グループ名を指定し、[Apply]ボタンをクリックします。
3. 残りのグループも同様に定義をします。


注) グループ定義を解除するには再度メッシュ生成をする必要があります。

ヒント) をクリックし、[Mesh: Selection options]ダイアログの[Contact elements]ボックスのみチェックすれば、要素単位で接触要素のみ選択でき、接触要素のグループは別名のグループとして分離できます。


# フェイズ1

## モデルタイプ:


-  をクリックし、[Create or edit model]ダイアログを表示します。
- 新たにモデル名を指定し、[Open]ボタンをクリックし、[Model type]ダイアログを表示します。
- [Application domain]のコンボボックスで[Static]を選択し、[Calculation module]フレームでリストボックスの[TNCL]および[Plane strain]ラジオボタンを選択します。[Validate]ボタンをクリックし、[Initialization type]ダイアログを表示します。
- [Phased analysis]ラジオボタンを選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
- グループ (壁)、グループ (砂)、グループ (砂・壁境界)を選択し、 をクリックして非アクティブにします。

ヒント)  をクリックすると[Group selection]ダイアログを表示し、グループ名の指定により対応するメッシュを選択できます。

## プロパティ:

-  をクリックし、[Property assignment]ダイアログを表示します。
- [Mechanical]フレームのリストボックスで[Mohr-Coulomb without hardening]を選択し、粘土のプロパティを入力します。
- グループ (粘土)を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。
- 同様に、グループ (礫)に対してプロパティを設定し、[Close]ボタンをクリックします。

## 初期応力:

-  をクリックし、[Phase initialization]ダイアログを表示します。
- [Geostatic]を選択し、[Definition]ボタンをクリックします。
- [Insert]ボタンをクリックし、新規行を追加し、グループ (礫)に対する以下の値を入力します。



高さ	-6 m
密度	21 kN/m <sup>3</sup>
X 方向応力比	0.5
Y 方向応力比	0.5

- [Insert]ボタンをクリックし、新規行を追加し、グループ (粘土)に対する以下の値を入力します。

高さ	0 m
密度	19 kN/m <sup>3</sup>
X 方向応力比	0.5
Y 方向応力比	0.5



- 各ダイアログで[Validate]ボタンをクリックします。

## 境界条件:


-  をクリックし、[Boundary condition initialization]ダイアログを表示します。新たに条件名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
-  をクリックし、底辺と両側辺の支点を設定します。

## 荷重ケース:

拘束応力を一部解放します。

1.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2. 掘削面の境界線を選択します。
3.  をクリックし、[Excavation forces]ダイアログを表示します。
4. 応力解放率[ $\lambda$ ]のテキストボックスに0.4を入力します。
5. [Stress type]フレームの[Geostatic stresses]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

## TCNLの解析パラメータ:



1.  をクリックし、[Calculation data for the module TCNL]ダイアログを表示します。
2. [General parameters]タブの[Iteration process]フレームで以下の値を入力します。

最大増加数	1
増加数当りの最大繰返し数	500
許容誤差	0.01


3. [Validate]ボタンをクリックします。

## フェイズ2

### モデルタイプ:

1.  をクリックし、[Create or edit model]ダイアログを表示します。
2. 新たにモデル名を指定します。
3. [Based on]のコンボボックスでフェイズ1のモデル名を選択し、[Open]ボタンをクリックし、[Initialization type]ダイアログを表示します。
4. [Phased analysis]ラジオボタンを選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
5. グループ (壁)、グループ (粘土・壁基礎境界)を選択し、 をクリックしてアクティブにします。

### プロパティ:

1.  をクリックし、[Property assignment]ダイアログを表示します。
2. [Type of elements]コンボボックスで[(F1) Iso. elements-2D displacements]を選択し、リストボックスの[Parabolic plasticity]を選択し、コンクリートのプロパティを入力します。グループ (壁)を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。
3. [Type of elements]コンボボックスで[(F6) Interface elements]を選択し、リストボックスの[Perfect sliding]を選択し、以下のプロパティの推奨値を入力します。グループ (粘土・壁基礎境界)を選択し、[Apply]ボタンおよび[Close]ボタンをクリックします。


#### 境界のプロパティの推奨値:

ヤング率	Ei	両側の材料のものより小さい値 例えば、1 kPa
引張強度	Rt	剥離するのに必要な境界に垂直な引張応力の値 例えば、1 kPa



### 荷重ケース:

以下の2つの荷重ケースを設定します。




残留拘束応力の解放  
壁自重の設定

1.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2. フェイズ1の荷重を削除します。

#### 荷重ケース1:拘束応力


3. 掘削面を設定するため、グループ (壁)、グループ (粘土・壁基礎境界)を選択し、 をクリックして非表示にします。
4. 掘削面の境界線を選択します。
5.  をクリックし、[Excavation forces]ダイアログを表示します。
6. 応力解放率[ $\lambda$ da]のテキストボックスに0.6(フェイズ1の残りの60%)を入力し、[Stress type]フレームの[Geostatic stresses]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

## 荷重ケース2:壁自重

7.  をクリックして非表示部分を表示します。
8.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
9.  をクリックし、[Gravity forces]ダイアログを表示します。グループ (壁)を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。



注) [Based on]オプションを利用して新規フェイズを作成すると、荷重も含めて前フェイズで設定した全項目をコピーできます。ただし、前フェイズで設定した荷重は新規フェイズ作成時に新規の荷重に置き換えられます。荷重ケースを削除する場合は[Loading initialization]ダイアログでそのケース名を指定し、[Delete]ボタンをクリックします。

## TCNLの解析パラメータ:


1.  をクリックし、[Calculation data for the module TCNL]ダイアログを表示します。
2. [General parameters]タブでパラメータの値を確認します。
3. [Validate]ボタンをクリックします。

## フェイズ3



### モデルタイプ:

1.  をクリックし、[Create or edit model]ダイアログを表示します。
2. 新たにモデル名を指定します。
3. [Based on]のコンボボックスでフェイズ2のモデル名を選択し、[Open]ボタンをクリックし、[Initialization type]ダイアログを表示します。
4. [Phased analysis]ラジオボタンを選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
5. グループ (砂)、グループ (砂・壁部分境界)を選択し、 をクリックしてアクティブにします。


### プロパティ:

1.  をクリックし、[Property assignment]ダイアログを表示します。
2. [Type of elements]コンボボックスで[(F1) Iso. elements-2D displacements]を選択し、[Mechanical]フレームのリストボックスで[Mohr-Coulomb without hardening]を選択し、砂のプロパティを入力します。
3. グループ (砂)を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。
4. [Type of elements]コンボボックスで[(F6) Interface elements]を選択し、リストボックスの[Perfect sliding]を選択し、フェイズ2で示したプロパティの推奨値を入力します。グループ (砂・壁部分境界)を選択し、[Apply]ボタンおよび[Close]ボタンをクリックします。


### 荷重ケース:

1.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2. フェイズ2の荷重を削除します。
3.  をクリックし、[Gravity forces]ダイアログを表示します。グループ (砂)を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

### TCNLの解析パラメータ:

1.  をクリックし、[Calculation data for the module TCNL]ダイアログを表示します。
2. [General parameters]タブでパラメータの値を確認します。
3. [Validate]ボタンをクリックします。




### 解析実行:

1.  をクリックし、[Calculations]ダイアログを表示します。
2. リストボックスの解析モデルを選択します。
3. [Type of operation]フレームで[Create input files for the solver and calculate]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。



# 解析結果

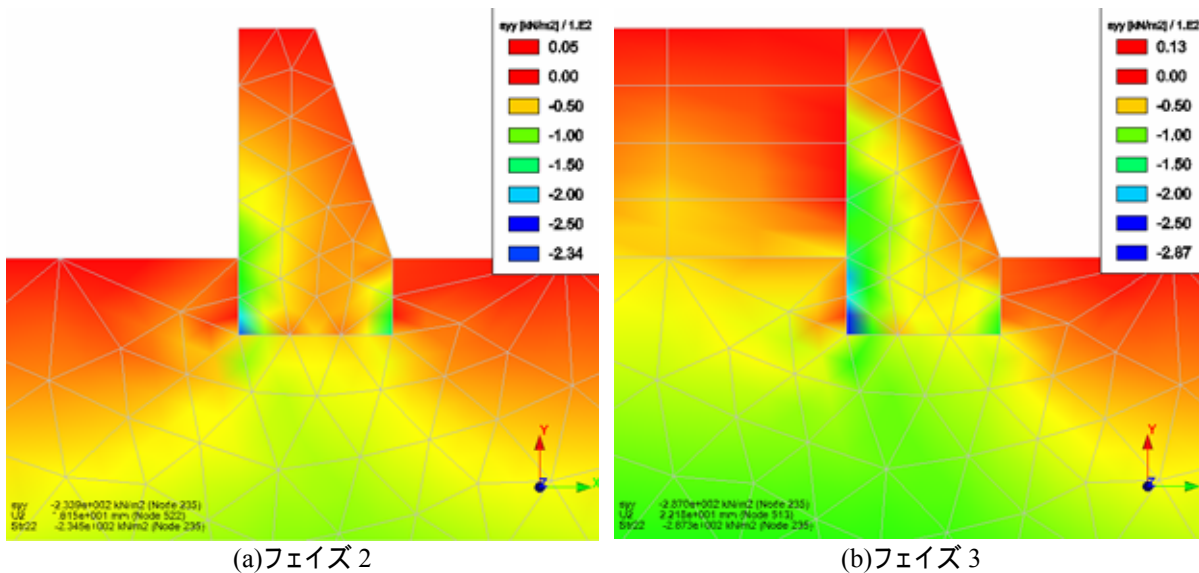
## 鉛直応力:

1. プロジェクトフローバーにおいて、[Result]ステージ  をクリックし、[Model selection]コンボボックスでフェイズ2のモデル名を選択します。
2.  をクリックし、[Display options]ダイアログを表示します。
3. [Plots]フレームで[Scalar plot]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
4.  をクリックし、[Scalar options]ダイアログを表示します。
5. [Type]タブの[Scalar type]コンボボックスで[syy]を選択し、[Apply]ボタンをクリックし鉛直応力のコンター図を表示します。




ヒント) 更に、[Isovalues]タブで、[Color plot style]フレームの[Color scheme]コンボボックスで[Inverse mechanical]を選択し、[Scale of color plot]フレームの[Manual]を選択し上下限值を入力し、[Number of levels]ボックスに区分数を入力すると、下図の書式が得られます。

ヒント)  をクリックし、[Display options]ダイアログで[Element edges]ボックスをチェックし、[Validate]ボタンをクリックすると、メッシュを表示します。

6. フェイズ3についても同様に、[Model selection]コンボボックスでモデル名を選択しコンター図を表示します。



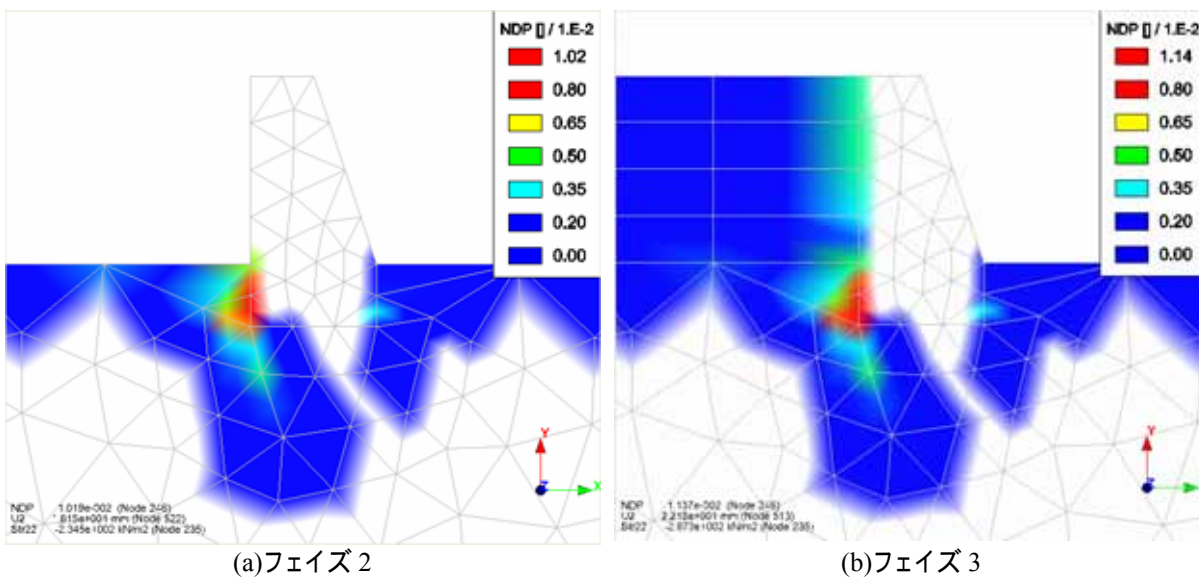
## 塑性ひずみ:

1. 鉛直応力と同様に、プロジェクトフローバーにおいて、[Result]ステージ  をクリックし、[Model selection]コンボボックスでフェイズ2のモデル名を選択します。
2.  をクリックし、[Display options]ダイアログを表示します。
3. [Plots]フレームで[Scalar plot]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
4.  をクリックし、[Scalar options]ダイアログを表示します。
5. [Type]タブの[Scalar type]コンボボックスで[Norm of plastic strain]を選択し、[Apply]ボタンをクリックし塑性ひずみのコンター図を表示します。







ヒント) 更に、[Isovalues]タブで、[Scale of color plot]フレームの[Manual]を選択し上下限值を入力し、[Number of levels]ボックスに区分数を入力すると、下図の書式が得られます。

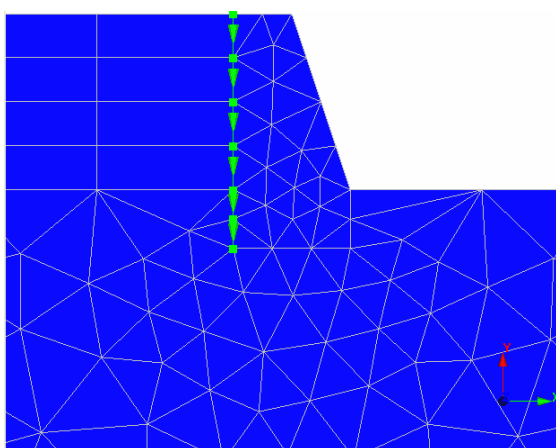
ヒント)  をクリックし、[Display options]ダイアログで[Element edges]ボックスをチェックし、[Validate]ボタンをクリックすると、メッシュを表示します。

6. フェイズ3についても同様に、[Model selection]コンボボックスでモデル名を選択しコンター図を表示します。

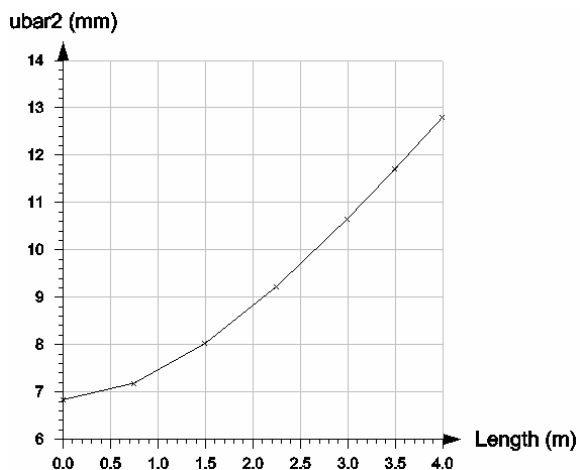


## フェイズ3 グラフ(壁背面):

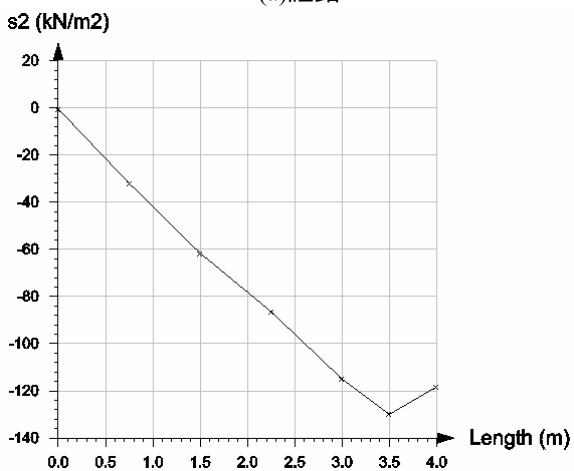
1. プロジェクトフローバーにおいて、[Result items]ステージ  をクリックし、[Model selection]コンボボックスでフェイズ3のモデル名を選択します。
2.  をクリックし、以下の経路図のように、壁背面を通る折線を描画します。  
**ヒント) 地点を順次クリックし、最後の地点でダブルクリックします。**
3.  をクリックし、[Lines Set]ダイアログを表示します。
4. 描画した折線を選択し、[Name]に折線名を入力し、[Validate]ボタンをクリックします。
5. プロジェクトフローバーの[Line graphs]ステージ  をクリックします。
6.  をクリックし、[Evolution of parameter on a line set]ダイアログを表示します。
7. [Parameter choice]コンボボックスで[Length of 2D displacement vector]を選択し、[Cross-section selection]コンボボックスで前記の折線名を選択し、[Validate]ボタンをクリックし、変位分布を表示します。  
**ヒント) グラフ書式は、 をクリックし、[Visualization options]ダイアログを表示し、変更します。**
8. 最大・最小主応力についても、[Evolution of parameter on a line set]ダイアログの[Parameter choice]コンボボックスで[Principal stress S2]および[Principal stress S1]を選択し、同様にグラフを表示します。



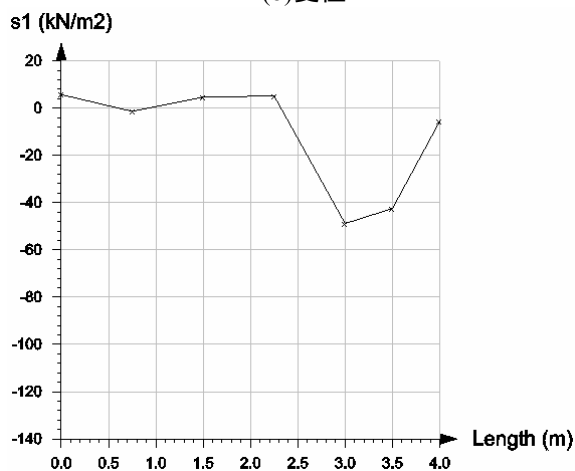
(a)経路



(b)変位



(c)最大主応力



(d)最小主応力

# 斜面近傍の浅い基礎の 3D 解析

## 目的

スーパー要素(ブロック要素)を用いた3D メッシュの作成方法を習得します。

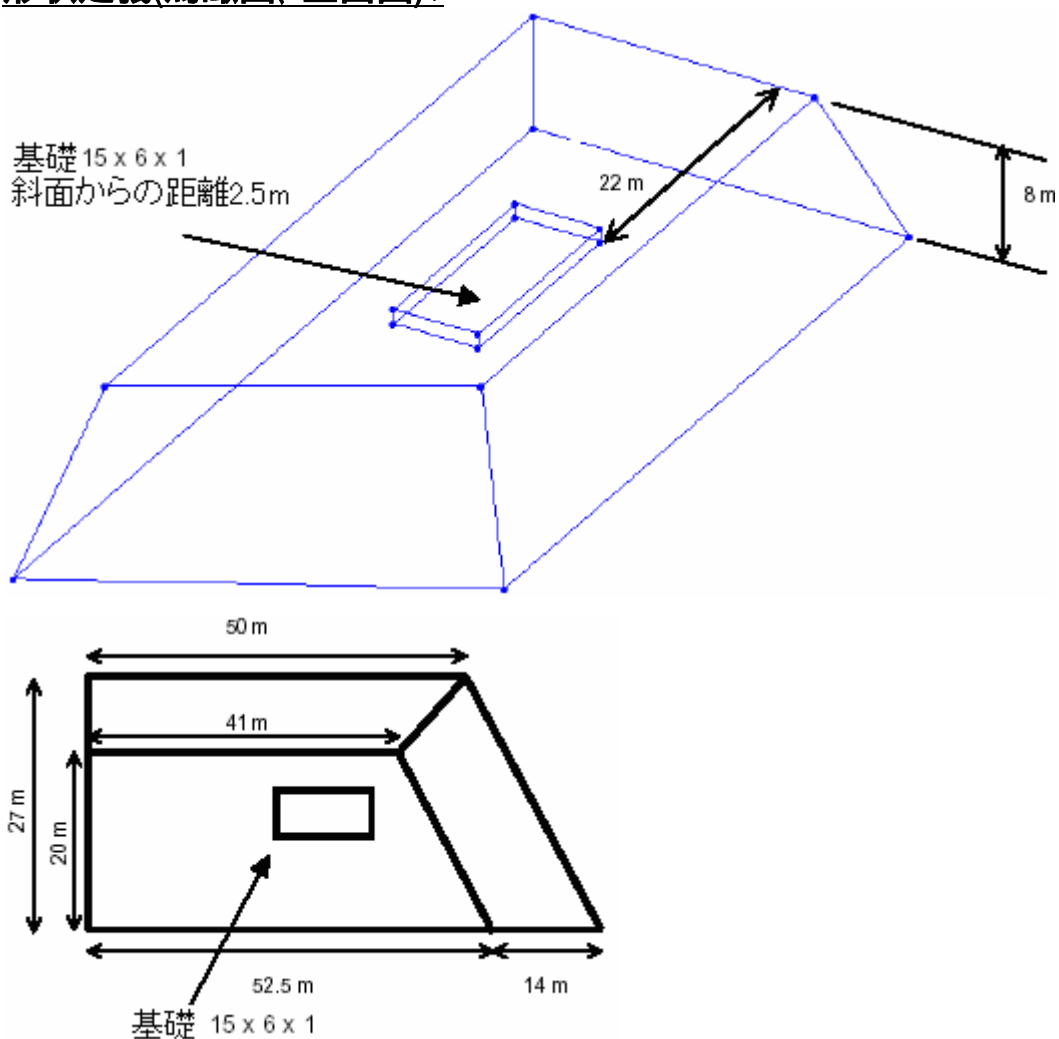
3D ポスト処理ツールの使用方法を習得します。

## 条件

### 仮定:

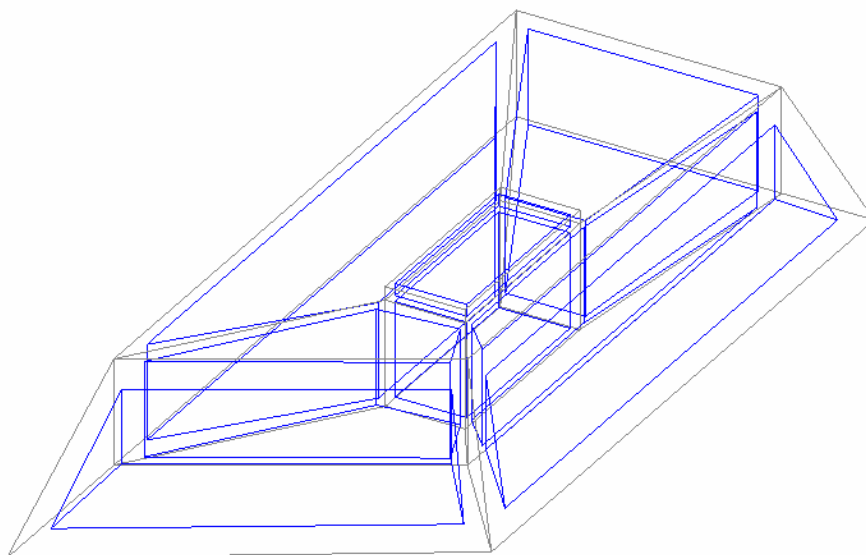
- 2方向の斜面近傍における浅い基礎
- 静的線形弾性解析(LIGC モジュールを利用)

### 形状定義(鳥瞰図、上面図):

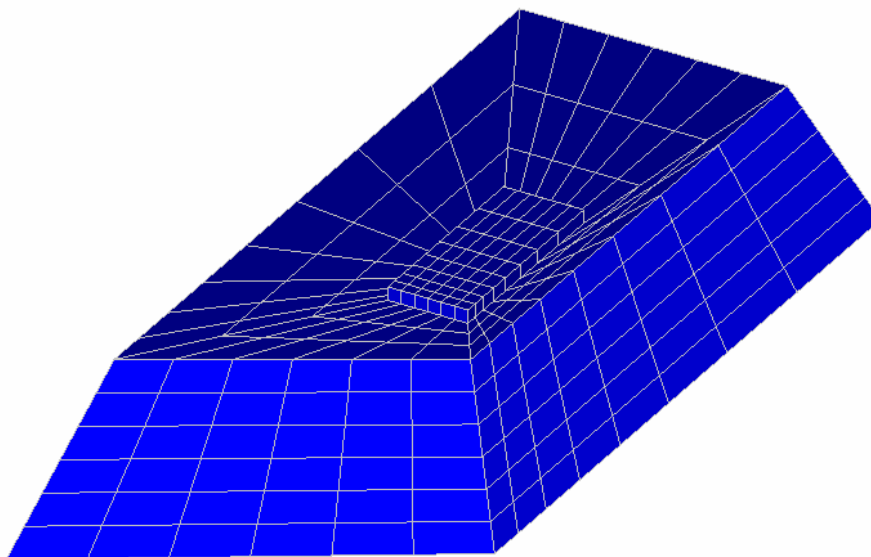


**メッシュ生成:**

スーパー要素を用いて3D メッシュを作成  
 解析精度を上げるため、変位の内挿関数を二次式



(a)スーパー要素



(b)3D メッシュ

**材料プロパティー:**

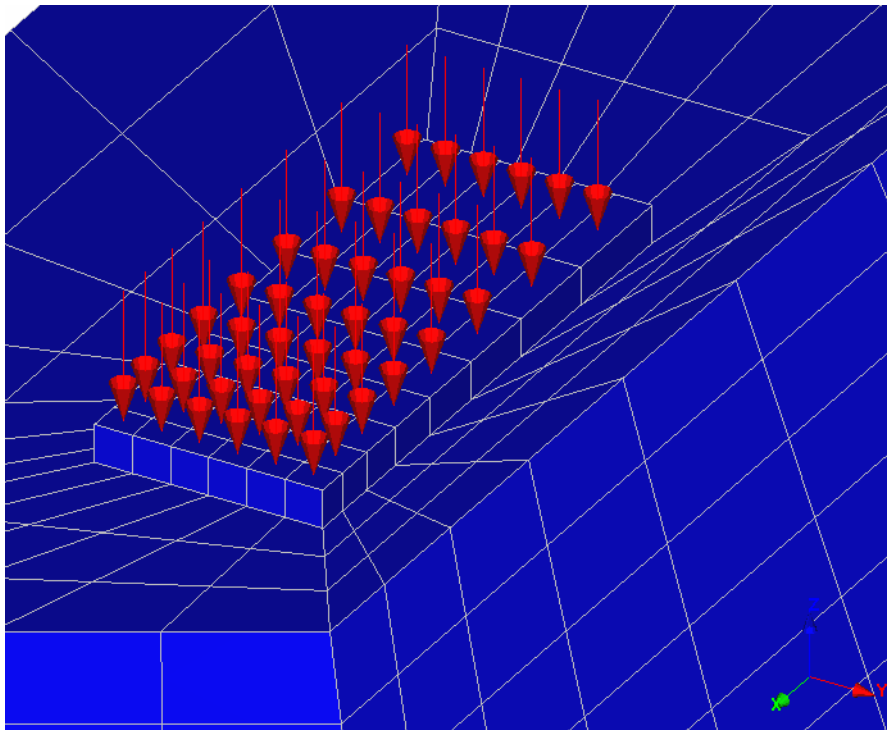
傾斜部	構成則 ヤング率 E ポアソン比 $\nu$ 単位重量 w	Linear elasticity 30 MPa 0.3 20 kN/m <sup>3</sup>
基礎下部	構成則 ヤング率 E ポアソン比 $\nu$ 単位重量 w	Linear elasticity 100 MPa 0.3 20 kN/m <sup>3</sup>
基礎部	構成則 ヤング率 E ポアソン比 $\nu$ 単位重量 w	Linear elasticity 2,500 MPa 0.2 27.5 kN/m <sup>3</sup>

**境界条件:**

鉛直面境界上で垂直方向変位なし  
底面境界上で鉛直変位なし


**荷重条件:**

基礎部上面に0.1MPaの鉛直等分布荷重を載荷




# 環境設定

## 新規プロジェクト

1.  をクリックします。

## 保存

注) デモバージョンではこの機能を利用できません。

1.  をクリックします。1回目は[名前を付けて保存]ダイアログを表示します。
2. プロジェクトに名前を付けてディスクに保存します。

## プレファレンスの設定


1. [Preferences]メニューをクリックします。
2. [Units]を選択し、[Unit]ダイアログを表示します。以下のように変数の単位・書式を指定します。

ツリービューアイテム	サブアイテム	単位	書式
General	Length	m	0.000
Mechanical	Force	MN	0.000
	Displacement	mm	0.000
	Surface	m <sup>2</sup>	0.0000



ヒント) 一般にこれらの設定を新規解析の度に定義する必要はありません。単位の既定値を保存する方法はマニュアルを参照下さい。

3. [Validate]ボタンをクリックします。




# モデル作成

新規プロジェクトの場合、まずプロジェクトフローバーの[Geometry]ステージ  でモデルを作成します。




## 形状描画:

1.  をクリックし、[Points]ダイアログを表示します。
2. 形状を表す点の(X,Y)座標値を設定します。
3.  をクリックし、地点間に直線を描画します。

## 領域設定:



1. スーパー要素を設定するためにプロジェクトフローバーの[Regions]ステージ  に進みます。
2. 六面体のスーパー要素を設定するため、六面体ごとに12辺を選択し、 をクリックします。
3. 五面体に関しても同様に、五面体ごとに9辺を選択し、 をクリックします。
4. 全ての領域に対して上記の操作を繰り返します。

## 線分割定義:

1. 線分割を定義するためにプロジェクトフローバーの[Density]ステージ  に進みます。
2. 線を等分割する場合には、 をクリックし、[Constant density]ダイアログを表示します。線を選択し、分割数を指定し、[Apply]ボタンをクリックします。全ての線に対してこの操作を繰り返し、[Validate]ボタンをクリックします。
3. 線を比例分割する場合には、 をクリックし、[Variable length divisions]ダイアログを表示します。分割数と増分を入力し、細かくする側の線の端をクリックします。全ての線に対してこの操作を繰り返し、[Close]ボタンをクリックします。


ヒント) 比例分割は、分割数と増分の他に、最初と最後の分割線分長の組合せで指定できます。

## メッシュ生成:

1. [Meshing]ステージ  に進みます。
2.  をクリックし、[Volume meshing]ダイアログを表示します。
3. [Quadratic interpolation]を選択し、全スーパー要素を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。

ヒント)  ツールで描画やメッシュ等の各アイテムに対する選択を制限できます。

## グループ定義:

1.  をクリックし、[Make Groups]ダイアログを表示します。
2. 傾斜部のメッシュを選択し、グループ名を指定し、[Apply]ボタンをクリックします。


注)グループ定義を解除するには再度メッシュ生成をする必要があります。

3. 残りのグループも同様に定義をします。




# 解析条件

## モデルタイプ:

1.  をクリックし、[Create or edit model]ダイアログを表示します。
2. 新たにモデル名を指定し、[Open]ボタンをクリックし、[Model type]ダイアログを表示します。
3. [Application domain]のコンボボックスで[Static]、[Calculation module]フレームでリストボックスの[LIGC]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。



## プロパティ:

1.  をクリックし、[Property assignment]ダイアログを表示します。
2. [Mechanical]フレームのリストボックスで[Linear isotropic elasticity]を選択し、傾斜部のプロパティを入力します。
3. 傾斜部を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。
3. 基礎下部および基礎部に関しても同様にプロパティを設定し、[Close]ボタンをクリックします。


## 境界条件:

1.  をクリックし、底面と鉛直面に垂直変位を拘束する支点を設定します。

## 荷重ケース:

1.  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2. 基礎部上面を選択します。
3.  をクリックし、[Uniform Press...]ダイアログを表示します。
4. テキストボックスに0.1を入力し、[Apply]ボタンおよび[Validate]ボタンをクリックします。


## LIGCの解析パラメータ:

1.  をクリックし、[Calculation data for the module LIGC]ダイアログを表示します。
2. [General parameters]タブで以下の値を入力します。

許容誤差	1.0e-07
前処理方法	Diagonal Preconditioning


3. [Validate]ボタンをクリックします。

## 解析実行:


1.  をクリックし、[Calculations]ダイアログを表示します。
2. リストボックスの解析モデルを選択します。
3. [Type of operation]フレームで[Create input files for the solver and calculate]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。


# 解析結果

## 変位:

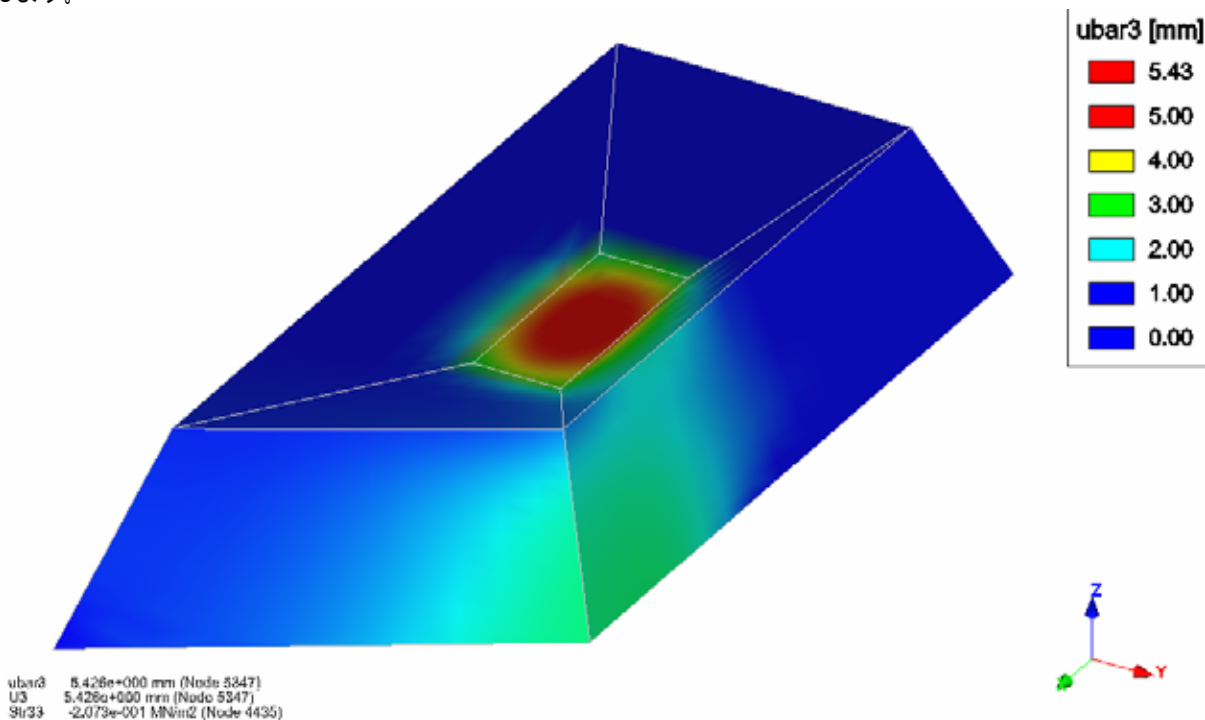
1. プロジェクトフローバーにおいて、[Result]ステージ  をクリックします。

ヒント) 地盤変位を見やすくするため、 をクリックし、基礎部を非表示にします。

2.  をクリックし、[Display options]ダイアログを表示します。[Plots]フレームで[Scalar plot]をチェックし、[Validate]ボタンをクリックします。

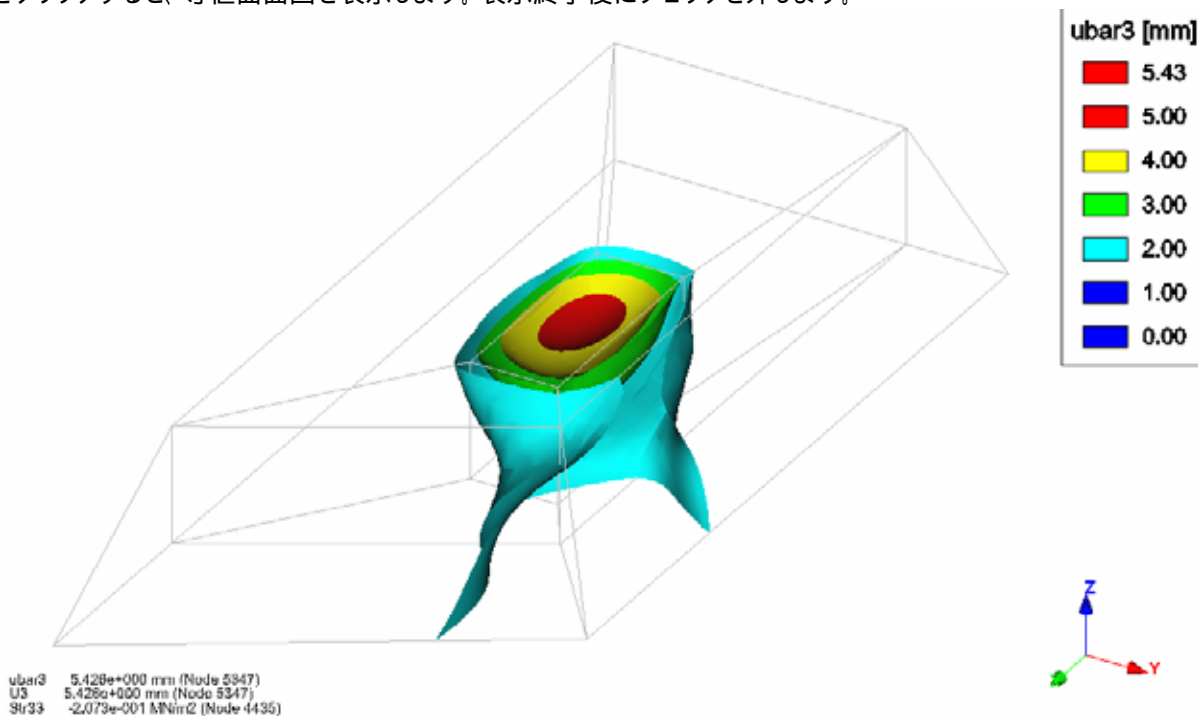
3.  をクリックし、[Scalar options]ダイアログを表示します。[Type]タブの[Scalar type]コンボボックスで[Length of 3D displacement vector]を選択します。

4. [Isovalues]タブで、[Scale of color plot]フレームの[Manual]を選択し、上下限值を入力し、[Number of levels]ボックスに区分数を入力します。[Apply]ボタンをクリックすると、表面コンター図を表示します。表示終了後にチェックを外します。




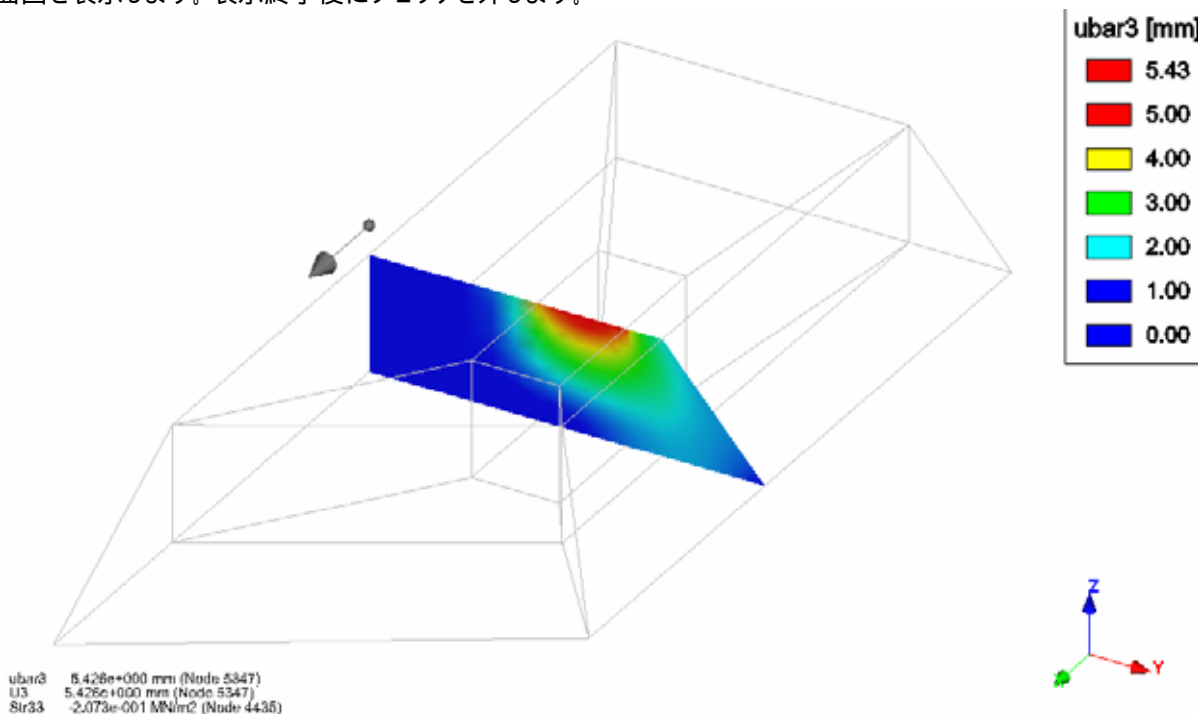
(a)表面コンター図

5. [Isolevel surfaces]タブで、[Show isolevel surfaces]をチェックし、表示する鉛直変位の値を入力します。[Apply]ボタンをクリックすると、等値曲面図を表示します。表示終了後にチェックを外します。



(b)等値曲面図

6.  をクリックし、[Cross-section plane]ダイアログを表示します。[Properties]フレームで[Active]および[Cross-section]をチェックし、[Validate]ボタンをクリックします。表示された矢印の球を X 方向にドラッグすると、断面図を表示します。表示終了後にチェックを外します。



(c)断面コンター図

# 群杭沈下の 3D 解析

## 目的

押し出し機能を用いた3D メッシュの作成方法を習得します。  
荷重条件の設定方法を習得します。

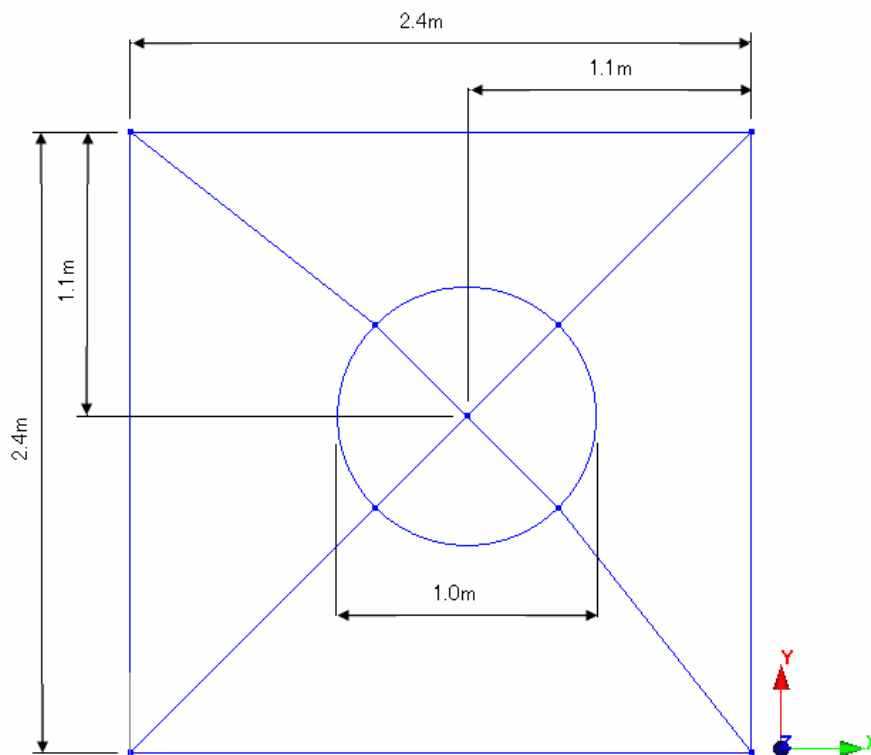
## 条件

### 仮定:

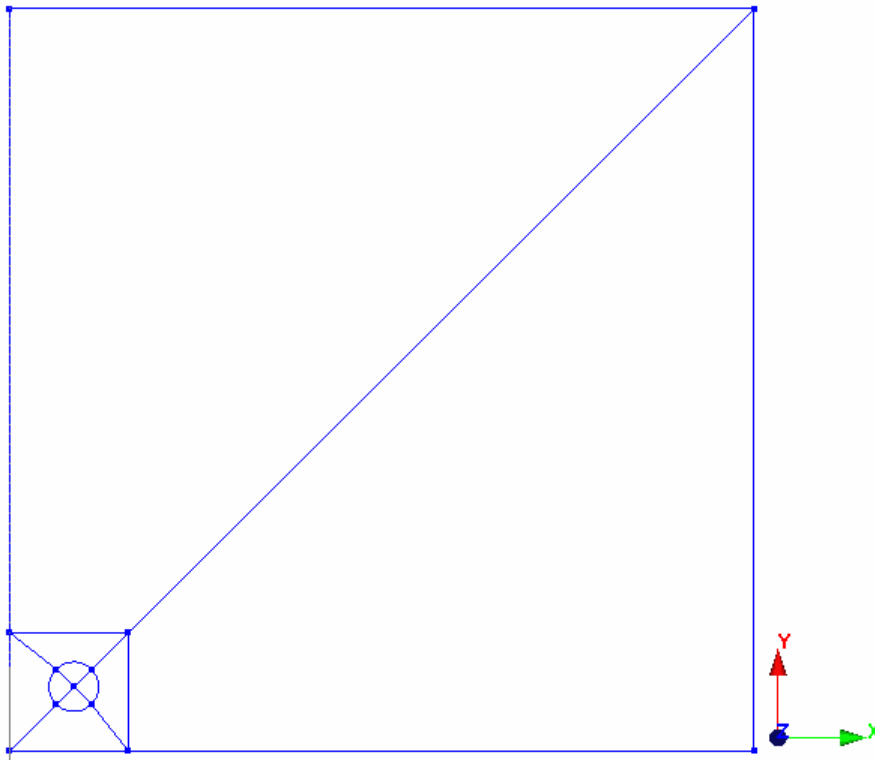
鉛直および水平の等分布荷重による群杭沈下  
静的弾塑性解析(MCNL モジュールを利用)

### 形状定義:

杭長8.0m



(a) 杭基礎部地表面(1/4 モデル)

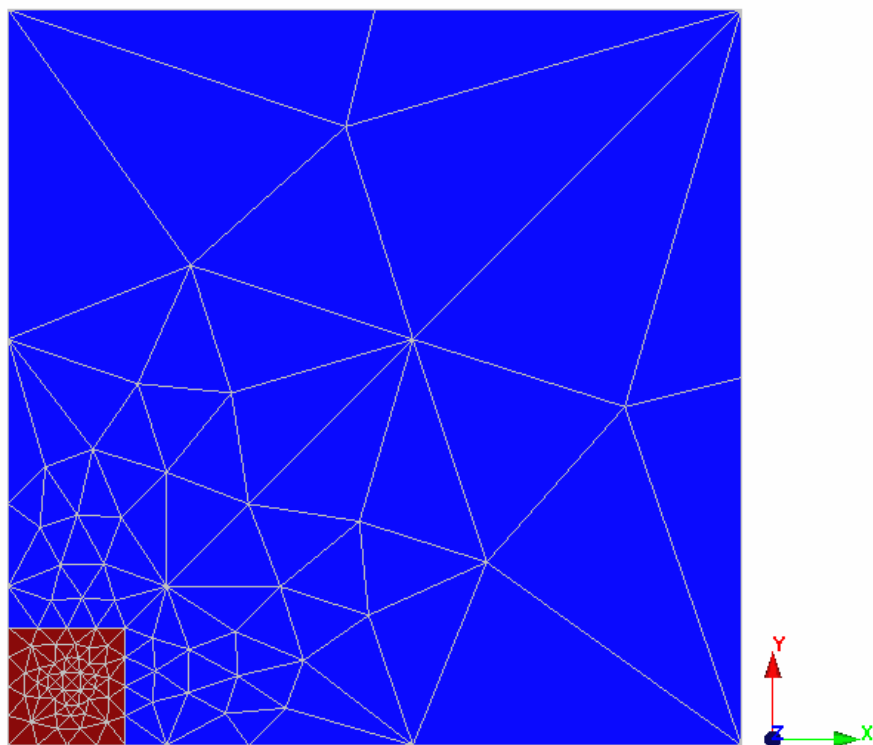


(b)全体地表面(1/4 モデル)

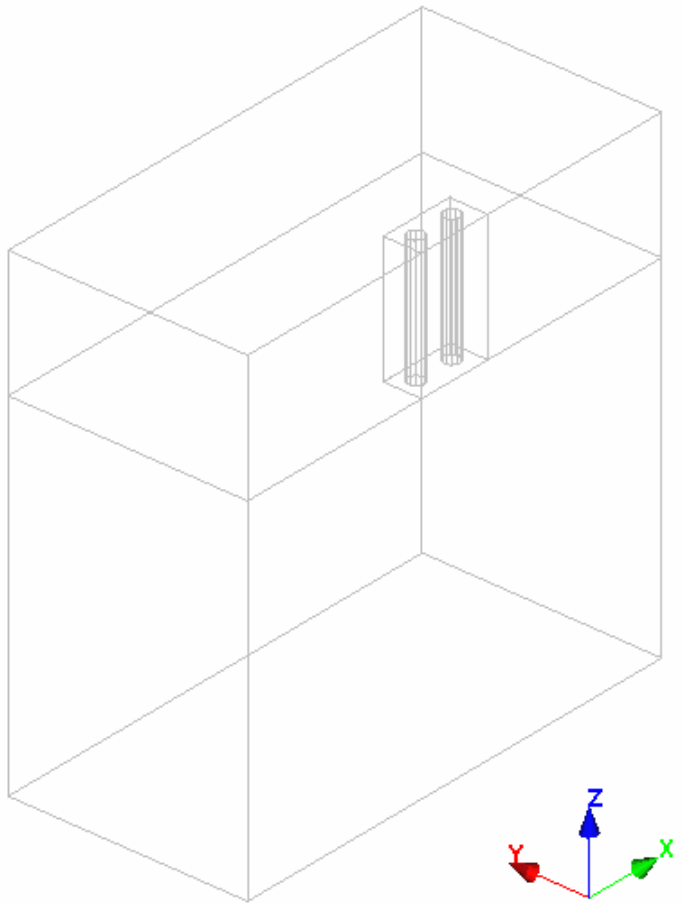
### メッシュ生成:

押し出し機能を用いて3Dメッシュを作成

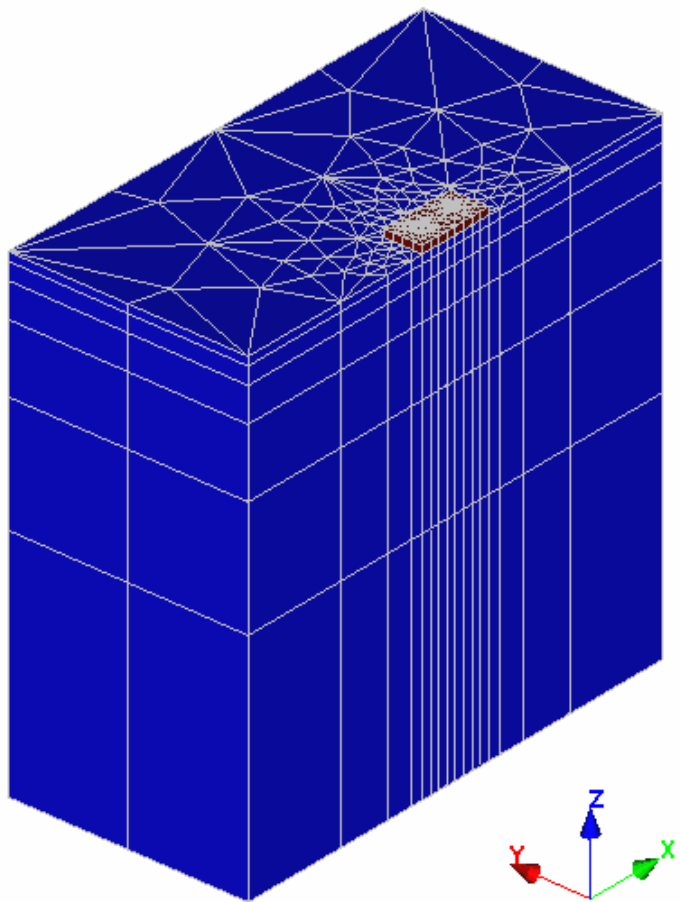
解析精度を上げるため、変位の内挿関数を二次式



(a)地表面メッシュ(1/4 モデル)



(b)3D 輪郭(1/2 モデル)



(c)3D メッシュ(1/2 モデル)

**材料プロパティ:**

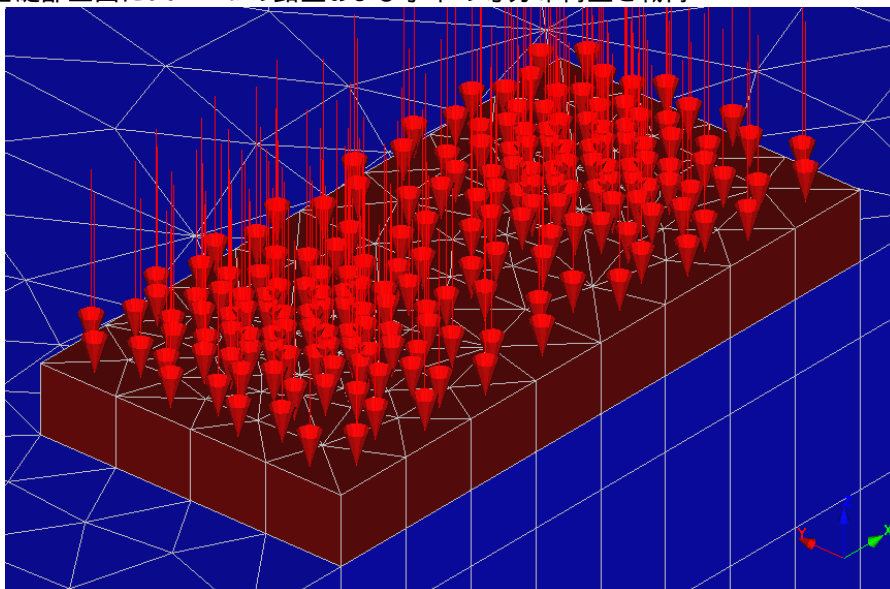
コンクリート	構成則 密度 $\rho$ ヤング率 E ポアソン比 $\nu$	Linear elasticity 2,500 kg/m <sup>3</sup> 3,000 MPa 0.2
砂	構成則 密度 $\rho$ 応力比 $K_0$ ヤング率 E ポアソン比 $\nu$ 粘着力 c 摩擦角 $\phi$ ダイレイタンシー角 $\psi$	Mohr-Coulomb 1,600 kg/m <sup>3</sup> 0.5 200 MPa 0.3 0.1 40° 0°

**境界条件:**

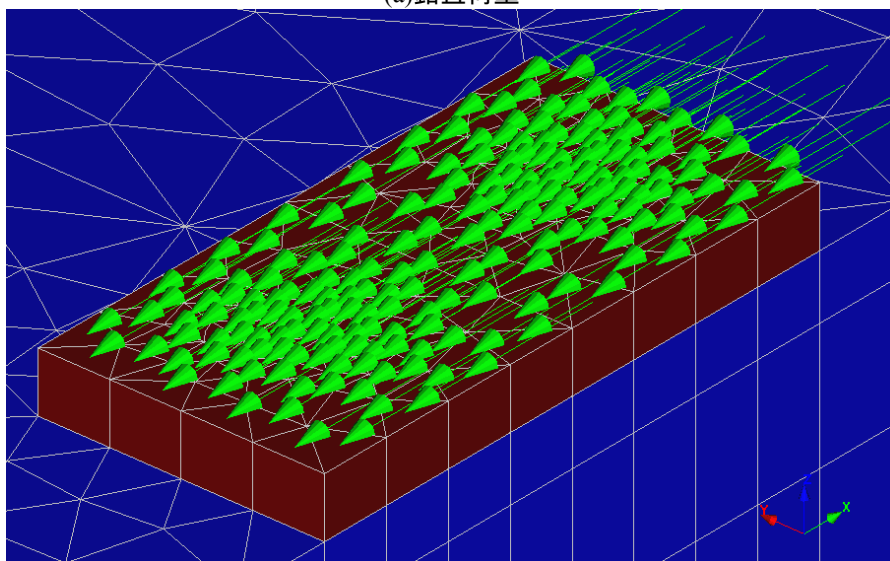
鉛直面境界上で垂直方向変位なし  
底面境界上で鉛直変位なし

**荷重条件:**

基礎部上面に0.01MPa の鉛直および水平の等分布荷重を載荷




(a)鉛直荷重



(b)水平荷重


# 環境設定

## 新規プロジェクト

1.  をクリックします。

## 保存

注) デモバージョンではこの機能を利用できません。

1.  をクリックします。1回目は[名前を付けて保存]ダイアログを表示します。
2. プロジェクトに名前を付けてディスクに保存します。

## プレファレンスの設定

1. [Preferences]メニューをクリックします。
2. [Units]を選択し、[Unit]ダイアログを表示します。以下のように変数の単位・書式を指定します。


ツリービューアイテム	サブアイテム	単位	書式
General	Length	m	0.000
Mechanical	Force	MN	0.000
	Stresses	MN/m <sup>2</sup>	0.0000
	Displacement	mm	0.000
	Surface	m <sup>2</sup>	0.0000

ヒント) 一般にこれらの設定を新規解析の度に定義する必要はありません。単位の既定値を保存する方法はマニュアルを参照下さい。





3. [Validate]ボタンをクリックします。





# モデル作成

新規プロジェクトの場合、まずプロジェクトフローバーの[Geometry]ステージ  でモデルを作成します。




## 形状描画:

1.  をクリックし、[Points]ダイアログを表示します。
2. 形状を表す点の(X,Y)座標値を設定します。
3.  をクリックし、地点間に直線を描画します。
4.  をクリックし、Y-Z 面で、円中心点に対する四半円(杭の境界)を描画します。  をクリックし、[Rotation]ダイアログを表示し、2列目の[Y]テキストボックスに1.0を入力して、Y 軸回りに90°回転します。以上の操作を繰り返し、X-Y 面で円になるようにします。

## 領域設定:




1. プロジェクトフローバーの[Regions]ステージ  に進みます。
2. 各閉領域の線を選択し、 をクリックします。
3. 全ての閉領域に対して上記の操作を繰り返します。

## 線分割定義:

1. プロジェクトフローバーの[Density]ステージ  に進みます。
2. 線を等分割する場合には、 をクリックし、[Constant density]ダイアログを表示します。線を選択し、分割数を指定し、[Apply]ボタンをクリックします。全ての線に対してこの操作を繰り返し、[Validate]ボタンをクリックします。
3. 線を比例分割する場合には、 をクリックし、[Variable length divisions]ダイアログを表示します。分割数と増分を入力し、細かくする側の線の端をクリックします。全ての線に対してこの操作を繰り返し、[Close]ボタンをクリックします。

ヒント) 比例分割は、分割数と増分の他に、最初と最後の分割線分長の組合せで指定できます。

## メッシュ生成:

1. [Meshing]ステージ  に進みます。  をクリックし、[Surface meshing]ダイアログを表示します。
2. 全領域を選択し、[Interpolation type]フレームの[Quadratic interpolation]および[Element type]フレームの[Triangle]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。地表面メッシュが作成されます。
3.  をクリックし、[Extrude]ダイアログを表示し、[Interpolation type]フレームの[Quadratic]を選択します。
4. [Define]ボタンをクリックし、[Translation parameters]ダイアログを表示し、[Vz]テキストボックスに入力して、[Validate]ボタンをクリックします。[Number]テキストボックスおよび[Steps]テキストボックスに入力して、[Add]ボタンをクリックします。以下の2つのリストを登録します。

リスト番号	Vz	Number	Steps
1	-8.0	4	2.0
2	-22.0	2	2.0

5. [Apply]ボタンをクリックします。地盤および杭の3D メッシュが作成されます。
6. リストを選択し、[Delete]ボタンをクリックして、登録した2つのリストを削除します。


7. 上記の手順で以下のリストを登録します。

リスト番号	Vz	Number	Steps
1	0.5	1	1.0

8. [Apply]ボタンをクリックします。基礎の3D メッシュが作成されます。[Close]ボタンをクリックします。

ヒント)  ツールで描画やメッシュ等の各アイテムに対する選択を制限できます。

## グループ定義:



1.  をクリックし、[Make Groups]ダイアログを表示します。
2. 基礎部のメッシュを選択し、グループ名を指定し、[Apply]ボタンをクリックします。

注)グループ定義を解除するには再度メッシュ生成をする必要があります。


3. 杭部、地盤部のグループも同様に定義をします。

# 解析条件

## モデルタイプ:

1.  をクリックし、[Create or edit model]ダイアログを表示します。
2. 新たにモデル名を指定し、[Open]ボタンをクリックし、[Model type]ダイアログを表示します。
3. [Application domain]のコンボボックスで[Static]、[Calculation module]フレームでリストボックスの[MCNL]を選択し、[Validate]ボタンをクリックし、[Initialization type]ダイアログを表示します。
4. [Phased analysis]ラジオボタンを選択し、[Validate]ボタンをクリックします。
5. 地表面メッシュを選択し、 をクリックして非アクティブにします。


## プロパティ:

1.  をクリックし、[Property assignment]ダイアログを表示します。
2. [Mechanical]フレームのリストボックスで[Linear isotropic elasticity]を選択し、コンクリートのプロパティを入力します。
3. 基礎部、杭部を選択し、[Apply]ボタンをクリックします。

ヒント)  ツールで選択したメッシュを非表示にできます。

4. 地盤部に関しても砂のプロパティを設定し、[Close]ボタンをクリックします。



## 初期応力:

1.  をクリックし、[Phase initialization]ダイアログを表示します。
2. [Geostatic]を選択し、[Definition]ボタンをクリックし、[Geostatic stresses]ダイアログを表示します。
3. [Insert]ボタンをクリックし、新規行を追加し、以下の値を入力します。

高さ	0.0 m
密度	1,600 kg/m <sup>3</sup>
X 方向応力比	0.5
Y 方向応力比	0.5

4. 各ダイアログで[Validate]ボタンをクリックします。

## 境界条件:



1.  をクリックし、[Boundary condition initialization]ダイアログを表示します。新たに条件名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
2.  をクリックし、底面と鉛直面に垂直変位を拘束する支点を設定します。

## 荷重ケース:



以下の2つの荷重ケースを設定します。

- 鉛直等分布荷重
- 水平等分布荷重


### 荷重ケース1:鉛直等分布荷重

-  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
- 基礎部上面を選択します。
-  をクリックし、[Uniform Press...]ダイアログを表示します。
- テキストボックスに0.01を入力し、[Apply]ボタンおよび[Validate]ボタンをクリックします。

### 荷重ケース2:水平等分布荷重

-  をクリックし、[Loading initialization]ダイアログを表示します。新たにケース名を指定し、[Open]ボタンをクリックします。
- 基礎部上面を選択します。
-  をクリックし、[Surface forces]ダイアログを表示します。
- [Px]のテキストボックスに0.01を入力し、[Apply]ボタンおよび[Validate]ボタンをクリックします。


## MCNLの解析パラメータ:

-  をクリックし、[Calculation data for the module MCNL]ダイアログを表示します。
- [General parameters]タブで以下の値を入力します。


解法	1-initial stresses
繰返し最大増加数	5
増加数当りの最大繰返し数	100
許容誤差	0.01

- [Validate]ボタンをクリックします。




## 解析実行:

-  をクリックし、[Calculations]ダイアログを表示します。
- リストボックスの解析モデルを選択します。
- [Type of operation]フレームで[Create input files for the solver and calculate]を選択し、[Validate]ボタンをクリックします。


## 解析結果

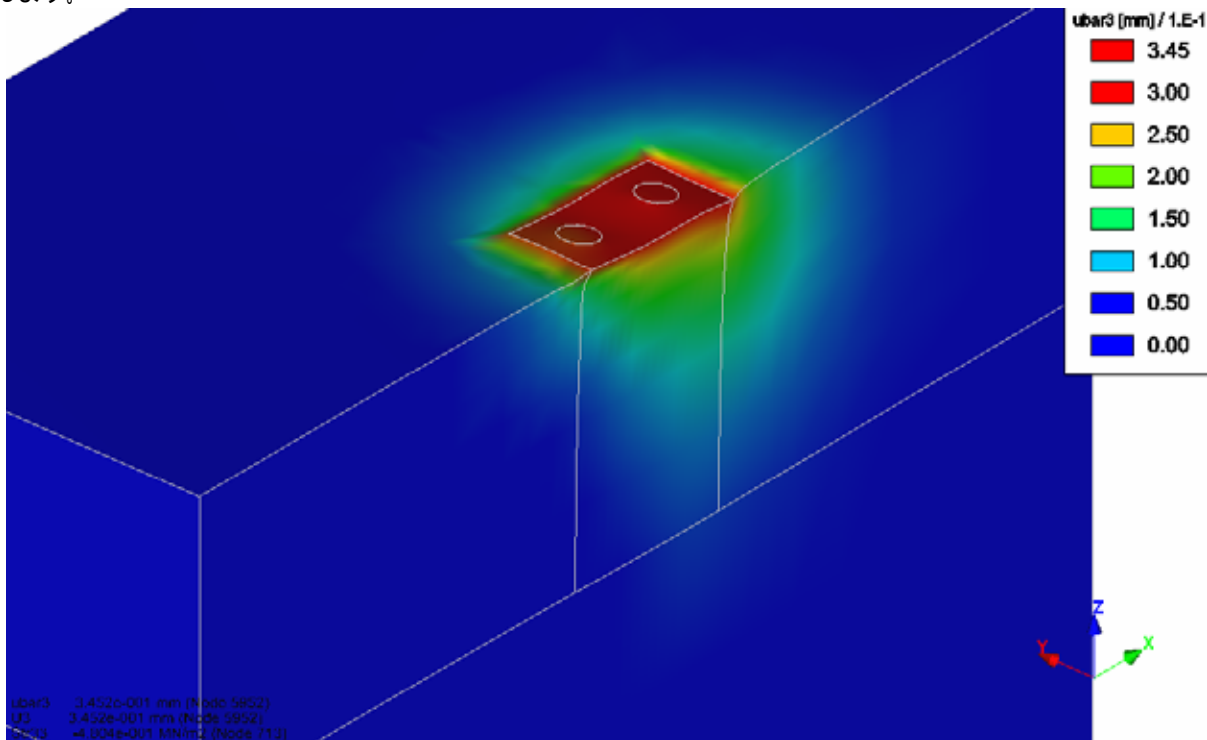
1. プロジェクトフローバーにおいて、[Result]ステージ  をクリックします。

ヒント) 地盤-群杭変位を見やすくするため、 をクリックし、基礎部を非表示にします。

2.  をクリックし、[Display options]ダイアログを表示します。[Mesh]フレームで[Deformed]を選択し、[Plots]フレームで[Scalar plot]をチェックし、[Validate]ボタンをクリックします。
3.  をクリックし、[Item selection (Increment)]ダイアログを表示します。[Item]テキストボックスに5を入力し、[Validate]ボタンをクリックします。
4.  をクリックし、[Deformation options]ダイアログを表示します。[Scale]フレームの[Manual]を選択し、0.5[mm]と1.0[m]を入力し、[Validate]ボタンをクリックします。

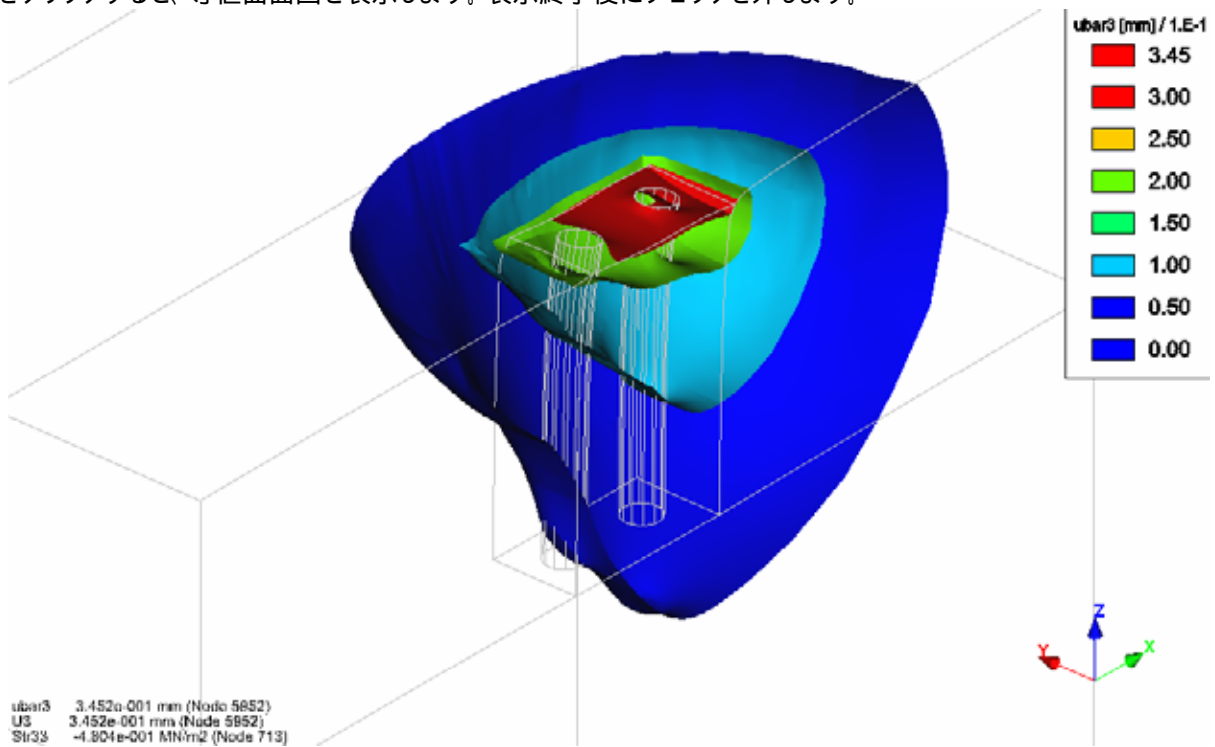
### 変位:

1.  をクリックし、[Scalar options]ダイアログを表示します。[Type]タブの[Scalar type]コンボボックスで[Length of 3D displacement vector]を選択します。
2. [Isovalues]タブで、[Scale of color plot]フレームの[Manual]を選択し、上下限值を入力し、[Number of levels]ボックスに区分数を入力します。[Apply]ボタンをクリックすると、表面コンター図を表示します。表示終了後にチェックを外します。




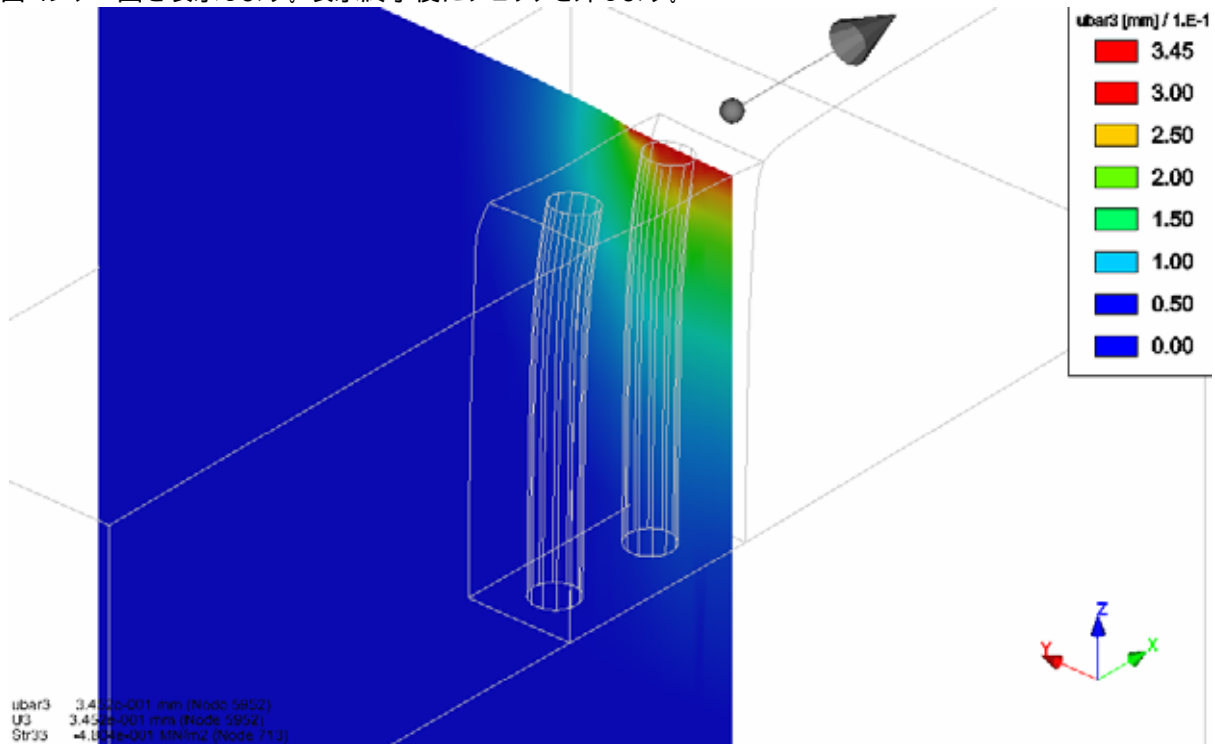
(a)表面コンター図

3. [Isolevel surfaces]タブで、[Show isolevel surfaces]をチェックし、表示する鉛直変位の値を入力します。[Apply]ボタンをクリックすると、等値曲面図を表示します。表示終了後にチェックを外します。




(b)等値曲面図

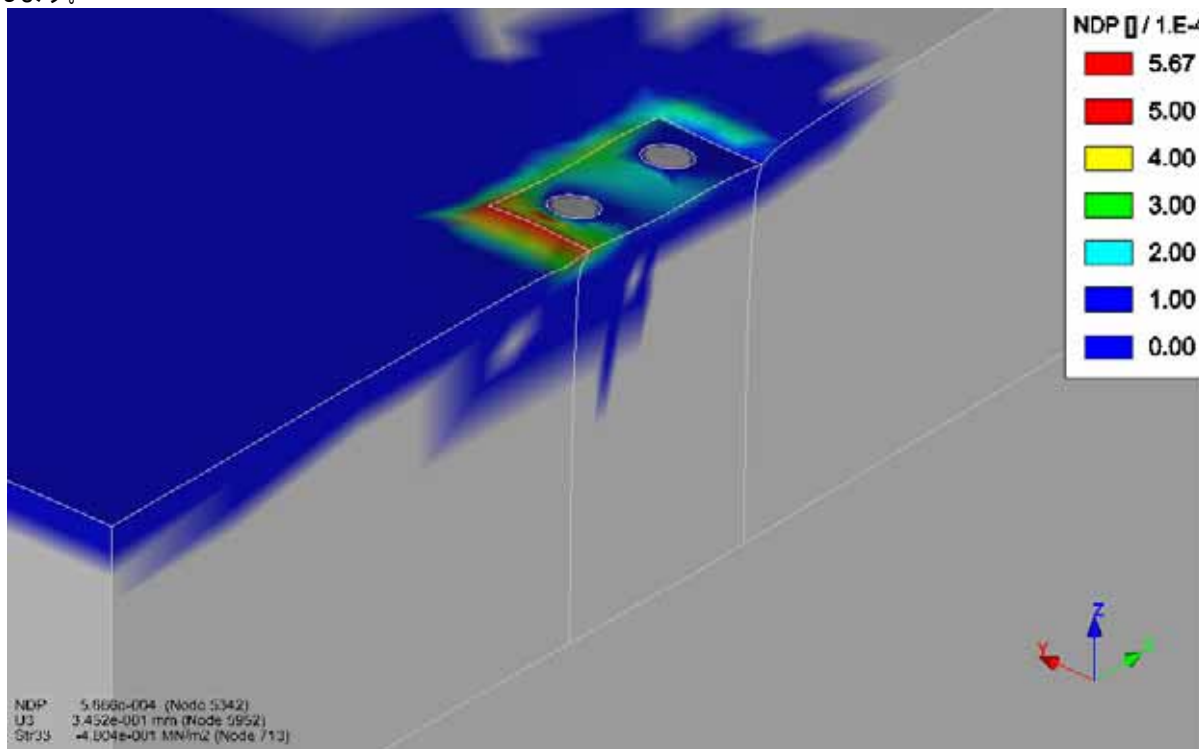
4.  をクリックし、[Cross-section plane]ダイアログを表示します。[Properties]フレームの[Active]および[Cross-section]をチェックし、[Validate]ボタンをクリックします。表示された矢印端の球を X 方向にドラッグすると、断面コンター図を表示します。表示終了後にチェックを外します。



(c)断面コンター図

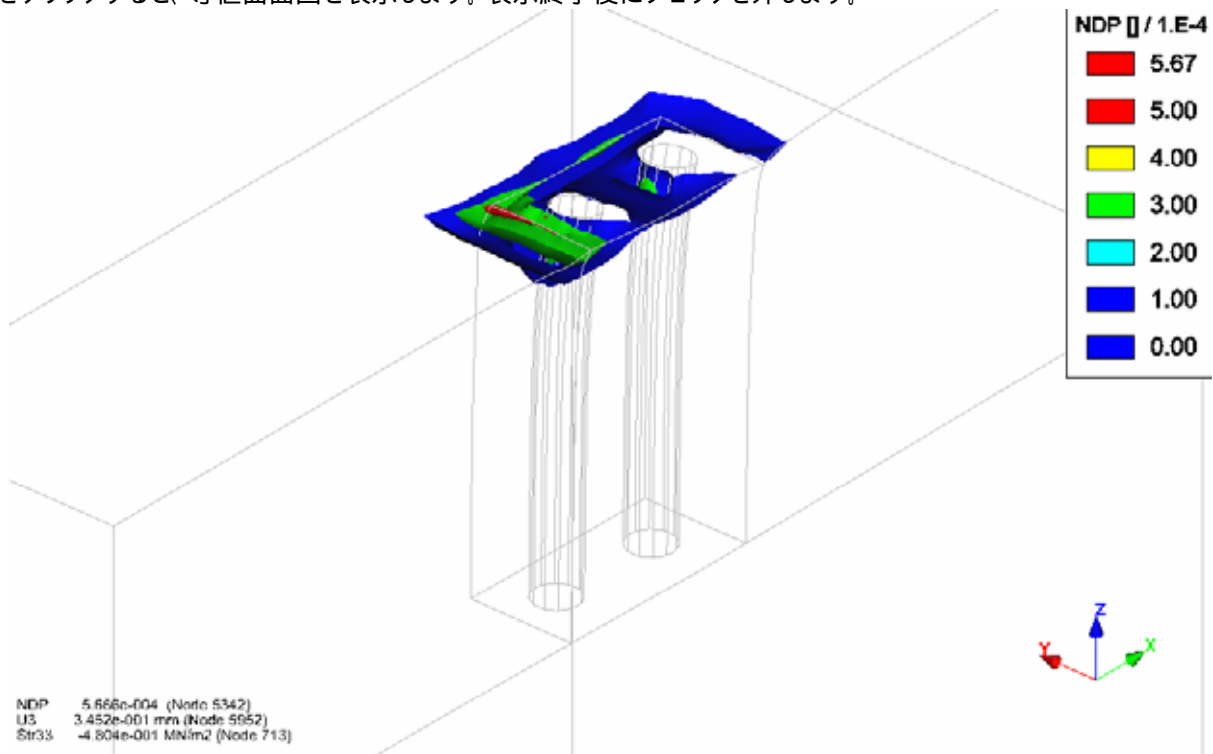
## 塑性ひずみ:

1.  をクリックし、[Scalar options]ダイアログを表示します。[Type]タブの[Scalar type]コンボボックスで[Norm of plastic strain]を選択します。
2. [Isovalues]タブで、[Scale of color plot]フレームの[Manual]を選択し、上下限值を入力し、[Number of levels]ボックスに区分数を入力します。[Apply]ボタンをクリックすると、表面コンター図を表示します。表示終了後にチェックを外します。




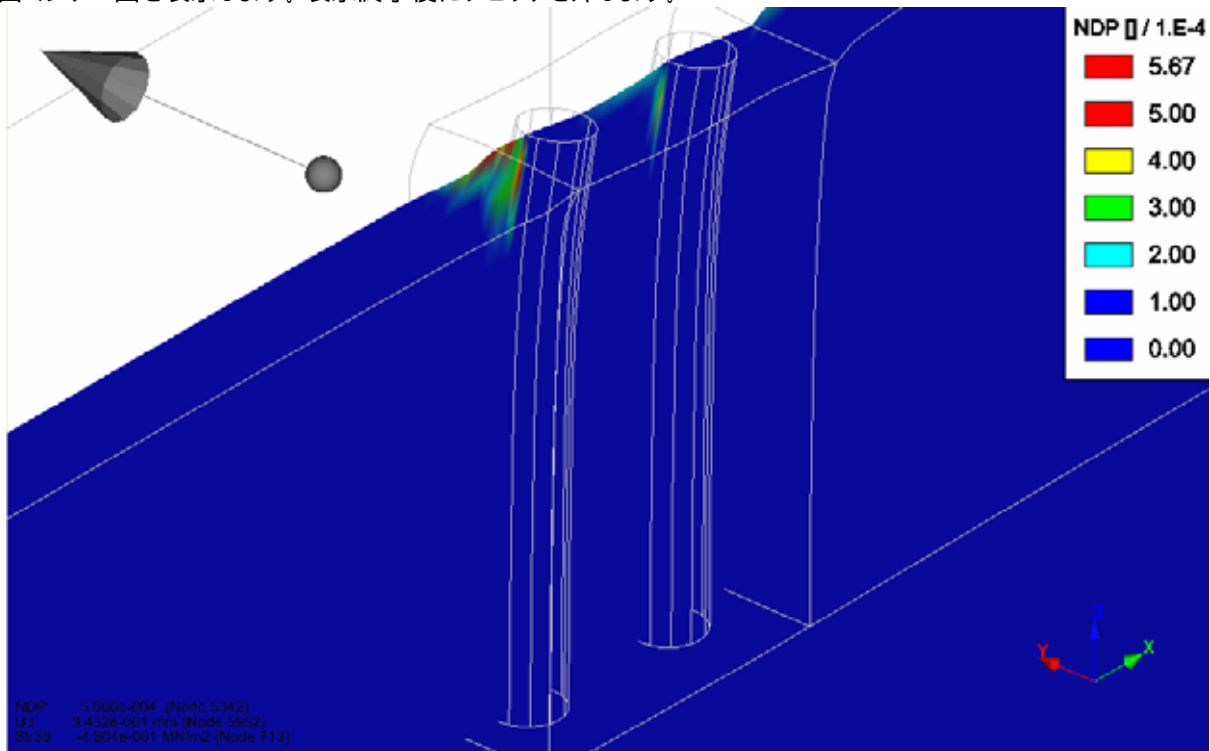
(a)表面コンター図

3. [Isolevel surfaces]タブで、[Show isolevel surfaces]をチェックし、表示する鉛直変位の値を入力します。[Apply]ボタンをクリックすると、等値曲面図を表示します。表示終了後にチェックを外します。



(b)等値曲面図

4.  をクリックし、[Cross-section plane]ダイアログを表示します。[Properties]フレームの[Active]および[Cross-section]をチェックし、[Validate]ボタンをクリックします。表示された矢印端の球を Y 方向にドラッグすると、断面コンター図を表示します。表示終了後にチェックを外します。



(c)断面コンター図