

基坑开挖-支护-井点降水过程模拟

本章节案例是一个模拟基坑开挖及模拟井点降水案例，土体尺寸 120m（长）× 45m（宽），中间基坑 40m（长）× 15m（宽），模型如图 13-1 所示。本案例设置 Step 1、Step 2、Step 3 三个时间步，Step 1 为初始状态阶段的时间步、Step 2 为基坑开挖阶段的时间步、Step 3 为模拟井点降水阶段的时间步。

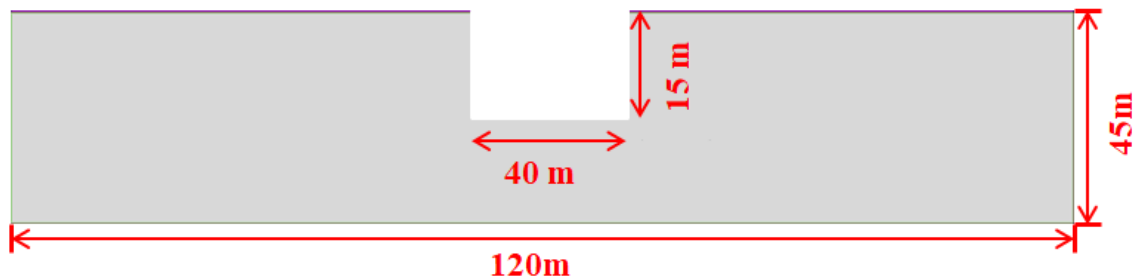


图 13-1 计算模型示意图

13.1 FssiCAS 图形界面操作——前处理

13.1.1 新建工程文件

用户首先在任何路径新建一个文件夹，自定义文件名，比如命名为 Excavation；在启动 FssiCAS 软件后，点击 File—New，即可新建一个项目；点击 File—Save，选择之前新建的文件夹（选择 Excavation 文件夹），即可将新建的项目保存在之前新建的文件夹里。如图 13-2 所示。

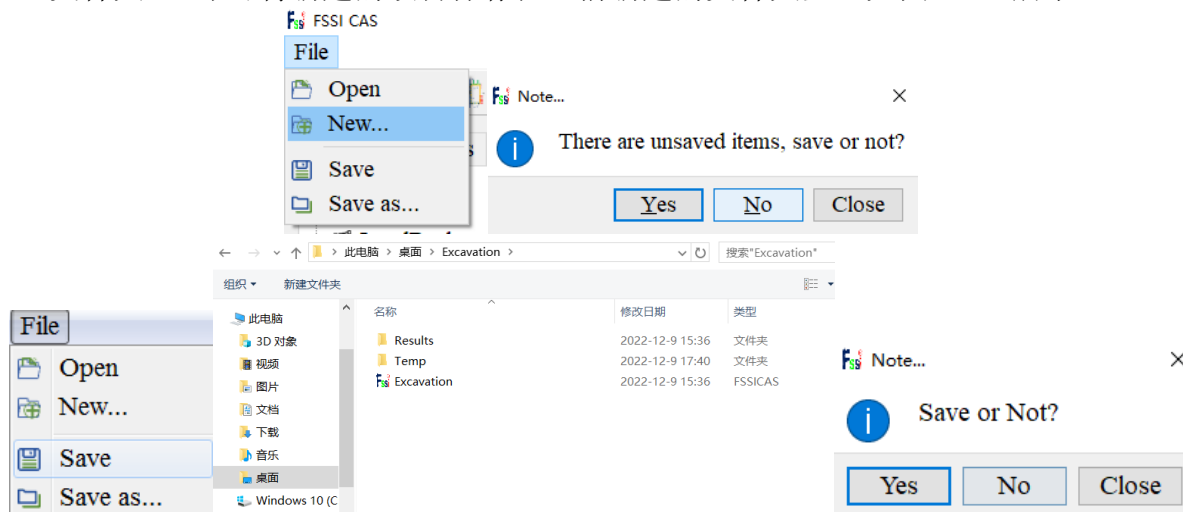


图 13-2 新建并保存工程文件

13.1.2 导入网格

用户点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Load Mesh，选择从 Gid 软件中导出的网格文件，双击或点击打开按钮，可导入几何模型的网格，如图 13-3 所示。

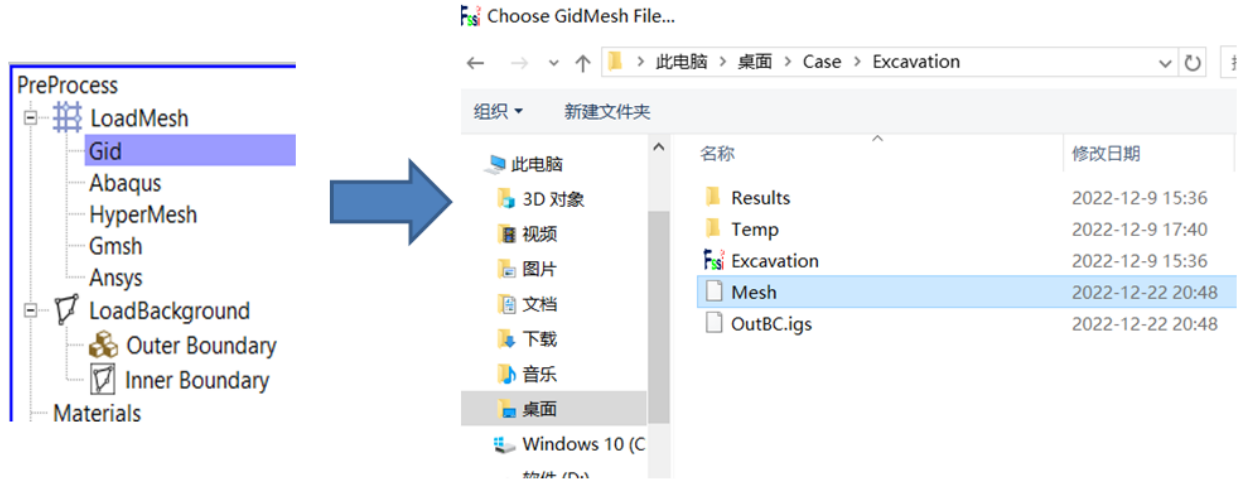


图 13-3 导入计算模型网格文件

在弹出的 Load Mesh 窗口中设置固体节点数和流体单元阶次，在本案例中固体节点采用四节点，因海床中有流体存在，需设置流体单元阶次，因此，固体节点数设置为 4，流体节点阶次设置为 1（即有流体存在），且流体节点阶次不能超过固体节点，点击 OK，如图 13-4 所示。在工作区中显示几何模型如图 13-5 所示。

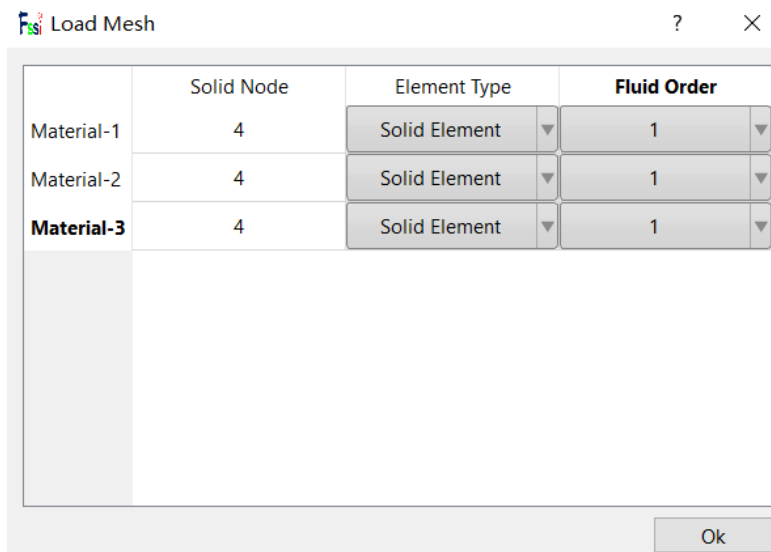


图 13-4 设置固体节点数和流体单元阶次

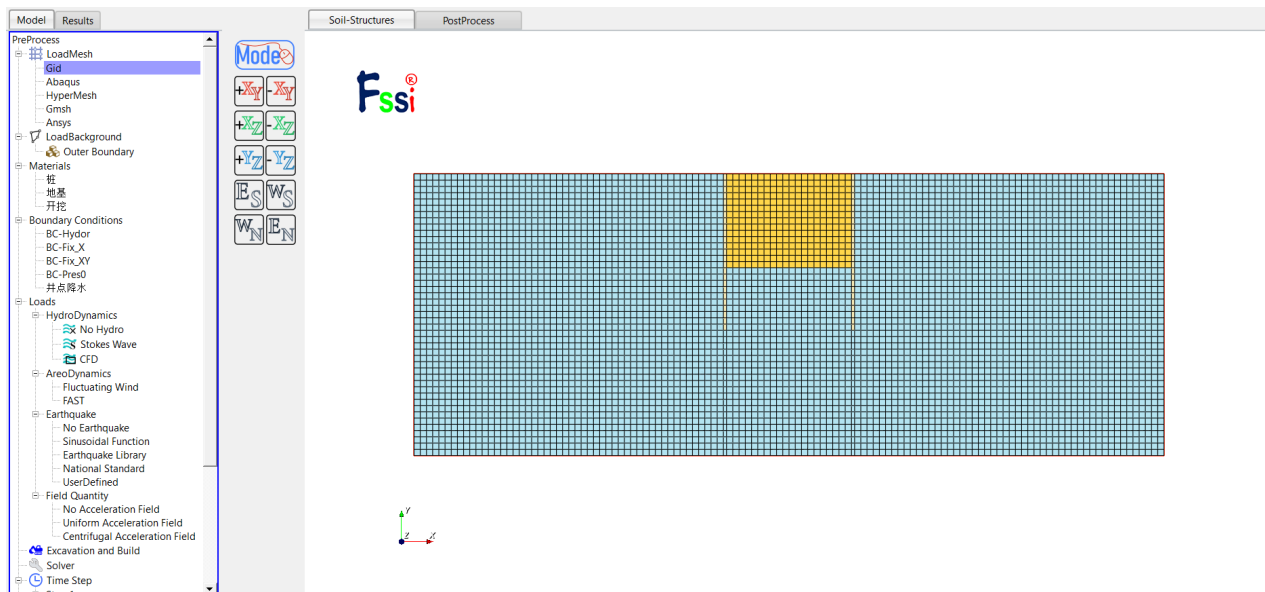




图 13-5 几何模型的显示

13.1.3 添加边界条件

本案例需要在土体的底部边界上施加 X 与 Y 方向的约束。在土体的左右两侧边界上施加 X 方向的约束。首先，依次点击工具栏中图标  和  按钮，进入背景线选择模式。通过点击键盘‘R’键，进入边界选择模式，当单击边界线被选择线变亮时，右击鼠标后设置约束，具体操作如图 13-6、图 13-7 所示。

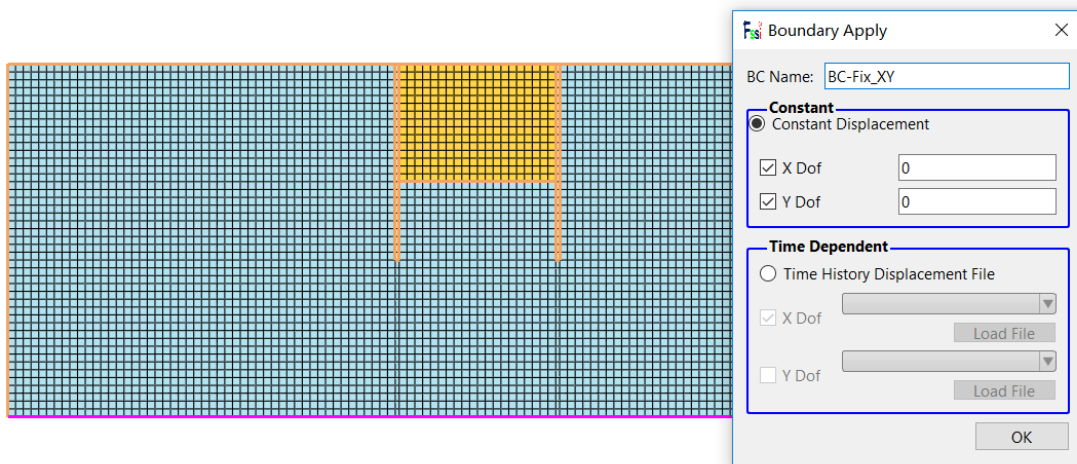


图 13-6 底部边界 X、Y 方向位移固定

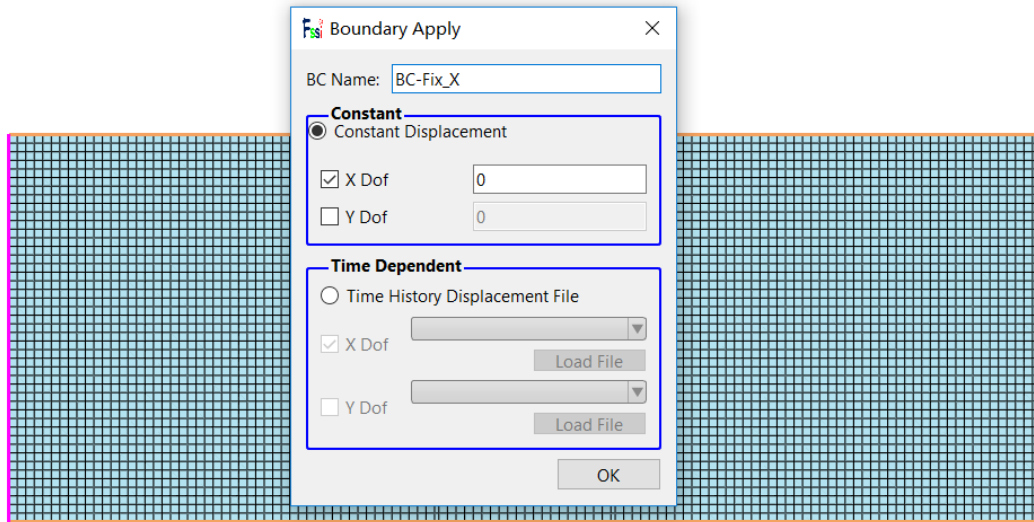


图 13-7 左右边界 X 方向位移固定

13.1.4 设置水动力边界条件

计算模型中设置水动力边界参数如图 13-8 所示，Step 1 和 Step 2 不施加波浪力，因此不设置波浪高度。左右两侧边界设置水动力边界，如图 13-9 所示。

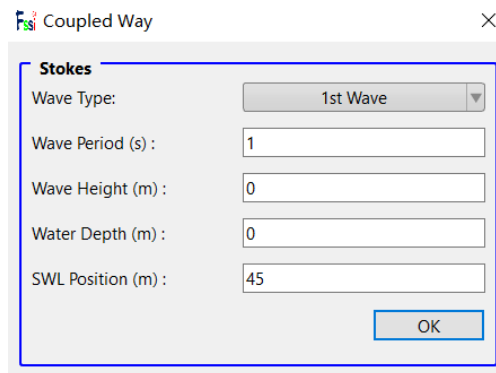


图 13-8 设置水动力边界参数

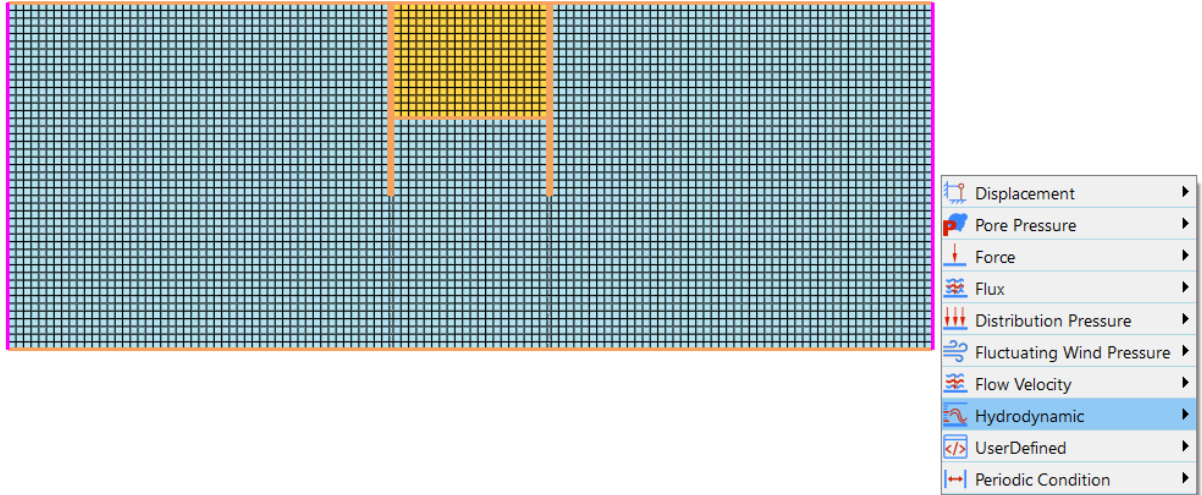
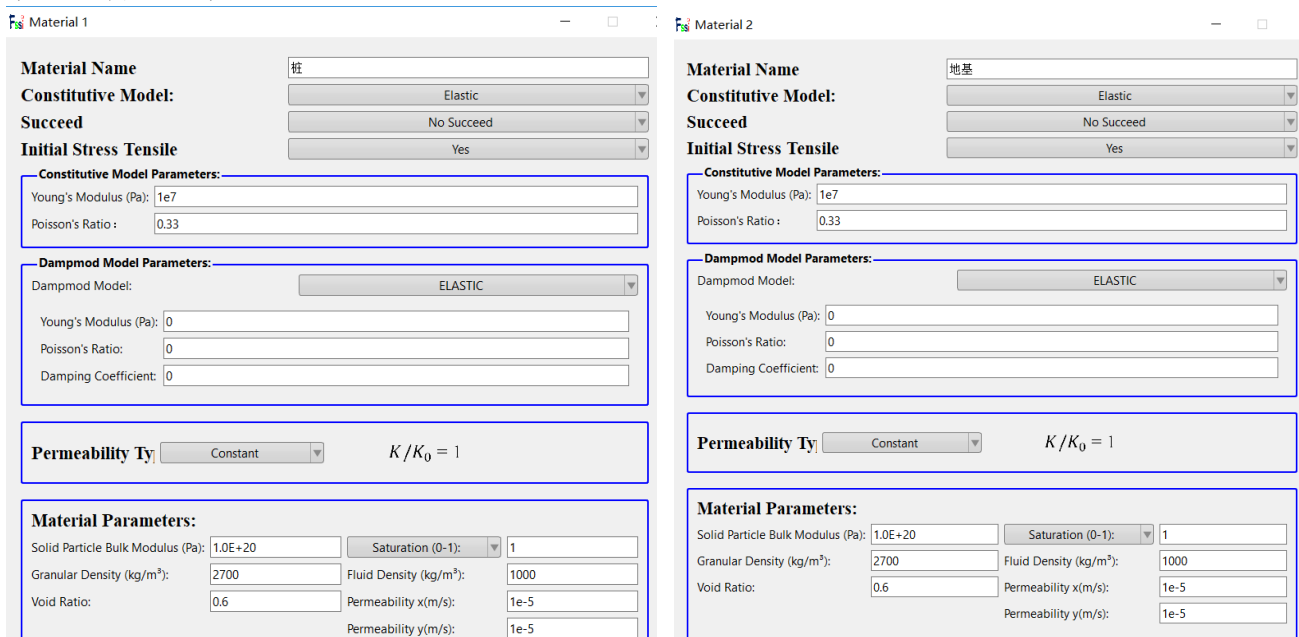


图 13-9 设置水动力边界

13.1.5 Step 1 设置

13.1.5.1 设置材料参数与本构模型

模型共包含三种材料，分别是桩、地基和开挖地基，均采用弹性材料。通过点击 FssiCAS—Preprocess—Material—Material 1/ Material 2/Material 3，用户可以自行更改材料名称，设置材料参数。各材料参数设置如图 13-10 所示。



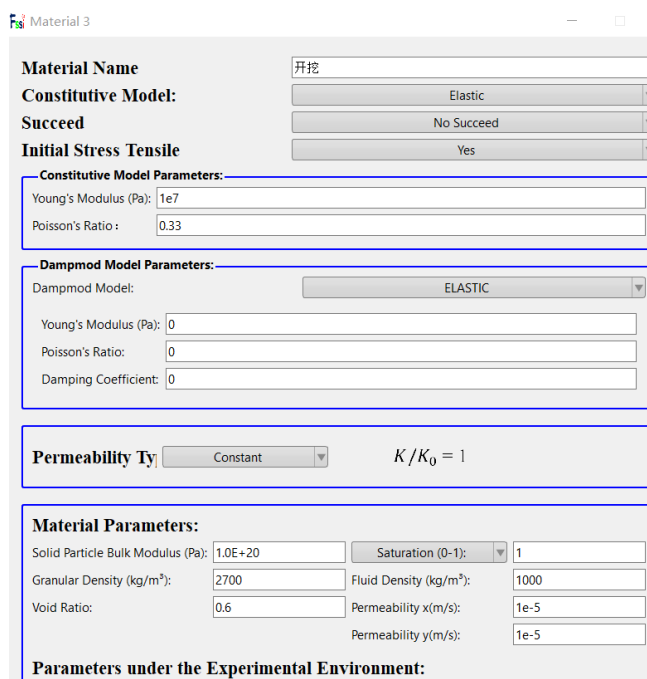


图 13-10 材料参数设置

13.1.5.2 设置重力加速度

点击 FssiCAS—Preprocess—Load—Filed Quantity—Uniform Field，为整个案例施加重力载荷。即加速度场的 X 方向为 0 m/s^2 ，Y 方向为 -9.806 m/s^2 ，如图 13-11 所示。Step 2、Step 3 的重力场在新建时间步时后自动复制当前时间步的设置，因此后续时间步不再重复施加加速度场。

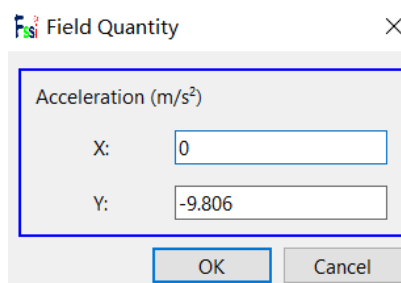


图 13-11 重力加速度设置

13.1.5.3 设置求解器类型

点击 FssiCAS—Preprocess—Solver—Solver Type，在弹出对话框中设置求解器类型，Step 1 的求解器类型及其参数设置如图 13-12 所示。

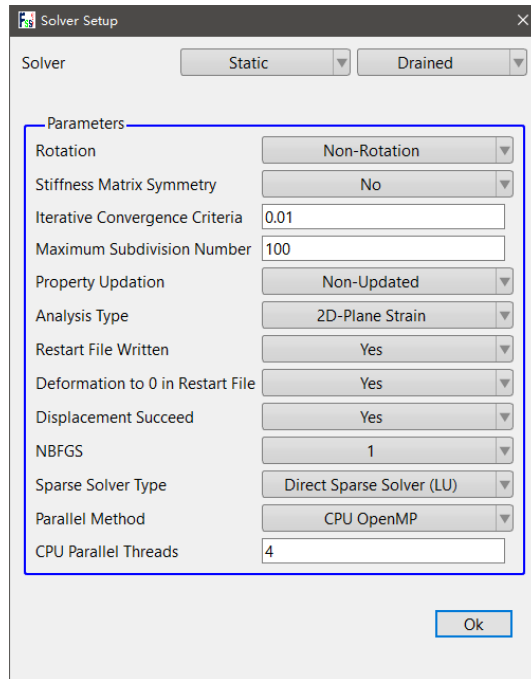


图 13-12 求解器设置

13.1.5.4 设置时间步

通过点击 FsiCAS—Preprocess—Solver—Time Step 设置时间步。

Simulation Time (s)为计算总时间，设置为 1 s；Interval for Time Steps (s)为时间步长，设置为 0.1 s；Interval for Updating Coordinate (s)为坐标更新时间，设置为 2 s（大于计算总时间，意为不更新坐标）；Interval for Updating Global Stiffness Matrix (s)为刚度矩阵更新时间，设置为 2 s（不更新刚度矩阵）；Maximum Iterations 为每个时间步最大迭代次数，设置为 10 步；Restart File Output Interval (s)为输出重启文件的时间，设置为 2s（不生成重启文件）；Result File Output Interval (s)为输出某一时刻所有节点/高斯点上的位移、应力、应变等结果文件的时间间隔，设置为每 0.2 s 输出一次结果文件；Results Sequence 为选择输出节点上的结果；History Output Interval (s)为输出特定的节点或单元上的应力、应变等结果文件的时间间隔，设置为每 2 s 输出一次（意为不输出）。 α ， β_1 ， β_2 为时间系数，保持默认值即可。具体设置如图 13-13 所示。

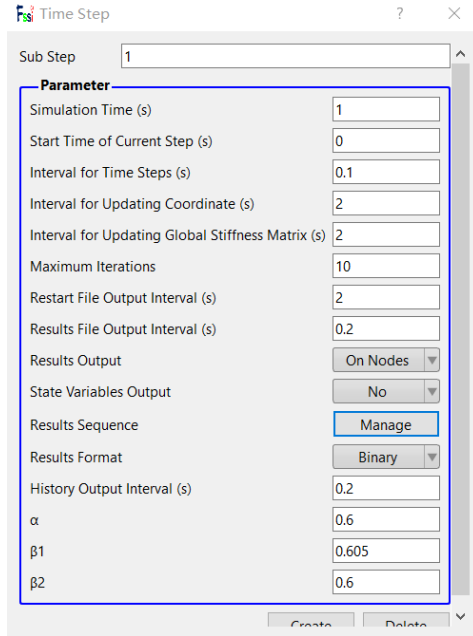


图 13-13 时间步设置

13.1.5.5 设置初始条件

点击 FssiCAS—Preprocess—Initial State，设置初始条件，点击 ok，完成初始状态设置，如图 13-14 所示。

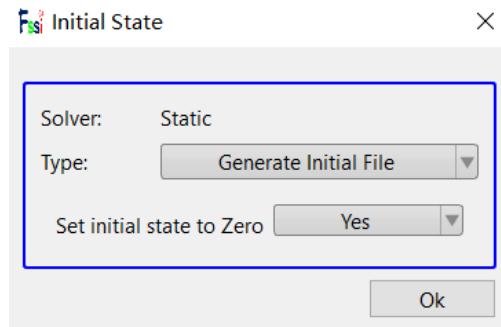




图 13-14 初始条件设置

13.1.6 Step 2 设置

本案例设置了 Step 1、Step 2、Step 3 三个时间步。Step 1 的土体不设置开挖，Step 2 的土体设置开挖，Step 3 设置井点降水。

Step 1 设置完毕后，点击  按钮添加 Step 2，Step 2 会自动复制 Step 1 的所有设置，点击  按钮选择 Step 2 进入 Step 2 设置界面。本小节只展示 Step 2 需要修改的与 Step 1 不同的设置。

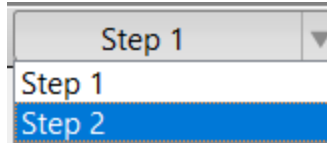


图 13-15 选择时间步的步骤示意图

13.1.6.1 设置开挖区域

在 Step 2 中, 点击前处理界面中工具条 2 的  按钮, 在 Model 树状菜单栏中会出现 Excavation and Build 目录, 如图 13-16 所示。

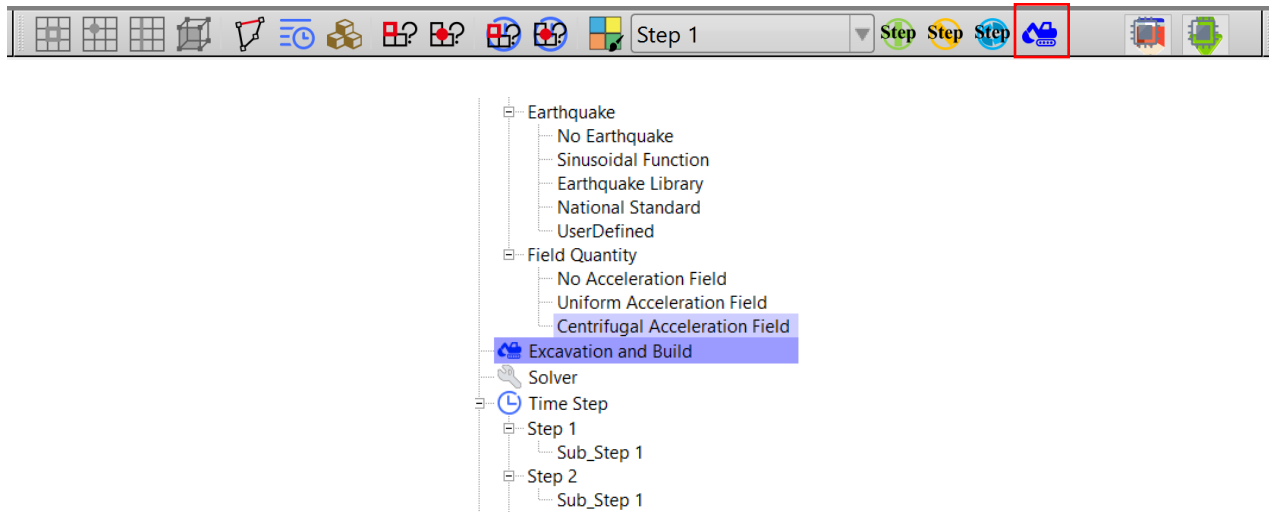


图 13-16 树状菜单栏中的变化

点击树状菜单栏中的 Excavation and Build, 在弹出的窗口中点击 Create, 然后选择设置开挖区域的方式为 Material, 即将某一材料全部设置为开挖区域。勾选需要选择的材料, 点击 OK 完成操作。如图 13-17 所示。

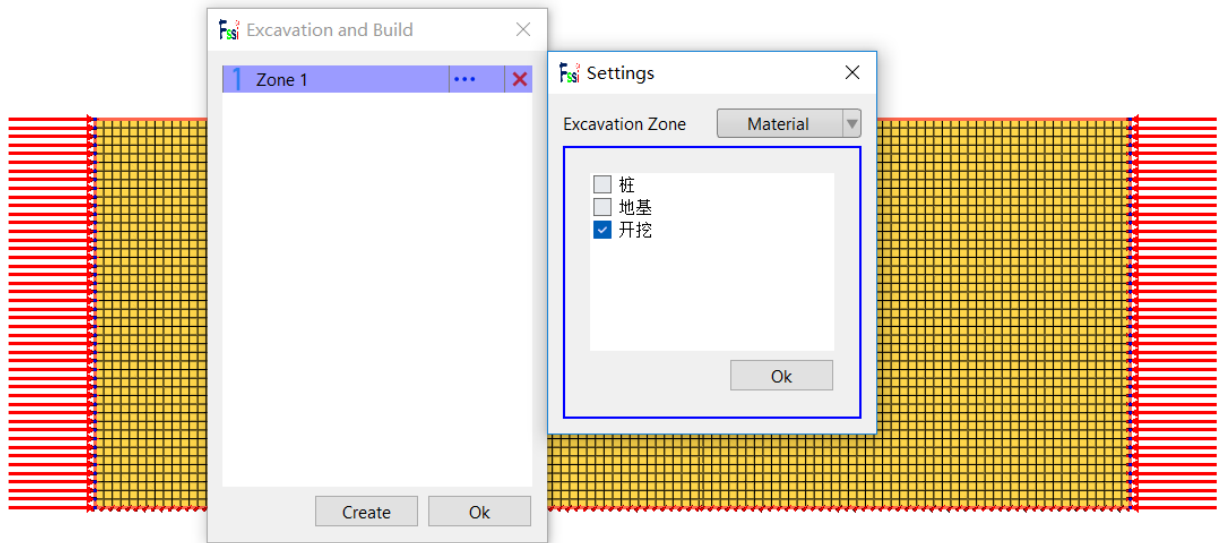


图 13-17 选择将 Material 1 对应的区域设置为开挖区域

13.1.6.2 设置边界条件

基坑底部需施加孔隙压力，与外界空气连通，如图 13-18 所示。首先点击伸缩区中 Fluid Mesh 进入流体节点界面，选择隐藏开挖地基，选中基坑底部边界添加 Pore Pressure。

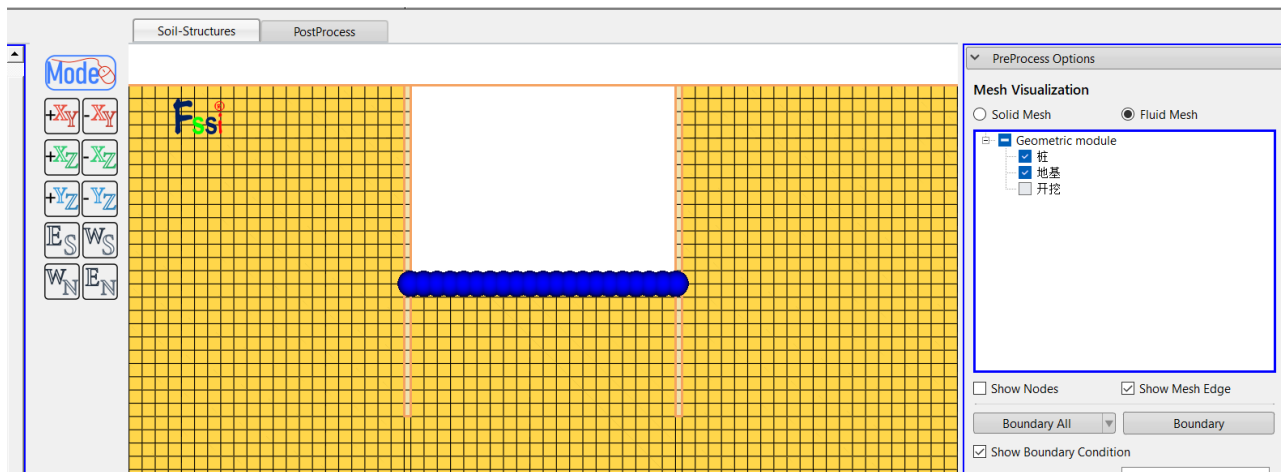


图 13-18 孔压施加

13.1.6.3 设置材料参数

Step 2 中桩设置孔隙率为 0，渗透系数 10^{-15} ，表示桩不透水，如下图 13-19 所示，地基和开挖地基参数与 Step 1 相同，可参考图 13-10。

Material Name 桩

Constitutive Model: Elastic

Succeed No Succeed

Initial Stress Tensile Yes

Constitutive Model Parameters:

Young's Modulus (Pa): 1e7

Poisson's Ratio: 0.33

Dampmod Model Parameters:

Dampmod Model: ELASTIC

Young's Modulus (Pa): 0

Poisson's Ratio: 0

Damping Coefficient: 0

Permeability Ty Constant $K/K_0 = 1$

Material Parameters:

Solid Particle Bulk Modulus (Pa): 1.0E+20 Saturation (0-1): 1

Granular Density (kg/m³): 2700 Fluid Density (kg/m³): 1000

Void Ratio: 0 Permeability x(m/s): 1e-15

Permeability y(m/s): 1e-15

Parameters under the Experimental Environment:

Gravity (m/s²): 9.806

图 13-19 桩的材料参数设置

13.1.6.4 设置求解器类型

点击 Model 树状菜单栏里的 Solver，在弹出的 Solver Setup 窗口中设置求解器类型，求解器设置为静态 Static，并进行相关属性参数设置，如图 13-20 所示。

Solver Setup

Solver Static Drained

Parameters

Rotation Non-Rotation

Stiffness Matrix Symmetry No

Iterative Convergence Criteria 0.01

Maximum Subdivision Number 100

Property Updation Non-Updated

Analysis Type 2D-Plane Strain

Restart File Written Yes

Deformation to 0 in Restart File Yes

Displacement Succeed Yes

NBFGS 1

Sparse Solver Type Direct Sparse Solver (LU)

Parallel Method CPU OpenMP

CPU Parallel Threads 4

Ok

图 13-20 求解器相关参数设置

13.1.6.5 设置时间步

Step 2 时间步设置和 Step 1 相同。

13.1.6.6设置初始条件

点击 FssiCAS—Preprocess—Initial State，设置初始条件，点击 ok，完成初始状态设置，如图 13-21 所示。

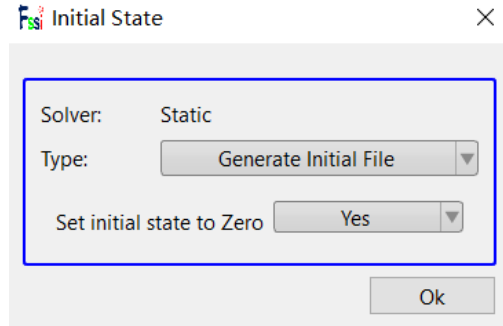




图 13-21 初始条件设置

13.1.7 Step 3 设置

Step 2 设置完毕后，点击  按钮添加 Step 3，Step 3 会自动复制 Step 2 的所有设置，点击界面工具栏的  按钮选择 Step 3 进入 Step 3 设置界面。本小节只展示 Step 3 需要修改的与 Step 2 不同的设置。

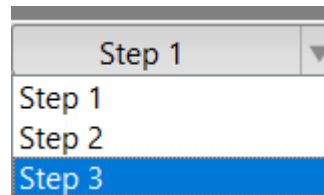


图 13-22 选择时间步的步骤示意图

13.1.7.1设置井点降水

点击伸缩区 Fluid Mesh，进入流体网格界面。选中桩底部外侧的两个点，施加流量 Flux，如图 13-23 所示。

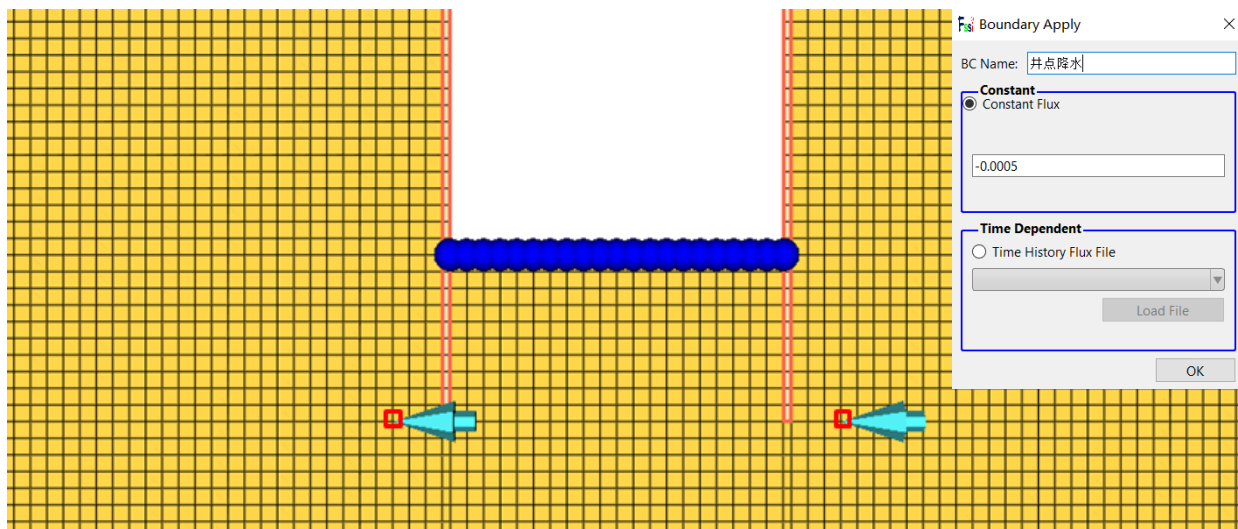


图 13-23 流量施加

13.1.7.2 设置开挖地基

Step 2 中已设置开挖地基，Step 3 需重新确认，点击 ok，如图 13-24 所示。

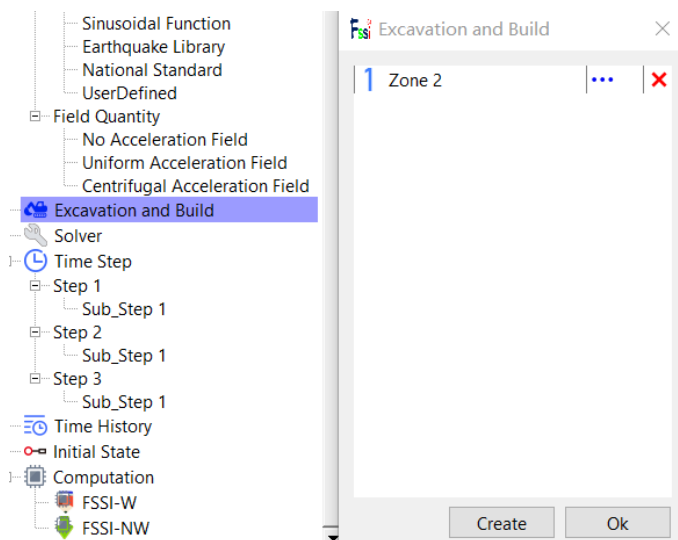


图 13-24 地基开挖

13.1.7.3 设置初始条件

点击工具栏，点击 FssiCAS—Preprocess—Initial State，设置初始条件，点击 ok，完成初始状态设置，如图 13-25 所示。

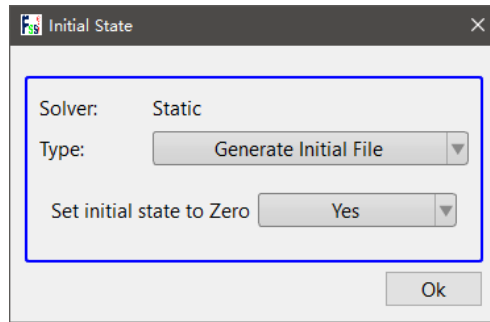


图 13-25 初始条件设置界面

13.1.8 计算并保存

点击树状菜单栏内的 **Computation-FSSI-W**，在弹出的对话框中选择 **All Step** 进行计算。点击 **OK** 后，软件会提示将结果文件以及条件设置进行保存，选择一个文件夹进行保存后，计算即可进行。

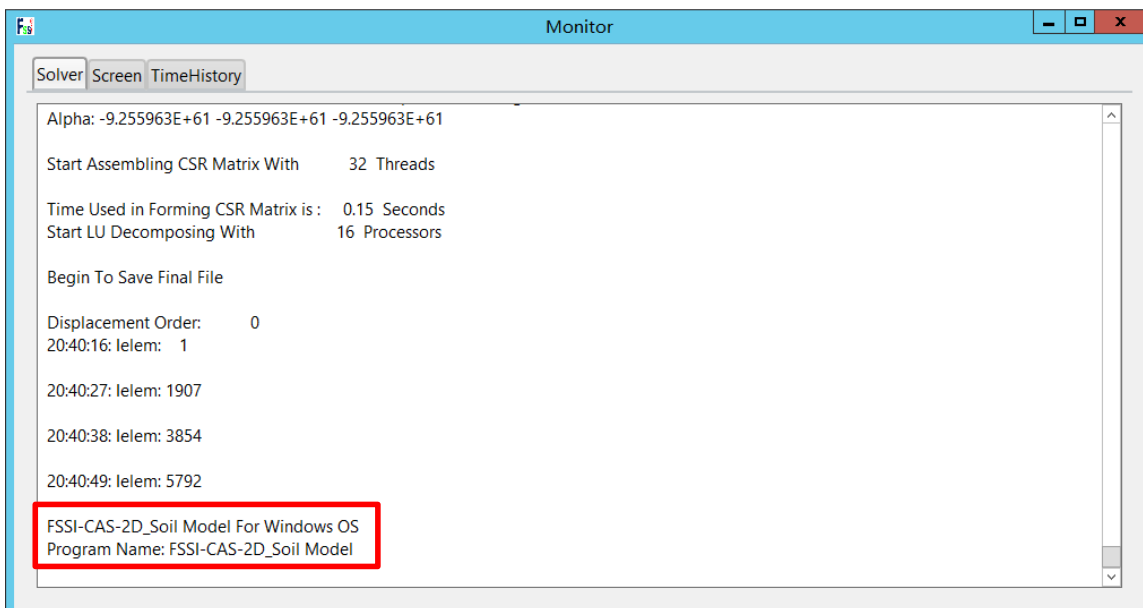


图 13-26 数值计算完成界面

13.2 FssiCAS 图形界面操作——后处理

用户点击树状菜单栏上的 **Results**，即可进入后处理界面。

13.2.1 加载文件

点击在后处理界面上 **Results** 树状菜单栏中的 **Open Results File**，在弹出的窗口中点击 **Soil Result Files Director—Load Files**，选择需要处理的结果文件夹，即可进入后处理阶段，如图 13-27

所示。

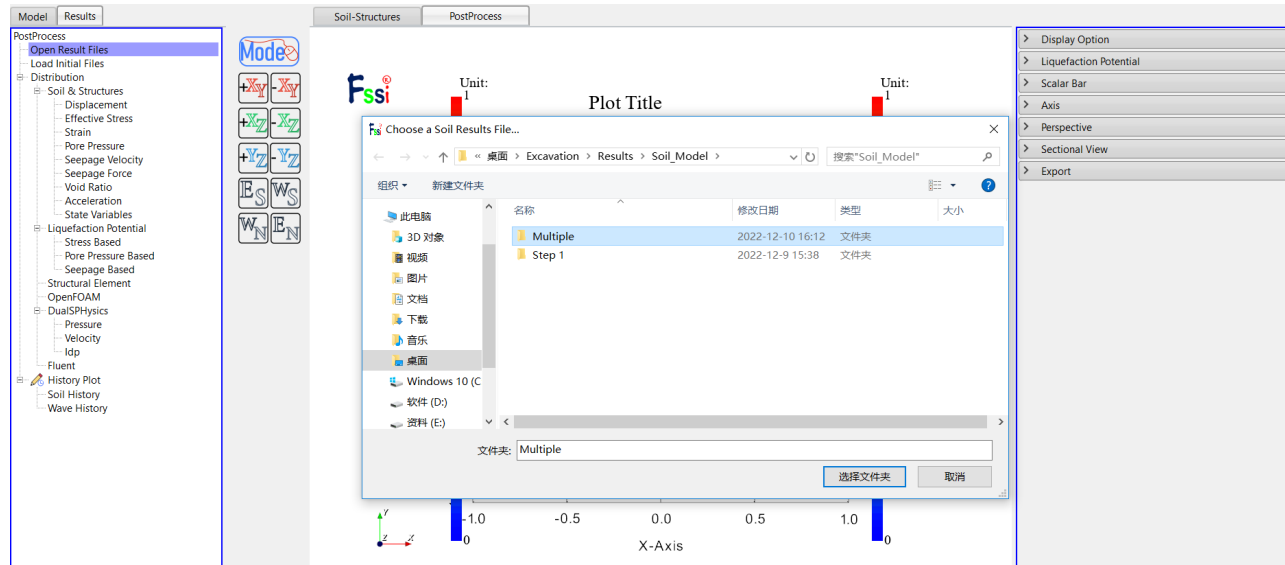
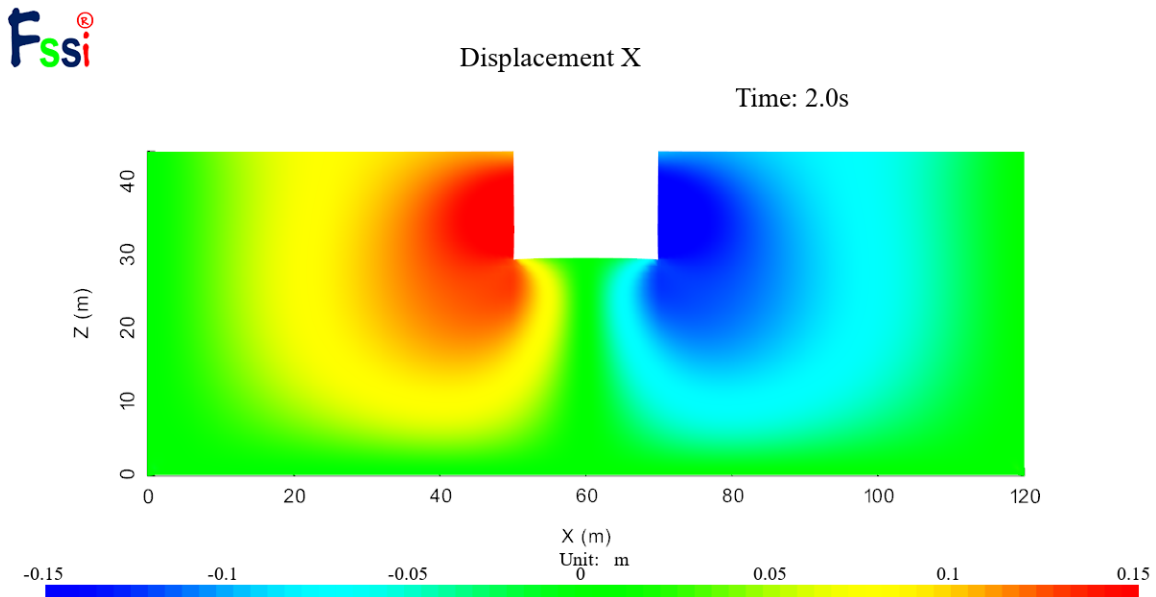


图 13-27 加载结果文件

13.2.2 绘制分布图

点击 FssiCAS—Postprocess—Distribution—Solid & Structures ， 可以选择绘制位移、应力、孔压等计算分布图。例如，点击树状菜单里中的 Displacement，在界面上方工具栏选择 Displacement X，输入想要查看的时间步点击回车，即可绘制 X 方向的位移分布图。X、Y 方向位移如图 13-28 所示。





Displacement Z

Time: 2.2s

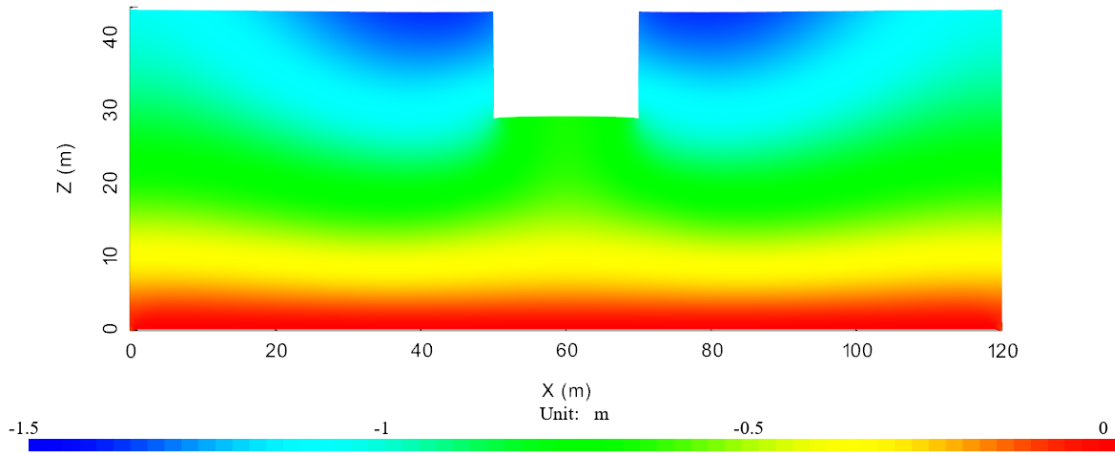


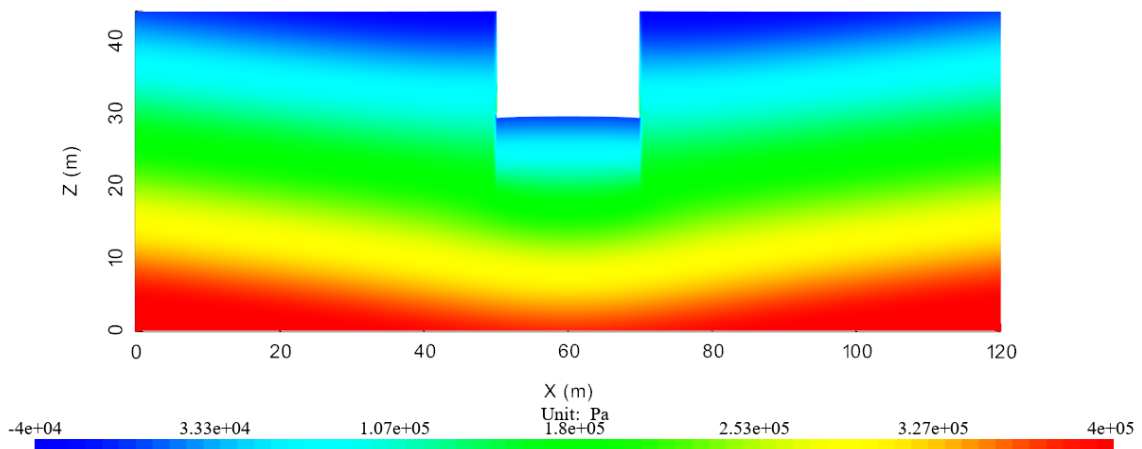
图 13-28 位移分布图

点击 FssiCAS—Postprocess—Distribution—Solid & Structures—Pore Pressure, 可以查看孔隙压力分布图。如图 13-29 所示。



Pore Pressure

Time: 2.0s





Pore Pressure

Time: 2.2s

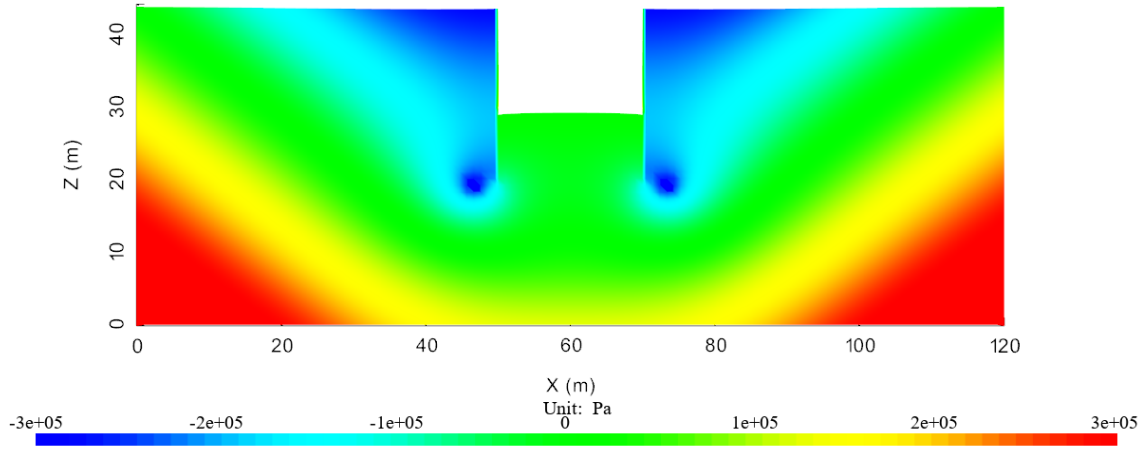


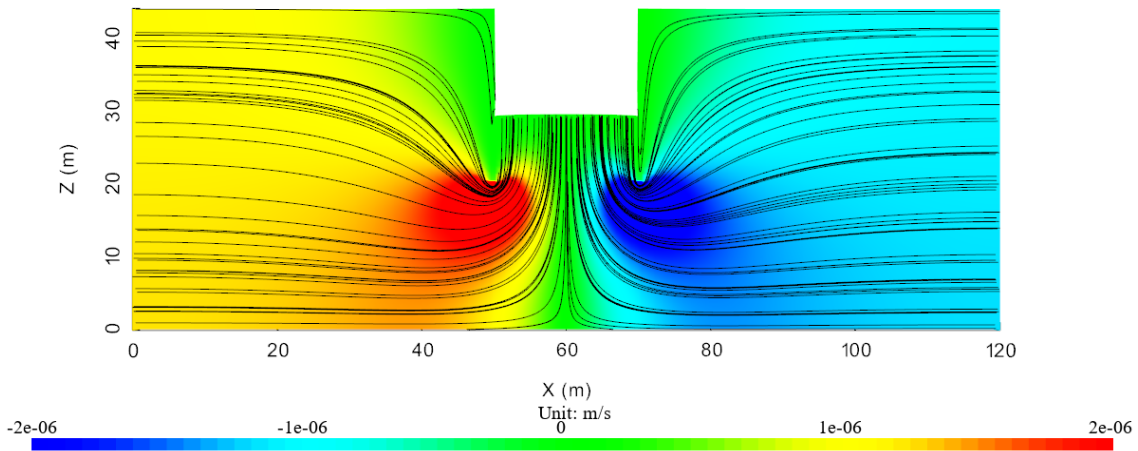
图 13-29 孔压分布图

点击 FssiCAS—Postprocess—Distribution—Solid & Structures—SeepageVelocity，可以绘制渗流分布图。可以通过选择工具栏，可以绘制渗流速度矢量图和渗流速度流线图。如图 13-30 所示。



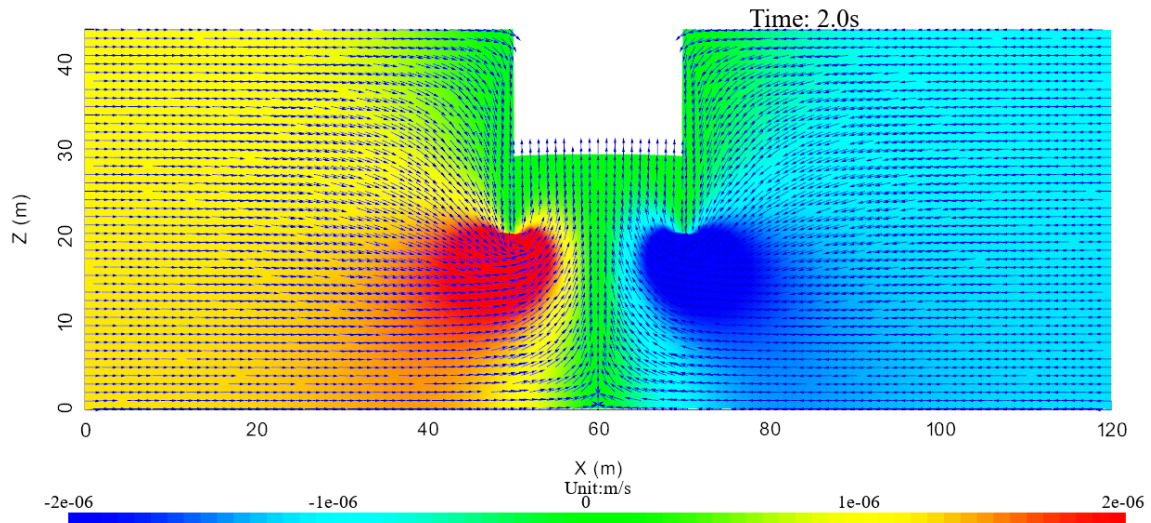
Seepage Streamlines

Time: 2.0s

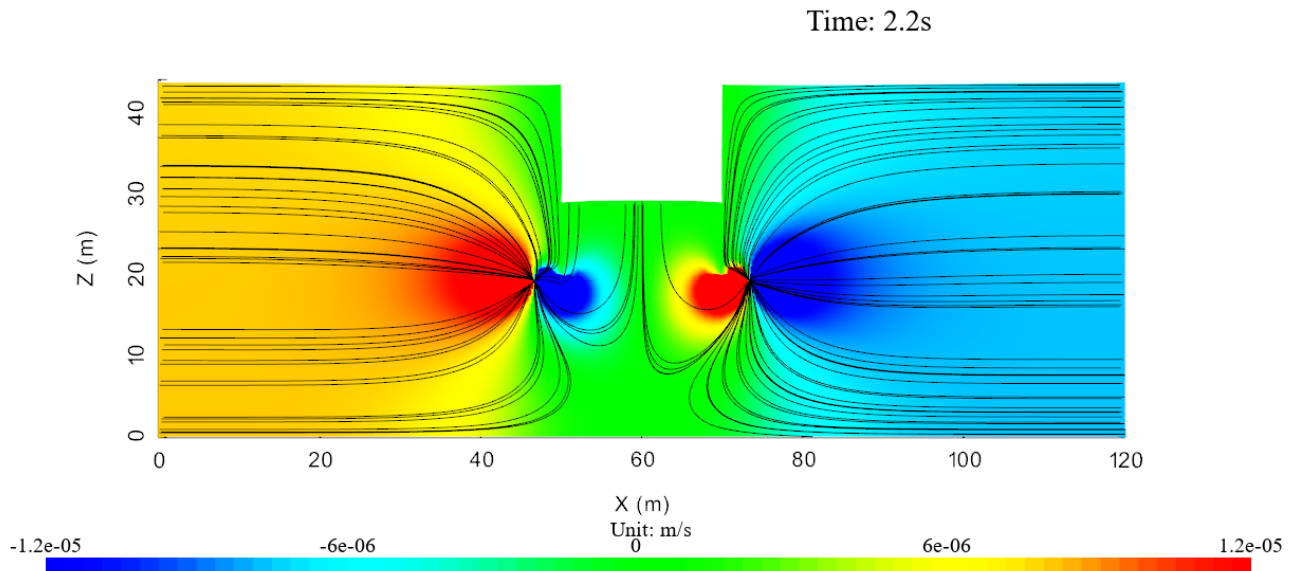




Seepage Velocity Vector



Seepage Streamlines





Seepage Velocity Vector

Time: 2.2s

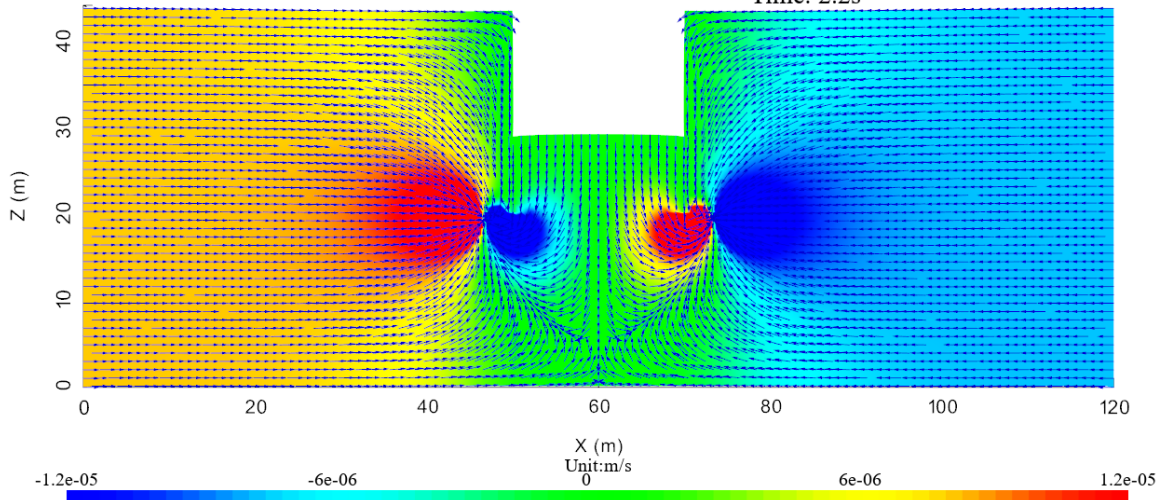


图 13-30 基坑开挖、降水流速、流线图