

基于 Drucker Prager 准则的边坡地震动力分析

本章将模拟地震波作用下边坡模型的动态响应，在计算时，我们在边坡模型上模拟实际情况添加一个裂隙，从而可以通过计算结果分析裂隙的产生对于边坡的影响。裂隙设置为 20cm 厚，位置如图 10-1 所示。

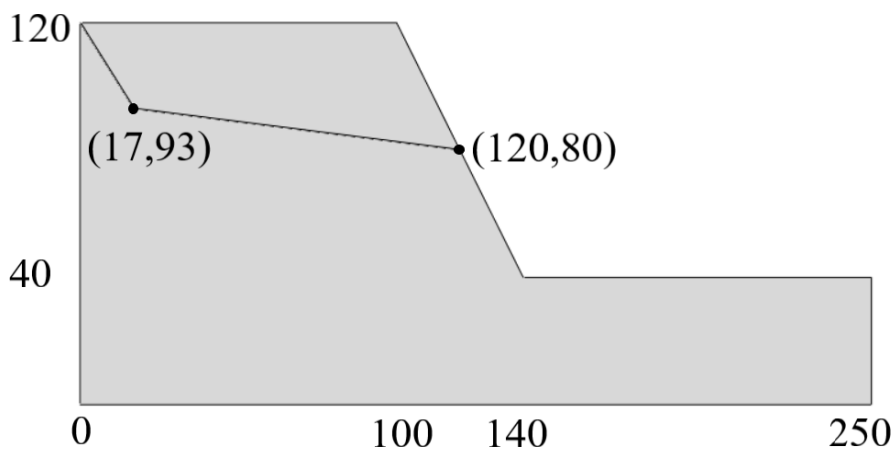


图 10-1 边坡模型裂隙位置示意图 (单位：米)

10.1 FssiCAS 图形界面操作——前处理

10.1.1 导入网格

点击 FssiCAS—Preprocess—Load Mesh，在弹出的文件选择对话框中选择 Abaqus 输出的 *.inp 网格文件，双击或点击打开按钮，如图 10-2 所示。

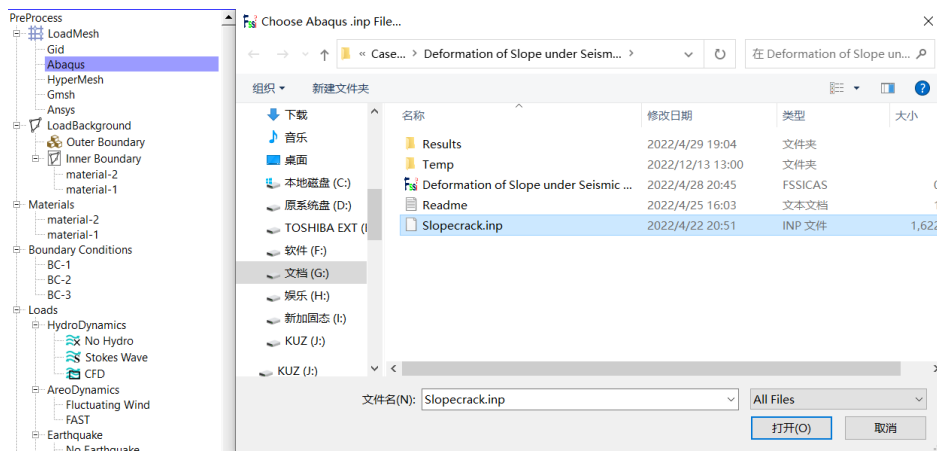


图 10-2 导入 Abaqus 网格的步骤示意图

在弹出对话框中设置流体节点阶次如图 10-3 所示。本案例中固体节点均采用六面体八节点单元，模型中不设置流体节点，因此流体节点阶次（F.Order）设置为 0，点击 Ok 按钮确认选择。确认后便可以得到加载完成的模型网格，如图 10-4 所示。

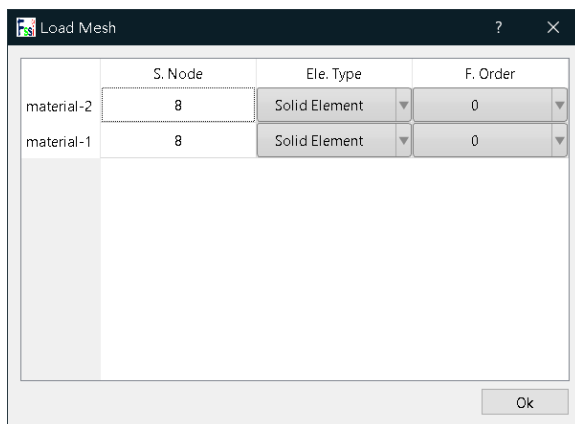


图 10-3 设置流体节点阶次界面

Fssi[®]

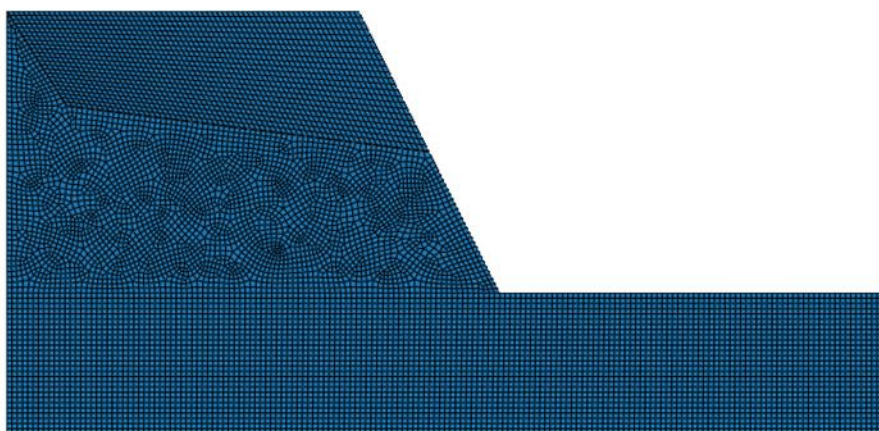




图 10-4 加载完成后的模型网格

10.1.2 时间步 Step1 设置

本案例的计算需要分为两个时间步，第一步将材料设置为弹性算出模型的初始状态，第二步将材料设置为 DP 模型，并添加地震波的作用。下面进行时间步 Step1 的设置。

10.1.2.1 添加边界条件

本案例需要对模型的底面 ($z = 0 \text{ m}$) 节点设置 x 、 y 与 z 方向的约束，对左右两个侧面 ($x = 0 \text{ m}$ 、 $x = 250 \text{ m}$) 的节点设置 x 、 y 方向的约束，对前后两个面 ($y = 0 \text{ m}$ 、 $y = 1 \text{ m}$) 的节点设置 y 方向的约束。依次点击工具栏中图标  和 ，然后点击键盘‘R’键，开始进入网格边界选择模式。该模式可以对单元进行框选和点选，选中的单元将会变亮，同一个单元被重复选中将会取消原本的选中状态，最后右击鼠标设置边界条件，具体操作如图 10-5 所示。

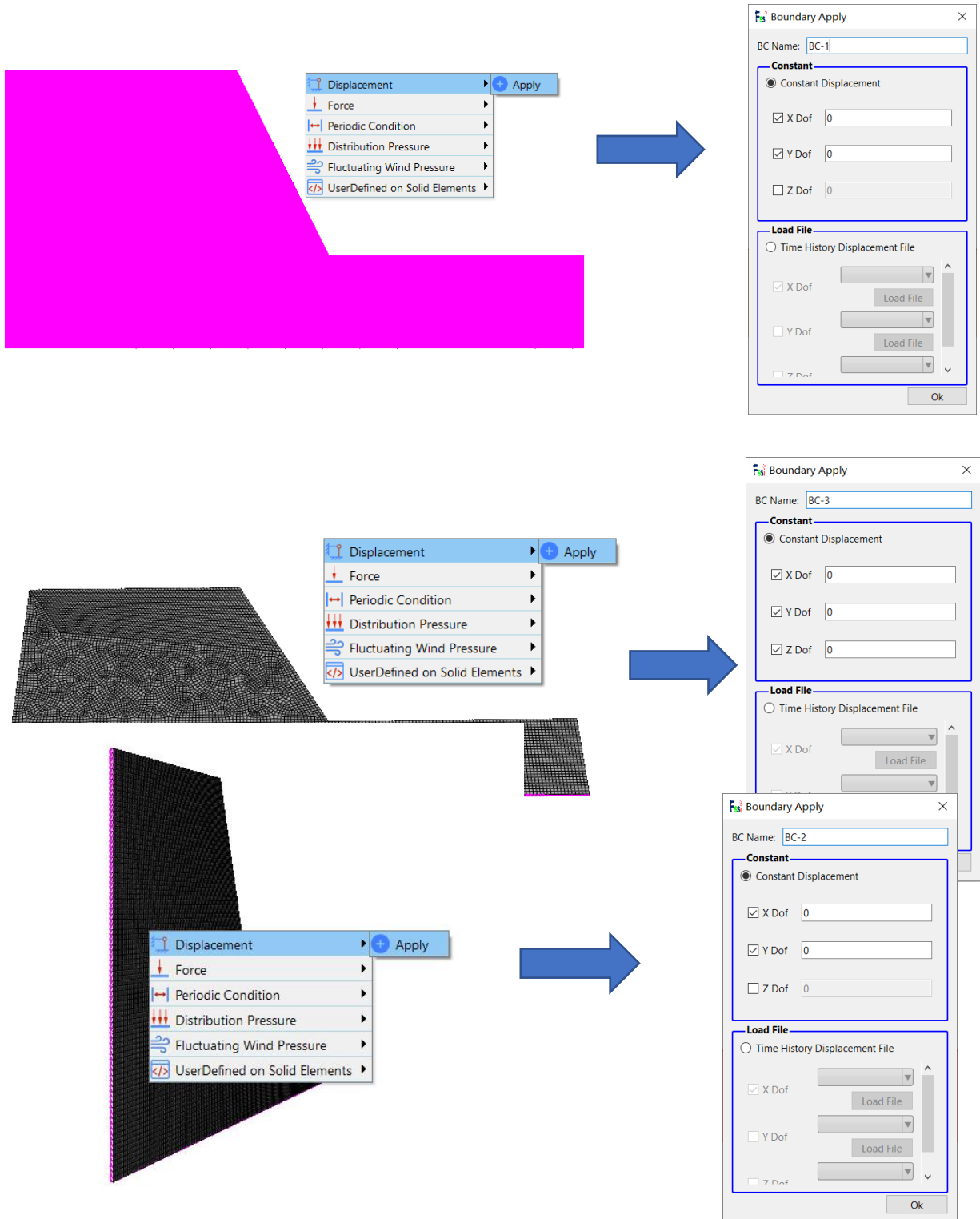


图 10-5 选择单元添加位移边界条件

注:1.在右侧快捷窗口中点击 Show Boundary Condition,可以检查是否正确添加边界条件。
2.边界条件添加时第二次设置会覆盖第一次设置,如重复添加边界条件,一定要保证第二次的边界条件为最终边界条件,或者单独对重复节点进行多种不同的边界条件的设置。

10.1.2.2 设置重力场

在 z 方向设置重力加速度为 -9.806m/s^2 ,如图 10-6 所示。

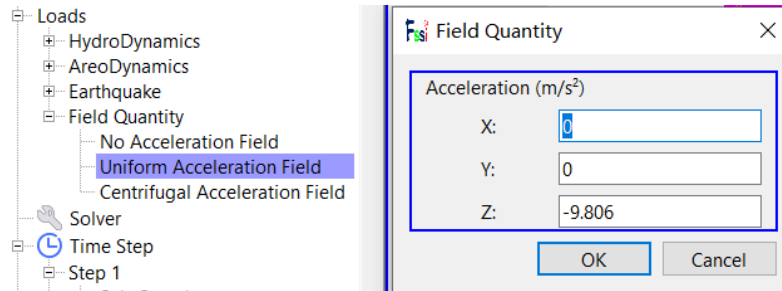


图 10-6 重力加速度设置界面

10.1.2.3 设置水动力边界条件

由于本案例不考虑流体节点,因此不需要设置水动力边界条件,并且设置耦合方式为非耦合,点击 FssiCAS—Preprocess—Hydrodynamics—No Hydro—Yes。如图 10-7 所示。

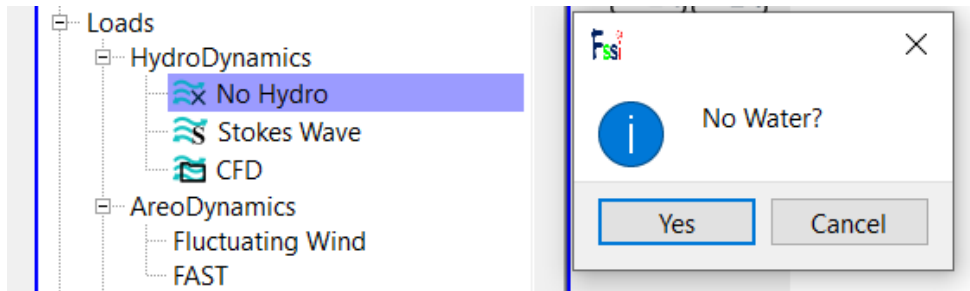


图 10-7 流固耦合方式设置界面

10.1.2.4 设置材料参数

点击 FssiCAS—Preprocess—Material—Material,材料名称用户可以自行更改,在弹出对话框中输入材料参数。本案例时间步 step1 中两种材料的参数设置如图 10-8 所示,其中 material-1 为边坡材料,material-2 为裂隙材料。

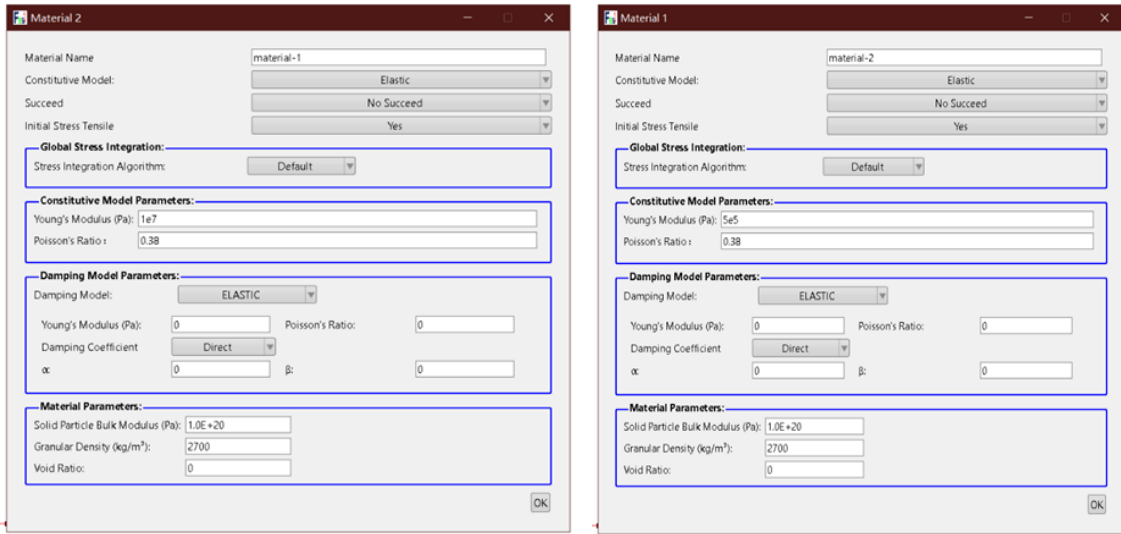


图 10-8 step1 中材料参数设置界面

10.1.2.5 设置求解器类型

点击 FssiCAS—Preprocess—Solver，在弹出对话框中设置求解器类型。如图 10-9 所示，Step 1 的求解器类型为默认设置。

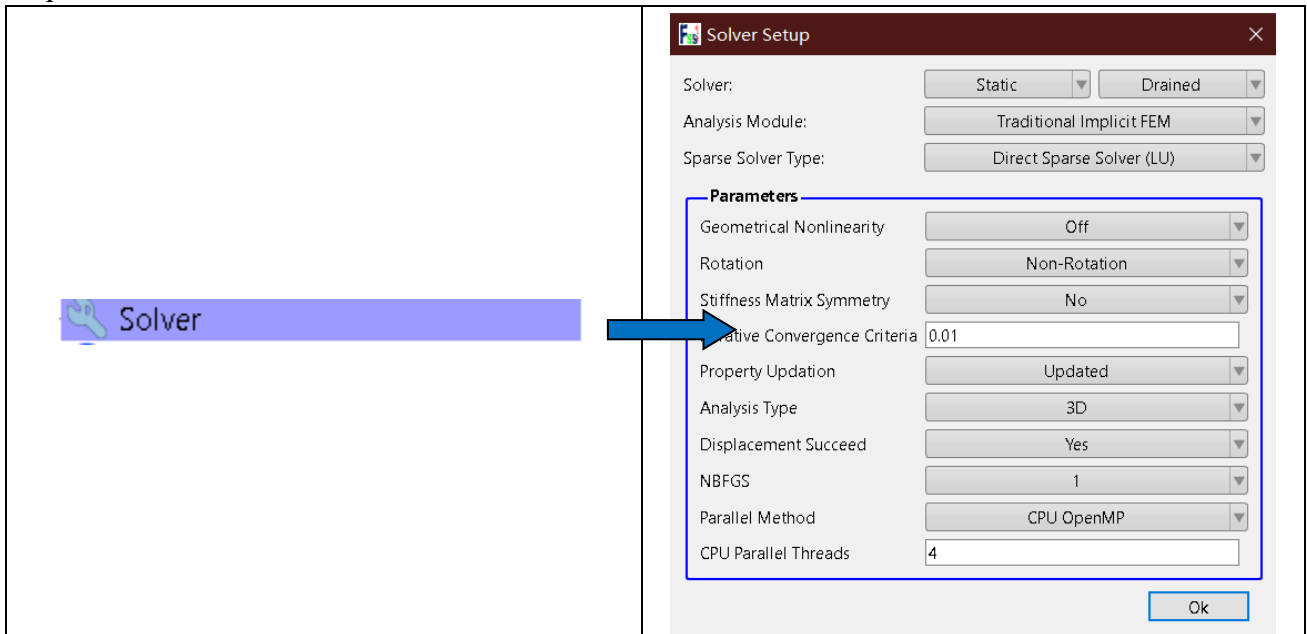


图 10-9 Step 1 求解器类型及相关参数设置界面

10.1.2.6 设置时间步

点击 FssiCAS—Preprocess—Solver—Time Step。Step 1 的时间步选项卡中 Simulation Time (s)为计算总时间，设置为 1 s；Start Time of Current Step(s)为开始计算时间，设置为 0 s；Interval

for Time Steps (s)为时间步长，设置为 0.2 s；Interval for Updating Coordinate (s)为坐标更新时间，设置为 2 s；Interval for Updating Global Stiffness Matrix (s)为刚度矩阵更新时间，设置为 2 s；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 2 s；Results 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 Output 为选择输出节点上或高斯点上的结果；State Variables Output 为选择是否输出状态变量；Results Sequence 为选择设置计算结果序列，可选择是否计算保存位移、应力、应变、加速度等结果；Results Format 为计算结果文件形式，可选择保存为二进制文件或 ASCII 文件；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 0.2 s 输出一次。 α ， β_1 ， β_2 为时间系数，保持默认值即可，时间步 step1 的具体设置如图 10-10 所示，完成设置后分别点击 Create。

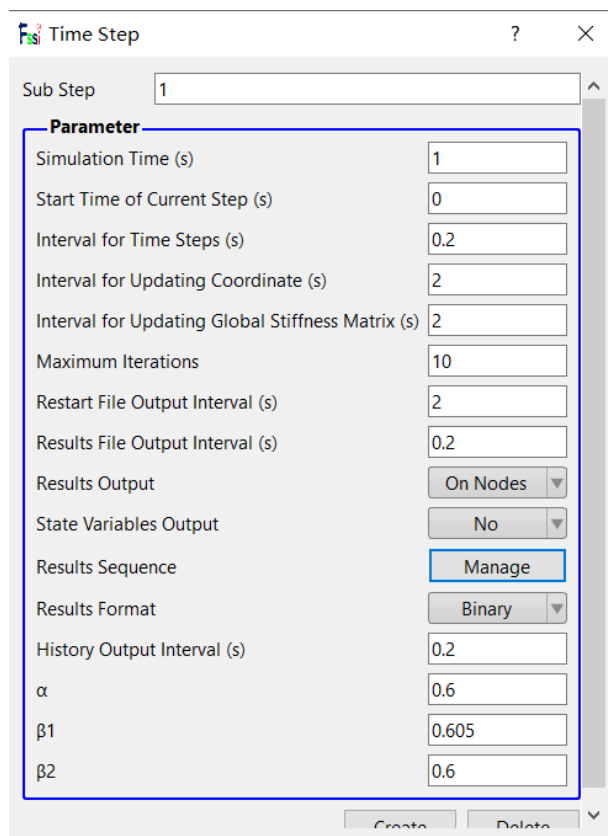


图 10-10 时间步 Step1 相关参数设置界面

10.1.2.7 设置初始条件

在 Step1 时间步下，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 10-11 所示。

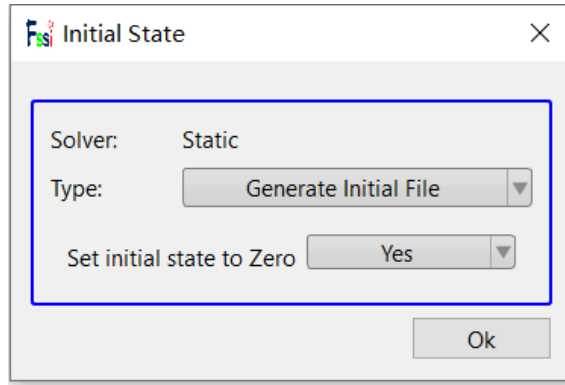


图 10-11 初始条件设置界面

10.1.3 时间步 Step2 设置

本案例的计算需要分为两个时间步，第一步将材料设置为弹性算出模型的初始状态，第二步将材料设置为 DP 模型，并添加地震波的作用。下面进行时间步 Step2 的设置。

10.1.3.1 添加时间步

点击 FssiCAS—Creat Time Step—Step 2—OK，就可以添加一个时间步 Step 2，添加时间步之后可以在上方选项卡中选择指定的时间步进行参数设置，如图 10-12 所示。

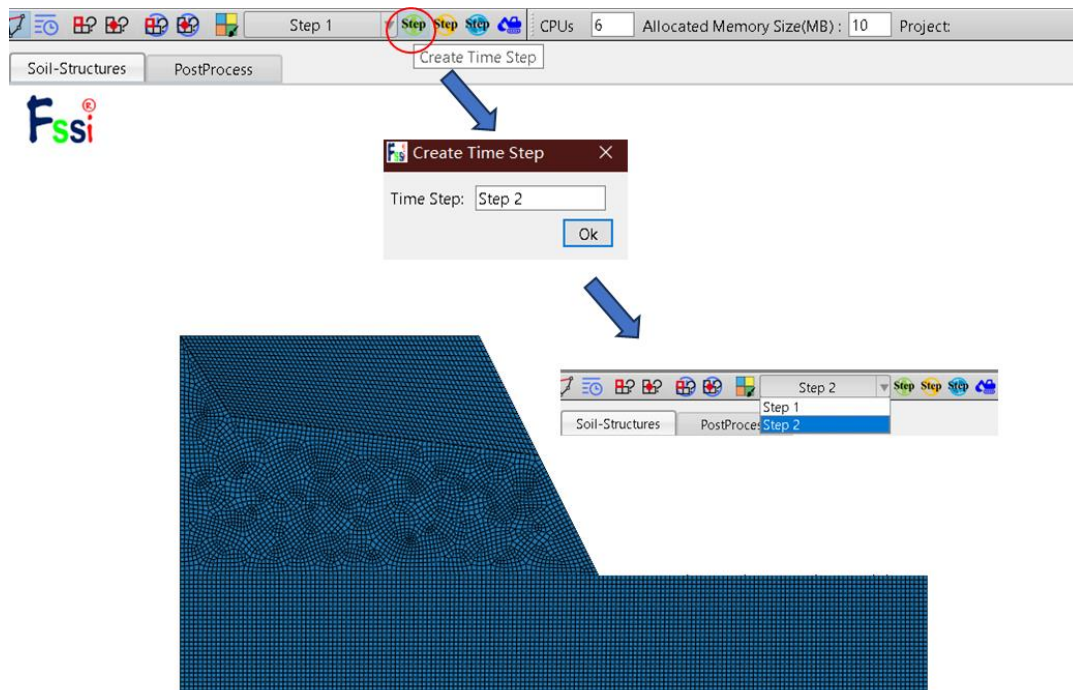


图 10-12 添加模型计算的时间步

注：如果先设置 Step 1 的边界条件和前处理的各项参数再添加新的时间步，新的时间步会自动复制 Step 1 的所有设置；如果先添加新的时间步再设置 Step 1，每个时间步都需要重新设置。

置对应的边界条件和参数。为了提高操作效率，一般情况下先将 Step 1 的所有参数都设置完整再创建新的时间步，

10.1.3.2 添加边界条件

与时间步 Step1 中设置相同。

10.1.3.3 设置重力场

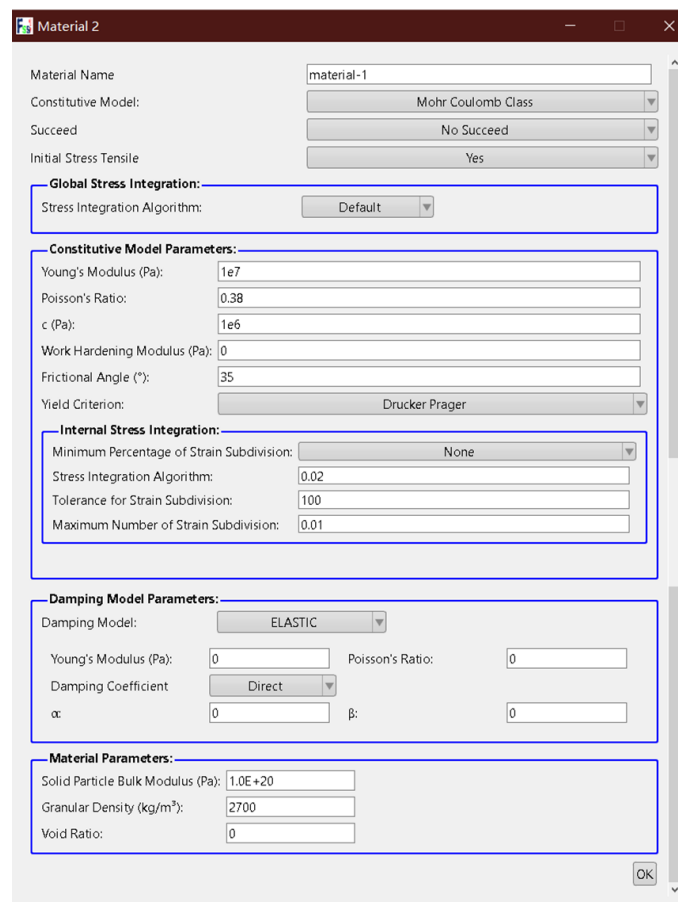
与时间步 Step1 中设置相同。

10.1.3.4 设置水动力边界条件

与时间步 Step1 中设置相同。

10.1.3.5 设置材料参数

点击 FssiCAS—Preprocess—Material—Material，材料名称用户可以自行更改，在弹出对话框中输入材料参数。本案例时间步 Step2 中两种材料的参数设置如图 10-13 所示，其中 material-1 为边坡材料，material-2 为裂隙材料。



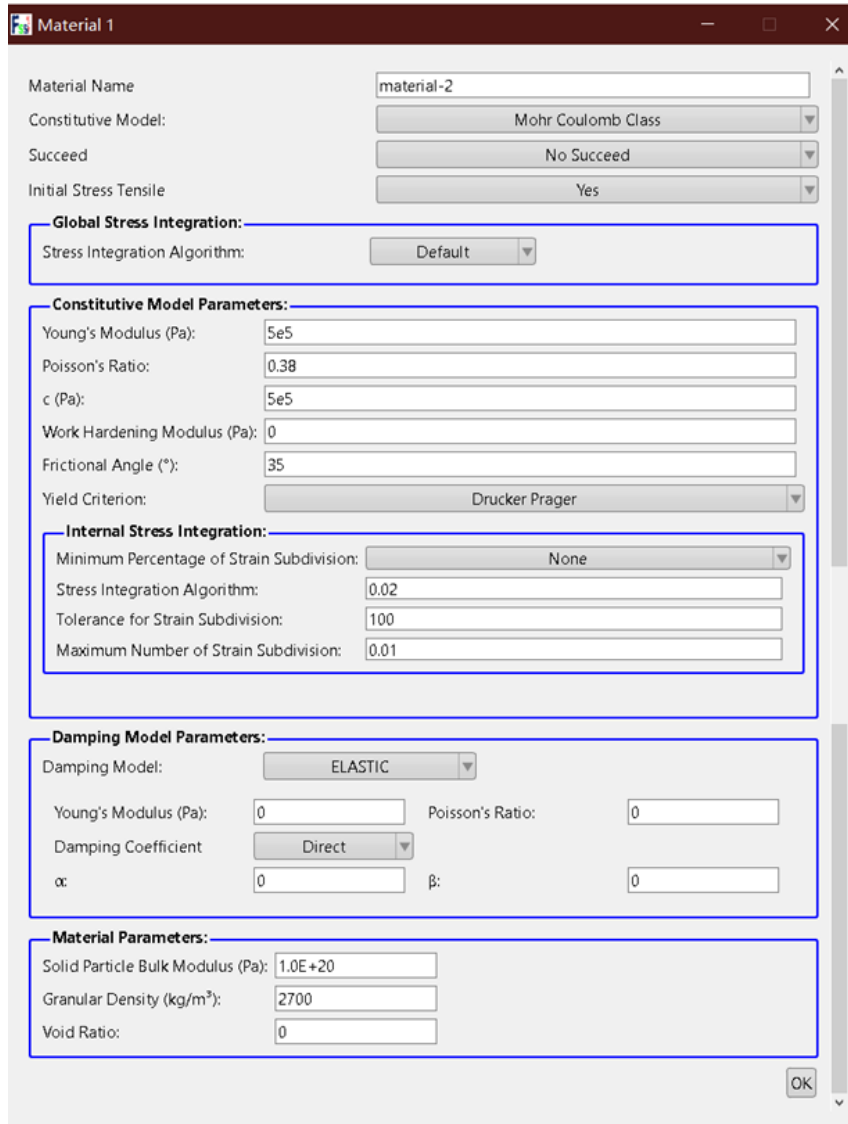


图 10-13 材料参数设置界面

10.1.3.6 设置求解器类型

点击 FssiCAS—Preprocess—Solver，在弹出对话框中设置求解器类型。在 Step 2 的求解器设置时，将求解器的类型设置为 Dynamic，如图 10-14 所示。

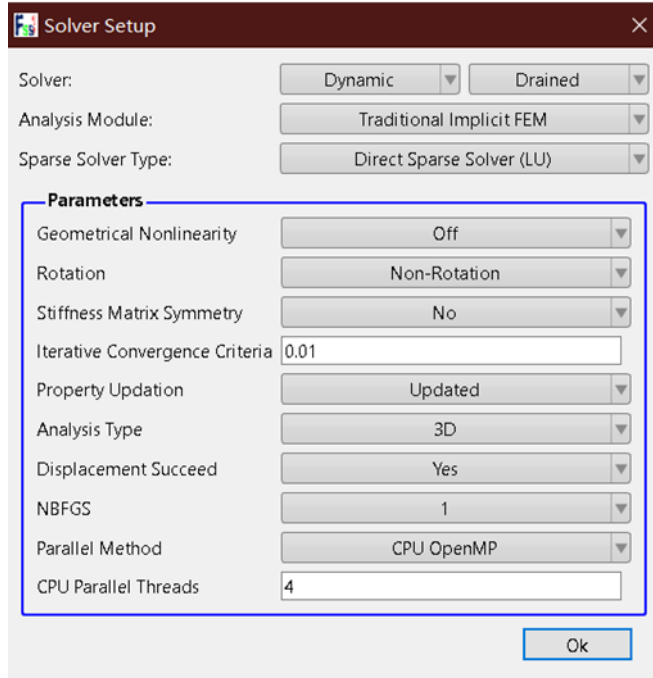


图 10-14 Step 2 求解器类型及相关参数设置界面

10.1.3.7 设置地震波参数

选择 FssiCAS—Preprocess—Loads—Earthquake—Earthquake Library，在 Earthquake Library 的选项卡中进行地震波的设置，如图 10-15 所示。首先勾选需要进行设置的方向，勾选完成后双击左侧地震库中的地震波（其中 X、Y 方向可以选择 NS、EW 方向的地震波，而 Z 方向只能选择 UD 方向的地震波，三个方向需设置为同一地震的地震波）。三个方向的地震波分别设置完毕后，需要设定地震波作用的起始时间 Initial Time，本案例设置为 0s。

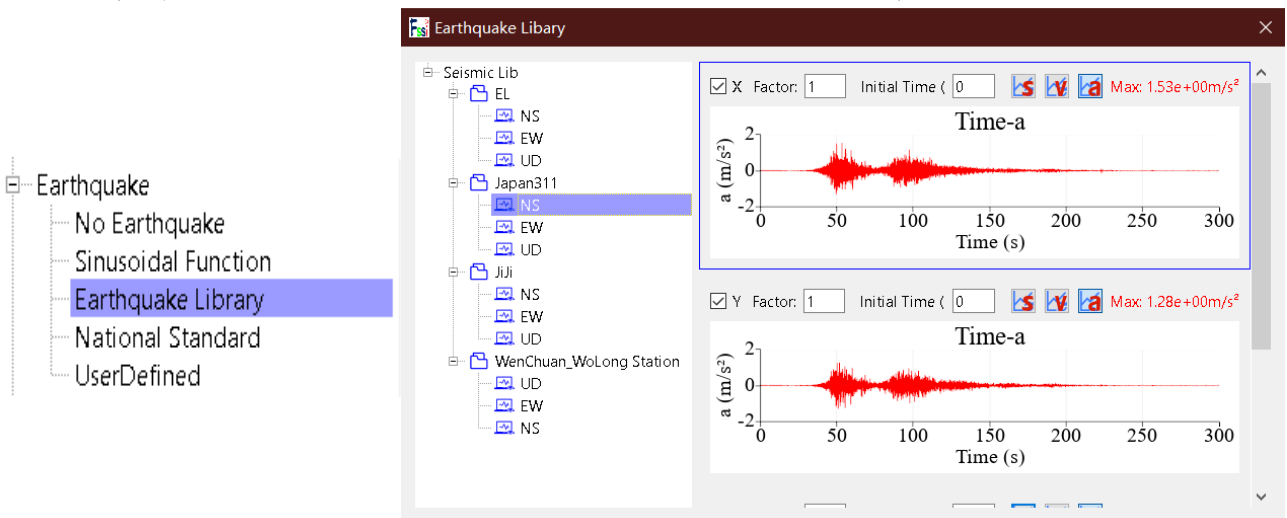


图 10-15 加载地震波及相关参数设置界面

10.1.3.8 设置时间步

点击 FssiCAS—Preprocess—Solver—Time Step。Step 2 的时间步选项卡中 Simulation Time (s)为计算总时间, 设置为 50 s; Start Time of Current Step(s)为开始计算时间, 设置为 0 s; Interval for Time Steps (s)为时间步长, 设置为 0.2 s; Interval for Updating Coordinate (s)为坐标更新时间, 设置为 51 s; Interval for Updating Global Stiffness Matrix (s)为刚度矩阵更新时间, 设置为 51 s; 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 51 s; Results 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 Output 为选择输出节点上或高斯点上的结果; State Variables Output 为选择是否输出状态变量; Results Sequence 为选择设置计算结果序列, 可选择是否计算保存位移、应力、应变、加速度等结果; Results Format 为计算结果文件形式, 可选择保存为二进制文件或 ASCII 文件; 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 0.2 s 输出一次。 α , β_1 , β_2 为时间系数, 保持默认值即可, 时间步 step1 的具体设置如图 10-16 所示, 完成设置后分别点击 Create。

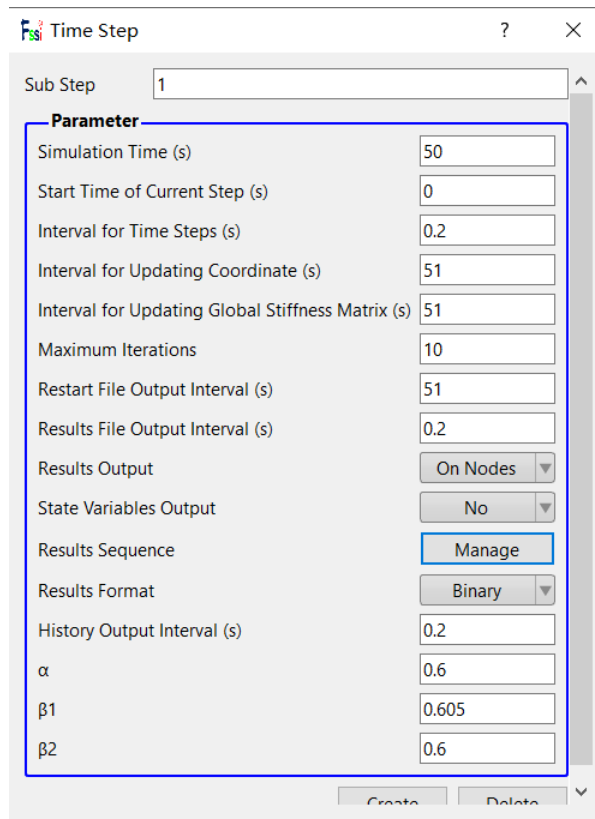


图 10-16 时间步 Step2 相关参数设置界面

10.1.3.9 设置初始条件

在时间步 Step2 下，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 10-17 所示。

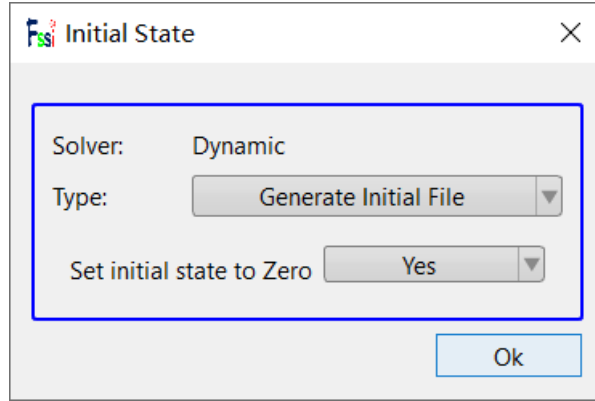


图 10-17 初始条件设置界面

10.1.4 计算

点击 FssiCAS—Preprocess—Computation—FSSI-W，在弹出的对话框中选择 All Step 进行计算，当然也可以选择某一步进行单独计算。点击 OK 后，界面会提示选择一个文件夹进行保存，指定文件夹后计算就可以顺利进行了。显示图 10-18 所示内容时表示计算完成。

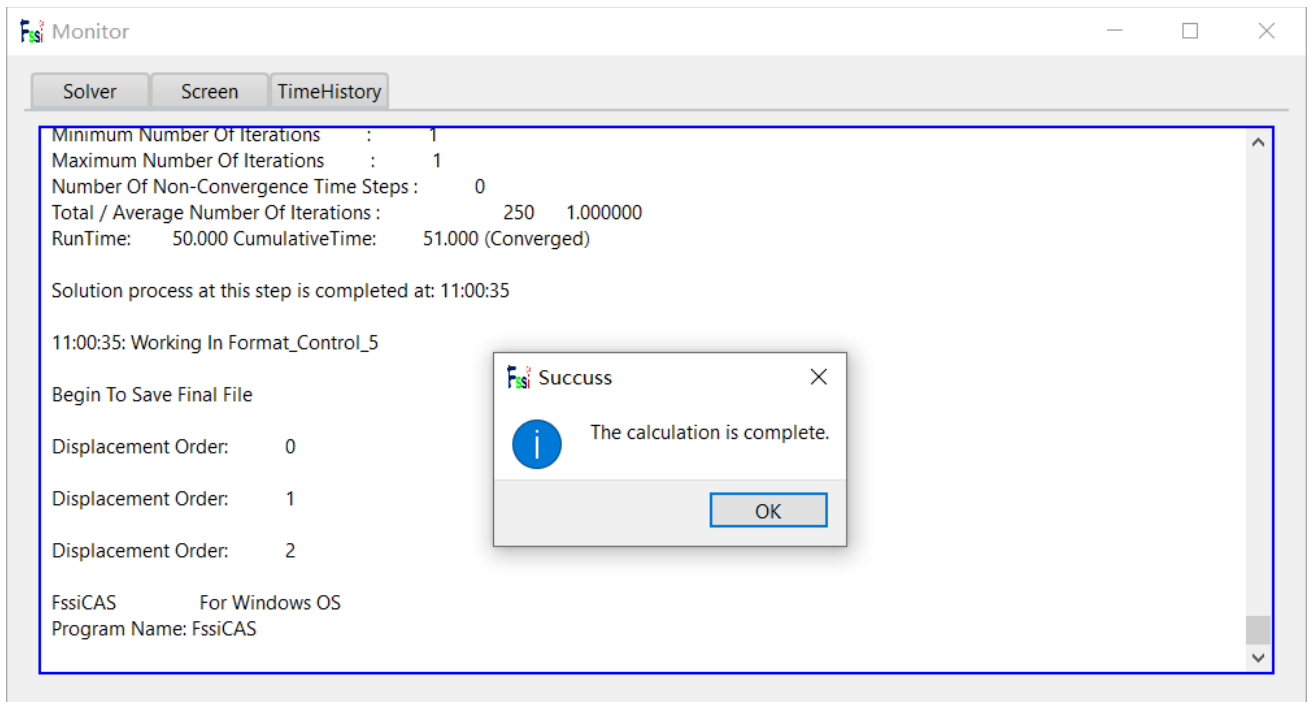


图 10-18 数值计算完成界面

10.2 FssiCAS 图形界面操作——后处理

10.2.1 加载文件

点击 FssiCAS—Results—Postprocess—Open Results File，选择需要处理的结果文件夹，如图 10-19 所示。

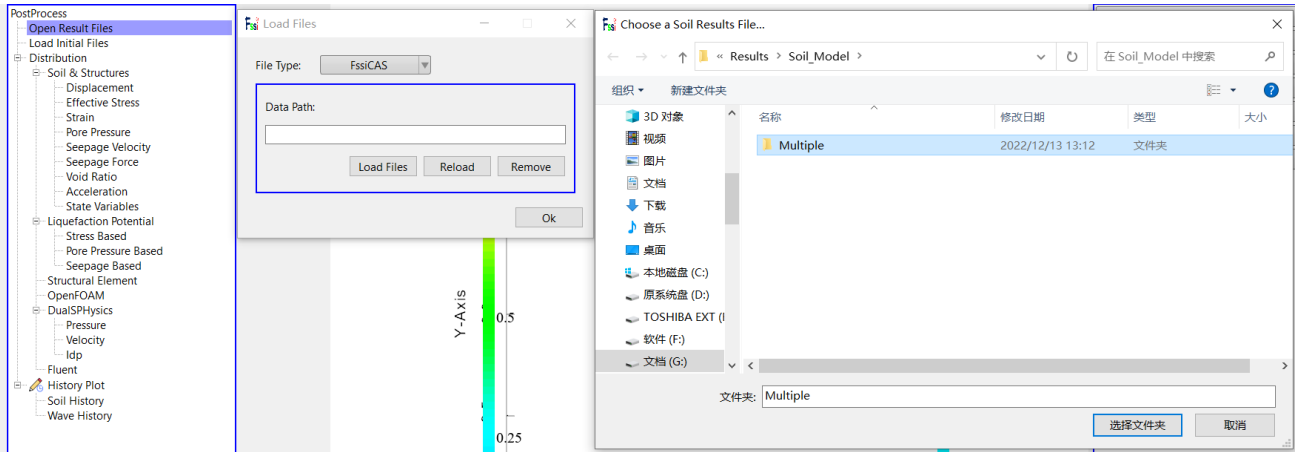


图 10-19 加载数值计算结果文件步骤图

注：计算没有完成也可以不停止计算同时进入后处理加载结果文件进行结果查看。

10.2.2 绘制分布图

点击 FssiCAS—Results—Postprocess—Distribution—Soil&Structures—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，如图 10-20 所示。如果需要其他类型的数据分布图或选择显示数据的方向，可以通过左侧以及上方的选项栏进行选择。右侧的弹出选项栏也可以对分布图的坐标、显示范围、标尺、变形情况等进行调整。

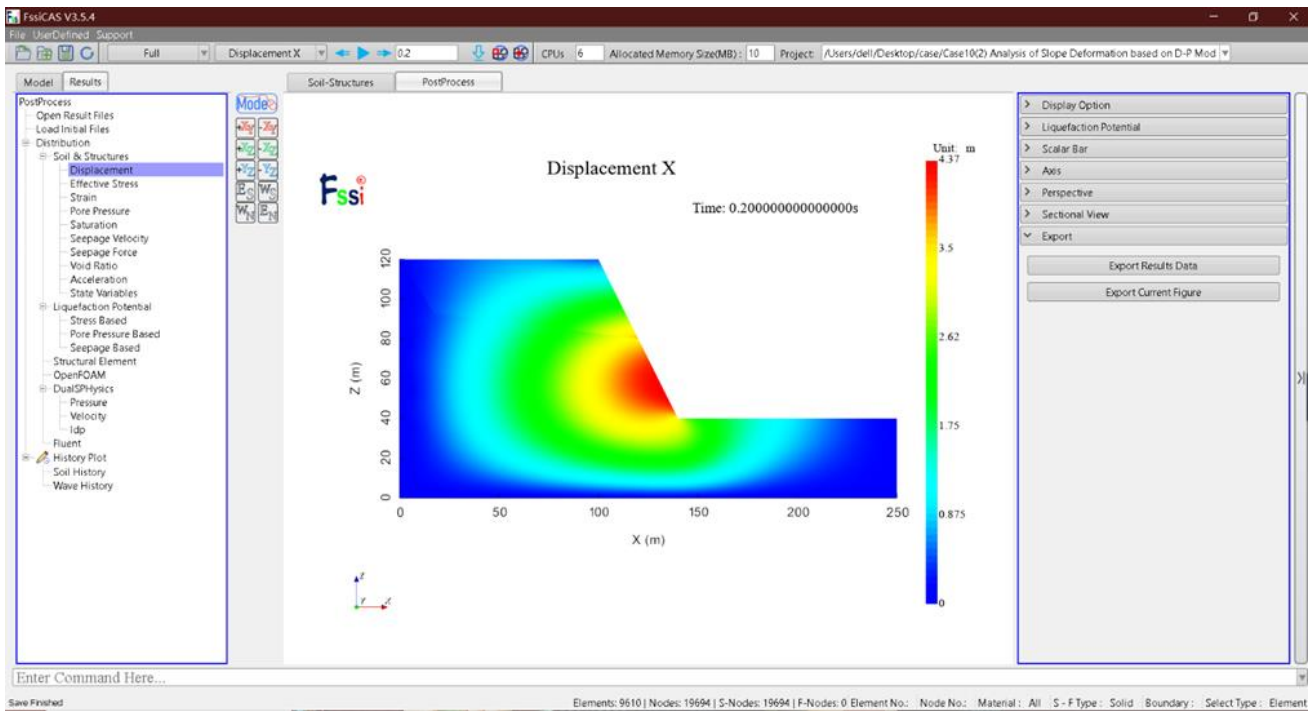


图 10-20 X 方向位移分布图

本案例计算结果分布图可以由伸缩栏 Export Results Figure 按钮导出，如图 10-21 所示。

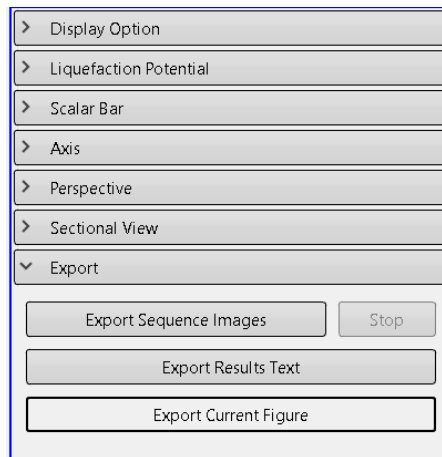


图 10-21 图像输出按钮示意图

本案例的部分结果分布图如图 10-22 所示。

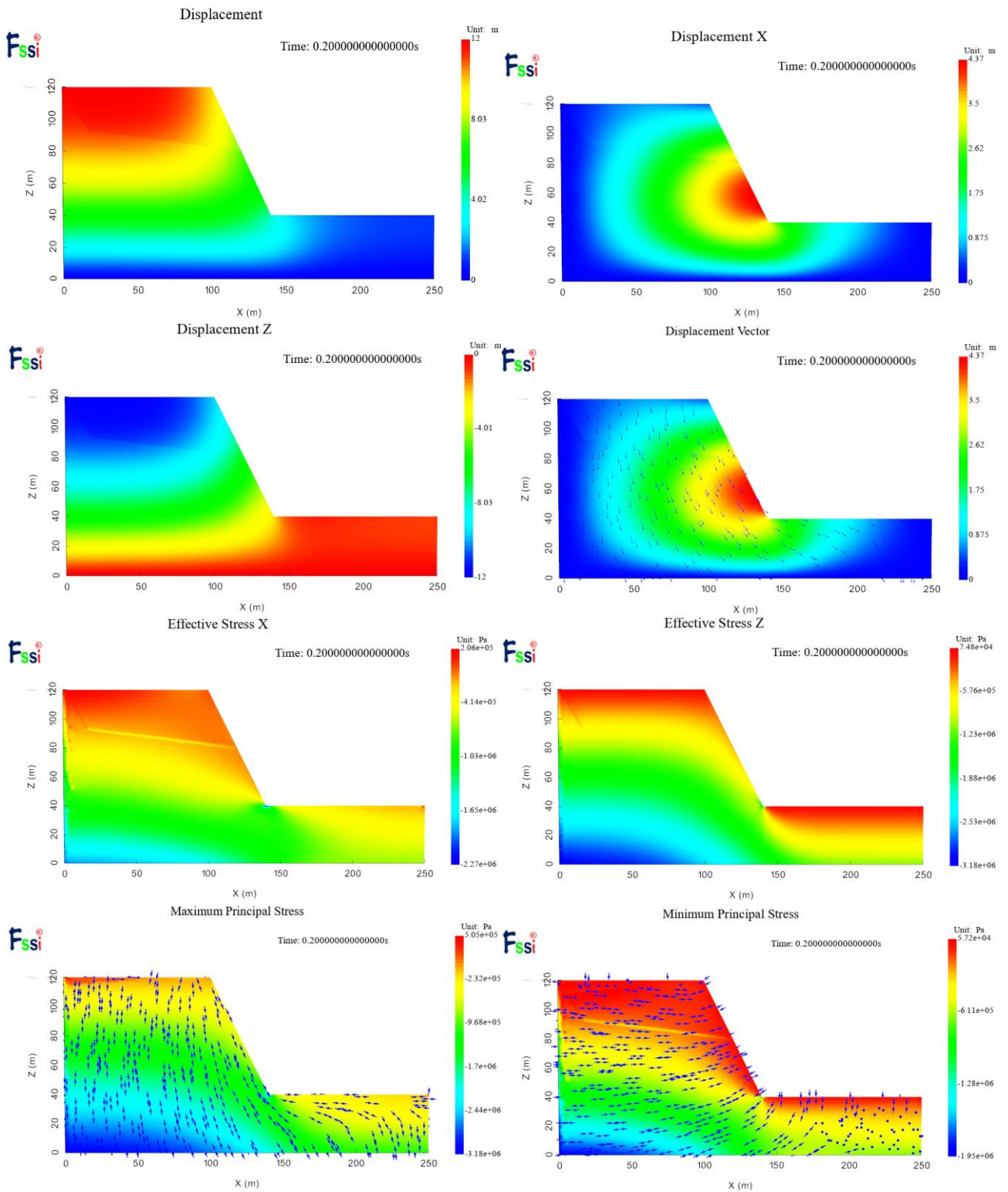



图 10-22 部分计算结果分布图

10.2.3 绘制时程图

结果文件导入完成后，点击上方工具栏中的  后，界面中会显示出模型的所有节点，如图 10-23 所示，然后可以点击想要查询的节点，就可以在界面下方获取到该节点的节点编号。获取到节点的编号之后，点击右侧的伸缩选项栏，如图 10-23 所示，点击 Time-History 后

输入查询到的节点编号，然后点击 Plot Type 选择输出的结果数据类型，最后点击下方的 Plot 按钮就可以绘制出该节点的时程图，如图 10-23 所示，可以点击 Export Current Figure 按钮对绘制的时程图进行输出。

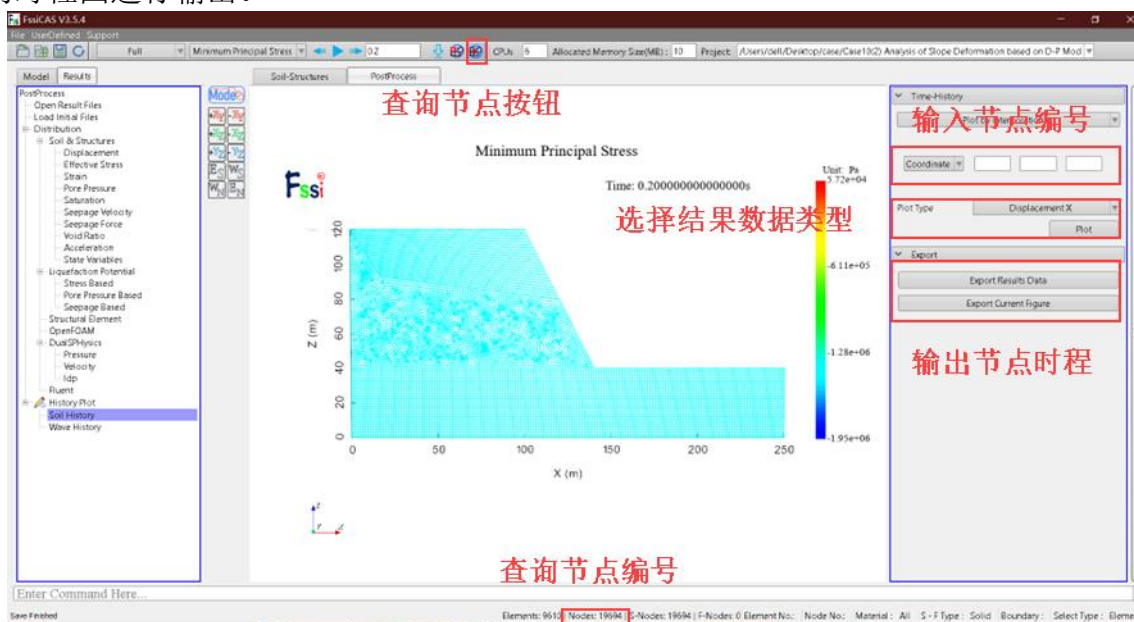


图 10-23 查询节点编号及绘制时程图

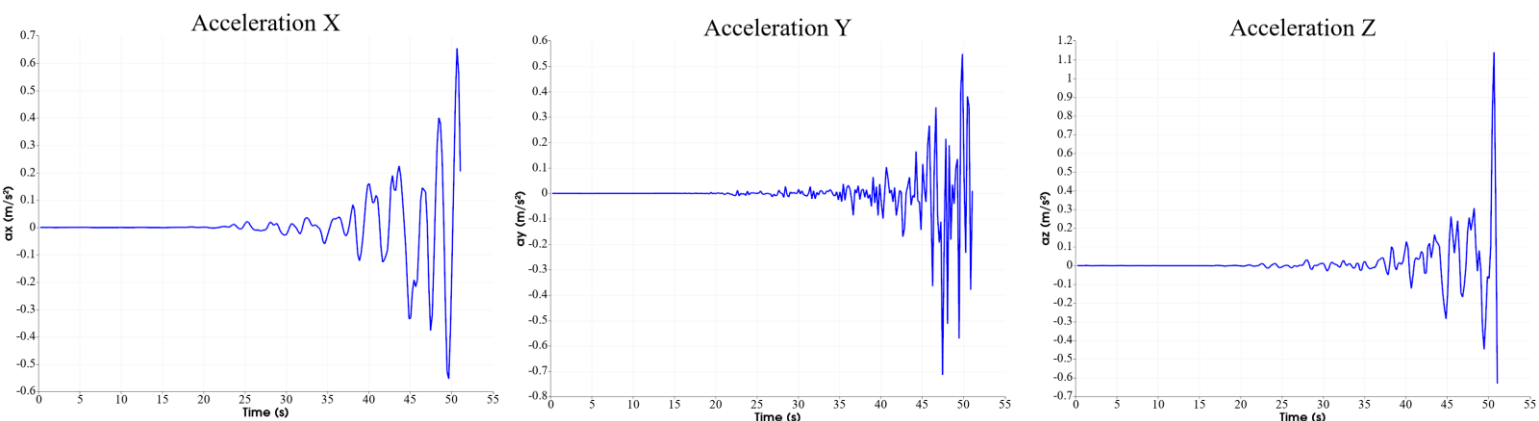


图 10-24 点(140,0,40)处加速度时程结果图

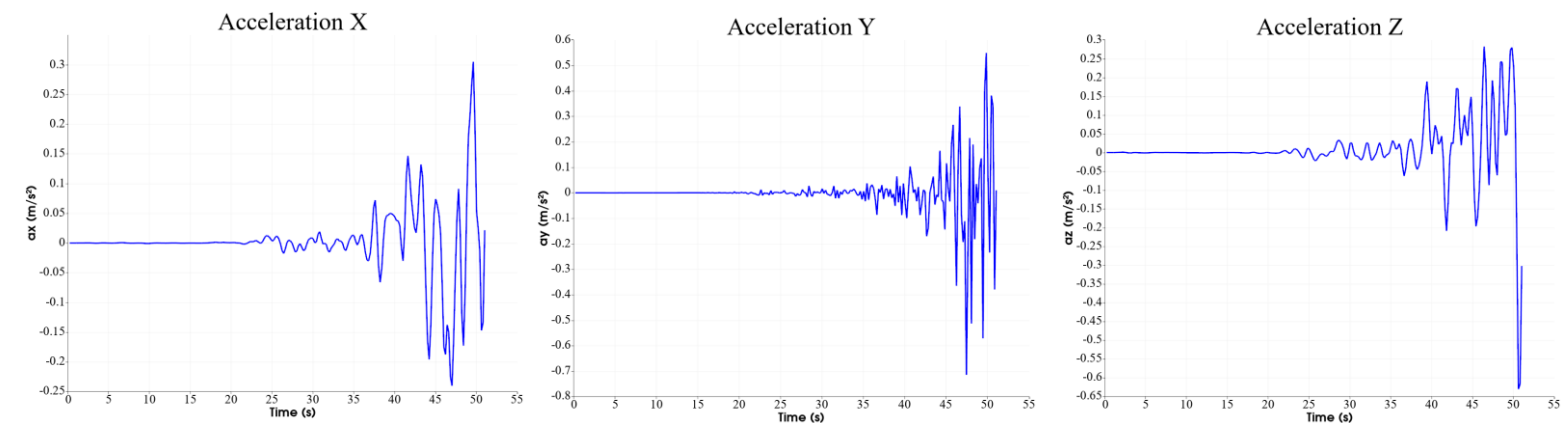


图 10-25 点(52.3,0,120)处加速度时程结果图

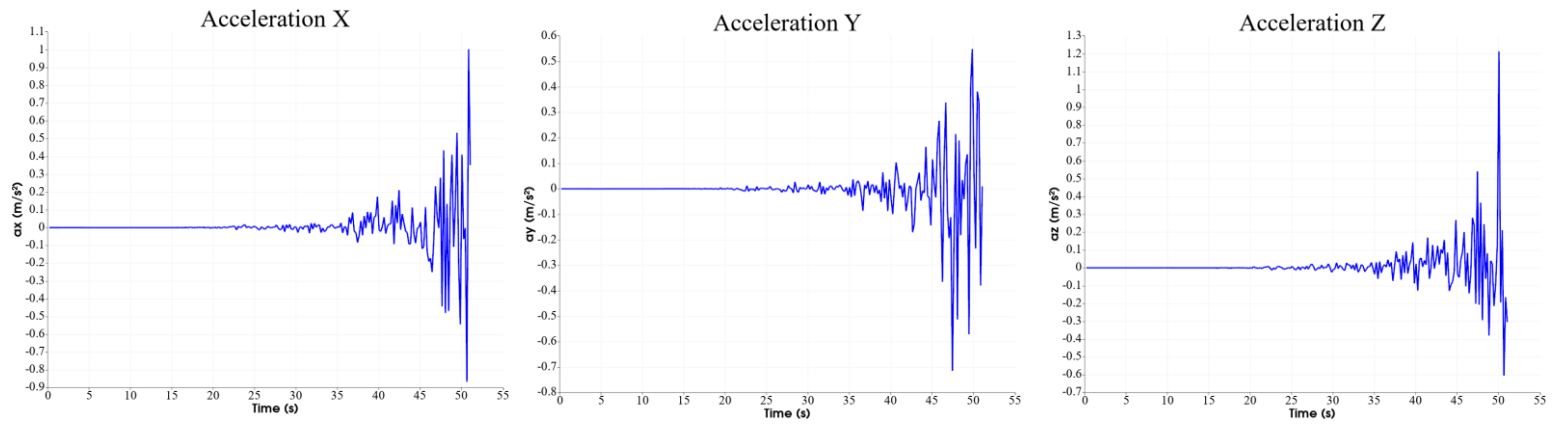


图 10-26 点(125.7,0,0)处加速度时程结果图