
壳-实体单元混用

1.案例说明

FssiCAS 中，在处理壳单元与实体单元衔接处共节点的网格时，会保持两种单元的位移连续，但并未固定壳单元的转角。本章节采用一套简单的共节点壳单元与实体单元衔接网格案例，手动固定衔接处壳单元转角，让用户使用软件模拟壳在水平荷载作用下及去除荷载作用后的过程，并对计算结果进行分析。

本案例中，土体的尺寸为 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ 的立方块，壳的尺寸为 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的四边形。壳竖立于土表面，不插入土中。该模型的尺寸及网格示意图如图 1.1 所示。

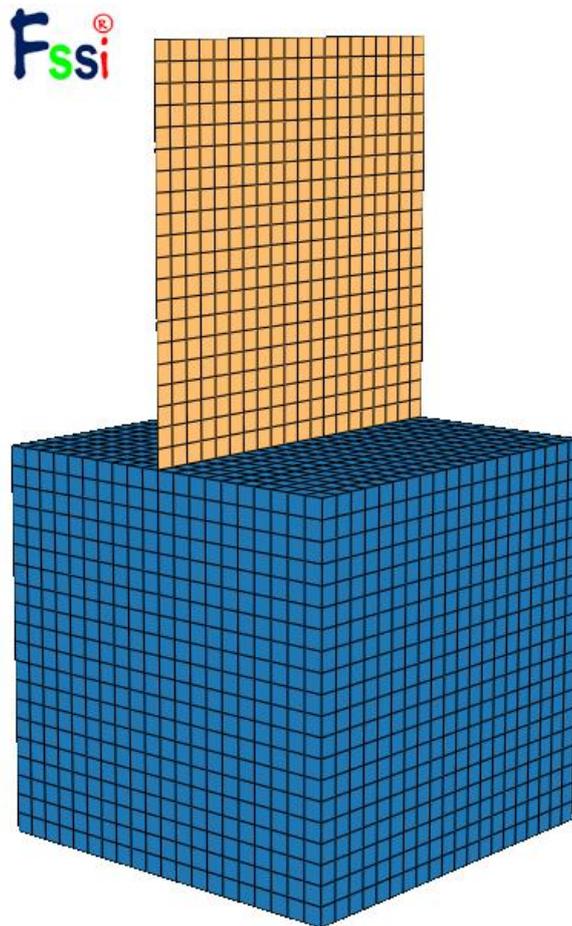


图 1.1 模型尺寸及网格示意图

2.FssiCAS 图形界面操作——前处理

2.1 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 Shell；用户点击图标，即可启动 FssiCAS 软件。在 FssiCAS 软件中，用户点击 File—New，即可新建一个项目，操作如图 2.1 所示。

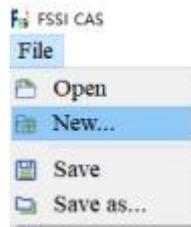


图 2.1 在 FssiCAS 新建项目示意图

2.2 导入网格及背景线

用户点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Load Mesh，在弹出 Choose GID mesh File 窗口中，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 2.2 所示。在弹出的 Load Mesh 窗口中设置固体节点数和流体单元阶次，在本案例中土体部分固体节点采用六面体八节点二阶单元，壳部分固体节点采用四边形四节点无流体单元，因此，土体部分固体节点数设置为 8，流体节点阶次设置为 0，壳部分固体节点设置为 4，流体节点阶次设置为 0，点击 OK，如图 2.3 所示。

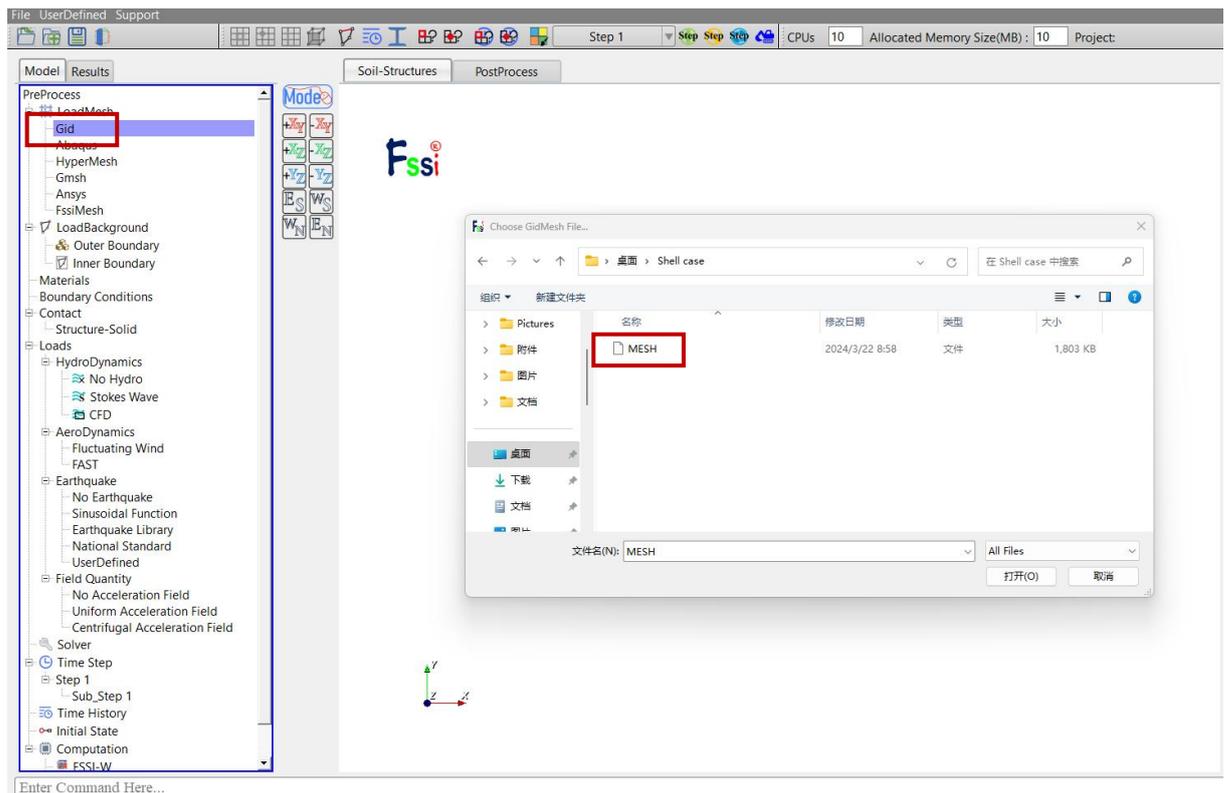


图 2.2 导入 Gid 软件输出的网格文件

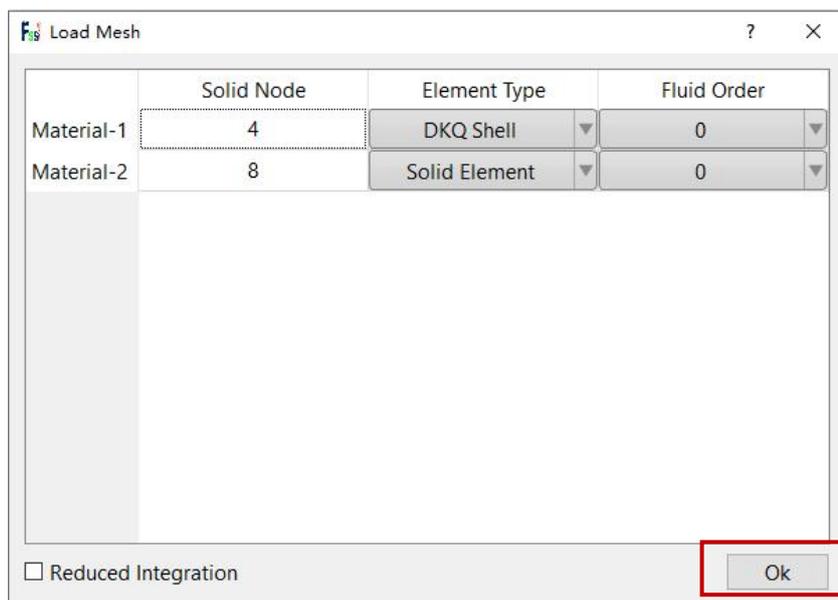


图 2.3 设置固体节点数和流体节点阶次

加载几何模型的背景线，是为了后续施加边界条件、区分材料以及设置输出时程结果的线。但此案例不采用背景线施加边界条件，故不做此部分操作。

2.3 添加位移边界条件

本案例需要将边界条件设置为： $X=0$ 表面及 $X=1$ 表面， Y 方向位移固定、 $Y=0$ 表面及 $Y=1$ 表面 X 方向位移固定、 $Z=0$ 底部表面 XYZ 方向位移固定、衔接处节点 XYZ 方向转角固定。

点击顶部边界栏  按钮，进入边界选择模式，如图 2.4 所示。

点击顶部边界栏  按钮，进入单元选择模式，如图 2.5 所示。

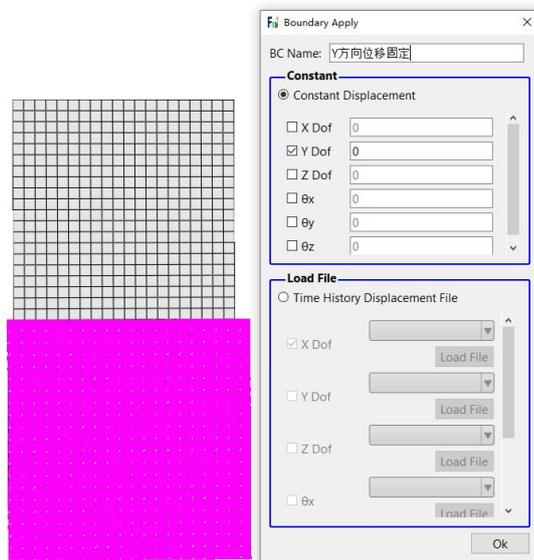


图 2.4 进入边界选择模式

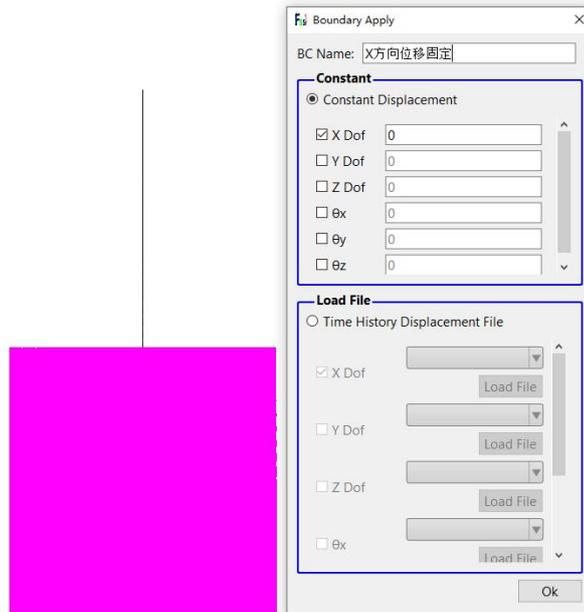


图 2.5 进入单元选择模式

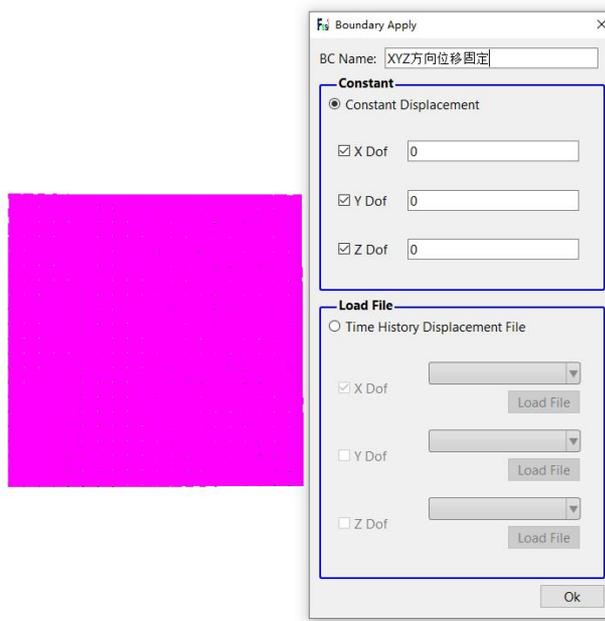
在工作区中拖动鼠标框选前后左右及底部表面的单元，点击选择后被选择的线出现高亮；点击鼠标右键，在显示边界条件下拉菜单中选择 Displacement—Add，在弹出的窗口中勾选 Constant Displacement 相应的 Dof 并点击 OK。操作流程如图 2.6 所示。



(a) Y 方向位移固定

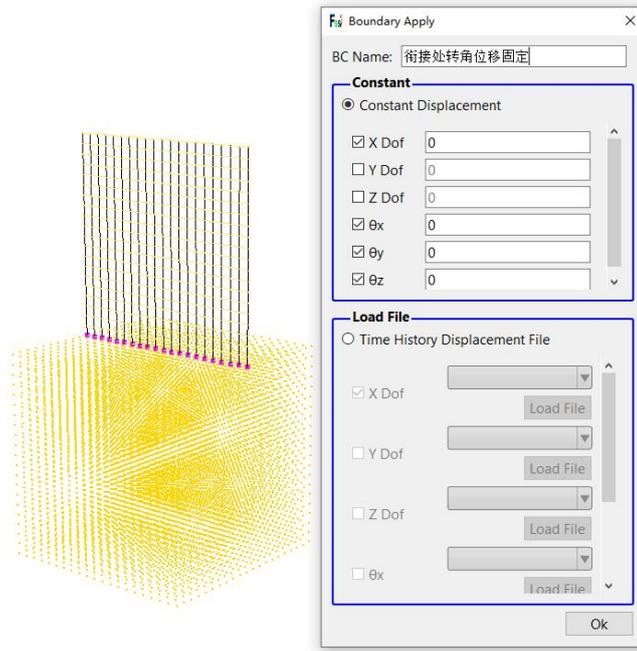


(b) 前后表面位移固定



(c) 底部表面位移固定

在选取衔接处节点时，点击  进入节点选择模式，用鼠标选择需固定的节点。选择成功出现高亮；点击鼠标右键，在显示边界条件下拉菜单中选择 Displacement—Add，在弹出的窗口中勾选 Constant Displacement 相应的 Dof 并点击 OK。



(d)衔接处转角固定

图 2.6 添加位移边界条件

2.4 添加力的边界条件

该案例中，力的边界条件设置为对壳的上沿施加 Y 方向随时间线性增长的力。按上节的方法进入单元选择模式后，选中需要添加边界条件的单元，单元显示高亮，然后右击选择 Force，并点击 Time History Force File 按钮，选择 Y 方向并导入相应 txt 文件,具体操作如图 2.7 所示。

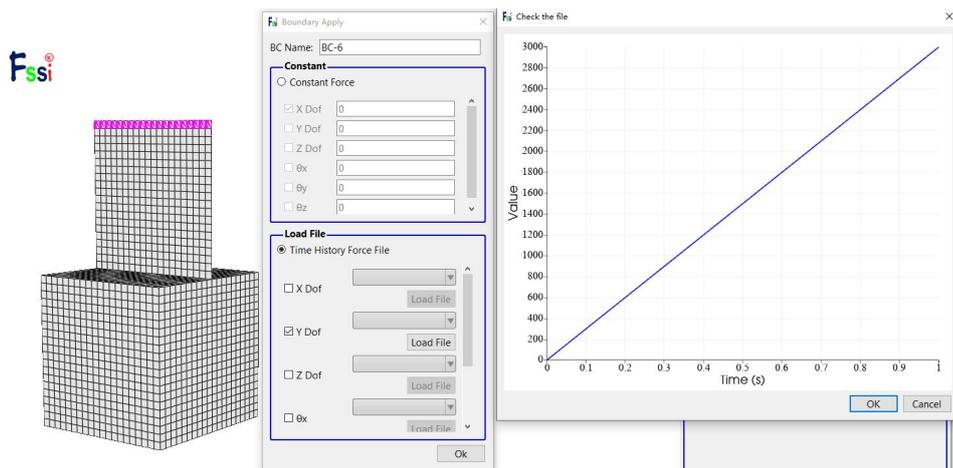


图 2.7 添加力的边界条件

2.4 设置材料参数

在前处理界面正上方的工具栏 2 中，点击设置材料属性和参数的功能按钮 Material。在本案例中 Step1 采用线弹性本构，在左侧工具栏点击与模型相对应的材料，并输入土体和壳的属性参数，点击 OK，即可设置材料属性和参数，如图 2.8 所示。

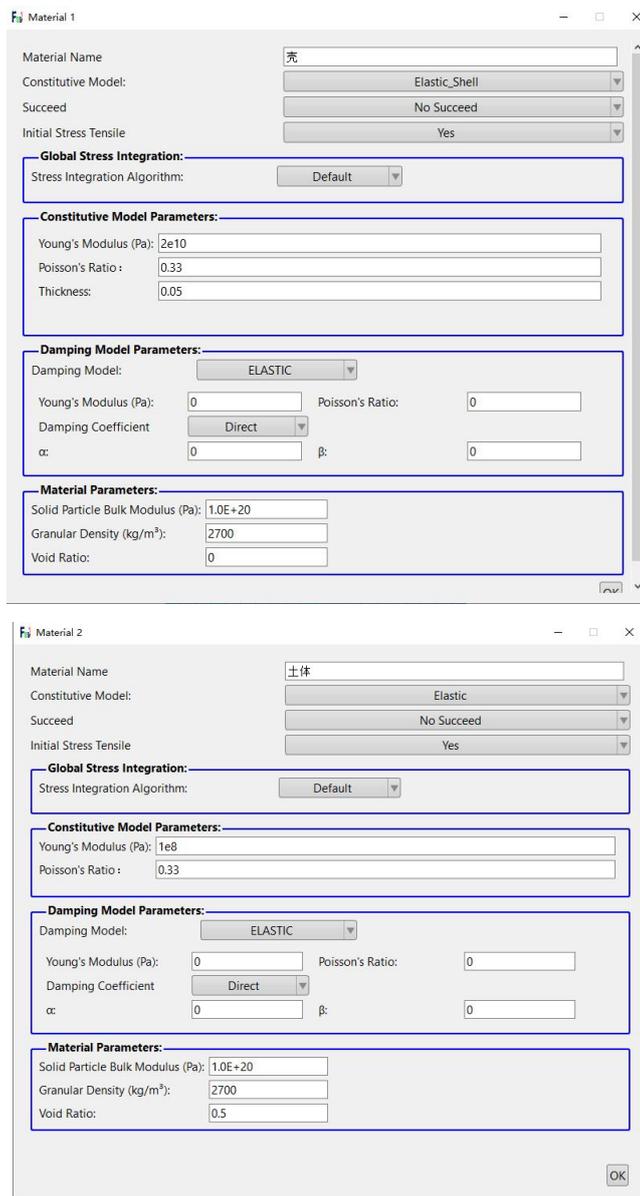


图 2.8 材料参数设置

2.5 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、Y 方向为 0 m/s²，Z 方向为 -9.806 m/s²，如图 2.9

所示。Step 2 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。

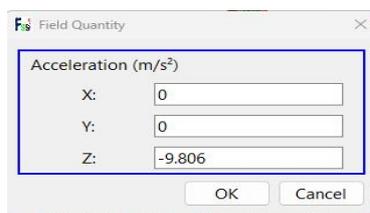


图 2.9 重力加速度设置

2.6 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—Load—Hydrodynamics—No Hydro— Yes。如图 2.10 所示。

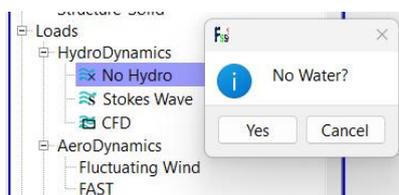


图 2.10 流固耦合方式设置界面

2.7 求解器设置

点击前处理界面上 Model 树状菜单栏里的 Solver，在弹出的对话框中设置求解器类型，求解器设置为 Static（Static 表示与时间无关的静态，为了获得初始状态最好用 static 求解器），并进行相关属性参数设置，如图 2.11 所示；

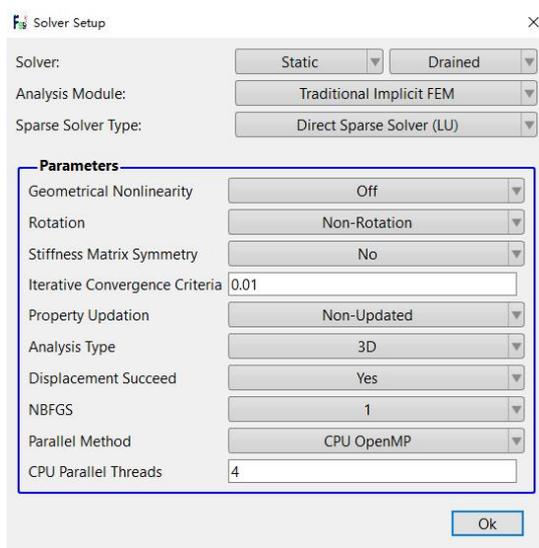


图 2.11 设置求解器的相关属性参数

2.8 时间步设置

点击 Time Step, Simulation Time (s)为计算总时间, 设置为 1s; 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 1.1 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 1.1s (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 Inveral (s)为输出重启文件的时间, 设置为 1s (不生成重启文件); Result File Output Inveral (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 0.1s 输出一次结果文件; Results Output 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 0.1s 输出一次。 α , β_1 , β_2 为时间系数, 保持默认值即可。具体设置如图 2.12 所示。可在 Results Sequence 中选择输出流速、流线图, 每一步均需要选择。

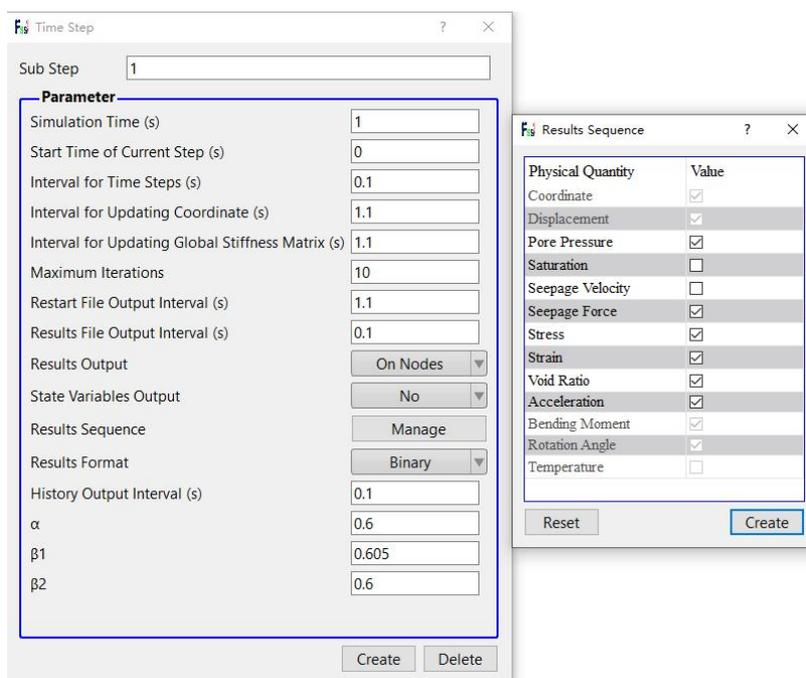


图 2.12 设置时间步和相关属性参数

2.9 设置初始条件

在前处理界面上 Model 树状菜单栏中, 点击 Initial State, 点击 OK, 即可完成初始状态设置, 如图 2.13 所示。

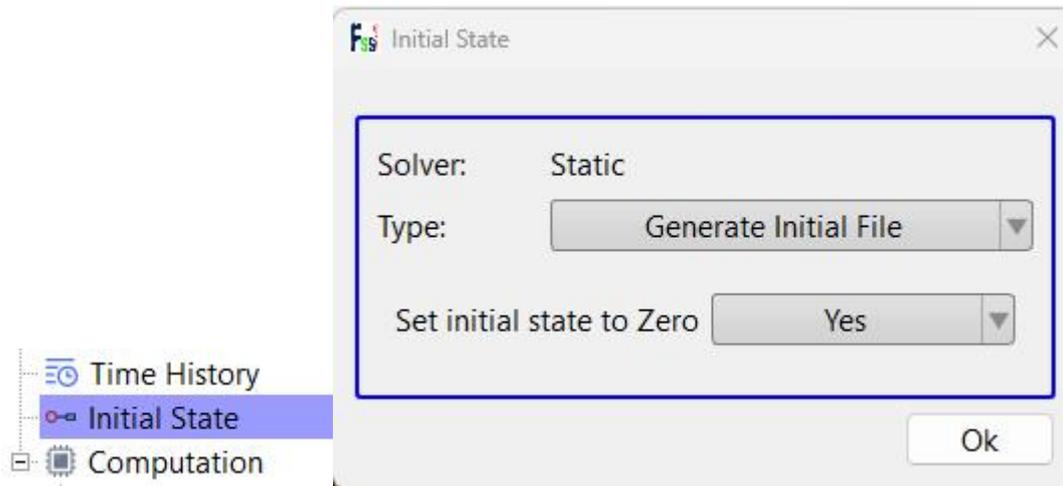


图 2.13 设置初始状态和指定初始条件

2.10 时间步 Step 2 设置

本案例设置 Step 1、Step 2 两个时间步，Step 1 用于给后续计算提供一个良好的初始状态，Step 2 为正式加载计算时间步。点击  按钮可增加时间步，添加成功后左端任务栏会显示添加的时间步，点击  按钮可以对需要设置的时间步进行设置，如图 2.14 所示。

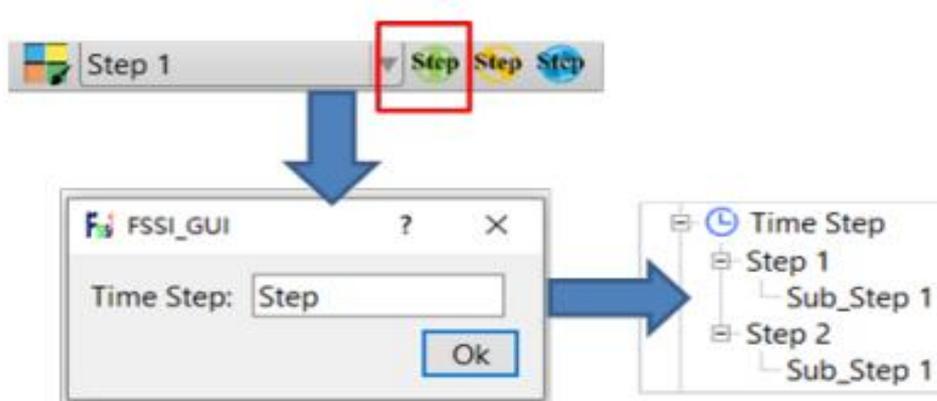


图 2.14 增加时间步的步骤示意图

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。本案例 Step 2 的相关参数设置如下。

2.11 设置边界条件

本案例 Step 2 与 Step 1 的材料属性完全相同，均选用线弹性本构，故在 Step 2 中无需对材料参数进行修改。在 Step 2 的边界条件中，位移边界条件与 Step 1 一致，但在力的边界条件中，不施加随时间线性增长的力，故需要在设置边界条件时，将随 Step 1 自动复制的力的边界条件删除，如图 2.15 所示。

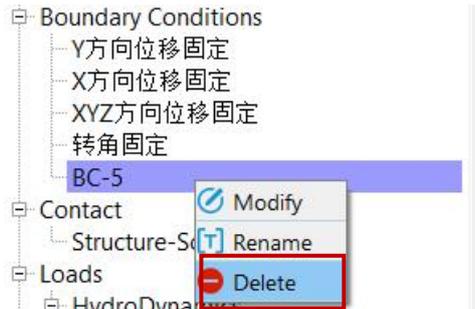


图 2.15 Step 2 删除力的边界条件

2.12 Step 2 求解器设置

点击前处理界面上 Model 树状菜单栏里的 Solver，在弹出的对话框中设置求解器类型，求解器设置为 Dynamic，并进行相关属性参数设置，如图 2.16 所示；

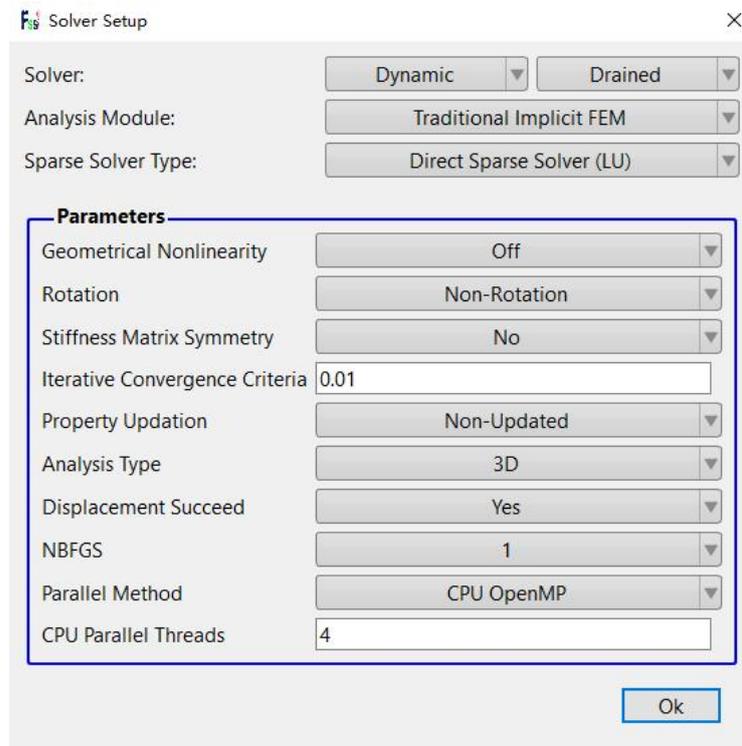


图 2.16 Step 2 求解器设置

2.13 Step 2 时间步设置

点击 Time Step，Simulation Time (s)为计算总时间，设置为 1.5s；Interval for Time Steps (s) 为时间步长，设置为 0.01 s；Interval for Updating Coordinate (s)为坐标更新时间，设置为 1.6s（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 1.6s（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 Inveral (s)为输出重启文件的时间，设置为 1.6s（不生成重启文件）；Result File Output Inveral (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 0.01s 输出一次结果文件；Results Output 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 0.01s 输出一次。 α ， β_1 ， β_2 为时间系数，保持默认值即可。具体设置如图 2.17 所示。可在 Results Sequence 中选择输出流速、流线图，每一步均需要选择。

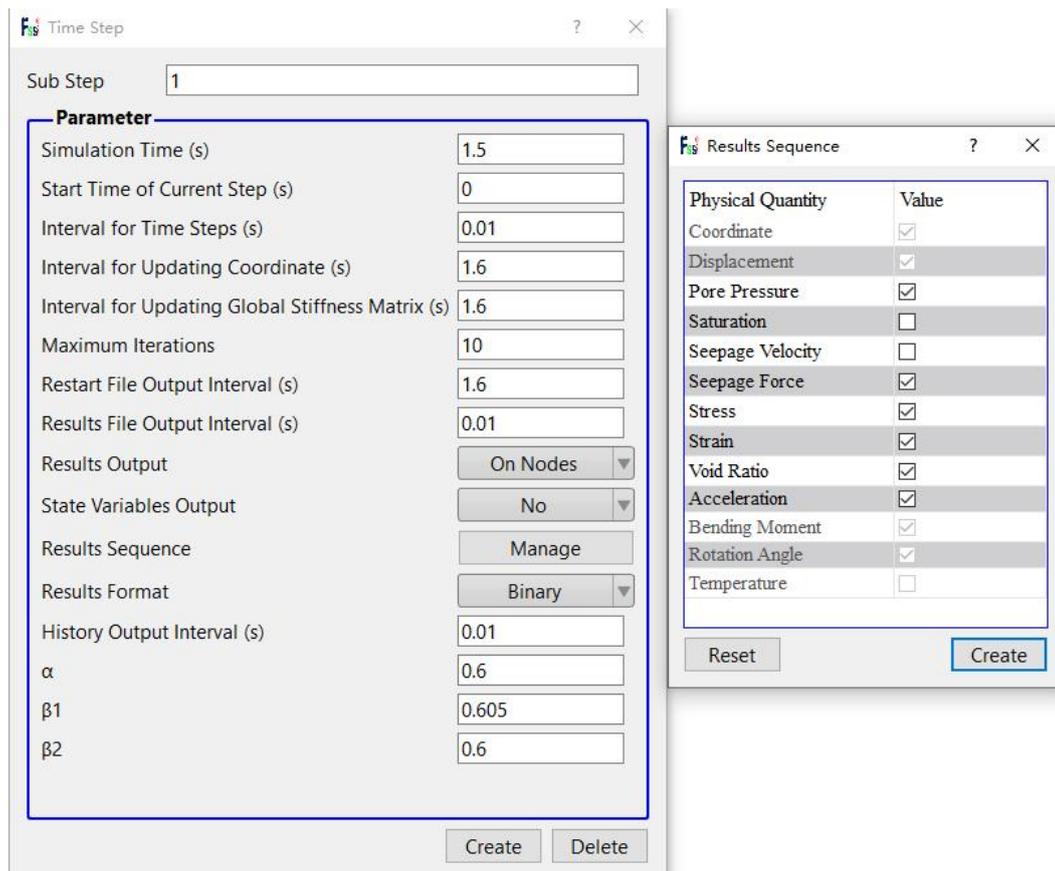


图 2.17 Step 2 时间步设置

2.14 设置初始条件

在前处理界面上 Model 树状菜单栏中，点击 Initial State，点击 OK，即可完成初始状态设置，如图 2.18 所示。

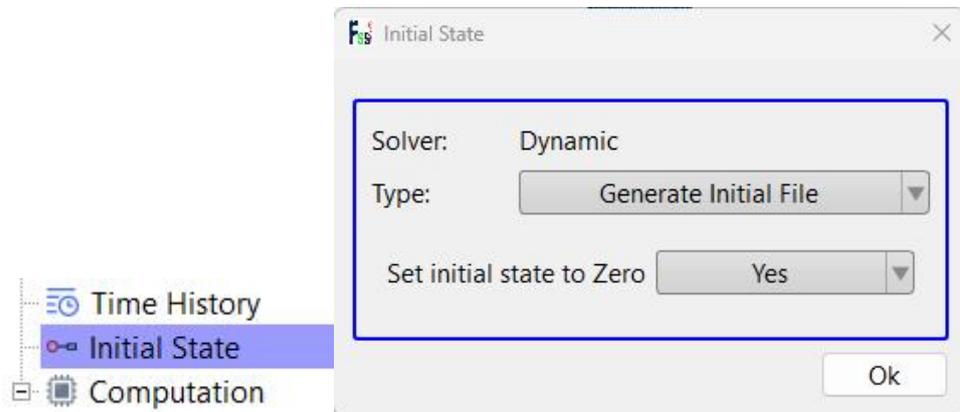


图 2.18 设置初始状态和指定初始条件

2.15 计算并保存

点击左侧菜单栏中的 FSSI-W，即可保存当前项目到指定目录并开始计算。

3 FssiCAS 图形界面操作——后处理

待计算结束后，点击左侧菜单栏的 Results 标签进入后处理界面。点击 Post Process—Open Result Files，点击 Soil Result Files Director 下方的 Load Files 来选择结果文件所在路径并加载，即可对固体结果进行处理。如图 3.1 所示。

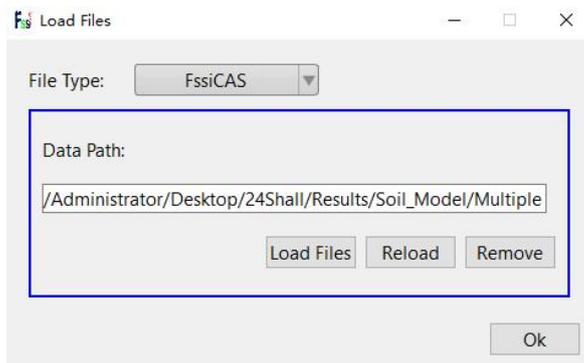


图 3.1 加载结果文件

3.1 绘制时程曲线

后处理部分不仅可以输出模型的位移、应力、应变结果分布图，也可以输出模型上节点或单元的时程曲线。

首先点击 History Plot—Soil History—History Plot on Node/Element，选择需要输出时程曲线的节点或单元，勾选节点 No.*，双击 Plot Type 中所列选项可以查看节点的时程曲线。

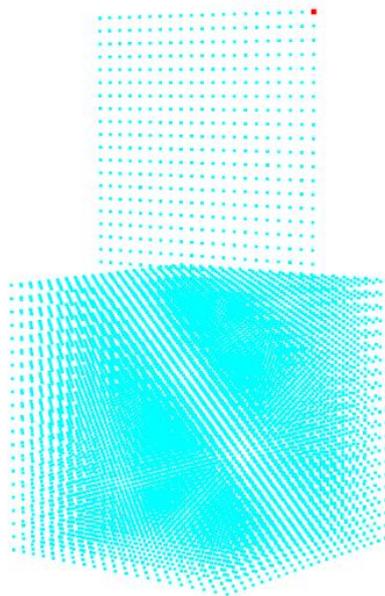


图 3.1 选择 No.1 点为监测点示意图

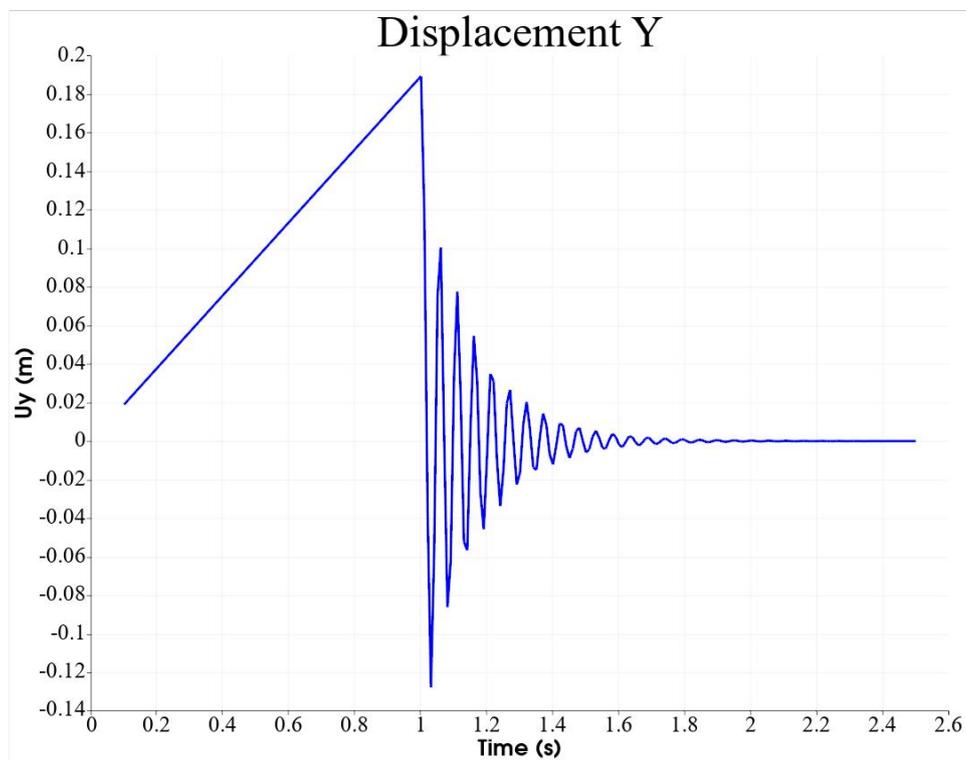


图 3.2 节点 No.1 Y 方向位移时程曲线图

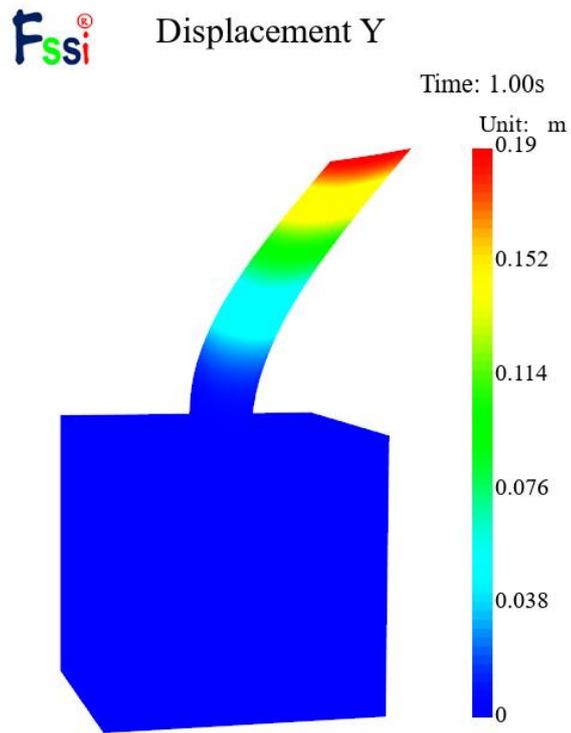


图 3.3 第 1s 时刻 Y 方向位移及变形云图

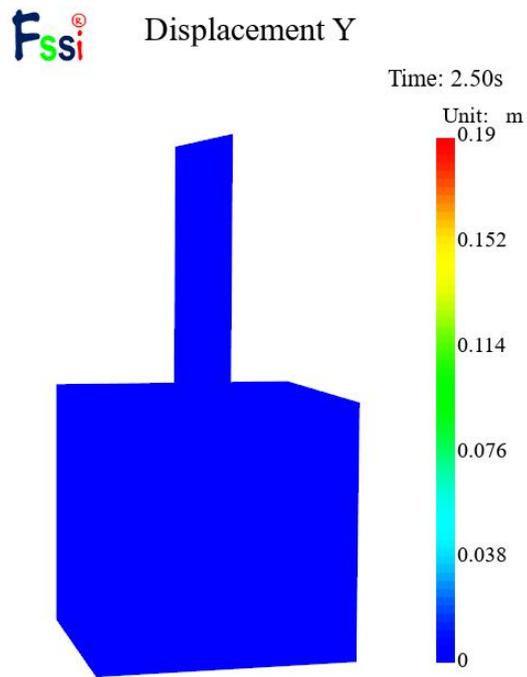


图 3.4 第 2.5s 时刻 Y 方向位移及变形云图