

# Rayleigh 阻尼对小球摆动行为的影响分析

本案例想验证对比小球施加水平力后本构模型施加阻尼和不施加阻尼的动力响应。

## 1.1 FssiCAS 图形界面操作——前处理

### 1.1.1 在 FssiCAS 软件中创建工程文件；

在 FssiCAS 软件中，用户点击 File—New，即可新建一个项目；用户点击 File—Save，选择之前新建的文件夹（选择 Viscoelastic Boundary Case 文件夹），即可将新建的项目保存在之前新建的文件夹里；当用户点击右上角×（退出软件）时，在弹出的窗口中选择 Yes，可保存当前项目，选择 No 即不保存当前项目，即可将新建的项目保存在之前新建的文件夹里，如图 1.1 所示。

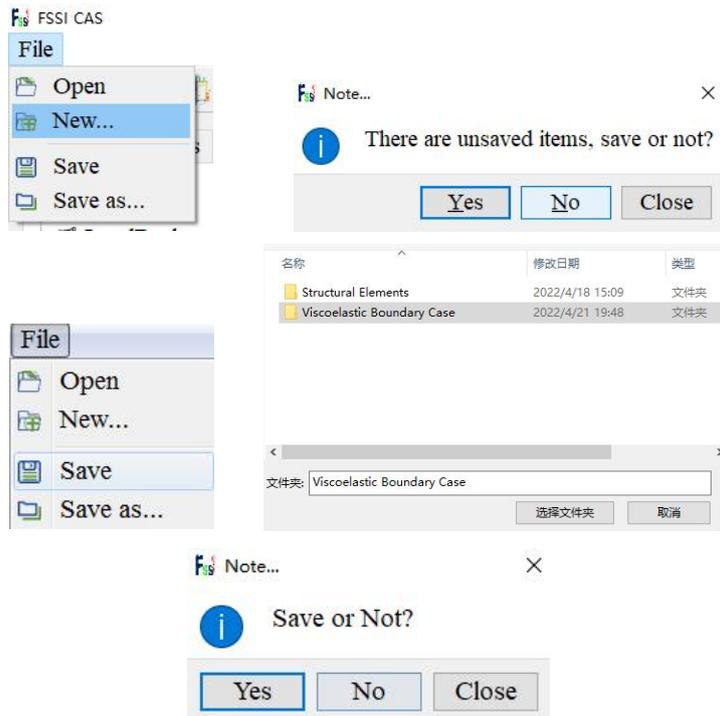


图 1-1 在 FssiCAS 软件中新建和保存一个项目的过程图

### 1.1.2 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, 在弹出 Choose

FssiMesh File 窗口中，选择从 FssiMesh 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 1-2 所示。

在弹出的 Load Mesh 窗口中设置固体单元类型和流体单元阶次，在本案例中固体单元采用四边形四节点一阶单元，不设置流体单元阶次。因此，固体单元节点数设置为 4，流体单元节点阶次设置为 0（即没有流体存在），点击 OK，如图 1-3 所示。在工作区中显示几何模型如图 1-4 所示。

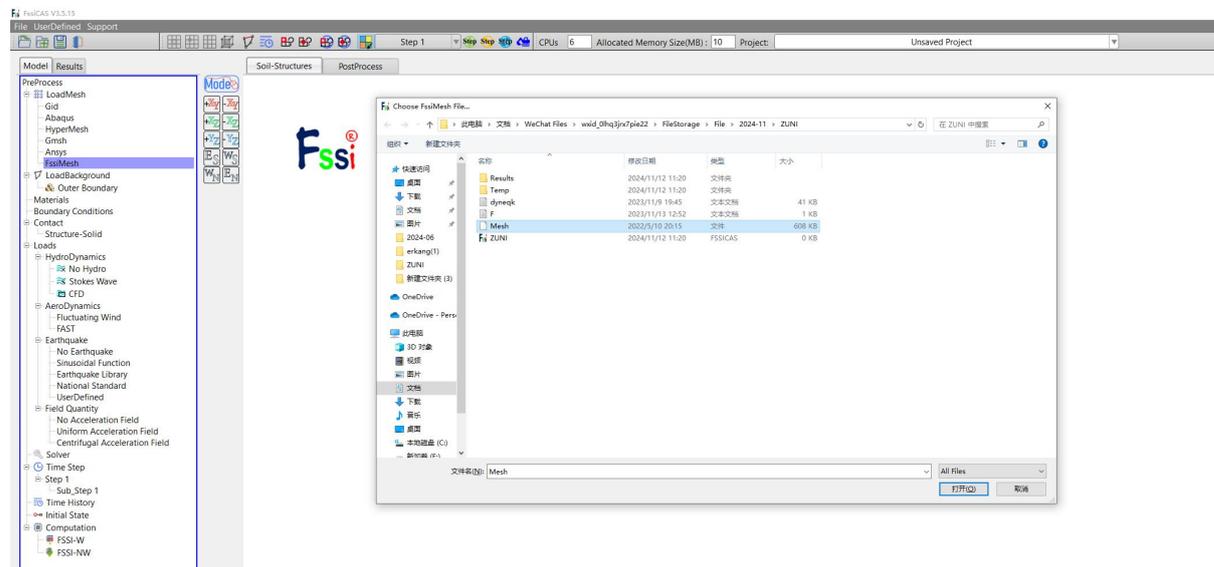


图 1-2 导入几何模型的网格文件

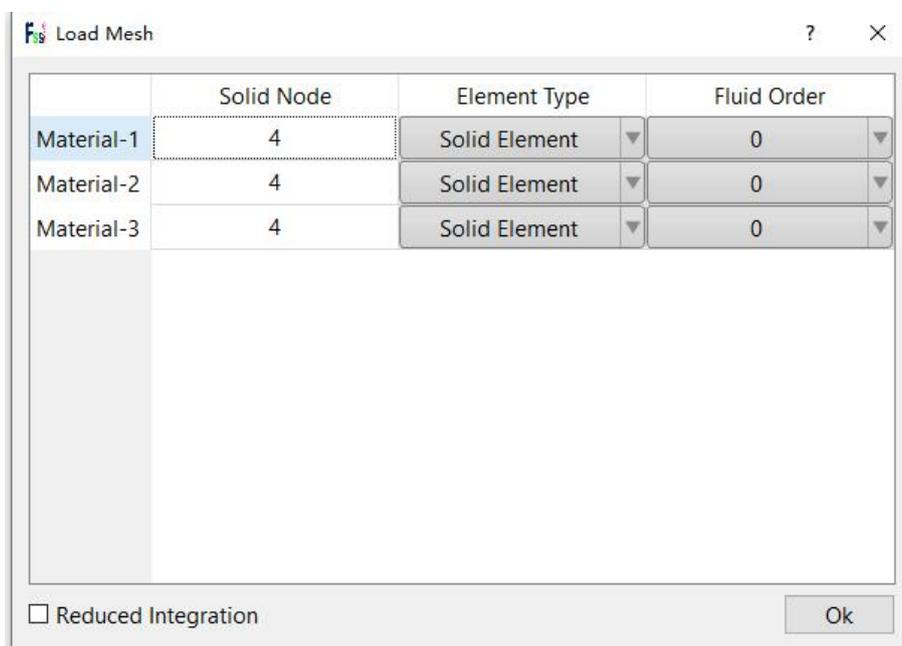


图 1-3 设置固体单元类型和流体单元阶次

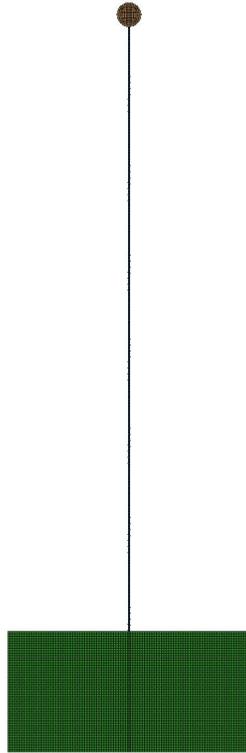


图 1-4 几何模型的显示

### 1.1.3 设置材料参数与本构模型

用户点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Material，分别设置多种材料的属性参数。该模型共包含三种材料，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。

该案例进行两次运算，通过对 Material 1 进行不同参数设置，一次施加阻尼，一次不施加阻尼，其材料参数如图 1-5 和图 1-6。其他材料设置相同，如图 1-7。

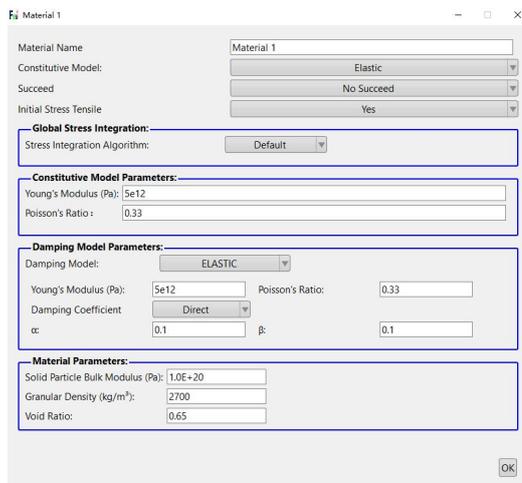


图 1-5 施加阻尼的材料参数

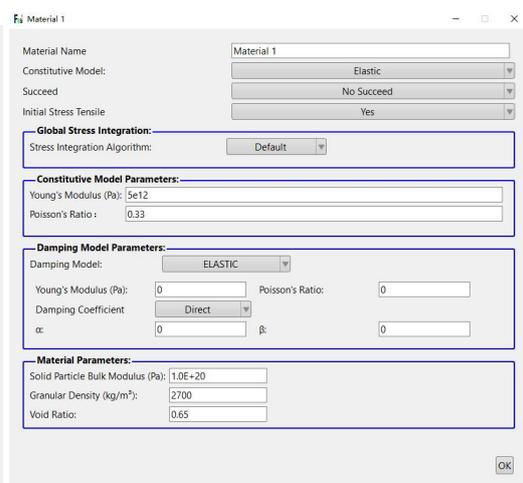


图 1-6 不施加阻尼的材料参数

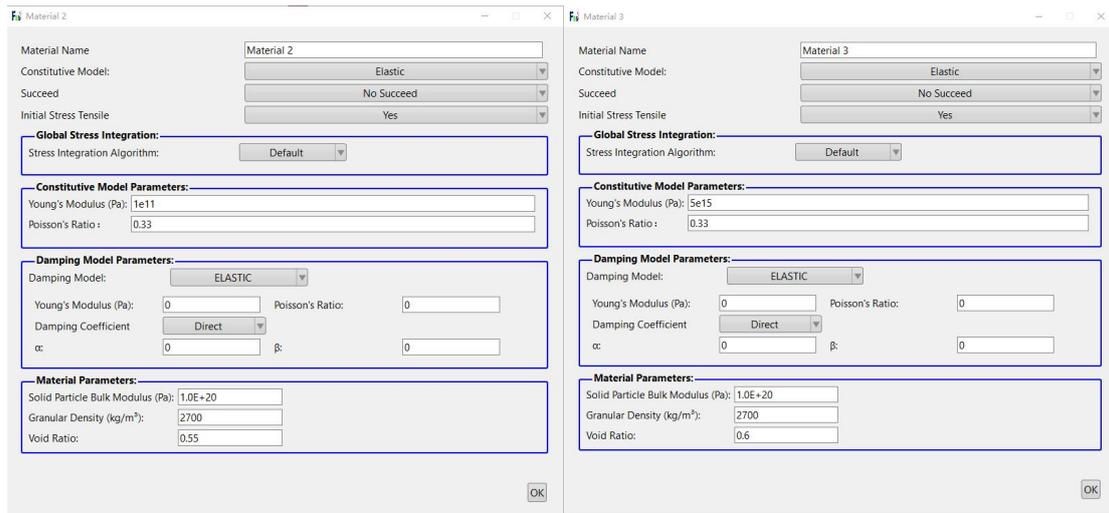


图 1-8 材料参数设置

### 1.1.4 添加时间步

本案例分为 Step1 与 Step2 两个时间步, 点击界面上方工具栏中的 Create Time Step 添加时间步, 并命名为 Step2, 即可成功添加。如图 1-9 所示。

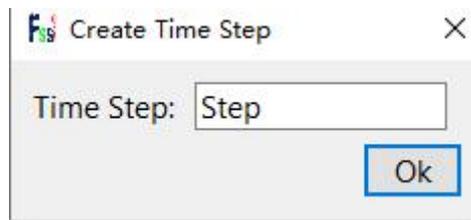


图 1-9 添加时间步

### 1.1.5 设置边界条件

需要将几何模型的边界条件设置为: 本案例需要在模型的底部边界上施加 X 与 Y 方向的约束。在模型的左右两侧边界上施加 X 方向的约束。

点击工具栏中图标 , 进入边界选择模式, 如图 1-10 所示;

点击工具栏中图标 , 进入节点选择模式, 如图 1-11 所示;

点击键盘‘R’键, 开始选择。



图 1-10 Apply Boundary



图 1-11 Select Node

在工作区中拖动鼠标框选模型左右两侧所有点位，Displacement—Apply，在弹出对话框中施加 X、Y 方向位移固定，点击 OK，如图 1-12 所示；

再次点击键盘‘R’键，可结束选择。

Fssi<sup>®</sup>

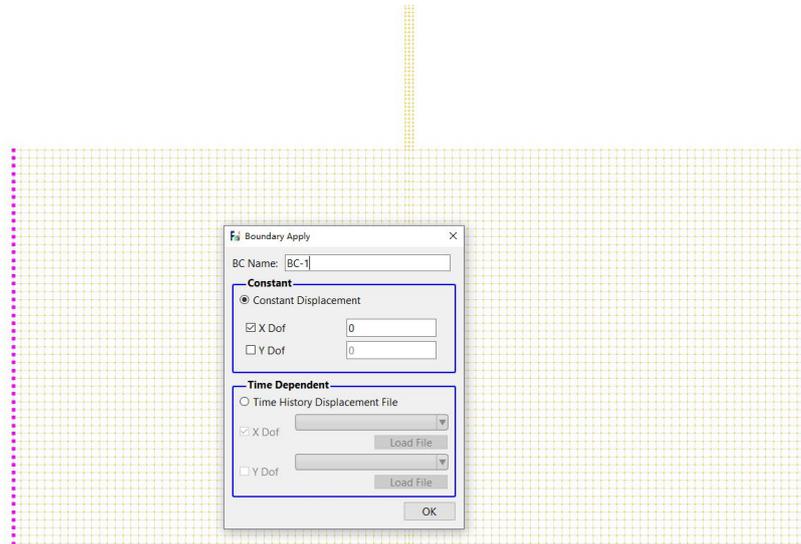


图 1-12 左右边界 X 方向位移固定

再以相同的方法，选择模型底部边界施加 X、Y 方向位移固定。如图 15-16 所示。

Fssi<sup>®</sup>

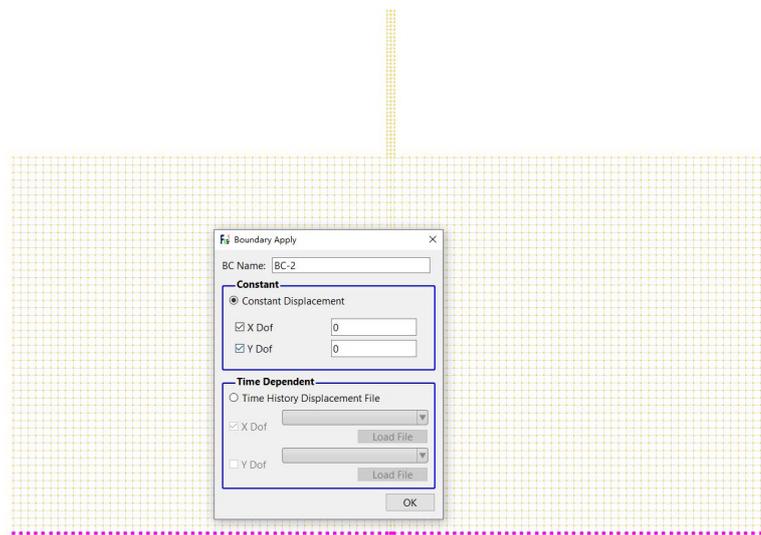


图 1-13 底部边界 X、Y 方向位移固定

至此，时间步 1 的边界条件添加完毕，将时间步 1 改成时间步 2，如图所示，

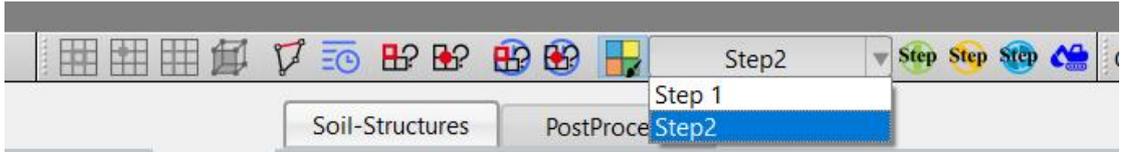


图 1-14 将 Step1 改为 Step2

然后在工作区中拖动鼠标框选模型顶部所有点位, Force—Apply, 在弹出对话框中施加如图 1-15 所示

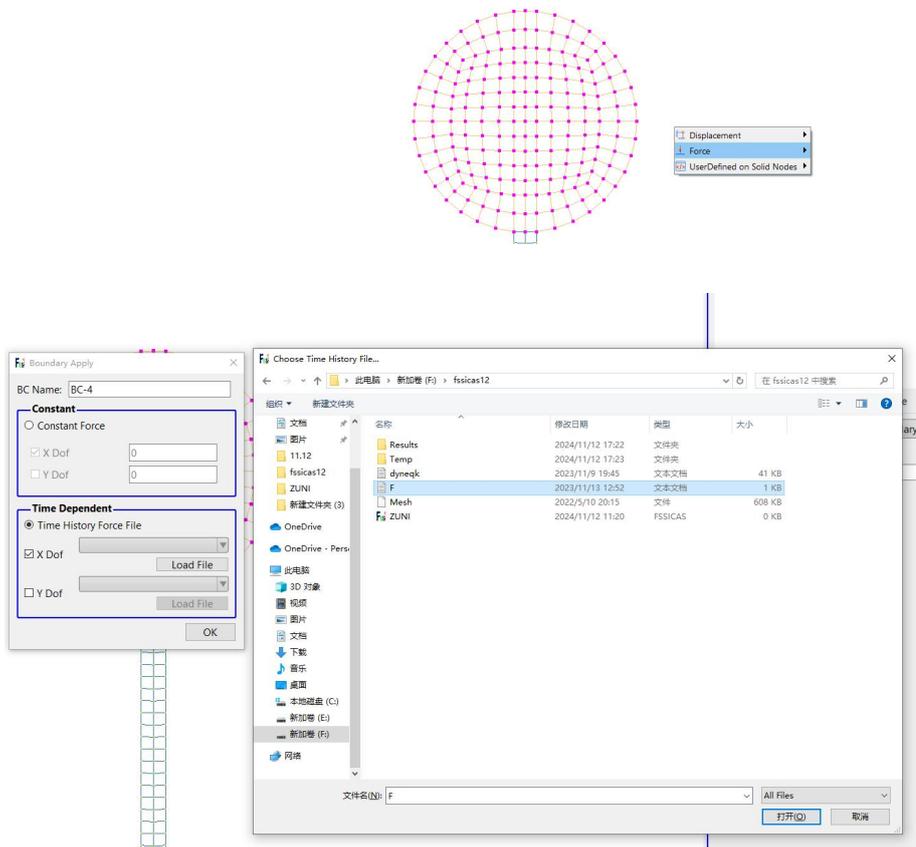


图 1-15 框选模型顶部单元施加集中力

在右侧的伸缩区中勾选 Show Boundary Condition, 如图 1-16 所示, 可以检查是否正确添加边界条件。图 1-17 为本案例添加的边界条件

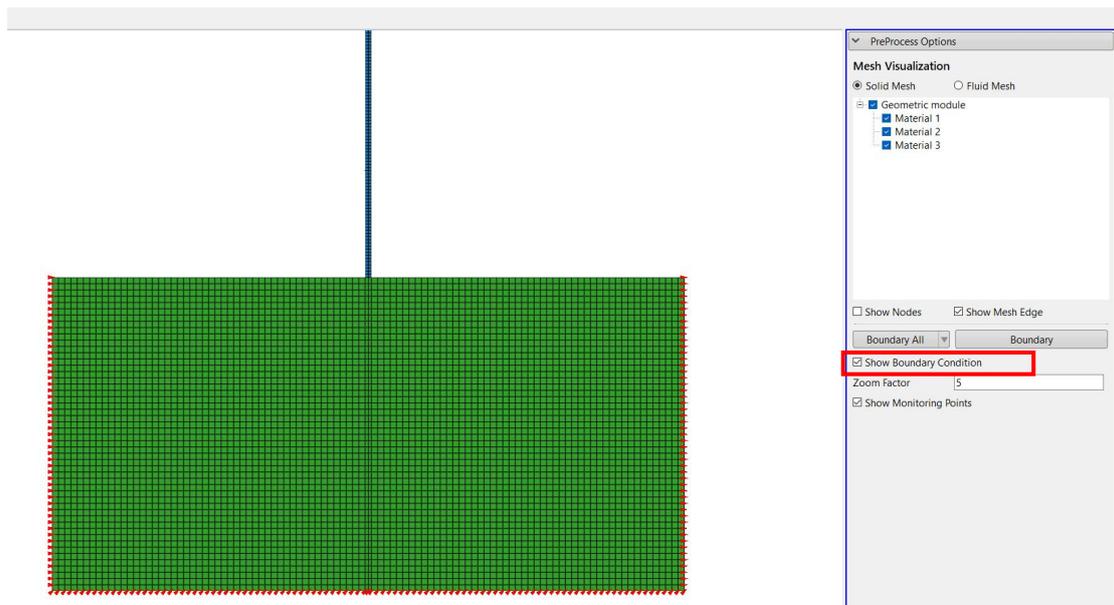


图 1-16 在右侧的伸缩区中勾选 Show Boundary Condition

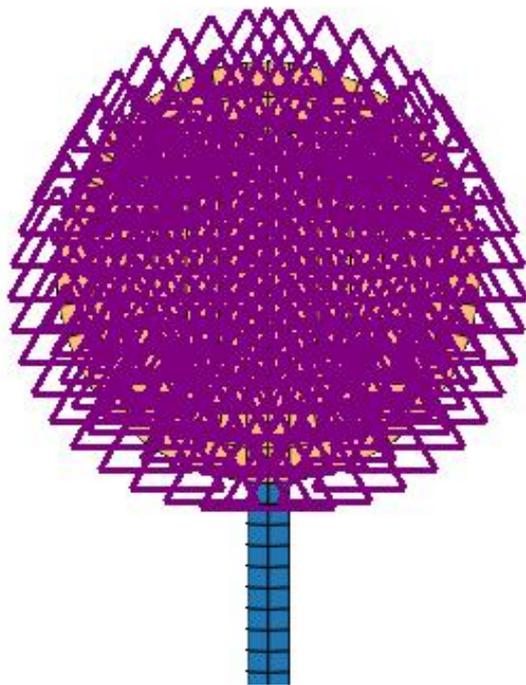


图 1-17 该案例添加的边界条件

### 1.1.6 设置水动力边界条件

由于本案例不考虑流体节点，不设置水动力边界条件。因此设置耦合方式为非耦合，不考虑波浪动力，点击 FssiCAS—Preprocess—Loads—Hydrodynamics—No Hydro，如图 1-18 所示。

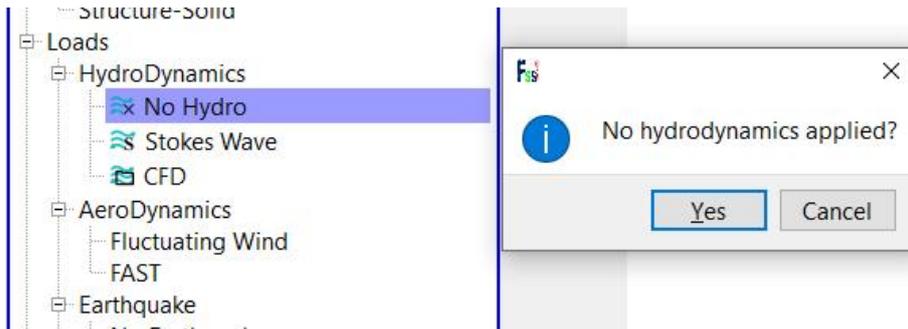


图 1-18 耦合方式选择非耦合（不考虑波浪动力）

### 1.1.7 设置不加载地震波

点击 Earthquake 模块中的 No Earthquake，在弹出的对话框选择确定，即可在该时间步设置为不加载地震波。如图 1-19 所示。



图 1-19 不加载地震波

### 1.1.8 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  $0 \text{ m/s}^2$ ，Y 方向为  $-9.806 \text{ m/s}^2$ ，如图 1-20 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。

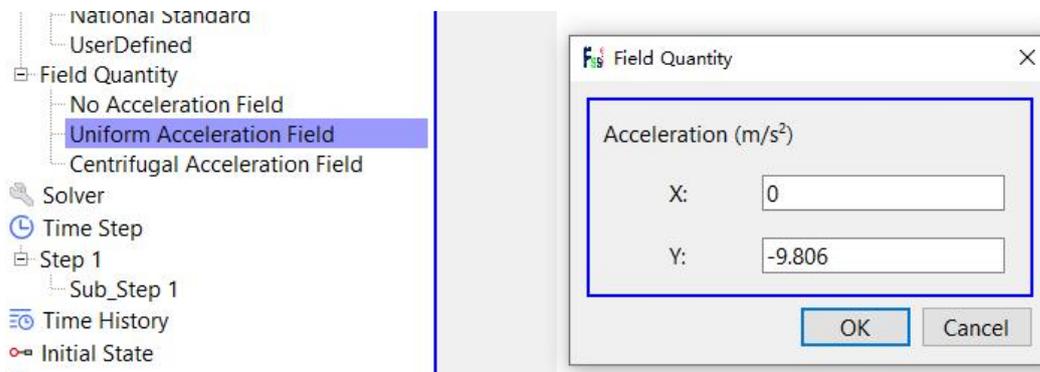


图 1-20 重力加速度设置

### 1.1.9 设置求解器类型和时间步

在 Step1 模式下，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)，Step2 模式下，求解器设置为 Dynamic，并进行相关属性参数设置，如图 1-21 所示：

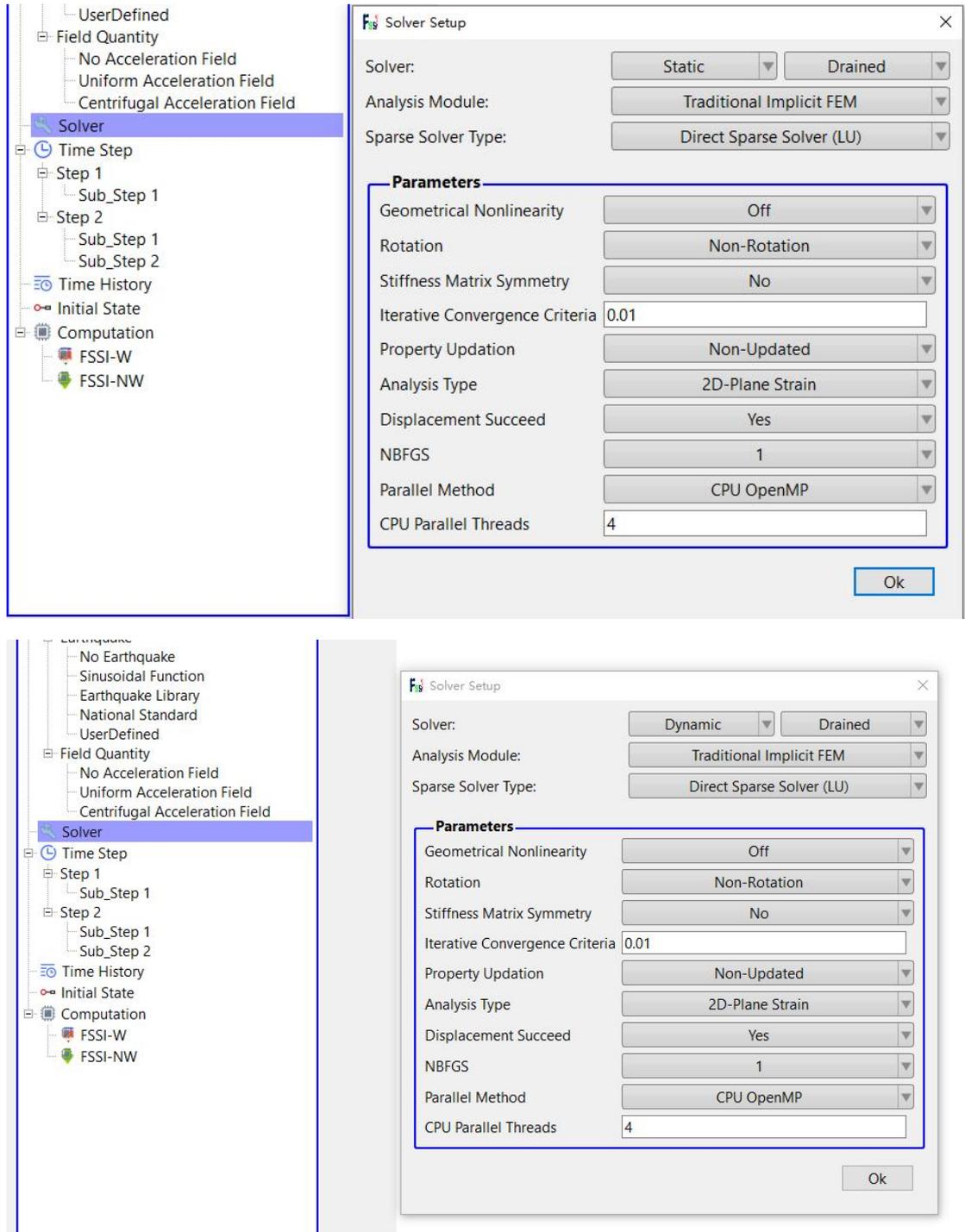


图 1-21 设置求解器的相关属性参数

在前处理界面上的 Model 树状菜单栏中的 Time Step 中，点击 Step1 下的 Sub\_Step1，设置固结时间步数为 1s，时间步长为 0.1s，不更新坐标，不更新刚

度矩阵，每步最大迭代 100 次，不输出重启文件，每 0.2 输出分布图结果，每 0.1 输出时程结果，如图 1-22 所示；

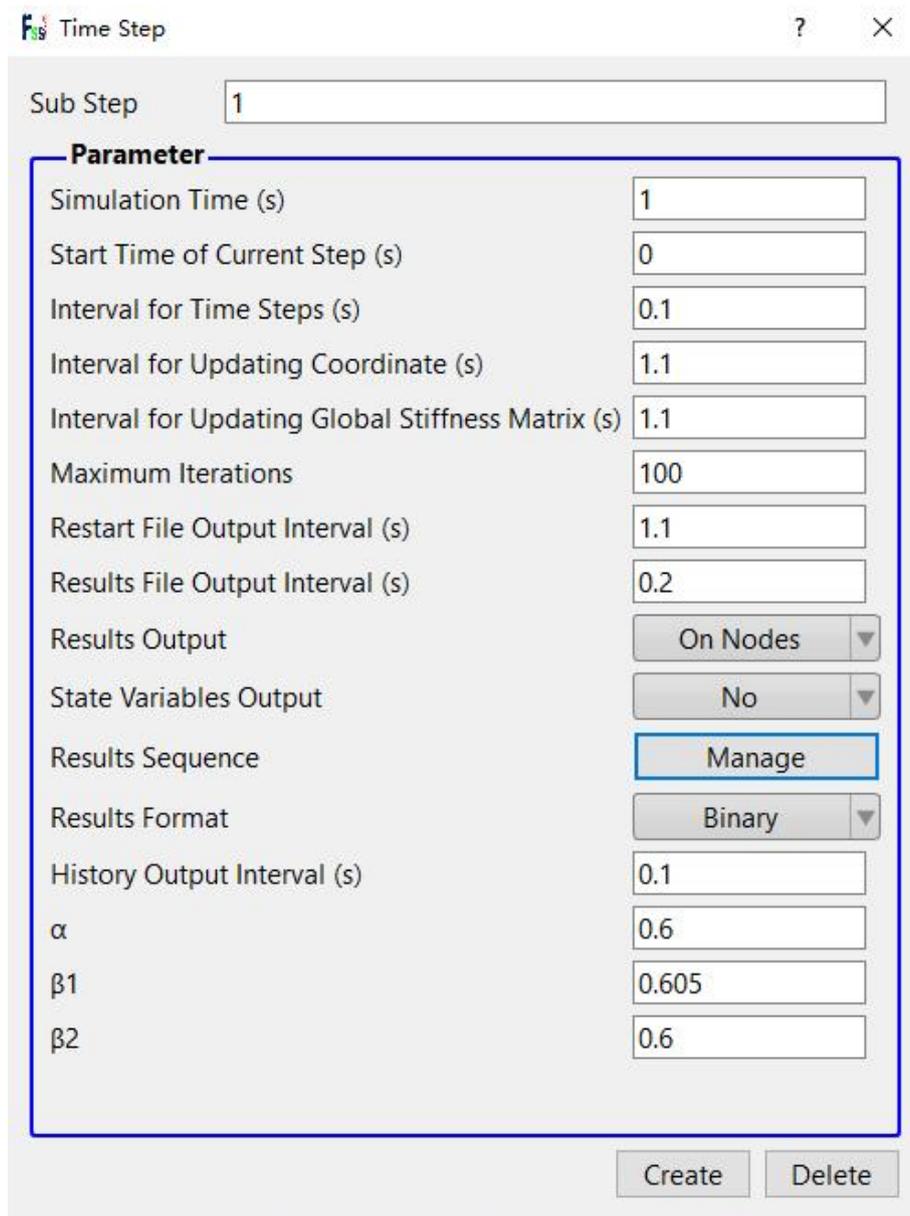


图 1-22 设置时间步 1 和相关属性参数

在前处理界面上的 Model 树状菜单栏中的 Time Step 中，点击 Step2 下的 Sub\_Step1，设置求解时间步数为 6s，时间步长为 0.001s，不更新坐标，不更新刚度矩阵，每步最大迭代 100 次，不输出重启文件，每 0.01s 输出分布图结果，每 0.01s 输出时程结果。

点击 Step2 下的 Sub\_Step2 设置求解时间步数为 150s，时间步长为 0.01s，不更新坐标，不更新刚度矩阵，每步最大迭代 100 次，不输出重启文件，每 0.01s 输出分布图结果，每 0.01s 输出时程结果。

如图 1-23 所示；

Time Step

Sub Step: 1

**Parameter**

Simulation Time (s)	6
Start Time of Current Step (s)	0
Interval for Time Steps (s)	0.001
Interval for Updating Coordinate (s)	9
Interval for Updating Global Stiffness Matrix (s)	9
Maximum Iterations	100
Restart File Output Interval (s)	9
Results File Output Interval (s)	0.01
Results Output	On Nodes
State Variables Output	No
Results Sequence	Manage
Results Format	Binary
History Output Interval (s)	0.01
$\alpha$	0.6
$\beta_1$	0.605
$\beta_2$	0.6

Create Delete

Time Step

Sub Step: 2

**Parameter**

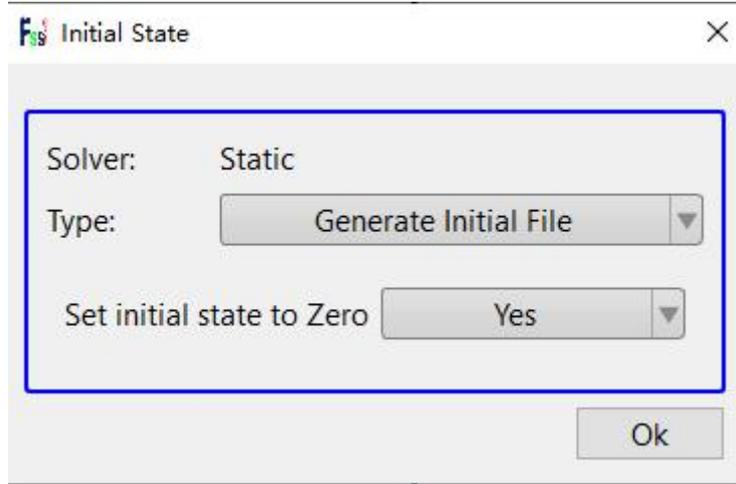
Simulation Time (s)	150
Start Time of Current Step (s)	0
Interval for Time Steps (s)	0.01
Interval for Updating Coordinate (s)	155
Interval for Updating Global Stiffness Matrix (s)	155
Maximum Iterations	100
Restart File Output Interval (s)	155
Results File Output Interval (s)	0.01
Results Output	On Nodes
State Variables Output	No
Results Sequence	Manage
Results Format	Binary
History Output Interval (s)	0.01
$\alpha$	0.6
$\beta_1$	0.605
$\beta_2$	0.6

Create Delete

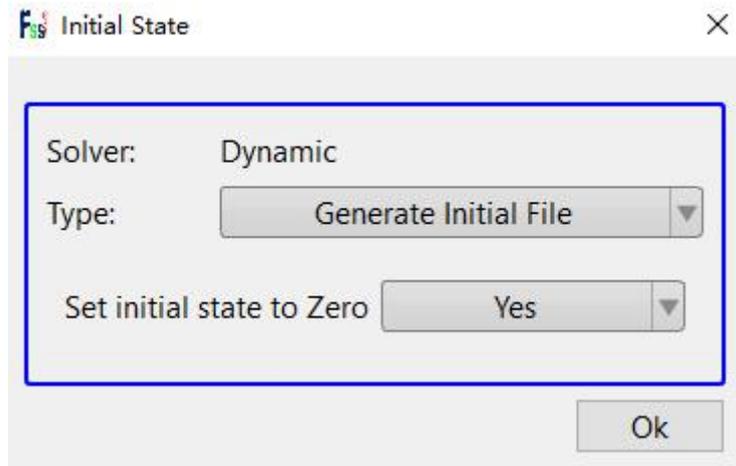
图 1-23 设置时间步 2 和相关属性参数

### 1.1.10 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 1-24 所示；



(a) 第一步初始条件



(b) 第二步初始条件

图 1-24 设置初始条件

### 1.1.11 计算并保存

点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏里 Computaton 中的 FSSI-W，保存当前项目，开始计算，计算完成后结果储存在 Project\Results\Soil\_Model\Step 1。如图 1-25 所示。在退出 FssiCAS 软件时，用户在弹出的 Note 窗口中点击 Yes，即可退出软件时保存项目。如图 1-26。

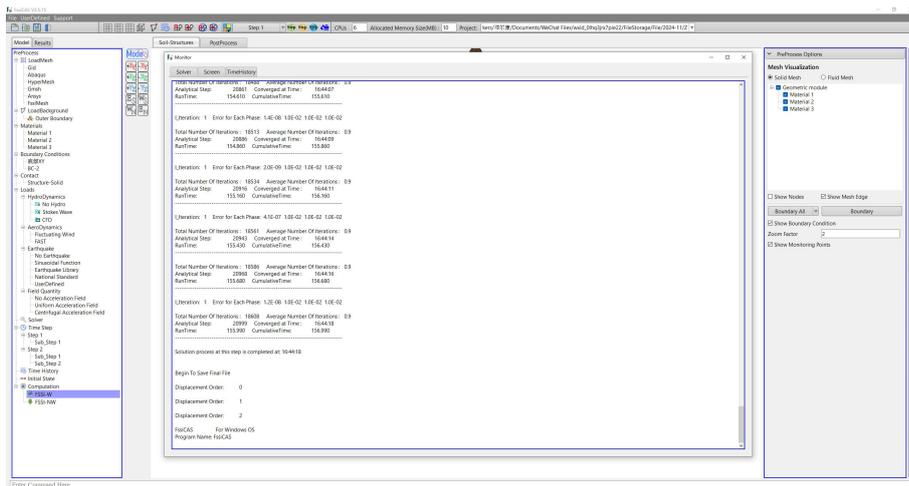


图 1-25 计算完成

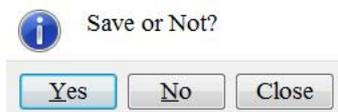


图 1-26 保存项目文件

## 1.2 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。

### 1.2.1 加载 FssiCAS 文件

点击在后处理界面上 Results 树状菜单栏中的 Open Results File，在弹出窗口的 File Type 中选择 FssiCAS，点击 Load Files，选择需要处理的结果文件夹，即可导入 FssiCAS 计算结果，如图 1-27 所示。

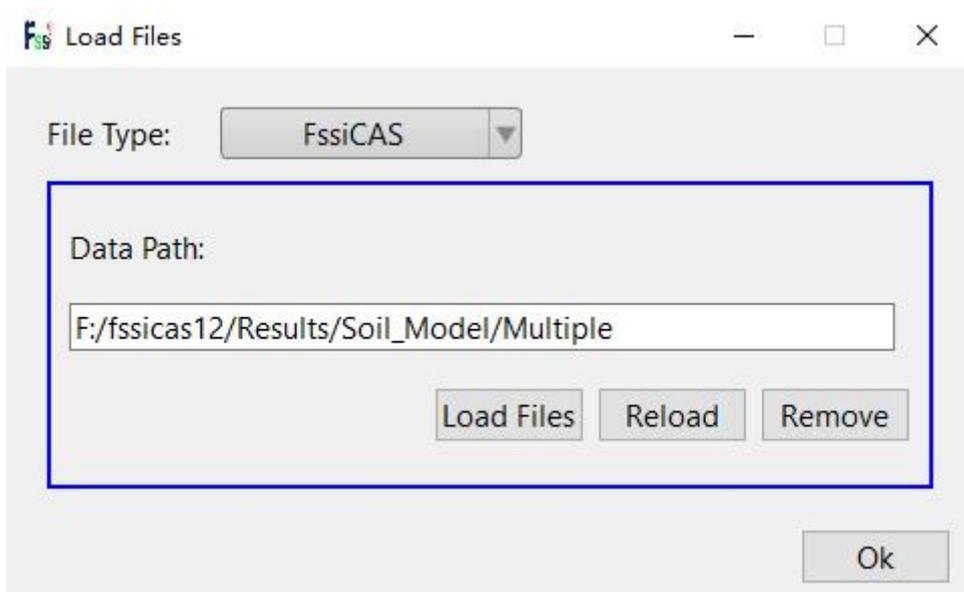
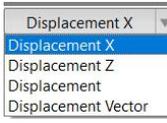


图 1-27 打开结果文件

## 1.2.2 绘制分布图

在工作区中显示选择 ，在工具栏的输入窗口

处输入时间步，按键盘上的“回车键”，即可在工作区中显示该时间步的 x 方向位移分布云图，如图 1-28 所示

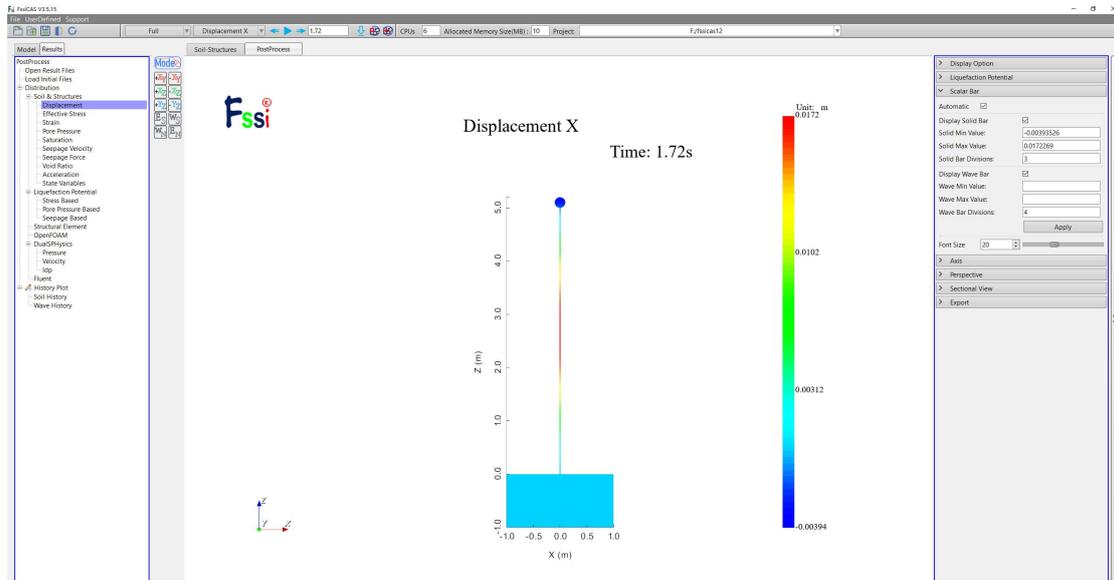


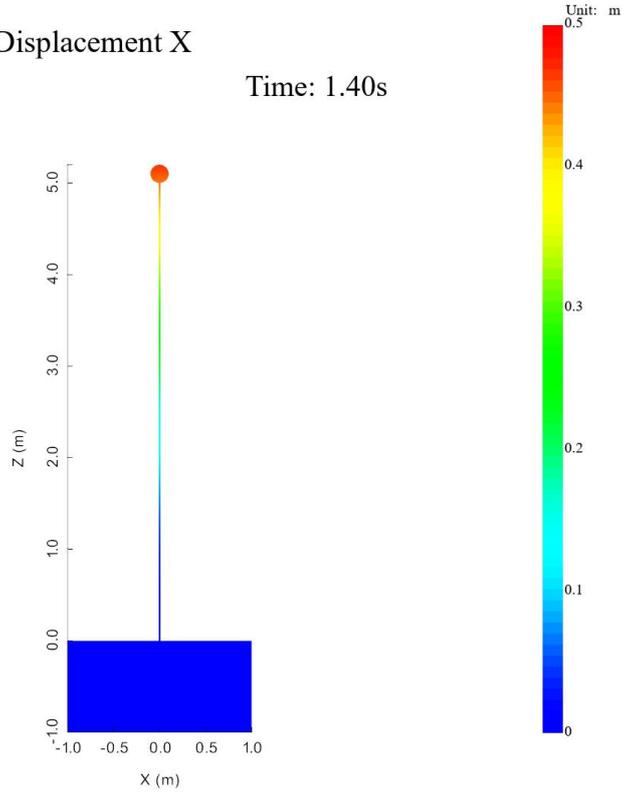
图 1-28 绘制分布图

本案例部分计算结果分布云图如图 1-29 所示



Displacement X

Time: 1.40s

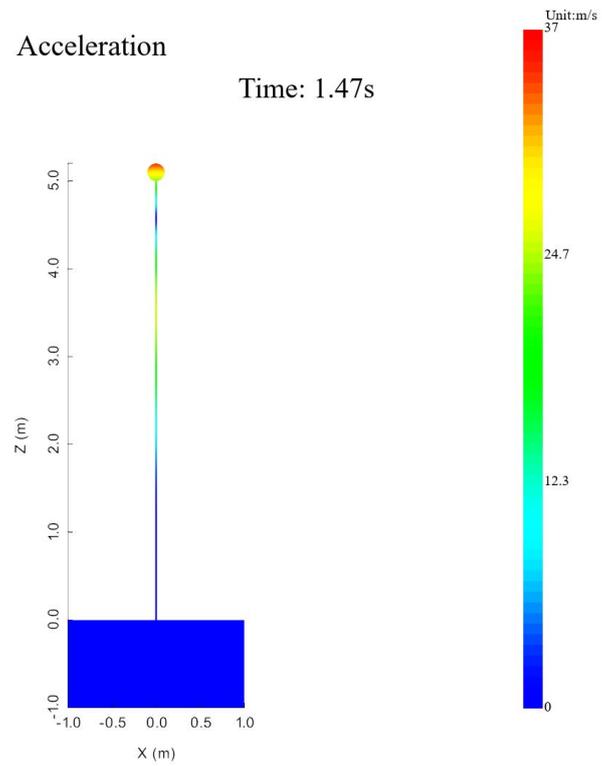


(a) 第 1.4S 时刻 X 方向位移



Acceleration

Time: 1.47s



(b)第 1.47s 时刻加速度

图 1.29 计算结果分布云图

### 1.2.3 输出时程曲线

选择如图 1-30 所示点位进行时程曲线输出，时程曲线示例如图 1-31、1-32、1-33 和 1-34 所示。

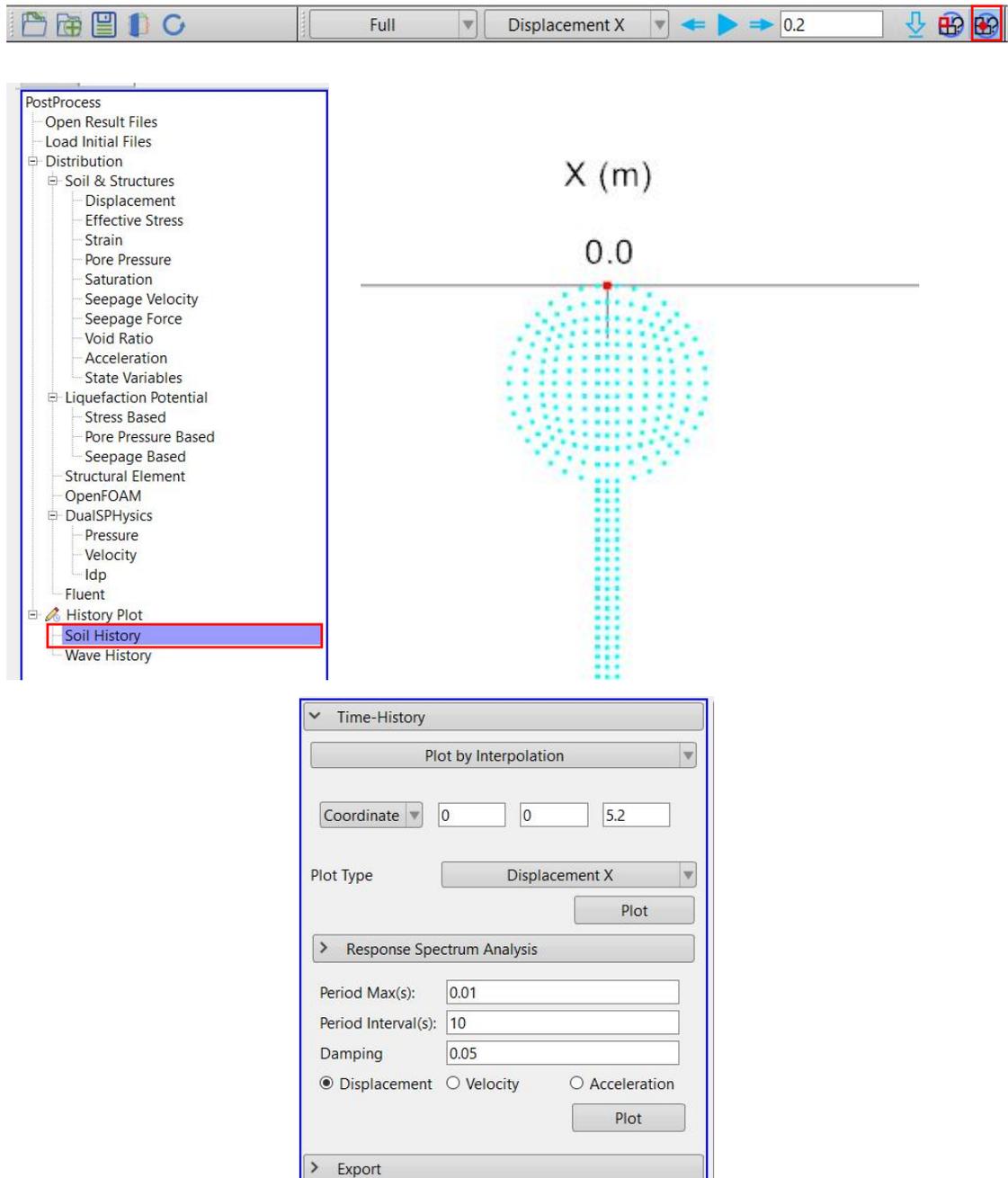


图 1-30 选取时程点

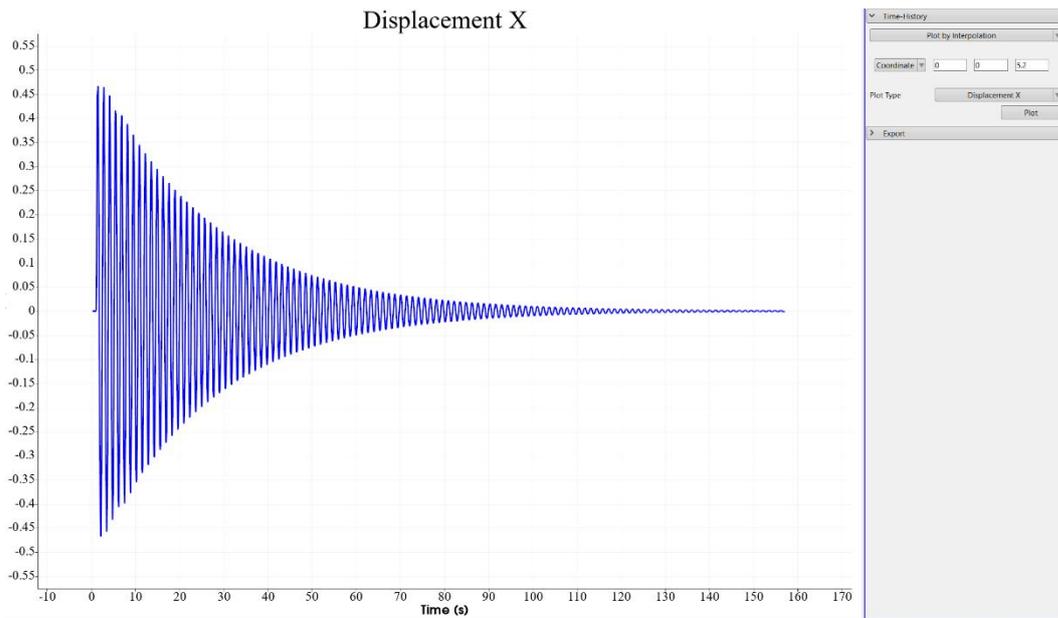


图 1-31 施加阻尼的顶部中间节点位移时程曲线

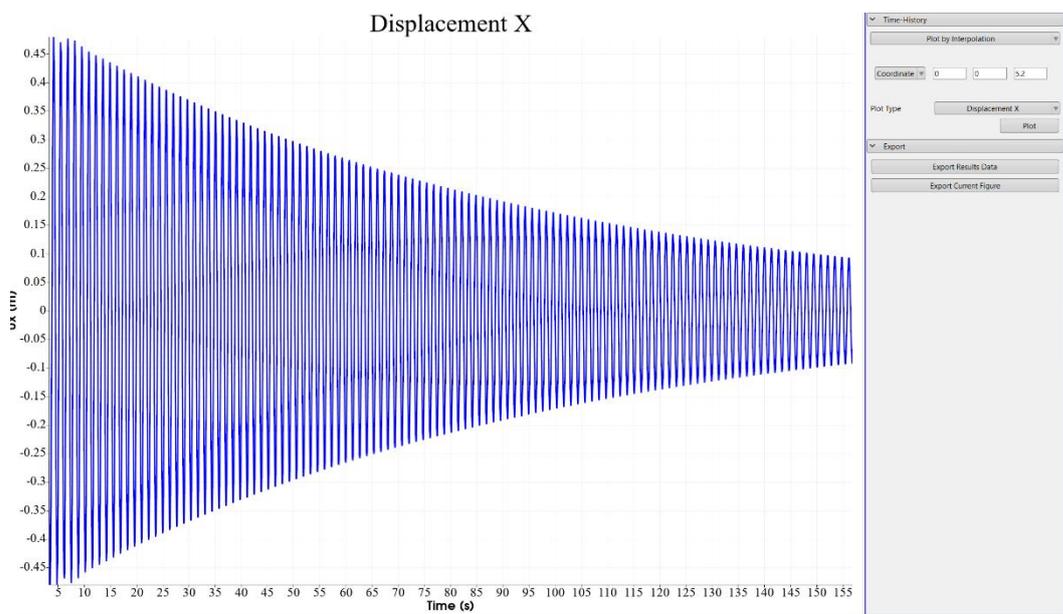


图 1-32 不施加阻尼的顶部中间节点位移时程曲线

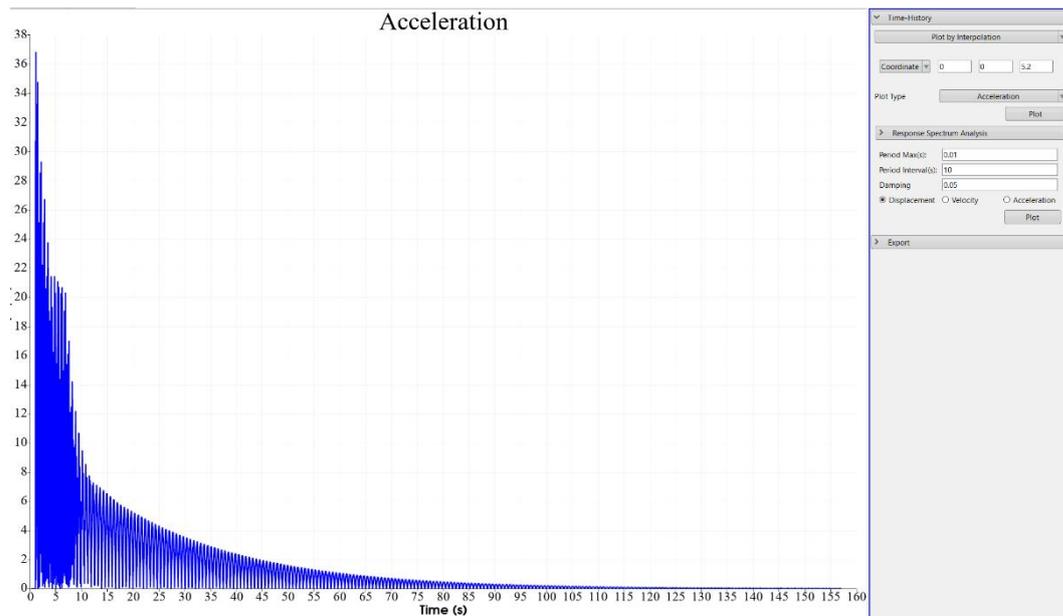


图 1-33 施加阻尼的顶部中间节点加速度时程曲线

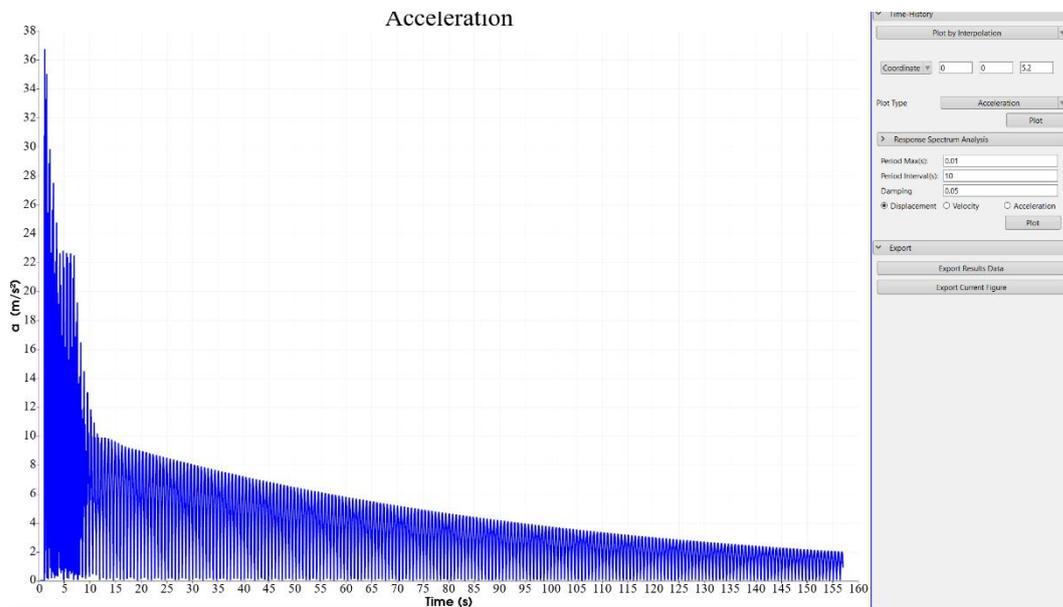


图 1-34 不施加阻尼的顶部中间节点加速度时程曲线