

转化程序 TJU. SAP2ABAQUS 帮助文档

6.1 引言

TJU. SAP2ABAQUS 是一种模型转化接口程序，字母 TJU 是对 Tian jin University 的简称。TJU. SAP2ABAQUS 的主要功能是将 SAP2000 软件中模型数据转化为 ABAQUS 模型数据，其突出特点是：界面友好、转化高效、数据准确、实用性强。

语言采用 C#, 平台 VS2008, 通过二进制.com 直接打开 SDB 文件，不需要 SAP 模型的 S2k 或 Access 数据文件。

ABAQUS 是大型通用有限元软件，拥有丰富的材料库和单元库，具备高度非线性问题的求解能力，在复杂高层建筑结构的动力弹塑性计算中的应用日趋广泛。但是，ABAQUS 与其自身的计算能力相比，相对不足之处是模型建立不方便。然而，SAP2000 的前处理相对友好且工程应用比较广泛。鉴于此，开发了 SAP2000 模型到 ABAQUS 模型的数据接口程序 TJU. SAP2ABAQUS。

6.2 接口简介

SAP2ABAQUS接口软件可以直接读取SAP2000软件保存的.sdb模型文件，识别模型信息，在输入模型的相应信息后，根据不同的要求，生成inp文件。inp文件在ABAQUS中直接导入。

SAP2ABAQUS接口软件的功能主要包含：

- 1 识别SAP2000模型信息；
- 2 指定截面材料和纤维；
- 3 模型分part输出；
- 4 摩擦面识别及摩擦系数指定；
- 5 指定地震波文件。

SAP2ABAQUS接口软件可以识别SAP2000模型的信息包括：

- 节点
- 构件
- 连接单元
- 组信息
- 支座的连接方式

SAP2000和ABAQUS中使用的关键字对比可以参看表1。

表1 SAP2000与ABAQUS关键字对应关系

SAP2000关键字	ABAQUS关键字	备注
Joint	*Node	节点
Frame	*Element, type=B31	杆件
Cable	*Element, type=B31	索
Area	*Element, type=S4R	面单元
Solid	*Element, type=C3D8R	实体
Group	*Elset/ *Nset	组
Joint Restraint	*Boundary	边界条件

SAP2000软件中的杆件类型多样，在目前版本的SAP2ABAQUS接口中，可以识别的构件有：混凝土圆形构件，混凝土矩形构件，型钢（工字钢、角钢、箱型钢、钢管），索，面，实体，连接单元。其它类型的构件，读取构件的位置信息写入inp文件，即对于不识别的构件，只有几何信息，材料，截面等信息可以在ABAQUS指定。

6.3 主界面

SAP2ABAQUS接口采用窗口界面，操作简单。图1为SAP2ABAQUS接口初始打开时的操作界面。浏览按钮用于选择SAP2000软件的.sdb文件。选择.sdb文件后，文件的路径会显示在左侧的编辑框中，便于用户查看。读取SDB数据按钮用于读取.sdb文件，对读取的构件进行分类并填充列表。

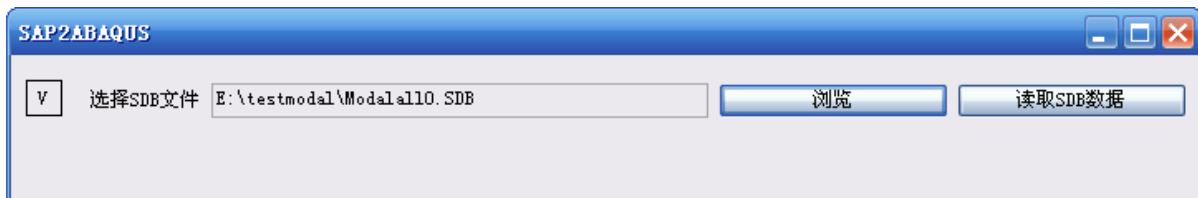


图1 SAP2ABAQUS初始操作界面

读取.sdb文件数据后的操作界面如图2所示，包括两个属性页：截面材料及纤维指定和地震动。截面材料及纤维指定属性页用于指定构件的截面信息。地震动属性页用于设置地震波以及指定ABAQUS中采用的计算类型。



图3 SAP2ABAQUS数据填充后的操作界面

V字标识为接口版本信息查看按钮，点击此按钮，可以查看接口的版本和适用的SAP2000版本，如图3所示，接口版本为V1.0，SAP2000版本为V14。



图2 SAP2ABAQUS版本信息

6.4 分 part

part是ABAQUS模型的基本构成元素。part模块的主要功能是建立有限元分析模型所需要的部件。一个模型通常由一个或几个part组成。在SAP2ABAQUS接口中，可以根据需要将SAP2000模型分为多个part进行输出。在接口中实现模型分part输出，需要在SAP2000模型中定义组。SAP2000软件的组同ABAQUS的set功能，具体参见6.5.6组部分内容。为实现分part功能，需要将SAP2000中的组名指定为包含“part”的字符串。包含“part”字符串的组是用于分part的组，不进行组的输出。如果整个模型没有进行part分组，或者部分构件没有指定part分组，则接口会给这部分构件指定为缺省的part分组名称--PARTOT。在SAP2000模型分组时需要注意两个情况：1 用于接口转换的模型

中，一个构件不能指定到两个part分组。2 不能将part分组名命名为PARTOT，这是在接口中保留的关键字。

图4为SAP2000中定义的组，共4个（注：ALL组不输出）。PART1为用于part输出的组，其它组为定义的一般组。在输出的inp文件中（图5），模型为两个part，一个名为PART1，一个名为PARTOT。说明模型中只给部分构件指定了part分组。在set输出部分，没有输出part分组的定义，如图6，只输出了一般组定义。

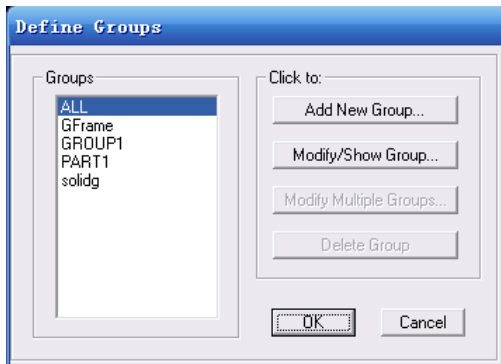


图 4 SAP2000 组的定义

```
*Part, name=PARTOT
...
*End Part
*Part, name=PART1
...
*End Part
```

图 5 inp 文件 part 输出

```
*Elset, elset=Esolidg1, instance=PARTOT-1, generate
58,58
*Elset, elset=EGFrame1, instance=PARTOT-1, generate
1,1
*Nset, nset=NGFrame1, instance=PARTOT-1, generate
4,4
*Elset, elset=EGROUP11, instance=PARTOT-1, generate
1,1
*Nset, nset=NGROUP11, instance=PARTOT-1, generate
4,4
*Elset, elset=EGFrame2, instance=PART1-1, generate
2,2
*Nset, nset=NGFrame2, instance=PART1-1, generate
2,2
*Elset, elset=EGROUP12, instance=PART1-1, generate
2,2
*Nset, nset=NGROUP12, instance=PART1-1, generate
1,1
```

图 6 inp 文件 set 输出

6.5 截面材料及纤维指定

SAP2ABAQUS接口读取SAP2000模型信息后，自动生成截面的列表，用于构件的分类和查看，这部分的操作在截面材料及纤维属性页中进行。混凝土构件按照截面形状分为矩形截面和圆形截面(如图7，图8)，构件的具体类型由用户指定。钢结构构件根据型钢截面的形状进行分类并列表显示(如图9)。索构件按照截面列表显示(如图9)。壳单元根据截面进行分类，需要指定为剪力墙还是楼板(如图10)。实体及钢筋根据截面

进行分类，列表显示(如图10)。



图7 矩形截面属性指定





图8 圆形截面属性指定



图9 型钢和索截面列表



图10 面和实体截面列表

当前操作显示当前进行的操作步骤。  和  按钮是上一步和下一步按钮，来切换不同的操作步骤。1-4步（图7, 8, 9, 10）为数据填充列表步骤，包括矩形截面属性指定，圆形截面属性指定，型钢和索截面列表，面和实体截面列表。模型中不论包含何种构件，此4步均显示。当模型中不包含某类型构件时，如角钢，则对应的列表为空，即角钢列表为空。

数据填充列表（1-4步）完成后的步骤为对构件截面进行数据的输入，此部分内容会根据模型中包含的构件进行显示，不存在空置的数据填充表格。在构件截面数据输入中，有表格输入和控件输入以及图形显示（图11）。表格和控件中的数据同步进行修改，图形实时更新。构件截面的尺寸信息和截面数据，读取于SAP2000模型，材料信息和纤维信息由用户输入。



图11 矩形梁数据输入示意图

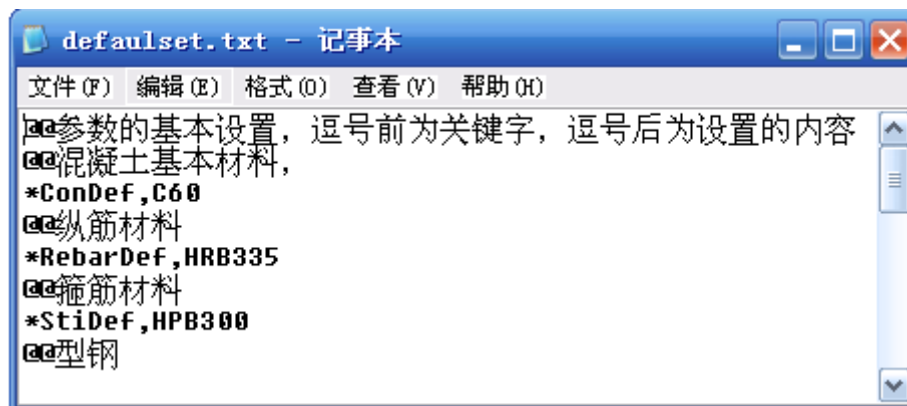


图12 缺省数据文件

表格中的钢筋数据按照缺省数据进行填充，如用户使用的数据与缺省数据不同，可以修改软件根目录下的defaultset.txt文件来修改。defaultset.txt文件可以看图12，按照格式直接修改文本文件中的数据即可。如果没有按照格式进行修改，或者修改文件有错误，软件不能识别此文件，则接口会按照程序内部设置的数据进行填充。同时，为更快的修改数据，在表格中双击单元格时，会拷贝上一行数据。

在进行截面属性指定，并填充修改构件截面的信息后，使用上一步按钮到数据填充列表步骤中时，会有如图13提示，当选择确定时，进入上一步数据填充列表步并删除构件截面列表中填充的内容，当选择取消时，停留在原步骤。

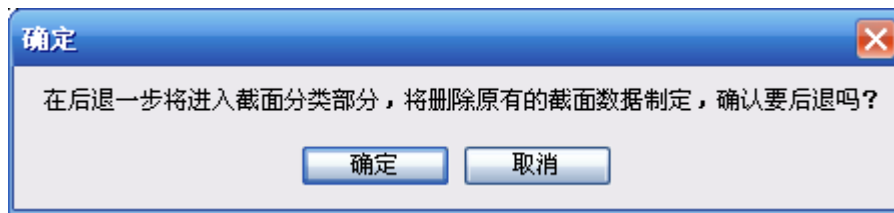


图13 提示对话框

6.5.1 混凝土构件

SAP2000模型中截面属性为框架（Frame），材料类型为混凝土（concrete），截面形状为矩形或圆形的构件，在SAP2ABAQUS接口中识别为混凝土构件，对应ABAQUS中的类型为B31。混凝土构件根据其截面尺寸、局部轴和所在的part进行分类。同截面、同局部轴、同part的构件识别为一个截面，其命名规则为截面名称+标识符。

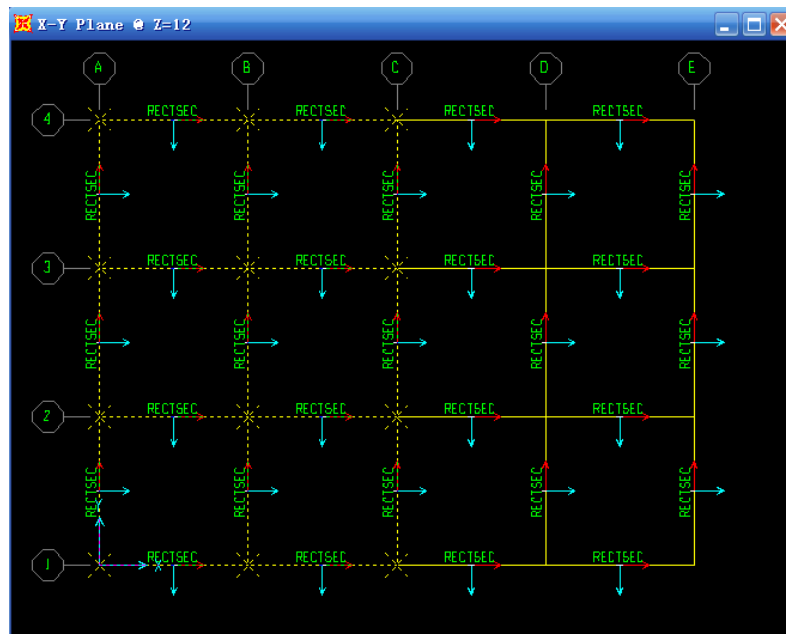


图14 矩形截面平面框架

一矩形截面平面框架（图14），采用的截面均为RECTSEC，虚线标识的杆件为PART1分组。根据SAP2ABAQUS接口中混凝土杆件的命名规则，此框架的杆件根据截面、局部轴、part名称，可以分为4个截面进行表示。使用接口进行转换读取的列表为图15所示。PART1中，杆件截面相同，杆件的局部轴有两种，分为两个截面进行识别。PARTOT同PART1处理相同，得到4个截面，在ABAQUS中的显示可以看到这种分类。图16中a图为PART1中的截面1。图b为PART1中的截面2，图c为PARTOT中的截面3，图d为PARTOT中的截面4。



图15 SAP2ABAQUS接口读取的截面列表

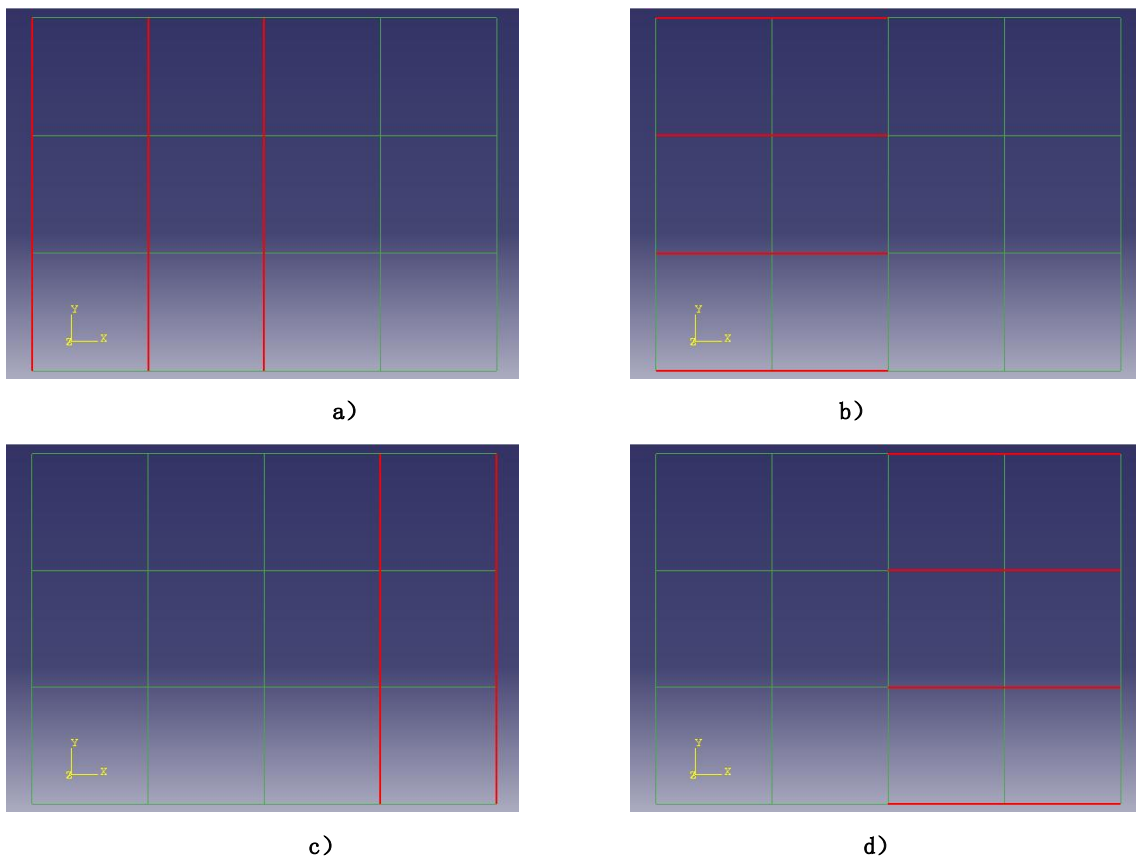


图16 ABAQUS中的截面显示

混凝土构件根据截面形状填充到相应的截面列表中，矩形截面构件缺省的类型为矩形梁，如图7，圆形截面构件缺省的类型为圆形柱，如图8。构件的具体类型，由用户根据模型的实际情况移动到相应的列表中。矩形混凝土构件可以指定为矩形梁，矩形柱，型钢混凝土(内置工字钢)，钢管混凝土。圆形混凝土构件可以指定为圆形柱，型钢混凝土(内置圆钢管)，圆钢管混凝土。指定构件的具体类别后，在各类型构件的表格中填充截面的尺寸信息。

SAP2ABAQUS接口中，混凝土构件根据截面输入的箍筋信息计算箍筋的约束效应。箍筋的约束效应计算输出包括箍筋约束指标，受箍筋约束放大系数(应力)，受箍筋约束放大系数(应变)，显示在截面材料及纤维属性页表格输入和控件输入的中间位置，便于用户查看和复核。

混凝土截面数据输入中的混凝土材料级别从C15到C80，钢筋材料为HPB300，HRB335，HRB400，HRB500，材料的强度和弹性模量等信息均同《混凝土结构设计规范GB50010》-2010版本。

在ABAQUS中采用隐式计算时，混凝土构件的钢筋和型钢以rebar的方式进行定义，钢筋和型钢根据输入的钢筋纤维数量生成对应数量的rebar定义(如图17所示)。ABAQUS读取inp文件时，不能识别rebar关键字的数据，在进行隐式计算时，要注意，将rebar关键字的数据拷贝到inp文件中。操作方法是使用model->edit keywords命令，打开edit keywords对话框，将rebar关键字定义的数据复制到截面定义后面的位置，如图17所示位置。

```
*Beam Section, elset=conrec4_1, material=CONCRETE_FIBER_C60_1, temperature=GRADIENTS, section=RECT
0.25,0.45
-1,0,0
*TRANSVERSE SHEAR STIFFNESS
2.0e10

*rebar, element=beam, material=STEEL_FIBER_HRB335, name=STEEL_FIBER_HRB335_1
conrec4_1,0.000314,-0.085,0.185
*rebar, element=beam, material=STEEL_FIBER_HRB335, name=STEEL_FIBER_HRB335_2
conrec4_1,0.000314,0.085,0.185
*rebar, element=beam, material=STEEL_FIBER_HRB335, name=STEEL_FIBER_HRB335_3
conrec4_1,0.000314,-0.085,-0.185
*rebar, element=beam, material=STEEL_FIBER_HRB335, name=STEEL_FIBER_HRB335_4
conrec4_1,0.000314,0.085,-0.185
```

图 17 隐式计算时截面和 rebar 定义

在ABAQUS中采用显示计算时，混凝土构件中的钢筋和型钢简化为型钢构件，即混凝土构件会分为两个部分：混凝土和简化的型钢。钢筋简化为箱型截面的型钢，型钢仍保持原形状。此种情况下，混凝土构件分为多个构件进行定义，纯混凝土部分构件，型钢简化的构件以及钢筋简化的构件。钢筋简化的型钢截面命名为在混凝土截面定义+“_R”，型钢简化的型钢截面命名为混凝土截面定义+“_S1”，定义方式同混凝土截面(如图18所示)。

```

*Beam Section, elset=concir2_9, material=C_FIBER_C60_9, temperature=GRADIENTS, section=CIRC
0.15
0,-1,0
*TRANSVERSE SHEAR STIFFNESS
2.0e10
*Beam Section, elset=concir2_9_R, material=S_FIBER_HRB335, temperature=GRADIENTS, section=PIPE
0.11,0.000908630054242378
0,-1,0
*TRANSVERSE SHEAR STIFFNESS
2.0e10
*Beam Section, elset=concir2_9_S1, material=S_FIBER_Q345, temperature=GRADIENTS, section=PIPE
0.1,0.02
0,-1,0
*TRANSVERSE SHEAR STIFFNESS
2.0e10

```

图 18 显示计算时截面定义

6.5.2 钢结构

SAP2000模型中截面属性为框架（Frame），材料类型为钢（STEEL），截面形状为角钢，箱型钢，钢管，工字钢类型的构件识别为型钢构件，对应ABAQUS中的类型为B31。型钢构件根据其截面、局部轴和所在part进行分类。同截面、同局部轴、同part的构件识别为一个截面，其命名规则为截面名称+标识符。接口识别型钢构件后，根据截面形状自动填充到型钢截面列表。

4组平面桁架，每组采用不同的截面，见图19，接口读取模型后的截面定义如图20所示。每组桁架，根据截面名称、局部轴和所在part识别为3个截面。

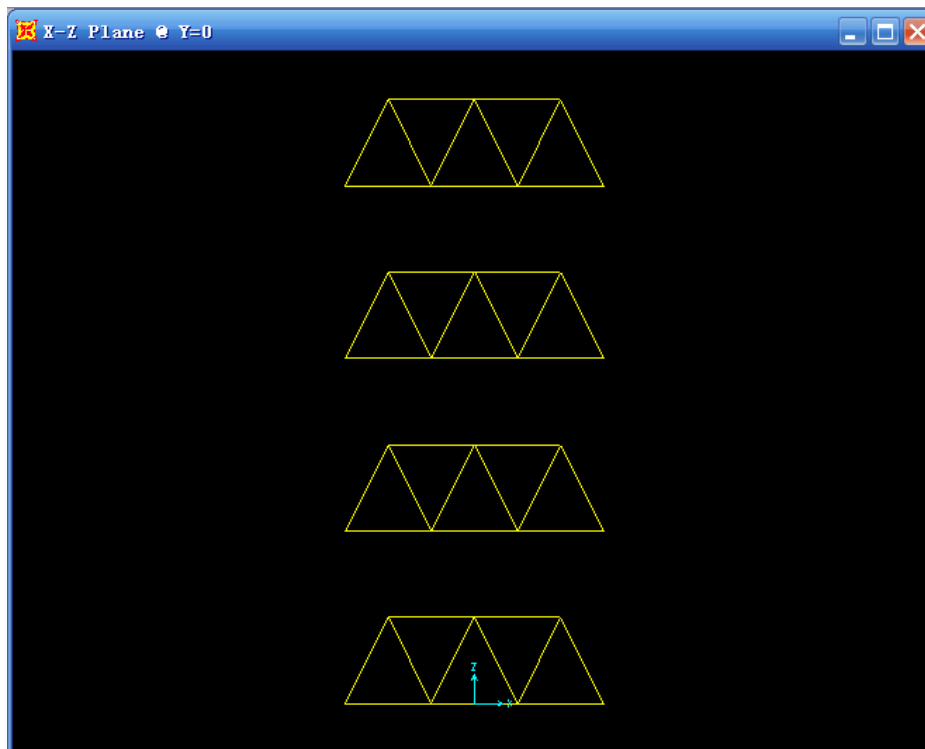


图 19 平面桁架



图 20 型钢截面列表

型钢的材料包括Q235, Q345, Q390, Q420。材料名称和材料强度、弹性模量等信息均同《钢结构设计规范》。

6.5.3 面单元

SAP2000 模型中截面属性为面 (shell) 的单元识别为面，面对应在 ABAQUS 中的类型为 S4R，所对应的面单元均为 4 节点面单元。面单元根据其截面名称和所在 part 进行分类。同截面、同 part 的面单元识别为同一个面截面，命名规则为面单元名称+part 名称。一片剪力墙，进行 part 分组，虚线显示的部分为 PART，见图 21。SAP2ABAQUS 接口读取后的截面显示如图 22。

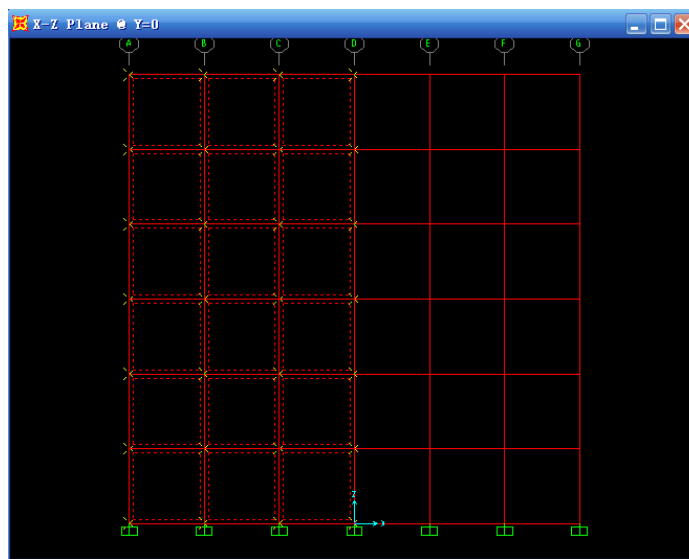


图 21 剪力墙



图 22 剪力墙列表

所有的面单元缺省为剪力墙类型，显示在剪力墙列表中。面单元可以设置为剪力墙和楼板，通过“→剪力墙移动到楼板”和“←楼板移动到剪力墙”两个按钮来设置面单元的类型。区分剪力墙和楼板操作步骤，可以通过操作步骤查看，也可以通过绘图区的简图查看，竖向绘制的图形对应的构件类型为剪力墙，水平绘制的图形对应的构件类型为楼板（图23）。



图 23 剪力墙和楼板数据显示

6.5.4 索单元

SAP2000模型中截面属性为索(cable)，材料为tendon类型，截面形状为圆形的构件，在SAP2ABAQUS中识别为索构件，对应在ABAQUS中的类型为B31。索构件根据截面、局部轴和所在part进行分类，同截面、同局部轴、同part的构件识别为一个截面，其命名规则为截面名称+标识符。索单元使用的材料为两种，地线和导线(分别命名为C_dixian和C_daoxian)，其材料属性需要用户自定义，在编辑框中输入材料的属性。在索截面数据输入表格中(图24)，可以根据其截面名称自动指定材料，当索截面名称包含字符串“daox”时，材料缺省为C_daoxian，当索截面名称包含字符串“dix”时，材料缺省名称为C_dixian，其它名称的索不指定缺省材料，由用户指定。



截面材料及纤维指定 **地震动**

使用说明：点击向右或向左的箭头按照顺序进行操作。

当前操作：索 钢材屈服刚度比 密度(kg/m3) 砼开裂标记 砼密度(kg/m3)

截面信息

截面名称 索材料定义

半径(mm) 密度(kg/m3) 弹性模量(N/mm2)

材料

地线(C_dixian)

导线(C_daoxian)

序号	截面名称	半径(mm)	材料
1	CAB1_13	14.330...	C_dixian
2	CAB1_14	14.330...	C_dixian
3	daox_15	14.330...	C_daoxian
4	daox_16	14.330...	C_daoxian
5	daox_17	14.330...	C_daoxian
6	daox_18	14.330...	C_daoxian
7	daox_19	14.330...	C_daoxian

图 24 索数据输入界面

6.5.5 实体

SAP2000模型中截面属性为solid的单元识别为实体，实体对应ABAQUS中的类型为C3D8R，所有的实体均为8节点单元。实体单元根据其截面名称和所在part进行分类。同截面、同part的实体识别同一个实体截面，命名规则为实体名称+part名称。

一实体模型采用同一实体截面定义，并进行part分组，给部分实体指定part分组名称为PART1，如图25a)所示，SAP2ABAQUS接口读取模型后的截面显示如图25b)，整个模型根据截面和构件所在part分组，识别为两个截面：SOLIDPART1和SOLIDPARTOT。

实体单元可以指定的材料包括土和混凝土两种，混凝土材料同《混凝土结构设计规范》的规定，程序内部已经定义，土材料需要用户添加指定。

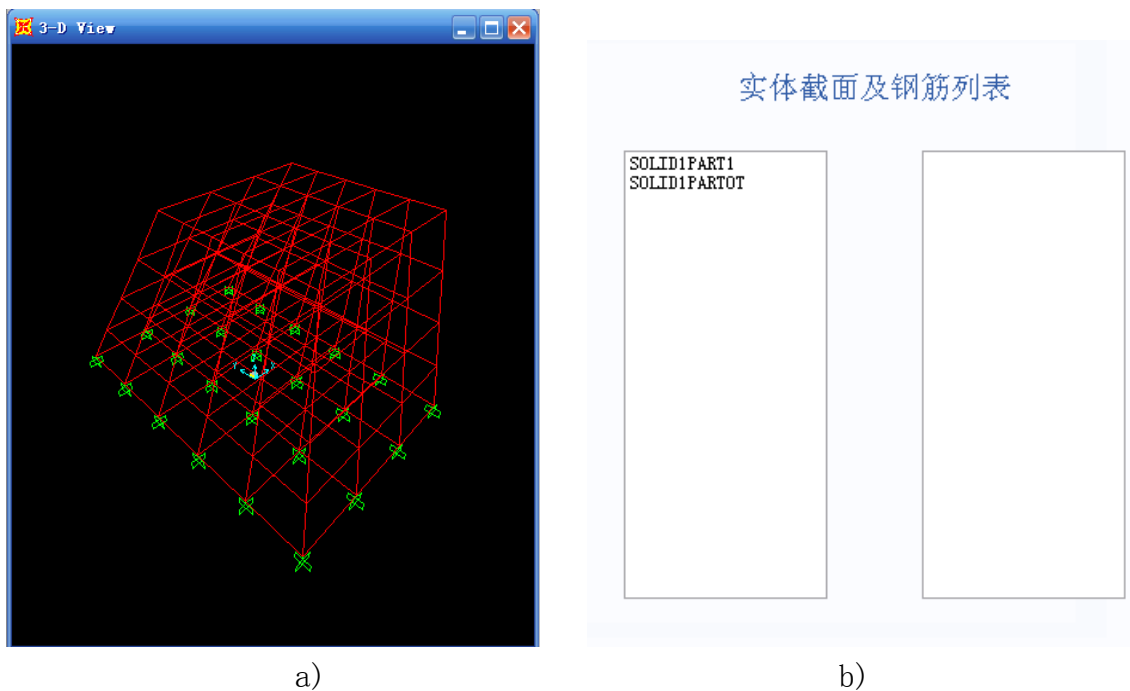


图 25 实体转换实例

土材料定义(图26)包括按钮操作和表格输入区。土材料添加用按钮于添加土材料，点击一次表格中增加一行数据，土材料删除用于删除土材料，表格中选中行的数据删除，土定义完成后需要进行材料的锁定再进行实体材料的指定。进行实体材料指定后如果再进行材料的编辑，需要执行材料解锁操作，材料解锁后，实体材料指定部分的内容全部重置，需重新指定实体材料。

摩擦系数为给接触面指定摩擦系数。对于分布在不同part的实体，其接触面可以直接进行识别定义为surfurce，并指定摩擦系数。识别到的surfurce可以在ABAQUS的CAE中进行查看。

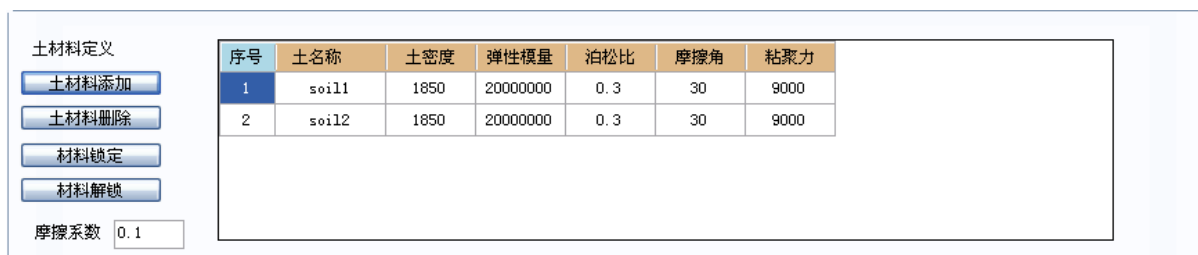


图26 土材料定义

指定实体材料左侧列表为实体列表，右侧列表为为不同的材料对应的实体列表(图27)。添加按钮用于将实体名称添加到右侧材料对应的列表中。删除按钮用于将实体名称移除材料对应的列表。上一个和下一个按钮用于切换右侧列表对应的材料名称。重置按钮为删除所有的材料指定，重新指定材料。

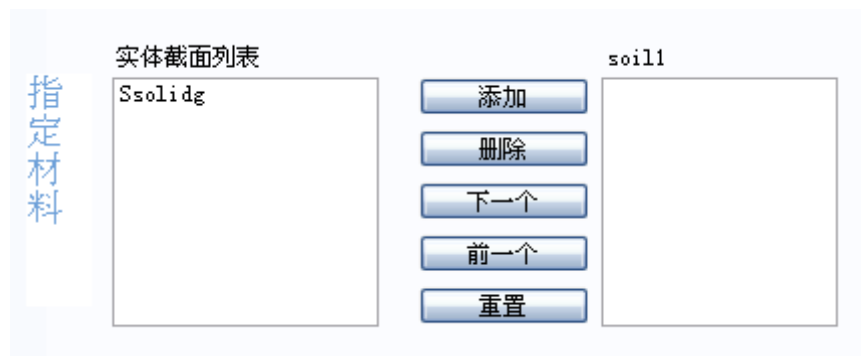


图27 指定实体材料

钢筋主要为实体模拟的构件中钢筋的定义，在SAP2000模型中将其简化为一个圆形构件进行输入。SAP2000模型中截面属性为框架（Frame），材料为rebar类型，截面形状为圆形的构件，在SAP2ABAQUS中识别为钢筋，钢筋对应ABAQUS中的类型为B31，钢筋根据其截面、局部轴和构件所在part进行分类，同截面，同局部轴，同part的钢筋识别为一个钢筋，命名规则为截面名称+标识符。

序号	钢筋名称	钢筋直径	钢筋材料
1	rebaer34_12	30	HRB335

图28 指定钢筋材料

6.5.6 其他

在SAP2ABAQUS接口中，有部分信息只识别出来，但并不显示在操作界面中，此部分的内容主要包括如下几部分：

1 连接单元

在SAP2ABAQUS接口中，可以识别SAP2000模型中定义为damper类型的连接单元。所有的连接单元均为两节点连接单元。接口读取的数据为非线性属性中的刚度和阻尼（图29）。连接单元对应ABAQUS中的类型为Springs/Dashops（图30）。

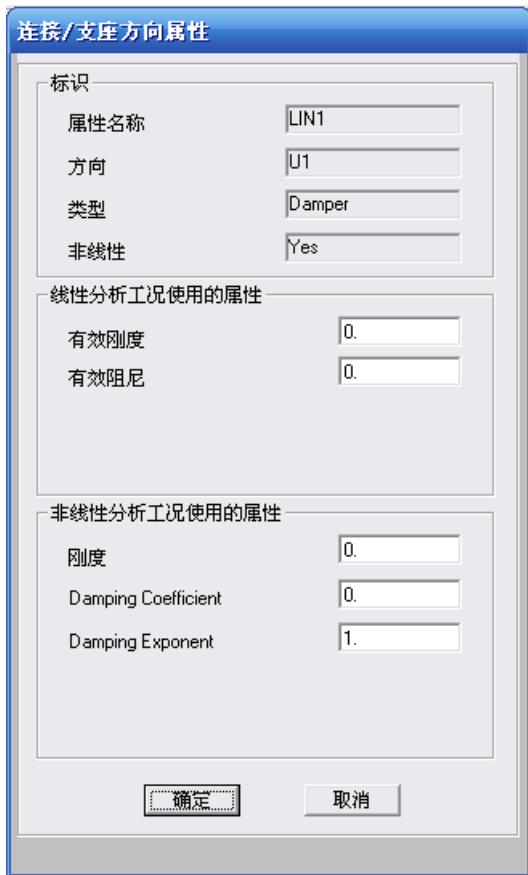


图29 SAP2000连接单元

2 组

SAP2000模型中定义的组输出为ABAQUS中的set。要注意，在ABAQUS中set要区分为点（node）和单元（Element）（图31）。当SAP2000模型中的组包含点和构件时，对应于ABAQUS中的set时，会区分为两个set。为进行区分，点组成的set名称为N+组名，构件组成的set名称为E+组名。SAP2000中用于part分类的组不输出。

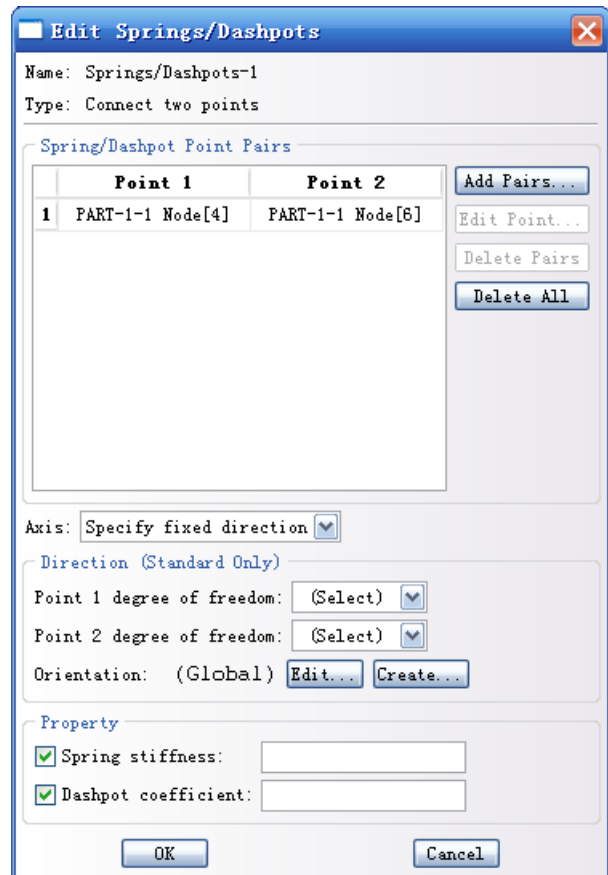


图30 Abaqus中的定义Springs/Dashops

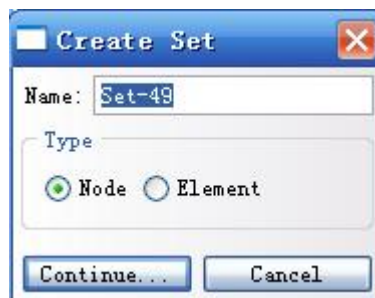


图31 Set定义

一框架按照楼层进行分组（如图32），整个楼层分为F1, F2, F3, F4, 共4个组，对应的ABAQUS模型分组如图33所示。

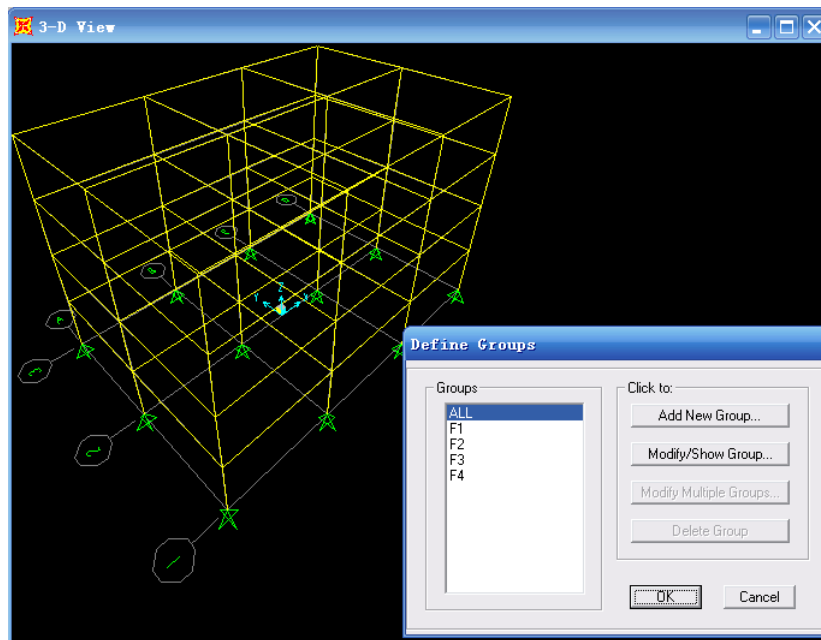


图32 SAP2000组定义

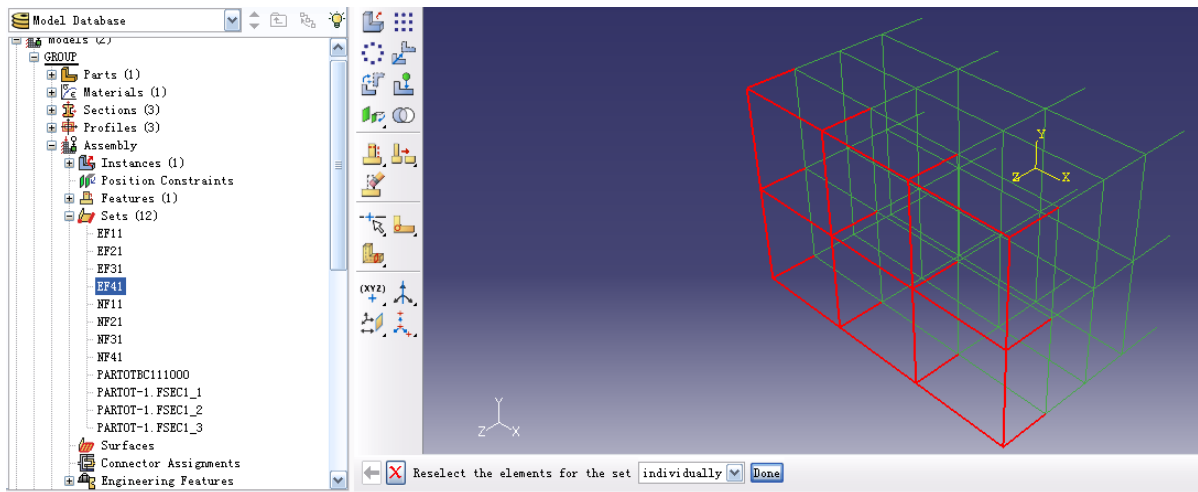


图33 ABAQUS模型组

3 约束条件

SAP2000模型中定义的约束信息直接读取到inp文件。接口将所有的约束点指定到组中，组名的定义为part名+BC+约束信息。每个约束点有6个自由度，当自由度被约束时标记为1，不约束时标记为0，按照X, Y, Z, RX, RY, RZ的顺序得到点的约束信息。即一个点约束了所有自由度，其约束信息为111111，对应的组名为part名+BC111111，只约束平动自由度，其约束信息为111000，对应的组名为part名+BC111000。如图所示框架，基础部分约束了三个方向的平动，对应ABAQUS模型的组为PARTOTBC111000，如图35。

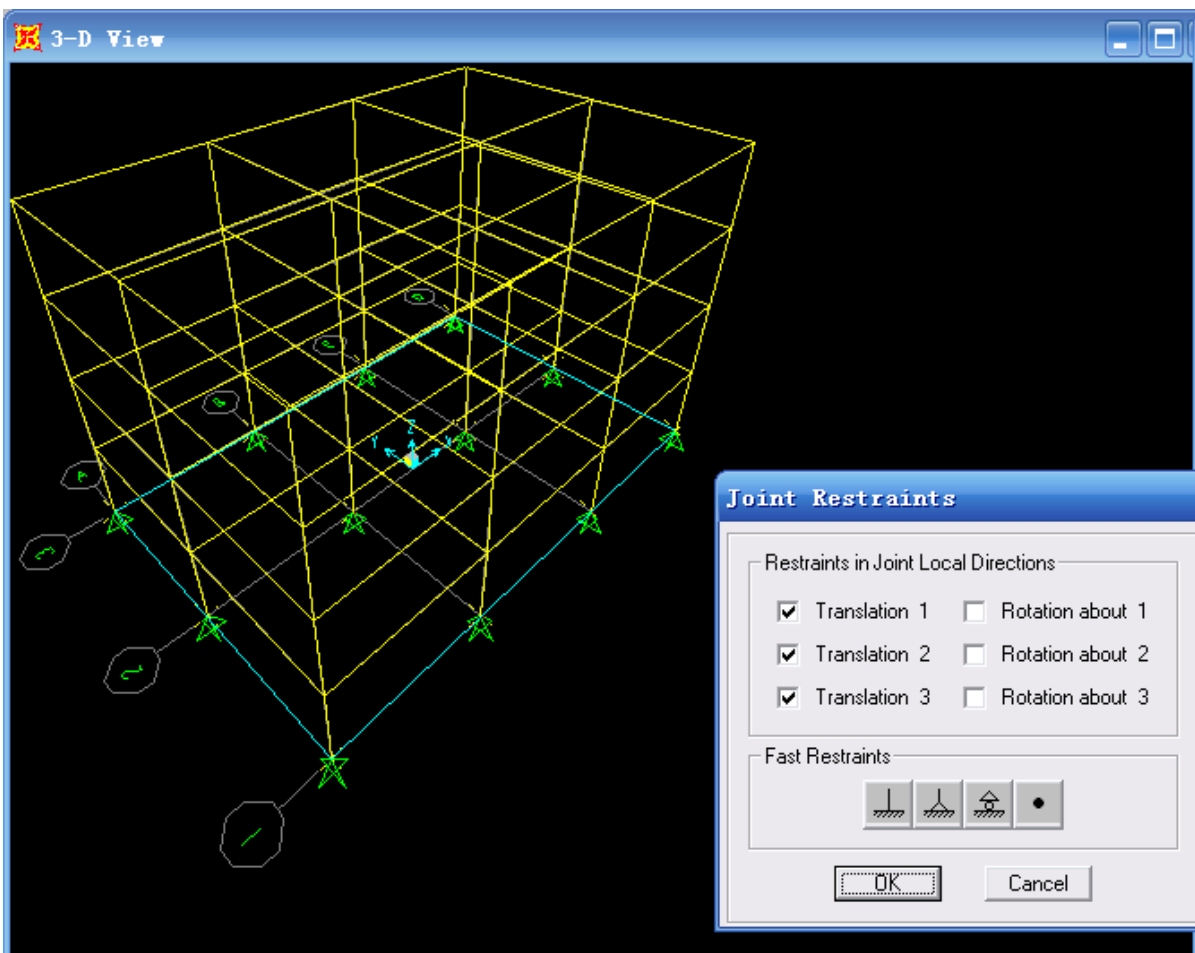


图34 SAP2000约束

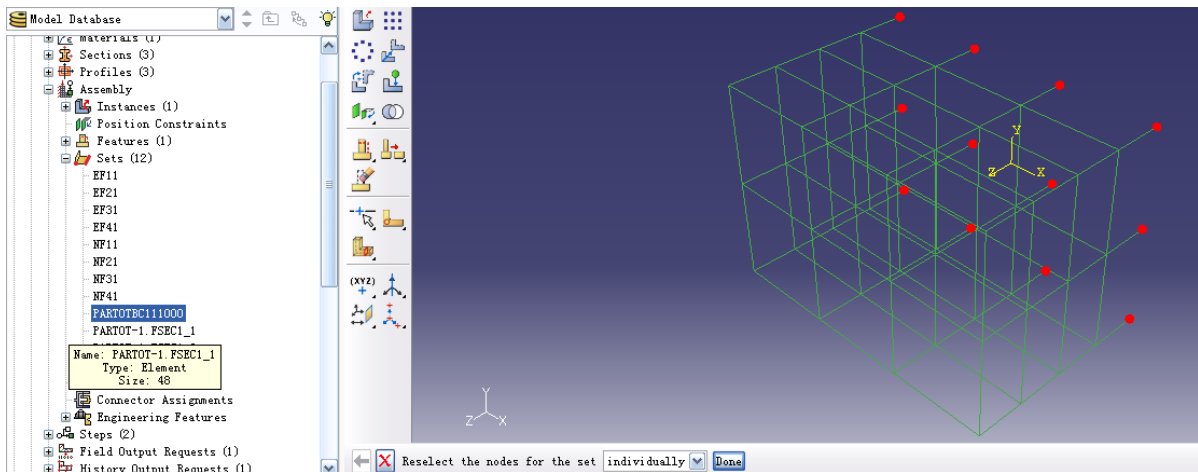


图35 ABAQUS约束

6.6 地震动

地震动属性页中，可以指定地震波数据和ABAQUS使用的计算方法等信息（图36）。

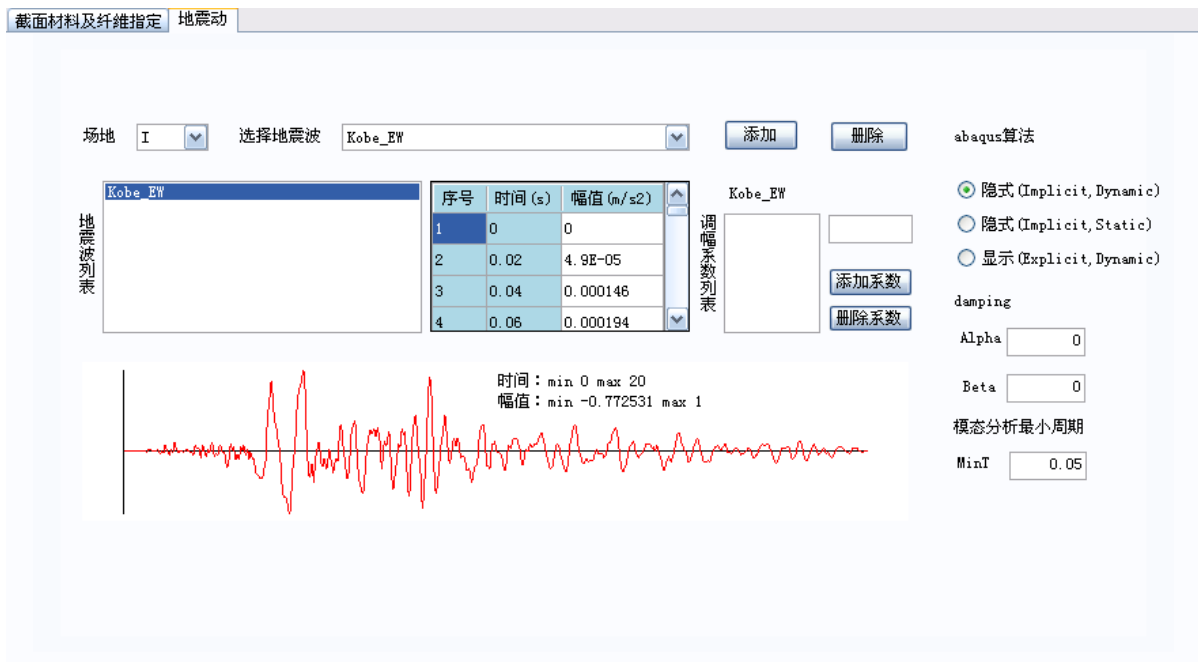


图36 地震动属性页

SAP2ABAQUS接口中已经有各类场地常用的地震波文件，如需查看地震波文件的数据，可以在软件根目录中的timehistory文件夹中进行查看。用户也可以根据程序自带的地震波文件格式添加用户地震波文件。接口自带的地震波文件在显示和输出时均进行了归一化处理，即地震波的幅值最大值为1或-1。在地震波的图形显示区域，地震波的时间和幅值均标示出来以便于查看。

每条地震波可以输入多个调幅系数，生成的地震波文件为带有调幅系数处理过的地震波文件。选择地震波，指定每条波的调幅系数后，每对应一个，在inp文件中对应一个step（图37）。不指定地震波的调幅系数，则取缺省值为1。根据选择的地震波数量，在inp文件中生成对应的step，step中包括其采用的计算方法，地震波的持续时间信息（图38）。

ABAQUS算法部分，用于选择采用的算法，可以输出三种，隐式动力计算，隐式静力计算和显示动力计算。此部分的选择影响到混凝土构件中的钢筋和型钢定义的类型和step定义。

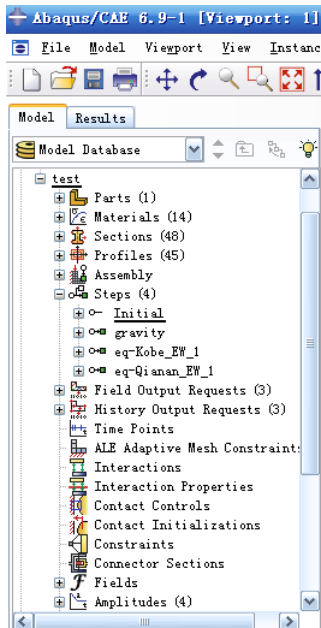


图37 step列表

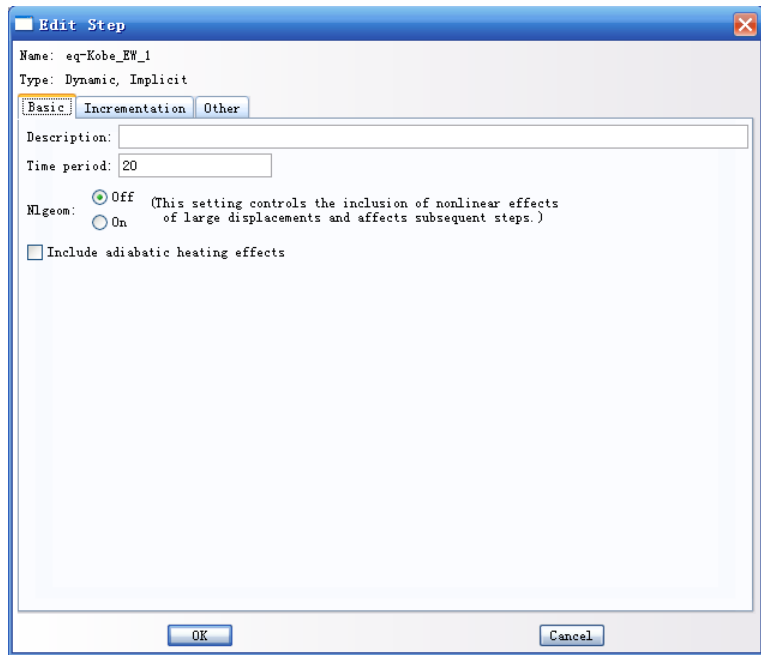


图38 step定义

Damping数据为刚度系数和质量系数，对应的输出位置为材料定义damping项中的Alpha和Beta。

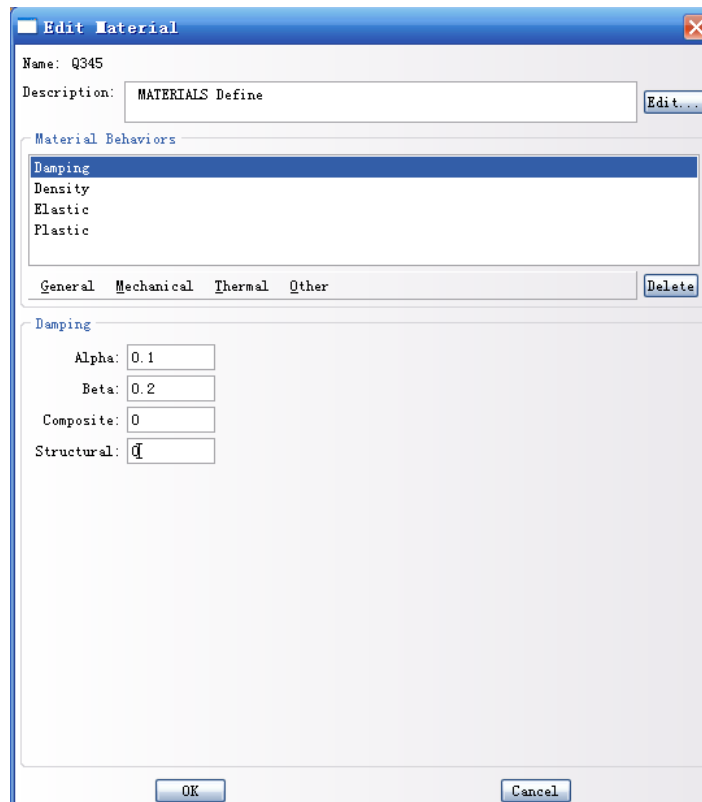


图39 材料定义

模态分析最小周期用于计算模态的inp文件的工况定义。ABAQUS中的定义为最大频率，在SAP2ABAQUS接口中，此数据为最小周期，即1/最大频率。

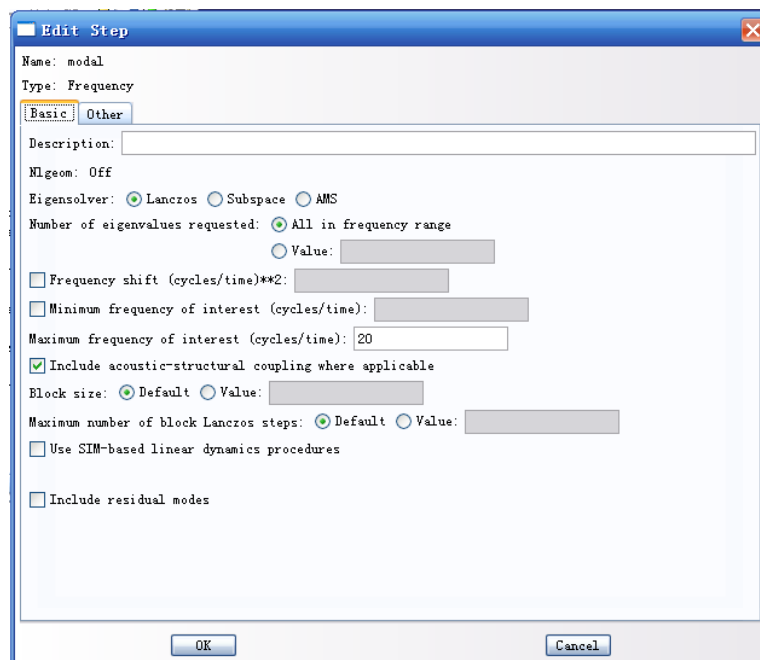


图40 模态工况

6.7 输出 inp 文件

输出按钮用于输出inp文件。同一个模型进行数据输出时，同时生成三个inp文件，如图41所示。testinp.inp为生成的inp文件，testinp_modal.inp为用于计算结构周期的inp文件，Earthquake_Amplitude.inp文件为地震波文件。

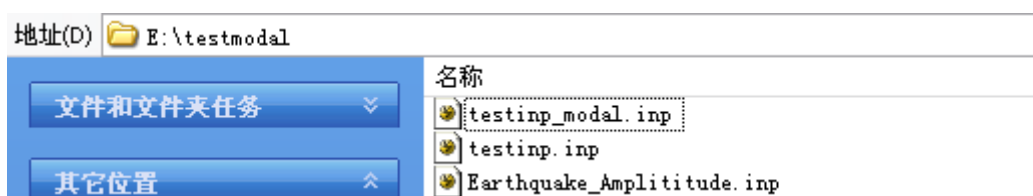


图41 inp文件输出

6.8 其他注意事项

转换时的SAP2000模型需要使用N-M单位制，接口根据SAP2000的版本分为V14和V15版本。www.liuguohuan.com 网站当前上传的版本适用于V14.2.2版本（比较稳定），直接可生成Abaqus6.10版本格式的inp文件。