



CSI 软件面对象边释放、偏移、厚度覆盖项功能的应用

筑信达 张振鹏 李立

本文将介绍 CSI 系列软件中针对于面对象的三个功能：面边释放、面节点偏移、面厚度覆盖，主要包括其操作步骤、适用范围和原理。

在楼板等结构中，常遇到板与板之间传力不连续的情况，例如简支板、预制板以及结构缝两边的板，这时板与板之间可能是简单的搭接，也可能完全分离，程序中可以使用“边释放”功能来模拟这一结构行为。

在筒仓、水塔、堤坝等结构中，其壁板常常是变厚度的；在建筑结构中，局部降板或不同厚度的楼板偏移对齐等情况也很常见。这些情况需使用“面厚度覆盖项及节点偏移”功能来模拟板厚度的变化和板的偏移。

本文将分为两部分，分别介绍“面边释放”和“面厚度覆盖项及节点偏移”。

1 边释放

我们以一简单结构为例，展示在 SAP2000 当中施加边释放的过程、边释放的原理以及边释放在 ETABS 和 SAFE 当中的实现。

如图 1 所示，该结构由三块混凝土筒支楼板组成，边长均为 6m，每块板四周节点设有固定支座来模拟框架柱的支承，楼板用薄壳单元模拟，板厚度为 250mm，采用 C30 混凝土。

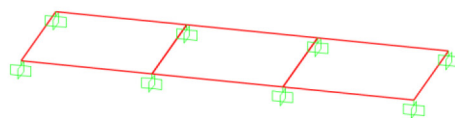


图 1 三块筒支板示例

1.1 SAP2000 操作说明

在 SAP2000 中设置边释放步骤如下：

(1) 选择相应的三块楼板，如图 2 所示；

(2) 通过命令：**指定>面>边释放**，弹出以下对话框，该对话框即为边释放属性对话框，根据该对话框属性将边释放指定到所选的面对象中；

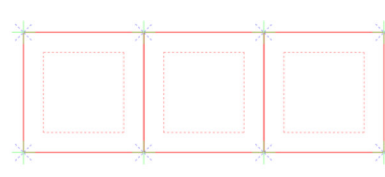


图 2 选中相应单元



图 3 边释放属性

边释放对话框各项参数的解释如下。

边释放选项：在此选项选择不释放、统一指定、单独指定。不释放一般用来取消先前添加的边释放；统一指定是指该面单元所有边均设置相同类型的边释放；在单独指定当中，可以选择特定边的编号（也可以根据相应边两端点标签号选择该边）从而根据实现不同的边设置不同类型的边释放的效果。

边释放数据：在此选项修改各个方向的刚度，可以选择全部释放，即刚度为 0，一般情况下，对于缝的模拟，可以将各个方向刚度全部释放，即两侧的结构完全分离。也可以根据具体情况只释放某些方向的刚度（例如搁置在主体结构上的预制板，有支撑结构但无任何连接装置，不能承受绕边旋转的弯矩，因此释放绕边的弯矩），或者填入相应的刚度数值。



(3) 在该结构当中我们确定需要释放刚度的边的编号 1、2、3 和 4，直接选择统一指定，将相应方向的刚度（绕边弯矩）完全释放；

(4) 点击确定，相应的边释放便指定到面单元上，在模型上显示结果为图 4 所示；

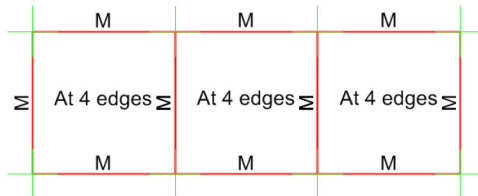


图 4 边释放结果

At 4 edge 意为在 4 条边上进行边释放，M 为沿边弯矩方向。如果显示 I、D、O、T 则分别代表表面内剪切方向、面法线方向、面外剪切方向、沿边扭矩方向的刚度。该边释放设置完成。

(5) 设置面单元自动剖分，运行分析重力荷载工况，显示结果。

设置一个对照模型（该模型不设置边释放），在板面中心线位置做截面切割如图 7 所示。两个模型在自重作用下的分析结果对比如下。可见，未设置边释放时，板与板之间的边界处有少量负弯矩，而设置边释放后该处的弯矩为 0。

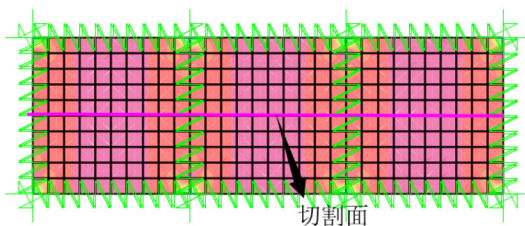


图 5 截面切割位置



图 6 结果对比（左图为设置边释放，右图未设置边释放）

1.2 原理说明

打开设置视图选项当中的分析模型。我们发现：设置边释放，实际上是将相应边上的全部节点（包括自动剖分之后自动生成的节点）先断开（根据图 7 分析模型所示，同一个节点位置上产生了新的节点），然后自动添加连接单元，而连接单元的刚度数值即为边释放参数对话框当中修改的数值。

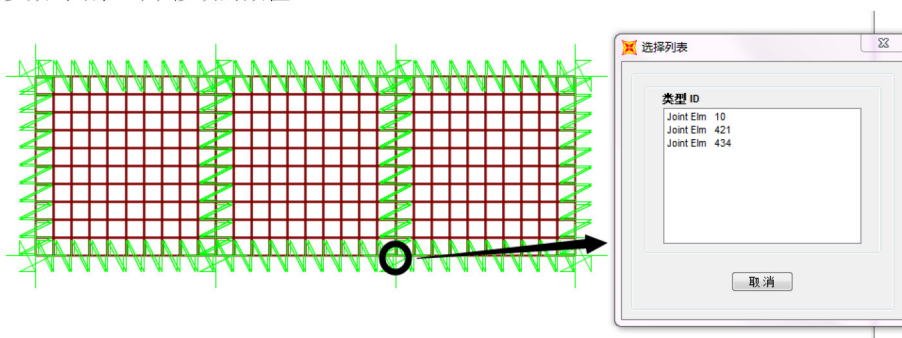


图 7 分析模型



1.3 在 ETABS 和 SAFE 中的实现

ETABS 采用与上文相同的模型，选中相应面单元，点击命令：**指定>面>边释放**，ETABS 与 SAP2000 操作步骤一致。

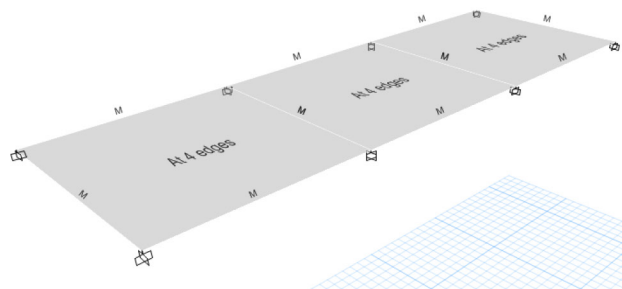


图 8 ETABS 边释放

设置完成之后运行，绘制相同的截面切割，得到如下弯矩图：



图 9 ETABS 弯矩图

SAFE 同样使用相同的模型，选中相应面单元，点击命令：**指定>板数据>边释放**，边释放参数对话框如图 10 所示，SAFE 仅能释放面外剪切刚度和绕边旋转的抗弯刚度。

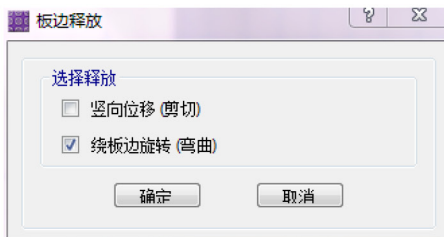


图 10 SAFE 边释放

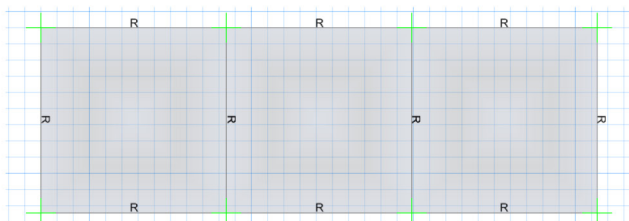


图 11 SAFE 边释放结果

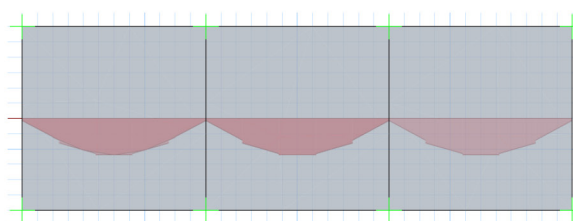


图 12 SAFE 相应位置的板带内力

2 修改厚度覆盖项和节点偏移

修改厚度覆盖项是指修改相应面单元各节点处厚度值，节点偏移是指面单元某个节点沿着某方向移动从而导致该面单元几何属性发生变化。本节将以图 13 结构为例，展示在 SAP2000 当中修改厚度覆盖项和节点偏移的操作流程，同时介绍在 ETABS 和 SAFE 中的类似功能。

图 13 为变厚度挡土墙，横断面形状为直角梯形，顶部厚度为 400mm，底部厚度为 1000mm，一侧侧面完全竖直，另一面倾斜，高 6m，采用壳单元，初始厚度为 250mm。

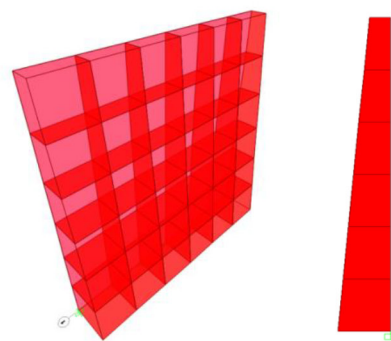


图 13 挡土墙 3D 视图 (左) 和侧视图 (右)



2.1 SAP2000 相关操作

选中需要修改厚度和设置节点偏移的面单元后，点击命令指定>面>厚度覆盖项（壳），弹出图 14 对话框，该对话框上半部分为厚度覆盖项参数，下半部分为节点偏移参数。

该对话框各项参数的解释如下。

（1）厚度覆盖项参数

默认厚度：即不改变面单元厚度，保持不变，设置该参数一般用来取消先前施加的厚度覆盖项修改。

自定义厚度-节点样式：根据节点样式值修改厚度值，节点样式值乘以缩放系数即为该点厚度值。

自定义厚度-节点编号：根据相应节点编号修改厚度值，需要注意的是：该节点编号并不是节点在总体模型当中的编号，而是节点在该面上的编号，两种不同编号之间的对应关系可以在表格当中查看，点击在表格中显示节点厚度值按钮，如图 15 所示，而且也可以在该表格当中添加厚度值。注意：当厚度值为 0 时，程序会将该点的厚度转为默认厚度。

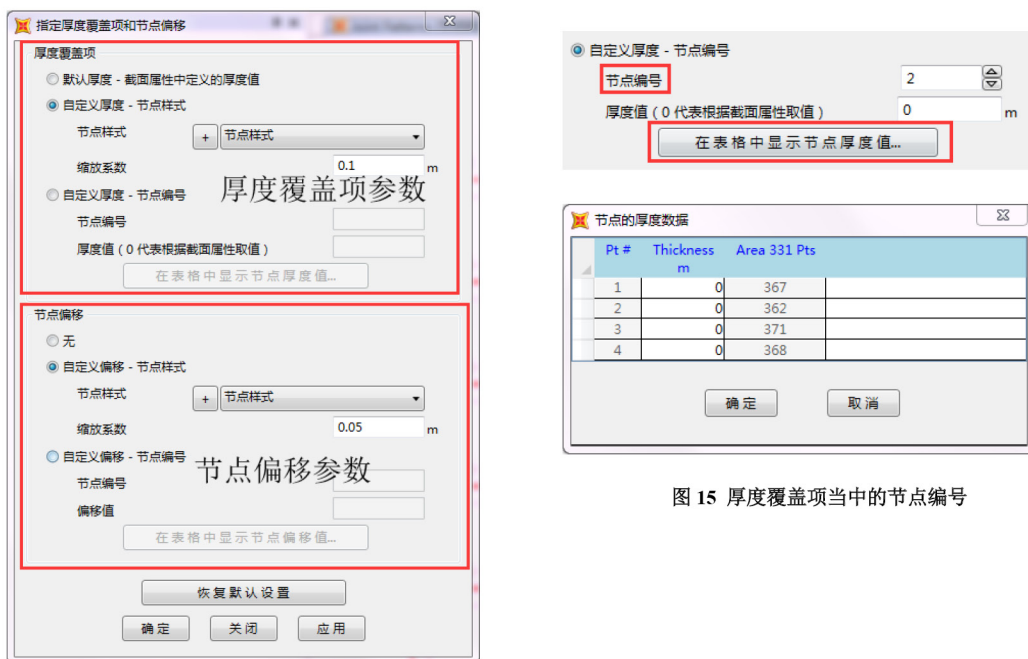


图 14 厚度覆盖项和节点偏移对话框

图 15 厚度覆盖项当中的节点编号

（2）节点偏移参数

无：即不设置面单元节点偏移，保持不变，设置该参数也可以用来取消先前施加的节点偏移。

自定义偏移-节点样式：根据节点样式值设置节点偏移值，节点样式值乘以缩放系数即为偏移值。

自定义偏移-节点编号：根据相应节点编号修改偏移值，节点编号的设定与上一节厚度覆盖中的节点编号相同，同样也可以使用表格设置偏移值。

偏移值：在 SAP2000 当中，节点偏移为沿着面法线方向偏移。

接下来建立图 13 的模型，厚度覆盖和节点偏移均采用节点样式赋值，建模步骤如下：

（1）首先设置节点样式。节点样式是与节点坐标值相关的一组标量，本例利用节点样式来描述面对象厚度的变化。根据墙体厚度设置节点样式如图 16 所示，本例节点样式值沿高度线性变化，最终各个节点对应的样式值如图 16 右边所示。

（2）选中需要进行厚度修改或者节点偏移的面单元，这里选择模型中所有面对象；

（3）按照图 16 设置各项参数。面厚度值等于节点样式值乘以缩放系数，例如墙体顶部节点的样式值为 4，缩放系数为 0.1，该处厚度为 $4 \times 0.1 = 0.4\text{m}$ 。如果只设置厚度覆盖项，墙体厚度将沿中轴线向两边均匀变化，如图 17 (a)。同时设置节点偏移，将墙体中轴线偏置，才能达到本例想要的效果，如图 17 (b)。参数设置完成之后，点击确定。

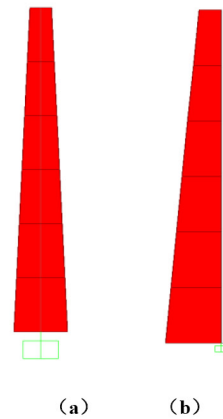
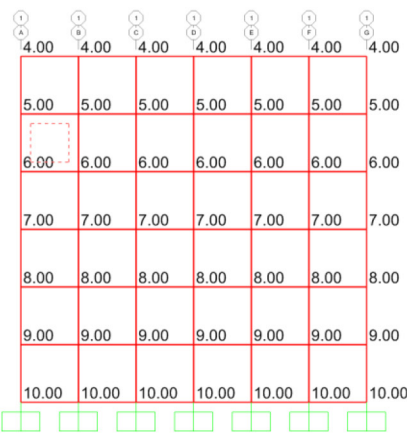
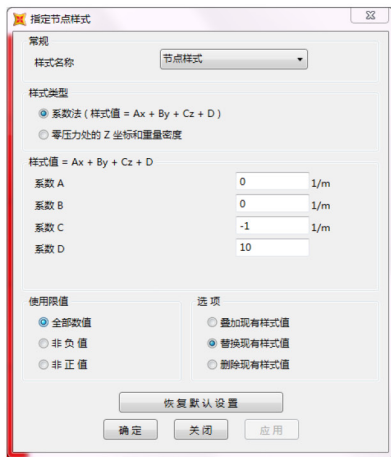


图 16 添加节点样式

图 17

2.2 ETABS 相关操作

ETABS 操作步骤与 SAP2000 大致相同，但是与 SAP2000 相比，有三处不同。

其一，厚度覆盖项和节点偏移并不在同一个对话框当中，节点偏移是通过插入点来实现的，如图 18 所示。

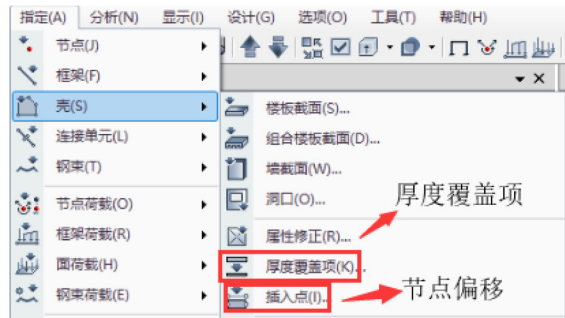


图 18 ETABS 中设置厚度覆盖项和节点偏移的选项

其二，因 ETABS 当中没有节点样式功能，所以不能通过节点样式添加相应的值，但是 ETABS 可以在已选节点处直接赋值。



图 19 ETABS 面厚度和节点偏移可通过已选节点直接赋值

其三，ETABS 通过插入点设置面的节点偏移，而且允许沿局部或整体坐标三个方向进行偏移（SAP2000 只允许面法向方向的偏移）。另外，ETABS 可以重新指定基点，顶、中、底三个面均可设为基点。基点为中面时，节点偏移为零。基点为顶面或底面时，实际节点偏移为面厚度的一半。通过设置基点为顶面或底面，可以实现不同厚度楼板的对齐，让其顶面或底面处于同一位置。

2.3 SAFE 相关操作

SAFE 只能实现面单元整体的竖向偏移，本文以如下模型为例展示如何在 SAFE 中通过设置竖向偏移来实现降板对齐。

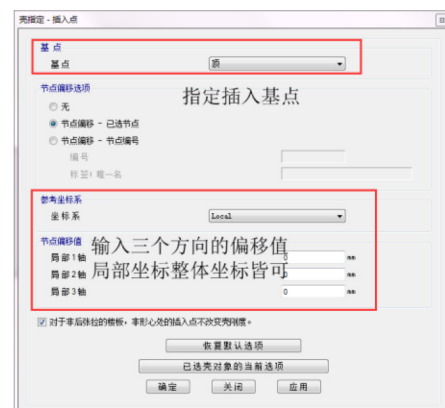


图 20 ETABS 插入点参数

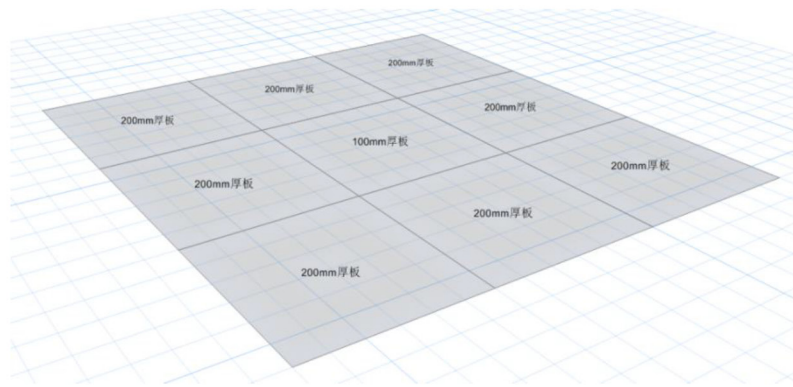


图 21 示例模型

示例模型由 9 块板组成，中间一块楼板厚 100mm 其余厚 200mm。默认情况下，200mm 楼板与 100mm 楼板为上表面对齐，如图 22。如果想将其改为下表面对齐，则选中 100mm 厚的板，使用命令指定>板数据>竖向偏移，弹出如图 24 所示的对话框，填入偏移值-100。最终，相应的楼板由上表面对齐变为下表面对齐，如图 23 所示。

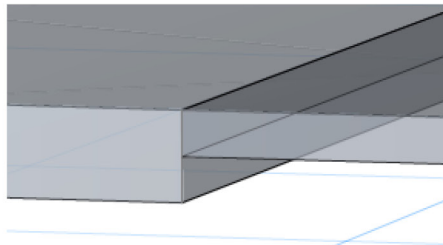


图 22 上表面对齐

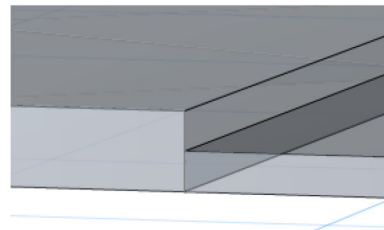


图 23 下表面对齐



图 24 SAFE 偏移值

3 小结

“边释放”可以方便快捷准确地模拟不连续板之间的连接行为，三款软件操作流程基本一致，SAP2000 和 ETABS 允许释放（或修改）所有自由度的连接刚度，SAFE 只允许释放面外剪切刚度和绕边的抗弯刚度。“厚度覆盖项和节点偏移”用来修改面单元几何属性，进而能方便地建立较为复杂的面对象，尤其是 SAP2000 允许根据节点样式来修改厚度值和偏移值，从而能模拟各种变厚度的壳面结构，例如筒仓、水池壁板等。ETABS 对于面节点偏移的设置更加灵活，允许多个方向同时变化。SAFE 通常只用于楼板和筏板分析，所以只允许面沿法线方向的偏移。三款软件的操作和实现效果与软件的应用范围有关，工程师掌握这些功能后，能更便捷地实现自己的想法。