

大震分析中楼板模拟的要点

(佳构 STRAT 软件, 上海佳构软件科技有限公司, 2014/06)

一、大震分析中刚性楼层与弹性楼板

结构大震分析中, 结构楼板需要根据结构本身的特点, 采用刚性楼层假定或弹性楼板模拟。

1) 对于结构规整, 且楼板完整性、无大面积开洞的情况, 可以采用刚性楼层假定。这样能减少计算量, 提高计算效率。

2) 对于结构平面狭长、联体、大开洞的情况, 或者多塔底盘的顶板, 楼板平面内的变形会影响结构整体受力, 需要采用弹性楼板。这是楼板需用板单元模拟, 且需要考虑有钢筋情况下的塑性屈服和变形。

3) 对于楼板较厚的结构, 例如板式楼盖、梁板协同结构, 楼板本身的抗弯刚度参与结构整体受力, 楼板需用板单元模拟, 且考虑有楼板钢筋情况下的塑性屈服和变形。但此时对于完整性好的楼板, 仍可以采用刚性楼层假定, 因为对于楼板而言, 平面内拉压刚度、平面外弯曲刚度可以相互独立地参与结构受力。

4) 对于梁、柱、墙需要细分后计算的结构, 如果转换层结构、错层中一梁托两板的情况, 细分部位需要采用弹性楼板。因为, 用板单元细分的梁, 弯曲受表现为上下边缘的拉压应变, 采用刚性楼层将使楼面高度处应变为 0, 不符合实际情况。此外, 对于细分墙, 刚性楼层往往导致应力集中, 在大震分析中引起局部率先破坏而引起连锁破坏, 导致模拟失真。

大震分析中楼板的模拟, 总体原则与弹性计算相同。是否存在较大的平面内变形的, 是采用刚性楼层假定、弹性楼板的判断依据。

大震下楼板容许屈服, 这是一个原则性的问题。因为按照“强柱弱梁”的抗震概念和机制, 框架梁、连梁都容许屈服, 也期望能够屈服(是抗震设计的目标)。楼板作为次要构件, 更应该容许屈服。一些软件在计算时过多强调楼板的作用, 实际是因为计算方法的限制而必须采用弹性楼板(例如采用显式积分, 或前面第 4 条的原因)。附件算例中有讨论到楼板在大震下的作用情况。

二、大震分析中的楼板分层壳模型

STRAT 对大震计算中的弹性楼板, 采用基于板单元的分层壳模型。程序对板单元沿厚度分层(隐含 10 层), 作为层混凝土纤维。板顶、底面分别设一个钢筋纤维层, 模拟楼

板的配筋。配筋顶底面、各角点可以不同，线性插值得到内部板面的钢筋。

程序记录混凝土、钢筋层纤维在单元角点处理应力、应变等全过程信息(包括 xy 方向应力/应变和剪切特性)。程序独立处理角点出纤维层的非线性本构特性，考虑混凝土纤维双向作用下的弹塑性本构，可以计算混凝土开裂并包含混凝土对钢筋的握裹增强。钢筋纤维只考虑两方向独立的拉压性能。单元内部本构特性由角点插值得到。

分层壳模型沿厚度分层，能较好地模拟厚板弯曲作用下的材料非线性受力过程，适用板式楼盖中大板的模拟。STRAT 的板单元是 Allman 类型单元，单元内部具有线性应变场(不同于 STRAT 墙元高次应变场)。对于转换梁、转换墙的复杂受力构件细分单元模拟时，大震分析即相应采用分层壳模型。建筑结构中的弹性楼板，以面内拉压受力为主，也采用分层壳模型。

三、大震弹性楼板的计算要点

1) 一旦采用了弹性楼板，必须考虑楼板的弹塑性变形，在 STRAT 软件中必须厚度分层并考虑材料非线性。如果楼板仍保持弹性，在框架梁、连梁屈服情况下楼板不屈服，将破坏“强柱弱梁”的抗震耗能机制，必然导致柱、墙的严重破坏，使大震模拟失败。

2) 对于前面 2)、4)条情况下弹性楼板，板单元网格长度可以粗略一点，以减少计算量、提高计算效率。因为此时楼板主要协调周边梁柱、墙的变形，以面内拉压作用为主，不必要非常精细的网格。对于前面第 3)条的情况，因为需要考虑板的平面外弯曲作用，其网格密度同板式楼盖弹性计算的要求。

四、STRAT 大震弹性楼板设置

软件前处理 Prep 进行“非线性初始化”时，自动对输入弹性楼板进行厚度纤维细分形成分层壳模型。并自动读入后处理 Plots 计算的楼板配筋，形成分层壳模型的顶、底面的钢筋纤维层。如果 Plots 计算的钢筋值较小，程序按照最小配筋率设定最小配筋量。

如果弹性楼板用超元模拟，需要首先将超元剖分得到最终的板单元，再进行非线性初始化并读入钢筋值。