

STRAT 软件空心板楼盖建模方法和技巧(2)

(上海佳构软件科技有限公司)

STRAT 软件大容量、高速度的核心计算功能，为空心板楼盖结构的整体细分板单元计算模型提供了必须的技术条件。STRAT 软件强大的三维图形处理功能，以及针对空心板楼盖专门开发的图形处理措施，使整体细分板单元计算模型成为方便用于实际工程设计的实用方法。

但是，对于一些常用的计算、设计处理措施，板式楼盖明显不同于梁式楼盖。而此前常用的等代梁法，实际上仍沿用了梁式楼盖技术措施。

STRAT 软件中开发了系列的实用方法。这些方法与细分板单元模型相适应，反映了板式楼盖的受力特点。这些方法与板式楼盖设计相关概念，也被称为受力岛设计理论^[1]。

本文将简述这些方法的原理、技术措施，以及在 STRAT 软件中的操作方法，供参考。

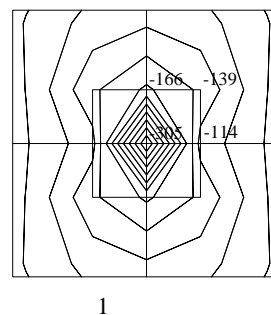
1. 柱截面“附加梁”的用途和设置

在柱支承板式楼盖中，柱截面对板是一个面状支承。但在有限元计算模型中，柱用杆件单元计算，柱对板的支承退化成一点。如果在计算中不进行处理，直接按点支承计算，会存在如下问题：

首先，支承点对板而言是个奇异点，产生很大的内力突变(如图 1)，配筋量也异常大，给设计造成很大困惑。

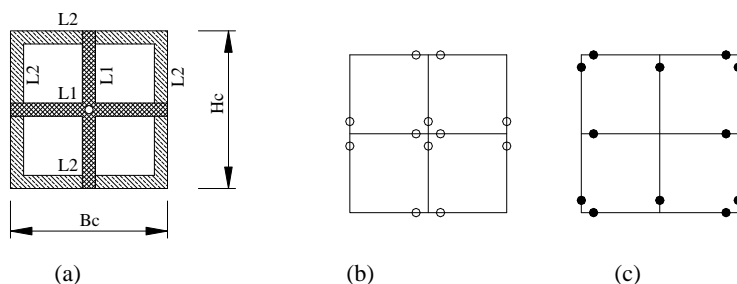
其次，点支承改变了柱对实际的面支承条件，使结构侧向刚度偏小。

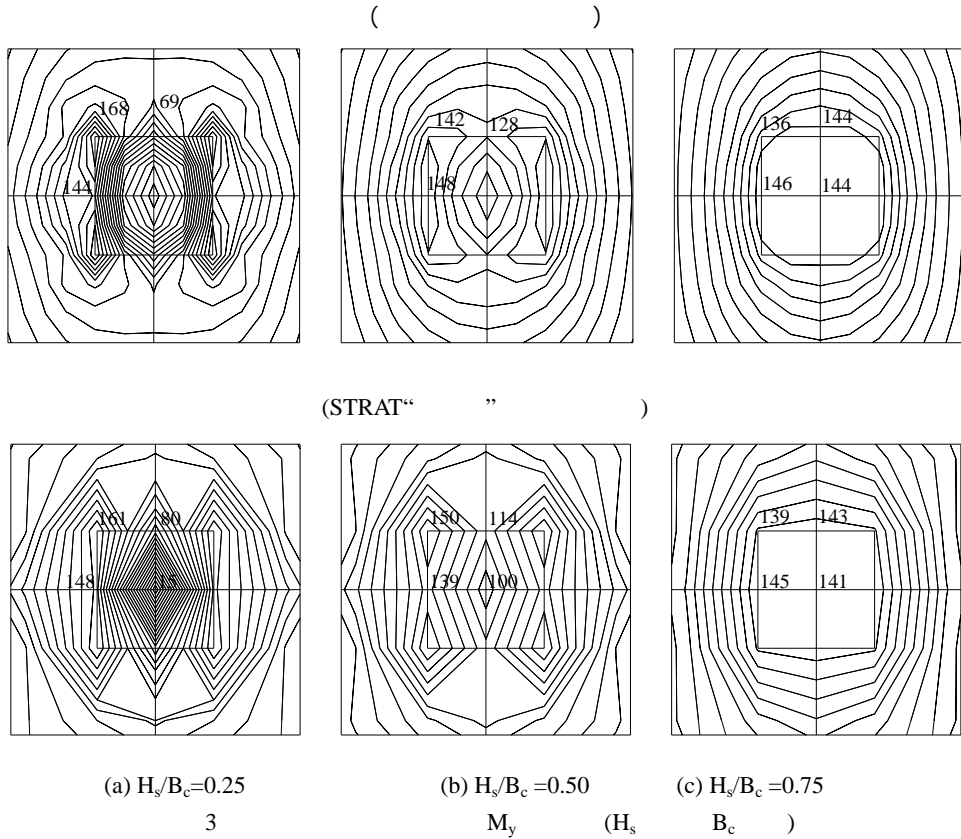
研究表明，柱截面对板是弹性的面支承(非完全刚性)。柱截面内板的内力分布，与板厚度、柱截面宽度有关，与板跨度、柱高度无关。



STRAT 软件首次采用设置“附加梁”的方式处理板柱截面支承问题，这是 STRAT 软件特有的处理方法：

- 1) 首先从柱中心到各边中点设十字交叉梁 L_1 ，再沿柱截面周边加环形梁 L_2 ，图 2(a)。
- 2) 附加梁宽度为柱截面同方向宽度的 $1/6$ ，高度根据板厚度确定， L_1 高度取板厚度的 1.5 倍， L_2 高度为 L_1 高度的 3 倍(板厚的 4.5 倍)。
- 3) 释放所有附加梁的扭矩，并释放各梁在悬臂端的弯矩。图 2(b)中的空心圈位置仅扭矩释放，图 2(c)中的实心圈位置扭矩、弯矩同时释放。





附加梁的长度反映柱截面大小，梁截面高度反映板的厚度。STRAT 软件这样处理之后，不同厚度板柱节点的内力如图 3，该结果与块体元精细分析结果一致。

在 STRAT 软件 V3.2 之后，有关附加梁的处理由程序自动完成。

下面是使用的注意事项：

- 1、在后处理 Archi、Plots 等模块，程序会从数据文件中自动删除附加梁，不影响现浇空心板结构配筋、钢筋统计。
- 2、附加梁仅用于处理板柱节点的弯矩奇点。对于本身有梁的柱节点(如边梁节点、有墙节点)，可以不再设附加梁。这样将降低网格剖分的难度，利于得到较好的单元网格。
- 3、在同时有框架梁、附加梁的情况下，运行“单元整合”命令时，应取消“删除重叠的线、弧单元”选项，避免删除了与框架梁重合的附加梁。

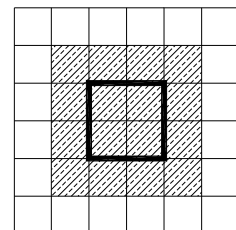
具体软件操作：

“ ”

“ ”

2. 柱端板弯矩峰值调幅

弯矩峰值调幅是设计中经常采用的设计方法。板式楼盖的调幅与梁式楼盖有很大的不同。首先，板式楼盖的调幅是双向关联的，一个方向的调幅影响另外方向的内力；其次，板式楼盖的调幅是非线性的，柱端弯矩的调幅值并不是线性迭加到板跨中。板式楼盖的特点，使之不能与梁式楼盖针对单个梁实现调幅，需要通过有限元整体计算模型实现。



4

STRAT 软件中，首次采用通过折减柱端板刚度值，实现板式楼盖弯矩峰值调幅的实用方法。具体如下如下：

- 1) 折减的范围包括柱截面范围内的板单元和周边相连单元(图 4)。
- 2) 刚度折减系数的取值：需要调幅 0.90 时板刚度折减 0.70；需要调幅 0.85 时板刚度折减 0.60。
- 3) 对柱端板刚度折减后的结构进行整体计算，将得到柱端弯矩降低后的实际内力。由于调幅通过整体计算实现，因此能够确保调幅后的内力平衡。

1

	264.431	216.667	149.000	67.872	48.627
	226.753	193.002	129.636	71.084	50.441
	0.857	0.891	0.870		
()	-37.678	-23.665	-19.364	+3.212	+1.814

上表是一个工程弯矩调幅处理的结果。各柱端弯矩的峰值降低均达到 0.85 左右，达到了调幅的目标。

从该表还可以看出，板式楼盖的调幅效果，与梁式楼盖显著不同：

1) 板底弯矩的增加幅度不同。表中“柱间板带”是中柱、边柱之间的板带，如按梁式楼盖线性插值方式进行弯矩调幅，柱间板带的弯矩增加量应为 30.67，而实际上仅为 3.212，相差近 10 倍。可见对于板式楼盖，弯矩调幅引起板底弯矩的增加量，远小于梁式楼盖。

2) 调幅影响的范围不同。板式楼盖的柱端弯矩调幅，不但引起柱间板带弯矩的增加，而且引起板中心的弯矩增加。而梁式楼盖中，一般不考虑主梁调幅对次梁的影响。

对于柱端板刚度折减，对风、地震等侧向作用的，STRAT 软件中通过特有的“伴随工程”的方式进行处理，具体请见软件资料。

具体软件操作：

“(. .) ” (. .) ChangeBeam Chb

3. 长期挠度计算

与调幅类似，板式楼盖的长期挠度计算，也是双向关联的，不能如梁式楼盖一样针对单个梁积分实现，需要借助整体有限元分析模型计算。

STRAT 软件根据整体计算内力、板的配筋值，依据有关规范计算板在两个受力方向的长期刚度 B_L ，得到板的刚度系数。再对刚度折减后的结构进行整体计算，得到板的长期挠度。

该方法考虑了板式楼盖柱帽、跨中各部位，不同厚度、刚度、配筋等参数，对楼盖总体挠度的贡献，同时考虑了板两受力方向长期刚度的关联影响，是一种较为精确的计算方法。

具体软件操作：

Plots Name_Dp._Pre

Prep Name_Dp_Pre “ / / Plots ”

“ ” “ . . ”

ChangeBeam(Chb)

Plots

$$\delta_p = \delta_{\text{恒}} + \gamma\delta_{\text{活}}$$

γ 0.5

4. 抗震设计中“强柱弱板”内力调整

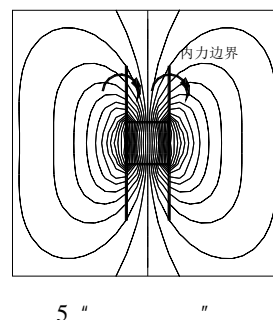
“强柱弱梁”的地震内力调整，是混凝土结构抗震设计的重要环节。板式楼盖结构的内力调整，需要在板、柱之间进行，即“强柱弱板”内力调整。

STRAT 软件采取如下方式进行内力调整：取柱受力方向两侧边界，并延长该方向板跨的 0.1~0.2 倍长度，作为内力边界(图 5)。通过插值得到内力边界上的板的弯矩值，再积分得到总体弯矩值 M_s 。利用该弯矩值进行柱弯矩调整，使上下柱端的弯矩设计值 M_c 满足：

$$\sum M_c \geq \eta_c (M_s + \sum M_b)$$

M_b 为结点处梁端弯矩与内力边界平行的分量。 η_c 为柱端弯矩增加系数，按有关规范取值。

需要注意的是，在用等代梁法设计板式楼盖时，如梁格划分较密，则图 5 所示的内力集中区域内会有多个等代梁。这时如简单地按照框架梁的方法，仅由主梁内力参预“强柱弱梁”内力调整，则调整内力偏小。



具体软件操作：

Archi “ (2)” ”

5. 抗震设计中板的延性控制

控制混凝土受弯(或拉弯、压弯)构件的受压区高度，是提高结构抗震延性性能的重要措施。抗震规范、混凝土规范等对此均有相应的规定。

STRAT 软件参照规范对框架梁端部受压区高度的规定，对板式楼盖的柱端板的受弯配筋，按下标准控制受压区高度：

一级抗震： $x/h_0 \leq 0.25$ ；二、三级抗震： $x/h_0 \leq 0.35$ 。

对于板厚度较薄、不满足上述要求的，软件将自动配置受压钢筋。

具体软件操作：

Plots “ ()” (

x_b).