

多塔结构计算

对于多塔结构，之前因为计算容量所限，常常只能把它拆分成一个个独立的单塔计算，不能进行合塔整体模型的计算，这种计算方式不能满足规范对多塔结构的设计要求。

一、规范关于多塔结构计算的相关规定

《高规》5.1.14 条：“对多塔楼结构，宜按整体模型和各塔楼分开的模型分别计算，并采用较不利的结果进行结构设计。当塔楼的裙房结构超过两跨时，分塔楼模型宜至少附带两跨的裙房结构。”

《广高规》11.6.3-4 条：“大底盘多塔结构，宜按整体模型和各塔楼分开的模型分别计算，整体建模主要计算多塔楼对大底盘部分的影响，分塔楼计算主要验算各塔楼扭转位移比。”

二、多塔定义的必要性

对于合塔的整体模型，是否一定要进行多塔划分才能进行计算呢？

多塔结构的各个塔在结构上互相分开，即便不在前处理定义为多塔结构，结构有限元计算是完全按照实际各塔分离的模型计算的，仅从周期、位移、恒活内力等方面，是否定义多塔其结果是相同的。但是从规范要求的指标计算、风荷载计算等方面要求是需要定义多塔结构的。

多塔定义就把多塔结构的分开的部分明确划分出一个个塔，并顺序编号，在计算与设计时将区分各塔的属性特征进行。

多塔结构在整体计算时，必须首先进行多塔定义的操作。这是因为，对于多塔结构风荷载的自动计算、分塔考虑地震作用的偶然偏心等都必须要在多塔定义后才能正确进行。另外，各种计算统计指标是需要按照分塔输出的。

当各塔楼是在同一层中布置的，即共用标准层建模方式建立的多塔结构时，多塔不划分与划分的差别主要有：

1、风荷载

不划分多塔时把全层范围当做迎风面计算风荷载计算。软件把两个塔中间的分离空间也当做了迎风面，造成风荷载计算偏大；但是当两个塔排列的方向和风荷载相同时，只能计算其中一个塔的迎风面，又造成计算的风力偏小。

划分多塔后各塔分别作为迎风面计算风荷载。另外，有伸缩缝结构需要作风荷载的遮挡计算，遮挡计算只有在多塔划分后才能进行。

2、强制刚性板假定下的处理不同

如果不做多塔划分，则同一层中的多个塔楼被按照同一个刚性板计算；如果进行了多塔划分，则对各个塔楼分别采用刚性楼板假定计算。

3、地震力偶然偏心的计算，划分后软件分别对各分塔做偶然偏心计算

4、层统计参数的分塔分层输出，定义多塔以后，分塔分层输出的层统计参数有：

(1) 位移比和位移角；

(2) 剪重比；

(3) 刚重比；

(4) 层刚度比；

(5) 楼层抗剪承载力比；

(6) 塔楼为框剪结构时，框架部分柱剪力、框架柱部分的倾覆弯矩所占比例（依据该输出结果按《抗震规范》6.1.3 条第 1 款确定框架部分的抗震等级）；

(7) 当结构中存在短肢剪力墙时，每塔楼内柱及短肢墙所承受的倾覆弯矩百分比。

5、软件可自动实现按整体模型和各塔楼分开的模型分别计算

用户可将全部多塔连在一起整体建模，软件可自动实现按整体模型和各塔楼分开的模型分别计算，并采用较不利的结果进行结构设计。这步工作的前提是要完成多塔定义。

软件可对其中的每个塔按照规范的要求自动切分成单个塔，每个分塔各包含底部模型，切分底部模型的范围是裙房下 45° 范围。然后连续地分别进行各塔的单塔计算和全部多塔连在一起的整体计算，最终对各个单塔配筋设计时采用整体计算和各单塔计算的较大值。

对于自动拆分出来的单塔，用户可以在前处理的【计算简图】-【自动分塔示意】中查看拆分后的单塔模型。如果计算模型不合理，可以在【多塔定义】中通过【划分拆分范围】、【删除拆分范围】交互修改。

三、哪些计算内容应在合塔的整体模型中得出

(1) 裙房和大底盘部分

裙房和大底盘部分的设计结果应在合塔的整体模型中得出，正如《广高规》11.6.3-4 的说明：大底盘多塔结构，。。。整体建模主要计算多塔楼对大底盘部分的影响；

(2) 基础设计应在合塔的整体模型下进行；

(3) 对合塔模型必须进行多塔划分的计算内容，如上节所述。

四、哪些计算内容应在分塔的模型中得出

周期比应在各个单塔的计算模型中得出。

《高规》10.6.3-4：“大底盘多塔结构，可按本规程 5.1.14 条规定的整体和分塔楼计算模型分别验算整体结构和各塔楼结构扭转为主的第一周期与平动为主的第一周期的比值，并应符合本规程第 3.4.5 条的有关要求。”

《广东高规》11.6.3-4：“大底盘多塔结构，宜按整体模型和各塔楼分开模型分别计算，整体模型主要计算多塔楼对大底盘结构的影响，分塔楼计算主要验算各塔楼的扭转位移比，并应符合本规程第 3.4.5 条的有关要求。”

从目前合塔的整体模型中，很难计算出各个单塔各自的扭转为主的第一周期与平动为主的第一周期，因此各塔楼的周期比只能在各分塔计算中得出。

五、多塔整体和分塔二者取大的要求是针对塔楼部分的

《高规》5.1.14：“对多塔楼结构，宜按整体模型和各塔楼分开的模型分别计算，并采用较不利的结果进行结构设计。”

《广东高规》取消了《高规》这里的“并采用较不利的结果进行结构设计”的提法，《广东高规》改为：“多塔楼结构宜按整体模型和各塔楼分开的模型分别计算。当塔楼周边的裙楼超过两跨时，分塔楼模型宜至少附带两跨的裙楼结构。裙楼屋面宜考虑与塔楼相互作用的影响并采取适当的加强措施。”

对于多塔结构的裙楼和大底盘部分，合塔整体模型的计算结果完全可以直接使用，没有必要再与分塔模型比较取大。因此，即便对于《高规》要求的“整体模型和各塔楼分开的模型分别计算，并采用较不利的结果进行结构设计”，也应针对裙楼以上的塔楼进行。

多塔包络取大参数设置如图 3.5.1，用户在 YJK 中设置了对多塔结构的自动包络设计时，软件仅对地下室以上的塔楼部分进行包络设计，而对裙楼（不包含塔楼部分）和地下室部分不进行包络设计。

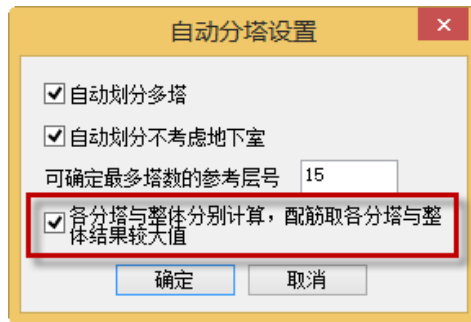


图 3.5.1 多塔自动包络取大参数

有的用户使用 YJK 对多塔结构的自动包络设计后，在查看各个分塔结果时，常发现分塔的裙楼或裙楼以下部分有的杆件结果异常，导致这种异常的原因是自动分塔的模型存在缺陷，这种缺陷可由人工对自动划分的分塔模型编辑修正。

六、自定义多塔的原理和参数控制

对于独立多塔和设缝多塔的上部结构，每层的各塔是一个平面多边形，在塔和塔之间完全分开。每个塔的多边形外围由梁或墙围成，而各塔之间没有墙或梁相连。利用这个特点，软件根据各层梁、墙的布置状况，可以自动搜索出由梁、墙组成的各个塔单元的最外围轮廓，这个轮廓线就是各个塔的边界线。为了能够将轮廓线上的杆件明确地包含到塔内，软件将轮廓线进行了适当的外扩，目前外扩了 100mm。通过这种机制就实现了多塔的快速自动划分。

由于在一个塔平面内，可能包含着另外一个或多个与周围杆件不相连的闭合多边形区域，如同字形的平面。对于这种情况，在多塔自动生成时将忽略掉内部闭合多边形，并且将这些内部的封闭区域划分到包含它的区域中，整体作为一个塔。

多塔自动生成时，对于延伸出多塔平面的孤立的墙、梁，只要这些墙、梁与某个塔直接或间接相连，就将它们归入相应的塔内。

平面上常存在未与梁相连，又没有被任何封闭区域包围的孤立柱或孤立的墙，这样的孤立柱或孤立墙通常是结构中的越层构件。软件可根据与之相临的上下层的杆件信息，找出它们应归属的塔号。

无论是多塔自动生成还是人工定义，都需要注意：软件通过围区的方法定义每个塔的范围，构件属于某个塔是以其定位节点为准的，所有定位节点都必须属于某一个塔，即不能存在孤立的不属于任何塔的节点，并且每一个节点不能同时属于多个塔，否则，计算会出错。当结构平面构件布置复杂时，可以使用软件提供的【多塔定义】-【立面显示】功能对定义的多塔进行检查，以确保多塔定义准确性。如果模型进行了修改，多塔生成必须重新执行，否则会导致多塔信息错误。

多塔自动定义是根据平面上分离的多边形的数量。实际工程中常见某个塔的上部楼层又分离出 2 个或多个多边形，如顶部设置了多个分离的水箱间、电梯间等。这样的情况不宜再按照多塔结构计算。为此，软件设置了“可确定最多塔数的参考层号”参数，如图 3.5.2，隐含取裙房或者地下室的上一层为自动确定最多塔数的参考层号，该层号可由用户修改。软件以该层自动划分的塔数作为该结构最终划分的塔数。如果该层以上的某层中又出现了某个塔分离成多个塔的情况，软件仍将这此分离部分当做一个塔来对待。

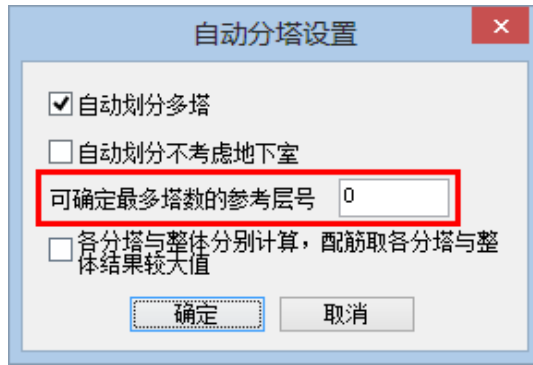


图 3.5.2 可确定最多塔数的参考层号

上面所讲的多塔定义多针对多塔结构按共用标准层方式建模情形。对于按照广义层方式建模的多塔结构，软件会自动进行多塔的划分，但是计算要简单得多。软件中也支持同时存在广义层多塔和普通多塔混合建模的形式，但建模时仍需注意，在楼层组装中每个塔的各层应从低至高连续组装。

七、YJK 在多塔自动划分中的常见问题

1、各分塔的结构体系、体型不同时的处理

对于已经分好塔的多塔模型，软件支持为每个分塔指定不同的计算参数，包括结构体系、风荷载计算的周期和体型系数、 $0.2V_0$ 调整系数等，如图 3.5.3 所示。



图 3.5.3 分塔参数

另外，软件也可对细分的每个塔的楼层单独指定材料、抗震等级、钢筋类别等信息，该功能可打开【楼层属性】-【材料表】进行指定，也可以通过“构件混凝土等级”系列命令单独在三维模型上进行修改，如图 3.5.4 所示：

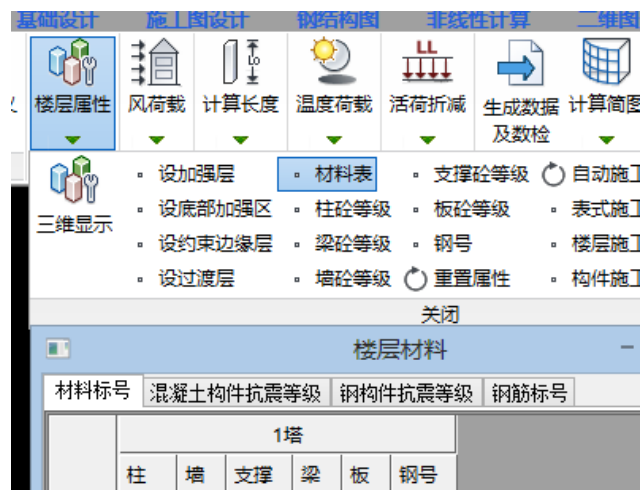


图 3.5.4 材料表

2、存在不想单独分塔的突出结构时的处理

例如当多塔裙房顶部存在电梯机房等小的结构，不想独立分塔计算时，可通过【修改塔号】菜单，将其指定为想归入的附近塔楼的塔号，则软件会自动实现塔楼的合并，如图 3.5.5 所示；或者可以通过【围区增加】菜单，将其直接框入附近塔楼，也可实现同样的效果。

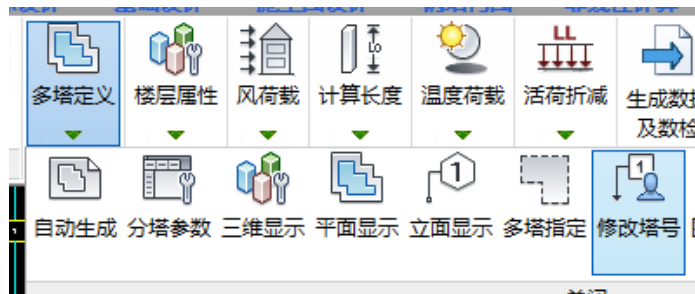


图 3.5.5 修改塔号

3、多塔自动生成时提示“某层存在未正确分塔构件...”时的处理

对于平面中存在一些不在封闭的梁墙范围内的墙、柱、斜杆等独立构件，若属于越层的情况，软件会根据该构件在上下楼层中的情况进行一定程度的自动识别；但对于确实完全独立的竖向构件，则软件不会自动判断其塔号，此时在自动生成多塔的过程中，将出现如图 3.5.6 所示的提示：

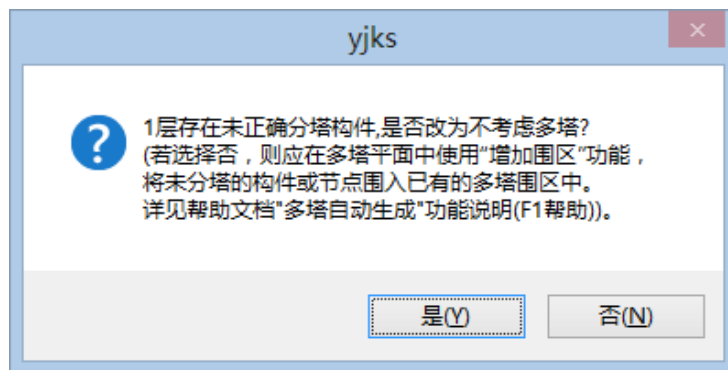


图 3.5.6 未正确划分多塔时的提示

对于此类情况，一般可先选择“否”，让程序继续划分多塔，并记住提示有问题的层号，等自动生成完成后，用【多塔平面】查看相应的楼层，找到标注塔号为 0 的节点，用【围区增加】菜单将其框选，即可归入附近的塔中，如图 3.5.7 所示。

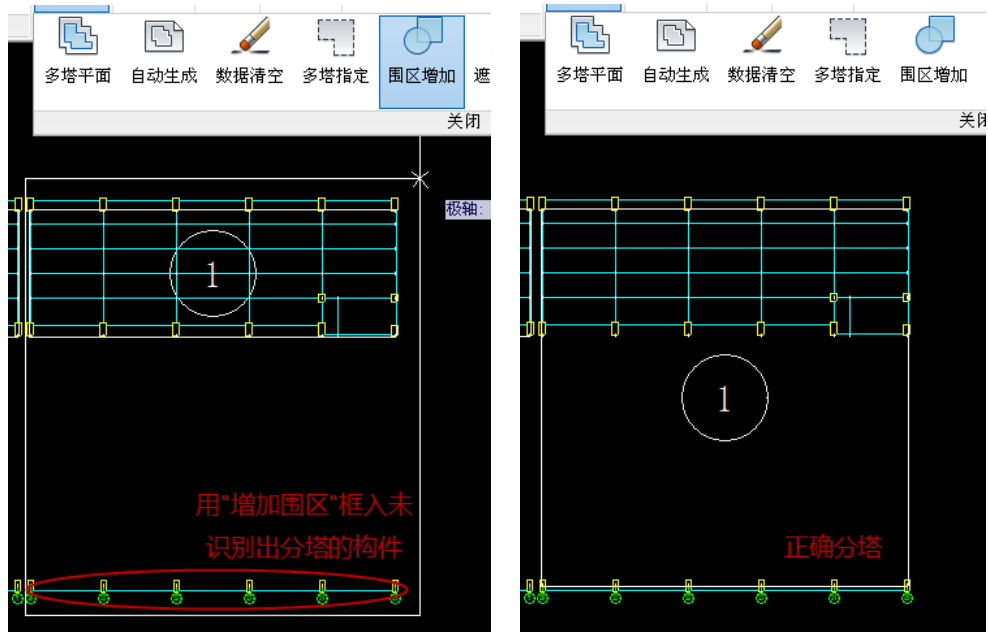


图 3.5.7 围区增加

4、多塔连接关系判断不正确时的处理

多塔生成后，建议使用【多塔立面】查看多塔的连接关系是否正确，也可以通过【三维显示】查看各塔的颜色区分是否正常。如图 3.5.8 所示情况，即表示多塔的连接关系判断可能存在问题，此时对于后续的楼层指标统计，包括风荷载和地震剪力、刚度比、受剪承载力比值等均会造成影响。

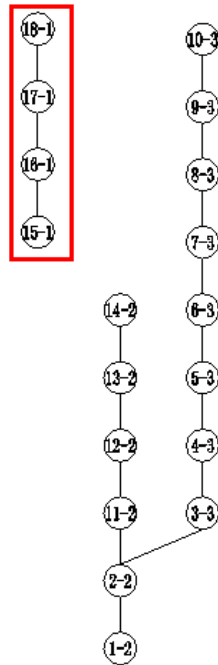


图 3.5.8 多塔立面

对于多塔连接关系识别不正确，一般情况有：

(1) 在楼层组装表中，某塔的各楼层之间标高不连续，即上一层的层底标高 \neq 下层底标高+下层层高，如图 3.5.9 所示，某些底盘带错层的情况可能存在这种建模方式。底盘局部抬高或降低后，在组装上方塔楼时直接将塔底标高抬高或降低。此时虽然模型中构件可正常

连接，但组装表的标高并不连续。该情况宜将组装表设置为连续，上部塔楼的构件底部通过修改底标高的方式与下层衔接。

层号	层名	标准层	层高(mm)	层底标高(m)
1		1	3300	0
2		1	3300	3.3
3		3	3300	6.6
4		3	3300	9.9
5		3	3300	13.2
6		3	3300	16.5
7		3	3300	19.8
8		3	3300	23.1
9		3	3300	26.4
10		3	3300	29.7
11		4	3300	6.6
12		4	3300	9.9
13		4	3300	13.2
14		4	3300	16.5
15		4	3300	20.3
16		4	3300	23.6
17		4	3300	26.9
18		4	3300	30.2

地下室层数 0 与基础相连构件的最大底标高(m) 0.00

图 3.5.9 楼层组装底标高不连续

(2) 塔楼平面形状比较特殊，如凹字形、类似体育场馆的环形、外轮廓挑出的梁墙较多的情况，该类复杂情况下，若软件的自动生成无法适应，可用【数据清空】删除程序自动生成的数据，使用【多塔指定】完全手工指定生成，手工指定的轮廓线尽量不要超出塔楼外轮廓太多，以便程序正确识别。

5、多塔按整体和分塔包络设计时，分塔模型自动划分不合理的处理

当在自动分塔参数中勾选了 各分塔与整体分别计算，配筋取各分塔与整体结果较大值 选项时，软件会自动按 45° 扩散角生成各个分塔模型在裙房部分的“相关范围”。但当遇到平面复杂、构件斜交较多、塔楼斜置等复杂情况时，软件自动划分的裙房相关范围不一定合理，从而可能出现整体计算可以通过，但单塔楼计算不能通过的问题。如图 3.5.10 中，出现了分塔模型中 2 层局部结构悬挑的问题。

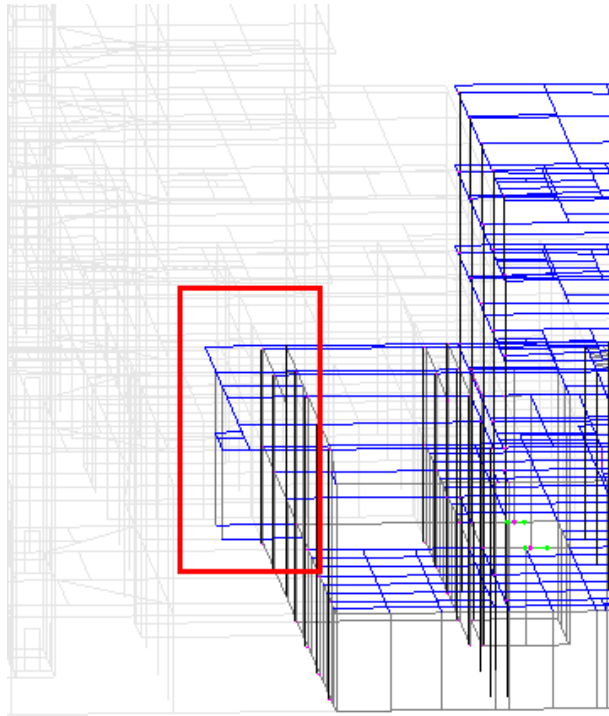


图 3.5.10 自动分塔模型不合理

凡是该类情况，均可以用多塔菜单下的【划分拆分范围】解决。该功能相当于直接指定裙房的“相关范围”，只要指定对应的上塔塔号后，在裙房部分勾勒出相关范围的围区形状即可，如图 3.5.11 所示。

除了上述的应用外，对于连体结构，也可以使用该功能，实现有连体多塔的分塔整体包络设计功能。在连体及其上部所有楼层，均围出主塔部分范围（忽略连体部分），即可实现此效果。

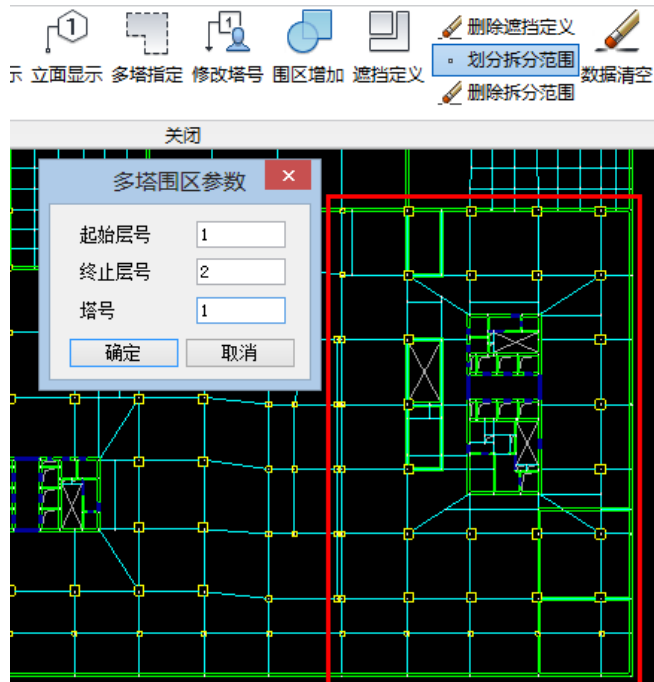


图 3.5.11 划分拆分范围

6、连体结构的分塔方法

对于连体结构，推荐的建模方式是将连体部位相关的两塔与连体建为同一楼层，相应的在多塔划分时连体及相关两塔为同一塔号，一般软件自动划分的效果如图 3.5.12 所示，连体部位塔号均为 1 号塔。

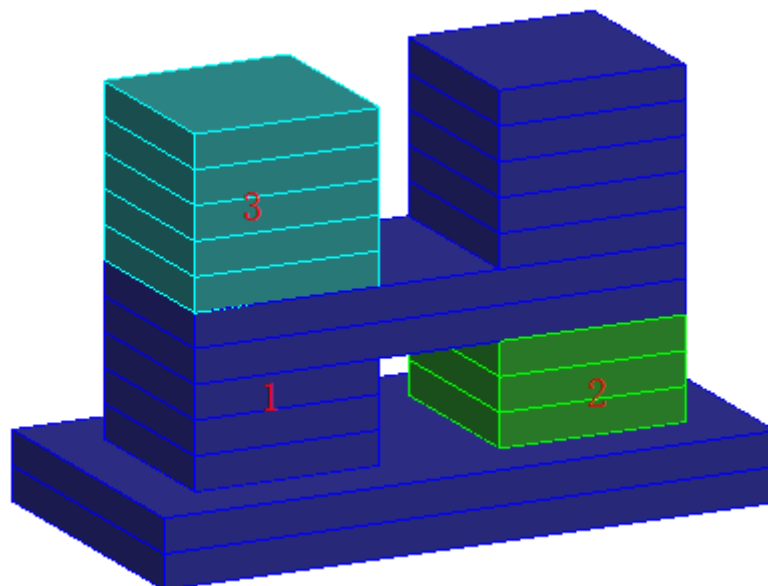


图 3.5.12 多塔划分

当软件自动划分的塔号如图 3.5.12 存在不连续的情况时，可以通过【修改塔号】稍作修改即可。如将原先连体上方右侧塔楼改为 2 塔，再将原先 3 塔改为 1 塔即可。

实际上，无论塔号是否修改为上下一致，只要【立面显示】菜单中多塔的连接关系正常，没有脱开、交错等情况，则对于剪力、剪重比、受剪承载力比、刚度比等楼层指标的统计均能正确进行。但是对于连体模型需要考虑自动进行分塔和整体的包络设计时，则宜尽量确保塔号的一致，并且必须使用前一条目中的【划分拆分范围】功能，在连体及其上部所有楼层围出主塔部分范围，如图 3.5.13 所示。

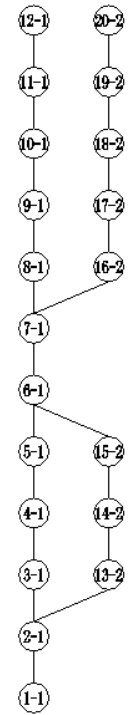
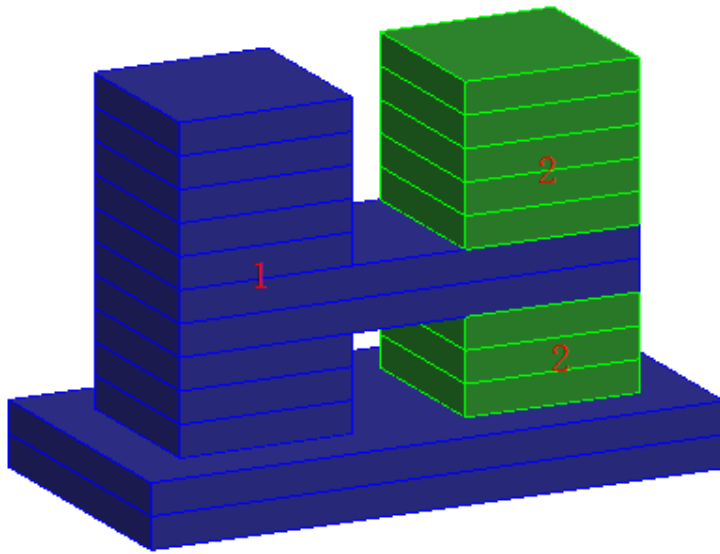


图 3.5.13 修改后的多塔划分