

鉴定加固需要调整施工次序吗？

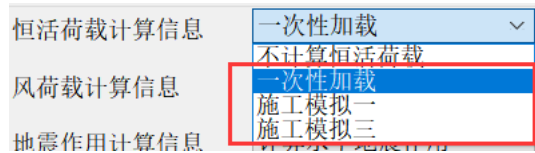
盈建科周胤呈

鉴定加固行业方兴未艾，使用盈建科软件鉴定加固模块的用户越来越多。由于部分用户之前主要从事新建工程设计，使用软件过程中可能会“习惯性”的选择施工模拟 3 来进行计算，那进行鉴定加固设计是否需要进行施工模拟呢？本篇简单讨论一下这个问题。

理论说明

指定施工次序计算是指在计算恒荷载时考虑施工次序的计算。是否考虑施工次序、考虑不同的施工次序对恒载效应的计算结果常有较大的影响。合理确定施工次序不仅符合实际情况，而且有可能减少构件的计算内力。

软件在计算参数中，提供处理恒载计算的 3 种算法：“一次性加载”、“施工模拟一”、“施工模拟三”，讨论之前我们先梳理一下这三个选项的具体含义。



一次性加载

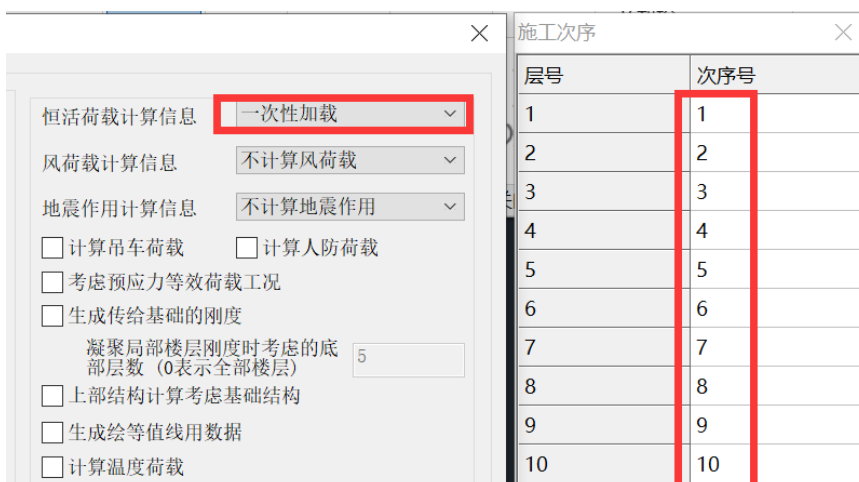
一次性加载，顾名思义为一次集成整体刚度、一次完成加载。选择一次性加载之后，后续无论怎么修改层或者构件的施工次序，程序都默认按照“一次”完成，所以修改施工次序前后恒载工况下构件内力均一致。

如下模型，选择了一次性加载，调整楼层施工次序前后，构件内力一致。

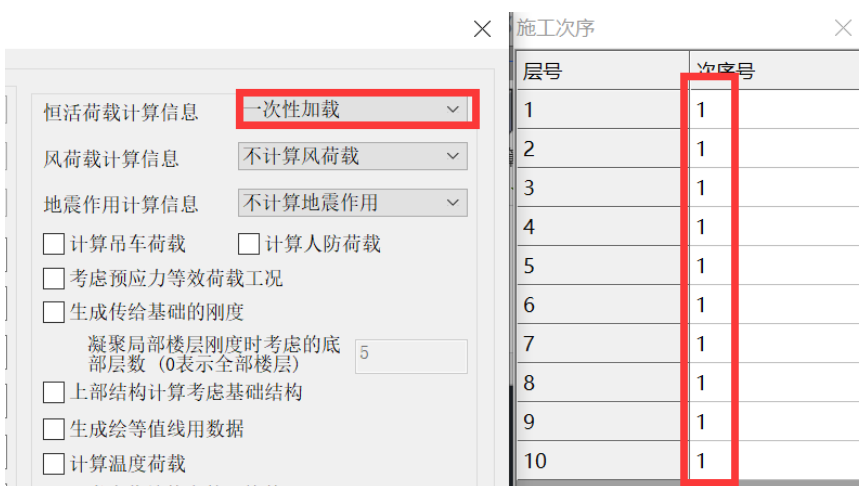
组装结果 (*注：通过Shift或Ctrl选择多行后 可进行多行编辑)

层号	层名	标准层	层高(m...)	层底标高(m)
1		1	3000	0
2		1	3000	3
3		1	3000	6
4		1	3000	9
5		1	3000	12
6		1	3000	15
7		1	3000	18
8		1	3000	21
9		1	3000	24
10		1	3000	27

模型一：



模型二：



恒载作用下构件内力完全一致(某构件前后内力对比):

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(DL)	0.2	-0.0	-1598.8	0.0	0.2	-0.0	-0.4
(DL)	0.2	-0.0	-1598.8	0.0	0.2	-0.0	-0.4
*(LL)	0.0	-0.0	-287.7	0.0	0.0	-0.0	-0.1
(LL)	0.0	-0.0	-287.7	0.0	0.0	-0.0	-0.1

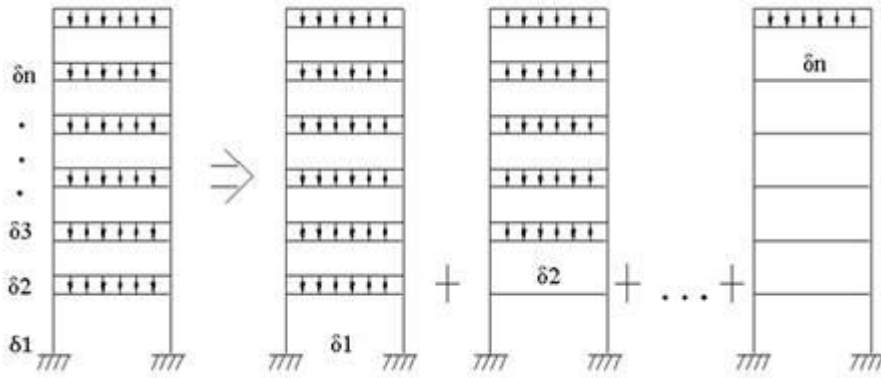
调整前内力

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(DL)	0.2	-0.0	-1598.8	0.0	0.2	-0.0	-0.4
(DL)	0.2	-0.0	-1598.8	0.0	0.2	-0.0	-0.4
*(LL)	0.0	-0.0	-287.7	0.0	0.0	-0.0	-0.1
(LL)	0.0	-0.0	-287.7	0.0	0.0	-0.0	-0.1

调整后内力

施工模拟一

模拟施工一采用一次集成整体刚度、分步加载的模型，只计入加载施工步及以下的节点位移量和构件内力，一般用来近似模拟考虑施工过程的结构受力。如图：



由于只需形成一次结构刚度矩阵，在计算机解题能力受限时，既能在一定程度上模拟施工加载的变形效果，同时又不会对计算效率造成太大影响。

选择了施工模拟一之后，如果将层施工次序全部修改为 1，效果上就等于一次性加载。如模型中的某一根柱构件内力，施工模拟一(施工次序全修改为 1)和一次性加载两种情况内力一致，如下图：

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(DL)	-4.3	0.0	-2180.7	-0.0	-7.3	0.0	5.8
(DL)	-4.3	0.0	-2180.7	-0.0	-7.3	0.0	5.8
*(LL)	-0.7	0.0	-280.0	-0.0	-1.0	0.0	1.1
(LL)	-0.7	0.0	-280.0	-0.0	-1.0	0.0	1.1

施工模拟一(默认施工次序)

三、构件设计验算信息

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(DL)	-4.8	0.0	-2125.7	-0.0	-6.8	0.0	7.7
(DL)	-4.8	0.0	-2125.7	-0.0	-6.8	0.0	7.7
*(LL)	-0.7	0.0	-280.0	-0.0	-1.0	0.0	1.1
(LL)	-0.7	0.0	-280.0	-0.0	-1.0	0.0	1.1

施工模拟一(施工次序全修改为1)

三、构件设计验算信息

brc --- 薄弱层调整系数, 大于1时输出

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(DL)	-4.8	0.0	-2125.7	-0.0	-6.8	0.0	7.7
(DL)	-4.8	0.0	-2125.7	-0.0	-6.8	0.0	7.7
*(LL)	-0.7	0.0	-280.0	-0.0	-1.0	0.0	1.1
(LL)	-0.7	0.0	-280.0	-0.0	-1.0	0.0	1.1

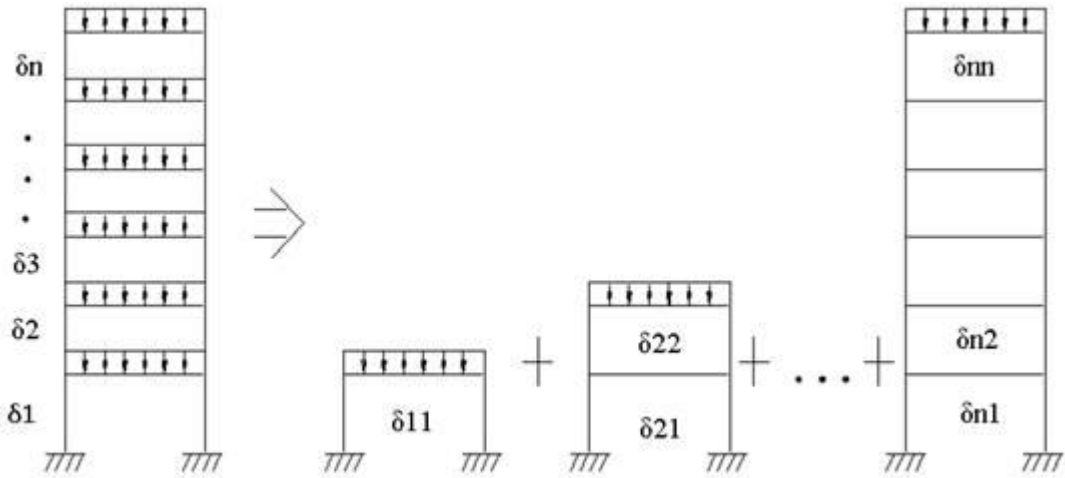
一次性加载

三、构件设计验算信息

施工模拟三

模拟施工三采用了分层刚度分层加载的模型，这种方式假定每个楼层加载时，它下面的楼层已经施工完毕，由于已经在楼层平面处找平，该层加载时下部没有变形，下面各层的受力变形不会影响到本层以上各层，因此避开了一次性加载常见的梁受力异常的现象（如中

柱处的梁负弯矩很小甚至为正等)。这种模式下, 该层的受力和位移变形主要由该层及其以上各层的受力和刚度决定。用这种方式进行结构分析需要形成最多 N (总施工步数) 个不同结构的刚度阵, 解 N 次方程, 计算量相应增加。



同样选择了施工模拟三之后, 如果将层施工次序全部修改为 1, 效果上就等于一次性加载。如模型中的某一根柱构件内力, 施工模拟三(施工次序全修改为 1)和一次性加载两种情况内力一致, 如下图:

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(DL)	3.3	0.0	-2347.2	-0.0	7.5	0.0	-2.5
(DL)	3.3	0.0	-2347.2	-0.0	7.5	0.0	-2.5
*(LL)	0.7	0.0	-280.0	-0.0	1.0	0.0	-1.1
(LL)	0.7	0.0	-280.0	-0.0	1.0	0.0	-1.1

三、构件设计验算信息

施工模拟三(默认施工次序)

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(DL)	-4.8	0.0	-2125.7	-0.0	-6.8	0.0	7.7
(DL)	-4.8	0.0	-2125.7	-0.0	-6.8	0.0	7.7
*(LL)	-0.7	0.0	-280.0	-0.0	-1.0	0.0	1.1
(LL)	-0.7	0.0	-280.0	-0.0	-1.0	0.0	1.1

三、构件设计验算信息

施工模拟3(施工次序全修改为1)

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(DL)	-4.8	0.0	-2125.7	-0.0	-6.8	0.0	7.7
(DL)	-4.8	0.0	-2125.7	-0.0	-6.8	0.0	7.7
*(LL)	-0.7	0.0	-280.0	-0.0	-1.0	0.0	1.1
(LL)	-0.7	0.0	-280.0	-0.0	-1.0	0.0	1.1

三、构件设计验算信息

一次性加载

结论:

- 一次性加载: 程序默认一次集成刚度、一次加载, 施工次序菜单无效;
- 施工模拟一: 程序默认一次集成刚度, 按照施工次序菜单执行加载;

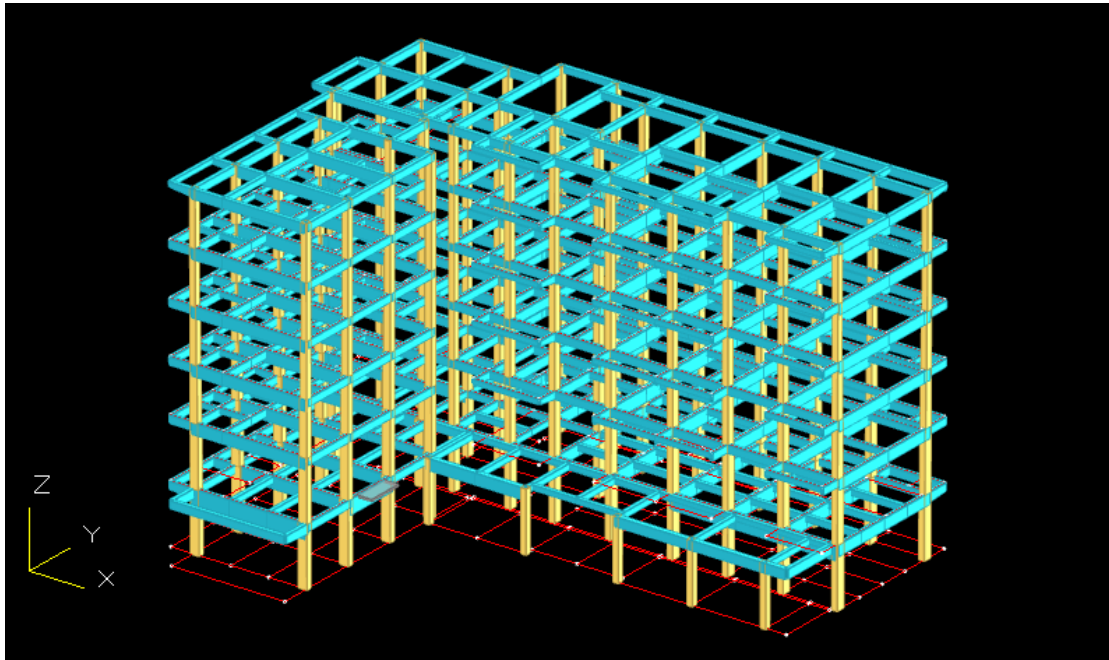
施工模拟三：程序按照施工次序中的设置集成刚度和加载。

实操建议

鉴定和设计的思路有所差别，鉴定是基于已有建筑进行相关评级或加固设计，都是基于结构已经完成施工的情况。而对于计算模型需要考虑施工模拟也仅在设计类规范《高规》5.1节有所提及：

5.1.9 高层建筑结构在进行重力荷载作用效应分析时，柱、墙、斜撑等构件的轴向变形宜采用适当的计算模型考虑施工过程的影响；复杂高层建筑及房屋高度大于150m的其他高层建筑结构，应考虑施工过程的影响。

对于常规的鉴定项目，“一次性加载”和“施工模拟三”对构件评级的结果有时候差别较大。例：某6层框架结构，因为建筑功能的改变，需要进行鉴定。



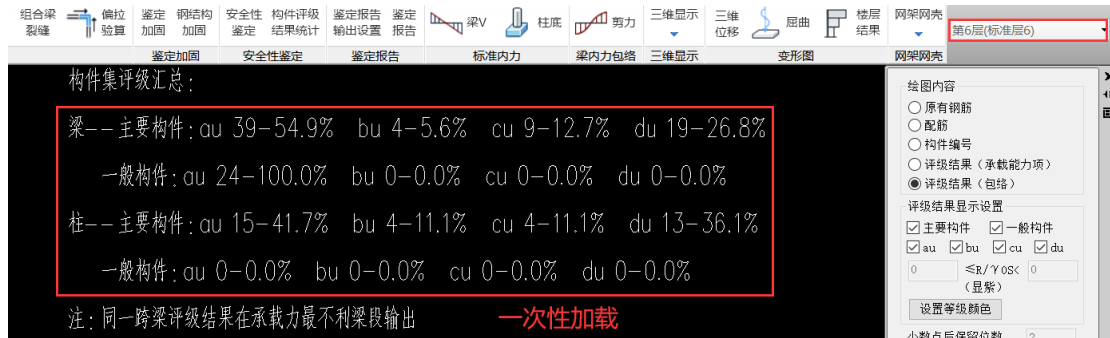
分别按“施工模拟三”和“一次性加载”计算，“施工模拟三”构件评级较好，无需进行加固设计，而“一次性加载”评级结果一般，部分构件需要进行加固设计。下图为两种情况下某一层构件集评级汇总：

构件集评级汇总：

梁--主要构件: au 68-95.8%	bu 1-1.4%	cu 0-0.0%	du 2-2.8%
一般构件: au 14-82.4%	bu 3-17.6%	cu 0-0.0%	du 0-0.0%
柱--主要构件: au 36-100.0%	bu 0-0.0%	cu 0-0.0%	du 0-0.0%
一般构件: au 0-0.0%	bu 0-0.0%	cu 0-0.0%	du 0-0.0%

注：同一跨梁评级结果在最不利梁段输出

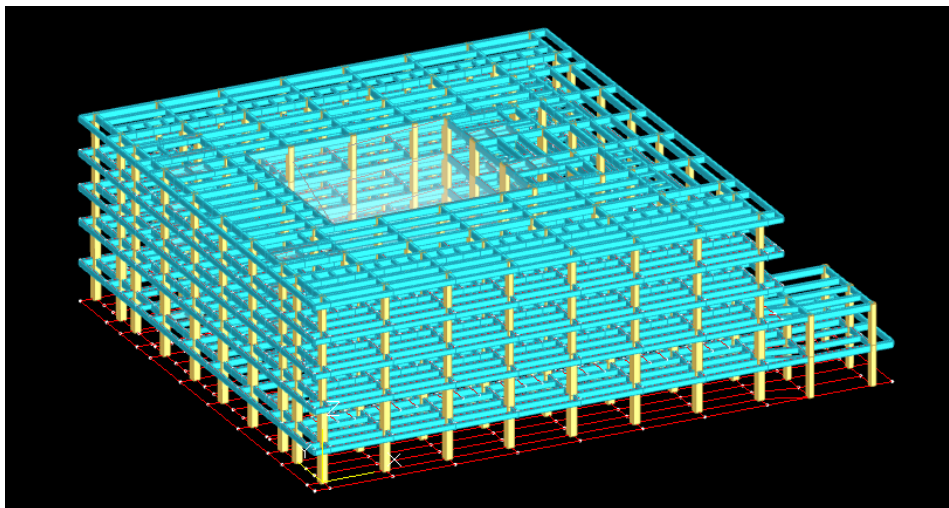
施工模拟3

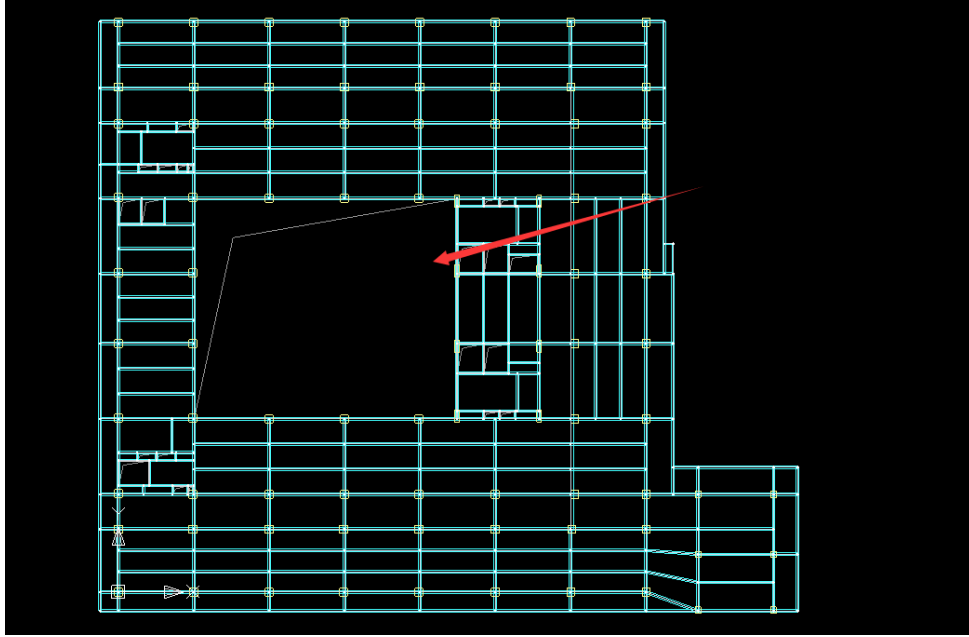


可以看出选择不同的方式计算，评级的结论可能不同，甚至影响后续的加固方案。对于常规的鉴定加固项目个人建议可以选择“一次性加载”进行计算。

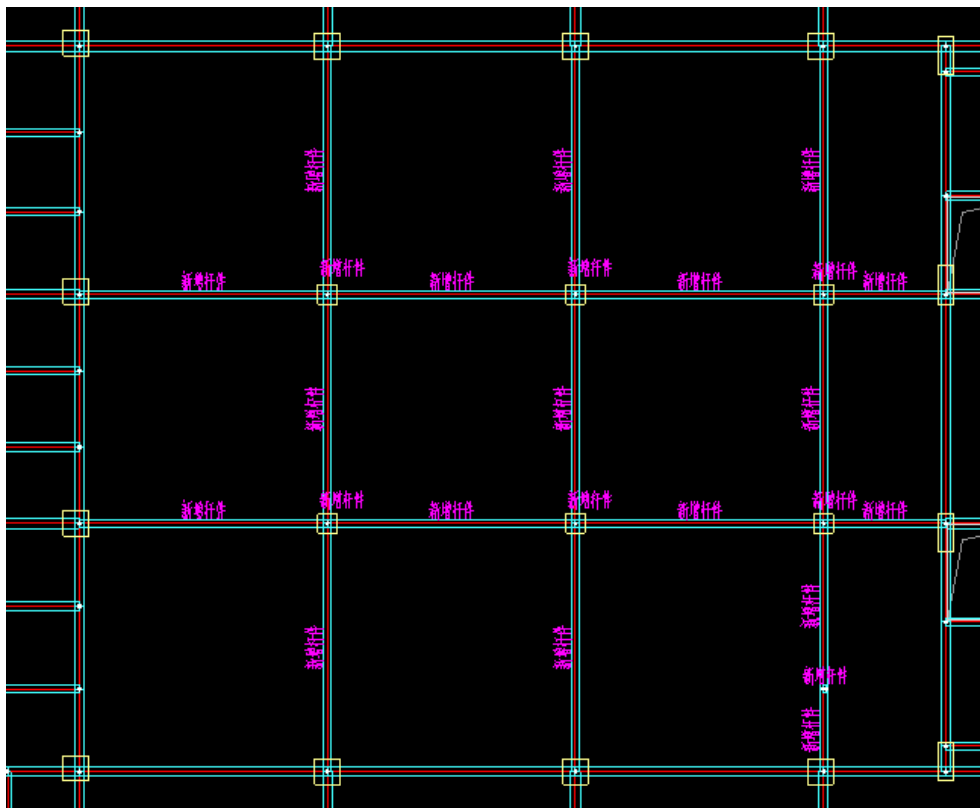
那既有建筑鉴定与加固项目是否都不涉及“施工模拟三”呢？答案是否定的。对于有新增构件的加固项目，考虑到新增构件是在主体结构刚度和加载完成之后进行的，按照实际情况模拟，则应选择“施工模拟三”，再将其余构件施工次序全部调整为1(表示原模型是一次集成刚度和完成加载的)，新增构件施工次序单独指定为2，最后进行计算。下面还是用实例模型来对比一下两种方式的计算结果。

模型为5层框架结构，需要将二层原开大洞的位置重新布置上梁柱：



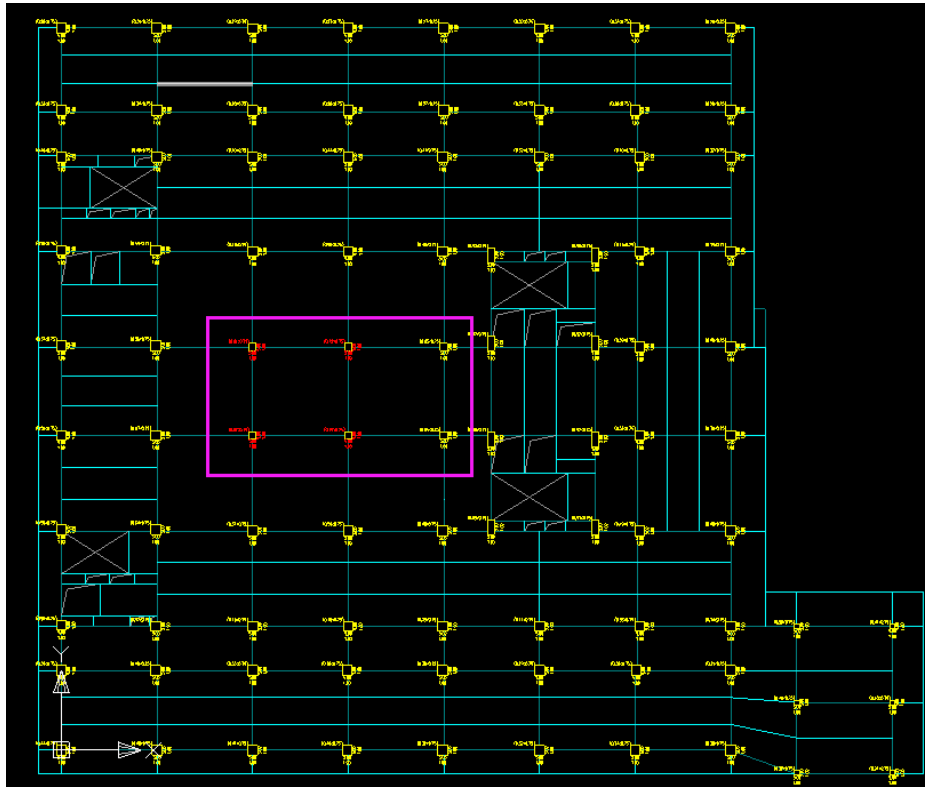


梁柱布置完成之后，需要在建模-鉴定加固菜单中定义为新增杆件：



建模完成之后，按照以下两种方式进行计算。

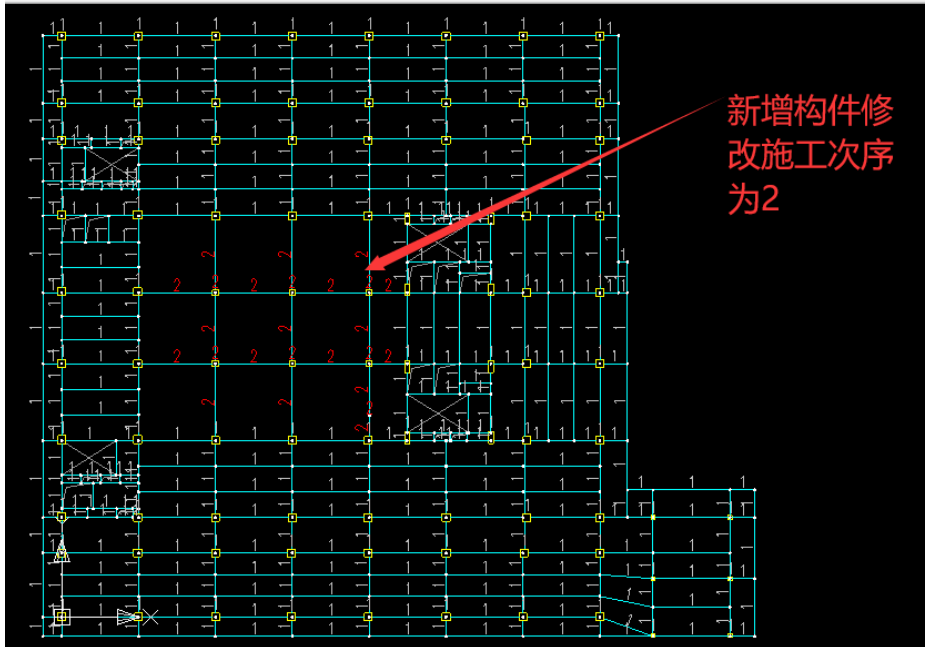
方式一：按照“一次性加载”计算，结果中6根新增柱，4根轴压比超限。



方式二：采用“施工模拟三”分析，将原构件施工次序修改为1，新增构件修改为2

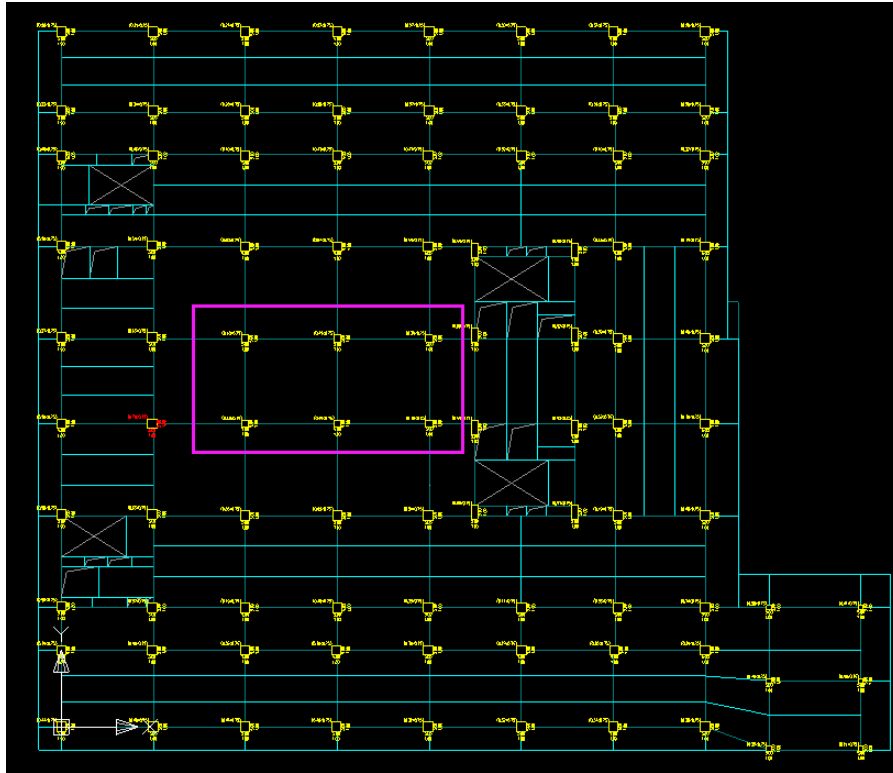
顶层	▪ 设主要屋面层	▪ 楼层信息	▪ 支撑砼等级	▪ 柱钢号	<input type="radio"/> 自动施工次序	▪ 包络楼层设置
顶部加强区	▪ 设顶部小塔楼	▪ 柱砼等级	▪ 板砼等级	▪ 梁钢号	▪ 表式施工次序	▪ 包络构件设置
约束边缘层		▪ 梁砼等级	<input checked="" type="radio"/> 重置属性	▪ 支撑钢号	▪ 楼层施工次序	<input type="radio"/> 重置单个构件
加强层		▪ 墙砼等级		▪ 墙钢号	<input type="radio"/> 构件施工次序	<input type="radio"/> 重置全楼构件

关闭



新增构件修改施工次序为2

结果中新增柱轴压比全部符合规范要求：



下图为两种方式下某新增柱的内力对比，恒载工况轴力差别较大。可以看出采用不同的方式，直接影响新增构件截面尺寸、材料强度的选择。

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(EX)	79.7	10.5	-242.4	-41.3	333.4	-13.7	-80.7
(EX)	79.7	10.5	-242.4	-41.3	333.4	-13.7	-80.7
*(EY)	11.2	72.4	213.0	-298.4	47.1	75.5	-12.5
(EY)	11.2	72.4	213.0	-298.4	47.1	75.5	-12.5
*(+WX)	1.2	-0.0	-3.6	0.0	5.0	-0.0	-0.8
(+WX)	1.2	-0.0	-3.6	0.0	5.0	-0.0	-0.8
*(-WX)	-1.2	0.0	3.6	-0.0	-5.0	0.0	0.8
(-WX)	-1.2	0.0	3.6	-0.0	-5.0	0.0	0.8
*(+WY)	-0.0	1.1	3.3	-4.5	-0.0	0.9	0.0
(+WY)	-0.0	1.1	3.3	-4.5	-0.0	0.9	0.0
*(-WY)	0.0	-1.1	-3.3	4.5	0.0	-0.9	-0.0
(-WY)	0.0	-1.1	-3.3	4.5	0.0	-0.9	-0.0
*(DL)	2.8	-24.6	-3806.7	42.3	3.9	-80.8	-10.0
(DL)	2.8	-24.6	-3806.7	42.3	3.9	-80.8	-10.0
*(LL)	0.6	-3.4	-412.3	6.0	1.5	-11.1	-1.5
(LL)	0.6	-3.4	-412.3	6.0	1.5	-11.1	-1.5

一次性加载

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(EX)	79.7	10.5	-242.4	-41.3	333.4	-13.7	-80.7
(EX)	79.7	10.5	-242.4	-41.3	333.4	-13.7	-80.7
*(EY)	11.2	72.4	213.0	-298.4	47.1	75.5	-12.5
(EY)	11.2	72.4	213.0	-298.4	47.1	75.5	-12.5
*(+WX)	1.2	-0.0	-3.6	0.0	5.0	-0.0	-0.8
(+WX)	1.2	-0.0	-3.6	0.0	5.0	-0.0	-0.8
*(-WX)	-1.2	0.0	3.6	-0.0	-5.0	0.0	0.8
(-WX)	-1.2	0.0	3.6	-0.0	-5.0	0.0	0.8
*(+WY)	-0.0	1.1	3.3	-4.5	-0.0	0.9	0.0
(+WY)	-0.0	1.1	3.3	-4.5	-0.0	0.9	0.0
*(-WY)	0.0	-1.1	-3.3	4.5	0.0	-0.9	-0.0
(-WY)	0.0	-1.1	-3.3	4.5	0.0	-0.9	-0.0
*(DL)	3.5	-26.0	-2066.3	42.5	6.2	-87.5	-11.5
(DL)	3.5	-26.0	-2066.3	42.5	6.2	-87.5	-11.5
*(LL)	0.6	-3.4	-412.3	6.0	1.5	-11.1	-1.5
(LL)	0.6	-3.4	-412.3	6.0	1.5	-11.1	-1.5

施工模拟三

以上个人更倾向于方式二的计算结果。当然影响内力因素众多，包括结构布置、材料强度、荷载大小等，而最终的鉴定或者加固结果与其余各工况内力大小都有关，变量太多，

单个模型结论不一定具有普遍的规律性。

最后，本篇建议为笔者个人观点，仅供参考，具体工程还需用户酌情把握。