

关于既有多层建筑增加电梯的若干思考

张高勇¹ 零祝建²

1. 南宁市建筑规划设计集团有限公司; 2. 南宁市建筑规划设计集团有限公司

摘要: 在既有建筑增加电梯的结构设计工作中, 如何评估增加的电梯与原有结构相互影响属于结构设计中的关键和难点。笔者为此进行了研究, 并提出了应对方法。

关键词: 既有多层建筑; 相互影响; 反作用力

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.08.032

前言

近年来, 国家鼓励对既有建筑进行改造, 既有多层建筑增加电梯就成了设计工作中经常碰见的项目。既有建筑增加电梯有两种结构方案, 第一种方案为新增电梯与原有结构完全脱离。由于新增电梯高宽比较大, 为了解决抗倾覆问题, 需要设置抗拔桩。这增加了工程施工难度, 并提高了造价。第二种方案采用新增电梯与原有结构连接的方式。此方案施工容易, 造价较低, 但结构上需要考虑与既有建筑的相互影响。现实中, 大多数既有建筑增加电梯采用第二种方案。由于大多数既有建筑缺少原有结构模型, 难以在原有结构模型上增加电梯进行整体建模计算。因此, 如何评估新增电梯与原有结构之间的相互影响就成了结构设计中的关键和难点。笔者为此进行了总结研究, 并提出了应对方法。

一、新增电梯对原有结构的整体影响

《建筑抗震加固技术规程》JGJ116-2009第3.0.3条^[1]提及到“当加固后结构刚度和重力荷载代表值的变化分别不超过原来的10%和5%时, 应允许不计入地震作用变化的影响”。因此, 既有建筑新增电梯时, 可根据此规范要求评估是否可以忽略新增电梯对原有主体结构整体的影响。新增电梯宜优先选择钢结构, 其刚度小, 自重轻, 很容易满足该规范这一条要求。同时钢结构电梯安装方便, 也适应既有建筑现场施工作业的现实需求。

二、新增加电梯对原有结构连接部位的局部影响

新增加电梯与既有建筑的连接点会产生相互作用, 需要复核支承该连接点的原有结构构件的安全, 并确保变形协调, 避免沉降差异带来的不利影响。这方面要求在《既有住宅加装电梯设计导则》DBJ/T45-080-2019第4.4.5条^[2]、《既有建筑维护与改造通用规范》GB55022-2021第5.3.7.4条^[3]中都有体现。

三、既有建筑对新增电梯的反作用力影响

当既有建筑与原结构采用连接方式衔接时, 原结构对新增电梯会有一个反作用力。这部分反作用力会对新增电梯产生一个扭转效应。以某既有建筑增加钢结构电梯为例来分析此方面影响, 并对电梯进行建模计算。

设计条件: 7度设防, 基本风压值=0.35kN/m², 既有建筑层数8层。

(1) 电梯与原有建筑完全脱离模型(独立模型)

假设电梯与原有建筑完全脱离, 彼此之间不发生连接。电梯标准层结构布置如图1所示。模型三维效果如图2所示。

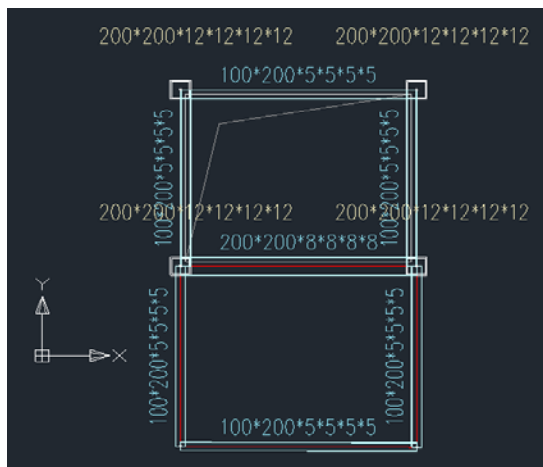


图1 标准层结构布置

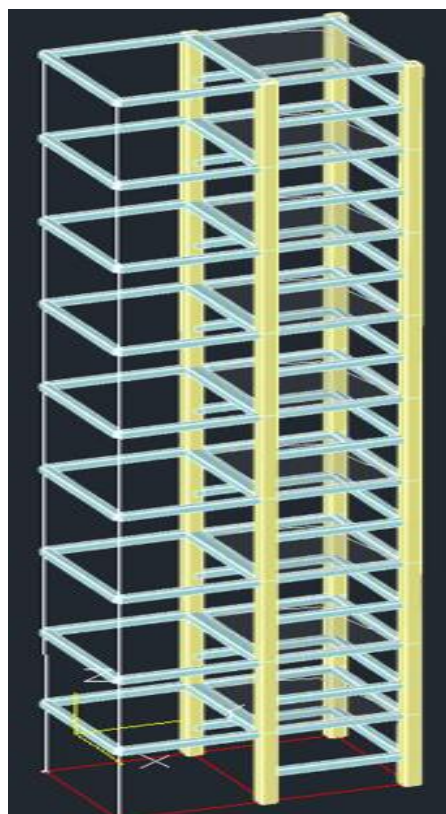


图2 标准层结构布置

经计算，此模型计算结果显示整体抗倾覆不满足要求，如图3所示，故应设置抗拔桩。此项目风荷载效应大于地震效应，如图4所示。

结构整体抗倾覆验算				
	抗倾覆力矩Mr	倾覆力矩Mov	比值Mr/Mov	零应力区(%)
层号: 1 塔号: 1				
X向风	9.336E+002	9.947E+002	0.94	100.00 >15% 不满足《高规》12.1.7
Y向风	1.522E+003	5.804E+002	2.62	7.21
X地震	9.146E+002	2.250E+002	4.06	0.00
Y地震	1.491E+003	2.667E+002	5.59	0.00

图3 抗倾覆验算

2、风荷载作用下剪力平衡验算(kN):

层号	塔号	X向风荷载	X向楼层剪力	Y向风荷载	Y向楼层剪力
9	1	9.1	9.1	5.3	5.3
8	1	17.4	17.4	10.2	10.2
7	1	25.0	25.0	14.6	14.6
6	1	31.8	31.8	18.6	18.6
5	1	38.0	38.0	22.2	22.2
4	1	43.7	43.7	25.5	25.5
3	1	49.0	49.0	28.6	28.6
2	1	53.2	53.2	31.0	31.0
1	1	57.1	57.1	33.3	33.3

图4 风荷载与地震荷载效应

(2) 电梯与塔楼相连模型的分析 (整体模型)

对于电梯与原结构采用后植锚栓连接的做法，主楼在每个连接点处都会对电梯产生三个方向的反作用力 F_x 、 F_y 、 F_z ，如图5所示意。按照前述的独立模型计算，Y向抗倾覆满足要求，因为抗倾覆产生的Y向竖向反力对电梯计算基本可以忽略不计。当处理好基础设计

时，也可近似忽略沉降差产生的竖向力。因此， F_z 可近似按照受荷面积的荷载集度来估算竖向力。 F_x 和 F_y 与电梯收到的水平力正相关。假设电梯每楼层质心处受到的风荷载作用力为 W_x 和 W_y ，每楼层质心处受到的地震作用力为 E_x 和 E_y ，那么可认为 $F_x \leq \max\{W_x, E_x\}$ ， $F_y \leq \max\{W_y, E_y\}$ 。从前面独立模型可以看出，电梯水平荷载效应大于地震效应，我们如果以 $F_x=W_x$ ， $F_y=W_y$ ， F_z =受荷面积荷载集度作为反力输入独立模型，那么以该模型的计算结果是偏安全的。而且此模型即使出现抗倾覆不满足也不需采用抗拔桩，因为 F_x 、 F_y 的存在于电梯受到的水平力是互相平衡的力系，只会产生扭转效应。

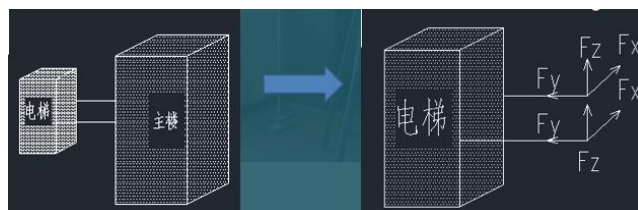


图5 整体模型分析

(3) 独立模型+反力 (简化模型)

如果在前面所提及的独立模型在与原有结构连接点处输入 F_x 、 F_y 、 F_z 反作用力。那么用此简化模型的计算结果来模拟整体模型是偏安全的。具体操作步骤为：将 F_z 按照恒载输入，但 F_x 、 F_y 只能按风荷载输入（在YJK软件中前处理模块风荷载模块中可按节点输入）。注意输入风荷载的正负符号不要输错。而且每个剪力值=层外力 F /连接节点数。例如本案例第6层在正向X风荷载下层外力 $F=6.8\text{kN}$ ，共两个连接点，故每个连接节点应输入 -3.4kN 。本工程简化模型第一层输入的反作用力荷载如图6所示意。

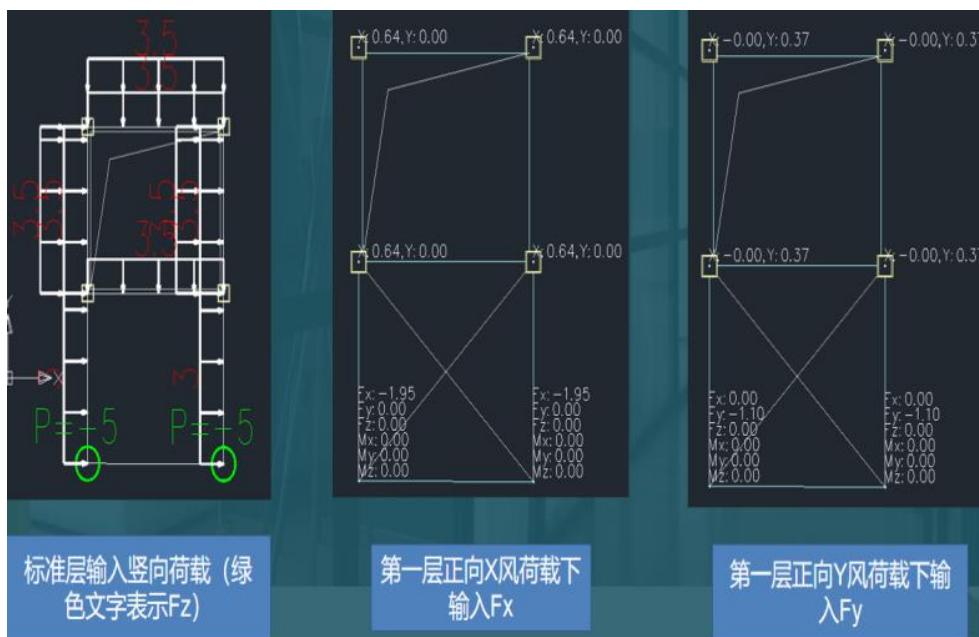
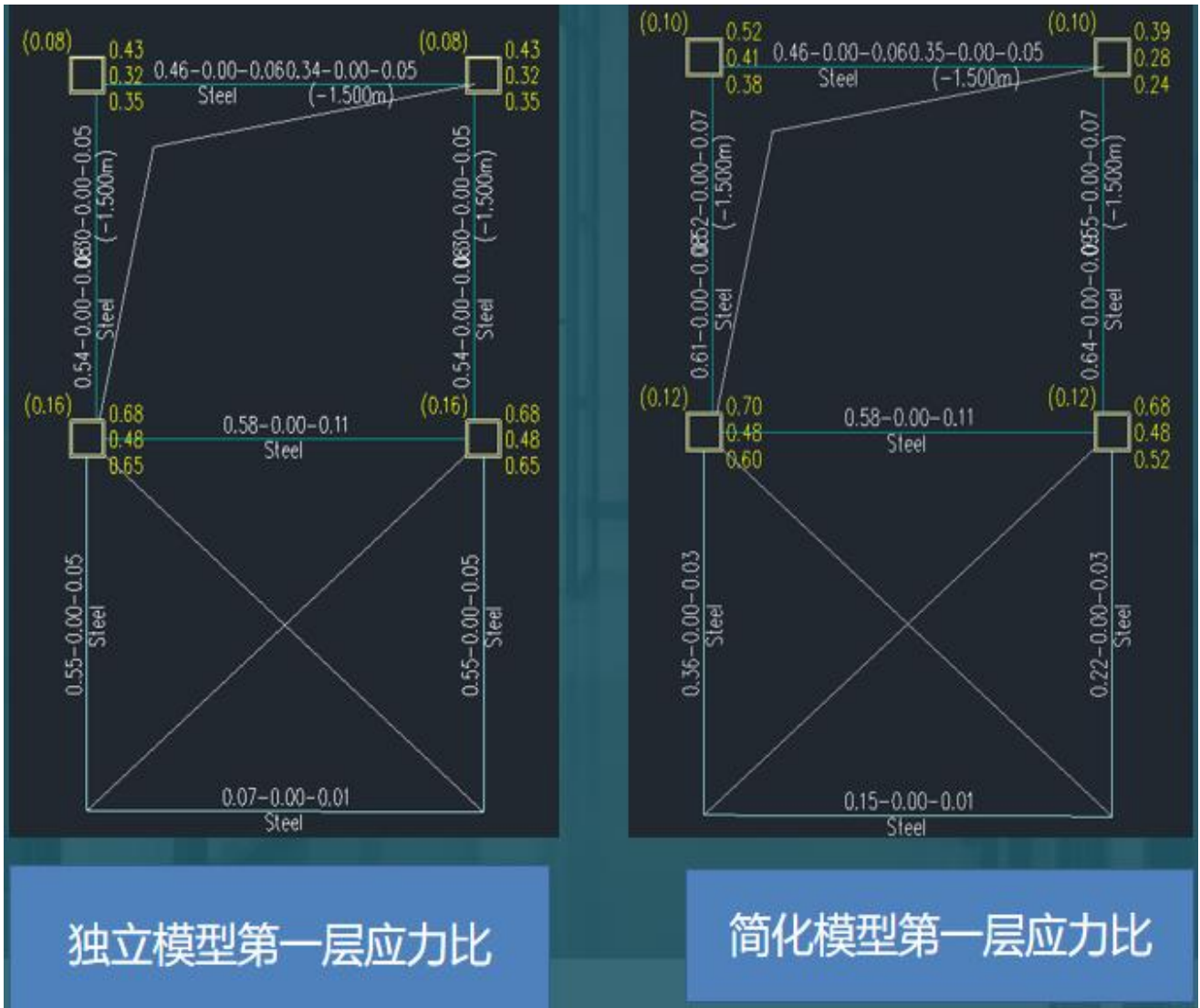


图6 简化模型输入的节点反作用力

(4) 结果对比

按照上述计算方法，在简化模型中输入节点反力

后，可明显看出节点反力对电梯产生了扭转效应，梁柱应力都相应增大。如图7所示意。



四、独立模型建模计算的风险分析

笔者了解到，由于缺乏原有结构模型，大多数既有建筑加电梯都是按照独立模型进行计算。经过前面的分析，对于烈度高，风荷载大或连廊跨度大的项目，支座反作用力或力臂增加，都带来力偶增大，会更加凸显扭转效应。因此，仅仅按照独立建模的方式存在很大不安全性，采用笔者前述分析总结的简化模型进行计算是安全可行的方法。

总结

(1) 新增钢结构电梯与既有多层建筑各自独立不设置连接时，新增电梯往往不满足抗倾覆要求，需要设置抗拔桩。

(2) 当新增加钢电梯与既有建筑采用连接方案时，可忽略钢电梯对原有结构的整体影响。但需要复核原有结构连接构件的安全。

(3) 当采用连接方案时，既有建筑对新增电梯的反作用不能忽略，可以按照本文中的简化模型进行分析计算。

参考文献

[1] 建筑抗震加固技术规程：JGJ116-2009 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2009。
 [2] 既有住宅加装电梯设计导则：DBJ/T45-080 [S]. 南宁：广西住房和城乡建设厅，2019。
 [3] 既有建筑维护与改造通用规范：GB55022-2021 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2021。

作者简介：张高勇，硕士研究生，高级工程师，一级注册结构工程师，主要从事结构设计工作。

通讯作者：零祝建，硕士研究生，高级工程师，一级注册结构工程师，主要从事多高层建筑结构分析与设计理论。