

黄石市中级人民法院审判楼 复杂高层结构分析与电算

曹举烽

(黄石市城市规划设计研究院, 黄石 435000)

【摘要】黄石市中级人民法院审判楼属平面和其它不规则的复杂高层结构。方案阶段建筑功能布局中扭转不规则、楼板局部不连续、局部存在较多的穿层柱。将导致该楼成为一栋超限高层建筑。详细介绍了黄石市中级人民法院审判楼通过结构布置优化、结构计算单元重新划分,通过PKPM、SATWE10版(2011年9月1日)电算、设计。结构分析结果均表明,合理的结构布置、结构选型、结构电算设计有效解决了结构规则性超限的问题,使在地震作用下的结构设计实现了规则化。

【关键词】复杂高层结构体系;结构布置优化;抗震分析;规则化

【中图分类号】TU973+.31 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1674-7461(2013)02-0051-05

1 工程概况

黄石市位于湖北省东南部,长江中游南岸。是武汉城市圈副中心城市,也是中部重要的原材料工业基地。黄石市是华夏青铜文化的发祥地之一,近代中国民族工业的摇篮。黄石市中级人民法院项目作为市重点项目之一,位于团城山开发区山南,由审判楼、司法技术综合楼、附属服务楼组成。其中,审判楼作为一期标志性建筑(图1)。



图1 黄石市中级人民法院审判楼全景

审判楼地下一层,地上五层(层高均为5.4m),局部六层(六层为设备预留及建筑造型层,层高为5.5m)。室外场地南低北高,相当于黄海高程35.500m~39.500m。建筑总高度为35.5m。总建筑面积为25310.8m²(其中:地上20449.6m²;地下4861.2m²)。平面尺寸为84.800m×66.300m。施工工期预计为一年半。

审判楼外立面为简洁欧式风格,既严格遵循欧式古典建筑的设计法则,同时对原有繁杂的欧式构件进行简化处理,创造出一栋庄严宏大、气势非凡的高层公共建筑。

建筑功能布局上,主要由3层高的入口大厅、诉讼服务中心、能容纳600人的大审判庭、6间中法庭、16间小法庭、法警训练场、独立的羁押区以及各类司法辅助用房组成。

大审判庭的建筑面积为716.6m²,层高为16.200m,上面布置法警训练场,训练场层高14.100m,各类审判用房均环绕大审判庭布置(图2)。

工程建筑设计使用年限为50年,抗震设防烈度为6度,设计地震分组为第一组,建筑场地类别为II类,场地特征周期为0.35s,设计基本地震加速度值

【作者简介】曹举烽(1968-),男,黄石市城市规划设计研究院结构总工,高级工程师,一级注册结构工程师,二级注册建筑师。主要研究方向:建筑结构设计。

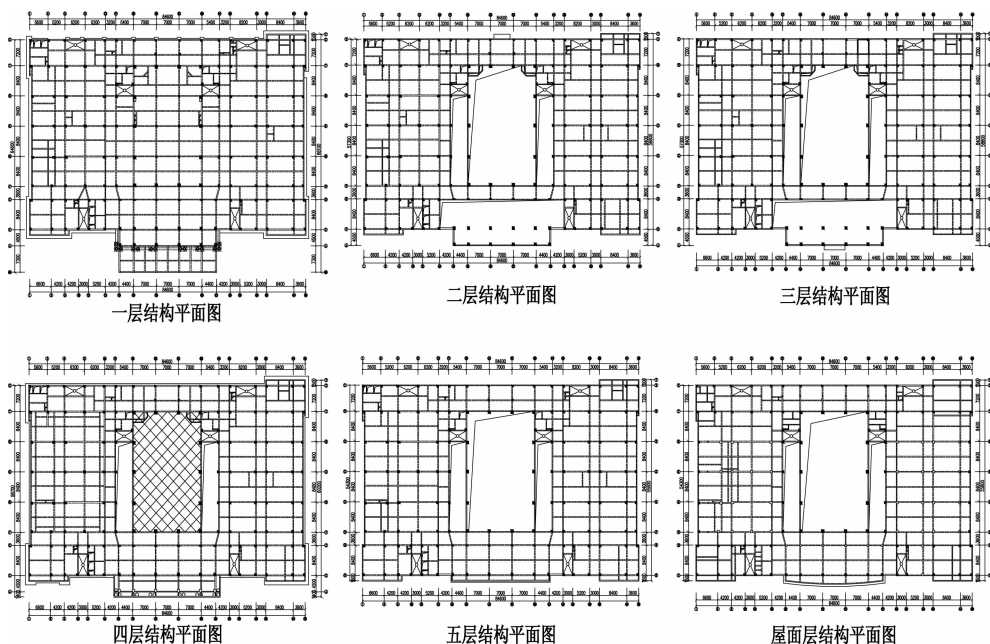


图2 结构平面图

为 $0.05g$ 。

主要材料:普通钢筋采用 HPB300、HRB400,混凝土强度等级采用 C30(三层及以下层柱、墙采用 C35),钢桁架结构采用 Q345B。

2 结构体系选型与结构布置

2.1 建筑对结构的制约与挑战

审判楼项目层数最高为6层,但由于层高较高,房屋高度大于 $24m$,属于高层建筑,其对于建筑造型、内部空间及各项功能的较高要求,使得该建筑呈现出明显的平面不规则、结构其它不规则,方案阶段就已经属于超限高层建筑,给建筑的结构体系选型及后续阶段的设计带来多方面的挑战:

(1)结构体系和结构布置必须同建筑功能布局相吻合:审判楼的地下室功能为停车库、独立的羁押区、设备用房,构成 $8.4m \times 8.4m$ 、 $7.0m \times 8.4m$ 等结构模数。左侧主要布置6间中审判庭,单间建筑面积为 $208.4 m^2$,结构模数为 $12.4m \times 8.4m$ 、 $7.2m \times 8.4m$,以适应中等规模的审判工作需要。右侧主要布置16间小审判庭,每间 $104.2 m^2$,对应结构模数为 $8.4m \times 8.4m$ 。左右两侧柱网布置不对称,在多振型的抗震电算中,考虑偶然偏心、双向地震,经初步试算,位移比大于 1.2 ,属于平面不规则的建筑类型。

(2)中央 $21m \times 33.6m \times 16.2m$ 为大审判庭,四周为中空的内廊。大审判庭上布置法警训练场,对应尺寸为 $21m \times 33.6m \times 14.1m$ 。训练场楼面采用钢桁架梁支撑于对应框架柱上,梁上为压型钢板,并浇筑钢筋混凝土作为面层。屋面则采用球形节点网架结构。因此无法利用该空间形成抗侧力体系来抵抗水平地震作用和风荷载。入口大厅跨3层高度,对应二层、三层结构平面形成空洞。经计算,总开洞面积达到该层面积的 33% 。同时,平面有效宽度小于该方向总宽度的 50% 。

(3)入口大厅处有4根跨3层的穿层柱,大审判庭外廊处有4根柱仅有Y方向框架连接、X方向1~5层均无连接,相当于跨5层的穿层柱。根据建质[2010]109号文的规定,属于其它不规则的范畴。

(4)正立面入口大厅外14根大罗马柱,直径为 $900mm$,高度为 $14.5m$ 。平面设置与结构柱网不能结合在一起设计,且建筑功能不允许柱穿地下室。

2.2 结构布置与结构体系选择

2.2.1 结构布置的优化设计

针对建筑功能布置的特点,将该审判楼进行结构优化布置,重新调整,划分为四个区,即a区、b区、c区、d区,其中a区为中审判庭区、d区为小审判庭区、c区为大审判庭区、b区为入口大厅区(图3)。

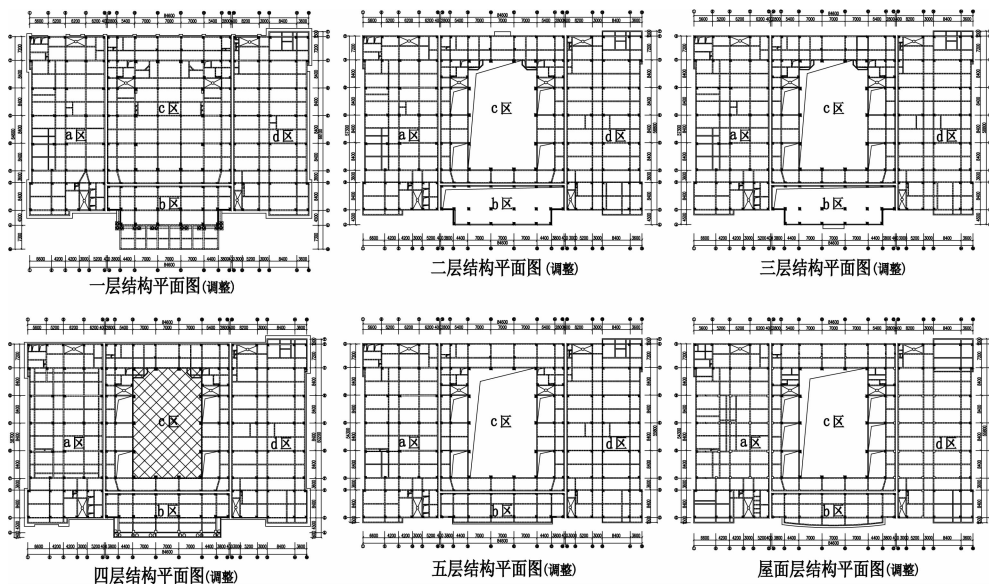


图3 调整后的结构平面图

2.2.2 结构体系优化设计

(1) a区、d区为柱网相对规整、受力相对明确的两个部分,采用框架结构。因为跨度均较大,特别是a区的中审判庭,梁跨达到12.4m,计算时要对板、梁的挠度、裂缝进行控制,对楼板舒适度也应进行控制。

(2) c区为大审判庭及法警训练场,经与建筑专业反复沟通,最终同意在大审判庭外廊的中空部位局部增加连廊,其一,使得穿层柱在楼层标高处均有两方向的框架梁拉结,对于结构的抗震概念设计、空间受力均有利。其二,也消除了超限高层判定条件中的局部存在穿层柱的这一条。第三,使得建筑功能更加丰富和完善,使大空间的疏散更加便捷、为相关人员提供了空间舒适的休息场所。该部分也采用框架结构。设计时要准确导入钢桁架梁、球形网架的相应支座内力。结构构件的刚度应予以加强。

(3) b区为入口大厅,跨3个标准层高度,柱子的数量少,水平刚度较弱,立面变化较大,采用框架-剪力墙结构,能有效克服其水平刚度较弱的问题。结构电算时,将标高-0.030~16.170当作一层,对应标高5.370、10.770周边梁按层间梁进行设计。配筋时为了考虑足够多的振型,也应按总层数为7层进行内力复核、配筋电算,包络设计。对于剪力墙的精心的布置也有效解决了四层以上Y向墙肢设置不足、竖向构件缩进大于25%这些新出现的问题。

2.3 其它相关处理措施

(1) 洞口四周的混凝土板厚度予以加强,均取150mm。标高-0.030板厚取180~200mm。

(2) 正立面入口大厅外14根大罗马柱,配合二次装饰设计,确定为结构空间格构式钢柱,外面干挂弧面花岗岩石材,柱底部设置550×650的梁承担荷载。柱顶采用套筒式连接,对水平方向进行约束,竖向可伸缩变形。预埋套筒对应结构构件配筋应予以验算及放大。

3 结构的抗震分析与电算

3.1 结构抗震分析及电算软件

审判楼的整体分析计算采用中国建筑科学研究院软件PKPM、SATWE10版。对建筑物在恒、活、风、地震力作用下进行内力分析及荷载效应组合计算。对框架结构、框架-剪力墙结构进行截面配筋计算,并为基础设计提供荷载。通过抗震设计,满足抗震设防的目标。由于b区、c区结构相对复杂,采用建科院软件PMSAP进行分析比较。

3.2 计算模型确定及计算参数的合理选择

3.2.1 计算模型的正确选择

由于室外场地南低北高,相当于黄海高程35.50m~39.50m,变化较大。 ± 0.000 等于黄海高程39.50m。地下室底板标高为-4.400,埋置深度只有1.4m~3.95m。地下室周围土体不能对建筑

物形成有效的嵌固。因此,计算时以地下室底板作为上部结构嵌固端。

由于建筑立面的需要,审判楼女儿墙高度为2.7m。造型外挑、装饰上采用干挂石材,荷载较重。在地震作用下,由于鞭梢效应会放大地震力,给结构带来隐患。设计中采用局部在屋面梁上植梁上柱,将女儿墙处框架柱延伸一层,形成框架结构,确保女儿墙安全。

3.2.2 计算参数的合理选择

在进行高层建筑的位移、周期等指标计算时,应对所有楼层强制采用刚性板的假定。在进行配筋计算时,应以弹性板方式来进行。但对于c区,由于楼板开大洞,不能选择指定刚性,避免出现异常情况。

根据该项目的岩土工程勘察报告及黄石市地方经验,本工程采用灌注桩。在进行基础设计时,采用的柱、墙底内力要合理准确。在电算时,考虑到施工过程的影响,选择模拟施工加载3,能较好符合工程的实际情况。

结构电算时,同时考虑了偶然偏心影响、双向地震作用。

b区中,由于-0.030~16.170当作一层来进行计算,计算总层数为5层,计算振型个数最多取15个。由于层间梁影响,SATWE计算结果的表明,有效质量系数小于90%,说明结构振型取得不够。因此,对b区,又按7层取21个振型进行重新计算,两种情况包络设计。

对于楼板开洞周边的框架梁,不考虑梁扭矩的折减。而对于有楼板约束的梁应予以考虑,在设计中分别设定梁的折减系数,计算两次,按实际情况,分别取对应的计算结果。

由于考虑了双向地震作用,柱配筋的计算采用单偏压计算。

4 结构的抗震分析与电算的结果

4.1 a区

层侧向刚度均不小于上一层70%或其上相邻三层平均侧向刚度80%;结构刚重比 $D_i * H_i/G_i$ 大于10,能够通过高规(5.4.4)的整体稳定验算;刚重比 $D_i * H_i/G_i$ 小于20,应考虑重力二阶效应;楼层与上一层的受剪承载力之比 $Ratio_{Bu}; X, Y \geq 1.0$ 。

结构扭转为主的第一自振周期 T_t 与平动为主的

第一自振周期 T_1 的比值为 $0.878 < 0.9$;楼层最小剪重比为 $1.10\% > 0.8\%$;有效质量系数 $97.73\% > 90\%$ 。

最大层间位移角为 $1/1582 < 1/550$;计入扭转影响的最大水平位移(层间位移)与平均位移(平均层间位移)的比值为 $1.37 < 1.50$;

配筋计算中,根据超配筋信息(WGCPJ. OUT)表明无超筋。

超限判定条件中仅满足一条:扭转不规则,不属超限高层。

4.2 d区

层侧向刚度均不小于上一层70%或其上相邻三层平均侧向刚度80%;结构刚重比 $D_i * H_i/G_i$ 大于10,能够通过高规(5.4.4)的整体稳定验算;刚重比 $D_i * H_i/G_i$ 小于20,应考虑重力二阶效应;楼层与上一层的受剪承载力之比 $Ratio_{Bu}; X, Y \geq 1.0$ 。

结构扭转为主的第一自振周期 T_t 与平动为主的第一自振周期 T_1 的比值为 $0.898 < 0.9$;楼层最小剪重比为 $1.04\% > 0.8\%$;有效质量系数 $97.14\% > 90\%$ 。

最大层间位移角为 $1/1374 < 1/550$;计入扭转影响的最大水平位移(层间位移)与平均位移(平均层间位移)的比值为 $1.38 < 1.50$;

配筋计算中,根据超配筋信息(WGCPJ. OUT)表明无超筋。

超限判定条件中仅满足一条:扭转不规则,不属超限高层。

4.3 c区

层侧向刚度均不小于上一层70%或其上相邻三层平均侧向刚度80%;结构刚重比 $D_i * H_i/G_i$ 大于10,能够通过高规(5.4.4)的整体稳定验算;刚重比 $D_i * H_i/G_i$ 小于20,应考虑重力二阶效应;楼层与上一层的受剪承载力之比 $Ratio_{Bu}; X, Y \geq 1.0$ 。

结构扭转为主的第一自振周期 T_t 与平动为主的第一自振周期 T_1 的比值为 $0.842 < 0.9$;楼层最小剪重比为 $1.06\% > 0.8\%$;有效质量系数 $98.39\% > 90\%$ 。

最大层间位移角为 $1/1463 < 1/550$;计入扭转影响的最大水平位移(层间位移)与平均位移(平均层间位移)的比值为 $1.42 < 1.50$ 。

配筋计算中,根据超配筋信息(WGCPJ. OUT)表明无超筋。

超限判定条件中仅满足二条:扭转不规则、楼板局部不连续,不属超限高层。

4.3 b区

层侧向刚度均不小于上一层70%或其上相邻

三层平均侧向刚度 80% ;结构刚重比 EJ_d/GH^2 大于 1.4,能够通过高规(5.4.4)的整体稳定验算;刚重比 EJ_d/GH^2 大于 2.7,可不考虑重力二阶效应;楼层与上一层的受剪承载力之比 $Ratio_Bu: X, Y \geq 1.0$ 。

结构扭转为主的第一自振周期 T_t 与平动为主的第一自振周期 T_1 的比值为 $0.732 < 0.9$; 楼层最小剪重比为 $1.01\% > 0.8\%$;有效质量系数 $> 90\%$ 。

最大层间位移角为 $1/1082 < 1/800$;计入扭转影响的最大水平位移(层间位移)与平均位移(平均层间位移)的比值为 $1.43 < 1.50$ 。

在规定的水平力作用下,底层框架部分所承担的地震倾覆力矩占结构总地震倾覆力的比例为 $40.66\% < 50\%$,框架抗震等级按框架结构确定,剪力墙可与框架的抗震等级同,均取为三级。

配筋计算中,根据超配筋信息(WGCPJ.OUT)表明无超筋。

超限判定条件中仅满足一条:扭转不规则,不属于超限高层。

5 结论

黄石市中级人民法院审判楼属平面和其它不规则的复杂高层结构。方案阶段建筑功能布局中

扭转不规则、楼板局部不连续、局部存在较多的穿层柱等各种不利因素,将导致该楼成为一栋超限高层建筑。

通过对结构进行认真分析、将原结构划分为四个区,将方案中不规则的各项判定指标分散到各个区内,使之不再集中。在各个区中,通过调整建筑功能、优化结构平面布置、选择合适的结构体系。使相应结构区段内结构布置比较规整、刚度较均匀,从而改善各种指标,减少超限判定条件的条数,从而有效解决了结构规则性超限的问题。最后通过 PKPM、SATWE10 版电算、进行结构设计。设计出一栋安全适用、技术经济合理的建筑。

电算分析结果均表明,合理的结构布置、结构选型、正确的计算模型、参数取值,使在地震作用下的复杂高层结构设计实现了规则化。

参考文献

- [1] GB 50011 - 2010 建筑抗震设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [2] JGJ 3 - 2010 高层建筑混凝土结构技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [3] PKPM 结构软件从入门到精通[A]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.

Structural Analysis and Computing Design of the Structure of Huangshi Intermediate People's Court Judgment House

Cao Jufeng

(Design & research City Programming Institute of Huangshi, Huangshi 435000, China)

Abstract: The structure of Huangshi Intermediate People's Court judgment House belongs to the plane and other irregular high-level structure. There are many problems which lead this building to become a High-rise building. These problems include irregularly reverse among program phase building functional layout, local floor discontinuities, and more wear layer column. This paper describes the optimization of Huangshi Intermediate People's Court Building through the structure optimization, the re-classified structure calculation unit, computing and designing by PKPM, SATWE10 version (September 1, 2011). The structural analysis results show that it can effectively solve the problems of structural regularity overrun through reasonable structure layout, structural selection, and structural computing design, thus realize structural design regularization under seismic action.

Key Words: Complex High-level Structural System; Structural Layout Optimization; Seismic Analysis; Regularization