

# 某高层住宅结构设计分析

王维

深圳市中贺工程检测有限公司

**摘要:**本文介绍了某高层住宅的结构选型和结构布置形式,并采用SATWE对结构进行整体建模分析计算,通过对结构整体指标分析到构件设计处理等方面介绍了高层剪力墙结构的设计一般流程和常见问题处理方式,能够保证该工程能够达到既定的结构设计目标。

**关键词:**高层住宅;剪力墙;结构设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.19.107

## 一、工程概况

该工程位于广西省岑溪市,拟建4栋高层住宅,本文选取其中一栋进行分析。该结构屋面结构标高为98.95m,结构嵌固端为基础顶。地下室共一层,地下室底标高为-6.0m,建筑功能为停车位和设备用房,地上各层层高为3.0m,使用功能均为住宅,首层局部为6.0m高入户大堂。

工程所在地抗震设防烈度为6度(0.05g),II类场地,设计地震分组为第一组,特征周期0.35s,承载力计算时,基本风压按50年重现期 $\omega_0=0.3\text{kN/m}^2$ 的1.1倍采用,地面粗糙度类别为B类,建筑高宽比H/B大于4,风荷载体型系数取1.4。结构安全等级为二级,重要性系数为1.0,设计使用年限为50年,建筑抗震设防类别为标准设防类(丙类)。

## 二、场地地质条件

勘察结果表明,场地岩土层自上而下为:

1.素填土①:主要成分以页岩风化残积物碎屑为主,局部含少量碎石、碎砖、碎砼块等,土质均匀性较差。

2.粉质黏土②:属砂页岩风化残积成因,土质较均匀,红黄色为主,场地内普遍分布,厚4.50~20.60m,层顶埋深0~5.90m。

3.粉质黏土③:属砂页岩风化残积成因,土质较均匀,红黄、紫红色为主,局部灰褐色,局部尤其是底部含少量页岩风化岩碎块。场地内普遍分布,厚1.30~39.40m,层顶埋深0~23.10m。

4.粉质黏土④:属砂页岩风化残积成因,土质均匀性较差,呈灰褐色,含强风化状页岩、灰岩碎屑物及碎块约10%,分布不均匀。场地内部分钻孔揭露至该层,厚1.70~19.60m,层顶埋深23.30~38.30m。

5.灰岩⑤:属泥盆系应堂组灰岩,灰色,隐晶质结构,中厚层状构造,原岩结构基本未破坏,呈微风化状,矿物成分主要为碳酸盐矿物为主,芯样侧面见少量方解石细脉穿插,局部夹有页岩或与页岩互层。岩体发育较多细小或闭合状节理裂隙,岩芯多呈柱状、短柱状,偶呈碎块状,岩石质地较硬,锤击声脆,属较完整的较硬岩类。场地内部分钻孔揭露至该层,揭示厚度0.30~9.80m,层顶埋深13.40~55.10m。

6.岩溶:场地处于碳酸盐岩地区,主要不良地质现

象为浅覆盖型岩溶,根据钻探情况,本次勘察共进行钻探施工68个钻孔,仅有1个钻孔遇到溶洞,遇洞隙率为4.76%,同时未见有地表岩溶和涌水,本场地岩溶发育等级属于岩溶强弱发育级别。

## 三、地下水类型、分布及特征

该场地地下水类型为孔隙潜水和岩溶裂隙水。

1.孔隙潜水:场地内孔隙潜水主要赋存于砂页岩残积土孔隙中,勘察期间,测得静止水位埋深约4.10~10.40m。

2.岩溶裂隙水:主要赋存于灰岩的裂隙中,其水量与灰岩裂隙及岩溶发育程度直接相关。根据钻探情况,部分钻孔钻至灰岩岩面时,均出现有不同程度的冲洗液漏失现象,岩溶裂隙水水位埋深在岩面附近,估计埋深在30m左右,稍具承压性,其与孔隙潜水有一定水力联系其补给和排泄均以地下径流方式进行,水位受季节变化影响较小,变化幅度在1.00~2.00m左右。

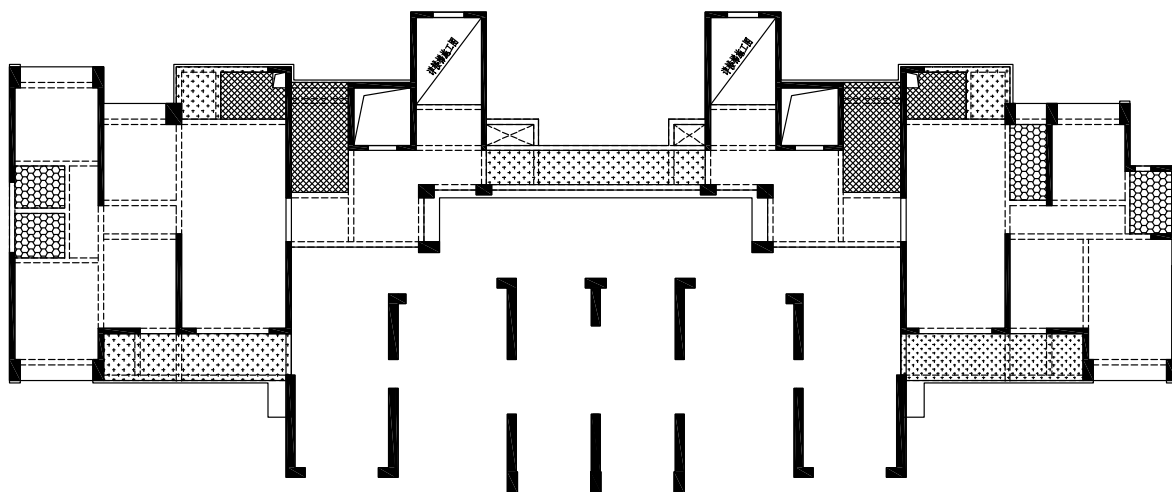
## 四、基础方案

根据地勘报告,粉质黏土②、③层,场地内均有分布,均匀性较好,力学性质较好,承载力较高,埋深较小或直接出露,是较好的持力层。综合考虑土层条件和地勘单位建议后,本项目基础设计采用素混凝土桩进行地基处理,素混凝土桩以③层为持力层,按摩擦桩进行设计;在岩面埋深较小或④层层面标高较高的地段,桩端置于灰岩⑤层层面。

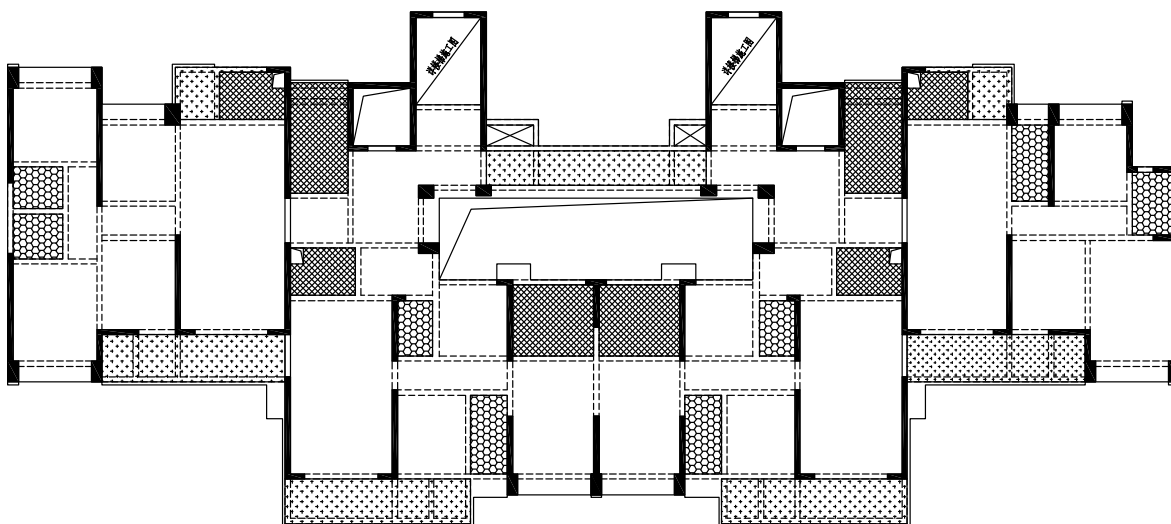
素混凝土桩采用长螺旋钻孔压灌工艺施工,形成复合地基后采用筏板基础。基础埋置深度不小于建筑物高度的1/18,局部地段筏板底以下存在较薄层的素填土①层,其承载力较低,为确保桩间土有较高的承载力,以上地段对基础底以下的素填土①层进行挖除,并采用低标号素混凝土换填处理。素混凝土桩身混凝土强度等级为C25,桩径为500mm,桩间距为1400×1400mm正方形布桩,复合地基承载力特征值 $f_{spk} \geq 510\text{KPa}$ ,筏板板厚为1800mm。

## 五、结构体系

根据建筑使用功能和立面需要,该工程采用剪力墙结构体系,剪力墙厚度为350mm、250mm和200mm。由于地下室和首层入户大堂部位层高为6m,为减小层刚度突变及增加墙体稳定性,墙厚采用350mm,其他部位墙厚为250mm和200mm。剪力墙在满足户型使用需要的情况下,尽量按对称、均匀、分散、对齐的原则布置,在楼梯间、电梯间部位剪力墙布置成筒状。混凝土等级由C55逐渐过渡到C30,梁截面尺寸主要为200mm×550mm、200mm×450mm和200mm×400mm,楼板均采用梁板结构,地下室顶板板厚为180mm,标准层楼板为100mm~150mm,屋面层楼板为120mm。该高层住宅结构布置见图一、图二。



图一：首层结构平面布置图



图二：标准层结构平面布置图

## 六、结构计算分析

本工程采用SATWE对结构进行整体建模分析计算，分析计算后，结构整体分析指标和构件设计中超限等情况的处理如下：

### 1. 结构整体指标分析

#### (1) 周期振型

振型	1	2	3
周期 (s)	3.4445 (X)	3.1099 (Y)	2.1405 (T)
扭振成份	0%	1%	99%

结构第一、第二周期为平动，第三周期为扭转，周期比 $T3/T1=0.62$ ，周期比满足规范小于0.9的要求。

#### (2) 层间位移角

工况	风荷载		地震	
	X	Y	X	Y
位移角	1/2744	1/1304	1/2048	1/2290

在风荷载和地震作用下，结构层间位移角均不大于规范限值的1/1000，结构的整体刚度满足规范要求，本项目为低烈度区，楼层较高，位移角为风荷载控制。

#### (3) 位移比

方向	X		Y	
	正偏心	负偏心	正偏心	负偏心
位移比	1.06	1.26	1.13	1.26

结构在考虑偶然偏心影响的规定水平力作用下，位移比大于1.2，但小于规范限值1.5，结构设计时需考虑扭转不规则影响。

#### (4) 剪重比

根据规范要求，6度（0.05g）设防地区，水平地震最大影响系数为0.04，楼层剪重比不应小于0.8%。当未进行地震作用下结构楼层剪力调整时，仅结构底部少数

楼层剪重比不满足规范要求，需要对地震作用下的楼层剪力进行调整，在SATWE前处理剪重比调整中动位移比按规范速度控制段规定的方式进行调整。

#### (5) 刚重比

结构整体稳定刚重比验算后，结构刚重比大于1.4，但不大于2.7。根据规范要求结构弹性计算时需考虑重力二阶效应对水平力作用下结构的内力和位移影响，在SATWE前处理中考虑结构重力二阶效应。

#### (6) 受剪承载力

结构各层的楼层抗侧力结构层间受剪承载力均大于相邻上层受剪承载力的80%，无楼层承载力突变的情况。

#### (7) 侧向刚度比

结构各层与其相邻上层的侧向刚度比均满足本层与相邻上层的比值大于0.9，当本层层高不小于相邻上层层高的1.5倍时，比值大于1.1；对结构底部嵌固层，比值大于1.5的规定，该结构无侧向刚度不规则的情况。

### 2. 构件设计处理

#### (1) 连梁超筋

SATWE计算分析后，结构部分连梁出现剪压比超限和主筋配筋超限的问题。调整方法为：

对于剪压比超限的连梁：①对连梁弯矩和剪力进行塑性调幅，在结构计算已经对连梁刚度进行折减的，限制调幅范围或者不再调幅，本工程连梁跨高比较小，调幅效果较差，未采用；②通过减小连梁高度，降低连梁刚度，减少连梁吸收的地震作用，本工程通过合理的调整连梁高度，能处理大部分剪压比超限的问题；③对连梁进行铰接处理，剪力墙按独立墙肢进行第二次多遇地震作用下的结构内力分析，墙肢按两次计算较大内力进行包络设计。

对于主筋超限的连梁：通过调整连梁对应剪力墙墙肢的长度，或调整连梁的高度，从而降低连梁的高跨比，进而保证连梁配筋率处于规范规定的范围。

#### (2) 小偏拉墙肢处理

本工程个别墙肢出现小偏心受拉的情况，高规规定抗震设计的双肢剪力墙不宜出现小偏心受拉。参照《超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点（2015版）》，对墙肢进行偏拉验算，验算小偏心受拉构件的名义拉应力是否满足要求。复核高层建筑在风荷载和地震标准组合下计算偏心受拉剪力墙墙肢的名义拉应力，

经计算，所有墙肢在中震下名义拉应力均小于混凝土抗拉强度。

#### (3) 短肢剪力墙配筋

由于建筑户型布置需要，本工程局部布置有少量的短肢剪力墙，计算分析后短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩比小于结构底部总地震倾覆力矩的30%，不属于具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构。对短肢剪力墙的设计按规范考虑一定的加强措施，对短肢剪力墙的轴压比控制更加严格，对短肢剪力墙各层的剪力设计值进行放大，对其墙肢的全部竖向钢筋的最小配筋率进行放大，所有短肢剪力墙均设置有翼墙或者端柱，能确保墙肢的平面外稳定。

#### (4) 小墙肢轴压比超限

本工程局部小墙肢有略超规范轴压比的情况，对于L型截面翼缘每侧外伸长度满足不大于其厚度的6倍，满足采用各墙肢组合轴压比的条件，当采用组合轴压比复核后，各墙肢轴压比均在规范要求的限值之类。

#### (5) 拉缝墙的设置

本工程外墙采用铝膜施工，为充分利用铝膜施工的优势，实现外墙一次浇筑成型，降低裂缝渗漏等质量通病的发生，业主要求将原外墙部位的砌体墙全改为混凝土墙，从而实现节约工期，提高效率的目的。为保证“砌改墙”后结构的刚度不受影响，结构上采用结构拉缝的施工工艺，在构造混凝土墙体与剪力墙的竖向或横向接缝位置，填充柔性材料将二者间接相连，达到既不影响结构的整体刚度，又能实现外墙一次浇筑完成的目的。

### 结语

本文通过梳理常见的高层住宅的结构设计流程、方法及常见问题的处理方式，通过从概念设计入手，加强关键部位的构造措施能够保证结构设计方面的安全合理，从而使结构能够达到既定的结构设计目标。

### 参考文献

- [1]《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010中国建筑工业出版社，2010。
- [2]《结构设计统一技术措施2018》（中国建筑设计院有限公司）中国建筑工业出版社，2018。
- [3]汪霞利，李宏健. 揭阳某超高层住宅结构设计[J]. 山西建筑，2017年3月。