

# 连体高层建筑详勘中的若干问题分析

周爱其 徐伟

(杭州市勘测设计研究院,浙江杭州 310012)

**【摘要】** 概括了国内目前连体高层建筑(群)的类型、平面布置、结构型式及受荷特点,从工程勘察的角度分析了该类建筑的主要岩土工程问题,着重阐明了拟采用桩基础条件下应重点把握的勘察要点,可供同类建筑条件下的岩土工程勘察借鉴与参考。

**【关键词】** 连体高层建筑;大底盘多塔楼;结构刚度;差异沉降;抗浮设防水位

**【中图分类号】** TU 471

## Problems in Detailed Geotechnical Investigations of Linked High-rise Buildings

Zhou Aiqi Xu Wei

(Hangzhou Geotechnical Engineering and Surveying Institute, Hangzhou Zhejiang 310012 China)

**【Abstract】** The types, plane distributions, structural patterns and load-bearing characteristics of linked high-rise buildings are summarized, and the main geotechnical problems are analyzed at the perspective of geotechnical investigations. It is expounded that the main point of investigation should be held if pile foundation is potentially used, which may be referenced in the investigations of similar buildings.

**【Key Words】** linked high-rise buildings; multiple towers with large domain; structural rigidity; differential settlement; anti-uplift ground water level

### 0 引言

近些年来,涌现了一大批以大底盘多塔楼结构、部分框支剪力墙结构等为代表的连体高层建筑。上述建筑为了满足日益复杂的建筑功能需要,多将主体高层、附属裙房、地下室(地下车库)等统一设置于一个连通大底盘上,或者在数个相邻塔楼间通过地下室结构与其相连,还有的则是塔楼间纯地下室(地下车库)通过各种地下连廊与各塔楼相连通,形成形式多样、建筑体量大、建筑功能丰富的复杂高层建筑。本文通过对连体高层建筑结构特征与受荷特点分析入手,对拟采用桩基础条件下的详勘等级、勘探孔深、地下室抗浮评价及抗浮设防水位确定等问题进行了探讨。

### 1 连体高层建筑的结构特征与受荷特点

本文所讨论的连体高层建筑主要指:①带整体连通裙房的大底盘多(单)塔楼的高层建筑;②带整体连通地下室而地上无裙房或仅设局部(非连通)裙房的多塔楼高层建筑;③带塔楼间纯地下室(地下车库)且与塔楼通过地下连廊相连的多塔楼高层建筑,见图1、图2及图3。

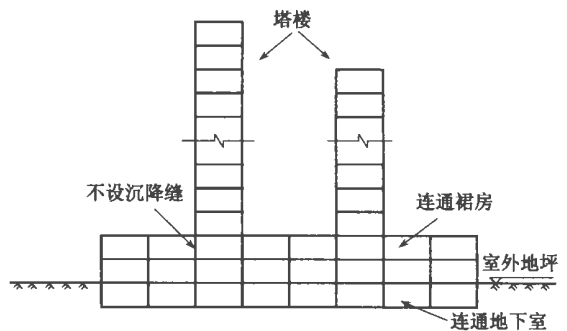


图1 大底盘多塔楼高层建筑剖面

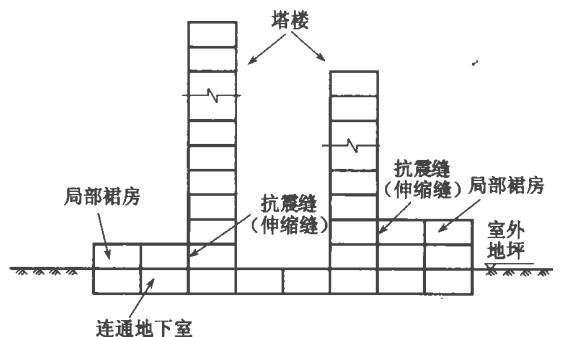


图2 带连体地下室高层建筑剖面

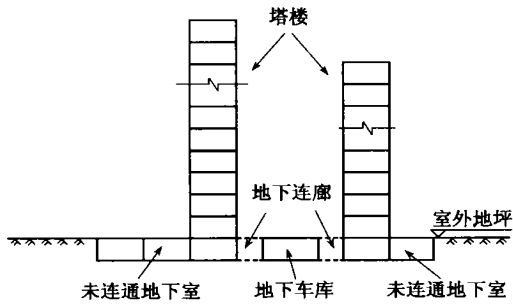


图3 带地下室连廊高层建筑剖面

上述三种高层建筑通常具有以下结构特征及受荷特点:

1) 在总平面上荷载分布极不均匀。塔楼部位质心高, 荷载大, 而连体裙房(地下室、地下车库等)荷载较小或处于超补偿状态, 各部分之间荷载差异大, 对地基承载力的要求及对地基的影响深度各不相同。

2) 因塔楼竖向刚度巨大而连体裙房(地下室、地下车库等)因其层数较少且平面分布较广或分布不规则而使得其竖向刚度较小, 各部位对地基差异沉降敏感度和适应能力互不相同。

3) 连体裙房及地下室(地下车库、地下连廊等)一般多围绕塔楼单侧、多侧或周边布置, 因地下室土方开挖卸荷, 易造成塔楼基础侧向约束条件的永久性削弱<sup>[1]</sup>, 对地基稳定性产生一定的不利影响。

4) 由于连体地下室(地下车库)分布较广且多建于地下水位以下, 其防水及抗浮稳定性要求高。

## 2 详勘中的主要岩土工程问题

分析上述连体高层建筑的结构特征及受荷特点, 归纳出连体高层建筑在详勘中的主要岩土工程问题有:

- 1) 场地地震效应与地基稳定性分析与评价;
- 2) 地基(水平向)均匀性与差异沉降的分析与评价;
- 3) 连体地下室(地下车库)抗浮稳定性评价与抗浮设防水位的确定;

4) 连体地下室(地下车库)的基坑稳定性评价与支护参数的确定。

## 3 拟采用桩基础条件下勘察要点分析

### 3.1 勘察等级的确定

《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ 72—2004)第3.0.1条规定<sup>[2]</sup>“应根据场地和地基的复杂程度、建筑规模和特征以及破坏后果的严重性将勘察等级分为甲、乙级”。对于本文所讨论的三种连体高层建筑而言, 多为大型商贸建筑、居住区及广场式建筑等, 人流、物流量大且集中, 建筑一旦遭受破坏后果严重、

损失巨大; 多具大底盘多塔楼、部分框支剪力墙结构等, 结构体系复杂, 荷载差异大, 对地基变形尤其是各部位差异变形往往有很高或特殊要求; 塔楼多带地下室(地下车库), 在地震作用下的结构抗震特性与地基稳定性尚在研究探讨之中, 已有同类建筑尚需经历强震的检验。因而, 勘察等级宜按甲级考虑。

### 3.2 勘探平面布置与孔深的确定

#### 1) 勘探平面布置

连体高层建筑平面布置多较复杂, 故详勘阶段要求严格按塔楼、裙房的柱列线和建筑轮廓线交叉或对称布孔, 在连体地下车库部位一般沿中线布孔; 并在塔楼范围内布置剪切波速测试钻孔。

#### 2) 勘探深度的确定

连体高层的孔深确定涉及到塔楼、裙房及地下室(地下车库)两大部分, 由于结构受荷特点及对地基承载力的不同要求, 应视塔楼与裙房(地下室、地下车库)的连接条件不同而区别对待。

##### ① 刚性连接

当塔楼与连体裙房(地下室、地下车库)不设沉降缝、呈刚性连接时, 已有研究表明<sup>[3]</sup>, 由于连体裙房基础对主体塔楼荷载的扩散作用, 存在一个以塔楼为中心的“共同作用有效范围”, 塔楼有部分荷载传递到裙房(地下室、地下车库), 致使后者基底附加压力有所加大, 与塔楼之间的变形协调要求同步一致; 另一方面结构抗震计算时将上述两大部分作为整体加以输入, 求得结构整体位移与内力, 故塔楼、裙房及地下室的控制性钻孔孔深应一致。

##### ② 半刚一半柔性连接

当塔楼与裙房(地下室、地下车库)之间设后浇带而呈半刚一半柔性连接时, 因后浇带可以消除塔楼与裙房(地下室、地下车库)之间的初期大部分沉降差的影响, 调整各结构单元之间的附加内力与变形, 结构设计可以选用同一种桩基, 以不同层位为持力层的形式。故裙房、地下室(地下车库)与塔楼之间的控制性钻孔可选用不同深度。

##### ③ 柔性连接或未连接

当塔楼与裙房(地下室、地下车库)通过地下连廊相连时为柔性连接; 若两者之间采用沉降缝分隔, 则已属非连体高层建筑。结构抗震设计时各自作为不同结构单元加以输入求解, 互不关联, 各结构单元的变位(沉降)相对自由, 故两者之间的控制性钻孔孔深应独立考虑。

### 3.3 场地剪切波速孔设置

由于连体高层建筑所采用的大底盘多塔楼结

构、部分框支剪力墙结构等设计时抗震等级较高,结构振型通常由塔楼控制,故①宜在每幢塔楼处布置一剪切波速孔;②应与塔楼控制性钻孔相结合,便于测定场地覆盖层厚度、划分建筑场地类别等参数。

### 3.4 连体高层建筑裙房(地下室、地下车库)的抗浮评价与抗浮工程措施

连体高层抗浮评价是详勘阶段需重点解决的岩土工程问题之一,其本质是查明拟建场地地下水的赋存状态与渗流特征,分析研究连体裙房(地下室、地下车库)结构自重与地下水浮力效应之间的极限平衡关系。一般塔楼部位地下室主要考虑的是施工期间临时抗浮问题,多采用基桩增设抗浮(拉)配筋和基坑临时控制性降排水来处理。

对于包含地下室的连体裙房,需同时验算基桩的抗浮与抗压强度是否满足相关规范要求,对于连体高层纯地下室,则主要考虑抗浮验算,工程实践中通常考虑采用如下抗浮工程措施:①加设抗浮(拉)配筋;②增加自重(上覆土重或连体地下室、地下车库自重);③利用基坑围护桩等抗浮;④增设抗浮桩;⑤增设抗浮锚杆等。

详勘分析评价时,应注意把握:①对于塔楼间纯地下室(地下车库)而言,通常采用抗浮锚杆较为经济合理;②对于需考虑抗浮(包含地下室)的连体裙房,或在地下水位变化幅度很大、升降频繁且基底承载力明显不足的结构部位,建议选用抗拔桩较为可靠。

### 3.5 连体高层裙房(地下室)抗浮设防水位的分析确定

#### 1) 抗浮设防水位的简要分析

详勘中建筑抗浮设防水位是一个如同抗震设防烈度一样的重要技术参数,其取值原则在文献[2]中已有明确规定。按抗浮设计要求,抗浮设防水位应为建筑物基础在设计基准期内可能遇到的最高地下水位。通常结构抗浮验算分为整体抗浮验算与局部抗浮验算两种,前者验算时涉及到地下室顶板标高的设计和覆土厚度的控制;而后者验算时抗浮设防水位的高低则直接影响到地下室底板板厚、配筋与抗裂验算,关系到连体裙房(地下室)的工程造价大小。因此,安全合理地确定抗浮设防水位成为连体高层建筑详勘的难点。

#### 2) 抗浮设防水位的确定

文献[4-5]从场地地下水赋存状态与渗流特征的角度分析研究了多层地下水条件下抗浮设防水位的取值,明确提出地下建筑物的抗浮设防水位应是基础底面所在地下含水层的最高水位(广义地说相

对隔水层也是含水层)。这主要从局部(地下室基底)抗浮的角度来考虑。事实上,工程所面临的实际多为地下室肥槽,基底多设垫层,侧边常用无粘性土回填或回填松散,地表洪水或降雨就会在其中充满水<sup>[6-7]</sup>。因此,还应同时考虑整体抗浮验算时的设防水位取值。就连体高层建筑而言,首先从整体抗浮的角度考虑。考虑到地下水对地下结构产生的浮力至多相当于该结构排开的同体积地下水的质量,故只要取抗浮水位不低于连体裙房(地下室)的预设顶板高度就能满足,一般可取地下室预设顶板面标高为整体抗浮设防水位。其次再从局部抗浮的角度出发求得地下室基底所在含水层的最高水位,取两者中高值作为抗浮设防水位。此外,工程所处不同的地形地貌条件对抗浮设防水位的确定也有较大影响。当连体高层建筑处于山麓斜坡、河边地块、山间洼地等地貌时,应充分考虑山间突发洪水、地表漫流等对建筑抗浮稳定的不利影响并根据当地工程经验适当计入抗浮设防水位的取值之中。

## 4 结论

1) 连体高层建筑的结构特征与受荷特点,决定了详勘中需重点解决的岩土工程问题及拟采用桩基础条件下应重点把握的勘察要点。

2) 考虑到连体高层建筑结构的复杂性和重要性,勘察等级宜按甲级考虑。

3) 塔楼和连体裙房(地下室、地下车库)之间的控制性勘探孔深宜按照不同连接条件加以区别对待。

4) 连体高层抗浮评价的本质在于分析研究连体裙房(地下室、地下车库)结构自重与地下水浮力效应之间的极限平衡关系。

## 参 考 文 献

- [1] 张在明. 地下水与建筑基础工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001: 165-166.
- [2] JGJ 72-2004 高层建筑岩土工程勘察规程[S].
- [3] 潘安平. 高层建筑和裙房连体筏板地基反力分布的探讨[J]. 岩土工程技术, 2003(3): 160.
- [4] 黄志仑. 关于地下建筑物的地下水扬力问题分析[J]. 岩土工程技术, 2002(5): 274, 283.
- [5] 黄志仑, 马金普, 李丛蔚. 关于多层地下水情况下的抗浮水位[J]. 岩土工程技术, 2005(4): 183, 217.
- [6] 张思远. 在确定建筑物基础抗浮设防水位时应注意的一些问题[J]. 岩土工程技术, 2004(5): 227-228.
- [7] 李广信. 浮力计算与粘性土中的有效应力原理[J]. 岩土工程技术, 2003(2): 66.