

# 建筑工程地基基础与桩基设计优化分析

程堂荣

安徽建际工程设计有限公司

**摘要:**在我国沿海及长江中下游的大多数城市建设中当中都存在着深厚的软弱土层、地质条件比较复杂的。高层建筑荷载比较大,沉降要求高,天然地基一般都不能满足承载力及变形要求,大部分高层建筑均采用桩基设计。因此桩基进行设计过程中也应该充分考虑到不同的因素,展开科学化的设计,以此确保整体结构的安全性和稳定性,同时还要考虑投资效果及经济性,选择适合的桩基形式尤为重要。本文以某高层建筑结构工程为例,对桩基设计进行优化分析。通过对地质条件的详细勘察,结合工程实际需求,优化设计了桩基方案。重点探讨了地基基础类型、桩基设计、沉降计算及控制等方面,并提供了具体的工程案例。优化后的地基基础与桩基设计方案具有较好的稳定性和安全性,能够满足工程要求。

**关键词:** 建筑结构; 工程项目; 地基基础; 桩基设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.017

## 引言

在当前的建筑行业中,高层建筑是一种重要的建筑类型,高层建筑在各个城市中都有出现,并且在高层建筑中所采用的基础结构形式也是多种多样的,因为在高层建筑的结构设计过程中,结构设计是一个重要的环节,而结构设计又是以地基基础和桩基设计为基础的,目前桩基设计存在很多的优化空间。因此,在当前的建筑工程当中,我们要对建筑工程地基基础与桩基设计进行设计优化和选型,并且在具体的优化过程中要按照实际情况进行合理地调整。

## 一、工程概况

### (一) 工程基础信息

某高层建筑结构工程位于某城市的市中心,建筑总面积约为9980m<sup>2</sup>,其中为地下约为860m<sup>2</sup>,地下共1层,地上主楼13层,建筑总高度为44.8m。建筑主体为钢筋混凝土框架剪力墙结构,基础形式是拟采用桩承台筏形基础+桩基础,从该建筑物的地质勘察报告中可以看出,该建筑物的基础形式拟采用筏板基础及灌注桩或预应力管桩。从该建筑物的场地工程地质条件来看,其土层主要以黏性土、粉土为主,在建筑场地浅层还存在着深厚淤泥。而且该建筑的上部结构设计为13层的钢筋混凝土框架剪力墙结构,所以在对该建筑物进行地基基础和桩基设计时,首先要考虑到这种基础形式是否满足高层建筑的使用要求。根据调查结果显示,在该建筑物的地基中存在着大量的淤泥质黏土,这种土质还会导致建筑物地基出现不均匀沉降问题。

### (二) 工程地质条件

该工程位于市区中部,北京东路与新开发支路交叉,距市高铁站1.5公里。拟建建筑物所在区域的地质

条件比较复杂,主要由杂填土、淤泥质粉质黏土及粉质黏土、黏土、凝灰岩全~强风化等组成。经钻探揭露,场地内土层分布不均匀,从上到下依次为:

①层杂填土(Qm1)——层厚0.90~5.20m,层底标高为4.40~9.75m。黄褐、灰褐、褐灰等杂色,松散~稍密状态,含多量碎砖、石块及建筑和生活垃圾等,局部区域底部含①1层流塑状淤泥,厚0.90~4.40m。

②层淤泥质粉质黏土(Q4al+pl)——层厚4.90~8.60m,层底标高-1.41~0.65m。青灰色,流塑状态,饱和,含有机质、腐烂物等,稍有光泽,干强度低,韧性低,间夹薄层粉砂。

③层黏土(Q4al+pl)——层厚1.50~5.20m,层底标高为-5.33~-0.98m。黄褐、褐灰色,硬塑状态,含氧化铁、铁锰结核,无摇振反应,光滑,干强度及韧性强。

④层粉质黏土(Q4al+pl)——层厚2.20~8.70m,层底标高为-12.51~-6.68m。黄褐、褐灰色,软塑~可塑状态,含较多氧化铁、铁锰结核,稍光滑,干强度及韧性低~中等。

⑤层黏土(Q3al+pl)——层厚7.30~18.40m,层底标高为-20.70~-18.75m。黄褐、褐黄、褐灰、棕黄、棕红色,硬塑~坚硬状态,含较多氧化铁、铁锰结核,粒径最大约5cm,局部富集处达40~60%,光滑,干强度及韧性强。

⑥凝灰岩全~强风化——层厚1.40~1.80m,层底标高为-22.40~-20.35m。灰白、灰红、棕灰、灰褐色,密实(坚硬)状态,该层均匀性较差,局部夹多量块石及中风化短柱状岩石。

⑦层凝灰岩强~中风化——此层未钻穿,层厚大于6.0m,其下无软弱下卧层。棕红、棕黄、灰褐色,密实(坚硬)状态。含少量石英、长石、云母等矿物,岩质较坚硬、致密,需采用合金回水钻进。

## 二、基础方案设计

### (一) 方案设计

在建筑工程中,地基基础与桩基设计是至关重要的环节。地基基础是建筑物的根基,其稳定性、安全性直接影响着建筑的整体性能。桩基设计则是将建筑物荷载传递到地下深层土壤中,以实现建筑物对地基的有效支撑。因此,地基基础与桩基设计的优化对于提高建筑的整体稳定性、安全性以及使用寿命具有重要意义<sup>[1]</sup>。常见的地基基础类型包括天然地基和人工地基,天然地基是指自然形成的土层或岩层,具有承载能力强、稳定性好的优点,但受地质条件影响较大。人工地基则通过加固处理措施提高土层或岩层的承载能力和稳定性,受地质条件影响较小,但需要采取适当的设计和施工措施<sup>[2]</sup>。地基基础设计优化应考虑多种因素,如地

质条件、水文条件、荷载大小等。首先,应根据工程需求选择合适的地基基础类型。其次,应进行地质勘察和水文资料收集,充分了解地质和水文条件,为设计提供依据。最后,应根据荷载大小进行结构设计,确保地基具有足够的承载能力和稳定性。

根据前文分析可知,本工程的桩基设计拟采用两种桩型:一是预应力高强度管桩,二是钻孔灌注桩。而该工程项目施工人员在对其进行设计的过程中,综合考虑了以下因素后,做出了相应的选择。根据地质勘察结果,该工程的地质条件较差,若采用预应力高强度管桩,需要对浅层淤泥进行水泥搅拌桩加固处理,以确保管桩施工及土方开挖偏位、断桩。根据场地的地质情况,桩基设计选型方案分为两种:第一种,预应力高强度管桩:在地质条件较差的情况下,桩基础是一种常见的解决方案。桩基础通过在地下深层镶入桩体,将建筑物的荷载传递到深层的坚硬土层或岩层。此方案需要进行地基处理,包括静压沉桩、桩体验收、截桩头处理等步骤。

第二种,钻孔灌注桩设计方案:本工程旋挖成孔灌注桩拟采用泥浆护壁成孔工艺(湿作业旋挖成孔)。钻孔达到设计深度时,应采用清孔钻头进行清孔,孔底沉渣厚度不应大于50mm。在清孔过程中,应不断置换泥浆,直至浇注水下混凝土,灌注混凝土前,孔底500mm以内的泥浆相对密度应小于1.25,含砂率不得大于8%,黏度不得大于28s。宜采用反循环工艺成孔或清孔。旋挖钻机成孔应采用跳挖方式,钻斗倒出的土距桩孔口的最小距离应大于6m,并及时清除。桩端位于倾斜岩面时,应保证桩身全断面进入持力层的深度满足设计要求。施工前应仔细研读地勘资料,对可能存在的夹层、孤石等作出预判,并采取相应的应对措施。

### (二) 经济性分析

第一种方案:拟采用管桩,根据勘察报告,选择⑤层黏土(Q3a1+p1)为桩基持力层,采用PHC-500AB(125)-Lb,参考桩长18m,设计要求单桩竖向抗压承载力特征值不得少于2200kN,经初步计算,总桩数为92根,根据目前造价分析,管桩含施工费大约为225元/m,造价约37.3万元,浅层土层⑤500水泥搅拌桩加固按6m长计算,总共约180根,总长1080m,每米造价约47元/m,加上机械进出场费造价约10万,合计造价约47.3万元;

第二种方案:拟采用旋挖成孔灌注桩,根据勘察报告,选择⑤层黏土(Q3a1+p1)为桩基持力层,采用⑥600灌注桩,参考桩长23m,设计要求单桩竖向抗压承载力特征值不得少于1800kN,经初步计算,总桩数为114根,根据目前造价分析,⑥600灌注桩含施工费大约为420元/m,总造价约110.2万元。

以上分析采用PHC-500AB(125)-Lb管桩比旋挖成孔灌注桩要节约63.1万元。

### (三) 影响因素

#### 1. 建筑物的荷载情况

在对建筑物进行荷载计算的过程中,可以将建筑结构本身所承受的荷载作为主要的计算依据。在设计过程

中,还需要根据建筑物的设计要求对其所能承受的荷载进行全面地分析,以保证计算结果的准确性<sup>[3]</sup>。从上述地质条件和具体的桩基方案来看,实际设计过程中,考虑到工程所在地的地质条件较差,包括淤泥质土、粉质黏土等多种土层,其中淤泥质土厚度较大,分布较广,对地基基础的稳定性有较大影响。而粉质黏土则较为松软,强度较低。这些土层对地基基础的稳定性有较大影响。预应力混凝土管桩具有一体成型的优点,而且,预应力混凝土管桩采用静压法,有一定挤土效应,侧阻力和端阻力比灌注桩要高,内部的钢筋预应力状态和混凝土的高强度,能够有效抵抗各种外部环境下的各种损害和侵蚀,相比较其他桩型而言,能够适应这种复杂的地质条件,但对应侧向有软弱土层的要求做水泥搅拌桩加固保护,防止施工出现斜桩、断桩等质量事故。

#### 2. 地基基础类型选择

在对该建筑物进行地基基础设计的过程中,我们需要根据其地基承载力以及建筑物荷载情况来选择相应的基础形式。此外,由于该建筑物所处地区的土质情况比较复杂,所以在对其进行地基基础设计过程中,我们还需要结合实际情况来选择合理有效的基础形式。除此之外,在该建筑物中还有部分为地下室,而在对其进行设计过程中需要选择相应的桩基础形式,这样才能保证地基基础设计方案的合理性。工程为高层建筑结构工程,对地基基础的稳定性和安全性要求较高。预应力混凝土管桩具有较高的承载力和较好的稳定性,能够满足该工程的需要。不仅如此,预应力混凝土管桩的施工速度快,能够缩短工期,同时相对于其他桩型,其经济性较好<sup>[4]</sup>。

总的来说,地质条件是选择桩型的重要因素之一。由于该工程所在地的地质条件较差,需要选择具有较强承载力的桩型。预应力混凝土管桩的优点在于其具有较高的抗压承载力,特别适应上软无硬夹层地质条件。

### 三、桩型的选择

#### (一) 桩型选择

桩基设计应考虑桩的种类、长度、直径、布置方式等因素。根据工程需求,选择合适的桩型和尺寸是至关重要的。在设计中,应充分考虑地质条件、施工可行性、经济性等因素。例如,在软土地基中,采用预制桩或钢管桩等高效桩型可以取得较好的效果;而在硬土地基中,采用钻孔灌注桩或冲击钻孔桩等低成本桩型则更为合适。桩基优化设计应结合工程实际,考虑施工可行性、经济性、环境保护等因素。在保证工程质量的前提下,应尽量降低工程造价和减少对环境的影响。例如,通过合理选择桩型和布置方式,可以减少施工难度、缩短工期并降低成本;同时,采用绿色施工方法可以减少对环境的影响。

#### (二) 优化设计

在建筑结构工程中,地基基础与桩基设计是相互关联、相互影响的两个关键环节。为了实现整体性能的最优,需要进行协同优化。地基基础和桩基设计在结构设计中是相互协调的。地基基础的刚度、强度和承载力分布应与上部结构的刚度、强度和承载力相匹配。同时,

表1 桩型参数数据

桩型	具体型号	桩长 (m)	桩径 (m)	桩顶标高 (m)	极限承载力 (KN)	施工方法	检测方法
预应力混凝土管桩	PHC-500AB (125) -Lb	18	0.5	-2.0	4400	静压法	静载及无损检测

桩基的设计也应与地基基础的设计相协调，确保整体结构的稳定性。

在协同优化过程中，以上述工程项目为例，在实际设计过程中，采用了有限元分析等方法对结构进行详细的计算和分析，以确定最优的设计方案。有限元分析可以模拟结构的真实行为，预测可能出现的薄弱环节，并对其进行优化。在桩基施工过程中，应考虑施工机械、施工环境等因素的影响，选择合适的施工方法和顺序。管桩具有较高的承载力和较好的水平承载性能，能够有效地解决复杂地质条件下的基础问题；而筏板基础则具有较好的整体性和抗震性能，能够承担较大的水平荷载。

### (三) 具体施工

1) 场地平整：清除地表杂物，并填平场地中的坑洼处，必要时用压路机压实表土。并沿场地四周挖沟排水至集水坑进行集中排水。

2) 测量定位：开工前请甲方提供区域内的控制点资料及明确现场控制点具体位置，并及时办理双方交接手续。根据甲方提供的控制点，施放轴线和桩位，每个桩点插短钢筋，并做成管桩等径模具，白灰沿模具撒放。到桩机就位后再进行复测。

3) 预应力管桩的成品检查：检查预应力管桩出厂合格证和主要质量指标（砼强度），再进行外观检查，同时做好检查记录。

4) 设备准备情况的检查：压桩机安装就位，按需要的总重量配置压重，并调平桩机平台。打桩前认真检查打桩机设备及起重工具。

5) 探桩：根据测量定位点，利用同直径的钢管用静力压桩机压穿①层素填土层，探明表层土的障碍物。防止桩尖堵塞块石，以便顺利穿过②层土层。如果场地土层状况良好，为了提高工效，可以不用探桩，直接压桩即可。

6) 吊桩插桩：根据每孔设计桩长选择每节桩长和压桩顺序并编号。利用桩机自身起重机按编号顺序吊桩就位，再用夹具持桩对准测量定位点插桩入孔内。桩压入过程中修正桩的角度非常困难，因此就位时应正确安放。第一节管桩插入地下时，必须保持位置及方向正确。开始要轻压，认真检查，若有偏差应及时纠正，必要时拔出重压。

7) 压桩：利用桩机的重量由液压系统持桩将管桩垂直压入土中，并随时用两台经纬仪双向控制管桩的垂直度。并观察压桩的压力与深度。初压时如果下沉量较大，宜采取轻压，随着沉桩加深，沉速减慢，压力逐渐增加。在整个压桩过程中，要使压杆、桩帽、桩身尽量保持在同一轴线上。必要时应将桩架导杆方向按桩身方向调整。要注意尽量不使管桩受到偏心压力，以免管桩受弯。压桩较难下沉时，要检查桩架导杆有无倾斜偏

心，桩身是否垂直，每根桩宜连续完成，以免难以继续下压。

8) 送桩：为将管桩压到设计标高，需要采用送桩器，送桩器用钢板制作，长11m。操作时先吊起送桩器，送桩器的下端紧挨上管桩上端面，中心线对齐，保证垂直度满足要求后再加压，直到送桩至设计标高。

### 四、检测计算

#### (一) 沉降检测

沉降计算是地基基础设计的重要环节之一。本工程采用了分层总和法进行沉降计算，考虑了土层的分布和变形情况。本工程中采用桩端持力层沉降控制法，具体原理是：在桩基础的设计和施工中，一般会希望桩的底部（桩端）能够达到或者是接近地下的坚硬土层或者是岩层。这是因为坚硬的土层或者是岩层可以提供更好的承载力，将建筑物的荷载有效地传递到地下，从而减小地表的沉降。根据工程的地质条件及施工经验确定了桩基础沉降控制标准：当持力层为砂土、粉土、黏性土时，以10cm为控制标准，当持力层为砂土，以5cm为控制标准。

#### (二) 桩基检测

根据上述分析，设计采用了预应力混凝土管桩，该桩的承载力特征值为2200kN，桩身完整性等级为I及II级，桩长为18m，设计桩径为500mm。根据检测结果，预应力混凝土管桩的单桩竖向抗压静载试验最大轴向力均大于设计值。因此，预应力混凝土管桩是安全可靠的。因此，本工程的桩基设计是安全可靠的，对于本工程来说是经济合理的。当然在具体的施工过程中应该严格按照相应的要求进行施工。

### 总结

综上所述，在建筑行业不断发展的过程中，对建筑结构工程进行优化也是非常必要的，因为建筑结构工程的质量与人们的生命财产安全息息相关。因此，在建筑结构工程地基基础与桩基设计过程中，应该充分地考虑到各种因素，并且在具体的优化过程中要按照实际情况进行合理地调整。

### 参考文献

[1] 党承朝. 房屋建筑结构地基基础工程相关控制技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (13): 146-148.

[2] 蔺艳娥. 建筑结构工程常用的地基基础与桩基设计[J]. 陶瓷, 2023, (03): 137-139.

[3] 薛玉桥. 分析房屋建筑结构地基基础工程施工控制技术[J]. 建材发展导向, 2023, 21(04): 136-138.

[4] 李海涛. 建筑工程常用的地基基础与桩基设计探究[J]. 城市建筑, 2021, 18(14): 150-152.

[5] 张林锋, 李辉. 建筑工程常用的地基基础与桩基设计探究[J]. 工程建设与设计, 2020, (22): 40-41.