

# 土建结构中桩基设计与施工技术研究

李 聪

河北省建筑材料工业设计研究院有限公司 河北石家庄 050000

**摘 要:** 桩基是建筑物的重要基础形式之一, 被广泛地应用在各种土建结构之中。桩基设计和施工技术的进步对于建筑的安全性、稳定性和经济性都具有重要的影响。伴随着我国城市化进程加快及建筑规模扩大, 复杂地质条件桩基设计及施工技术也迎来了新挑战及新机遇。先进桩基设计及施工技术的研究与推广可以有效地促进建筑工程质量、降低施工成本以及提高项目综合效益。

**关键词:** 土建结构; 桩基设计; 施工技术

## 引言

桩基技术的使用可追溯到古代, 而真正现代的桩基技术却是 20 世纪才得到快速发展。伴随着科技的发展, 桩基设计及施工技术也在不断地更新改进。在我国土建工程当中, 桩基技术从无到有、由简到繁, 在实际应用过程中取得了许多经验。尤其是改革开放后, 中国经济得到迅猛发展, 基础设施建设也步入新的阶段, 一大批高层建筑、桥梁及地铁的兴建, 都对桩基技术有很高的需求。

## 一、土建结构中桩基设计分析

### (一) 桩基分类与基本概念

桩基在土木工程中应用很广, 按材料、施工方法及受力特点可分为许多类型。按材料的不同, 桩基有混凝土桩、钢桩、木桩及复合材料桩等, 混凝土桩还可以细分为预制桩及灌注桩等。预制桩由工厂事先做好, 再运到施工现场用打桩或者沉桩等方式放入土壤中, 灌注桩由现场钻孔再灌注混凝土形成。按施工方法可将桩基分为锤击桩、振动桩、静压桩及钻孔灌注桩。锤击桩是利用桩锤产生的冲击力把桩击入土体, 振动桩由振动设备使桩体下沉, 静压桩采用静力压桩设备把桩体压入土体, 钻孔灌注桩是在钻孔之后再灌注混凝土形成桩体。

按其受力特点可将桩基进一步划分为摩擦桩、端承桩以及复合桩。摩擦桩是靠桩侧对土体的摩擦力来承载的, 端承桩是靠桩端撑在坚硬土层或者岩石中承载的, 复合桩是摩擦桩与端承桩共同作用的结果, 同时采用桩侧摩擦力与桩端支撑力共同承担荷载。这几种不同型式桩基适用于不同地质条件与工程需求, 能够有效提升建

筑物稳定性与承载能力, 进而保障工程安全与经济。

### (二) 桩基设计的基本原则

桩基设计基本原则是为了保证结构安全、稳定、经济。设计时, 需充分考虑地质条件、荷载情况及工程特性等因素, 才能合理地选择桩型、桩长及桩径。要保证桩基有足够承载力及稳定性来承受上部结构所传递荷载及外部环境作用。合理设置桩位以避免因桩间距太小而引起群桩效应的发生, 并考虑了桩与桩之间的相互作用对承载力及沉降等指标的影响。在设计过程中需要符合有关规范及标准并做必要计算与校核, 以保证桩基使用期内安全可靠。另外, 根据项目的实际情况对设计方案进行了优化, 提高了项目的施工效率与经济效益, 降低了项目的资源浪费与环境影响。综合以上原则才能保证桩基设计的科学性和合理性, 以适应工程的需要。

### (三) 桩基承载力计算方法

桩基承载力计算方法中涉及到许多参数及公式来保证桩基能安全地承受上部结构荷载。桩基承载力包括单桩竖向承载力及桩侧摩擦力, 桩端承载力等。单桩的竖向承载力可采用极限状态法与工作状态法两种方法计算。极限状态法常用的公式为  $Q_u = Q_s + Q_b$ , 其中  $Q_u$  为单桩极限承载力,  $Q_s$  为桩侧摩擦力,  $Q_b$  为桩端承载力。

桩侧摩擦力  $Q_s$  可以通过公式  $Q_s = \alpha \cdot f_s \cdot A_s$  计算, 其中  $\alpha$  为桩侧摩擦系数,  $f_s$  为桩侧土的平均剪切强度,  $A_s$  为桩侧面积。桩端承载力  $Q_b$  则可以通过  $Q_b = q_b \cdot A_b$  计算, 其中  $q_b$  为桩端土的承载力,  $A_b$  为桩端面积。

对混凝土灌注桩承载力的计算也需要考虑到桩身混凝土强度及完整性问题, 用有效应力法及总应力法对桩身进行了分析。有效应力法根据桩周土中有效应力分布

情况来计算承载力,总应力法根据总应力状态下土的强度参数计算承载力。另外,鉴于桩在工作状态时的变形特点,沉降分析可采用弹性理论与塑性理论,常用的有Poulos-Davis-Randolph法与有限元法等。设计中需要通过静载试验与动测试验来验证结果,以保证实际工况中桩基承载能力。

将上述方法与参数结合起来,可准确地计算桩基承载力并保证桩基设计安全可靠。通过参数及公式的合理选择,并与地质勘察数据及工程经验相结合,桩基承载力计算可有效地指导桩基设计与施工,以适应工程需要。

#### (四) 桩基沉降计算方法

桩基沉降计算方法作为桩基设计的一个关键环节,其目的在于保证结构长期稳定安全。桩基沉降包括单桩沉降与群桩沉降,在计算过程中需要考虑土层变形,桩身变形与桩土相互作用。单桩沉降计算可根据弹性理论及经验公式进行,通常采用的有Poulos-Davis法、Vesic法等。Poulos-Davis方法采用了弹性半空间的理论,并通过特定的积分公式来估算桩身在各种深度下的沉降量,

$$S = \frac{Q}{E_s} \cdot \int_0^L \frac{dz}{r(z)^{1-n}}$$

具体公式为:式中, $S$ 为沉降量, $Q$ 为荷载, $E_s$ 为土的变形模量, $L$ 为桩长, $r(z)$ 为桩的横截面半径, $n$ 为常数。

对群桩沉降需要考虑群桩效应即由于桩与桩之间相互作用引起的附加沉降。群桩效应通常是通过群桩效率系数来修正单桩沉降的结果,公式是:

$$S_g = S_s \cdot \eta$$

式中, $S_g$ 表示群桩沉降, $S_s$ 表示单桩沉降, $\eta$ 表示群桩效率系数。群桩的效率系数可由实测数据或者经验公式测定,常用的有Meyerhof法,Fellenius法等。Meyerhof方法基于桩间距和桩长的比值,通过经验公式计算效率系数,公式为

$$\eta = 0.5 + 0.5 \cdot \frac{S}{L}$$

式中, $S$ 为桩间距, $L$ 为桩长。

另外,桩基沉降计算需要考虑桩长固结沉降及桩端持力层变形特征。固结沉降可以通过一维固结理论计算,公式为:

$$S_c = \frac{\sigma'_v \cdot H}{E_v}$$

式中, $S_c$ 为固结沉降, $\sigma'_v$ 为有效应力增量, $H$ 为压缩层厚度, $E_v$ 为竖向压缩模量。结合以上方法和公

式,通过合理选取参数,进行精确计算,可以有效预测桩基沉降,确保设计满足工程要求,避免过大沉降对结构造成不利影响。

## 二、土建结构中桩基施工技术

### (一) 预制桩施工技术

预制桩施工技术被广泛应用于土建工程,它的最大特点就是桩体经过工厂预制后再运到施工现场打桩施工。预制桩通常是由高强度混凝土与钢筋骨架复合而成的混凝土材料,其耐久性好、承载力高。施工期先进行现场勘察及桩位布置并按设计要求定桩。打桩设备主要有桩锤、振动器及静压桩机,通常采用锤击法、振动法及静压法进行施工。

锤击法是用柴油锤或者液压锤把预制桩打在地基上,利用高频率冲击力逐步把桩体打到土层深处。振动法是利用振动器引起的高频振动,使桩体在土体摩阻力作用下克服而下沉到地基中去,它适合软土层及饱和砂层。静压法是利用静压桩机产生恒定压力把预制桩压在地基上,适合对噪声、振动控制有严格要求的施工场地。

预制桩在施工过程中桩间需要有一定间距以免群桩效应对承载力及沉降造成影响。桩顶标高需要准确控制以确保各桩顶处于同一水平面上。施工结束后采用静载试验与动测试验相结合的方法对桩进行测试,以保证各桩承载力及施工质量均满足设计要求。

预制桩的施工技术也要兼顾环境保护与安全生产。打桩时引起的噪声与振动需采取适当控制措施,以免影响周边环境及建筑物。施工人员需要严格按照安全操作规程进行操作,穿戴好防护装备以保证施工过程中的安全性。

### (二) 现浇桩施工技术

现浇桩施工技术是土建工程应用较为广泛的一种施工技术,主要方式有钻孔灌注桩以及高压旋喷桩两种。钻孔灌注桩由施工现场钻孔后再向孔内灌注混凝土而成的桩体适合多种地质条件的桩。钻孔直径及深度按设计要求而定,常用钻孔直径在600mm~1200mm之间,深数十米。施工时需护筒或者泥浆护壁以防孔壁倒塌。钻孔结束后放入钢筋笼再用导管向孔内灌注混凝土以保证混凝土致密。

高压旋喷桩是利用高压喷射水泥浆液并配合钻杆旋转将土体及浆液搅拌凝固而成强度高、承载力强的桩体。高压旋喷桩的施工设备主要有高压泵、钻机、喷嘴。施工时,高压喷嘴由钻杆驱动转动下钻,边喷水泥浆液边

形成直径600mm~1500mm左右桩体。高压旋喷桩在软弱地基加固及地质复杂场地处理中应用广泛。

现浇桩在施工过程中需要对施工参数进行严格的控制，例如钻孔速度，泥浆比重以及混凝土配比。钻孔速度要适度，保证孔壁的稳定性，泥浆比重通常控制在1.2~1.3，混凝土的比例按设计要求调整，保证强度及耐久性。施工结束后进行静载试验及动测试验，对桩基承载力及施工质量进行测试。

现浇桩的施工技术也应注意环保、安全等方面。钻孔时排出的泥浆、废渣需要及时治理，以防污染环境。施工人员需要穿戴防护装备并按照安全操作规程进行操作，以防安全事故。通过对施工过程进行科学管理与严格控制，能够有效地提升现浇桩施工工艺可靠性与工程质量，保障基础工程稳定性与安全性。

### 三、案例分析

#### (一) 设计案例分析

##### 1. 案例背景

本工程位于我国东部，是大型商业综合体，地质条件比较复杂，表层为填土层、下表层为软黏土层及粉土层。根据地质勘察报告，软黏土层厚度约为10米，粉土层厚度约为15米，持力层为下部的中密砂层。建筑物荷载大，基础设计对桩基的承载力和沉降控制提出了严格要求。基于这些标准，设计团队决定采用钻孔灌注桩作为主要的基础结构，该桩的直径为800mm，长度为25米。

##### 2. 设计过程

在设计过程中，首先进行单桩竖向承载力计算。根据地质条件和桩径，采用极限状态法进行计算，公式为：

$$Q_u = Q_s + Q_b$$

桩侧摩擦力  $Q_s$  计算中，采用经验公式：

$$Q_s = \alpha \cdot f_s \cdot A_s$$

其中：

$$\alpha = 0.8, f_s = 15, kPa, A_s = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 0.8, m \cdot 25, m,$$

计算得：

$$Q_s = 0.8 \cdot 15, kPa \cdot \pi \cdot 0.8, m \cdot 25, m = 754, kN$$

桩端承载力  $Q_b$  采用公式：

$$Q_b = q_b \cdot A_b$$

其中  $q_b = 1500, kPa$ ， $A_b = \pi \cdot (0.8, m / 2)^2$ ，计算得：

$$Q_b = 1500, kPa \cdot \pi \cdot (0.8, m / 2)^2 = 753.98, kN$$

综合得到单桩极限承载力：

$$Q_u = Q_s + Q_b = 754, kN + 753.98, kN = 1507.98, kN。$$

为控制桩基沉降，采用Poulos-Davis-Randolph方法计算单桩沉降。公式为：

$$S = \frac{Q}{E_s} \cdot \int_0^L \frac{dz}{r(z)^{1-n}}$$

其中  $Q$  为荷载， $E_s$  为土的变形模量， $r(z)$  为桩的横截面半径， $n$  为常数。假设  $E_s = 25, MPa$ ， $L = 25, m$ ， $r(z) = 0.4, m$ ， $n = 0.5$ ，计算得：

$$S = \frac{1507.98, kN}{25, MPa} \cdot \int_0^{25, m} \frac{dz}{0.4, m^{0.5}} = 2.68, mm$$

##### 3. 结果与讨论

通过以上计算表明：单桩竖向承载力达到了设计要求，且单桩沉降也在合理的范围之内。实际施工时，采用静载试验对单桩承载力进行了验证，结果表明：单桩极限承载力达1510 kN，沉降量2.7 mm处于容许范围之内。本工程桩基设计符合要求，为建筑提供稳定、可靠的依据。

#### (二) 施工案例分析

##### 1. 案例背景

某高层住宅楼工程位于我国南方某市，地质条件比较复杂，表层填土层较多，下半部分是12米左右厚的软黏土层及粉土层，持力层属中密砂层。因应场地的限制条件，我们选择了静压预制桩作为基础结构，该桩的直径为600mm，长度为20米。

##### 2. 施工过程

施工时，先布置桩位，以保证各桩间距合理和避免群桩影响。在施工设备上选择静压桩机施加恒定压力把预制桩压在地基上。施工时对桩的压入速度进行控制，每米桩压十分钟左右，以保证桩体垂直度及桩顶标高的准确。

桩压入时对桩身位移及压力值进行实时监测并记录各桩压入深度及终压力。结合现场情况对桩长及压入速度进行了调整，以保证每根桩都能满足设计所需持力层。施工结束后采用静载试验与动测试验相结合的方法对桩进行测试，以保证各桩承载力及施工质量均满足设计要求。

##### 3. 结果与讨论

施工过程中，共完成了200根静压预制桩，试验结果表明：全部承载力都在设计要求之内，沉降量最大值3mm，均匀沉降量控制在2mm之内。通过严格控制施工过程并实时监控，保证桩基施工质量与安全。在施工期采取噪声及振动控制措施以免影响周边环境及建筑物。

该工程的顺利实施证明静压预制桩适用于复杂地质条件是可靠的。通过对桩基施工技术进行科学施工管理及严格质量控制,桩基施工技术可靠性及工程质量得到有效提升,并为后续同类工程提供宝贵的经验借鉴。

### 结束语

就土建结构而言,桩基设计及施工技术是基础工程中的一项重要内容,对于建筑整体的安全性,稳定性以及使用寿命都有着决定性影响。对桩基设计及施工技术进行深入地研究,可发现桩基在各种地质条件及工程需求中具有多样性及复杂性。文章对桩基分类、设计原则、承载力计算方法、沉降计算方法和具体施工技术等方面进行了系统论述,并以实际案例加以分析,对桩基设计及施工的关键环节及注意事项进行了概述。

研究表明:合理桩基设计需要考虑地质条件,荷载情况及桩型特性等因素,并采取科学计算方法及参数才能保证桩基承载力及稳定性。在施工期间需要对施工质

量进行严格的控制,并对关键参数进行实时的监控,以保证桩基可以满足设计要求。通过预制桩与现浇桩及其他不同施工技术进行对比分析,给出其适用条件及施工要点,可供工程实践参考借鉴。

### 参考文献

- [1]朱丽平.论土建结构设计中的桩基设计与抗震[J].建筑工程技术与设计,2018.
- [2]席建军.土建工程结构设计中的桩基设计与抗震设计研究[J].建筑工程技术与设计,2018.
- [3]庄炎锋.探究土建结构设计中的桩基设计与抗震设计[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2021(7):2.
- [4]关秋菊.土建工程结构设计中的桩基设计与抗震设计探究[J].大科技,2018,000(011):352.
- [5]廖鹏.探讨土建工程结构设计中的桩基设计与抗震设计[J].建筑工程技术与设计,2018,000(029):922.