

# 预应力混凝土管桩的设计与应用

杨 斌<sup>1</sup>, 张成利<sup>2</sup>, 邬忠强<sup>3</sup>

(1. 江苏广播电视大学, 江苏 南京 210036; 2. 连云港市广播电视大学, 江苏 连云港 222006;

3. 江苏五环管桩有限公司, 江苏 南京 210013)

**摘 要:**根据工程经验, 分析预应力混凝土管桩工程从设计质量到施工的技术要求, 确定单桩承载力, 解决施工中出现的技术问题, 对南京地区的管桩施工提出自己的观点。

**关键词:**预应力管桩; 桩型; 单桩承载力; 收锤标准

**中图分类号:** TU378.3    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1008-4207(2004)03-0038-03

预应力混凝土管桩由于具有桩身质量稳定可靠、单桩承载力高、价格低、现场湿作业少、设计选用范围广、运输吊装轻便、施工速度快、桩身耐打、穿透能力强、成桩质量监测方便等优点, 近年来在南京地区的工业与民用建筑中得到广泛应用, 取得了良好的效果。加强管桩基础工程设计质量监理及施工操作监控, 将对企业协调发展产生积极而深远的意义。

管桩基础工程的设计质量监理, 是指监理工程师为实现工程项目质量、投资和进度的动态平衡, 在决策和勘察设计阶段, 依据国家的有关法规、标准, 并利用自己的丰富经验, 从事的监理工作。以往的工程质量管理体制往往只管施工质量而不管设计质量, 对设计质量问题缺乏认识和监理经验。然而, 设计是龙头, 设计者是决策者, 没有质量优良的合理设计, 就不可能有优良的建筑工程。因此, 监理工程师应当把设计阶段监理当作头等大事。设计应与施工场地的具体情况相结合, 业主应配合并授权监理工程师, 支持他搞好监理工作。实践证明, 五环管桩公司的 PHC、PC 两种桩很适合南京地区土质情况。

## 一、合理选择桩型和成桩工艺, 优化设计方案

在桩基设计中, 桩型选择是十分重要的, 它在桩基工程的质量和造价中起关键作用。具体讲, 桩基的选型和沉桩工艺取决于工程地质条件、建筑结构特点、施工技术条件、环境因素和综合经济效益。设计以安全可靠、经济合理为原则。根据这些原则对各种桩型设计方案进行比较、分析, 才能获得既安全又经济合理的桩型和沉桩工艺。

**例** 南京市某小区两幢小高层, 均为 9 层框架结构, 地质资料表明该场地不宜选择天然浅基础和人工挖孔桩基础。业主原来计划采用钻孔灌注桩基础, 我们建议采用五环牌预应力管桩基础, 并就其中的一幢小高层住宅作了两种方案的比较。

**方案 1:** 采用锤击灌注桩径  $\phi 600$ , 桩端进入粉质粘土坚硬土层, 桩长约 18m, 桩距 2 100mm, 单桩承载力标准为 800kN, 其中二桩台 14 个, 三桩台 3 个, 六桩台 2 个, 桩台总砵量为 123.8m<sup>3</sup>。

**方案 2:** 采用  $\phi 400$  预应力管桩, 桩端进入强

风化片麻岩层,桩距 1 400mm,桩长 22m,单桩承载力标准值为 1 200kN,桩总数为 42 根,承台均为二桩承台,总计 21 个。承台总量为 44.35m<sup>3</sup>。

两方案技术经济指标及对比见表 1。

表 1 技术经济指标对比表

桩型	打桩				桩承台			总造价	造价对比
	单桩长 (m)	总桩长 (m)	单价 (元/m)	总价 (万元)	工程量 (m <sup>3</sup> )	单价 (元/m)	总价 (万元)		
灌注桩 基础	18	882	141.4	12.47	123.8	430	5.32	17.79	100%
管桩 基础	22	924	145	13.4	44.35	430	1.91	15.31	86.0%

由表 1 可知,采用管桩与灌注桩,其打桩造价差不多,但桩承台的造价相差较大。综合比较,采用管桩造价低,且工期可大大缩短,减少了施工现场湿作业,质量有保证。因此,业主接受了管桩的方案。实践证明,工程施工后工期较短,质量较好。

设计基础采用管桩时,要认真分析场地的地质勘察资料,结合工程的实际情况,合理选择管桩直径和壁厚,确定管桩的施工长度,合理布桩,计算确定单桩竖向承载力,选择合理桩机型号及提出符合实际的施工技术要求等。一般来说,因摩擦桩受桩周摩擦力控制,桩间土对桩的摩擦力影响大,所以,宜选择细而长的桩,壁厚不需要太大。端承载则在满足长径比的前提下,宜选用管径和壁厚都稍大的桩。同时,管桩的长径比不宜超过 100,当穿越较厚淤泥层后即碰到硬岩层时,若管桩过于细长,在建筑荷载下,易失稳压折破坏。

## 二、准确确定管桩的单桩竖向承载力

合理确定管桩的单桩竖向承载力是管桩基础设计的主要内容,监理工程师应根据规范规程的有关规定复算承载力,准确掌握相关情况。单桩竖向承载力一般由以下 4 种方法确定:

(1)通过现场静载试验确定。单桩竖向极限承载力标准值通过现场静载试验确定,试验方法应符合现行行业标准《建筑桩基础技术规范》中关于单桩竖向抗压静载试验的规定。

(2)利用经验公式进行估算。在根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向极限承载力标准值时,可按江苏省标准和地质勘察资料来进行估算,并作为参考。

(3)用高应变动测法估算。用高应变动力试

桩结果估计管桩承载力设计值时,可参照现行行业标准《基桩高应变动力检测规程》JGJ106 有关规定进行。

(4)按桩身允许承载力来确定。单桩的承载力设计值的取值应在桩身允许承载力设计值的范围内。《建筑桩基技术规范》和《预应力混凝土管桩基础技术规程》都规定了管桩基础的单桩竖向承载力计算公式。

以上 4 种方法各有利弊,在实际操作时可综合考虑,适当调整,这样就可比较合理地确定单桩承载力。

## 三、设计布桩是监理的关键

《建筑桩基技术规范》第 3.2.3 条指出:桩的布置原则主要应考虑桩的中心距,桩的合理排列以及桩端进入持力层的深度等因素。这表明,布桩时桩的中心距的最小距离和桩端进入持力层的深度设计是否合理,是管桩质量的关键。

规定管桩的最小中心距,是减少和防止打桩时引起相邻桩上浮、位移而导致桩的承载力下降的重要措施。设计布桩时桩不能太多太密,对独立承台内桩数超过 30 根和大面积群桩的情况,管桩的最小中心距更应加大至 4.0d 以上。另外,要求桩端进入持力层一定深度,主要是为了尽量提高桩端阻力,管桩在锤击能量作用下有明显的挤土作用,使桩端周围的土提高了密实度,达到增长阻力的效果,在临界深度范围内,桩进入持力层深度愈深,效果愈明显。五环牌管桩最适合于基岩埋藏深、强风化岩的地质条件,而锤击法、静压法确保了保沉桩到位。

## 四、精心选择桩锤,实行重锤低击的沉桩方法

柴油打桩锤爆发强,锤击能量大,工效高,锤击作用时间相对较长,落距能随桩端阻力的大小而自动调整,人为掺杂的因素较少,比较适合于管桩的施打。柴油锤的油门分 4 档,如选锤合理,一般只开到 2 档,这样,桩不易被打碎,锤也不易受到损坏,能够做到“重锤低击”。按照我们的施工监理经验,合理选用柴油锤的主要标志是:能保证桩的承载力满足设计要求;能顺利地将桩沉到设计深度;打桩破损率能控制在 1% 左右;满足设计要求的贯入度最好为 20 ~ 400mm/10 击。打桩锤

的选择可参考技术规程中的“选择筒式柴油打桩锤击参考表”。然后根据重锤低击的原则,综合选定柴油锤的型号,再通过试打桩来验证。

### 五、确定收锤标准,确保达到设计承载力

南京地区锤击管桩除摩擦桩按桩长控制外,通常以最后贯入度作为收锤标准,这样往往会忽略桩端进入持力层的深度、总锤击数、最后 1m 锤击数、桩身反弹值等相关的重要因素。个别设计人员和业主错误地认为贯入度越小越好。因为,贯入度太小,锤击数偏大,桩身容易内损或打烂,同时也会损坏桩锤。一般来说,贯入度的大小与锤重、落距、工程地质条件、单桩设计承载力、桩径和桩长以及测量贯入度时间等因素有关,经验表明,贯入度一般以 20~40mm/10 击为宜。

有经验的监理工程师在判断管桩是否达到标准收锤标准时,往往将最后贯入度、最后 1m 沉桩锤数、桩端进入持力层等作为主要控制指标,并结合桩的入土深度、总锤击数,每米沉桩锤击数以及桩身反弹值、桩锤的声音等因素加以综合考虑,并会同结构工程师一起确定收锤标准。

### 六、管桩施工的局限性及对策

监理工程师如果不了解应用管桩的地质条件,那么在管桩基础的监理工作中就会碰到许多无法解决的困难。根据本地区的工程实践经验,锤击贯入法施工的管桩不宜应用于以下典型的工程地质条件。

(1) 含有较多难以清除的孤石(障碍物)的土层。

(2) 含有不适宜做持力层且管桩又难以贯穿的坚硬夹层的场地。

(3) 从松软突变到特别坚硬(即上软下硬,软

硬突变)的地层。

(4) 管桩难以贯入的岩面埋藏较浅且倾斜较大的场面。

含有孤石和障碍物多的土层,有坚硬夹层又不能做持力层的地层不宜应用管桩,道理显而易见,南京某些地区的地质条件为“上软下硬,软硬突变”,即基岩石强风化岩层较薄,甚至缺少这一强风化岩层,其上覆土层又较松软,在这样的场地上打桩管桩很快穿越覆盖层和强风化岩层,马上碰到中风化岩层,此时桩身反弹特别厉害,容易出现桩头打碎,桩身断裂的情况。据统计,在这样的地质条件下打桩,桩的破损率高达 10%~20%。而当强风化岩虽然较薄但其上有较厚的硬塑坚硬的残积土或中密-密实的沙层时,则管桩就不易被打碎。

以上是锤击贯入法管桩不宜应用的工程地质条件,如果改变施工方法,应用“钻孔植根,灌浆固根”和静压沉管的施工方法,那么,管桩的应用范围就更加广泛。

预应力管桩以其桩身质量可靠、承载力高、经济且施工快速等优点,逐步在南京地区得到广泛应用,并取得了良好的经济效益。对设计质量监理过程中发现一些问题加以归纳总结,在管桩的广泛使用、生产中有借鉴作用。

#### 参考文献:

- [1] 陈希哲. 土力学及基础工程[M]. 北京:中央广播电视大学出版社. 1995. 10.
- [2] GB50010-2002, 混凝土结构设计规范[S].
- [3] JGJ94-94, 建筑桩基技术规范[S].
- [4] DBJ/T5-22-98, 预应力混凝土管桩基础技术规程[S].

(责任编辑 齐明)