

浅谈预应力管桩在软土地基中的应用

朱应铭 (广州市黄埔建筑工程总公司 510700)

摘 要: 通过工程实例,介绍在沿海软土地基中应用管桩,如何确定单桩承载力,分析了实际单桩承载力高于依据地质资料求得的理论单桩承载力的原因及管桩选用方面需要注意的问题。

1 预应力管桩的特点

预应力管桩是一种新型基桩,是由专业厂家采用先张法预应力工艺和离心成型,蒸汽养护而成,是一种细长空心等截面预制混凝土构件。目前常用规格见下表。管桩按抗裂弯矩和极限弯矩的大小分为 A 型、AB 型和 B 型,其中 A 型最小,B 型最大。对于一般的建筑工程,采用 A 型或 AB 型管桩即可。

种类	桩等级	外径 (mm)	壁厚 (mm)	长度 (m)	桩身竖向极限承载力标准值 (KN)
PHC 型	C80	500	100	≤12	3970-4070
		550	100、125	≤12	4470-4580
		600	100、125、130	≤15	4930-6230
		800	110	≤15	7430-7640
PC 型	C60	400	75	≤12	2010
		500	100	≤12	3270-3360
		550	100	≤12	3650-3790
		600	100、110	≤12	4020-4540
PTC 型	C60	300	50	≤12	1060
		400	55、65	≤12	1610-1830
		500	60	≤12	2230
		550	60、70	≤12	2480-2810
		600	70	≤12	3100

管桩发明于国外,国内发展极不平衡,广东地区从八十年代开始大量应用,而华东地区从九十年代才逐渐推广使用,全国其它地方使用不是很多。从工程实践来看,与传统的沉管灌注桩,钻孔灌注桩和现场预制方桩相比,具有桩身质量稳定可靠,施工工艺简单,工期短、承载力高、造价经济、监理方便等优点,而且从表 1 的情况来看,管桩的规格多,配桩极为方便,因此已越来越受到工程界技术人员和建设业主的欢迎,在工业与民用建筑和高速公路等建设领域发展迅猛。

2 工程实例

我国虽然颁布了预应力管桩的生产制作标准《先张法预应力混凝土管桩》(GBJ13476-92),但关于管桩的勘察设计和施工方面,国家目前尚无统一的规范。广

东于 1998 年制定了广东省标准《预应力混凝土管桩基础技术规程》,但该标准主要是针对珠江三角洲地区基岩埋深浅,风化严重,风化层较厚且采用锤击贯入法施工的管桩而制定的。沿海地区多为深厚淤泥层土质,两者土质情况相差太大,因而无法参照使用。因此目前广大技术人员在软土地基中设计管桩基础时因无国家规范可执行,仍是根据实际工作经验进行设计。笔者所述是我国典型的沿海软土地基区域,地下 30~35m 以内均为淤泥,含水量极高,孔隙比大,属高压缩性土,承载力极差 35m 以下为稍好的淤泥质粘土或粘土,在 50~60 米处才可见粉质粘土或砾砂层,厚度不大,一般在 2m~6m 左右,再下仍为粘土或粉质粘土,难见基岩,因此以前大量使用的灌注桩的单桩承载力也极低,工程造价偏高,基础部分的造价往往占到土建总造价的 30%~40%左右。笔者通过所设计的部分管桩基础工程实例,对软土地基中如何合理设计管桩进行了一些分析研究,提出了在软土地基中应用管桩的一些经验,供参考讨论。

3 单桩承载力的确定

管桩设计的关键是竖向单桩承载力的确定。广东王离高级工程师提出管桩的竖向单桩承载力标准 R_k 的计算:

$$R_k = 100N A_p + U_p \sum q_{s_i} L_i$$

式中 N —桩端处强风化的标贯值;

A_p —桩尖(封口)投影面积;

U_p —管桩桩身周长;

L_i —各土层划分的各段桩长;

q_{s_i} —桩周土的磨擦力标准值。

该公式仅适用于桩尖进入强风化层的锤击贯入法施工的管桩,对软土地基中以磨擦为主的桩并不适用。因此传统的设计手法仍然按 JG94-94 规范提供的土的物理指标和承载力参数之间的经验关系确定单桩承载力:

$$q_{u_k} = u \sum q_{s_{ik}} L_i + A_p k A_p$$

式中各物理参数意义参见 JGJ94-94 规范。

从工程实例来看,根据公式计算出来的单桩承载力标准值远远低于单桩静载试验得到的数值。因此如果按公式来确定单桩承载力,必然会造成单桩承载力的偏低,结果是工程造价浪费,管桩的经济性无法体现。笔者实际设计中对单桩承载力进行了修正,修正系数在 1.0~1.65 之间,根据修正的单桩承载力标准值与静载试验值相比,结果都满足工程设计要求。实际上,根据沉降量和卸载后回弹值,结合 Q-S 曲线,桩周土体实际上仍处于近似弹性压缩范围,也就是说,管桩的实际极限承载力还要高于工程实例中的试验值,因此,采用修正后的单桩承载力还有一定的安全储备。从实际工程反馈的信息表明,已竣工或已封顶的建筑物的沉降量均很小,全部满足规范要求和使用要求。因此,管桩的单桩承载力不能简单按公式计算,否则将造成工程的巨大的浪费。至于修正系数,要根据实际工程的安全等级、复杂程度、使用要求以及地质情况,结合工程经验综合确定。一般情况下,修正系数取 1.2~1.4 均可满足工程设计要求。

4 单桩承载力提高的原因分析

管桩的单桩承载力高于根据地质资料计算值的原因是多方面的。首先是由于现行各种地基基础设计规范都没有专门为管桩提供设计承载力参数,所给出的物理力学指标大多是套用预制方桩的参数,造成管桩单桩承载力计算值偏低。其次,从桩周土的受力情况来看,打桩过程中,桩周土不断被挤密,在桩周形成一层硬壳,牢固地吸附在桩的表面,管桩为圆形截面,桩周土象“箍”一样箍住桩体且受力均衡,而预制方桩虽然也有挤密作用,但其截面四角尖处的土体受力复杂,应力集中,相对管桩来说,土体更容易破坏,因此,管桩的极限承载力相对高。第三,如果采用开口桩尖,桩端土会不断地被挤入桩腔内,上挤力与腔壁摩擦力达到平衡后形成土塞效应,也可以提高单桩承载力,同时,由于管桩为薄壁空腹构件,其自重也较其它的实体桩轻,这也是有利之处。

5 管桩的选用

(1)管桩的种类规格众多,配桩极为方便。最经济的设计是所选用的管桩的桩身额定承载力 R_b 等于单桩承载力标准值 R_k ,实际工程中,可取 $R_k = (0.8 \sim 1.0) R_b$, R_b 按下式计算:

$$R_b = 0.25 (f_c - \sigma_{pc}) \cdot A$$

式中 R_b —管桩桩身额定承载力;

f_c —管桩桩身混凝土抗压强度,C60 时,取 $f_c = 60 \text{ MPa}$,C80 时, $f_c = 80 \text{ MPa}$;

σ_{pc} —桩身有效预压应力;

A —桩身有效横截面积。

(2)根据不同的地质情况和施工条件,应选用合适规格的管桩和沉桩方式。持力层为强风层或低压缩性的砾砂层的端承桩,宜采用锤击贯入法施工。此时管桩宜采用 PHC 类桩,PC 桩和 PTC 桩不宜采用锤击法施工。如果确有必要,可将最上一节桩换成 PHC 型,其余采用 PC 桩或 PTC 桩,避免沉桩最后阶段将桩打碎。静压法适合于淤泥质土和粘土中施工,根据软土地基施工经验,静压机的压桩力 P ,根据地质情况不同,与单桩承载力的关系一般为: $P = 1.3 \sim 2.0 R_k$ 。

(3)管桩的挤土效应明显,必须设计和施工方面同时加以考虑,采用开口桩靴在一定程度上可减少挤土效应,同时布桩密度应控制,特别是桩距问题,建议不宜小于 $3.5d$ (d 为管桩直径),特别是高层建筑核心筒部分,桩数多且密,桩距不宜小于 $4.0d$,从施工的方面来说,制定合理的打桩顺序非常关键,一般情况都是从桩场中心向四周扩散,采取在桩原位取土,以及在桩场周边挖隔离沟和泄压孔等措施也均可有效地减少挤土效应。还有,保持信息化施工也非常重要,要随时监测周边建筑物和公共设施在打桩过程中的情况变化,做到心中有数 and 预防在先。

6 结语

管桩以其桩身质量可靠、适应性强、造价经济、施工方便等优点,在软土地基中正逐步得到推广使用,已越来越受到欢迎和接受。但由于管桩的应用时间不长,在勘察、设计、施工、监理等方面还存在着不少急亟待解决的问题,还需要通过广大工程技术人员的不努力,通过大量工程实例来分析,积累和总结预应力管桩的应用经验,提高预应力管桩应用的技术水平。●