

浅谈管桩的应用条件与施工方法

陈安政

(福建省煤田地质局,福建 福州 350005)

摘 要:以管桩基础施工实例,从工程地质条件的角度分析管桩在福建沿海地区应用的成功经验和局限性,探讨了几种在不适宜应用管桩的工程地质条件下的基础施工方法。

关键词:预应力管桩;持力层;贯入度;摩擦端承;临空面

20 世纪 90 年代以来,预应力管桩在福建沿海地区的工业与民用建筑项目中得到推广应用。它的发展过程可以概括为:“起步较晚、发展迅速、应用广泛。”迄今为止,我省已建成多家管桩厂,年生产能力已初具规模,但是管桩产量仍供不应求,紧张时需要从邻省广东、浙江海路调运方可满足工程施工。管桩作为一种较新型的桩型,正愈来愈受到我省土木工程界的青睐。管桩基础已成为我省沿海地区设计人员优先选用的建筑桩基础型式之一,被广泛应用于各种大型工业与民用建筑项目,并日益显示其施工特色和工程优势。令人瞩目的重点工程项目——福州大学城、福州金山工业园区、精品住宅“大名城”等项目的建设就是应用管桩基础的成功实例。

1 管桩应用施工条件分析

众所周知,一种桩型的存在和应用必有它的长处和特色。正因为管桩基础施工有以下鲜明的特点,故其前景十分看好:

首先,管桩基础较适应福建沿海地区工程地质条件。预应力管桩因其强度高,耐打性能好,所以较适合作摩擦端承桩及端承摩擦桩。另一方面,我省沿海地区特别是地处闽江下游的福州地区,基岩埋藏一般都较浅,且基岩风化程度高,风化层厚度大。这样的工程地质条件,采用管桩基础既能保证工程质量又可以创造较好的经济效益。

其次,管桩基础施工工期短,造价低。应用管桩基础的工期短主要体现在三个方面:一是施工前期准备时间短,经过高压蒸汽的 PHC 桩,从成型到投入使用只需几天时间;二是施工速度快;三是质量检测简单快捷。造价低主要体现在两方面:一是单位承载力的造价低,虽然管桩单位长度的造价较高,但由于其承载力较大,综合计算,单位承载力的造价就显得较低;二是由于工期短,可以节省费用,降低成本,缩短投资回收时间。然而,事物总是一分为二的。任何一种桩型的应用都有它的短处和局限性,预应力管桩也不例外。桩基的选用需要考虑多方面的条件,包括建筑物自身条件、场地环境条件、岩土工程地质条件以及施工条件等,其中工程地质条件是诸多条件中的一个重要条件。每一种桩型对工程地质条件的适应性是各不相同的。预应力管桩对工程地质条件也有一个适应性问题。福建在推广应用预应力管桩的十几年间曾经发生过一些在“不宜应用预应力管桩的工程地质条件”下使用预应力管桩而遭致失败的工程实例。本文试图以这些不成功的工程实例为解剖对象,从工程地质及打桩施工的

角度来总结一下预应力管桩应用的局限性,供设计、建设、施工单位的工程技术人员在应用预应力管桩时参考。

2 几种不宜应用管桩的施工场地

根据多年管桩基础工程实践笔者认为预应力管桩不宜用于下列场地的设计施工:

2.1 孤石、障碍物多的地层不宜采用

(1)土层中含有较多难以清除的孤石、障碍物或含有不宜作持力层且管桩又难以贯穿的坚硬夹层。

(2)管桩难以贯入的岩面上无适合作桩端持力层的土层,或持力层较薄且持力层的上覆土层较松软;管桩难以贯入的岩面埋藏较浅且倾斜较大。”

预应力管桩一般可沉入到坚硬的粘土层,密实的砂土层以及强风化岩层。福建沿海地区预应力管桩基础施工出现过以下四种情况:一是单独锤击法贯入(市区二环路以外非噪音限制区);二是单独静压法贯入;三是锤击静压法交叉施工(在同一施工项目内或同一建筑物场内两种方法并用);四是预应力管桩与其它桩型并用。

在孤石和障碍物多的场地内施工预应力管桩,工程质量事故比较频繁。有的地区第四系沉积层中含有孤石;有的地区在强风化岩面以上的全风化残积土层中存在着未风化的岩核;在一些山坡风化地带有残留一些未风化的岩块;一些围水造地的建筑场区,在填土阶段抛入许多大块石,形成地下散石群;废弃的码头、堤坝、路基、桥墩、房屋基础、地下防空洞、坟墓等建筑物甚至树根都可成为建筑场区的地下障碍物。

在有孤石和地下障碍物场内施打预应力管桩,主要会发生如下工程质量事故:

(1)管桩不能全部沉至设计持力层。有时在同一承台内,有的桩可打至持力层,有的就打不下去,桩长相差很大。

(2)桩尖接触到孤石或地下障碍物时,桩身不是突然偏离原位就是大幅度倾斜。

(3)管桩桩尖破损、桩身折断和桩头打烂。

闽东某工地属山前凹陷沉积类型。基础设计采用 $\varnothing 500$ 预应力管桩,桩长 21~27m,锤击贯入法沉桩。在施工场地中部 7~11 轴桩位时,出现有近一半的桩无法沉至设计持力层的反常现象。如:某承台设计三根群桩,呈三角形分布,桩位间相距 1.5m。当第一根桩桩尖离设计标高 5m 时,贯入度突然变小,后

再连续锤击三阵,贯入度几乎为零,经分析该桩尖遇到了孤石。第二根桩达此深度时,桩身摇晃剧烈,继续施打时桩身突然下沉,据此判断此桩可能已破碎,后经拔出检查,果然桩尖附近的桩身混凝土已破碎,原来是管桩的十字型钢桩尖,有一半已嵌入岩石中,有一半即是临空状,嵌岩一侧受到破坏,临空一侧受拉损坏。第三根桩施打时则顺利到达设计持力层。为了证实场地内孤石的存在,我们在第一根桩桩身 0.3m 距离的不同方向上分别施工了三个钻探取芯孔,结果三个钻孔均取到了厚层状的完整岩芯,因此可以断定,桩端处为一大孤石,其粒径至少在 1.5m 以上。该工地中部桩位施工中因遭遇孤石造成断桩、烂桩的有 88 根。按设计桩长配桩后施打,高出地面的无效桩竟长达 350m 之多,损失是惨重的。由此可见,在设计预应力管桩基础之前的工程地质勘察阶段,必须尽可能地将孤石和地下障碍物查明。在有较多孤石或地下障碍物的地基土层中,除非能将这些障碍物事先排除,否则一般情况下应避免采用预应力管桩基础,而应考虑采用其它桩型。

某高层建筑位于江边,设有二层地下室,原设计用钢板桩围堰加预应力管桩的基础和基坑开挖方案。经现场踏勘,从场区所处的地理位置来分析,很可能存在旧码头之类的地下障碍物。虽然工程地质报告没有反映出有地下障碍物的存在,但为慎重起见,我们建议在适当位置加密施工钻探孔。业主采纳了我们的建议,结果第一个钻孔就取到了木桩、条石、钢筋混凝土等旧码头残留障碍物。在这样的工程地质条件下,若设置钢板围堰是止不了水的,若施打预应力管桩会发生打断桩或桩沉不下去的工程质量事故。后来设计修改为地下连续墙加人工挖孔桩的基础方案。

2.2 有坚硬隔层时不宜应用或慎用

福建沿海地区基岩以上的覆盖层中,存在着一层或多层坚硬隔层。所谓隔层,有些是极密实的砂层;有些是密实的卵石层;有些是硅、钙质胶结的砾石、碎石层;还有一些是贝壳岩化的硬隔层等。如果这些隔层厚度大且又无下卧软弱层时,可以考虑作为管桩的持力层。但若厚度只有 1~2m 甚至更薄,其下又为软弱层或一般土层,管桩则必须穿透此隔层直到以下坚硬的持力层(一般多为强风化岩层)。管桩施工遇到这一隔层时,要么贯穿不了,要么破损率相当高,所以在地质条件下,一般也不宜采用预应力管桩,而应采用钻孔灌注桩较适宜。在较厚而密实的砂隔层或卵石层中施打预应力管桩,可能会发生以下现象和事故:

(1)在贯穿砂层的过程中每米桩长的锤击数剧增,有时高达 400~500 击/m;一根桩总锤击数若超过 2500 击,极有可能使桩身混凝土产生疲劳破坏,直接影响桩身质量,从而降低管桩的使用年限。

(2)桩身特别是桩头的破损率增大,有的工程破损率可达到 10%,局部地段甚至高达 25% 以上。

(3)有的桩可穿透隔层,有的却不能,造成同一承台内的桩持力层不同且桩长悬殊。

因此在预应力管桩需要贯穿较厚的密实砂层或卵石层的场地应先进行试打桩,确认其可打性以后方可全面施工。

我省闽东某重点建设项目,该项目场地地面以下十几米处见一层 10~15m 厚的卵石层,含有漂石、块石。其下卧层为 5~7m 的残积砂粘土、富水,标贯击数 8~10 击,再往下是强风化花

岗岩。勘探阶段钻孔施工质量不高,岩芯采取率较低,对重要层位——卵石层的粒径结构、厚度变化以及基底起伏状况并没有完全查明。项目主体建筑物近万平方米的场地,试桩时也仅在交通方便的场地东部边缘轴线进行。最后管桩持力层定为强风化岩,要求桩端进入 1~2m。管桩全面铺开施工后我们发现,场地东部轴线桩位基本能按设计要求施工;西部地段桩长配置需加长 5~7m 之后,才能勉强达到设计要求的收锤标准;中部 7~11 轴施工过程却极其异常,因卵石层中不均匀地含有大量的漂石、块石,有的桩能穿透卵石层和残积砂粘土顺利打入持力层,有的桩在卵石层的中部或下部遭遇块石后便打不下去了,有的桩则刚进入卵石层顶部就已经没有贯入度了。施工中桩头打碎、桩身烂桩质量事故频繁发生,个别承台相邻桩位的桩长相差竟达 25m 之多。该项目施工期间曾造成多次停工,又是召开专家会议分析事故原因,又是调整修改设计标准,颇具周折。原计划工期 60 天,实际历时 11 个月之久。

2.3 从松软突变到特别坚硬的地层不宜应用

福建沿海地区第四系地层以下的基岩多以岩浆岩为主,也有少量沉积岩层。这些岩石类基岩有强、中、微风化之分,预应力管桩以这些基岩的强风化层作桩端持力层是相当理想的。但有些地区的基岩中缺少强风化层或虽有强风化岩层但厚度较薄仅几十厘米,或强风化层表面的标贯值很高($N > 70$),且基岩上的覆盖层均比较松软,用通俗的话叫作“上软下硬、软硬突变”。在这样的工程地质条件下打桩,管桩将轻易穿越覆盖层后立即碰到中风化岩或 $N > 70$ 的强风化岩面。这种缺一层强风化岩或缺一层所谓的“缓冲层”的工程地质条件也是不宜应用预应力管桩的。

用锤击法施工,预应力管桩在到达持力层之前的几米土层如坚硬土层、密实砂层或强风化岩层中贯入,是一个能量累积的过程,桩锤敲打一下管桩,管桩就向下贯入一点,也就是将桩尖四周和桩端的土层挤压一下,如此不断锤击,不断贯入,不断压实最后到达持力层,满足承载力要求而收锤。在锤击过程中,大部分锤击能量只用来克服桩周摩擦阻力和压缩桩底岩土,只有一小部分锤击能量使桩身产生弹性压缩,因此桩身完整而不破损。正如一颗普通的铁钉被钉入木板时,铁锤敲击一下,铁钉就钉入一点,如此不断进行,便可顺利地将铁钉全部钉入木板内。倘若铁钉不是钉在有弹性的木板上,而是钉在坚硬的混凝土或砖块上,铁钉就会很快被敲弯而折屈。预应力管桩也如铁钉一样,如果桩尖穿越松软土层后,不是进入有弹性的强风化岩层而是一下子遇到坚硬的中微风化岩层,那么管桩就会发生断裂,原因就是没有这一“缓冲层”,桩尖一下子碰到中、微风化的岩层,而桩周又都是摩擦力很小的松软层,所以强大的打桩冲击力会全部传向桩尖并由桩尖处岩面再以压力波形式反射回来,使桩身混凝土受到破坏。在这样的工程地质条件下施工打预应力管桩,极易产生如下现象和工程质量事故:

(1)贯入度突然骤减。管桩在松软土层中的贯入度可大到每一击几十厘米,但一接触到特别坚硬层,贯入度立即减少到每一击几毫米甚至零,所以桩端进入持力层的深度太浅,桩的稳定性较差。当布桩密集时,先打的桩有可能被后打的桩挤动上涌。

(2)桩身发生整体水平移位,桩的垂直度差,倾斜桩的比例较高。

(3)桩的破损率较高,而且破损位置大多发生在桩身入土深

浅谈钻孔桩水下混凝土施工

云天才

(中铁十一局集团公司第一工程有限公司,湖北 襄樊 441004)

摘要:结合钻孔灌注桩的施工实践,介绍水下混凝土质量控制的要点。

关键词:钻孔桩;水下混凝土灌注;质量控制

在工程实践当中,钻孔灌注桩的质量问题大多集中在水下混凝土灌注过程中(即成桩阶段),若处理不当,势必造成断桩事故。成桩阶段发生的质量问题主要与下列四方面有关:(1)混凝土的质量;(2)成孔质量;(3)水下导管的控制;(4)混凝土的顶升阻力及其它外界条件。而这些影响因素又多是难以控制的。

现结合钻孔桩水下混凝土灌注的施工实践,从混凝土、设备、成孔及灌注这四个方面,简要介绍钻孔桩水下混凝土施工的要点。

1 水下混凝土的配制

水下混凝土质量的好坏,其关键是混凝土的配制。除要求检查水下混凝土的强度、等级和材料应符合设计要求和《公路桥涵施工技术规范》的规定外,重点应检查以下几点是否符合施工要求:

(1)水泥可选用火山灰水泥、粉煤灰水泥、普通水泥或硅酸盐水泥,使用矿渣水泥时应采取防离析措施。水泥的初凝时间不宜早于 2.5h,水泥的强度等级应 ≥ 42.5 。更不能采用早强型水

泥。

(2)粗集料,不宜采用单级配碎石,集料的最大粒径应不大于导管内径的 $1/6 \sim 1/8$ 和钢筋最小净距的 $1/4$,同时应 $>40\text{mm}$ 。泵送砼应 $\leq 30\text{mm}$,扁平状含量不应超过规范规定值。

(3)细集料宜采用集配良好的中砂。为使混凝土有良好的和易性,混凝土的含砂率宜采用 $40\% \sim 50\%$ 。水下混凝土的水灰比可选用 $0.5 \sim 0.6$ 。根据强度要求和选用水泥品种与标号及施工中是否使用外加剂等,可适当增大或减小水灰比。水灰比的确定必须经过试验,以保证符合设计的试配强度和满足施工规定的和易性。

(4)根据预定的混凝土灌注时间、气温、水泥种类、缓凝剂的性能等试验决定混凝土掺加缓凝剂的品种和比例,要做到真正达到延长混凝土初凝时间和保证混凝土强度的目的。同时注意使用缓凝剂的品种和用量对钢筋的腐蚀作用。

度二分之一以下的地方,被损时一般难以发觉,一旦发觉,桩身已经断裂。

闽南某电信大楼地基工程,原设计采用 $\varnothing 500\text{PHC}$ 管桩,单桩设计承载力 2700kN ,用 D80 柴油锤施打。该场地基岩埋藏较浅,钻孔揭示浅者仅 10.5m ,深者 21.7m 。施工初期共打桩 76 根,断桩近 10 根,断桩率高达 13% 。业主、设计、监理、施工等单位多次联合召开事故分析会,初步认为有三个原因:①管桩质量有问题;②打桩施工操作不当;③地质条件不适。经验证,管桩送检各项指标均达到质量要求,排除了管桩质量因素。 $87^\#$ 桩施打时进行全过程观察监督,完全符合操作规程,该桩却依然打断,也排除了施工操作不当原因。打桩破损率高完全是因为工程地质条件不适所造成。如钻孔 Z16 附近,连续打断四根桩,且破断位置均在桩身入土 $1/2 \sim 2/3$ 处。该钻孔资料揭示:基岩面埋深 13.33m 。上部 $0 \sim 2.7\text{m}$ 为杂填土层; $2.7 \sim 12.8\text{m}$ 为流—软塑淤泥,层间夹一薄砂层; $12.8 \sim 13.33\text{m}$ 为软塑—硬塑粉质粘土。基岩面不是强风化而是中—微风化花岗岩,从 $13.31 \sim 13.33\text{m}$ 处的标准贯入试验击数就高达 30 击(只贯入 2cm),表明岩面相当致密坚硬。在这种“从松软突变到特别坚硬的地层”中施打预应力管桩,不管如何注意打桩方法和改进打桩措施,都无法避免桩的破损和断桩事故的发生。后来设计部门修改设计,剩余的桩位改用冲孔灌注桩方案,基础施工才得以顺利完成。

实际上,基岩上部完全无强风化岩层的情况是比较少见的,在一些较厚淤泥软土地区,强风化岩层较薄的情况却比较常见。大量的工程实践表明:当强风化岩层厚度小于 0.5m 时,采用管桩的效果与无强风化岩层的效果差不多,故不宜采用预应力管桩;当强风化岩层厚度达 2m 以上,采用预应力管桩一般不会出现大问题;当强风化岩厚度只有 $0.5 \sim 1.2\text{m}$ 时,如果其上至少还有 2m 厚的坚硬残积土层,采用预应力管桩也是可行的。

3 结论与建议

从以上工程实例分析,我们不难看出这样的结论与建议:

(1)在详勘阶段工程地质条件的研究程度,以及试打桩对工程地质条件的实际验证是管桩基础设计的前提条件。在不宜运用预应力管桩的工程地质条件下使用预应力管桩,它的长处和特色不但消失殆尽,还会给工程项目各方都带来较大的经济损失。

(2)当施工场地出现几种工程地质条件时,设计上应考虑多桩型施工方案,做到各种桩型科学安排、合理施工,扬长避短,使项目基础施工取得多、快、好、省的经济效益。

(3)应当特别提醒的是:当前在市区建设中填池塘造地或在低洼地回填的新开发地区,早先的填土方案应与日后的地基处理方案结合起来考虑,切不可图一时的方便,将大量的块石、建筑垃圾往里倒,否则作茧自缚,到基础方案实施时必然要付出高昂的代价。