

软土层预应力管桩施工控制的难点与对策

The difficulties and countermeasures on construction control to prestressed pipe-pile in soft soil layer

王国斌

WANG Guo-bin

(莆田市建设工程质量监督站, 福建 莆田 351100)

摘要: 论述莆田地区软土层高强预应力管桩施工控制中的几个突出问题, 探讨挤土效应的控制和消减、重固结效应的制约和利用、沉桩方式的选择及其局限性、基桩交验前的成品保护和残积土中埋藏孤石的对策。

关键词: 挤土效应; 固结效应; 沉桩方式; 基桩保护; 残积土孤石

中图分类号: TU473.13 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-8682(2002)04-0055-03

1 概述

预应力管桩具有如下特点: 成批生产, 质量稳定可靠; 桩身砼强度高, 耐锤打性好, 穿透能力强; 单桩承载力高, 单位承载力价格便宜; 对不同地质条件和不同沉桩工艺适应性强; 经济快捷等。目前该桩型已在国内经济发达的沿海地区普遍推广应用, 在许多地区正取代各种传统桩型而成为主导桩型, 受到越来越多的设计人员的欢迎。笔者以近几年来参与多项管桩工程质量监督与管理的实践经验, 探讨莆田地区的特殊地质、地貌条件下的预应力管桩施工质量的控制对策, 供同行参考借鉴。

2 厚软土场地桩基施工质量控制

2.1 控制的必要性

莆田地区普遍为海相和海陆交互相沉积的场地, 常埋藏有 10m 左右以至更大厚度的软弱土层。沉桩过程常因挤土效应导致出现地面隆起和软土层中孔隙水压力升高, 造成桩在软土层中产生水平位移及挤桩问题。如不加以控制, 常导致先入土的桩倾斜、偏位, 后入土的桩沉桩困难, 甚至沉桩不到位。这是软土中打入桩存在的普遍问题, 也是最主要的问题, 应切实采取措施加以

解决。

2.2 控制措施

2.2.1 控制每日的沉桩根数

原有限制每日沉桩不超过 6~8 根的规定。在未采取其他措施的情况下, 控制日沉桩数有其必要性。如桩机的机动性能较好, 沉桩的地点相隔很远, 通常在 50m 以上, 则以上限制可理解为一个集中沉桩点的日沉桩数。

2.2.2 合理安排施工顺序

一般来说, 同一单体建筑物要求先施工场地中央的桩, 后施工周边的桩, 先施工持力层较深的桩, 后施工持力层较浅的桩。对同一承台, 当桩数较多时, 亦应采取同样的沉桩顺序。在未采取其他措施而遇到沉桩困难, 则应停止该部位沉桩, 待孔隙水压力消散至沉桩可以到位后恢复施工。

2.2.3 控制土层的孔隙水压力增长

科学地限制日沉桩数应以控制土层中的孔压值为依据。为此, 一般在场地土层中埋设孔压测头, 并依据实测孔压控制日沉桩数。

2.2.4 取土引孔以减削弱挤土效应

当工期十分紧迫, 要求加快置桩进度时, 可采取此措施。而当后压的桩达不到预测深度时, 应考虑采取这一措施。但应注意其对基桩承载力

收稿日期: 2002-05-08

作者简介: 王国斌 (1971-), 男 (汉), 福建莆田人, 工程师, 二级注册建筑师。

是否会造成影响。

2.2.5 采取加速排水固结措施以加快施工进度

当工期要求连续快速沉桩时,可根据排水固结理论,打入足够数量塑料排水板可以加快孔压消散,在较大程度上可以消除挤土效应,保证施工的连续性。但这样施工应考虑造价的增高。

3 重固结效应的利用与注意要点

3.1 重固结效应的土力学原理

当桩沉入饱和粘性土包括淤泥类软土中时,由于强烈的扰动,近桩处粘性土的结构强度发生破坏,桩侧动阻力降至极低值。大量经验证明,近桩处的扰动土固结极快,经短暂的停歇后,桩侧土的摩阻力迅速增长,其数值达沉桩时扰动状态下阻力(又称动摩阻)的3~5倍。这一物理过程称为重固结效应。这一效应的应用和控制对软土层中的预制桩是十分重要的。

3.2 重固结效应的制约作用和技术经济价值

3.2.1 沉桩必须连续施工

经验证明,上述重固结效应可以在10多min的短时间内完成。所以在沉桩过程中,尤其是采用静力压桩时不得停歇,否则将使得沉桩无法进行。为防止这一问题发生,连续供电不是绝对可靠的项目,应采用自行供电的沉桩机械或配设备用电源。当采用静力法压桩时尤其如此。

3.2.2 终止沉桩条件的控制

当桩身穿越的土层主要是粘性土层(包括淤泥层)时,因固结作用,桩侧土层将提供相对而言很大的摩阻力。大量经验证明,该值也远远超过地质报告提供的侧阻力指标。因此,要求过高的压桩力是不必要的。况且控制固定的压桩力还造成桩长变化幅度过大,既使得施工困难,又造成大量浪费。为了正确地确定控制压桩力,应先在土层软弱部位施工试验桩,由此得出一定的桩长和相应的承载能力,作为设计和施工的依据。这样,才可以得出最佳的技术经济效益。对于打入式摩擦型长桩,按最后贯入度控制是较通常的做法,也将造成上述桩长处理的困难。因为除非持力层很坚硬外,对多数桩,无论是按弹性理论计算还是实测,都证明其端阻只占总承载力的很小(如10%左右)一部份。故通过试验,将最后贯入度控制改为定长打入,也将带来明显的技术经济效益。

4 根据场地和环境选择沉桩方式

4.1 问题的提出

环境影响近年来已成为决定施工方式的首要条件,沉桩施工也不例外,这是社会进步的成果,也是设计人员决定施工方式时必须慎重考虑对待的问题。以下对施工方式进行综合讨论。

4.2 沉桩施工方式及其保证措施

4.2.1 打入式桩的环境条件限制

打入式沉桩式,震动剧烈,噪音大,浓烟污染空气。目前仅限于在不控制噪音污染的场地采用。在市区,这种方式已逐渐被淘汰。在国外,施工设备上配置有效的消音装置,可以将噪音控制在环境许可的限度以内。国内也只有做到这一点,打入式施工才可能重新占领市场。

4.2.2 静力压桩的场地条件限制

当软土地层的地层分布系渐深渐硬时,这种施工方式不会遇到困难。而当要求穿透硬夹层,或要求压入坚硬持力层一定深度时,则因为需要很大的压桩力,使得桩机“行走”时传至地表的单位面积压力相当大,莆田地区多数软土地层的表面相对硬层厚度仅1~2m,这使得桩机行走过程摇晃,步履艰难。这一表象意味着下伏软土已进入破坏状态,常导致桩移位、偏斜等质量问题的发生。所以在常见的这类场地上采用静力压桩时,应将压桩力限制在许可的限度内。如果盲目加大压桩力,还会有更多的事故发生。当然,在土质较坚实的场地,压桩力可以提高。

5 软土层工程桩的成品保护

5.1 保护的必要性

自基桩沉入土中到桩基验收还有几个关键环节可能影响成品质量。这些环节包括桩超出地表时的一次截桩、基坑开挖中桩受压偏斜和损伤、基坑开挖到底后二次截桩等。因此,保护是必要的。

5.2 成品保护的几个要点

5.2.1 土方开挖过程中的保护

对于设置地下室的工程,基坑开挖容易损伤基桩。除非采用全人工开挖,否则无法实现基坑土方完全均匀的开挖。为了控制工期和造价,以机械开挖为主是常见的做法,所以开挖面形成高差就是难以避免的了。这时处于开挖的台阶面侧

壁的基坑实际上承受土的侧压力,成为临时挡土桩。由于管桩的直径一般不大,抗弯刚度不高,经验表明,仅约 2m 的高差就可能导致桩身偏斜。在采用反铲开挖时,机械一般在坡顶工作,其传至土侧中的竖向应力增大了桩的侧压力和相应的倾斜。当开挖高差大时,这种危害更为严重。如果置桩形成的高孔隙水压力未消散和扰动土体的强度未恢复,加上前述机械重量与开挖高差等因素,将可能发生滑坡和推断桩。所以应根据土的强度状况、开挖机械的布置和行驶、桩的刚度等合理制定基坑开挖方案。此外,在施工中对伸出地面的桩头应截短至地表以下,以防止机械行走时碰撞。

5.2.2 防止撞击基桩

预应力高强砼管桩延性差、脆性强,故在开挖阶段应专人密切监督,严禁防止机械尤其是开挖斗铲撞击桩顶。哪怕是稍加碰撞,也可能造成次生断桩,使基桩报废。在基坑开挖结束后,截断超出设计长度的桩头应采用专用机械截桩器,以彻底根除用人工重锤横向撞击桩侧的砍桩方式,以消除产生次生断桩的第二个因素。

6 花岗岩残积土中埋藏孤石的施工困难与对策

6.1 问题的引起

莆田地区大多为古老花岗岩地区,经风化作用的结果,花岗岩表层多覆盖残积土层。部份地区花岗岩残积土中包裹着未经风化或轻度风化的风化核,俗称“孤石”。这一异常地质现象给置桩带来难以克服的困难,除了人工挖孔桩以外,其他桩型几乎都很难顺利成桩。人工挖孔桩采用爆破孤石成孔的方式有可能成桩,但也相当困难。故对这一地质难题的原则是,防患重于克服。

6.2 工程对策

6.2.1 精心勘察是首要的预防措施

预防措施最主要环节在地质勘察阶段,对下卧残积土地进行桩型设计前,必须参考邻近场地的勘察与施工资料,以便预测场地埋藏孤石的可能性。当判断可能存在孤石时,应加密勘察钻孔,即主要桩位下每柱一孔或隔柱一孔,以便确定这些部位是否是埋藏孤石。当判明存在孤石时,应提出预防措施。如孤石分布广,应考虑何

种桩型是可行的。

6.2.2 根据施工信息采取对策

6.2.2.1 静压式压桩力已达要求上限值,或打入式最后贯入度已经满足规定值,桩身垂直度正常,但沉桩达不到预定标高,此时可能是桩端落于孤石中部。为了充分可靠,可采取静压持荷或打入桩增加锤击数,并在这一过程中用精密水准观测桩顶沉降。在检测阶段,可以对上述桩进行综合分析后选取最差的一根进行试验。如承载力满足要求,则无需补桩和采取其他结构措施。

6.2.2.2 沉桩施工可正常持续进行,如桩身的偏斜度超过容许值,应由设计单位研究决定其处理方式。

6.2.2.3 沉桩施工可以持续,但压力陡降后无法上升,或贯入度加大又不收敛,证明该桩系断桩,应另行补桩。补桩同时,应考虑加强基础刚度的措施。

6.2.3 考虑改变桩型

如大量出现 6.2.2.3 的情况,即大量数量的断桩,证明所选桩型完全不适于该场地,应研究改用其他适当的基础型式。

7 几点结论

1) 厚软土地预应高强管桩施工应十分重视挤土效应可能造成的损害,事先预设限制和消除的措施。简易的防患措施是限制日沉桩数并合理安排施工顺序。必要时采用的消除孔压措施包括引孔排土或插塑板排水固结。条件具备时,均应埋设并观测孔压的变化作为指导施工的依据。

2) 饱和粘性土中设置预制桩等打(压)入式桩时,表现出明显的重固结效应。所以施工中单根桩必须持续设置到位,否则将造成难以克服的沉桩困难。对桩长、压桩力贯入度的控制,提倡通过原型试验确定单控指标。以期既能保证满足规范要求,又大大方便施工,节省造价。

3) 应根据周围环境和场地土层选择沉桩方式。对噪音控制严格的场地禁用打入式,对软土地应限制压桩机总重量。

4) 设置到位的基桩在交验前应妥加保护。基坑开挖时应根据当时各种条件拟定开挖的容许高差,防止侧压力致桩倾斜和土体滑坍致倾斜。且从入土后到交验前的全过程(下转第 63 页)

表2 各方案的技术、经济比较 (造价单位/万元)

方案	造价			工期 /天	施工 难度	可靠 程度
	桩	基础	合计			
1. 支于中 风化灰岩冲 孔桩	>462	100	>562	>200	很难	欠可靠
2. 高压旋 喷桩	300	160	460	140	一般	存疑
3. 支于层 ④冲孔桩	220	120	340	150	一般	可靠

注: 方案3含桩底后注浆费用。

4.2 静载试验

按原定计算挑选持力层最薄处和卵石层面倾角最大处施打试验桩并进行孔底后注浆, 而后进行静载试验。在最大桩顶荷载 $Q_{\max}=300\text{kN}$ 作用下, 桩顶稳定沉降 $S=4\sim 14\text{mm}$, 试桩曲线见图3中的实线。经试验确认该方案技术上可行。

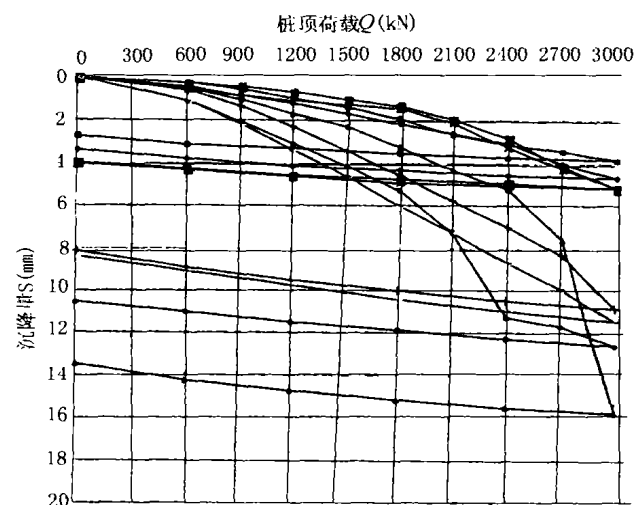


图3 单桩竖向抗压静载测试曲线

4.3 实施简况

目前该工程已全部完成200根 $\Phi 800$ 的工程桩及其后注浆施工。结束后, 为进一步验证承载能力及积累经验, 又增补了2根静载检测桩, 证

明其承载能力与试验桩相近。试验成果见图3之细点线。由图可见, 前后两批试桩的Q-S曲线的离差小, 说明承载性能稳定, 预期沉降均匀。

5 几点认识

笔者作为业主着重从如何正确组织基础选型以降低造价的角度进行总结。

1) 该工程基础(指地下室底板或承台顶面以下)造价从方案1嵌岩冲孔桩370元/ m^3 和方案2旋喷桩300元/ m^3 , 降为方案3支于砾卵石的冲孔桩220元/ m^3 , 节省造价是巨大的。这证明, 对基建项目的基础选型如能充分重视, 详细论证, 可大幅度节省造价。

2) 选择技术方案时应突破思维定势。方案1采用嵌岩冲孔桩即是这一思维方式导致的。

3) 地质报告的承载指标仅供估算参考, 不能作为依据, 这一点国家规范始终是明确的。部份设计人员将地质报告的承载指标作为依据, 是一种误解。本工程最初曾考虑过用方案3, 仅仅因为按地质指标计算 Q_u 达不到 $Q_u=3000\text{kN}$, 被轻易放弃。其实, 预估承载力时, 最可靠的是相近条件下的静载试验成果。

4) 任何方案必须技术上可靠。上述方案1欠可靠, 方案2则不甚可靠。方案3在拟定阶段只能说经验认为是可靠的, 拟定后通过试验证明了它的可靠性。

5) 业主在推进技术进步、实现经济合理的过程中, 应充分重视并发挥专家的作用。本工程从提出到最后选定、实施方案3, 自始至终专家咨询起了重大作用。如果说用于组织专家咨询投入数千元, 那么节省的资金则以百万元计, 产出投入比远大于100倍。所以专家咨询是应该提倡的。

(上接第57页) 都应严密监督, 防止碰撞, 导致次生断桩。

5) 莆田地区是花岗岩分布的地区, 当基桩沉至残积土下部或强风化岩层时, 应调查场地周围已有的地质状况, 提高场地勘察的级别。按不同情况, 对可能出现的残积土中埋藏孤石的障碍,

参考文献:

- [1] JGJ94-94. 建筑桩基技术规范 [S].
- [2] DBJ/T15-22-98. 预应力混凝土管桩基础技术规程 [S].
- [3] 王离. 预应力混凝土管桩在广东省的推广应用 [J]. 桩基工程技术, 1996, (2).

分别采取回避、利用与处理措施, 后者包括少量补桩或改变基础型式。

6) 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, 做到心中有数和预防在先。