

Pile Foundation Construction Technology of Peat Soil Layer in Kunming, China

Xiaodong Shen

Shanghai Tunnel Engineering Co., Ltd., Shanghai, 200232, China

Abstract

In the pile foundation construction project of Kunming Metro Line 2 Phase II Exhibition Center Station, there is a deep layer of peat soil, which is a common soil layer in river and lake sedimentary strata with poor engineering properties. There is a lack of reference construction data for this stratum. Due to practical needs, by testing piles in peat soil and comparing the quality of pile formation using different techniques, specific measures to ensure the construction quality of pile foundations in peat soil layers were summarized. Through the comparison and selection of construction techniques, problems and causes found in the test piles were analyzed and summarized, and suitable construction techniques were found for peat soil layers. It was found that rotary drills were more suitable for use than rotary drills. By adjusting construction parameters such as mud indicators and adopting targeted measures such as mud water separation systems, the quality of pore formation is ensured. By optimizing the placement process of steel cages and conduits, each link can be optimized. To ensure construction quality and meet the requirements of the construction period, providing reference for the construction of bored piles in similar geological formations in the future.

Keywords

rail transit; drilled pile; peaty soil; construction technology

中国昆明泥炭质土层桩基施工技术

沈校栋

上海隧道工程有限公司, 中国 · 上海 200232

摘要

昆明市轨道交通2号线二期工程会展中心站在桩基施工过程中, 存在深厚的泥炭质, 泥炭土为河湖沉积地层中常见土层, 工程性质差, 该地层可参考的施工资料较缺乏。因实际需求, 通过在泥炭土中试桩, 对比采用不同的工艺的成桩质量, 并总结了在泥炭质土层中桩基施工质量的具体保证措施, 通过施工工艺对比选择, 对试桩中发现的问题、原因分析总结, 找出适合在泥炭质土层中的施工工艺, 发现回旋钻比旋挖钻更适合使用。通过调整泥浆指标等施工参数, 采取泥水分离系统等针对性的措施确保成孔质量。通过优化钢筋笼及导管等下放工序, 使每一环节做到最优。既保证施工质量, 又满足工期要求, 为以后类似地层中施工钻孔灌注桩提供借鉴。

关键词

轨道交通; 钻孔灌注桩; 泥炭质土; 施工工艺

1 引言

随着城市建设的发展, 钻孔灌注桩广泛应用于基础工程及围护结构中, 因国内理论水平及机械设备制造水平的长足进步, 钻孔灌注桩的桩长也不断加深, 根据实际工程的需要, 桩长超过 40m 甚至 60m 的情况愈发常见, 由此带来桩基施工中需要面对更加复杂多样的地质条件^[1]。

昆明市滇池盆地内, 泥炭和泥炭质土(合称泥炭土)分布相当广泛, 且厚度较大, 为典型的软弱土层。论文通过实际桩基施工中穿越泥炭土层时所遇到的问题, 分析影响桩

基施工的原因, 提出相应改进措施并进行验证, 最后将研究成果应用于实际工程中。

2 工程背景

2.1 工程概况

会展中心站基坑深度约 24.5m, 围护结构形式为地下连续墙 + 内支撑。会展中心站基坑内的抗拔桩均采用钻孔灌注桩, 桩长超过 40m, 桩径为 800mm。经勘探揭示: 拟建场地地层自上而下为第四系人工填土层、第四系全新统冲洪积层及第四系全新统冲湖积层。在桩基设计深度范围内, 存在多层泥炭质土、粘土、粉土夹层, 因泥炭土具有高含水量、高压缩性、高空隙比、高灵敏度、抗剪强度低、有机质含量高特点。在钻孔灌注桩施工过程中, 容易发生孔内严重漏浆、塌孔, 以及混凝土塌方等不良现象, 为保证钻孔灌注桩

【作者简介】沈校栋(1983-), 男, 中国上海人, 本科, 工程师, 从事市政工程技术质量管理研究。

的施工质量和工期, 必须选择合适的施工工艺。

2.2 工程地质条件

在桩基施工深度范围内, 地层除 (1) 1 层属近代堆积形成外, 主要由黏性土、泥炭质土、粉砂与粉土组成。该区域工程地质位于昆明断陷盆地内, 为冲湖积平原, 微向滇池倾斜, 地层为第四系全新统湖冲积层 (Q4_{1al}), 主要为沉积泥炭土, 地层分布清晰。在桩基施工深度范围内, 地层除 (1) 1 层属近代堆积形成外, 主要由黏性土、泥炭质土、粉砂与粉土组成。该区域工程地质位于昆明断陷盆地内, 为冲湖积平原, 微向滇池倾斜, 地层为第四系全新统湖冲积层 (Q4_{1al}), 主要为沉积泥炭土, 地层分布清晰。泥炭土天然密度为 1.03~1.71, 孔隙比约为 0.814, 主要特点为深灰色、黑色, 流塑-软塑, 具高压缩性, 有机质含量大, 其中 2~4m 深度植物未完全腐烂, 天然含水量高, 小块晒干后可燃性较好, 可以作为燃料, 故当地人称之为“草煤”。该泥炭土层厚度 8~17m。除具有软土的一般特性之外, 与沿海地区广泛分布的软土相比, 滇池泥炭土具有有机质含量高、天然孔隙比极大、压缩性极强等特点^[2-4]。

2.3 施工工艺选择

目前, 一般常用的钻孔灌注桩施工工艺有冲击钻成孔、回旋钻成孔、旋挖钻成孔等^[5]。

2.3.1 冲击钻成孔施工工艺

用冲击式钻孔架悬吊冲击钻头上下反复冲击, 将土层或者岩层破碎成孔, 部分碎渣或泥渣挤入孔壁中, 大部分成为泥渣, 用泥浆循环带出成孔, 然后再灌注混凝土成桩。该工艺适用于黏性土、砂类土、砾石、卵石、漂石等复杂地质; 其优点是孔直、沉渣少, 适应地形广泛。缺点是不适合很长的桩基, 钻进效率低, 噪音、振动大, 容易发生卡钻现象。

2.3.2 回旋钻成孔施工工艺

按照泥浆的循环方式不同, 分为正循环钻机和反循环钻机。正循环钻机适用于黏土、粉土、砂性土等各类土层; 反循环钻机适用于黏性土、砂性土、卵石土和风化岩层, 但卵石粒径需小于钻杆内径的 2/3, 且含量不大于 20%。其优点是对周围土体扰动小、噪声小、振动小; 缺点是施工产生大量泥浆, 工作效率较低。

2.3.3 旋挖钻成孔施工工艺

利用钻杆和钻斗的旋转, 以钻斗自重并加液压作为钻进压力, 使土屑装满钻斗, 后提升钻斗出土, 被誉为“绿色施工工艺”。一般适用于黏土、粉土、砂土、淤泥质土、人工回填土及含有部分卵石、碎石的地层施工, 具有工作效率高、施工质量好、适应性强、废浆少、低噪音、污染少等优点; 缺点是一次性投入费用较大, 钻机需要占用的场地较大, 需施工场地的承载力满足要求。

3 试桩施工时出现的问题

因现场具备旋挖钻施工的条件, 且其优点显著, 结合工

程地质情况, 工程进度等各方面情况, 试桩时采用旋挖钻成孔施工工艺进行钻孔灌注桩的施工。

采用旋挖钻试桩施工范围的土层为河道回填形成, 存在深厚未固结的泥炭土质。在旋挖钻机进行第 1 根钻孔灌注桩成孔的过程中, 钻进至泥炭质土层时, 孔内泥浆中出现漂浮的大块泥炭质土, 同时在距离钻孔区域较远处地面冒出大量泥浆; 在灌注混凝土的过程中, 发现在距离地面约 25m 时, 泥浆不往外溢出, 而出现泥浆回流现象, 在连续浇筑 2 车 (18m³) 混凝土后, 一直未见混凝土面上升, 至第 3 车 (9m³) 混凝土浇筑后, 混凝土面才上升了 5m。混凝土最终浇筑完毕 (共浇筑了 107m³), 测得混凝土充盈系数为 1.63。之后施工的 2 根钻孔灌注桩, 也出现类似的现象, 混凝土充盈系数分别为 1.56 和 1.48, 大大超出正常 1.1~1.3 的混凝土充盈系数。

4 原因分析

①旋挖钻机在施工过程中对周围土体扰动较大, 而泥炭质土具有高灵敏度、高压缩性、高含水量等特性, 尤其是在提钻过程中形成的对周围土体产生的负真空极易形成坍方, 每一斗开挖完成向上提的过程中, 因钻机司机的操作水平及设备仪表的精度不一, 均有可能造成钻杆抓斗提升过程中碰撞上端已完成的孔壁。而成孔过程中, 桩孔的垂直度完全由钻机司机通过仪表传感器得知, 存在一定的不可控性。故旋挖钻机成孔施工工艺对于较厚的泥炭质土层不适用。②根据以往的施工经验及规范要求, 钻头的升降速度控制在 0.75~0.8m/s。而在泥炭质土层中施工, 因泥炭土层天然含水量高、流塑性较强, 该钻进速度对土体扰动大, 使土体向孔内移动, 且受泥浆的冲击, 导致土体的局部坍塌。通过井径仪检测发现, 孔底出现颈缩。③为满足 JGJ 94—2018《建筑桩基技术规范》对钻孔灌注桩清孔后的泥浆相对密度指标 (1.03~1.1g/cm³)^[6] 要求, 在泥炭质土中清孔时间较长, 导致孔身暴露时间较长, 而随着土体的流动。孔径不能满足设计要求。④长 40m 左右的钢筋笼通过分节吊装焊接下放, 时间近 3h, 一方面使孔身暴露时间长; 另一方面使泥浆出现沉淀, 沉渣增加, 孔身上部受到水的浸泡, 会进一步加剧孔身土体坍塌。⑤混凝土浇筑时采用汽车吊拔除导管, 而浇筑混凝土的料斗较小, 导管的埋深高度不易控制, 容易出现夹泥或断桩现象。

5 改进措施

为保证在泥炭质土中施工钻孔灌注桩的质量, 针对性地提出以下改性措施:

①现场土质除表层有少量的杂填土外, 其余均为原状土, 选用 GPS-20 型回旋钻机进行钻孔灌注桩施工, 因钻头位于最下端, 通过不断接长钻杆下钻, 其对土体扰动较小; 采用正循环清孔方式, 对孔底扰动较小。在钻孔达设计标高时, 应进行一次清孔, 进行孔底标高、孔底沉渣、泥浆指标自检, 一次清孔并自检合格后, 通知、会同测试单位共同对成孔进

行验收,验收合格后进行提钻。每只孔在提钻后需及时进行孔径、垂直度、孔壁稳定变形等检测,以验收成孔质量,若质量未达到设计要求,需采取相应措施,并经验收合格后方可进行下道工序施工。②为缩短清孔时间,减少孔身暴露时间,钻机钻进过程中,控制好泵入泥浆的指标,对悬浮出的泥浆采用泥水分离设备,及时析出固体颗粒;将清孔后泥浆相对密度由 $1.03\sim 1.1\text{g}/\text{cm}^3$ 调整为 $1.2\sim 1.3\text{g}/\text{cm}^3$,以增大孔内的泥浆护壁效果,减少塌孔。钢筋笼采用双点起吊,下入孔时应对准孔位,垂直徐徐轻放,避免碰撞孔壁。下笼时由专人指挥,若中途遇阻不得强行下放,晃动,应查明原因处理后再继续下笼。孔口焊接时采用两支电焊枪同时施焊,以缩短下笼时间,减少孔底沉渣,提高桩的质量,孔口焊接完毕后质检合格后方可下放。③调整导管埋深深度。由于泥炭质土质量较轻,容易侵入混凝土,为了保证桩身质量,将导管埋深严格控制在 $3\sim 5\text{m}$ (规范要求 $2\sim 6\text{m}$)。④为了减少桩身土体向孔内移动,在成孔后,立即进行清孔、钢筋笼安放、下放导管、混凝土浇筑,各施工工序要紧密配合,尽量缩短孔身暴露时间。钢筋笼外包铁丝网,既能防止混凝土浇筑前孔壁坍塌后土块掉入钢筋笼内,又能避免混凝土浇筑过程中,混凝土向桩体外大面积扩散。⑤采用混凝土浇捣架进行混凝土浇筑。导管是水下灌注的主要设备,应具有足够的强度、刚度和良好的密封性。本工程要求导管有较好的刚度及垂直度,因此选择导管采用直径 300mm 的管节组成,接头采用法兰连接带有密封圈,保证不漏水不透水,避免泥浆进入导管,导致砼离析堵管。导管在使用前应进行水泥承压和接头抗拉试验,严禁采用气压试压;导管下放时要求作业人员小心操作,避免挂碰钢筋笼。第一节导管下端口要求距孔底的距离为 50cm 。适当扩大斗容量,斗容量根据下式确定:

$$V = \pi \times D^2/4 \times (H_1 + H_2) + \pi \times d^2 \times h_1$$

其中, V 为混凝土初灌量(m^3); D 为桩孔直径(m); H_1 为桩孔底至导管底间距; H_2 为导管初次埋置深度; d 为导管内径; h_1 为导管内混凝土高度。

$$h_1 = H_w \gamma_w / \gamma_c$$

其中, γ_w 为泥浆密度,取 $12\text{kN}/\text{m}^3$; γ_c 为混凝土密度,取 $24\text{kN}/\text{m}^3$; H_w 为桩孔内泥浆的深度。

采用混凝土采用浇制浇捣架浇注,首批混凝土下落后,混凝土必须连续灌注,单桩浇灌时间不宜超过 8h 。

6 验证结果

①桩基采用旋挖钻机成孔,灌注桩最大充盈系数为 1.63 ,最小充盈系数为 1.23 ;采用回旋钻机进行施工,最大充盈系数为 1.22 ,最小充盈系数为 1.07 。②施工过程中,采用超声波探测仪对成孔质量进行检测,在泥炭质土层中,旋挖桩成孔后的超声波图往往显示出较明显的塌孔,垂直度不良等情况,如图1、图2所示。回旋钻在该土层中情况得到明显改善,如图3、图4所示。钻孔桩施工完成后,养护达到强度后,对预埋的声测管采用超声波检测仪进行检测,

从超声波检测结果来看,采用回旋钻机进行施工的桩身垂直度、塌孔情况等质量能满足I类桩,而且比例达到 95% 以上。③旋挖钻孔灌注桩II类桩比例较回旋钻孔灌注桩高。

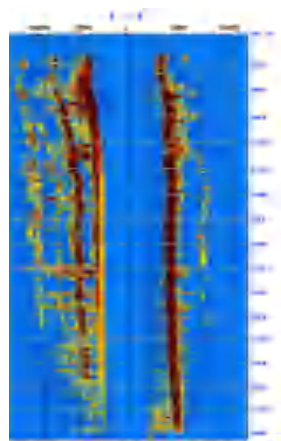


图1 旋挖桩成孔孔位偏斜

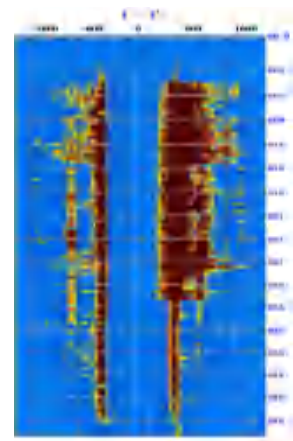


图2 旋挖桩成孔塌孔

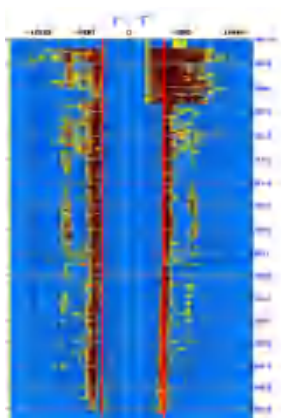


图3 回旋钻成孔超声图

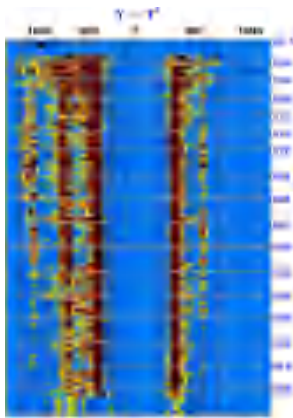


图4 回旋钻成孔超声图

7 结语

在泥炭质土层中施工钻孔灌注,一方面需要高度重视机械设备选型;另一方面通过试桩,对规范中的有关指标进行相应的适用性调整,既保证了工程的施工质量,又为以后的类似工程提供借鉴。

参考文献

- [1] 张春刚,付勇.超长大直径钻孔灌注桩试桩分析[J].建筑技术开发,2021,48(9):141-143.
- [2] 张路,詹长久,李翠华,等.昆明滇池泥炭土的某些特征[J].土工基础,2006,20(2):93-94.
- [3] 阮永芬,刘岳东,王东,等.昆明泥炭与泥炭质土对建筑地基的影响[J].昆明理工大学学报:理工版,2003,28(3):4.
- [4] 桂跃,余志华,刘海明,等.高原湖相泥炭土次固结特性及机理分析[J].岩土工程学报,2015(8):1390-1398.
- [5] 侯斌.不同地质情况下钻孔灌注桩钻机设备选项[J].设备管理与维修,2011,28(4):170-171.
- [6] JGJ 94—2018 建筑桩基技术规范[S].