

浅谈钻孔咬合桩的施工及质量控制

陈昌平, 黄燮明

(杭州市市政工程集团有限公司, 浙江杭州 310006)

摘要: 该文介绍了杭州市钱江新城主干线钱江路地下通道工程施工中采用钻孔咬合桩作为基坑围护结构的施工工艺及其优点, 并总结了施工过程中进行质量控制的措施。

关键词: 钻孔咬合桩; 超缓凝混凝土; 施工工艺; 质量控制

中图分类号: TU473.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)04-0135-04

0 前言

钻孔咬合桩是在全套管灌注桩技术基础上发展起来的一项基坑围护新技术, 近几年在深圳、上海等城市地铁工程的施工中得到应用和发展, 两年前得以运用到浙江省的隧道、地铁项目中。从技术可行性、经济合理性及环保等方面比较其优点如下:

(1) 由于采用了全套管的跟管钻进及其取土方法(冲抓或螺旋钻), 避免了塌孔、缩径等质量通病, 有效防止了孔内流砂、涌砂现象, 全套管的护孔方式保证了成桩质量, 桩间紧密咬合, 形成整体无施工缝连续基坑围护结构。对沉降及变位易控制, 能够紧邻相近的建筑物、地下管线施工。

(2) 相比较地下连续墙或钻孔灌注桩结合旋喷止水的围护工艺具有性价比高的优势。随着市场的不断扩大, 专业施工队伍的增加, 施工费用将有很大的优惠空间。

(3) 施工中可干孔作业, 无须排放泥浆, 机械设备噪音低、振动少, 对环境污染小。

同时还具有施工周期短的优点, 正常情况下一台桩机可成桩 60 m³。

本文结合钱江路地下通道工程施工实践, 谈一点钻孔咬合桩的施工及质量控制的粗浅认识。

1 工程概况

钱江路地下通道工程西起清江路东至庆春东路, 横贯江干渠、解放东路、市民中心、新业路和奉化江路。其中 U 型槽段 250 m, 箱涵段 650 m, 根据开挖深度及周边环境的不同, 采用不同的基坑围护及降水形式。箱涵段采用钻孔咬合桩 + 钢筋混凝土围檩 + 深井降水形式。

其中钻孔咬合桩桩径 $\Phi 1\ 000$, 采用 C25 钢筋

混凝土桩和 C15 素混凝土桩交替布置, 钢筋混凝土桩切入素混凝土桩内 250 mm, 即两桩相互咬合 250 mm, 相邻钢筋混凝土桩和素混凝土桩间距均为 1 500 mm, 钢筋混凝土桩长为 21 m, 素混凝土桩长为 16 m。泵房等局部位置加长。

工程地质及水文地质条件:

场区地貌上属钱塘江河漫滩相沉积地貌, 组成物质以砂质粉土为主, 但表层受人类活动影响较大。场区地下水位埋藏不深, 浅部地下水属孔隙性潜水, 由大气降水和地表径流补给, 水位随季节而变化, 高程一般在 4.5~5.30 m 左右, 地下水对混凝土无腐蚀性。

工程范围内涉及地层主要有(1)杂填土、耕植土层;(2)砂质粉土层;(3)淤泥质粉质粘土层;(4)粉质粘土层;(5)细砂;(6)圆砾层。其主要物理力学指标见表 1。其中(2)层饱和含水, 振动后极易液化, 容易引起粉砂性土颗粒的流失, 发生管涌, 危及周边的环境安全。

2 施工工艺

2.1 工艺原理

钻孔咬合桩, 即采用机械钻孔施工, 桩与桩之间相互咬合排列的一种围护结构, 具有挡土止水的双重功能。施工主要采用“套管钻机 + 超缓凝型混凝土”方案。钻孔咬合桩的排列方式采用为: 一个素混凝土桩(简称 A 桩)和一个钢筋混凝土桩(简称 B 桩)间隔, 先施工 A 序桩, 后施工 B 序桩, A 桩混凝土采用超缓凝型混凝土, 要求必须在 A 桩混凝土初凝之前完成 B 桩的施工, B 桩施工时, 利用套管钻机切割掉相邻 A 桩相交部分的混凝土, 则实现了咬合。如图 1 所示。

2.2 工艺优点

钻孔咬合桩施工采用“套管钻机 + 超缓凝型混凝土”方案, 套管钻机施工咬合桩的优点:

(1) 成孔精度可以得到有效控制, 由于套管压入地层是靠主机液压油缸行程进行完成的, 每次

收稿日期: 2006-05-30

作者简介: 陈昌平(1971-), 男, 江苏阜宁人, 工程师, 从事施工管理工作。

表 1 土层主要物理力学指标

层号	土层名称	厚度(m)	含水量 W(%)	密度 $\rho_0(\text{g/cm}^3)$	孔隙比 e_0	凝聚力 $c(\text{kPa})$
①-1	杂填土	0.5 ~ 4.2				
①-2	耕植土	0.4 ~ 2.9				
②-1	砂质粉土	0.8 ~ 4.3	29.8	1.9	0.846	3.0
②-2	砂质粉土	2.5 ~ 7.2	26.9	1.95	0.758	3.6
②-3	砂质粉土	1.5 ~ 7.0	25.7	1.95	0.738	3.8
②-4	砂质粉土	2.1 ~ 6.3	25.3	1.96	0.724	4.8
②-5	砂质粉土	3.1 ~ 5.4	29.5	1.91	0.833	4.4
⑤-1	淤泥质粉质粘土层	1.2 ~ 7.1	36.9	1.85	1.021	20.0
⑥-1	粉质粘土	0.8 ~ 3.8	3.04	1.92	0.856	44.7
⑥-2	粉质粘土	6.3 ~ 11	25.8	2.0	0.719	39.3
⑥-3	粉质粘土	0 ~ 5.3	24.3	2.0	0.7	42.3

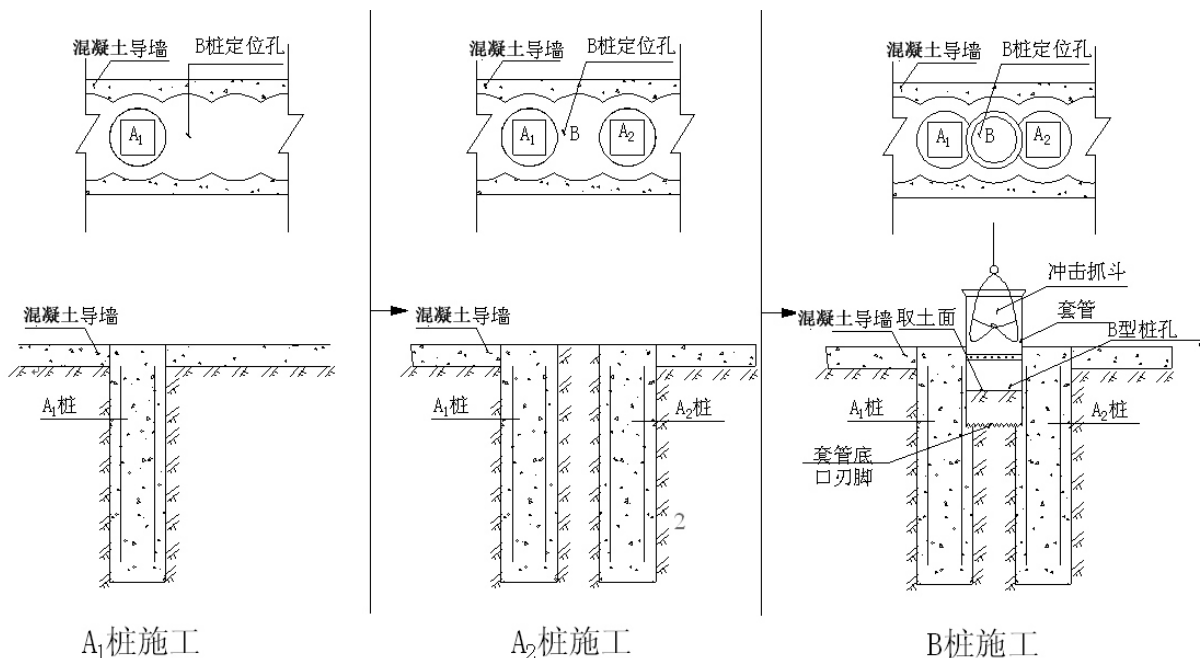


图 1 钻孔咬合桩的排列方式

压入深度约 25 cm,套管每节长度可分为 7、8、11、12 m,可以边压入边纠偏,进行全过程的垂直精度控制;

(2)成孔精度检测在管内进行变得更为方便、易控制且有直观感;

(3)用冲抓斗在管内取土,无须排放泥浆,近似于干法施工;机械设备噪声低,振动小,大大减少工程施工时对环境的污染,有利于文明施工;

(4)沉降及变形容易控制,能紧邻相近的建筑物和地下管线施工;

(5)能有效防止孔内流砂,涌泥,成桩质量高;

(6)能起到完全的止水作用;

(7)全套管的护孔方式使 B 桩在已有的两 A 桩间实施切割咬合,能保证桩间紧密咬合,形成良好的整体连续结构;

(8)由于采用管内灌注混凝土,使得桩身扩孔

系数大大减小,从而杜绝了混凝土浪费。

2.3 工艺流程

2.3.1 咬合桩单桩施工工艺流程

见图 2 所示:

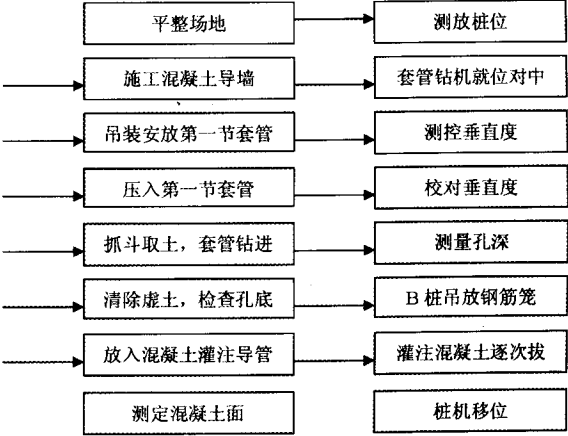


图 2 单桩施工工艺流程图

2.3.2 排桩施工工艺流程

总的施工原则是先施工素混凝土桩 A 序桩, 后施工钢筋混凝土 B 序桩, 其施工工艺流程是: $A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow B_1 \rightarrow A_3 \rightarrow B_2 \rightarrow A_4 \rightarrow B_3 \rightarrow \dots \rightarrow A_{n-1} \rightarrow B_{n-2} \rightarrow A_n \rightarrow B_{n-1}$, 如图 3 所示。

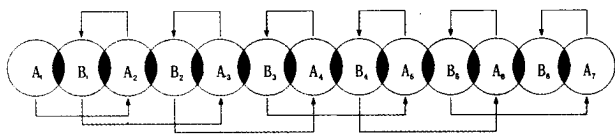


图 3 排桩施工工艺流程

就相邻成桩顺序来说, A 序桩(素桩)成桩在前, B 序桩(钢筋混凝土桩)成桩在后, 切割 A 序桩而形成咬合结构。对 A 序桩的施工只要严格按照单桩施工工艺流程作业, 确保垂直精度就能满足要求。对于 B 序桩的施工, 除了确保垂直精度使桩体能充分咬合外, 还涉及施工过程中由于切割的挤压以及摩擦等产生对已成 A 序桩的损害。因此在混凝土中加入缓凝型减水剂以使被切割的 A 序桩强度有较长的缓凝时间, 使 A 序桩混凝土处于未初凝状态。随着钻孔的加深, 孔内可能出现混凝土管涌, 因此在 B 序桩切割 A 序桩施工过程中, 确保垂直精度以及克服管涌是咬合桩施工技术要点。

3 质量控制

3.1 定位控制——设置导墙

设置导墙主要用于控制咬合桩平面位置, 同时可预防洞口坍塌和支撑桩机的作用。

导墙宽不小于 3.5 m, 厚不小于 30 cm, 混凝土强度不低于 C20。导墙内侧波浪形模板宜采用定型钢模, 要求导墙预留孔垂直度偏差不大于 1 mm, 导墙表面高低差 ≤ 2 mm, 以便钻机调整垂直度, 预留孔中心线与咬合桩纵轴线偏差 ≤ 5 mm。

导墙拆模后用红油漆在导墙顶分段标明各设计段的桩底标高, 再用油漆在桩位处标明桩号。当导墙有足够的强度后, 拆除模板, 导向槽内每隔两孔用圆木撑牢, 以防施工的动载导致导墙向内侧移动, 重新定位放样施工桩中心位置, 由于套管底部遮挡视线, 看不见已测设的桩中心线, 所以采用以下措施, 保证孔位准确: (1) 将套管刃脚的外周测绘在地表上; (2) 在该圆周上设 3 个以上的小桩点; (3) 设一个与刃尖外周围相同的定桩位用环箍。使套管刃脚的外周与桩位一致, 移动钻机至正确位置。就位后报质量员复核。

3.2 垂直度控制

为了保证钻孔咬合桩底部有足够厚度的咬合量, 除对其孔口定位误差严格控制外, 还应对其垂直度进行严格的控制, 设计规定桩的垂直度标准为 5‰, 本工程我们的内控标准为 3‰。成孔过程中要控制好桩的垂直度, 必须抓好以下 3 个环节的工作。

3.2.1 套管的顺直度检查和校正

钻孔咬合桩施工前在平整地面上进行套管顺直度的检查和校正, 首先检查和校正单节套管的顺直度, 然后将按照桩长配置的套管全部连接起来进行整根套管(15~25 m)的顺直度偏差检查, 偏差宜小于 10 mm。检测方法: 于地面上测放出两条相互平行的直线, 将套管置于两条直线之间, 然后用线锤和直尺进行检测。

3.2.2 成孔过程中桩的垂直度监测和检查

(1) 地面监测: 在地面选择两个相互垂直的方向采用经纬仪或线锤监测地面以上部分的套管的垂直度, 发现偏差随时纠正。这项检测在每根桩的成孔过程中应自始至终坚持, 不能中断。

(2) 孔内检查: 每节套管压完后安装下一节套管之前, 都要停下来用测斜仪或“测环”进行孔内垂直度检查, 不合格时需进行纠偏, 直至合格才能进行下一节套管施工。

(3) 终孔检测: 在每根桩成完毕, 必须进行垂直度检测, 选两个相互垂直的方向进行测量。垂直度必须满足设计要求, 如不合格必须纠偏, 使垂直度达到要求为止。

3.2.3 纠偏

成孔过程中如发现垂直度偏差过大, 必须及时纠偏调整, 纠偏的常用方法有以下 3 种:

(1) 利用钻机油缸进行纠偏: 如果偏差不大或套管入土不深(5 m 以内), 可直接利用钻机的两个顶升油缸和两个推拉油缸调节套管的垂直度, 即可达到纠偏的目的。

(2) A 桩纠偏: 如果 A 桩在入土 5 m 以下发生较大偏移, 可先利用钻机油缸直接纠偏, 如达不到要求, 可向套管内填砂或粘土, 一边填土一边拔起套管, 直至将套管提升到上一次检查合格的地方, 然后调直套管, 检查其垂直度合格后再重新下压。

(3) B 桩的纠偏: B 桩的纠偏方法与 A 桩基本相同, 其不同之处是不能向套管内填砂或粘土而应填入与 A 桩相同的混凝土, 否则有可能在桩间留下土夹层, 从而影响排桩的防水效果。

3.3 B 序桩钢筋笼质量控制

钢筋笼的质量控制与钻孔灌注桩基本相同,

需要强调的是,设计时适当加大保护层厚度,取75 mm为宜,为保证钢筋在桩身混凝土中的保护层厚度,以及套管拔除时产生抱死现象,钢筋笼主筋上应焊接定位钢筋 $\Phi 20$,每4 m一道,周圈不少于4根,长20 cm。

3.4 超缓凝混凝土质量控制

超缓凝混凝土的质量直接决定钻孔咬合桩施工的成败。

为了使B序桩的成孔顺利完成,A序桩混凝土要加入高效缓凝型减水剂,控制A序桩混凝土在浇注后60 h以上才初凝,在A序桩混凝土处于未初凝状态时施工B序桩套管机钻孔并浇注混凝土,消除对A序桩混凝土的损害。根据钻孔桩顺序的安排,A序桩的混凝土配合比设计按60 h初凝时间控制。

单桩成桩每循环时间约为15 h,则单机成桩3根需用时约45 h,考虑施工中不可预见因素,取1.3的安全系数,则混凝土的合理初凝时间为58.5 h。施工中实际要求混凝土的初凝时间为60 h。

3.4.1 超缓凝混凝土的生产

在确定混凝土相关参数后,委托混凝土供应商进行混凝土的配比设计和生产。由于钻孔咬合桩施工工艺的特殊性,要求超缓凝混凝土的缓凝期必须稳定,不能波动,否则将有可能给工程带来很大的损失,因此要求混凝土供应商设置专用生产线来生产超缓凝混凝土,其所用的设备、人员、原材料都相对固定,以减少出错的机会,确保混凝土的质量。

3.4.2 超缓凝混凝土的使用

使用过程中制定严格的检查制度和监控措施:

a.每车混凝土在使用前必须由试验室检查其坍落度及观感质量是否符合要求,坍落度超标或观感质量太差的坚决退回,决不使用。

b.每车混凝土均取一组试件,监测其缓凝时间及坍落度损失情况,直至该桩两侧的B桩全部完成,如发现问题及时反馈信息,以便采取应急措施。

4 相关施工技术措施

4.1 如何克服“管涌”

在B桩成孔过程中,由于A桩混凝土未凝固,还处于流动状态,A桩混凝土有可能从A、B桩相交处涌入B桩孔内,称之为“管涌”,克服“管涌”有以下几个方法:

(1)A桩混凝土的坍落度应尽量小一些,

15~18 cm,以便于降低混凝土的流动性。

(2)套管底口应始终保持超前于开挖面一定距离,以便于造成一段“瓶颈”,阻止混凝土的流动,超前距离宜大于2.5 m。

(3)如遇地下障碍物套管底无法超前时可向套管内注入一定量的水,使其保持一定的反压力来平衡A桩混凝土的压力,阻止“管涌”的发生。

(4)B桩成孔过程中应注意观察相邻两侧A桩混凝土顶面,如发现A桩混凝土下陷应立即停止B桩开挖,并一边将套管尽量下压。一边向B桩内填土或注水,直到完全制止住“管涌”为止。

4.2 遇地下障碍物的处理方法

总的来说,套管钻机施工过程中如遇地下障碍物处理起来都比较困难,特别是施工钻孔咬合桩还要受时间的限制,因此在进行钻孔咬合桩施工前必须对地质情况十分清楚,否则会导致工程失败。对一些比较小的障碍物,如体积较小的孤石、混凝土块等,可以先抽干套管内积水,然后再吊放作业人员下去将其清除即可。

4.3 分段施工接头的处理方法

往往一台钻机施工无法满足工程进度,需要多台钻机分段施工,这就存在与先施工段的接头问题。采用砂桩是一个比较好的方法。在施工段与段的端头设置一个砂桩(成孔后用砂灌满),待后施工段到此接头时挖出砂灌上混凝土即可。砂桩桩位必须是B序桩。因B桩混凝土与先施工的A桩咬合面形成了一道弧形施工缝,在基坑开挖前须在施工缝外侧进行压密注浆处理。

4.4 事故桩的处理方法

在钻孔咬合桩施工过程中,因A桩超缓凝混凝土的质量不稳定出现早凝现象或机械设备故障等原因,造成钻孔咬合桩的施工未能按正常要求进行而形成事故桩。事故桩的处理主要分以下几种情况:

(1)平移桩位侧咬合

B桩成孔施工时,其一侧A1桩的混凝土已经凝固,使套管钻机不能按正常要求切割咬合A1、A2桩。在这种情况下,宜向A2桩方向平移B桩桩位,使套管钻机单侧切割A2桩施工B桩,并在A1桩和B桩外侧另增加一根高压旋喷桩作为防水处理。

(2)背桩补强

B1桩成孔施工时,其两侧A1、A2桩的混凝土均已凝固,在这种情况下,则放弃B1桩的施工,调整桩序继续后面咬合桩的施工,以后在B1桩外侧增加三根咬合桩及两根旋喷桩作为补强、

基于多目标决策的冻结施工方案的优化

张 斌

(上海丛鑫建设咨询有限公司,上海市 200083)

摘 要:该文基于冻结法施工与设计方案数据库,运用多目标决策理论中的简单性加权法,建立了冻结方案优化的数学模型,对多方案冻结效果进行了综合评估,成功地解决了冻结施工方案指标间的相互制约、相互影响的问题,为冻结施工方案优化决策提供了新的思路和方法。

关键词:专家系统;权重;多目标决策;冻结方案优化

中图分类号:U455.49 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)04-0139-02

0 前言

随着我国工程建设新的历史发展时期的出现,工程中井筒冲积层厚度越来越深,冻结法成为通过深厚表土层中的最主要的施工方法。复杂的深厚表土中冻结井筒方案的设计对冻结工程的影响越来越大。必须从工程的技术性能、经济效益和环境影响等方面出发,分析不同类型工程方案的指标差异,对冻结方案进行优化。但是冻结工程的地质与工程环境条件复杂多变,设计中涉及的冻结井筒的因素很多。在这些因素中,有很大一部分因素具有较强的模糊性和不确定性。因此,很难用传统的数学方法来处理。通过对不同的影响因素进行赋予不同的权值建立了冻结施工方案优化的综合评判模型。

1 冻结方案优化的目标

收稿日期:2006-05-24

作者简介:张斌(1970-),男,上海人,工程师,从事隧道施工、工程造价咨询工作。

防水处理。在基坑开挖过程中将 A1 和 A2 桩之间的夹土清除喷上混凝土即可。

(3)预留咬合企口

在 B1 桩成孔施工中发现 A1 桩混凝土已有早凝倾向但还未完全凝固时,此时为避免继续按正常顺序施工造成事故桩,可及时在 A1 桩右侧施工一砂桩以预留出咬合企口,待调整完成后再继续后面桩的施工。

5 结语

钻孔咬合桩基坑围护施工速度快、止水效果好。从钱江路地下通道工程基坑开挖出的桩体来看,在桩身垂直度、桩芯混凝土质量及挡土止水等方面均达到了预期的效果。通过对坑外土体位移、水位观测、沉降观测等成果来看,也达到了理想的

冻结施工方案中,其方案的优劣可以用多个目标来衡量。通常多个优化目标可设为安全性、总成本和方便性。优化的目的是寻求一个安全可靠、成本较低和施工方便的综合优化方案。

(1)施工的安全性。作为冻结方案的选择安全性是第一的,失去安全性就失去了一个方案的意义。影响冻结方案安全性的因素主要有冻结壁厚度、冻结壁平均温度、井帮温度及掘进段高等。

(2)冻结总成本。冻结总成本包括钻孔成本、冻结站安装成本及冻结站运转成本。影响冻结总成本的因素主要有冻结孔数、冻结深度、冻结站装机容量及冻结壁厚度等。

(3)施工的方便性。冻结法是一种临时支护手段,因此作为冻结设计必须要考虑尽可能的为井筒施工单位提供方便。影响施工方便性的因素主要有井帮温度、段高等,比如在安全的前提下,段高应尽可能的大,以便提高施工速度。

一个好的冻结方案应该是安全可靠,施工方便及成本最低。最终的优化目标为成本,即在安全

效果,具有较高的推广价值。建议施工中须注意以下几点:

(1)由于咬合灌注桩施工连续性的特点,须切实抓好现场施工组织管理,确保混凝土供应和工序衔接正常。否则,过多设置砂桩,不利于围护结构止水,增加施工成本。

(2)由于砂质粉土振动易液化,而施工采用的冲抓取土方法不可避免地要对地层产生一定的扰动,所以在地下管线密集或周围建筑物沉降要求较高的地段应注意作好管涌的预防措施。以免对周边环境产生大的影响。可采用旋挖取土工艺。

(3)严格控制好桩体的垂直度是保证咬合的关键,在施工前要制订完善的垂直度控制及纠偏措施,同时加强施工人员的质量意识教育,施工中要严格执行。