

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.240611

填筑土、砂卵石等不良地层中灌注桩塌孔处理及 预防措施 ——以宜宾市区工程为案例

冯宁宁

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:以宜宾市区的两个下穿隧道项目工程为实际案例,详细介绍了素混凝土回填复钻工法、长护筒护壁工法和跟进式护筒成桩工法在灌注桩施工过程中处理及预防塌孔方面的应用,得到主要结论有:素混凝土回填复钻工法可用于局部深度、局部平面范围旋挖钻成孔、塌孔问题的处理,有施工周期短、施工占地面积小、综合造价较低的优势;长护筒护壁工法主要用于较大深度填土、软土等地层,施工占地面积大,施工方便,对于工期影响小;跟进式护筒成桩工法的施工速度快,施工场地要求不高,几乎可用于所有土层,施工速度快,施工占地面积小,造价高。以上3种处理措施的应用可为宜宾乃至全国在高厚填土、砂卵石等不良地层中灌注桩塌孔的处理及预防提供重要参考价值。

关键词:长护筒护壁成孔;跟进式护筒成孔;填筑土;砂卵石层

中图分类号:U415

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2025)04-0221-05

Treatment and Preventive Measures for Collapse of Cast-in-place Piles in Poor Strata of Filled Soil and Gravel in Yibin City

FENG Ningning

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: Taking two underpass tunnel projects in Yibin as the practical cases, the application of plain concrete backfill drilling method, long casing wall protection method and follow-through casing pile construction method in the treatment and prevention of hole collapse during the construction of cast-in-place piles is introduced in detail. The main conclusions are obtained that the plain concrete backfill drilling method can be used to deal with the problems of rotary drilling and hole collapse in local depth and local plane ranges, and has the advantages of short construction period, small construction area and low comprehensive cost. The long casing wall protection method is mainly used for the deep fill, soft soil and other strata, and its construction area is large, the construction is convenient and the impact on the construction period is little. The follow-through casing pile method has the characteristics of fast construction speed and not high construction site requirements, and can be used in almost all soil layers with a fast construction speed, small construction area and high cost. The application of the above three treatment measures can provide the important referring values for treating and preventing the hole collapse of cast-in-place piles in the poor strata of thick filled soil and gravel in Yibin and even the whole country.

Keywords: long protective casing wall into hole; follow-through casing into hole; filled soil; gravel

0 引言

旋挖钻机在成孔过程中具有无挤土、振动小、噪音低、污染少、自动化程度高、劳动强度低、钻进速度快及安全环保高效等优点,因此在桩基施工和围护

桩施工中得到广泛应用。而旋挖成孔塌孔是常见的灌注桩质量问题,对于旋挖桩的塌孔问题及其防止措施,国内不同专家结合实际项目做了诸多分析与总结。苗长青^[1]针对多种不同厚度土层的塌孔情况,提出了采取钢护筒护壁、优质泥浆护壁、控制提斗取土速度等措施;刘开拓等^[2]分析了德州北高架桥的桥梁钻孔灌注桩施工过程中遇到的粉细砂和亚黏土夹粉细砂层中塌孔的原因并针对不同原因提出

收稿日期:2024-06-03

作者简介:冯宁宁(1991—),男,硕士,工程师,从事地下结构设计工作。

通过调配泥浆、增加孔口护筒长度、控制吊装及浇筑等措施减小对成孔的扰动从而稳定成桩;张云健等^[3]详细阐述了重庆市高新区含谷公租房复杂地质条件下的旋挖桩施工,提出针对局部深度范围内的粉砂质黏土层通过降水结合钢护筒的方法避免砂土层塌孔、针对含有大石块杂填土和淤泥层采取素混凝土回填复钻的工法保证成孔;李玉友等^[4]结合清江河修城坝大桥的桥梁桩基施工过程,介绍了搓管机在建筑废渣回填层、卵石土回填层、原河道抽砂后形成的松散卵石层中的应用;王战广^[5]介绍了高速公路碎石填方区的旋挖桩施工全过程,同时介绍了采用长护筒护壁工法防止塌孔的措施;薛碧松等^[6]结合重庆鲁能星城外滩5号的地块工程桩基施工,介绍了一种能在地下水丰富且未完成固结的高厚抛填土层中应用的防塌孔装置;游天亮等^[7]通过结合四川大学华西天府医院项目介绍了全护筒在穿越杂填土层的应用,并提出采用双护筒方案解决填土层中底部坚硬石块阻挡无法振入、且硬质石块凸入钢护筒内较短从而导致旋挖机无法将其钻碎的问题;张铮^[8]结合武汉地铁16号线(三标段)项目介绍了旋挖桩常见的塌孔现象并介绍了常用的预防及处理措施,比如调护壁泥浆密度粘度等、回填复钻等;余彪^[9]介绍了在高填方区采取注浆加固后再进行旋挖桩施工等预防塌孔的措施。

上述研究成果提出了多种方法解决了由于多种原因引起的灌注桩塌孔问题,但对于宜宾滨江地区高厚填筑土、卵石土层中的塌孔问题不能妥善解决。本文结合宜宾城区的两个工程实例,对深厚填筑土、卵石层等不良地层中灌注桩塌孔的处理及预防措施进行了研究。

1 高厚填筑土地层旋挖钻塌孔处理

1.1 工程概况

本项目位于宜宾岷江、金沙江及长江的三江交汇处(同时也是长江的起点)。设计道路全长1 506 m,其中隧道暗埋段长度为750 m,敞开段为346 m,次干路为标准段双向4车道,车速为40 km/h,隧道净空为4.5 m,隧道暗埋段净宽为16~22.5 m。本项目的隧道基坑深度范围为2.730~12.016 m,围护桩长度范围为10.5~18.5 m,围护桩采用直径1.0 m的钻孔灌注桩,桩中心间距为1.5 m;内支撑采用 $\Phi 609$ 、 $t=16$ 的钢对撑,根据基坑计算结果采用一道或二道。

1.2 地质情况

项目主要涉及土层有:填筑土①、细砂②、松散卵石③₁、稍密卵石③₂、漂石④等。其中填筑土厚度为4.0~13.5 m,基坑开挖深度范围内基本都是填筑土。地勘中得到对填筑土的描述:主要成份以中等风化泥岩、砂岩碎块为主,局部夹少量卵石、漂石,其粒径一般为100~500 mm,最大粒径达1 m,其间充填物主要为黏性土,局部含粉土、细砂,所含硬杂质的含量一般达到50%~80%。该层填土来源主要为人工搬运的第四系全新统冲洪积卵石及漂石、块石,漂石、块石成分以砂岩与泥岩为主。地质情况如图1所示。

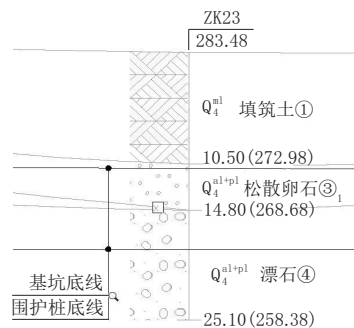


图1 典型地质钻孔(单位:m)

1.3 塌孔情况描述

本项目除了少数部分地块为桩号范围,因项目施工后有放坡场地,采取“放坡+土钉”的支护形式,其余绝大部分为隧道开挖范围,因隧道两侧存在诸多建构筑物,结合周边环境及地层情况,对隧道基坑采用“灌注桩+内支撑”的支护形式。在隧道基坑围护桩的施工过程中,因高厚填筑土,常规旋挖钻在钻孔期间存在大面积塌孔现象,造成成孔困难。塌孔的原因主要可归纳为以下几种情况:

(1) 桩高局部深度范围(约1.0~2.0 m)内地层塌孔;

(2) 有孤石或混凝土块造成钻头偏心,勉强钻孔会导致桩位倾斜,且成孔过程中旋挖钻机“有力使不出”,钻头钻进困难,导致成孔困难或基本无法成孔;

(3) 孤石或混凝土块略大于桩径,使孤石或混凝土块会随着钻头旋转无法成孔,钻头无着力点,无法旋挖成孔;

(4) 地层填筑土成分混杂且松散,缺乏粘结力,导致在钻头取土后,已成孔的钻孔坍塌;或在安放钢筋笼的过程中,已成孔钻孔受到轻微扰动,出现塌孔现象,造成围护桩施工困难。

1.4 处理措施

结合现场场地条件、地勘情况及施工工期要求等因素进行考量,项目部最终采取了以下两种措施处理旋挖成孔塌孔情况。

1.4.1 素混凝土回填复钻工法

对于围护桩成孔过程中出现前文1.3节指出的前三种塌孔情况,采取素混凝土回填复钻工法成孔,取得了良好的效果。素混凝土回填复钻工法成孔的施工流程如图2所示。

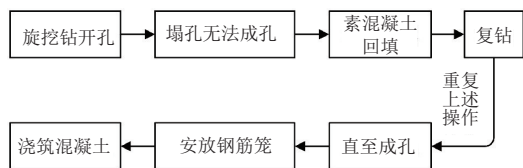


图2 素混凝土回填复钻工法流程图

1.4.2 长护筒护壁工法

经初步测算及现场试验,素混凝土回填复钻工法在地层填筑土上的施工质量差、成孔困难、功效低,无法满足项目工期要求;此外,塌孔形成的平面空洞大,深度范围内塌孔大,混凝土用量大且无法控制,成孔造价远高于桩本身的造价,经济效益差。基于上述情况,项目部综合考虑各因素后采取了长护筒护壁成孔工法,最终使项目在经济性和工期上均取得了最优解。长护筒护壁工法的工艺流程如图3所示。

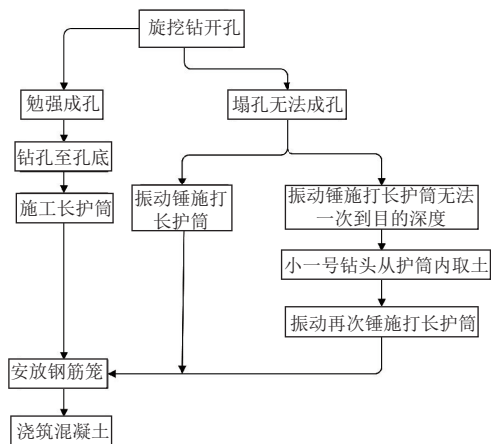


图3 长护筒护壁工法工艺流程图

此外,用过现场多个孔位实测可知,本项目地层中,当埋设地下的长护筒长度 ≥ 12.0 m时,围护桩灌注混凝土后,会使得钢护筒拔出困难,钢护筒被留在土层中,导致成桩的成本成倍增加。为避免此种情况发生,本项目中采用双护筒措施(上部采用内径 $d=1.2$ m大护筒,下部采用内径 $d=1.0$ m小护筒,如图4所示)。双护筒工法的流程如图5所示。

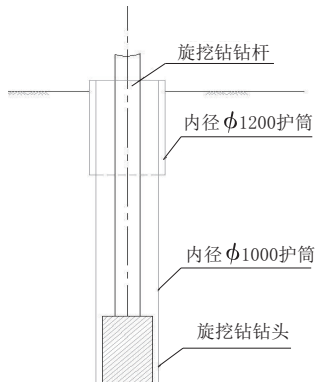


图4 双护筒方案示意图(单位:mm)

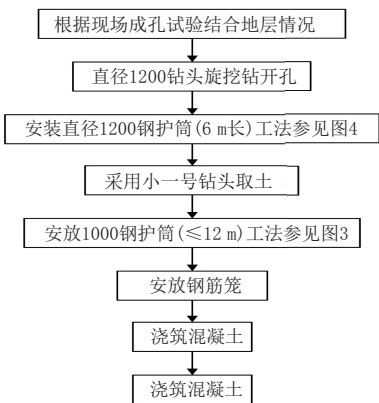


图5 双护筒工法流程图

2 高厚砂卵石素填土层塌孔处理

2.1 工程概况

岷江桥南桥头节点提升工程设计范围起点处(K0+000)接现状滨江路与北正街及岷江桥匝道的平交口,东西走向,工程范围内沿线无其他相交路口,终点处(K0+500.512)接现状滨江路,全长约500.512 m。本次隧道结构设计起点桩号为K0+061.000,终点桩号为K0+300,结构全长239 m,其中暗埋段长度为145 m(桩号为K0+100.000~K0+245.000),采用钢筋混凝土框架结构,其余为U型槽;下穿隧道基坑深度为4~8 m,泵房段局部落深约为1.5 m;围护桩直径为1.0 m,中心间距为1.5 m,桩长范围为14.0~16.5 m。隧道敞开段采取抗拔桩抗浮,抗拔桩直径为1.0 m,桩长10 m。

2.2 地质情况

场地主要土层有:①₁填筑土、①₂素填土、①₃素填土、①₄漂块石、①₅杂填土、②₁稍密卵石土、②₂中密卵石土等。隧道基坑范围内主要成分是其的①₁填筑土,由粒径3 cm左右的碎石及中细砂组成,表面为约150 cm的混凝土路面,其沿现有道路范围内线连续分布,回填时间为3~5 a;碎石块粒径一般为20~50 mm,最大粒径达到80 mm,其主要为黏性土

充填,局部含砂砾较多。①₂素填土主要成份为砂卵石、砂岩及泥岩碎块,块粒径一般为20~50 mm,最大粒径大于110 mm,其充填物主要为黏性土、中细砂及砾石等,局部偶见砖、瓦块等建筑垃圾。②₁稍密卵石土为灰褐色,含水状态潮湿~饱和,N/63.5条件下的平均击数为6.9击/dm,稍密状,卵石块径一般为20~50 mm,含量为50%~55%,偶夹有漂石,磨圆度好,呈卵圆形或亚圆形,分选性较好,成分以石英岩为主,其次为岩浆岩、变质砂岩等,其余部分由中、细砂与砾石充填。典型地质钻孔如图6所示。

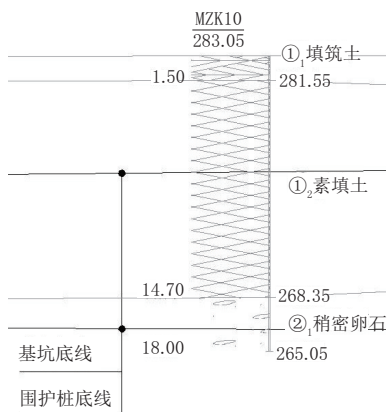


图6 典型地质钻孔(单位:m)

2.3 塌孔情况

现状路面结构层为混凝土板+沥青层。当旋挖钻开孔深度超过路面结构层约1 m深度后,若旋挖钻继续取土,填土层将无法成孔,强制取土会造成成孔深度增加很小,需取出大量的砂卵石,导致在地表路面结构层以下以旋挖孔为直径向四周扩散形成一漏斗形空洞。因此,继续取土将在地表硬壳层下形成一个以桩孔为中心、以砂卵石层的天然休止角为角度的“倒置圆台”形的大空洞,如图7所示。现场多个桩位在开孔时均出现类似情况。



图7 现场塌孔照片

2.4 处理措施

(1)针对上述情况,项目参建各方一致同意采取

素混凝土回填复钻工法施工围护桩,结果几乎每米的成孔都需要用素混凝土回填,如图8所示,造成素混凝土用量巨大,且施工效率低、造价高。

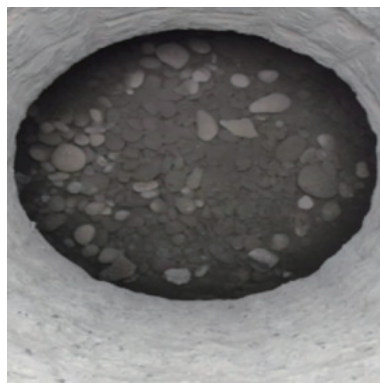


图8 素混凝土回填复钻照片

(2)经多次论证及工期、造价比选,项目参建各方最终选择采用跟进式护筒成桩工法,如图9所示,其工艺流程如图10所示。



图9 跟进式护筒成桩工法下护筒照片

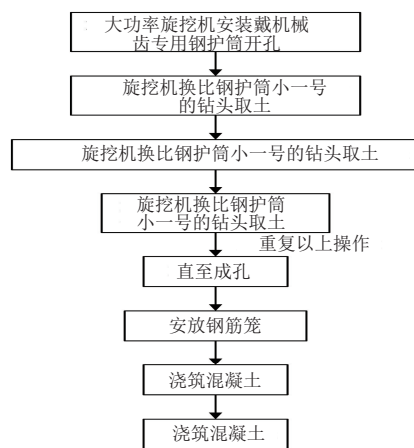


图10 跟进式护筒成桩工法流程图

3 结 语

素混凝土回填复钻工法可用于局部深度、局部平面范围旋挖钻成孔、塌孔问题的处理,有施工周期短、施工占地面积小、综合造价较低的优势。单用素混凝土换填深度浇厚时,需多次浇筑复钻,会使工期明显增加、成桩综合单价明显增高。

长护筒护壁工法主要用于较大深度的填土、软

土等地层,需要使用吊车、振动锤等大型常规设备配合,施工占地面积大,但施工方便,对于工期影响小,综合单价比普通旋挖桩高25%以上(不同地区比例有所不同)。

跟进式护筒成桩工法施工速度快,对施工场地的要求不高,几乎可用于所有土层(但当存在钢筋混凝土障碍时会磨损严重,需慎用),多用于其他成桩工法受限的情况,比如存在厚度大、面积范围广、成孔困难的卵石层和容易卡钻的漂石层时。本工法的优点为施工速度快、施工占地面积小,但人造价高,局部地区成桩的综合单价为普通旋挖桩的2倍。

本文通过介绍宜宾市区明挖隧道的项目实例,详细介绍了上述3种工法在高层填筑土、砂卵石等不良地层中灌注桩塌孔处理及预防中的应用。综合此3种工法能够成功解决在深厚填筑土及卵石等不良地层中成孔难的问题,可为宜宾乃至全国在后续

类似地层中灌注桩成孔的项目提供借鉴。

参考文献:

- [1] 苗长青.旋挖钻孔灌注桩常见质量问题及其防治措施[J].科技信息,2006(5):79.
- [2] 刘开拓,姚洋.浅析旋挖钻机在砂层地质下施工造成塌孔因素及防治措施[J].中国新技术新产品,2011(5):87.
- [3] 张云健,廖勇,胡栋.重庆市高新区含谷公租房复杂地质条件旋挖桩施工[J].技术与材料,2015(14):36-37.
- [4] 李玉友,刘洪春.搓管机在软弱且覆盖层较厚地层桩基础施工中的应用[J].公路,2015(9):70-72.
- [5] 王战广.浅谈易塌方地区钢护筒旋挖桩基施工技术[J].河南建材,2016(6):149-150.
- [6] 薛碧松,李果徽,祝斌.复杂地质条件旋挖桩防塌孔技术应用[J].施工技术,2019(增刊1):231-232.
- [7] 游天亮,吕欣豪,魏建辉,等.复杂地质条件下旋挖桩全钢护筒施工[J].施工技术,2020,49(6):54-57.
- [8] 余彪,蒋文洋,张波波.高填方区钻孔灌注桩施工工艺的探究[J].工程施工技术,2021(8):137-144.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadfloodbridge@163.com

