

探讨硬质岩层地质的公路桥梁工程人工挖孔桩施工技术探讨

高涵

(四川公路桥梁建设集团有限公司公路三分公司,四川 成都 610200)

摘要:为探讨硬质岩层地质的公路桥梁工程人工挖孔桩施工技术,采用理论结合的方法,立足人工挖孔桩施工技术的特点和优势,分析人工挖孔桩施工技术的应用要点。分析结果表明,硬质岩层地质是公路桥梁工程中常见的地质情况之一,其特点是岩石坚硬、密度大、抗压强度高,对桩基础的施工技术提出了更高的要求。需要结合实际情况,采用人工挖孔技术,并控制好每个施工细节,才能保证公路桥梁的质量。

关键词:硬质岩层;公路桥梁;人工挖孔桩;钢筋笼;混凝土灌注

中图分类号:U445.551

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2023)35-0118-03

0 引言

在公路桥梁工程施工中,经常会遇到特殊的地质条件,硬质岩层地质就是其中之一。换填法、强夯法难以对硬质岩层技术进行加固。而人工挖孔桩利用人工开挖成孔,后将钢筋笼插入钻孔中,然后在管内注入混凝土,形成一个坚固的桩体。地质条件对人工挖孔桩施工技术应用的限制比较小,应用得当可有效加固硬质岩层,为公路桥梁上部结构施工提供良好基础。

1 案例分析

1.1 工程概述

青岗台大桥左幅起点桩号 ZK23+144.2, 终点桩号 ZK24+025.8, 桥梁全长 881.6m, 大桥右幅起点桩号为 YK23+138.2, 终点桩号 YK24+019.8, 桥梁全长 881.6m, 采取先简支后结构连续 T 梁+刚构施工方案。孔跨布置为 (81+150+81)m 连续刚构+14×40mT 梁; 下部构造主墩采用双薄壁墩, 群桩基础; 过渡墩为薄壁空心墩, 引桥桥墩采用双柱式或矩形墩, 桩基础; 桥台为重力式桥台, 扩大桩基础。青岗台大桥右幅起点桩号为 YK23+138.2, 终点桩号 YK24+019.8, 桥梁全长 881.6m。全桥矩形墩合计 20 个, 圆墩 28 个, 主墩 4 个, 过渡墩 2 个。左幅主墩桩基长度为 40m, 过渡墩桩基长度为 35m, 其他墩身桩基长度平均为 32.5m, 墩柱最高为 2 号墩, 墩高 104m; 右幅主墩桩基长度为 40m, 过渡墩桩基长度为 35m, 其他墩身桩基长度平均为 26.3m, 墩柱最高为 2 号墩, 墩高 94m。全桥承台 18 个, 盖梁 28 个, 40m 预应力简支 T 梁 210 片。

1.2 地质条件

项目区域主要出露地层, 有古生界的寒武系、奥陶系、志留系、二迭系; 新生界的第四系。其中碳酸盐岩地

层在区内展布范围广(约占路线长度 90%以上), 项目区绝大部分地区属裸露型或覆盖型岩溶地带, 岩性以白云岩、灰岩、泥灰岩、粉砂岩和泥岩夹页岩, 第四系(Q₄)在全线均分布, 组成成分为黏土、黏土夹碎石, 厚 0~5m 不等。

2 人工挖孔桩施工技术的特点和优势

人工挖孔桩是一种常用的地基加固和基础施工技术, 其特点和优势如下。

(1) 适用范围广。人工挖孔桩适用于各种土壤和岩石类型, 包括软弱地基、土质松散或不稳定的地层, 以及需要加强地基承载力的场合。

(2) 成本低廉。人工挖孔桩的施工成本相对较低, 不需要大量的人力和物力投入, 因此在一些经济条件较为有限的项目中具有一定的优势。

(3) 提高地基承载力。人工挖孔桩可以通过加固土壤和岩石来提高地基承载力, 从而保证建筑物的安全性和稳定性。

3 人工挖孔桩施工技术的应用要点

就案例工程而言, 施工范围内地形地貌复杂, 地势起伏多变, 地质岩层属于是节理、岩溶发育的石灰岩, 岩石强度大, 若采用钻孔机钻孔, 施工进行设备经常进场困难, 而且孔内保水性能比较差, 难以保证施工质量和效率。基于此种情况, 本工程在桩基施工采用人工挖孔成桩技术。

3.1 施工前的准备

为保证人工挖孔桩施工中各道工序能够高效、有序开展, 在正式施工前, 必须切实做好施工前的准备工作, 包括以下内容。

(1) 作业条件分析。结合本工程所在区域的地质条

件,编制切实可行的施工方案,进行井壁支护的计算和设计。开挖前场地完成三通一平。地上、地下的电缆、管线等要进行保护。

(2)工程资料准备。建筑物场地的工程地质和必要的地下水位资料;桩基施工图纸会审纪要;建筑场地地下管线(管道)资料;主要施工机械及其配套设备的技术性能资料;桩基的设计文件。

(3)地质勘探。硬质岩层地质中,地质勘探是施工前必不可少的环节。地质勘探的目的是了解地质情况,确定钻孔的位置和深度,为后续的施工提供依据。常用的地质勘探方法包括地质调查、地质钻探和地质雷达等。地质调查是通过实地观察和调查来收集地质资料的方法。地质调查可以了解地质构造、岩性、地层结构等信息,为钻孔施工提供参考。地质钻探是通过钻机钻探地层,获取地层信息的方法。地质雷达则是通过电磁波探测地质情况,可以快速获取地质资料。

(4)桩位确定。硬质岩层地质中的桩位确定需要考虑地质情况和施工要求。桩位的位置需要考虑地质条件、地下水位、地下障碍物等因素,同时还需要考虑施工的可行性和经济性。桩位确定需要进行现场勘察和测量,确定钻孔的位置和深度。常用的方法包括地质勘探、地质钻探和地质雷达等。

3.2 挖掘方式

3.2.1 土层挖掘

在进行土层挖掘施工中,可通过人工手持铁锹、镐头等工具进行开挖,针对密实度比较大的土层,可通过风镐松土后,再开挖。但在具体开挖施工中要保证桩孔开挖直径比设计直径大出 40cm 左右,护壁混凝土厚度控制在 20cm 左右,开挖出的废渣可通过摇臂扒杆(卷扬机)吊出孔外后,在通过手推车运输到指定位置集中堆放。本工程护壁使用 C30 内齿型混凝土,护壁混凝土模板使用钢板,安装设计图纸加工成一个上小下大的锥形固定模板,在每一个模板被安装好之后,都要将球吊起,以检查模板的中线,在达到要求后,才能进行护壁混凝土的浇灌。护壁混凝土在现场用机器搅拌(采用拌和站搅拌),将料斗吊起到孔底并铲入模板内,然后用手持的振动棒进行振动,以确保护壁混凝土的密实。当护壁混凝土达到 5MPa 时,就可以拆掉模板,继续进行桩孔开挖^[4]。

3.2.2 岩层挖掘

在人工挖孔灌注桩施工中,若遇到坚硬的岩层,人工难以开挖,此时可采用浅岩松动爆破成孔技术,爆破后通过摇臂扒杆(卷扬机)出渣,再通过手推车运输到指定位置堆放,控制每次爆破循环进尺的深度在 60~100cm,以保证施工的安全性。在进行爆破施工中掏槽眼要尽量布置在开挖断面的中间位置,炮眼方向选择

时,若遇到岩层层理明显的情况,要尽量垂直于岩层的层理面。本工程人工挖孔桩为小型断面,掏槽眼选择 4 个即可,掏槽方式采用垂直式掏槽眼,各个钻眼要尽量保持平行,眼底需要能够落在同一个平面上,爆破需采用眼底起爆方式并使用毫秒雷管进行爆破。周边眼通常布置在距开挖断面边缘 0.1m 左右处,周边眼的眼底要朝竖洞轮廓线方向倾斜,当竖孔穿过的岩体坚硬时,眼底可达到或稍稍超出廓线位置;岩体中等坚硬时,眼底距轮廓线约 0.1m,在松软岩体中,炮眼不必倾斜,眼底距轮廓线的距离与眼口处相同。周边眼之间的距离为 0.2~0.3m。辅助眼要根据设计要求的炮眼数量,均匀布置在掏槽眼与周边眼的范围内,钻眼方向则垂直于底平面^[4]。

炮眼的数量可按照式(1)来确定:

$$N = \frac{qs}{r\eta} \quad (1)$$

式中: N ——炮眼个数,个; q ——单位开挖耗药量,此数值和岩石性质、施爆面积密切相关,通常为 1.2~1.4kg/m³; s ——桩孔开挖面积, m²; r ——每米长度炸药的重量, kg; η ——炮眼装药系数。

装药的深度通常为炮孔深度的 0.5~0.85 倍,以提升爆破效果,保证爆破后新作业面的平整度。每个炮眼的装药量可按照式(2)计算出来:

$$\alpha = \eta^2 L^2 r \quad (2)$$

式中: α ——每个炮孔的装药量, kg; η ——炮眼装药系数; L ——炮眼的深度, m; r ——每米长度炸药的重量, kg。

在具体爆破施工中,为保证爆破效果,需要结合岩石条件、断面大小、爆破材料质量等,科学合理的选择凿岩爆破技术参数。本工程采用松动爆破和光面爆破相结合,第一圈采用光面爆破,第二圈采用松动爆破,炸药采用国产 2 号硝铵炸药 $\phi 32\text{mm}$ (防水型炸药)。药量采用《简明公路施工手册》中有关公式和图表进行查表和计算(以下计算以桩基直径 180cm 计算,其参数在施工中根据地质情况进行调整)。第一圈为光面爆破,每孔装药量为 0.125kg,间隔装药,共 20 个孔,共计 1.25kg。第二圈松动爆破,每孔装药量 0.25kg,6 个孔共计 1.5kg,3 个掏槽眼用 0.7kg,中空眼不装药,所以每排炮眼的计算药量为 3.45kg。

起爆时采用导管起爆法分段并联网路,具体的起爆顺序为内圈开始逐步向外圈起爆,可严格按照各炮孔的具体起爆顺序和延期时间,选择合适的组合起爆雷管,并按照要求分别接好毫秒电雷管,通过起爆器引爆电雷管。本工程在桩孔爆破开挖施工期间,为保证爆破安全,在爆破安全区域内拉起安全警戒线,尤其是桥位附件民房比较多,为降低爆破造成的影响,可适当提升爆破安全距离,并且爆破完成后,及时通过鼓风机向

钻孔输入空气,以降低钻孔中有毒气体的浓度,当钻孔内有有毒气体的浓度下降到安全允许的范围中后,人工才能下孔继续作用^[9]。

3.3 检孔

为避免发生钻孔倾斜、孔径过大或者过小等问题,在人工开挖施工中要随时利用锁口上的护桩检查孔位轴线,若偏差超过了设计允许的范围,要及时进行纠正,详细做好检查记录,以便及时掌握施工进度和地质条件变化情况,为后期人工挖孔桩施工质量验收提供真实的资料。当桩孔开挖到设计深度后,及时通过测绳或者探孔器检查桩孔的深度、垂直度、孔径,各项指标全部满足施工要求后,清除孔底松渣、杂物,并邀请现场监理工程师进行检验,达标后方可进行进行钢筋笼安装。

3.4 钢筋笼制作及吊装

人工挖孔桩施工中的钢筋笼制作及吊装是一项重要的施工技术,其质量直接影响到桩的承载力和施工效率。以下是人工挖孔桩施工中钢筋笼制作及吊装的相关内容。

3.4.1 钢筋笼制作

钢筋笼制作的主要步骤包括下料、加工、焊接、组装和吊装等。**①下料:**根据设计图纸和施工要求,将钢筋按照一定的长度、直径和强度要求进行下料。**②加工:**对下料后的钢筋进行加工,包括剪切、弯曲、切割等。**③焊接:**将加工好的钢筋进行焊接,使其成为一个整体。**④组装:**将焊接好的钢筋按照设计要求进行组装,形成钢筋笼。**⑤吊装:**将钢筋笼吊装在人工挖孔桩的孔内,并进行固定。在钢筋笼制作过程中,要保证钢筋笼的尺寸和形状应与设计图纸相符,确保钢筋笼的承载能力和稳定性;钢筋的材质和规格应符合设计要求,确保钢筋的强度和耐久性。钢筋的加工和焊接应符合相关规范和标准,确保钢筋的质量和安全性^[9]。

3.4.2 吊装

钢筋的吊装应符合相关规范和标准,确保钢筋的安全和稳定。吊装钢筋笼时,当第一节钢筋笼进入钻孔中之后,需要拆除临时十字加劲撑,并于孔口顶部通过工字钢穿过加劲箍来悬挂钢筋笼,以保证工字钢处于水平状态,钢筋笼垂直。再进行第二节钢筋笼吊装之前,需要和第一节对准后,方可进行机械套管连接施工,连接完成后方可再次下方钢筋笼,如此循环往复,直到完成最后一节钢筋笼施工。钢筋笼下放时要缓慢均匀,根据下笼深度,随时调整钢筋笼入孔的垂直度,尽量避免其倾斜及摆动。

3.5 导管法灌注混凝土

为了提高桩基础的混凝土灌注效率,保证桩基础的质量,该工程的全部桩基础,不管有没有渗漏,都采

用了管道法进行灌注。采用导管法进行干孔法施工,具有施工速度快,桩身混凝土质量均匀等优点。混凝土的浇筑采用了拔球法。管道是由 $\phi 299^{310}$ 的无缝钢管制成,管道是以快速螺纹接头的方式连接,在使用之前要做好防水和接头的拉伸测试。混凝土的坍落度)为18~22cm,缓凝时间约为10h,浇筑时管道的埋深为2~6m。储存足够的第一批混凝土,在将其灌注到孔底之后,要马上测量孔内混凝土面高度,并计算出导管的初次埋深,如果满足了要求,就可以进行正常的灌注。在第一次浇注完毕后,必须连续、紧密地浇注,不能中断。在灌浆时,要密切关注管中混凝土的下落、孔口的返水,并及时测定孔中混凝土的高程,准确指导管道的吊装、拆卸,并将管道的埋入深度控制在2~6m。为保证桩顶混凝土的密实度,混凝土在浇注至孔口时要超浇120cm高,然后用泵抽去泥浆,清除多浇的混凝土。浇筑时间不得大于10h^[9]。关于灌注桩的混凝土状况,如灌注时间,灌注量,管道埋深,管道拆接时间等,由专人统一做好表格记录。在现场,以施工进度为依据,从每根人工挖孔桩中随机抽取3组自检试件,并对其进行编号,随后将其送至试验室进行标准养护,操作前报请监理工程师现场督导。采用干孔管法浇筑混凝土时,在混凝土浇筑到设计桩顶后,用6m长的振捣器对混凝土进行振捣。

4 结语

综上所述,结合实际案例,分析了硬质岩层地质的公路桥梁工程人工挖孔桩施工技术,分析结果表明,硬质岩层地质是公路桥梁工程中常见的地质情况之一,其特点是岩石坚硬、密度大、抗压强度高,对于人工挖孔桩的施工技术提出了更高的要求。在硬质岩层地质中,地质勘探、桩位确定、钻孔施工和质量控制等方面都需要注意。只有在这些方面做好,才能保证人工挖孔桩的施工质量和工程安全。

参考文献

- [1] 杜承志.高速公路桥梁施工中人工挖孔桩技术的应用分析[J].运输经理世界,2022(35):86-88.
- [2] 黄志雄.人工挖孔桩接力反循环钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁中的应用[J].交通世界,2022(32):119-121.
- [3] 袁顺财.人工挖孔桩技术在高速公路桥梁施工中的应用:以某高速公路桥梁施工项目A为例[J].工程技术研究,2022,7(14):65-67.
- [4] 胡海洋.公路桥梁工程超深人工挖孔桩施工技术[J].交通世界,2020(31):118-119.
- [5] 李晓龙,金飞,何汝苗.公路桥梁工程超深人工挖孔桩施工技术研究[J].西部探矿工程,2020,32(2):9-11,15.

作者简介:高涵(1995—),男,汉族,四川泸州人,本科,助理工程师,主要从事道路桥梁相关工作。