

溶洞强发育场地高桩码头设计探讨

连长秋

(广东省航运规划设计院有限公司, 广东 广州 510050)

摘要: 岩溶地区工程地质条件复杂, 很难采用统一的溶洞处理方法, 需要做好超前地质钻探, 并根据溶洞大小及周边地质条件选择既经济又合理的施工方案, 结合某码头桩基础工程实例, 提出采用钢护筒跟进法成孔施工, 保证了灌注桩质量和施工进度, 可为邻近工程以及类似桩基础工程设计提供经验。

关键词: 溶洞地质; 灌注桩; 钢护筒跟进法; 管波探测

中图分类号: U656.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 08—0092—02

韶关市位于南岭山脉南部, 全境在构造上处于华夏活化陆台的湘粤褶皱带。地质构造复杂, 地层发育基本齐全, 喀斯特地貌广泛分布, 地下溶洞多, 岩类以红色砂砾岩、砂岩、变质岩、花岗岩和石灰岩为主。随着北江航道通航能力显著提升, 这使得沿线内河港口迅速发展起来, 一般内河码头设计中采用桩基础结构较多, 以适应水位落差大、地质复杂的自然条件。溶洞作为隐蔽的地下自然现象, 在高桩码头设计过程中, 这些溶洞桩在技术、工艺处理难度大, 施工成本高, 且不可控, 若处理方法不当, 会直接影响码头质量和进度, 造成不必要的经济损失。所以在设计过程通过分析地勘资料来事先确定溶洞处理方案, 对指导桩基正常施工具有十分重要的意义。

1 工程概况

韶关港某一期工程位于北江左岸、粤江发电公司现有厂区内和永顺矿产有限公司及后方区域, 受仁化~英德~三水褶皱构造带所控制, 位于该断裂中段。工程距离广乐高速公路乌石出口约 3km, 距离上游濠里水利枢纽约 1km, 距离上游乐广高速乌石大桥约 0.63km。本工程拟建设 12 个 1000 吨级散货码头泊位, 码头岸线长度 935m, 分为上游段 4 个泊位 (310m)、中间段 3 个泊位 (235m)、下游段 5 个泊位 (390m)。本文以中间段码头工程桩基础设计为例, 根据地质钻探资料, 场地表层土为素填土、砂类土、黏性土、卵石等, 陆域局部存在饱和软土, 下伏为基岩以粉砂岩、砾岩、灰岩为主, 局部揭示存在凝灰质砂岩。灰岩为可溶岩, 钻孔遇洞率为 57.1%, 钻孔线岩溶率为 2.6% ~ 94.1%, 属于岩溶强发育场地, 不宜采用打入桩, 适宜采用灌注桩。

2 码头方案设计

2.1 方案设计

岩溶地区可采用充填法、跨越法、桩基穿越法、注

浆法、褥垫层法等处理方法进行岩溶地基处理。对于地貌、地质、水文条件复杂及塌陷量大、影响范围大的地段, 可采用多种方法综合处理^[1]。针对桩基础, 桩按受力情况可分为端承桩和摩擦桩两种, 端承桩是穿过软弱土层而达到坚硬土层或岩层上的桩, 结构竖向荷载主要由岩层阻力承受, 施工时以控制桩入岩深度为主; 而摩擦桩是一种穿过并支撑在各种压缩土层, 依靠桩端阻力和桩身侧面与土体之间的摩擦阻力共同承受荷载, 施工时以控制桩底标高为主。本文以中间段 3 个泊位的码头结构设计为例, 桩基础考虑选用嵌岩灌注桩。码头结构方案如下:

由于港区水位差较大 (设计高水位与设计低水位之差 9.98m), 同时结合溶洞地质条件和防洪需要, 码头结构采用高桩框架式结构, 码头面标高为 48.30m (采用国家 85 高程, 下同), 总长为 235m, 宽 15m, 共设 7 个结构段, 标准排架间距为 7.2m, 每榀排架布置三根 $\Phi 1.2\text{m}$ 钢筋混凝土灌注桩。框架共分两级, 各级标高从下至上分别为: 41.80m、44.70m, 各级框架前沿设人行通道板。上部纵横梁为现浇结构, 横梁采用矩形梁, 横梁高 1.50m, 宽 1.2m, 轨道梁梁高 1.5 m, 宽 0.8m, 纵梁梁高 1.2m, 宽 0.6m, 面板采用现浇结构, 厚 450mm。横梁与桩帽之间用 $0.8\text{m} \times 0.8\text{m}$ (前沿为 $1.2\text{m} \times 0.8\text{m}$) 的立柱连接, 框架净空 2.1m。为加强整体稳定性, 设置 $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ 的纵向水平撑。接岸采用现浇混凝土挡墙结构, 挡墙下抛石基床厚 1.0m。挡墙后方边坡铺设碎石倒滤结构。边坡采用 50 ~ 200kg 护面块石、二片石垫层、碎石倒滤层, 坡度 1:1.5。

码头桩基持力层选择在物理力学特性较好的中风化灰岩层, 灌注桩入岩层深度按不小于 3 倍设计桩径控制; 如遇溶洞, 灌注桩穿过溶洞深度后按进入持力层不小于 1.5m 控制, 持力层为连续完整且厚度大于 5m 的中风化岩层, 并结合单桩垂直极限承载力计算确定桩底标高。

2.2 钢护筒跟进法

在岩溶强发育场地,码头灌注桩基础施工中,全护筒灌注桩是一种应用较为广泛的施工方案。该方法就是一边冲孔,一边接高钢护筒,并且通过按压或振动下沉至钻孔内,以利于隔断溶洞内流塑填充物或水的活动。当桩孔穿过多个溶洞,并且均已成功造壁,在下面冲孔时,上面已形成的泥浆护壁坍塌漏水且无法解决时,使用钢护筒跟进到这个溶洞位置可以堵漏。钢护筒跟进法,又可分为单层钢护筒跟进、双层或多层钢护筒跟进。钢护筒主要分为开孔护筒、跟进护筒,有时开孔护筒就作为第一级的跟进护筒,开孔护筒在最外层(内径最大),紧跟着是第一级跟进护筒(第二层),以此类推,最后一级护筒在最内层。单个大溶洞一般用单层护筒就够了,多个大溶洞必要时可用双层甚至多层护筒,其中外护筒在桩基施工前埋设,可以起到桩基冲孔定位与保持水头压力的作用,内护筒为跟进钢护筒,起到防止桩基冲至溶洞位置导致塌孔作用。

钢护筒长度和直径大小的确定:护筒长度 $L=(h+H+0.5)m$ (h 为钻孔估计的溶洞高度; H 为溶洞顶到地面加30cm的高度;0.5m为护筒穿越溶洞后嵌入岩层深度);钢护筒孔径尺寸应准确,连接要顺直,使用卷板机成型。钢护筒要有一定的刚度,本工程选用钢板厚为9mm为宜,单层护筒内径要求大于桩直径200mm,多层护筒最内层护筒内径要求大于桩直径200mm,其外面一层护筒内径要求大于内层护筒外径250mm,并以此类推。

2.3 钻孔施工注意事项

在溶洞地质条件下钻孔桩施工前,应根据超前钻资料进行细致分析,制订切实可行的施工组织设计方案,确保施工技术员、质量员、施工员等详细了解此码头各桩的地质情况,熟悉每个桩孔的溶洞所在位置、大小等情况,并先根据图纸及详细地质资料将岩面高程和溶洞高程换算成孔深,在钻头钢丝绳上做好标记,做到钻孔时心中有数。

施工时,当钻至溶洞顶板附近,适当减小冲程,缓慢将溶洞顶板打穿,防止卡钻。当钻头进入溶洞底部后,应仔细观察孔口钢丝绳是否对中,如果锤头钢丝绳有偏位,表明发生了偏孔现象,此时可向孔内抛一些片石,抛填高度应高于偏孔处以上1~2m,然后使用小冲程冲击片石,使钻头受力均匀,达到纠偏目的,当钢丝绳恢复到中心位置时继续钻进,从而确保桩孔的垂直度^[3]。

用冲击钻成孔施工时,施工中应充分利用冲击钻的扩孔性能,并严格做到桩孔竖直、无歪斜、缩颈,使得钢护筒能顺利下沉。

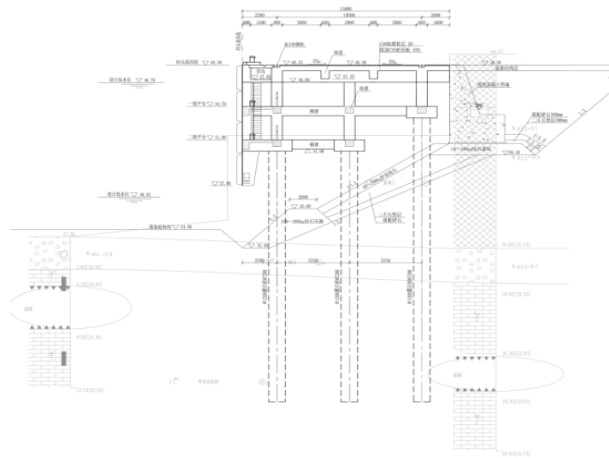


图1 码头典型断面示意图

3 结语

(1) 岩溶强发育场地上建设高桩码头时,为了更有效的指导设计及桩基施工,确保桩基安全,在详勘阶段应采用“一桩一孔”的超前钻形式,并结合管波探测试验查明码头范围及有影响地段的各种岩溶洞隙和土洞的位置、规模、埋深、完整性、岩溶充填物性状及地下水特征等。

(2) 由于溶洞具有不可预见性、复杂性和一定危险性等特点,桩基础施工难度大,在桩基施工中应注意各方面的因素,根据现场溶洞大小及周边地质条件,从造价、进度、保证质量等方面综合考虑,对每根桩选择科学合理的溶洞处理方案、成孔方法及施工措施,并且要严格管理各个施工工序。

(3) 本工程采用的全护筒跟进方案,效果明显,可以适用溶洞较大、单层或多层溶洞呈垂直穿珠带状的情况。本工程桩基的设计是合理和可靠的,对溶洞地区类似码头桩基设计及施工具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] DBJ/T15-136-2018. 岩溶地区建筑地基基础技术规范. 广东省标准, 2018.
- [2] JTS167-2018. 码头结构设计规范. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [3] 兰千钰, 李丕安. 高桩码头多溶洞桩基处理技术[J]. 港工技术, 2015(06): 32-36.