

某岩溶地区隧道溶洞处理关键技术研究

尹华¹, 李炼²

(1.广东省建筑设计研究院有限公司, 广东 广州 510010; 2.广东省建筑设计研究院有限公司, 广东 广州 510010)

摘要: 对于桥梁和隧道桩基础的建设和设计, 溶岩地质因素具有显著的影响和限制。本研究以广州市设计之都的地下环路工程为背景, 探究了在敏感区域大型溶洞群下的桩基施工问题, 实施了如预先处理溶洞、施工后再进行后注浆处理等措施。通过这些, 我们提供了一种能够为类似项目参考的经验性方法。

关键词: 桩基础施工; 岩溶发育; 注浆

中图分类号: U455

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)12-0236-05

0 引言

广州设计之都地下环路工程位于岩溶地区, 其建设场地位于岩溶发育区。钻孔勘察结果显示, 此地区的溶洞出现率为 69.5%, 线状岩溶发生率达到 45.02%, 表明该区域的岩溶现象极为突出。主要的溶洞类型是空心 and 半填充, 而其中的填充物以软塑粉状粘土、砂土和风化岩片为主, 顶部则以中度和微度风化灰岩为主要构造, 平均洞穴高度约 2.48 m, 部分可见珠串状的溶洞特征。溶洞大多为无充填, 部分为半充填风化岩屑、粘土及砂土为主, 个别为全填充。溶洞出现频率较高, 且项目周边区域施工位置敏感(紧靠地铁 2 号线黄边站), 溶洞处理难度较大, 制约因素较多。

1 常规溶洞处理方法

经过全面评估, 结合施工实际情况和现场条件, 我们最终决定采用抛填法和钢护筒支护法, 以有效地解决常见的溶洞问题。

(1) 抛填法(见图 1)

当溶洞内部存在空洞、半充填或完全充填的情况(溶洞高度小于 3 m)时, 应使用粘土和片石进行填充; 当溶洞内部存在软塑性充填情况时, 应使用粘土和片石进行半填充; 而当溶洞内部存在硬塑性充填情况时, 则无需进行处理。根据溶洞的高度, 将片石与粘性土的比例调整为 3 : 7, 以确保桩径的 3 倍范围内的回填面积。

收稿日期: 2023-08-06

作者简介: 尹华(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事路桥设计工作。

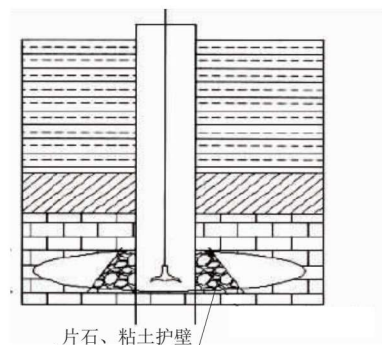


图 1 抛填法

(2) 钢护筒跟进法(见图 2)

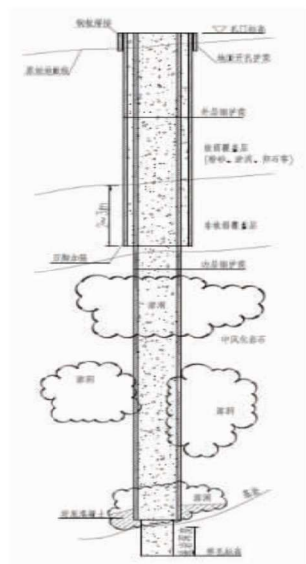


图 2 钢护筒跟进

对于高度超过 3 m 的单个溶洞或串珠溶洞, 无论是空洞还是半充填, 都应采用钢护筒跟进施工法, 以确保安全。此外, 如果溶洞之间的岩层厚度小于等于 3 m, 则可以认定为单个溶洞。串珠溶洞之间岩层厚度大于 2 m, 不按照串珠溶洞考虑, 分别按照单个溶洞考虑。

2 本项目溶洞专项处理设计

本项目受场地内地块开发(建筑方案)及施工进度影响,北侧环路地基基础采用天然地基,南侧环路周边地下环路先行施工。结合目前地块设计方案,一方面地块地下车库均为-3层(低于隧道底板),基础采用桩基础,届时地块基坑开挖深度将低于隧道结构底板,届时临近隧道节段下部地基被挖空,后期换填,地基承载力较弱,无法满足设计要求,且后期易造成地基不均匀沉降。另一方面地块为最大限度利用土地,其结构边线与环路隧道边线净距较近(约0.3~0.8 m),后期基坑支护困难。故综合考虑该范围环路结构基础采用桩基础,桩径分别采用1.0 m、1.2 m两种形式,桩基桩间距7~8 m,嵌岩桩设计。

由于桩基离周边建筑物较近,桩基施工时容易发生塌孔,严重时甚至有可能导致周边建筑物发生沉降。为避免出现上述问题,做到桩基施工万无一失。在桩基施工前后,都需要考虑相应措施进行必要的保护。故针对本项目,专门形成一整套处理专项方案。

2.1 桩基施工流程图

桩基施工时,为保证成桩质量,共分为五个阶段,流程见图3。

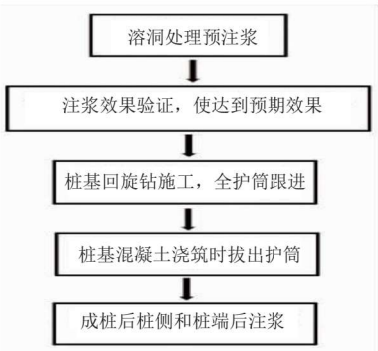


图3 桩基施工总体流程图

2.2 桩基溶洞预注浆处理

(1)预注浆范围

每个需要预注浆的桩基,以隧道侧墙为单位,处理范围为测量边外拓2 m的投影范围内,预先进行溶洞探边,探出溶洞大致分布,见图4。

(2)注浆孔布置

在上述预注浆投影范围内,按照2 m间距设置注浆孔(兼做勘察孔),注浆孔需深入设计桩底以下10 m范围。具体实施时需要先钻孔至设计要求深度,探明每个钻孔对应下的溶洞分布情况,特别主要探明溶洞的填充情况。

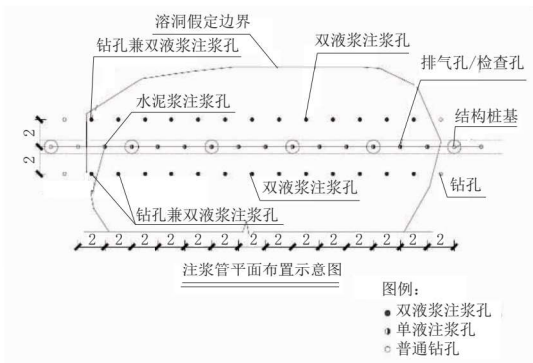


图4 侧墙周边溶洞注浆机探边图

(3)注浆

以上注浆孔最外侧一圈孔采用双液浆注入,进行封边。内侧注浆孔采用水泥浆注入,进行溶洞填充在开始施工之前,应该对现场进行注浆测试,并根据测试结果调整注浆参数。

(4)检测

为了确保桩侧注浆的质量,建议采用“二次压浆”方法来评估填充率;28 d后,从5%的注浆孔中随机抽取样本,进行标贯测试,以确保标贯值达到“硬塑”规定的最低标准,即15击以上;桩底注浆效果检查:注浆后桩底后空洞、缝隙填充密实,对经水泥浆填充、胶结后桩底持力层进行取、试验,测得试件的28 d单轴抗压强度标准值不小于2 MPa,或桩端持力层地基承载力特征值不小于500 kPa,以为设计提供依据。要求检查桩底以下10 m的范围内的桩端土注浆效果。

(5)重复注浆

如若检测出还有溶洞没有全完填充,或者注浆效果未能达到预期要求,则进行重复注浆,以达到上述效果位置。

2.3 双液浆+水泥浆注浆参数设计

(1)对于在四周的注浆孔,采用较低的压力,多次重复,将压力调节至0.6~0.8 MPa,重复次数为3~4次,进行注浆处理。

建议使用双液浆,其中水泥的质量比为1:1.38:0.3,而水玻璃的模数则应在 $m=2.4\sim3.4$ 之间,浓度则应在 $Be=30\sim40$ 之间,见图5。具体的配合比可以参考现场试验结果。

(2)在中央孔处,采用三次压浆,以确保水泥浆的均匀压实,并调整相关设计参数。

a. 将注浆压力调节至0~1.0 MPa,然后逐渐增加,直至达到最大压力,并保持至少10 min的持续时间;

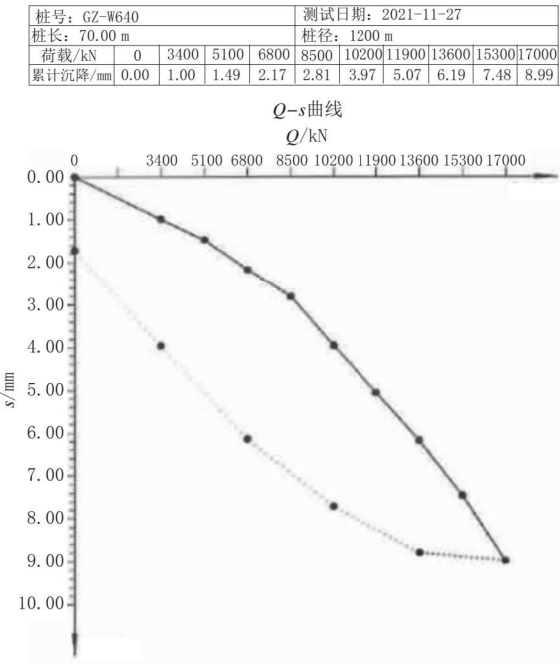


图 11 静载实验结果

对象,从桩基施工前、施工中、施工后三方面着手,给出了一套完整的岩溶桩基施工方案。

(1)桩基施工前在桩侧一定范围内进行溶洞探边,以大致探明溶洞分布范围。

(2)溶洞探边后,进行桩基施工前预注浆,将桩身周边一段范围内的溶洞进行注浆填充,以避免桩基施工时发生塌孔、沉陷等事故。

(3)预注浆完成后,对土体覆盖层进行后注浆处理,提高桩身侧摩阻力,以提高桩基整体的承载力。

上述岩溶桩基处理方案,可最大程度的避免施工期内发生溶洞塌孔、地基沉陷等风险,同时也可提升桩基承载力,为以后岩溶地区桩基设计施工处理方案提供了一点思路和借鉴。

参考文献:

[1] 汤志权,董晓斌,龙建文.灌注桩成桩后桩底溶洞处理技术[J].广州建筑,2021,49(4):34-37.

[2] 贺广明.桥梁桩基桩底溶洞加固处理技术[J].山西交通科技,2011(3):48-49.

[3] 林益欢.岩溶地质条件下桩基抽芯孔涌水堵漏及桩底加固技术研究[J].工程技术,2019,46(1):78-80.

[4] 王超,张松.桥梁钻孔灌注桩溶洞处理技术[J].交通世界,2021(4):126-127.

[5] 祝新建.岩溶发育区隧道工程溶洞处理施工技术[J].绿色交通,2021(6):227-228.

[6] 张宏颖.溶洞地区桥梁桩基持力层补强技术[J].城市道桥与防洪,2012(7):234-236.

《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

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com