

岩溶区桥梁钻孔灌注桩处理对策探讨

文英名

中交上海航道局有限公司

摘要: 岩溶地貌也就是喀斯特地貌形式, 此类地质条件复杂性相对较高, 在施工环节采用常规的勘察方式不能发现其岩溶发育的具体情况, 导致对桩基结构的施工产生不利影响。在岩溶地质条件下进行桥梁施工, 钻孔灌注桩是主要的施工方式, 但是该技术应用时须在施工前进行地质勘察, 以获得岩溶具体的信息, 并有效处理岩溶方面的问题, 才能提高桩基施工的安全性, 为上部结构的顺利施工奠定良好基础。本文结合实际, 对岩溶区桥梁钻孔灌注桩处理思路进行研究, 为类似工程提供一些理论参考。

关键词: 岩溶区; 桥梁工程; 钻孔灌注桩; 处理对策

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.15.030

引言

岩溶区开展桥梁施工, 往往受到地质因素影响导致桥梁基础工程进度、质量受到影响。因此, 需要采取针对性处理措施以提升桩基的稳定性。钻孔灌注桩作为处理岩溶区常见的技术, 其具备处理效果好、技术高等优势得到广泛应用。

一、岩溶地质简介

岩溶是比较特殊的一种地质条件, 其是经过地表水、地下水长期对于可溶性岩石侵蚀所造成的。我国的岩溶地质条件分布范围比较广, 经过统计发现, 可溶性碳酸盐分布面积为 $344 \times 104 \text{ km}^2$, 南方多个省份都有分布, 并且范围极广。根据以往调查资料显示, 在地下水的长期侵蚀、溶解的作用下岩溶地区内存在着较多的孔洞、裂隙等问题, 对于建筑、公路桥梁造成极为严重的影响, 如何确保构造物的安全性、稳定性, 消除岩溶所造成的不利影响, 确保桥梁安全, 桩基础施工方法的选择显得非常重要。岩溶地质条件下建设桥梁桩基结构, 穿越软弱压缩性地层、溶洞等, 在符合承载性能要求的岩体中设置桩基础, 提升了结构的承载性能, 岩溶地质桥梁桩基施工的特点比较明显, 但是具体应用时, 因为岩溶地质复杂性较高, 所以要考虑到现场情况确定合适的施工方案, 才能更好的提高桥梁的运行水平。当前在桥梁桩基工程施工环节, 采用的技术有人工挖孔桩、机械冲孔桩等技术, 因此, 在桥梁工程施工阶段, 需要按照桥梁地质的情况与项目建设标准选择合理的技术, 以提升基础工程稳定性^[1]。

二、工程概况及地质情况

某国道项目建设施工长度为53.95km, 对于当地经济与社会的发展有着重要的影响。经过对项目调查分析, 桥梁的数量非常多, 大中型桥梁项目34座, 其中有

大型桥梁18座, 1015m的中型桥梁16座。经过现场地质勘查分析发现, 有些桥梁项目所处地带是岩溶地质, 基岩顶面的纵、横起伏变化的比较大, 以南高北低的形式存在, 地质条件复杂性较高, 因为地质条件影响岩溶破碎性比较严重, 且溶洞与裂隙同时存在极大的影响现场施工。现场地质条件特殊, 不仅影响桥梁工程运行安全性, 对于施工也带来较大的挑战, 必须加强设计和施工管控才能规避不良地质的影响, 以保障桥梁工程的运行安全性。

三、溶洞发育特点及常见施工事故

(一) 溶洞发育特点

第一, 松散覆盖层比较厚。通过对现场测量分析发现松散覆盖层的厚度比较大, 尺寸达到20—26m, 容易发生塌孔的危害。

第二, 溶洞、裂隙发育交替存在。溶洞的形成容易受到2个断裂带构造影响所出现的, 岩石出现破碎的情况溶洞与裂隙交替存在使得现场的地质条件变得更加复杂。

第三, 分布范围比较大。通过使用物探以及钻孔探测方式进行勘察, 发现有7座桥梁共140根桩都存在溶洞现象, 覆盖范围较广。

第四, 发育规模比较大。经过对岩溶勘察分析发现其洞高达到10m左右, 最大洞高在16.75m, 分布分为由上到下覆盖, 同时还存在裂隙贯穿的情况。

第五, 发育规律难以确定。基岩顶面存在纵、横向的发展情况, 溶洞发育的形式比较多样化, 多以空洞状的形式存在。一些表现出半充填状, 有些是全充填状贯穿于内部纵向区域。岩溶分布范围比较大, 发育情况难以确定, 施工难度极高^[2]。

(二) 岩溶区常见施工事故

第一, 斜钻、卡钻。由于钻孔桩桩径施工范围内纵、横向的变化起伏趋势比较明显, 同时一些溶蚀问题的存在导致基岩半边露头, 所以钻进环节极易发生斜钻、卡钻的问题, 影响工程项目正常开展。

第二, 塌孔、扩孔、埋钻。有些溶洞内部填充着比较多物质, 有些则属于空洞的状态, 在一些区域中出现低压区情况。在钻孔进入到溶洞或者裂隙的部位时, 受到压力差的作用泥浆会逐步的进入到溶洞与裂隙的部位形成漏浆的现象。在这种背景下覆盖层的孔壁受到了较大的影响, 极易发生塌孔、扩孔、埋钻情况, 造成整个孔位发生损坏的问题。

第三, 断桩。在施工环节一般会使用片石、黄泥、水泥等材料进行溶洞与裂隙的封堵处理。由于施工压力

较大，特别是在钻锤的巨大压力作用之下，桩孔之外的溶洞会存在负压，加之浇筑混凝土环节出现压力释放情况，一些黄泥受到压力作用就会进入到混凝土结构内，进而引发断桩的问题。

四、施工技术方案

结合溶洞发育的实际情况，将其分为轻微溶蚀、一般溶洞、复杂溶洞等形式，结合不同地质条件，选择合适的施工方案。项目在现场全面勘查和了解的基础上，结合以往工程经验与现场地质勘查报告，经过深入对比多种施工方案的优劣，最终制定出一套科学、合理的施工方案，方案实施要点如下^[3]。

（一）轻微溶蚀

对于轻微溶蚀而言，轻微溶蚀问题发生一般都不会严重，或者严重的溶蚀而内部存在着填充物，没有裂隙的情况。针对此类问题一般采用正常成孔施工方式进行施工，当岩层到达砂卵石层时，需要增大泥浆比重，通常要达到 $1.3\text{g}/\text{m}^3$ ，且使用膨润土完成护壁处理。此外，在钻穿溶洞发生漏浆问题时，需要反复在该位置上填充片石、黄土挤密后填满溶洞，直到不再出现漏浆为止。

（二）一般溶洞

一般溶洞发育较为明显，埋设的深度比较大。在一般溶洞处理的过程中，通过采用钢护筒埋设到卵石层内，操作环节需要避免粉细砂层发生塌孔的问题，具体施工时需要控制相关的延伸距离，使其冲至溶洞顶板1—2m的位置时即可停止操作。对于岩洞位置进行钻进施工中，合理的增加泥浆的比重，并且采取间断式正循环的排渣作业方式，每进尺1—2m就要进行一次回填处理，直到全部穿越整个溶洞为止。由于裂隙发育比较明显，并且前部的情况无法及时的探测确定，所以这种施工方式还存在着较为严重的风险，往往因为漏浆量过大而引发埋钻的问题。最后，组织人员对桩孔进行检查，确保没有发生漏浆的问题。如果检查时发现存在漏浆的问题，要及时应用片石、水泥包、黄土等堵漏处理，并及时补浆施工。

（三）复杂溶洞

复杂溶洞的发育比较明显，有些则是以多层溶洞的形式，且存在着比较明显的裂隙发育，现场施工容易产生严重的漏浆问题。针对复杂溶洞处理，通过应用全护筒跟进到岩层的顶面，避免因为漏浆量严重而引发覆盖层的严重塌孔。

第一，现场埋设钢护筒施工，钢护筒深入到卵石层顶部，通常长度在4—6m之间，避免钻入粉细砂层而引发塌孔的危害。

第二，持续钻孔直到进入到岩层顶面。为了使得钻进的环节不会出现塌孔的情况，使用膨润土护壁进行施工，泥浆浓度超过 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ 。

第三，在具体施工环节，主要在岩面与护筒交接位置进行施工，在混凝土浇筑阶段，需要做好混凝土厚度

的控制，一般而言其厚度控制在1—2m即可^[4]。

第四，采用高压压浆的方式，使护筒外围空隙密实，防止施工时扰动护筒而偏孔，浆液采用C25，注浆压力为0.7MPa，不再进浆时应稳压10min以上。

第五，待混凝土达到设计强度后，采用常规溶洞区域桩基础施工方法进行成孔施工，溶洞顶板的击穿采用短进尺，溶洞内钻进采用先回填再进尺，边回填边进尺。

第六，针对无填充物溶洞结构，在击穿洞顶选用30cm的小钻头进行操作。钻进阶段需要确保在击穿之后洞顶依然可以保持一定的性能，再应用标号合格的混凝土材料填充施工，同时保证密实度合格后在开展下一道工序。

五、施工质量控制

（一）质量控制要点

1. 钻机的选择及技术准备要点

第一，采用冲击钻机进行溶洞桩基施工。重力式冲击钻机的操作较为灵活、方便，速度也比较快，垂直度容易控制，应用到多种地质条件都能产生非常好的效果。岩溶区桩基采用冲击钻施工比较方便，在遇到紧急情况后可以及时提锤，防止出现塌孔而埋钻的问题。

第二，为了使得钻机施工时不会因为塌孔、扩孔、漏浆等问题而引发倾斜问题。在设备布设环节，针对钻机的纵、横支撑要适当的加长处理，当超出预设的塌孔范围时，需特别是钻机前缘的横向支撑不得小于10m，一般采用型钢或钢管（壁厚10mm以上，管径400mm左右）作为支撑梁。^[5]

第三，通过使用物探以及逐根钻探式，掌握溶洞的发育状态，避免影响后续施工。

第四，开始钻进作业前，技术人员与操作人员对现场的地质条件展开全面勘查，并针对现场地质情况制定合理的应对措施。

2. 钻进过程中的质量控制要点

第一，泥浆制作时，选择膨润土制作泥浆，泥浆容重超过 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ ，按照这种标准制作泥浆，可以减小孔壁内外的压力差，保护结构达到稳定性，预防发生塌孔的问题。此外，为了预防发生泥浆沉淀的问题，泥浆内还要加入0.1%—0.4%的纯碱。

第二，进行间断正循环排渣处理。一方面确保孔底的沉渣厚度在合理的范围内，在遇到小裂隙或者小溶洞的情况下及时封堵处理；另一方面确保泥浆浓度合格，预防塌孔的问题发生。在现场施工环节加强泥浆的黏度、含砂率、容重等指标的控制，确保排渣的效果和质量合格。

第三，溶洞顶板击穿时，冲程尽量不能超过80cm。溶洞进尺采用轻压小冲程方式施工，操作环节每进尺2m回填2m，该操作一直循环到桩底的位置，期间保持孔壁的挤压达到密实度的标准，预防发生扩孔的危害，尽量

的减小灌入量。

第四，施工环节若出现漏浆问题，作业人员需快速提锤。同时还要应用多个大泥浆泵补浆处理，并应用装载机将准备好的黄泥片石包、水泥包等封堵处理，预防塌孔事故，达到稳定性状态。

第五，因为溶洞桩基是不固定的，有着较高的复杂性、危险性。所以溶洞处理时要观察其运行状态，全天候的监测，一旦存在任何的问题，就要立即采取应急处理措施，以保证整体工程的安全性。

3. 混凝土浇筑质量控制要点

第一，钢筋笼施工与混凝土浇筑尽量缩短时间，以免现场施工发生意外的情况。清孔一般需要在早上进行，混凝土施工在白天浇筑。在施工阶段，为了方便操作尽量缩短施工的间隔时间，钢筋笼施工1—1.5h，混凝土施工3—4h。

第二，混凝土内加入必要的粉煤灰，促进和易性提升，塌落度为18—22cm，缓凝时间在8h以上，加入必要的缓凝剂。

第三，混凝土浇筑施工组织专人进行观察，了解混凝土面上升以及出浆量状况。这两项参数与混凝土灌入量存在正比关系，如果发生异常情况及时分析形成原因，并选择合理的应对措施。如果灌入量增大表示有混凝土进入溶洞；如果灌入量减小表面发生孔壁坍塌或者缩径的问题要重新浇筑处理。同理，结合出浆量变化情况，确定是否发生变化。

(二) 质量检测情况

本次工程案例的桥梁项目经过14个月建设已经竣工，溶洞区的桩基全部建设完成。在结束之后，组织相关方采用超声波无损检测对本项目岩溶区桩基进行了检测，本次检测发现全部桩基的质量合格，均为I类桩。

六、施工中常见的问题及处理方法

(一) 卡钻、掉钻

钻进施工环节，因为地质条件的不确定性，所以卡钻发生率较高，具体是如下原因造成的：

①钻进时发生钻头抖动，使得孔壁不圆或者出现梅花孔的形式钻头无法提升；

②钻头在钻进时磨损比较严重，孔径尺寸不合格；新钻头或者补焊后的钻头直径较大，钻孔时卡住无法提升；

③碎石层护壁的稳定性的不足，出现了滚落石块的情况；

④钻进施工到溶洞顶部后，突然打穿钻头受力发生突然性变化，进而导致无法旋转或者提钻。卡钻发生后如果强行提升钻头会造成断裂的问题。

对于上述出现的卡钻原因，采取如下处理措施：

第一，施工人员随时观测钻头的情况，并及时更换或者补焊处理。

第二，随时掌握地质条件观察了解现场的情况，临

近溶洞顶部应更换为小冲程开孔设备，并及时旋转钻进并且回填片石与黏土确保钻进施工正常进行。

第三，卡钻问题发生后，应采用钻机或者钻机与吊车联合的方式拔出。

第四，掉钻应采取预防的措施，需要随时进行机具设备的检查，存在问题后立即维修处理，损坏的部件及时修复或者更换避免发生卡钻的问题。

(二) 漏浆

岩溶地质条件下施工，发生率较高的一个问题就是漏浆，其主要表现形式是水头下降速度加快。在现场施工中临近溶洞或者裂隙的部位上泥浆会沿着溶洞或者裂隙大范围的流走，如果内部的空洞尺寸较大，泥浆会快速的漏光极易产生塌孔的危害。

第一，在漏浆发生后，说明内部存在空洞应及时停止钻进施工，并应用1:1比例抛填片石与黏土，再应用0.2m小冲程钻进施工，并使用泥浆泵灌入泥浆。通过这种方式可以填充内部空洞并且保持水位的稳定性，还能够达到护壁的效果，预防发生塌孔的问题。

第二，对于反复漏浆的情况，多次处理依然无法解决的情况，回填片石黏土也不能处理问题，可以在桩孔周边注浆，并且进行孔洞的封闭处理也可以直接采用灌注水下混凝土方式堵漏处理。在灌注施工中随时观察混凝土下落的情况，如果发现混凝土面不再下降表示溶洞填充完毕。经过检测混凝土强度达到设计要求的30%—50%，即可开始后续的钻进施工。在施工中，如果遇到发生漏浆的问题施工现场管理人员不能一味的追求工期，应降低施工速度，再调查了解后采取合理的应对措施且消除问题才能继续施工。

七、结语

溶洞是我国很多省份都存在的地质条件，对于桩基施工造成较大的难度，其发育规模大、范围广、无规律，如果不能准确探明，或者施工方案不当，极易导致工程质量事故。因此，在岩溶区桥梁施工中须加强对溶洞的处理，严格执行施工工艺方案，做好现场施工控制，消除任何不利因素，确保桥梁桩基稳定性。

参考文献

- [1]王智全.岩溶区桥梁钻孔灌注桩处理对策探讨[J].工程与建设,2021,35(05):1054-1055+1062.
- [2]向成恩.岩溶地质桥梁钻孔灌注桩施工技术分析[J].交通世界,2021(20):158-159.
- [3]李之达,李耘宇,胡晓敏.岩溶区桥梁钻孔灌注桩成孔理论研究[J].湘潭大学自然科学学报,2005(01):30-35.
- [4]向成恩.岩溶地质桥梁钻孔灌注桩施工技术分析[J].交通世界,2021(20):158-159.
- [5]邢培刚.岩溶发育区桥梁钻孔桩施工技术[J].公路交通科技(应用技术版),2008(07):115-118.