

岩溶地区房屋建筑的钻孔灌注桩基础施工技术分析

裴天伟

贵州首钢国际工程技术有限公司

摘要:如今随着我国房屋建筑领域的发展,房屋建筑的施工范围也更加地广泛,但是在施工期间也容易碰到一些不良地质情况,比如说岩溶地区,在岩溶地区进行房屋建筑施工很容易会出现偏孔、塌孔、混凝土超灌等问题,因此也难以保证房屋建筑的施工质量。为做好岩溶地区房屋建筑的施工工作,加强钻孔灌注桩基础施工技术的研究与应用就显得十分重要,本文就岩溶地区房屋建筑钻孔灌注桩基础施工技术、施工中可能出现的问题及处理措施进行分析。

关键词:岩溶地区;房屋建筑;钻孔灌注桩;基础施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.06.041

岩溶地区是一种比较特殊的地质,在我国有着广泛的分布范围,而岩溶这种地质的地层结构十分复杂,给房屋建筑施工也带来了较大的影响。在岩溶地区,房屋建筑在桩基施工期间,也会遇到很多不可预见因素,一旦没有选择合理的施工技术,就容易出现卡钻、偏孔、断桩、混凝土超灌等现象,若情况严重还会出现现场地塌陷,危及到现场施工人员的生命安全,因此如何使得岩溶得到有效处理确保房屋建筑桩基施工的安全和质量已经成为亟待解决的问题。为解决这个问题,保证岩溶地区房屋建筑桩基施工的顺利进行,深入加强钻孔灌注桩基础施工技术的分析与应用十分有必要。

一、岩溶地貌的特点

众所周知,我国的地理环境以及地下环境较为复杂,尤其在西南地区,由于受到降水、地形、基岩性质等因素的共同影响,可溶性岩层在地下水的侵蚀下衍生出一种新的地貌,即岩溶地貌。岩溶地貌主要由可溶性岩层构成,其主要特点就是形态多变,基岩起伏较大,而且往往地下水比较丰富,在钻孔时容易出现大量涌水的情况,给桩基施工也增加了较大的难度。尽管这种地貌的地理特色比较特殊,但是这种不良地质条件的存在也在较大程度上影响了当地经济的建设和发展,比如说房屋建筑、公路建设等就容易受到这种地貌的影响,不仅会增加建设成本,而且也无形中增加了使现场人员机械出现危险的概率。由于受到岩溶地貌因素的影响,为保证房屋建筑施工期间可以有效地克服这种施工条件的影响,就需要加强工程建设技术的深入分析和研究,为有关工程建设的实施奠定良好基础,以更好地促进当地经济的建设和发展。近些年来,随着工程计划的发展,钻孔灌注桩技术特别是旋挖灌注桩技术由于其施工速度快、能够适应复杂地层等特点,在岩溶地区得到了广泛的应用,并且经过实践也取得了明显的成效,为当地工程建设领域的发展也提供了良好的保障。

二、岩溶地区房屋建筑钻孔灌注桩基础施工技术的

要点分析

(一)提前做好地质勘察工作,为施工顺利进行提供保障

在应用钻孔灌注桩施工技术的过程中,为保证施工的顺利进行,需要提前做好地质勘察工作,掌握当地的地理环境情况,以便为后续设备和材料的选择做好铺垫,这样才能保证施工可以顺利地进行^[1]。在对岩溶地区进行地质勘察的过程中,需要根据当地实际情况合理地选择适合的勘察技术手段,以保证地质勘察的准确性,最重要的是还能降低经济成本,同时对不适宜进行建筑的岩溶区域可以建议设计调整建筑方案。目前常用的地质勘察方式主要有以下几种:第一,地质测绘法。在使用此种勘察方法的过程中,需要充分地了解岩溶地区的地质要素,明确岩溶地区与地下水之间存在的关系,但是相对来说地质测绘法的制作流程具有一定的复杂性;第二,地球物理勘探。应用该种技术可以在场区布置一定的剖面,通过地层反射曲线初步判断场区的岩溶发育方向和发育深度,用以指导工程钻探。第三,工程钻探。这也是比较常见的勘探技术,在详勘时可以通过在柱位上布置钻孔进行钻探,查明柱位下溶洞的分布形态,在施工时根据需要还可以进行针对性的勘探^[2];第四,遥感技术勘探。该技术目前的应用比较广泛,不仅可以调查更大的区域面积,而且可以更真实地反映出地貌的变化和基本特征。

(二)结合地质条件,提前制定有针对性、可操作性的施工方案

在做好房屋建筑地质情况的勘察工作后,就需要根据当地岩溶地区地质的具体情况,选择最恰当的钻孔灌注桩方案,明确钻孔灌注桩施工工艺,能够为施工的时效性提供保证。所以在明确施工方案的过程中,必须充分地结合岩溶的发育程度、发育形态、填充物性质等地质勘察得到的重要地质因素,进行全面综合的分析^[3]。举例来说,若场地内大部分溶洞填充软塑状红黏土,可以提前考虑采取泥浆护壁或者选择钢护筒全程跟进的施工方式;若溶洞发育规模不大,且为泥夹石充填或无充填时,且查明各溶洞间已无可联通的岩溶通道时,可采取成孔过程中回填低标号混凝土的方式进行填堵处理;若场地内溶洞发育较深且范围较大,且无充填物时,就需要先对溶洞进行有效处置后再进行基础施工,具体处置方案需要根据岩溶的不同分布形态针对性的制定处置措施。对不适宜采取机械钻孔成孔工艺的可以结合实际采取其他成孔方式。

(三)实施动态信息化施工法,对施工过程中发现的地质问题及时反馈及时处理

由于目前勘探手段的局限性,从理论和实践上对地下溶洞的具体分布形态的勘探精度无法完全满足施工需

要,因此,需要结合施工过程中揭示的地质情况动态化调整施工方案,特别是成孔过程中发现与地质勘察报告不符的情况时,要及时跟地勘单位反馈。如在成孔过程中发现地勘报告中未标注溶洞的深度出现侧壁溶洞时,应及时反馈并及时采取回灌低标号混凝土等措施,否则等待成孔后再进行回灌时将增大回灌量,增加加溶洞处理成本。对地勘显示溶洞发育强烈,存在较大规模溶洞的桩位,可以在浇筑前通过在钻孔内采取孔内电视的方式探明溶洞的发育走向和空间分布,必要时在地面补充钻孔进行施工勘察,通过查明的地质情况提前制定处置措施,采取回灌、封堵等技术手段,确保桩身浇筑质量^[4]。最终成孔后应通知参建各方参与验孔,检查桩底持力层及临空面的情况,对桩底存在半边岩或临空面导致持力层不能满足设计要求的要进行加深处理。总之具体实施时应坚持具体问题具体分析的原则,根据施工中揭示的地质情况及时调整处理方案,采取一桩一方案进行针对性处理。

(四) 旋挖干作业成孔、泥浆护壁成孔及全护筒跟进成孔的工艺的选择与对比

目前岩溶地区多采用旋挖钻孔灌注桩,常用的成孔方式一般可分为干作业成孔、泥浆护壁成孔、全护筒跟进成孔等三种方式,有时根据实际情况在同一个场地也常常结合使用。干作业成孔成本低,操作简单,对场地要求不高,是岩溶地区最常用的施工工艺,缺点是遇软塑或流塑状黏土充填的溶洞时容易造成跨孔、缩颈,同时孔底沉渣不好控制;泥浆护壁成孔可以解决遇软塑或流塑状黏土充填的溶洞时跨孔、缩颈问题,同时可以通过循环泥浆清孔控制孔底沉渣,但遇岩溶裂隙发育、岩体破碎及孔隙联通时易发生漏浆情形,同时泥浆池需要占用场地空间,且需要产生造浆及泥浆外运费用,成本较干作业成孔高,水下混凝土浇筑对施工水平要求较高^[5];全护筒跟进成孔分为可分为永久性护筒和可重复使用护筒,只要施工措施控制得当,一般可解决上述岩溶地质造成的成孔问题,可以减少场地混凝土回灌用量,缺点是一般需要扩大孔径施工,且需专门配备振动锤等设备,定制钢护筒,施工单价较高,一般仅在特殊场地或工期紧急项目使用。

(五) 加强桩基质量检测,确保桩身质量和桩端持力层满足设计要求

由于机械钻孔成孔方式难以对孔壁、孔底进行精细化检查的特点,应委托具有资质的检测机构在桩基施工结束桩身混凝土强度满足要求后进行桩基检测。桩基检测方式有低应变法、高应变法、钻孔抽芯法以及静载试验法,目前最新规范还允许采用自平衡承载力检验法。其中钻孔抽芯法可以通过钻探取芯同时检测桩身完整性、桩身混凝土抗压强度、桩身倾斜度以及桩底持力层情况,在岩溶地区尤为适用,对岩溶强发育场地,应当在满足规范要求下适当提高桩基抽芯检测比例,直观、准确检验桩身质量及桩端持力层情况,给基础质量和上部结构安全上一个“双保险”^[6]。就笔者了解,部分地区通过积累的地区经验,规定对岩溶发育地段高层建筑桩基进行100%抽芯有一定的必要性和推广价值。

三、岩溶地区房屋建筑钻孔灌注桩常见问题及处理措施

在岩溶地区,房屋建筑钻孔灌注桩施工期间,也容易受到很多不确定因素的影响,比如说常见的有塌孔、偏孔、混凝土流失等,所以必须要采取有效的措施,为安全施工以及施工质量提供良好保证。

(一) 成孔期间遇到溶洞

若在开挖期间,碰到了溶洞,这种情况就需要结合地质勘察结果以及现场的实际情况,一般应坚持“早发现,优先处理”的原则,有以下处理措施^[7]。

①对竖向型发育溶洞,当观察孔壁光滑时无侧向溶洞或者仅侧向局部裂隙时,可以继续钻至设计深度直接浇筑,若溶洞发育较深,造成成孔困难或者成本较高时,可以考虑进行补充勘察,在桩基两侧找到支点,调整设计采取梁板跨越处理。

②对泥夹石或者软黏土充填溶洞,若溶洞较小时,可采取清掏干净溶洞内的软土,并使用C15素混凝土或毛石混凝土回灌;若溶洞较大,多次回灌依旧难以成孔时,可以考虑使用泥浆护壁成孔或者护筒跟进处理。

③对无充填型侧向发育溶洞,应通过孔内电视或者补充钻探的方式查明溶洞走向和空间形态,若发育范围较小,可以继续钻至设计深度直接浇筑;若发育范围较大,应停止钻孔,先行回灌低标号毛石混凝土进行封堵处理,必要时可单独开孔进行回灌。

④对开孔后发现可能造成施工面坍塌的浅部溶洞,应及时采用挖机扩大孔口进行回灌处理,以免发生岩溶塌陷造成机械倾倒是和人员坠落等事故。

⑤对成孔过程中遇半边岩时应降低钻孔设备的功率和转速,及时纠正偏孔,当采用此手段依然难以纠正时,可采取回填C30混凝土至开始偏孔上方约1m,待混凝土达到强度后重新成孔处理。

⑥若成孔后发现孔底或者有溶洞,则需要加深桩孔至完整基岩处理,若加深后发现溶洞依然较深,可以考虑进行补充勘察,从两侧找支点重新成孔进行梁板跨越处理。

(二) 桩身混凝土浇筑期间发现溶洞

有时由于桩基较深,成孔期间及验孔时未能及时发现侧壁溶洞,或者由于浇筑时在混凝土的压力下造成侧壁或孔底破裂出现溶洞,根据笔者自身和单位长期总结的处理经验,一般可分情况做如下处理。

①在浇筑过程中,若发现混凝土突然下落至底部,可判断为孔底出现溶洞。此时可采取孔内电视等手段查明孔底下溶洞发育情形再进行处理,一般情况下应及时提出钢筋笼,重新加深桩孔至下部完整基岩。

②若在成孔后尚未浇筑时发现孔壁溶洞,若侧壁孔口较小且距孔口位置不超过10m,可采取在钢筋笼外侧加装帆布或者1mm左右的钢板进行封堵处理;若为深部侧壁发现溶洞,可考虑先用低标号混凝土回灌,再重新成孔处理。

③若在浇筑桩身混凝土过程中发现侧壁溶洞,导致混凝土流失时,应仔细分析勘察资料,查看该桩基周边钻孔地质情况,初步判断溶洞发育规模,若经判断溶洞

发育不大，超灌量在可接受的范围内时，可采取稍微减小坍落度，减缓浇筑速度的方式继续浇筑成桩；若判断与其他大型溶洞存在串通的情形时，应停止浇筑，进一步探明溶洞具体发育情况后在进行处理。

④若在浇筑过程中发现串孔时，即两根相邻桩因溶洞存在串联，混凝土流到相邻的桩孔中。此时应暂停或减缓浇筑速度，迅速组织对相邻桩孔采用黏土等不易透水的材料进行回填封堵处理，确保桩身浇筑质量。

（三）岩溶地区钻孔灌注桩其他常见问题

①抽芯发现桩身混凝土离析严重，局部区段只剩碎石和砂组成的松散体。如果排除混凝土本身质量问题的前提下，一般可考虑该区段可能存在侧壁存在岩体破碎、岩溶裂隙发育导致混凝土浆液流失的原因造成。这种情形要根据检测单位对桩身的质量评测，一般按废桩处理，若发生在3m以内的浅部时可考虑接桩处理。

②抽芯时发现持力层岩体破碎或者存在溶洞时，应当增加抽芯钻孔进一步查明不良地质情况，若岩溶裂隙发育规模较小，仅为局部裂隙时，可以采取高压注浆的形式进行地基加固处理；若岩溶裂隙发育规模较大，通过高压注浆的形式难以进行加固处理时，可考虑采取加大承台、钻孔侧壁注浆等方式进一步分担上部荷载，减小桩底压力。

③若桩基施工完成后在桩基临近区域发现大型溶洞，应对溶洞进行专门研究处理。若桩基设计为摩擦桩，要重点考虑在桩侧区域进行毛石混凝土填实处理，确保桩侧阻力达到设计要求；若桩基设计为端承桩时，应重点考虑对桩底应力扩散角范围内进行毛石混凝土填实处理，确保桩端承载力满足要求。

四、钻孔灌注桩施工质量的控制措施

（一）成孔阶段的质量控制

做好成孔阶段的质量控制十分重要，在施工期间需要结合工程地质的实际情况，而且还需要根据桩孔的深度，选择合理的成孔措施，若地层较为特殊，需要联合使用多种方法^[8]。一是要在成孔过程中时刻关注地层变化情况，对发现的岩溶等不良地质作用要及早发现，及时处理；二是开钻前应设置基桩轴线的控制点和水准点，成孔过程中要随时注意桩位检查校正，防止发生成孔过程中发生桩位移位、偏孔等情况；三是坚持先深后浅、先难后易的施工顺序，优先施工地质条件较差、埋深较深的桩基，确保桩基成孔质量；四是坚持跳孔开挖，尽量避免后期混凝土浇筑时发生串孔情形；五是灌注混凝土前，应按照国家有关施工质量要求，对已成孔的中心位置、孔深、孔径、垂直度进行检验。

（二）清孔阶段的质量控制

清孔可以减少孔底的残渣，提高桩端承载力，控制桩基沉降，从而为后续的施工创造良好的条件。目前来看，清孔的措施主要包括以下几种^[9]：第一，抽浆法。将孔内的钻渣浆液及时抽吸干净，并且替换满足要求的泥浆；第二，换浆法。该方法主要就是使用泥浆泵，以中等速度将泥浆压入孔底，泥浆密度建议选择1.15，同时含砂率控制在4%以下；第三，掏渣法。施工期间会导

致部分碎渣进入到孔壁，这时要借助工具，如冲抓锥、掏渣筒、大锅锥等进行掏渣；第四，喷射法。利用高压喷射的方法让沉淀物上浮，然后进行水下混凝土浇灌。灌注混凝土前，应按照国家有关施工质量要求，对已成孔的孔底沉渣厚度进行检验。

（三）混凝土灌注的质量控制

一是为保证混凝土的流动性，建议选择卵石作为粗骨料，同时石子的含泥量需要控制在2%以内，其骨料粒径不得大于钢筋间距最小净距的1/3，且应小于40mm，坍落度宜为180~220mm；水泥用量不应少于360kg/m³。二是导管使用前应试拼装、试压，试水压力可取为0.6~1.0MPa，导管埋入混凝土深度宜为2~6m。严禁将导管提出混凝土灌注面；三是开始灌注混凝土时，导管底部至孔底的距离宜为300~500mm，第一斗料应有足够的混凝土储备量，导管一次埋入混凝土灌注面以下不应少于0.8m，超灌高度宜为0.8~1.0m，确保凿除泛浆高度后暴露的桩顶混凝土强度达到设计等级^[10]。

五、结束语

总之，岩溶地区对房屋建筑桩基施工有较大的影响，而在该区域进行钻孔灌注桩施工时，也存在施工难度大、不可控因素多等情况，对此就需要加强钻孔灌注桩施工技术的分析和研究，针对场区岩溶发育特点提前制定好桩基施工方案，并且按照具体问题具体分析的原则“一桩一策”及时处理施工中的问题，做好施工质量控制工作，保证桩基施工可以高效地完成。

参考文献

- [1] 赵春生. 岩溶地区钻孔灌注桩施工技术研究[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(01): 85-87.
 - [2] 任铁强. 地质工程钻探技术及工艺探究[J]. 中国金属通报, 2022, (06): 222-224.
 - [3] 李贵, 张健. 岩溶地区钻孔灌注桩施工技术研究[J]. 工程建设与设计, 2021, (02): 173-175.
 - [4] 张伟. 岩溶地质钻孔桩施工遇溶洞时的处理方法与质量控制研究[J]. 四川水泥, 2022, (01): 211-213.
 - [5] 武永梅. 建筑工程泥浆护壁成孔施工工艺[J]. 居舍, 2022, (15): 47-49.
 - [6] 何雄. 钻孔抽芯法在灌注桩工程质量检测中的应用[J]. 西部探矿工程, 2020, 32(01): 25-27+32.
 - [7] 王恒, 易志强, 许明磊. 喀斯特地貌下桩基成孔后的溶洞处理要点[J]. 房地产导刊, 2016, (07): 13.
 - [8] 常坦祥, 张松涛. 复杂地质条件下钻孔灌注桩成孔质量控制[J]. 安徽建筑, 2017, 24(03): 175-176+182.
 - [9] 闫伟. 浅谈钻孔灌注桩的清孔要点[J]. 科技风, 2020, (01): 103.
 - [10] 樊萌. 混凝土灌注桩施工质量控制措施[J]. 中国高新技术企业, 2015, (15): 119-120.
- 作者简介：裴天伟，1986.11，男，贵州六盘水，汉族，本科，工程师，研究方向：岩土工程方面。