

岩土工程勘察中的水文地质勘察 技术要点与施工应用分析

赵宇乾, 来振义

(河南黄河水文勘测规划设计院有限公司, 河南 郑州 450003)

摘要 随着基础设施建设规模的不断扩大与建设要求的提高, 岩土工程条件对工程建设的影响日益凸显。在工程建设中, 若忽视岩土工程勘察, 可能引发地基沉降、边坡失稳、突水涌砂等工程灾害, 造成巨大的经济损失和安全隐患。基于此, 本文分析了岩土工程勘察的主要问题, 从勘察技术要点、勘察施工双重维度出发, 详细阐述了岩土工程勘察技术要点, 以及多项关键勘察技术的施工方法, 旨在为提升岩土工程勘察质量提供借鉴, 进而规避潜在的工程风险。

关键词 水文地质勘察; 岩土工程勘察; 地下水动水压力; 地下水水位升降; 物探施工

中图分类号: P641

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.25.033

0 引言

岩土工程勘察作为现代建设工程的重点内容, 通过组织开展一系列勘察活动, 能够准确了解和掌握工程现场的地质、环境特征和岩土工程条件, 识别不良地质问题和总结地下水水位变动规律, 制定科学的设计方案与施工方案。目前, 部分建设工程尚未建立起标准化岩土工程勘察体系, 技术要点把握不足, 施工经验匮乏, 导致岩土工程勘察结论存在偏差。因此, 深入研究岩土工程勘察技术要点及具体施工应用, 探索有效的技术手段和管理方法, 对于保障工程建设顺利进行、提高工程质量具有重要的现实意义。

1 岩土工程勘察中的水文地质勘察难点

1.1 地下水动水压力

地下水动水压力是在地下水流动期间形成的水压力, 压力大小取决于水体流动速度和地层渗透性能, 水体流动速度越快, 地层渗水系数越高, 动水压力越大。地层结构在动水压力作用下, 容易引发土体侵蚀、地基沉降、土体位移等问题, 进而破坏建设成果。同时, 地下水动水压力具备动态变化特征, 不同时刻的动水压力值有着显著差别, 压力骤然增减, 进一步降低地层结构稳定性。岩土勘察阶段, 勘察人员应准确掌握各项水文参数, 包括地下水位、地下水流速等, 按照参数变化, 推算地下水动水压力, 总结变化规律, 客观评估动水压力对地层结构状态、现场施工活动造成的现实影响。在必要情况下, 需采取注浆防渗等技术手段, 人为调节地下水动水压力^[1]。

1.2 地下水水位升降

岩土工程勘察阶段与现场施工阶段, 地下水位动态变化, 地下水位变化会对工程建设质量和施工安全造成影响。其中, 地下水位上升会导致地基结构出现软化膨胀现象, 地基承载能力下滑, 出现地基沉降、基坑渗漏水等问题; 地下水位下降则会导致土体固结变形, 地层内部形成中空空间, 并引起地面开裂、地基不均匀沉降等问题^[2]。地下水位变化原因包括岩土形态、含水层结构、现场气候条件等, 如何准确掌握地下水位升降规律, 及时察觉水位异常变化问题, 并采取专项处理措施, 是岩土工程勘察的重点问题。对此, 勘察人员既要全面掌握各项水文参数, 绘制各项参数和地下水位的关系曲线, 同时也要延长勘察时间。工程建设阶段, 全程开展地下水位监测活动, 预设警戒值, 确认地下水位剧烈变化、未能处于安全区间后, 即刻采取轻型井点降水等施工措施。

水文地质勘察是一项专业性较高的综合活动, 勘察流程繁琐, 勘察项目多。结合实际情况来看, 水文地质勘察操作过程存在错误操作、违规操作等问题, 导致岩土勘察报告与工程现场水文地质条件形成偏差, 这也是推行标准化岩土勘察模式的现实需求。例如: 在抽水试验环节, 常见操作问题包括抽水孔和含水层透水/隔水边界未保持足够间距、未在地下水流垂直方向设置观测孔、提前结束抽水作业、省略验前试抽步骤, 这些问题将导致试验结果无法准确反映工程现场水文条件。

2 岩土工程勘察中的水文地质勘察技术要点

2.1 选择勘察方法

岩土工程勘察方法主要分为钻孔取样、地球物探、化学分析和遥感技术四种类型,各类技术的勘察原理、适用范围不同。(1)钻孔取样需要在现场布设若干点位,钻孔采取岩土体样品,再将样品送往实验室化验分析,或是直接在工程现场检验样品,根据检验结果,掌握工程现场水文地质条件和地层结构物理力学参数。(2)地球物探全称为地球物理勘探方法,包含重力勘探、地震勘探、电法勘探、磁法勘探等技术手段,精准测量地下岩土体物理性质差异情况,掌握地层分布状况,具有不破坏地层结构完整状态、具备大面积勘测条件的优点,但勘探精度较低。(3)化学分析用于勘察工程现场水文条件,采集地下水样品,检测地下水化学成分,找出地下水来源,确定地下水运动轨迹。(4)遥感技术包含卫星遥感和无人机遥感,拍摄遥感影像和大范围采集遥感信号,从中提取地表参数,构建场地模型和绘制大比例尺地形图。

勘察人员在水文地质勘察方法选择环节必须遵循针对性、经济适用性和创新性三项基本原则。(1)针对性原则强调初步了解工程现场地形地貌条件,结合实际情况,针对性选择勘察方法。(2)经济适用性原则强调提前估计采取各项勘察方法时的总体勘察成本,确定勘察精度、勘察内容完整程度均满足水文地质岩土勘察要求的前提下,从中挑选实际成本费用较为低廉的勘察方法。(3)创新性原则强调优先采取新推出的现代勘察方法,综合应用表现远超传统技术手段,如采取三维地质雷达取代传统地质雷达技术,采取无人机航空摄影与激光扫描技术,取代传统人工测量技术^[3]。此外,单一类型勘察方法往往存在一定的局限性,无法满足复杂地质条件下的岩土勘察需求,如钻孔取样方法存在取样精度低、勘察速度慢、数据采集滞后的局限性,遥感技术存在无法掌握深层地层结构水文地质条件与物理力学参数的局限性。勘察人员应尽量组合采取多种类型的勘察方法,通过增加技术种类,弥补单一技术局限性,并通过相互验证勘察成果,从中找出岩土勘察误差。

2.2 确定勘察点间距

在工程现场分散布设多处勘察点,根据钻孔取样检验报告、化学分析报告来掌握工程现场水文地质条件,相邻勘察点间距越小,勘察密度越大,勘察结论越能真实反映建设工程水文地质条件,但也会加重勘察工作负担。勘察人员必须结合实际情况,合理设定

勘察点间距,做到对勘察效率、勘察精度的完美兼顾。具体来讲,勘察人员提前掌握工程资料信息,前往现场实地考察,按照地质环境复杂程度,确定勘察点间距,优先在土工建筑物周边线和角点位置布设勘察点,在地质环境较为复杂或工程建设质量标准严格的情况下,酌情增加勘察点数量,缩小勘察点间距,相邻勘察点间隔距离控制在20~25 m区间。同时,在工程现场局部区域地质条件复杂的情况下,需调整对应勘察点的位置、间距,如在地势起伏明显区域内,原有勘察点间加密布设全新勘察点,以勘察范围内最高点和最低点,作为新增勘察点布设位置。

2.3 编制勘察方案

岩土工程勘察是一项综合性活动,勘察流程繁琐,技术要求严格。在早期建设工程中普遍存在勘察方案内容缺失的共性问题,粗略编制勘察方案,仅对勘察方法、勘察技术路线进行规定,没有标注执行标准和操作流程,勘察活动主观性过强,频繁出现错误操作行为。因此,必须遵循标准化原则,编制内容详尽的水文地质岩土勘察方案,方案内容包含勘察目的、技术类型、操作流程、执行标准、精度要求等,作为岩土勘察施工活动的指导性文件。例如:在某套岩土勘察方案中,以查明不良地质作用类型、查明岩土体类型及工程特性、提供地基变形计算参数、查明地下水埋藏条件和分布状况、评价场地地震效应、提出基础设计可行方案作为岩土勘察目的,按照场地地层情况,布设多个勘探孔,包括控制性孔、一般性孔和基坑孔,以及在持力层坡度大于10%、暗沟、暗塘等异常地带加密布设勘探孔,逐一设定各类勘探孔的深度。按照所选取勘察方法,制定专项勘察计划,如钻孔取样计划、原位测试计划。以钻孔取样计划为例,按照地层种类来确定取样间距,按照地质结构确定取样深度,采取原装岩土样,并在场区内采集多组代表性水样,详尽规定钻进方法、取样方法、取土器型号、样品封存运输、试验样品制备等环节步骤的操作标准。

3 岩土工程勘察中的水文地质勘察施工应用要点

3.1 物探施工

物探施工环节,初步掌握岩层物理性质,采取多项物探技术,准确获取地下深处地质土体信息,包括断层破碎带位置、覆盖层厚度、基岩情况、含水层位置及厚度等。可选物探技术众多,包括高密度电阻率法、激电法、瞬变电磁法、地震折射波法等,各项技术手段的操作方式、施工要点有着本质区别,勘察人员必须熟练掌握物探技术的施工要点。以高密度电阻率法

为例,营造电流场,根据岩土体导电特征差异情况,获取地层结构断面数据,确定地层总体结构,测量各层级结构的埋深与厚度^[4]。现场部署 DUK-2A 或其他型号电阻仪,布设测线,侧线沿途埋设多组电极,埋设位置避开高阻物体,电极间距设定为 10~20 m,根据桩点测绳,测量调整电极埋设位置。随机测量或全部测量电极接地电阻,接地电阻测量值限制在 100 k Ω 以内,如果接地电阻超标,则对电极埋设位置加以调整,也可选择并联多根电极。完成前置作业后,即可接通电源,供电电流稳定维持在 50 mA 以上,同步记录观测数据,根据电阻测量结果,判定岩土体种类,绘制地层结构图。如果存在读数困难、曲线畸变或极化不稳定等问题,表明测量过程异常,调整物探施工方案以解决问题,重复开展观测作业^[5]。

3.2 钻探施工

钻探技术也被称为钻孔取样方法,利用钻机旋转切割地层结构,破坏岩土体原状结构,形成一定深度、孔径的钻孔,从中采集岩土体样品,根据化验分析结果来掌握岩层性质、风化程度等信息,也可利用现有钻孔采集水样和开展灌浆试验、抽水试验。钻探施工环节,重点关注钻孔方法、样品采集两项问题,施工要点如下:(1)钻孔方法。按照地层种类来选择钻孔方法,如在工程现场主要分布卵石层,或是地层夹杂大量块石的情况下,优先选择振动回钻方式,根据岩层坚硬程度,选择钻头种类,岩层松软时配备双层岩芯管钻头,岩层坚硬时配备金刚石钻头,并在湿陷性黄土层内配备螺旋钻头。全程观察钻孔过程,重点控制钻进方向、钻孔速度、钻孔深度,后续检查成孔质量,如把钻进深度偏差限制在 ± 50 mm 以内^[6]。(2)样品采集。勘探孔成型,并通过质量检查后,立即在孔内采集岩土体样品和地下水样品,并把样品密封保存,限定时间内送往实验室化验分析。以岩土体样品采集方法为例,具体选择取土器采样方法,样品直径小于勘探孔孔径,孔内静压送入取土器,有效灌入深度必须超过 90% 勘探孔深度,再平稳上提取土器。如果地层结构土质坚硬,常规方法无法顺利采集岩土体样品,则由锤击贯入方式,取代静压贯入方式,严格遵循重锤少击原则,连续锤击打入取土器。

3.3 室内试验

室内试验包含室内土工试验和岩石试验,按照试验结果,掌握岩土体样品物理性质,进而推算工程现场地质结构参数信息。室内试验项目多,包含直接剪切试验、压缩模量试验、固结系数试验等,勘察人员应熟

练掌握各项试验的操作方法^[7]。以直接剪切试验为例,用于检测岩土体承受外部荷载所形成剪切力极限抵抗能力,确定土体抗剪强度,以内摩擦角和内聚力为检测指标。现场准备环刀样和四联直剪仪,可采取快剪、固结快剪或慢剪三种试验方法。快剪是向样品施加压力,剪切速率维持在 0.8~1.2 mm/min,试样短时间内出现剪切破坏问题,总体试验时间为 3~5 min。固结快剪是向试样施加一定程度的垂直压力,逐步挤出试样所含水分,固结过程趋于稳定后,继续施加水平剪应力,剪切速率维持在 0.8~1.2 mm/min,持续施加到试件完全剪切破坏,总体试验时间同样为 3~5 min。慢剪则是提前向试样施加垂直压力,直至试件经过充分排水,并处于稳定固结状态后,缓慢施加水平剪应力,剪切速率必须限制在 0.2 mm/min 以内。直剪试验结束后,汇总整理试验数据,绘制试样剪切力、剪切位移两项参数的关系曲线,以曲线峰值或稳定值作为岩土体抗剪强度^[8]。

4 结束语

水文地质勘察作为岩土工程勘察的核心组成部分,既是现代建设工程的技术重点,也是施工风险的高发环节,勘察报告内容直接关乎工程总体施工情况。施工单位应提高对水文地质勘察活动的重视程度,认识到当前实际面临的水文地质勘察复杂形势,并掌握正确的勘察技术,以及各项勘察技术的施工要点,专业开展水文地质勘察活动,真实反映工程现场水文地质条件,为工程建设顺利进行提供保障。

参考文献:

- [1] 易刚云. 水文地质岩土工程勘察设计及施工实践分析[J]. 四川建材, 2022, 48(09): 22-23, 48.
- [2] 陈永, 徐晓明. 水文地质岩土工程勘察设计及施工的研究[J]. 中国金属通报, 2020(05): 170-171.
- [3] 陈志. 水文地质岩土工程勘察设计及施工实践研究[J]. 工程建设与设计, 2024(16): 34-36.
- [4] 黄兴久, 牛延森. 岩土工程勘察、设计与施工一体化模式研究[J]. 科技与创新, 2025(05): 124-127.
- [5] 王娟, 吴业聘, 谭希鹏. 复杂地质条件下岩土工程勘察设计方案[J]. 科技创新导报, 2021, 18(30): 98-100.
- [6] 黄辉雄. 复杂地质条件下岩土工程勘察设计和施工的质量控制因素分析[J]. 西部探矿工程, 2023, 35(10): 1-3.
- [7] 穆岩. 岩土工程勘察、设计与施工一体化模式研究[J]. 房地产世界, 2023(13): 51-53.
- [8] 卜朦朦, 孟宪中. 某项目岩土工程勘察设计理论研究[J]. 能源技术与管理, 2022, 47(03): 142-144.