

富水砂卵石地层基坑支护止水技术研究与工程实践

秦岭¹ 洪名伟² 邱凯² 高任飞² 赵佳龙³

1 盘锦市兴隆台区财政局, 辽宁省盘锦市, 124010;

2 辽宁有色勘察研究院有限责任公司, 辽宁省沈阳市, 110000;

3 辽宁万泽安全技术咨询服务有限公司, 辽宁省沈阳市, 110000;

摘要: 随着城市化进程的加快, 富水砂卵石地层中的基坑工程日益增多, 支护止水技术成为确保工程安全的关键; 本文结合成都某砂卵石地层深基坑工程案例, 系统研究了基坑支护止水技术体系, 包括支护结构类型选择、止水帷幕设计与施工、地下水控制技术等, 靠现场监测与数值模拟相结合的方法, 分析了基坑变形规律, 并提出了有效的变形控制技术措施; 研究结果表明, 合理的支护止水技术可有效控制基坑变形, 保障工程安全; 此研究创新点在于结合具体工程案例, 深入探讨了富水砂卵石地层中基坑支护止水技术的关键环节与优化策略, 为类似工程提供了宝贵经验。

关键词: 富水砂卵石地层; 基坑支护; 止水技术; 变形控制

DOI: 10.69979/3029-2727.25.09.018

引言

随着城市地下空间开发的不断深入, 富水砂卵石地层中的基坑工程面临诸多挑战; 此地层土颗粒松散、无黏聚力, 且地下水渗透性强, 易导致基坑支护结构失稳和周边环境破坏; 为研究富水砂卵石地层中的基坑支护止水技术, 对于确保工程安全、保护周边环境具有重要意义; 本文旨在通过具体工程案例, 系统探讨富水砂卵石地层中基坑支护止水技术的关键环节与优化策略, 给类似工程予以有力支撑; 在城市化进程中, 地下空间开发已成为必然趋势, 而富水砂卵石地层中的基坑工程因地质条件复杂而面临诸多难题。

本文将结合具体工程案例, 深入分析基坑支护止水技术的关键环节, 包括支护结构类型选择、止水帷幕设计与施工、地下水控制技术等, 进而提出有效的变形控制技术措施, 为富水砂卵石地层中的基坑工程提供技术支撑。

1 富水砂卵石地层特性与基坑支护挑战

1.1 富水砂卵石地层地质特征

富水砂卵石地层作为一种特殊的地质条件, 在城市建设与地下工程开发中常遇到; 此地层以土颗粒松散、无黏聚力及高渗透性为显著特征; 砂卵石颗粒间空隙大, 导致土体整体稳定性差, 易在外部荷载作用下发生变形或破坏; 此外, 砂卵石地层的渗透性极高, 地下水流速迅速, 对基坑支护结构提出了更为严苛的要求; 在成都

等富水砂卵石地层分布广泛的地区, 地下水位的变化对基坑稳定性具有显著影响; 汛期来临, 河水水位上涨, 易导致场内地下水位上升, 加剧基坑支护难度; 地下水位的波动不仅影响土体的物理力学性质, 还可能引发支护结构的失稳, 造成严重的工程事故^[1]。

1.2 基坑支护面临的挑战

在富水砂卵石地层中进行基坑开挖, 支护结构面临着多重挑战; 土体的不稳定性导致支护结构承受较大的主动土压力, 易发生变形或坍塌; 地下水的高渗透性使得降水作业难度增大, 需设计合理的降水井布置与参数, 以控制地下水位, 减少对支护结构的不利影响; 地表沉降控制也是基坑支护中的一大难题; 基坑开挖过程中, 周边土体因应力释放和蠕变效应而发生沉降, 可能对周边建筑物和地下管线造成损害; 在支护结构设计中, 需充分考虑地表沉降的控制要求, 确保工程安全。

1.3 典型工程案例分析

以成都某砂卵石地层深基坑工程为例, 此工程占地面积 13317.98 平方米, 规划总建筑面积 54537.82 平方米, 其中地下车库建筑面积 14535.29 平方米; 基坑开挖平面尺寸 55 米×215 米, 最大开挖深度 10.7 米; 工程采用排桩+锚索支护体系, 成桩工艺为旋挖桩成孔, 桩径 1200 毫米, 桩长 12.5 米, 桩间距 2.0~2.7 米; 地质勘察报告显示, 基坑开挖范围内土体自上而下主要为杂填土、细砂和密实卵石; 施工场地无明显的地表水

存在，而其北侧紧邻长流河，直线距离约为10米；地下水主要为孔隙潜水，赋存于砂卵石层中，测得地下水稳定水位为470.210~472.720米，年变化幅度1.0~1.5米。此工程案例为富水砂卵石地层基坑支护止水技术的研究提供了宝贵的实践经验，有助于深入理解该类地层中基坑支护的难点与挑战^[2]。

2 基坑支护止水技术体系

2.1 支护结构类型选择

在富水砂卵石地层中，支护结构类型的选择至关重要；排桩+锚索支护体系因其良好的适应性和稳定性而被广泛应用；排桩通过其较大的刚度和强度，能有效抵抗土压力，保持基坑侧壁的稳定；锚索则通过预应力施加，进一步约束排桩的变形，提高支护结构的整体稳定性；在排桩设计过程中，需充分考虑桩径、桩长、桩间距等参数对支护效果的影响；靠数值模拟和现场监测相结合的方法，优化排桩设计参数，确保支护结构在基坑开挖过程中的安全性和稳定性。

2.2 止水帷幕设计与施工

止水帷幕作为基坑支护止水技术体系的重要组成部分，其设计与施工直接影响基坑的防水效果；在富水砂卵石地层中，常用的止水帷幕类型包括旋喷桩、SMW工法桩等；旋喷桩通过高压喷射流将水泥浆液与土体混合，形成具有一定强度和防水性能的连续桩体；施工时，需严格控制喷射压力、喷射流量和提升速度等参数，确保桩体质量；SMW工法桩则通过搅拌机械将水泥土与原位土体充分搅拌，形成连续的水泥土墙，具有良好的防水性能和承载能力。止水帷幕与支护结构的协同工作机制是确保基坑防水效果的关键；在施工过程中，需确保止水帷幕与支护结构之间的紧密连接，避免出现渗漏通道；需对止水帷幕进行定期检查和维护，及时发现并处理渗漏点^[3]。

2.3 地下水控制技术

地下水控制是富水砂卵石地层基坑支护止水技术体系中的核心环节；在基坑开挖前，需根据地质勘察报告和现场实际情况，合理布置降水井，并确定降水参数；降水井的数量、间距和深度需根据地下水位、土体渗透性和基坑开挖深度等因素综合考虑；施工过程中，需对地下水位进行动态监测，并根据监测结果及时调整降水参数；当地下水位下降过快或过慢时，需采取相应措施进行调整，确保地下水位控制在安全范围内；需对降水井进行定期维护和清理，防止堵塞和失效。为减少降水

作业对周边环境的影响，可采取回灌技术等措施；回灌技术通过向地下回灌一定量的水，保持地下水位稳定，减少对周边建筑物和地下管线的影响。

3 基坑变形监测与控制技术

3.1 变形监测体系构建

为及时掌握基坑开挖过程中支护结构的受力、变形特性及地表变形情况，需构建完善的变形监测体系；监测内容主要包括桩顶水平位移、深层土体水平位移及周边道路沉降等；监测点布置需根据基坑形状、尺寸和周边环境等因素综合考虑；桩顶水平位移监测点布置在支护结构顶部，间距一般为20米；深层土体水平位移监测点通过测斜管布置在土体中，间距同样为20米；周边道路沉降监测点布置在道路两侧，间距根据道路宽度和重要性确定。

数据采集频率需根据基坑开挖进度和变形情况动态调整；在基坑开挖初期，数据采集频率可适当降低；随着基坑开挖深度的增加和变形情况的加剧，需提高数据采集频率，确保及时掌握基坑变形情况^[4]。

3.2 变形规律分析

通过现场监测数据，可分析基坑开挖过程中支护结构的变形规律；桩顶水平位移变化曲线显示，随着基坑开挖深度的增加，桩顶水平位移逐渐增大；锚索施工后，桩顶水平位移得到有效控制；随着基坑开挖的进一步进行，桩顶水平位移先增大后减小，最终趋于稳定；深层土体水平位移变化曲线与典型悬臂结构变形类似；桩体埋深相同时，随着基坑开挖深度的增加，深层土体水平位移逐渐增大；基坑开挖深度相同时，随着桩体埋深的增加，深层土体水平位移逐渐减小；开挖至坑底时，深层土体水平位移衰减至0；周边道路沉降变化曲线显示，周边道路沉降随着基坑开挖深度的增加而增大；在基坑开挖初期，周边道路沉降速度较慢；随着基坑开挖深度的增加，在基坑开挖中后期，地表沉降速度加快；基坑开挖完成后，周边道路沉降趋于稳定。

3.3 变形控制技术措施

为有效控制基坑变形，需采取一系列技术措施；锚索预应力施加与调整策略是关键；在锚索施工过程中，需根据监测结果及时调整预应力值，确保锚索对支护结构的约束作用；需对锚索进行定期检查和维护，防止预应力损失和锚索失效；施工过程管理与超载控制也是重要措施；在基坑开挖过程中，需严格控制施工进度和施工荷载，避免超载和局部堆载对支护结构造成不利影响；

需加强现场安全管理,确保施工人员的安全;为减少基坑开挖对周边环境的影响,可采取分块开挖、对称开挖等措施。分块开挖可将大基坑划分为若干小基坑进行开挖,减少单次开挖面积和开挖深度;对称开挖则可保持基坑两侧土压力的平衡,减少支护结构的变形。

4 工程实践与效果评估

4.1 施工工艺流程与关键技术环节

在富水砂卵石地层基坑支护止水技术实践中,施工工艺流程与关键技术环节的把控至关重要;支护结构施工包括排桩成孔、钢筋笼制作与安装、混凝土浇筑等环节;锚索施工包括钻孔、锚索制作与安装、注浆与张拉等环节;降水作业则包括降水井布置、抽水与水位监测等环节;在关键技术环节中,需严格控制施工质量;排桩成孔过程中需确保孔径、孔深和垂直度符合设计要求;钢筋笼制作与安装过程中需确保钢筋间距、数量和焊接质量符合规范;混凝土浇筑过程中需确保混凝土配合比、浇筑速度和振捣质量符合要求。

锚索施工过程中需确保钻孔直径、深度和倾角符合设计要求;锚索制作与安装过程中需确保锚索长度、直径和预应力值符合规范;注浆与张拉过程中需确保注浆压力、注浆量和张拉力符合要求;降水作业过程中需确保降水井布置合理、抽水设备运行正常和水位监测准确;需对降水井进行定期维护和清理,防止堵塞和失效^[5]。

4.2 支护止水效果评估

支护止水效果评估是工程实践中的重要环节;通过现场监测数据和数值模拟结果相结合的方法,可对支护止水效果进行全面评估;评估内容包括止水帷幕闭水性能、渗漏点处理效果、地下水位控制效果和地表沉降控制成效等;止水帷幕闭水性能评估可通过现场注水试验或水位监测等方法进行;当止水帷幕闭水性能良好时,基坑内外水体交换将得到有效阻断;当出现渗漏点时,需及时采取注浆封堵等措施进行处理。

地下水位控制效果评估可通过水位监测数据进行;当地下水位控制在安全范围内时,支护结构将保持稳定;当地下水位波动较大时,需及时调整降水参数或采取回灌技术等措施进行控制;地表沉降控制成效评估可通过周边道路沉降监测数据进行;当周边道路沉降控制在允许范围内时,周边建筑物和地下管线将保持安全;当周边道路沉降较大时,需采取加固措施或调整施工方案进行处理。

4.3 经济效益与社会效益分析

支护止水技术成本构成与优化空间是经济效益分析的重要内容;支护止水技术成本主要包括材料购置费用、施工费用、监测费用和维护费用等;通过优化支护结构设计参数、降低材料消耗和施工费用等措施,可有效降低支护止水技术成本;支护止水技术对周边环境安全保护与城市发展贡献显著;通过有效的支护止水措施,可减少基坑开挖对周边建筑物和地下管线的影响,保障周边环境安全;可促进城市地下空间的开发与利用,推动城市发展进程;支护止水技术的成功应用还可为类似工程提供宝贵的实践经验和参考,推动相关领域的技术进步和发展。

5 结束语

本文通过系统研究富水砂卵石地层中的基坑支护止水技术,结合具体工程案例,深入探讨了支护结构类型选择、止水帷幕设计与施工、地下水控制技术等关键环节;靠现场监测与数值模拟相结合的方法,分析了基坑变形规律,并提出了有效的变形控制技术措施;研究结果表明,合理的支护止水技术可有效控制基坑变形,保障工程安全;此研究成果不仅为类似工程提供了宝贵经验,也为富水砂卵石地层中基坑支护止水技术的发展提供了有力支持;未来,随着技术的不断进步和工程实践的深入,富水砂卵石地层中的基坑支护止水技术将进一步完善,为城市地下空间开发提供更加安全、可靠的技术保障。

参考文献

- [1] 李文强, 谢雄心. 砂卵石地层深基坑变形规律与控制技术研究[J]. 施工技术(中英文), 2025, 54(09): 111-116.
- [2] 赵延林, 朱利华, 曹岩, 等. 渗流作用对预应力鱼腹梁深基坑受力与变形的影响[J]. 黑龙江科技大学学报, 2025, 35(01): 123-130+146.
- [3] 何文锋. 富水地层深基坑轨排井改造技术应用——以广州地铁七号线西延顺德段陈村北站为例[J]. 工程技术研究, 2024, 9(21): 58-60. DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2024.21.018.
- [4] 李伟, 李永东. “两墙合一”深基坑工程设计与技术创新[J]. 岩土工程技术, 2024, 38(04): 384-390.
- [5] 何伟, 海涵, 詹源, 等. 强透水层中竖井基坑悬挂式止水帷幕渗透稳定及降水影响分析[J]. 土工基础, 2024, 38(02): 181-185.