

抗浮锚杆筏板漏水防治探究

王文昌

(中航建设集团有限公司, 北京 101407)

摘要 在建筑工程中, 抗浮锚杆与筏板基础作为地下结构抗浮体系的关键组成部分, 其施工质量直接影响整体结构的耐久性与安全性。随着地下空间开发规模的扩大, 抗浮锚杆筏板系统的应用日益广泛, 但与之相关的渗漏问题也逐渐显现。渗漏不仅会导致混凝土结构内部钢筋锈蚀, 还可能引发地基土体流失, 进而威胁建筑物的长期稳定性。基于此, 本文认为需积极探索新型防水材料和优化施工工艺, 通过改进节点构造和加强质量管控来提升抗浮体系的防水性能。

关键词 抗浮锚杆; 筏板漏水; 地下水压力; 外观检查; 渗透检测技术

中图分类号: TU94

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.25.036

0 引言

抗浮锚杆筏板系统的防水性能是地下工程设计与施工中的核心课题之一。由于地下水位变化、混凝土收缩及外部荷载作用等因素, 筏板与锚杆连接部位易成为渗漏的薄弱环节。传统的防水措施往往侧重于单一材料的性能优化, 而忽略了系统整体的协同作用。现代工程实践表明, 仅依靠材料防水难以完全避免渗漏风险, 需结合构造防水与工艺控制形成多层次的防护体系。工程实践中需重点把控锚杆节点防水处理、筏板混凝土抗渗性能及施工缝质量控制, 同时建立完善的渗漏监测系统。

1 抗浮锚杆筏板漏水原因分析

1.1 锚杆施工质量缺陷

抗浮锚杆施工质量缺陷是导致筏板漏水的重要因素。在锚杆钻孔过程中, 若孔壁垂直度不足或孔径不符合设计要求, 可能导致注浆不密实, 形成渗水通道。锚杆注浆材料配比不当或注浆压力不足, 会使浆液无法充分填充钻孔间隙, 降低锚杆与周围土体的粘结力, 进而影响防水效果。锚杆端部与筏板连接处的防水处理不到位, 如止水环安装不规范或密封材料失效, 也会造成局部渗漏。锚杆防腐层破损或施工过程中机械损伤, 可能加速锚杆锈蚀, 进一步削弱其抗渗性能^[1]。

1.2 筏板混凝土浇筑问题

筏板混凝土浇筑过程中的质量控制不当会直接影响其防水性能。混凝土配合比不合理, 如胶凝材料过少或骨料级配不良, 可能导致混凝土内部孔隙率增加, 降低抗渗性。浇筑过程中振捣不充分或过度振捣, 均可能引发混凝土离析或泌水, 形成薄弱层或微裂缝。施工缝处理不当, 如接茬面清理不彻底或新老混凝土

接合不良, 易成为渗水路径。混凝土养护不足会导致早期收缩裂缝, 尤其在高温或干燥环境下, 裂缝扩展速度加快, 进一步加剧渗漏风险。

1.3 地下水压力影响

地下水压力是抗浮锚杆筏板渗漏的主要外部驱动力。当地下水位较高且水压较大时, 水体易通过锚杆与筏板连接处的微小缝隙渗入结构内部。季节性水位波动或降水集中期, 动态水压变化会加剧渗流作用, 导致原有防水层失效。地下水长期浸泡可能侵蚀混凝土中的可溶性成分, 使毛细孔道逐渐扩大, 进一步降低结构抗渗能力。在高水压环境下, 锚杆与周围土体之间的结合面易发生水力劈裂, 形成新的渗漏通道。

1.4 周边环境因素干扰

周边环境因素对抗浮锚杆筏板防水性能的影响不容忽视。邻近工程施工振动或重型机械作业可能引发筏板微裂缝扩展, 破坏原有防水体系。温度变化引起的热胀冷缩效应会使混凝土产生温度应力, 尤其在温差较大的地区, 反复应力作用易导致裂缝生成。化学污染地下水或土壤中的侵蚀性介质, 如氯离子或硫酸盐, 可能腐蚀混凝土和锚杆钢材, 加速材料劣化进程。周边建筑物基坑降水或地下管道渗漏, 可能改变局部水文地质条件, 增加筏板承受的不均匀水压。

2 抗浮锚杆筏板漏水检测方法

2.1 外观检查手段

外观检查是抗浮锚杆筏板漏水检测的基础方法, 主要通过目视观察和辅助工具识别渗漏迹象。检查人员需重点观察筏板表面是否存在湿润痕迹、钙化沉积或明显裂缝, 这些现象通常与渗水活动相关。锚杆外露部位应仔细查验, 关注锈蚀、析出物或潮湿状况。

利用强光手电筒照射混凝土表面，可增强细微裂缝的辨识度。对于可疑区域，可采用湿度检测仪测定表面含水率，辅助判断渗漏范围。检查过程中需记录渗漏点的分布特征和形态，为后续分析提供依据^[2]。该方法操作简便且成本较低，适用于大面积初步筛查，但受限于表面可见性，难以检测内部隐蔽渗漏。

2.2 压力测试方式

压力测试通过施加可控水压评估抗浮锚杆筏板的整体密封性能。测试前需封闭所有排水孔道，在特定舱室内注水并维持规定压力值，观察压力表读数变化。稳压阶段若出现压力持续下降，表明存在渗漏可能。对于锚杆节点，可采用局部加压装置检测连接部位的密封效果。测试过程中需监测不同标高位置的响应差异，以识别潜在渗漏路径。该方法能定量反映结构防水的完整性，尤其适用于新建工程的验收检测。但需注意测试压力不得超过设计允许值，避免造成结构损伤，且实施前需做好充分的准备工作^[3]。

2.3 渗透检测技术

渗透检测技术利用示踪物质揭示渗流路径和渗漏点位置。常用的荧光染料检测法将着色剂注入可疑渗漏区域，通过紫外线灯照射观察染料渗出位置。气体示踪法通过注入氦气等惰性气体，采用嗅探仪检测气体逸出点定位渗漏。对于混凝土内部渗流，可钻孔埋设渗压计测量不同深度的水压梯度变化。红外热成像技术通过捕捉渗水区域与周边混凝土的温度差异，实现非接触式检测。这些方法能有效识别隐蔽渗漏，尤其适用于复杂节点部位的精细检测，但需要专业设备和操作技能支持。

2.4 仪器监测途径

仪器监测通过安装自动化设备实现渗漏的长期动态监控。光纤传感系统可沿锚杆布设，通过测量光信号衰减定位渗湿位置。混凝土湿度传感器阵列嵌入筏板不同深度，实时传输含水率数据并生成三维湿度分布图。声发射监测装置捕捉渗水引发的微振动信号，通过频谱分析判断渗漏活跃度。自动化监测平台整合多源数据，运用算法模型预测渗漏发展趋势^[4]。该途径能实现全天候连续监测，特别适用于重要地下工程的预防性维护，但初期投入较高且需定期校准仪器精度。监测数据的积累可为渗漏机理研究提供实证基础。

3 抗浮锚杆筏板漏水防治措施

3.1 锚杆施工优化策略

锚杆施工优化是提升抗浮锚杆筏板防水性能的关键环节。在钻孔阶段，应采用高精度定位设备确保孔位准确，并使用导向装置控制钻孔垂直度，避免孔斜导致注浆不密实。注浆材料宜选用微膨胀水泥基浆液，

通过优化水灰比和掺入适量外加剂，提高浆液的流动性和后期强度。注浆过程中需采用分段压力注浆工艺，先低压填充孔底，再逐步增压确保浆液充分渗透至周围土体。锚杆自由段应设置双层防腐体系，外层采用环氧涂层，内层包裹聚乙烯套管，并在套管两端进行热熔密封。锚杆与筏板连接部位应预埋钢制止水环，环内填充聚硫密封胶，形成多道防水屏障。施工完成后需进行锚杆预应力张拉，通过预加应力减少后期变形引起的接缝开裂风险^[5]。

3.2 筏板防水设计改进

筏板防水设计需构建多层次防护体系。结构自防水方面，应采用抗渗等级不低于 P8 的补偿收缩混凝土，通过掺入膨胀剂抵消收缩应力，并优化骨料级配减少孔隙率。在构造防水层设置上，筏板底部应铺设 4 mm 厚高分子自粘防水卷材，接缝处采用热风焊接处理，顶部涂刷 2 mm 厚聚氨酯防水涂料形成连续膜层。对于锚杆穿越筏板的节点，设计三重防水构造：筏板混凝土内预埋遇水膨胀橡胶止水环，环外设置钢板止水带，表面再覆盖聚合物水泥防水砂浆。筏板后浇带应做成阶梯形接口，内置镀锌钢板止水带，并采用微膨胀混凝土浇筑。设计阶段还需建立有限元模型，模拟不同水位工况下的渗流路径，针对性加强高压区域的防水措施。

3.3 地下水控制方法

地下水控制需采取主动干预与被动防护相结合的策略。在施工前期，应通过井点降水系统将地下水位降至筏板基底以下，降水井布置需根据水文地质勘察数据优化井距和深度。永久性防水体系应设置盲沟排水网络，采用级配碎石填充沟槽并包裹土工布，引导渗水汇入集水井后机械排出。对于高水位地区，可在筏板外围施作高压旋喷桩止水帷幕，形成封闭的截水屏障。动态水位监测系统需安装电子水压计，实时传输数据至控制中心，当水位超过预警值时自动启动应急排水泵。在建筑使用阶段，应保持地下室集水井抽排设备的持续运转，并定期清理排水管道防止堵塞。季节性水位变化显著区域，可增设备用电源确保极端天气下的排水系统正常运行。

3.4 后期维护管理要点

后期维护管理对维持防水系统效能具有持续性作用。应建立季度巡检制度，重点检查筏板表面有无新增裂缝、锚杆头部的防腐层状态以及排水沟畅通情况。采用红外热像仪对疑似渗漏区域进行扫描，发现异常温度场立即开展钻孔取芯验证。维护记录需实施数字化管理，通过 BIM 平台整合历次检测数据，生成渗漏风险热力图指导重点维护区域。针对微小裂缝应及时采用低压注浆修复，材料选择环氧树脂或聚氨酯类灌浆料，注浆压力控制在 0.3 MPa 以内。防腐涂层每三

年应进行全面检测,对破损部位先进行喷砂除锈处理,再涂刷改性环氧煤沥青涂料。排水系统每月需测试水泵启停功能,每年汛期前更换磨损的机械密封件。维护人员应接受专业培训,掌握新型检测设备和修复工艺的操作规范^[6]。

4 抗浮锚杆筏板漏水防治案例分析

4.1 案例1:某商业综合体项目

该商业综合体项目地下结构采用抗浮锚杆与筏板基础结合的设计方案。施工过程中发现筏板局部渗漏,主要出现在锚杆穿孔位置及后浇带接缝处。针对锚杆穿孔渗漏,采取钻孔注浆封堵工艺,使用超细水泥基渗透结晶材料进行高压注浆,确保浆液充分填充锚杆与混凝土之间的空隙。后浇带接缝渗漏处理采用环氧树脂化学灌浆,配合外贴高分子防水卷材加强层。在结构自防水方面,优化混凝土配合比,掺入抗裂纤维与膨胀剂,减少收缩裂缝产生。施工阶段实施全过程质量控制,重点监控锚杆安装垂直度与密封处理,采用BIM技术模拟锚杆排布,避免密集穿孔导致混凝土浇筑不密实。养护期间保持筏板表面湿润覆盖,控制内外温差。后期验收采用红外热成像检测潜在渗漏点,确保防治措施有效性。

4.2 案例2:某地下车库项目案例

该地下车库项目为两层框架结构,抗浮锚杆与筏板连接节点出现系统性渗水。治理方案分三个层次实施:结构层修复采用钻孔泄压后注入聚氨酯发泡止水剂,形成弹性密封体;防水层增设1.5 mm厚喷涂聚脲涂层,覆盖锚杆头周边500 mm范围;面层处理则浇筑80 mm厚细石混凝土保护层,内配 $\Phi 4@150$ 钢丝网防裂。针对锚杆根部渗漏,创新采用不锈钢套管密封工艺,套管与锚杆间隙填充遇水膨胀橡胶条。施工过程实行样板引路制度,先完成典型节点试验段验证工艺可行性。材料选择上,锚杆防腐采用三重防护体系(热镀锌层+环氧涂层+阴极保护),减少电化学腐蚀导致的密封失效。监测系统安装渗漏报警传感器,实时反馈水位变化与渗流状态,为维护提供数据支持^[7]。

4.3 案例对比分析

两案例在技术路线上呈现差异化特征。商业综合体案例侧重材料性能提升与精细化施工,通过改性混凝土与高精度注浆解决局部渗漏;地下车库案例则强调系统防护,构建“结构修复+主动防水+实时监测”的三重防御体系。在锚杆处理方面,前者采用常规注浆封堵,后者引入机械密封装置,体现从被动治理到主动预防的技术演进。在防水材料选择上,综合体项目依赖传统水泥基材料,车库项目应用新型高分子涂层,反映材料技术进步对防治效果的提升。施工管理

差异体现在:综合体项目依托BIM技术优化构造节点,车库项目通过样板试验验证工艺可靠性。监测手段上前者侧重事后检测,后者建立全过程监控网络。两种模式各具优势,商业综合体方案更适合修复工程,地下车库方案更适用于新建项目的预防性设计。

4.4 案例应用启示思考

案例实践表明,抗浮锚杆筏板漏水防治需构建全链条技术体系。设计阶段应进行专项防水构造设计,明确锚杆穿孔部位的密封等级与验收标准。材料研发方向应聚焦高性能注浆料与长效密封剂的开发,重点解决动水环境下材料的粘结耐久性问题。施工工艺标准化是质量保证的关键,需编制锚杆防水施工工法,规定钻孔清孔、密封安装、注浆压力等关键参数。项目管理层面建议建立“设计—施工—运维”一体化协作机制,将防水工程纳入主体结构质量终身责任制。技术创新路径可探索智能密封系统,如预埋感应式止水胶囊,在发生渗漏时自动激活膨胀密封。未来规范修订应考虑增加抗浮锚杆防水专项条款,明确不同水文地质条件下的防护等级要求与技术措施,推动行业防治水平整体提升。

5 结束语

抗浮锚杆筏板漏水的防治是一项综合性技术课题,涉及设计、材料、施工及后期维护等多个环节。通过优化节点构造、严格施工质量控制及采用新型防水材料,可显著降低渗漏风险。未来,随着智能监测技术与新型防水工艺的发展,抗浮锚杆筏板系统的防水性能将得到进一步提升。工程人员需持续关注技术创新与实践经验,以确保地下结构的安全性与耐久性,为城市地下空间的可持续发展提供坚实的保障。

参考文献:

- [1] 刘毅.抗浮锚杆于筏板后施工技术分析及研究[J].建筑技术,2024,55(15):1825-1828.
- [2] 戴国鸿,李敏子,朱效民,等.一种大直径压力型抗浮锚杆底板加固技术[J].建筑施工,2023,45(10):1956-1958,1962.
- [3] 王波.地下水丰富地区抗浮锚杆施工技术及其防水构造研究[J].建筑机械化,2023,44(09):66-69.
- [4] 董崇海,吴大鹏,陈中华,等.复合地基筏板基础地库上浮成因与处置方案研究[J].山西建筑,2023,49(17):73-76.
- [5] 邵浩祥.地下室抗浮问题分析及处理措施研究[J].居舍,2021(33):163-165.
- [6] 张卓然.考虑上部荷载影响区的抗浮锚杆合理布置研究[D].上海:上海交通大学,2020.
- [7] 肖娅婷.地下工程抗浮锚杆受力机理及设计优化研究[D].兰州:兰州理工大学,2019.