

Research on the application of leakage prevention and control of underground garage in large construction projects

Chen Meng

Dahua (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200062, China

Abstract

With the acceleration of China's urbanization process, the development of underground space has become an important strategic direction of urban modernization construction. As the core carrier of the building function system, the waterproof performance of the underground garage is directly related to the durability and safety of the building structure. This paper focuses on the leakage prevention and control problems in underground garages of large-scale construction projects, and systematically analyzes the multi-dimensional causes such as material deterioration, structural defects and construction deviation from a multi-disciplinary perspective. Through the verification of engineering practice, the system realizes the source control and dynamic management of the leakage hidden danger, and constructs the leakage risk classification evaluation model and the intelligent monitoring system. The research results provide theoretical support and technical paradigm for the field of underground engineering waterproof, which is of great practical significance for improving the resilience of urban infrastructure.

Keywords

underground garage; leakage prevention; prevention and control system; material control; process optimization

关于大型建筑工程地下车库防渗漏管控应用研究

孟晨

大华（集团）有限公司，中国·上海 200062

摘要

随着我国城市化进程加速，地下空间开发已成为城市现代化建设的重要战略方向。地下车库作为建筑功能体系的核心载体，其防水性能直接关系到建筑结构耐久性与使用安全。本文聚焦大型建筑工程地下车库渗漏防控难题，从多学科交叉视角系统剖析渗漏形成的材料劣化、构造缺陷、施工偏差等多维度诱因。通过工程实践验证，该体系实现了渗漏隐患的源头控制与动态治理，构建了渗漏风险分级评估模型与智能化监测系统。研究成果为地下工程防水领域提供了理论支撑与技术范式，对提升城市基础设施韧性具有重要实践意义。

关键词

地下车库；防渗漏；管控体系；材料控制；工艺优化

1 引言

近年来，我国地下空间开发规模持续扩大，地下车库建设呈现体量大、深度深、功能复杂等特点。据住建部统计，截至 2022 年底，全国已建成地下车库总面积超 8 亿平方米，但渗漏问题发生率仍高达 35%~40%。渗漏不仅造成结构安全隐患，还会引发设备腐蚀、环境污染等次生灾害。

2 渗漏主要表现形式深化分析

2.1 结构自防水失效的扩展表现形式

混凝土裂缝引发的贯穿性渗漏外，还包括：混凝土保护层剥落：因碳化或氯离子侵蚀导致钢筋外露，形成锈蚀通道施工冷缝渗漏：分层浇筑时接缝处理不当，形成连续渗水路径抗

浮锚杆孔洞渗漏：锚杆施工后封堵不密实，形成点状渗漏源。

后浇带二次浇筑缺陷：新旧混凝土结合面未充分凿毛或未使用补偿收缩混凝土

2.2 节点部位渗漏的破坏方式细化

穿墙管周边渗漏：套管止水环焊接不饱满，管根部位混凝土振捣不密实

施工缝渗漏：接缝处未设置钢板止水带或中埋式止水条，形成水平向渗漏通道

变形缝渗漏：止水带压缩量不足或两侧混凝土空洞，导致接缝处渗漏

后浇带渗漏：未设置诱导缝或注浆工艺不当，形成 U 型渗漏通道

3 渗漏形成机理深化解析

3.1 材料因素引起的开裂问题

混凝土水化热：C30 以上混凝土内部温度可达 60-

【作者简介】孟晨（1989-），男，中国上海人，本科，工程师，从事工程施工管理、建筑工程研究。

80℃,产生温度应力导致开裂

矿物掺合料劣化:粉煤灰掺量超标(>30%)或矿粉活性不足,降低混凝土抗裂性

外加剂适应性差:引气剂过量导致混凝土收缩增大,减水剂残留引气孔隙形成渗漏通道。

钢筋锈蚀膨胀:保护层厚度不足(<25mm)或氯离子渗透,引发钢筋锈胀裂缝

3.2 设计缺陷导致的渗漏风险

变形缝设置不合理:缝宽不足(<3cm)或止水带选型不当,无法适应结构位移

后浇带封闭滞后:超过设计龄期(>60天)未封闭,形成长期渗漏隐患穿墙管定位偏差:套管轴线偏移导致管根混凝土保护层不足,削弱防水层完整性

排水坡度不足:底板坡度<1.5%,导致积水无法及时排出

4 BIM 技术全要素协同管理实现路径

4.1 设计阶段协同管控

多专业碰撞检测:通过 Revit 平台整合建筑、结构、机电模型,自动识别穿墙管与套管冲突。

渗漏风险预评估:基于 IFC 标准建立渗漏模拟模型,分析后浇带、施工缝等关键节点风险等级。

4.2 施工阶段动态监控

施工进度可视化:利用 Navisworks 进行 4D 模拟,实时跟踪后浇带封闭、穿墙管封堵等关键工序。

质量缺陷定位:通过无人机搭载红外热像仪采集现场数据,BIM 模型自动匹配渗漏点位置。

4.3 运维阶段智能管理

渗漏预警系统:安装物联网传感器监测地下水位及结构变形,数据实时推送至 BIM 运维平台。

维修方案辅助生成:基于历史渗漏数据,系统自动生成注浆量计算、材料用量等维修方案。

5 细部节点处理技术深化

5.1 后浇带处理工艺

界面处理:两侧混凝土凿毛至密实层,清除浮浆并清洗干净

钢筋处理:新旧混凝土交接处设置 $\phi 12@200$ 加密钢筋网片

止水构造:采用“钢板止水带+中埋式止水条+外贴式止水带”三重防护

浇筑控制:使用补偿收缩混凝土,坍落度控制在 120~140mm,分层厚度 ≤ 500 mm

5.2 穿墙管封堵工艺

套管处理:止水环满焊并打磨光滑,管口设置喇叭形导流角

封堵步骤:

第一层:注入聚氨酯发泡填充管周空隙

第二层:插入遇水膨胀橡胶止水条

第三层:浇筑微膨胀细石混凝土(一般可采用 C30, P6)

养护要求:保持湿润养护 7 天,拆模后涂刷渗透结晶型防水涂料

5.3 变形缝防水构造

止水带安装:中埋式止水带采用专用定位模具固定,两侧混凝土保护层 ≥ 50 mm

填充材料:缝内填充聚硫密封膏(压缩率 25%~30%)

外贴防水层:采用三元乙丙橡胶卷材(厚度 2mm)+镀锌钢板保护层

6 施工过程关键控制点强化

6.1 基层处理管控

清理标准:采用高压水枪冲洗,确保基面无油污、无松动石子,含水率通过塑料薄膜法检测 $\leq 9\%$ 。

界面处理:阴阳角处抹成 $R \geq 50$ mm 圆弧,穿墙管根部设置 ≥ 50 mm 宽的混凝土导墙

验收流程:每 50 m² 随机抽取 3 个点检测平整度(误差 ≤ 3 mm)和粗糙度($R_a \geq 40 \mu m$)

6.2 质量检测方法优化

静态检测:蓄水深度 50~100mm,观测时间 ≥ 72 小时

动态检测:压力注水试验(0.3MPa,持续 2 小时)

裂缝检测:采用激光扫描仪(精度 ± 0.1 mm)建立三维裂缝模型,分析裂缝宽度及分布规律

材料检测:防水卷材剥离强度检测采用 GB/T 328.8-2007 标准,拉伸速度 50mm/min。

7 工程案例验证

7.1 案例项目——杭州来福士广场概述

杭州来福士广场坐落于钱江新城 CBD 核心区域,地理位置得天独厚,项目占地 40,355 平方米,总建筑面积约 384,868 平方米,其建筑高度达 250 米。该项目由一栋裙房商场以及两栋集办公、酒店为一体的综合超高层塔楼构成,裙楼为独特的“大裤衩”造型,地上分别有 60 层和 59 层的两栋塔楼巍峨耸立。

在项目规划中,地下车库作为重要组成部分,承担着大量车辆停放的功能,其规模庞大且结构复杂。同时,项目与地铁四号线“市民中心站”和“江锦路站”通过地下通道相连,这使得地下车库的交通便利性大大提升,但也对其防水防渗漏性能提出了更高要求,因为地下水位情况以及周边复杂的市政设施都可能影响地库的防水效果。针对杭州来福士广场地库可能出现的渗漏问题,项目团队采取了一系列全面且精细的防治管控做法。

7.2 设计阶段防水体系

在设计阶段,对防水方案进行了深度优化。根据地下车库的结构特点和所处的地质条件,采用了“刚柔结合”的防水体系。主体结构采用抗渗等级为 P10 的混凝土,从结构自身增强防水性能。同时,在外防水层选用 3+4mm 的 SBS 改性沥青卷材,这种卷材具有良好的耐热度(90℃)

和低温柔性(-25℃),能够适应地下复杂的温度环境,有效阻挡地下水的渗透。对于地库中的阴阳角、管根等易渗漏的细部节点,设计了专门的加强措施,如在阴阳角处设置半径不小于50mm的圆弧角,并附加300mm宽的卷材增强层;管根部位同样做300mm×300mm的附加层处理,确保这些关键部位的防水可靠性。

7.3 施工阶段总体管控

施工阶段的管控尤为关键。在施工挖土过程中,遵循“分层分段、对称平衡”的开挖原则,每层开挖深度严格控制在≤1.5m,避免因一次性开挖过深对土体结构造成过大扰动,从而影响地下车库后续的稳定性和防水性能。开挖至接近基底时,预留300mm厚的人工清槽层,由人工进行精细清理,防止机械作业对原状土的过度扰动。

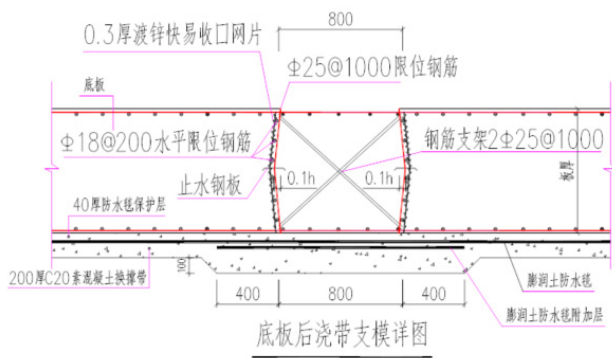
垫层施工方面,为保证垫层的平整度,采用激光找平仪进行施工,使平整度误差控制在≤3mm/2m,这为后续防水层的铺设提供了良好的基础。同时,在垫层与围护结构之间预留30mm的伸缩缝,并填充聚乙烯泡沫板,以应对可能出现的不均匀沉降等问题,避免因垫层与围护结构之间的相互挤压而导致防水层破坏。

在防水层施工环节,基层处理时,确保基层含水率≤9%,空鼓率<5%,为卷材的粘贴创造良好条件。卷材铺贴过程中,长边搭接宽度保持在100mm,短边搭接150mm,并且采用满粘法施工,使卷材与基层紧密贴合,最大限度地减少渗漏通道。

7.4 底板结构浇筑

底板结构浇筑时,对混凝土的浇筑工艺进行严格规范。分层浇筑厚度控制在≤500mm,振捣时间每点控制在20-30s,确保混凝土振捣密实,避免出现蜂窝、麻面等缺陷,从而保证底板结构的自防水性能。

后浇带施工管控方面,采用超前止水构造,选用Q235B止水钢板,规格为3mm×300mm,折边角度30°。模板支撑体系采用碗扣式脚手架,立杆间距≤900mm,以保证后浇带部位在施工过程中的稳定性。后浇带封闭时间严格按照设计要求,不少于45d,且浇筑时采用C40P10微膨胀混凝土,补偿混凝土在硬化过程中的收缩,减少裂缝产生的可能性。如图所示。



止水钢板及止水带设置有着明确的技术要求。中埋式橡胶止水带宽度为350mm,拉伸强度≥18MPa,固定间距≤400mm,采用φ18@200竖向限位钢筋固定,确保止水带在施工过程中位置准确。止水带接头采用热硫化连接,接缝强度≥母材的85%,保证止水带的整体防水性能。后浇带两侧模板采用0.3厚镀锌快易收口钢板网。

沉降观测井设置及封堵技术同样不容忽视。观测井井径为φ500mm,深度超过底板500mm,井底铺设300mm厚的级配砂石滤层,以保证观测井的正常功能。在封堵时,采用细石混凝土加聚氨酯密封胶进行封堵,确保封堵严密,防止地下水从观测井处渗漏进入地库。

后浇带反顶支撑体系设置时,支撑间距≤800mm,选用φ48×3.5钢管作为支撑材料。顶部设置可调U型托撑,预加力控制在15-20kN,为后浇带部位提供足够的支撑力,防止在结构未完全稳定前因受力不均产生裂缝。支撑拆除时间设定在主体结构封顶后60d,待结构稳定后再进行拆除。

7.5 防开裂措施

地下室混凝土浇筑采用跳仓法施工,相邻仓间隔时间≥7d,进一步降低混凝土内部的温度应力和收缩应力。

地下室外墙防渗漏管控采取了多种措施。水平施工缝设置高度≥300mm,避免施工缝处于易渗漏的低水位区域。对拉螺栓采用三段式止水螺杆,间距≤600mm,有效阻止地下水通过对拉螺栓孔渗漏。在混凝土养护方面,养护时间≥14d,采用自动喷淋系统,保证混凝土在湿润环境下养护,提高混凝土的强度和抗渗性能。

在整个项目实施过程中,还建立了完善的质量验收制度。对混凝土结构裂缝宽度进行严格控制;卷材搭接宽度通过钢尺测量,确保≥100mm;闭水试验时间不少于72h,水位下降≤2mm,通过水位标尺精确监测水位变化情况,只有各项验收指标均符合要求,才允许进入下一道工序施工。

参考文献

- [1] 王建国. 地下工程防水技术规范实施指南[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2021.
- [2] 李明阳. 高分子防水卷材在地下室工程中的应用[J]. 施工技术,2022,51(06):123-126.
- [3] 张伟. BIM技术在地下防水工程中的应用研究[D]. 同济大学,2020.
- [4] 范学迎,龙运磊,孙琳琳. 地下车库渗漏治理技术研究[J]. 建筑工人,2023,44(04):56-58.
- [5] 瞿培华. 外墙渗漏水成因原理及原因分析(二)[J]. 施工技术,2022,51(12):112-115.
- [6] 王广斌. 建筑产业数字化转型内涵与关键技术体系[J]. 清华大学互联网产业研究院,2023.
- [7] 何欢. 水利工程建筑裂缝及渗漏的产生原因与预防措施[J]. 民营科技,2009.