

某地下车库抗浮失效成因及对策研究

彭友峰¹ 常功义² 李春芳³

1. 山东中建房地产开发有限公司 山东济南 250108
2. 济南市章丘建筑安装有限公司 山东济南 250200
3. 济南金国瑞建筑安装工程有限公司 山东济南 250108

摘要: 受极端天气影响, 短期降雨量不断刷新记录, 对建筑工程抗浮形成较大的影响。抗浮失效的案例时常见诸报端。本文以某工程地下车库抗浮失效为例, 分析抗浮失效的主要成因, 探究抗浮相关影响因素, 给出了工程抗浮失效的处置思路和常规措施; 归纳了勘察、设计、施工等不同环节存在的问题, 提出工程抗浮的预防策略和控制措施。为类似工程的勘察、设计、施工提供参考; 也为工程抗浮失效后的处置提供思路、方法和借鉴。

关键词: 抗浮; 失效; 地下车库; 对策研究; 地基基础

Study on Causes and countermeasures of anti-floating failure of an underground garage

Youfeng Peng¹ Gongyi Chang² Chunfang Li³

1. Shandong Zhongjian Real Estate Development Co., LTD., Jinan 250108, China
2. Jinan Zhangqiu Construction and Installation Co., LTD., Jinan 250200, Shandong, China
3. Jinan Jinguorui Construction and Installation Engineering Co., LTD., Jinan 250108, Shandong, China

Abstract: Affected by extreme weather, the short-term rainfall keeps breaking records, which has a great impact on the anti-floating of construction projects. Cases of anti-floatation failure are frequently reported. Taking the anti-floating failure of an underground garage of a project as an example, this paper analyzes the main causes of anti-floating failure, explores the relevant influencing factors of anti-floating failure, and gives the disposal ideas and conventional measures of anti-floating failure of the project. The problems existing in different links such as investigation, design and construction are summarized, and the prevention strategies and control measures of anti-floating are put forward. To provide reference for the investigation, design and construction of similar projects; It also provides ideas, methods and reference for the disposal of anti-floating failure in engineering.

Key words: anti-floating ; failure ; underground garage ; countermeasure study ; foundation

一、项目概况

1) 工程概况: A 工程为住宅项目, 位于华东某半岛海滨城市, 用地面积 13.11 万平方米, 建筑面积 46.11 万平方米, 其中地下车库面积 8.5 万平米。基础形式为桩基承台加防水板的结构型式, 2017 年开工建设, 2020 年 12 月交付, 工程原始地面高程 4.5 米左右 (黄海高程), 建成后周边市政道路地面高程 6.2 米左右。

2) 地质概况: 自上而下可划分为六个工程地质土层:
第①层素填土 (Q4 ml): 黄褐; 稍密; 湿; 以粘性土为主, 含少量碎石, 局部顶部为耕土, 含植物根系。回填时间超过 15 年。

第②层粉土 (Q4 al+pl): 褐黄; 密实; 很湿; 切面粗糙, 摇振反应中等, 干强度低, 韧性低; 局部夹粉质黏土、粉砂薄层。

第③层淤泥质粉质黏土 (Q4 al+pl): 灰色-灰黑; 流塑; 含有机质, 有腥臭味, 有轻微摇振反应, 切面偶有光泽, 干强度低, 韧性低, 有腐味。

第④层粉质黏土 (Q4 al+pl): 褐黄; 可塑-硬塑; 切面稍有光泽, 无摇振反应, 干强度中等, 韧性中; 含铁锰质结核, 局部含钙质结核; 局部呈灰黑色;

第⑤层中粗砂 (Q4 al+pl): 浅黄色; 中密-密实; 饱和; 以石英、长石为主; 磨圆度中等, 分选较好; 含圆砾, 含黏粒, 局部夹粉质黏土薄层。

第⑥层强风化泥岩 (K2-E1wJ): 灰黄-棕红; 强风化; 顶部风化呈硬塑状黏土, 夹少量石英质砾石, 主要由粘土矿物组成;

地下水为第四系孔隙潜水和微承压水。其补给来源主要为大气降水和地表、侧向径流补给、大气降水、城

镇生活用水直接影响地下水位的升降。地下水位变幅为 2.00m 左右。近 3 ~ 5 年最高水位高程为 4.50m(黄海高程), 抗浮设防水位高程可按 4.50m 考虑。

3) 施工概况: 筏板施工期间, 因筏板位于第③层淤泥质粉质黏土层, 为满足施工需要, 整体换填 1000mm 厚的砂砾土。地下室施工完毕后, 杂填土回填, 压实度不足, 局部出现沉降。

二、抗浮失效工况:

1) 失效的表征: 依据工程所在市水文局统计显示: 2021 年累计降水量 836.5 毫米, 比历年同期偏多 155.5 毫米, 2021 年雨季, 施工人员发现地下室柱四周底板局部出现渗水, 施工单位判定为底板渗漏, 采取了树脂和水泥注浆堵漏, 发现堵漏效果差, 渗漏点屡堵不绝, 开始渗漏两周后, 发现 6 跨底板凸起, 凸起高度达 25cm, 工程人员意识到是抗浮失效。

2) 临时处置措施: 采取了打孔泄压的紧急措施, 降低板底水压, 同时监测地下室底板标高变化, 防止事态进一步发展。

3) 后续措施:

车库四周施工水位观测孔, 20 日后, 观测水位均值 5.5 米, 最高水位 5.9 米。持续两月后, 观测水位均值 4.5 米, 最高水位 5.4 米。

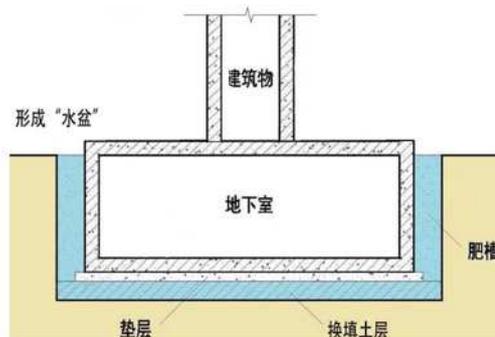
设计单位复核算, 抗浮水位系依据勘察报告建议, 按照 4.5 米设防。符合设防要求。

三、抗浮失效的原因分析

查阅项目施工日志, 访谈项目施工人员、管理人员; 全面了解项目勘察、设计、施工、维护参与人员。复核勘察报告、设计图纸, 抗浮失效的主要原因可以归纳为以下三点。

1) 工况误判, 工程信息沟通不畅, 勘察阶段考虑的参数与工程使用阶段的实际工况存在差异, 勘察过程更多考虑自然地貌, 认为抗浮设防最多考虑到原始地面高程 4.5 米。与实际建成后的地面高程 6.2 米存在 1.7 米的偏差。设计单位详知规划竖向高程参数, 对当地水文情况不甚了解, 简单采用了勘察报告的抗浮建议。实际工况是, 工程地处沿海区域, 极端天气极可能出现地表滞水, 可能超出勘察给定的抗浮水位, 抗浮承载力储备不足以应对此类特殊工况。

2) 盲目变更, 施工工况发生变化时, 未考虑底板下土层换填对抗浮影响, 换填后, 回填材料的渗透性远高于压实土体的渗透性, 快速形成“水盆效应”, 浮力增长迅速, 超出楼体抗浮强度, 导致局部破坏。



“水盆效应”示意图

3) 回填土材质、压实度未达到设计要求, 对抗浮效果产生较大的影响, 回填土渗透性高, 与混凝土底板下换填土层连通, 地表水易于汇集到车库底部, 进一步增加底板压力。

4) 勘察、设计采用的数据不够准确, 对未来地下水、降水变化趋势的预测不充分。水位勘察时, 依据自然地坪标高和近 3 ~ 5 年内最高水位, 给出抗浮水位, 不够科学合理。

四、抗浮失效的处置方案

1) 总体思路

抗浮: 考虑本工程采用桩基础加防水筏板的结构型式, 整体抗浮满足要求, 可以采取加固防水筏板, 提高筏板局部承载力, 使得筏板承载水头大于可能的最大水头, 实现全面抗浮。

泄压: 降低防水筏板的水头, 减小防水筏板所承受的荷载, 以泄压的方式, 将筏板底水头浮力, 控制在筏板的最大承载力之下, 以此保障防水筏板处于安全状态, 实现结构安全。

抗浮同时泄压: 为了保障处置效果, 应对更大降水导致地下水位抬升, 按照抵抗最大水头, 在局部加固的基础上, 叠加采取泄压的应急措施, 保障极端天气, 结构绝对安全。

2) 方案分析

本工程业态属于住宅, 住宅楼周边设计了整体车库, 水位超过车库顶板后, 水位变化对车库的浮力主要受楼座投影面积影响, 本工程车库面积为占地面积的 90%, 建筑密度 18%, 经过折算可以看出, 水位超过车库顶板后, 对浮力的影响为 2KN/m²。并且地表水一旦达到一层地面高度, 进入室内, 浮力将不会继续增加。由此可以测算出, 最大折算抗浮水头。结合本工程实际, +0.00 标高为 6.7 米, 折算后最大浮力为 55KN/m², 水位对应浮力变化曲线详见水位 - 浮力变化曲线图。

综合考虑抗浮失效的重大影响, 室外水位达到 6.7 米的概率较小, 为确保整改有效, 结构绝对安全。因此将抗浮水头确定为 55KN/m²。

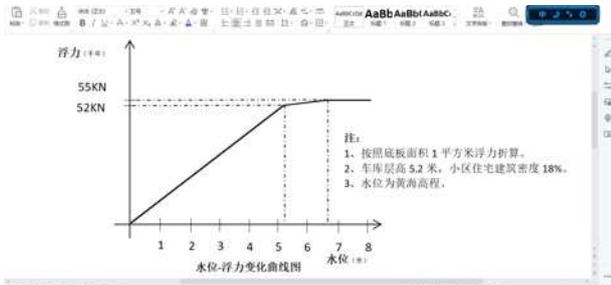


图1 水位-浮力变化曲线图

处置措施

加固措施: 在车库底板增加抗浮锚杆, 减小负弯矩, 降低底板抗浮荷载。底板顶部增设 10cm 加强板。提高底板抗浮承载力。对于实施抗浮锚杆不利的板跨, 可以增设构造柱与顶板固定, 对底板进行反顶, 整体提升底板抗浮承载力。

泄压措施: 车库底板布设泄压孔, 增加排水管道和阀门, 水位达到警戒水位时, 及时排水泄压, 始终保持水头在安全水头以下。也可以实现智能监控, 布设板底测压探头, 依据自动采集的水头压力, 分区域自动启泵, 达到安全水压后, 自动停泵, 实现泄压自动化。

辅助措施: 车库四周注入水泥浆, 注浆深度需达到底板换填土层, 注浆范围包含肥槽回填土, 进一步降低底板换填、周边肥槽土层的透水性。车库四周增设散水、排水沟, 及时将地表水疏散, 避免快速形成“水盆效应”。

五、地下工程抗浮防控对策

建立合理模型, 科学确定抗浮水头;

抗浮水头的确定重点考虑以下因素:

(1) 结合历史水位数据, 建议参照结构设计使用年限, 选取 50 年内最高水位。

(2) 考虑建成后的实际工况, 按照规划道路高程, 建筑物建成后室外高程, 特殊区位需要考虑一层室内地面高程。

(3) 未来气候发展趋势, 近些年来, 极端天气频发, 近 50 年来, 中国年平均雨日总体呈下降趋势, 主要是小雨日数减少比较明显, 减少 13%, 而暴雨日数不但没有减少, 反而呈现增加趋势, 增加 10%。雨日特别是小雨日数减少, 这意味着干旱风险增加, 而暴雨日数增加意味着短时强降水事件频率增加, 城市内涝等风险增加, 因此考虑未来气候变化趋势, 对建筑物抗浮具有现实意义。

(4) 保有适度的安全系数, 安全系数过高容易造成资源浪费, 同样, 安全系数不足, 难以应对使用过程中的突发事件, 且突发事件的强度难以预测。因此, 建议变被动抗浮为主动抗浮, 施工图设计时, 适当降低抗浮设计水头, 通过预埋泄压设施, 做好特殊气象条件的泄压准备, 提高安全系数的同时, 可以兼顾结构安全与

经济性。

(5) 特别复杂的水文地质, 如遇有基础数据不全, 地下水系复杂, 难以确定抗浮水头的情况, 可以参照水位-浮力变化曲线图的模型, 抗浮采用最大浮力, 确保使用过程结构安全。

2) 强化参建人员对抗浮的认知。例如: 施工图设计、设计变更增加对抗浮措施的考虑。

(1) 不需要抗浮设计的工程: 根据设计规范要求, 可以不考虑抗浮的工程。对于异常可能产生浮力的工况, 设计未做考虑, 需要通过抗浮措施予以降低和应对, 因此有必要在换填、回填土、散水、排水沟做法上, 兼顾抗浮措施。

(2) 有抗浮设计的工程: 虽有抗浮设计, 也不是万无一失, 抗浮设计兼顾了经济性, 对大概率的情况做了应对, 更需要落实抗浮措施, 满足设计要求的同时, 进一步提升抗浮的安全性。

3) 试验和参数控制, 保障抗浮措施落地

目前, 对于地基换填, 鲜有考虑对抗浮的影响, 基本是从承载力、沉降的角度考量; 为了降低“水盆效应”的影响, 可以在基底和肥槽设置隔水层, 详见肥槽回填-隔水层示意图, 阻断地表水深入基底。需要严格把控隔水层的施工质量。土方回填主要控制指标为回填土料、分层厚度、含水率, 这些指标主要是为了控制压实度。未涉及渗透性的控制和检测。为了保障抗浮成效, 需要检测渗透性指标, 图纸设计阶段增加渗透系数要求, 施工阶段增加渗透系数测定, 以渗透系数试验, 督促抗浮措施的有效落地。

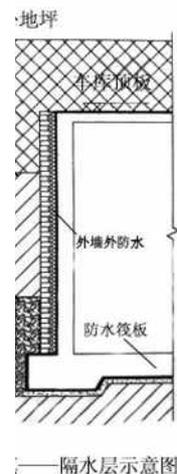


图2 隔水层示意图

六、结束语

近年来, 工程抗浮失效的案例屡见不鲜, 分析案例也不难看出, 勘察、设计、施工、维护等阶段都可能造成抗浮失效。工程全生命周期都可能会对抗浮造成影响。工程抗浮涉及的时间跨度长、关联的人员多, 对抗浮重要性认知差别大。外部环境呈动态变化, 影响因素比较多。都会影响抗浮的成效。本文以某地下车库抗浮失效为案例, 分析认为勘察、设计对抗浮数据未能全面论证,

相互割裂；施工过程中盲目变更；回填土施工未达到设计要求是本工程抗浮失效的主要原因。给出了加固、泄压、辅助处置措施。并提出工程抗浮的管控措施。设计需要综合五方面的因素；增强参建人员对抗浮的认知；增加试验和参数，保障抗浮措施落地；三项具体措施。本文仅以某地下车库抗浮失效为例进行研究，其他特殊情况未做统计和研究，后续可以综合更多案例进行统计研究。改善工程抗浮的管控，保障工程安全。

参考文献：

- [1] 肖潺 许红梅 刘绿柳. 全球变暖背景下 降水发生了哪些变化? [N]. 中国气象报, 2020年03月23日(三版).
- [2] 孙桂东. 降水偏多! 去年全市平均降水量836.5mm, 比历史同期多155.5mm[N]. 大众报业·半岛新闻, 2022-01-05.