

# 湖南某医院地下车库复位纠偏处理方法

隆 威, 苏冬九

(中南大学地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083)

**摘 要:**针对某地下车库的上浮事故,分析其上浮原因并提出了行之有效的处理方法,对于大型地下建筑物,不仅在抗浮设计以及施工时必须加以重视,而且应制定应对各种突发情况的处理措施。

**关键词:**地下车库;暴雨;上浮;复位;注浆;纠偏

**中图分类号:**TU94<sup>+</sup>3 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)02-0051-03

**Reposition and Rectifying Solution for a Underground Garage/LONG Wei, SU Dong-jiu** (Central South University, Changsha Hunan 410083, China)

**Abstract:** Aiming at the floating accident of an underground garage, this paper analyzed the reasons and introduced the effective measures to deal with it. Regarding to the large underground constructions, attention should be paid to the anti-floating design and construction; methods of dealing with the emergency should also be well prepared.

**Key words:** underground garage; rainstorm; float; reposition; grouting; rectification

对于车库等大型地下建筑物,由于其自重较小,结构荷载往往不能抵抗地下水产生的浮力,如果设计或施工时未能充分考虑抗浮措施,建筑物就有可能产生上浮的危险。如湖南某医院地下车库,在施工即将完成时突遇暴雨,造成了地下结构整体上浮的严重事故。

## 1 工程概况

某医院地下停车库为 2 层地下板柱钢筋混凝土结构,无上部建筑。柱网尺寸最大为 8.1 m × 7.3 m,基础为反梁梁板式筏型基础,板厚 500 mm,主梁 1000 mm × 700 mm,网格间十字交叉,次梁 700 mm × 400 mm,负一层板厚 180 mm,顶板厚 280 mm,均为无粘结预应力结构,基坑底标高 -8.70 m,车库顶板标高 -0.80 m,原来设计板顶为绿化广场。基础持力层为强风化泥质粉砂岩,地基承载力特征值 320 kPa,地下室基坑支护采用人工挖孔桩结合桩间挂网喷混凝土支护形式。建筑面积约 6800 m<sup>2</sup>,基坑周边总长 267 m,基坑底面积 3746.76 m<sup>2</sup>(底板挑出外墙 550 mm)。

## 2 事故发生概况

该地下停车库主体工程完工(正在对地下车库四周进行回填,而未对基坑进行有组织排水)半个月后,突降暴雨,水面标高一度达到 -2.5 m 左右,

发现地下车库整体上浮。现场观测上浮情况为:西北角最高点 1435 mm,东南角最低点上浮 275 mm,顶板面自东向西水平位移 100 mm。墙体,底板,砼柱相继出现斜向、水平向微小裂缝,共计 500 多处,裂缝呈发展的趋势。

## 3 事故原因分析

地下水位设计取值偏低,原设计值采用的地下水位是根据勘察水位确定的,但因勘察期间为枯水季节,较长时间没有下雨,地下水位比较低。设计认为车库顶上覆土加上车库本身的自重可以抵消上浮力,所以没有考虑采取抗浮措施,为事故的发生埋下了隐患。

经验算,得到以下抗浮参数:

车库自重(不计顶上覆土):122830 kN。

车库基础底面积:3746.76 m<sup>2</sup>。

达到最高水位时(即 -2.50 m)的浮力:232230 kN。

抗浮稳定验算和警戒水位计算如下:

$$G_k - K_f F_k > 0 \quad (1)$$

$$h_w \leq G_k / (K_f \gamma_w A) \quad (2)$$

式中: $G_k$ ——抗浮标准荷载包括车库自重及部分施工荷载, kN;  $K_f$ ——抗浮稳定安全系数,一般取 1.05;  $F_k$ ——标准水浮力, kN;  $\gamma_w$ ——水的重度;  $A$ ——包括基底挑出部分的车库底面积, m<sup>2</sup>;  $h_w$ ——

收稿日期:2007-06-11

作者简介:隆威(1962-),男(汉族),重庆丰都人,中南大学地学与环境工程学院副院长、教授,探矿工程专业,湖南省长沙市, susihuang@126.com。

以基底起算的最高地下水位, m。

不计回填土和顶上覆土, 不计基底粘着力, 把数据代入以上公式(1)和(2), 得出:

$$G_k - K_r F_k = -121011.5 \text{ kN}.$$

即当水位上升到  $-2.50 \text{ m}$  时, 实际的抗浮稳定系数远不能满足要求。

$$h_w = 3.10 \text{ m}$$

即警戒抗浮水深为  $3.10 \text{ m}$ , 警戒抗浮水位为:  $-8.70 + 3.10 = -5.60 \text{ m}$ 。

说明只要地下水位高出  $-5.60 \text{ m}$  时, 就存在上浮的危险。在暴雨情况下, 如果不注意排水或排水不及时, 不仅地下水位上升, 地表水也会涌进。水位超过  $-5.60 \text{ m}$  以后, 只是依靠基底的一点粘着力在抗浮, 一旦粘着力被克服, 车库就会上浮。

## 4 事故处理

### 4.1 复位

由于事故发生的时候正在进行回填施工, 基坑回填物为自然级别砂卵石, 其间夹杂有少量施工垃圾(砖、砼碎块, 大小不一), 因上浮加之回填物为松散材料, 受地下车库整体上浮引起回填砂卵石扰动而坍塌。根据施工现场平面图, 构筑物南、西、北、东向北段底板外沿与护壁桩间有  $150 \sim 700 \text{ mm}$  的空隙, 而东向南端的空隙为  $0$ 。可判断塌陷的砂卵石自然进入底板下, 形成形状各异的堆积物, 而且随着颗粒粒径大小不同, 进入底板下的深度不同。考虑上述因素, 采取以下复位措施。

#### 4.1.1 建立建筑物施工监测系统

观测墙体、梁、柱裂缝发展情况; 地下室抬升、沉降及水平位移情况; 基坑水位与建筑物抬升变化关系; 周边建筑物变形监测等。通过分析观测数据, 指导建筑物复位与加固处理施工。

#### 4.1.2 掏砂

根据工程的实际情况, 地下水浮力引起地下车库不均匀抬升, 部分回填砂砾料和建筑垃圾已涌入了坑底。现阶段建筑自身的重力小于其浮力时, 先进行堆载防止建筑物在掏砂施工时突然上浮, 产生新的破坏, 因此在施工前在建筑物上部按设计要求对指定区域进行堆载, 然后开始进行掏砂施工。保持水位不变, 掏砂分水上和水下两部分施工。对于进入底板下的砂砾, 可在车库周边的砂清理完后, 在负二层地下室剪力墙边缘布置冲砂孔, 用风水联合冲洗砂至基坑底板外, 确保建筑物在复位过程中有下沉的空间。

### 4.1.3 复位

基础底面的砂基本清理干净后, 先进行地下室复位前的现状姿态的测量, 确定其方位、高程, 算出需复位移动水平距离和转动的角度等, 并划出复位要求移动曲线。然后开始降低基坑内水位, 采用缆绳和顶推不断调整地下车库姿态, 缓慢让车库复位。在复位到一定高程, 地下室大致水平时, 停止降水, 开始底板灌浆, 使底板基本形成平面支托建筑物的受力状态, 周边回填, 完善充填灌浆。为使车库在复位过程中保持整体性, 施工中对负一、负二层的梁、柱用钢管进行加固。

## 4.2 车库底板充填注浆

### 4.2.1 注浆施工工艺流程图

根据注浆要求, 施工工艺流程如图 1 所示。

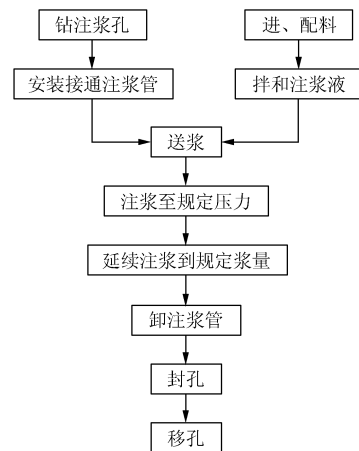


图 1 施工工艺流程图

### 4.2.2 注浆孔布置

复位措施完成后, 按照车库复位的位置及受力状态, 先对车库底板下大部分区域进行水下灌浆, 在车库得到有效支撑后, 再降水到底板标高位置, 然后再全面进行灌浆施工。第一次注浆孔共  $87$  个,  $40$  个布置在结构柱旁,  $47$  个布置在剪力墙内侧及车道内侧墙附近; 第二次注浆孔  $47$  个, 布置在各网格中心。注浆孔径为  $42 \text{ mm}$ , 钻穿  $0.5 \text{ m}$  底板后安装孔口密封装置。施工自中央向车库底板四周进行。

### 4.2.3 注浆顺序

(1) 第一次注浆采用先中心后边缘, 从中心向外对称扩展的方式, 以保证底板受力均匀对称。

(2) 第二次注浆同样采用先中心后边缘, 呈同心环状向外扩展的方式, 以保证第一次注浆后的剩余空区充分排水排气, 充填密实, 不留盲区。

(3) 对剪力墙内侧孔进行注浆时, 分二序孔依次进行注浆, 即跳孔循环注浆, 以减少浆液跑冒。

#### 4.2.4 浆液材料及配合比

材料为普通硅酸盐水泥、粉煤灰、水玻璃。

注浆配合比:水:水泥:细砂:水玻璃=500:

833:416:66(每立方米材料用量,kg)

#### 4.2.5 注浆压力及流量控制

第一次注浆采用 0.1~0.2 MPa 的孔口压力,砂浆流量 80 L/min,水玻璃(加水 50% 稀释)6 L/min;第二次注浆采用 0.2~0.4 MPa 的孔口压力。

#### 4.2.6 注浆结束标准

第一次注浆以每孔注浆量达到试验结果要求的浆液接顶面积 10 m<sup>3</sup> 的注浆量;第二次注浆以达到临近注浆孔返浆后,将返浆孔用阀门闭孔或木塞临时封堵,继续注浆 3~5 min 即可结束注浆,移至下一孔位进行注浆。

第二次注浆过程中,灌注底板周边孔时,可能遇到冒浆到周边基坑现象,可根据具体情况采用封堵、浓浆、低压、间歇、限量、掺加速凝剂等措施进行处理。

#### 4.3 混凝土结构补强

针对不同损坏的混凝土采用不同方案进行混凝土裂缝加固处理。

(1) 产生了裂缝的梁柱,如果对其结构产生了影响则对裂缝灌注环氧树脂,外部粘钢或包裹碳纤维布加固处理。

(2) 地下室楼板出现裂缝则根据地下室防水要

求进行裂缝加固防水处理。

#### 4.4 抗浮处理

(1) 将与基础地板同标高位置护壁桩部位的钢筋保护层凿除,用钢筋将各护壁桩焊接相连成一个整体,然后将基础底板与护壁桩连接起来。

(2) 因基础为反梁梁板式筏型基础,所以先用粗石料将底板充填平整,然后浇注 300 mm 厚混凝土;顶板按原设计要求的防水、800 mm 覆土、道路等工程抢先施工,周边用粘土夯实。

### 5 结语

在实际施工中,我们只关注车库在正常使用状态下的抗浮力是否足够,而忽视施工中可能出现抗浮力不足的情况,特别是突发暴雨时,没有及时有效的应对措施。这次车库上浮事故的教训极其深刻,不仅拖延了车库交付使用的时间,而且复位施工也花费了巨大的财力物力。

本地下车库的复位纠偏处理完成后即投入使用,已按要求做了 15 次沉降观测,从观测数据来看,地下室是稳定的;从地下室外观检查,没有发现结构出现异常现象和渗水现象,表明纠偏加固效果良好;从复位效果来看,车库顶板基本达到水平状态,且回落到接近原来标高位置(经测量,顶板最高处距原来位置仅 350 mm,在允许范围内),达到了预定的目的。

(上接第 50 页)

投入孔内,用冲头捣实挤压,静待一天,重复 2 次,还是不能解决漏浆问题。考虑到进度问题,通过打桩船把护筒重新往下打 7 m,才堵住漏浆。施工时,同时也配制性能良好泥浆。10-8 号桩实际嵌岩 10.9 m。

#### 4.2 灌砵时砵漏失

宁波港镇海港区 18 号泊位码头工程桩径 1.00 m,护筒顶标高 +3.90 m,护筒底标高 -9.50 m,泥面标高 -5.50 m,桩顶标高 +3.19 m,终孔标高 -48.80 m,0~23 m 为淤泥质粉质粘土。

Y5-4 号桩成孔、下笼较顺利。在砵灌注中,当砵面上升至标高 -2.00 m 时,尽管砵连续灌进,发现砵面不再上升,而在桩周围水面有气泡产生,估计砵从护筒底漏出。

采取措施:(1) 减少导管埋深,中途暂停 20 min,断断续续灌注成功;(2) 为保证灌砵的连续性,

与设计联系,同意先灌砵至标高 -3.00 m,待强度达到要求后,接桩至设计标高。

施工中首先应调节好泥浆浓度,控制进尺,减少震动,并避免相邻钻机相互影响。桩顶标高与泥面标高(或水面标高)相差较大时,建议接桩处理。

### 5 结语

总之,水域工程钻孔桩施工必须要认真编制施工方案,包括适当的施工工艺和合理有效的技术措施,才有可能使项目顺利完成。

#### 参考文献:

- [1] 高大钊. 岩土工程标准规范实施手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [2] 蒋丹阳, 薛征. 多束水下斜孔嵌岩锚固技术[J]. 探矿工程, 1997, (S1).