

# 堆载预压明沟排水固结法在 LUSAIL 场地项目的运用

刘洪

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川成都 610072)

**摘要:**堆载预压与明沟排水是软基加固常用的工程技术措施,两者结合使用,通常都能取得较好的加固效果。在软基处理工程实践中,项目一旦开始实施,若地质条件出现较大变化,此时人员、设备已进场,再调整配置、重新组织,在经济、工期上都可能造成重大损失,特别是大型国际工程,损失可能会更大;此时,如能有针对性地制定出科学合理的技术方案,不仅能很好地解决工程问题,还能取得较好的经济及社会效益。总结了以上两项技术在 LUSAIL 场地项目 1A 区软土地基的加固、加高填筑上运用取得的经验和教训,以期对类似工程参考、借鉴。

**关键词:**堆载预压;排水固结;LUSAIL 场地

中图分类号:TV52;TV51

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)05-0004-03

## 1 工程概述

卡塔尔 Lusail 项目位于多哈市北郊,南与在建的卡塔尔明珠港及多哈高尔夫球场相邻,西与阿卡候高速公路相接,东部为大海,北边为荒地。Lusail 项目最终目的是在临海的荒地上建设一个约 20 万人的滨海新城;场地准备项目通过开挖、填筑、疏浚和吹填、修筑海岛、航道、护岸、挡土墙和景观沙滩等,为 Lusail 项目下一步继续开发建设做好场地准备。

工程区域长约 7 km,宽 5 km,工程规划共分 1A、1B、1C、1D、1E、2A、2B、2C、3A、3B、3C、3D 等 12 个荒地改造、填筑区以及 DA1 和 DA2 两个开挖疏浚区,其中 1E、2C、3B、3C 和 3D 为人工岛屿;场地准备项目地面设计高程为 2.5 m,原始地面大部分区域低于设计高程,需要进行回填加高。由于该项目位置处于海岸线,受海水潮起潮落影响,部分区域海砂海泥沉积,厚度为 0~8 m,这部分软土地基需要进行堆载或换填处理。根据地质勘察报告以及 CPT 静力触探试验结果,整个路赛(Lusail)场地大部分区域基础的岩石为风化灰岩,而淤泥主要集中在最南部的 2A 区,其次是 1A 区,项目分区情况见图 1。

1A 区长约 1 326 m,宽 620 m,在其东南角有一水坑,面积约 84 m<sup>2</sup>,位于项目西南的洼地区,地势较低,地面平坦,平均地面高程约为 1 m(0~



图 1 项目分区图

1.5 m),加高回填工程量约 73 万 m<sup>3</sup>,要求于 2006 年 11 月 28 日完工。

## 2 区域地质情况

1A 区地质情况复杂:上部覆盖层厚度约 5~9 m,主要为海相淤泥、海成砂,全风化页岩、石灰岩,局部为人工回填土,其下基岩为石灰岩(sim-sima limestone),地下水位通常位于地表以下 0.3~0.5 m,顶板高程约 0~0.6 m。

## 3 堆载预压的设计及优化

设计指标:任何堆载区域自完工之日起 100 a

收稿日期:2016-08-15

的沉降量不超过 40 mm, 固结度  $U > 80\%$ ; 业主根据前述地质资料, 初步确定 1A 区的场地固结设计为: 采用大面积无排水堆载预压(海砂预压), 设计容重为  $1.8 \text{ t/m}^3$ , 最小堆载厚度为 1 m, 堆载量约 48 万  $\text{m}^3$ , 最短压载时间为 60 d, 堆载预压范围见图 2; 要求承包商在项目实施过程中进行补充勘探并做修正设计, 以确定最终的堆载参数。



图 2 原设计堆载示意图

由于承包商进场较晚(2006 年 5 月人员设备开始进场), 需要等到 7 月份才能正式施工, 如按照原设计方案进行施工, 待堆载预压料拆除后再进行场地的填筑, 则填筑施工的时间仅为 2 个月左右, 不可能实现 11 月 28 日完工的目标, 因此, 必须对原设计预压时间进行缩短优化; 同时, 由于堆载为总价项目, 堆载填筑后还需要拆出并将堆载物运至场地外几公里的弃渣场, 成本较高, 故承包商希望能尽量减少工程量。设计单位根据前期的勘探资料和进场后有限的补充勘探资料, 利用 SURFER 绘制淤泥等厚图, 依据修正的太沙基法进行优化设计, 决定采用分区堆载, 并将堆载厚度由 1 m 减小为 0.5 m, 优化后的堆载量约 18 万  $\text{m}^3$ , 卸载时间初步确定为 4~5 d, 具体依据沉降观测点的监测资料, 采用 ASAOKA 法推算出卸载拆除的时间。分区堆载优化设计情况见图 3。优化设计一方面大大缩短了堆载时间, 并且在采用分区堆载后堆载预压与填筑施工可以平行作业, 一边堆载, 一边同时进行加高填筑。对于先期堆载的区域, 其部分拆除的堆载砂料在与碎石料掺合后可用于场地的填筑, 从而达到保证工期、减

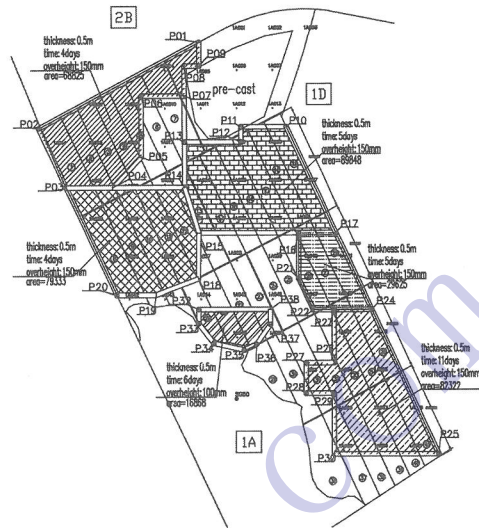


图 3 优化堆载设计示意图

少工程量的目标。

#### 4 项目的实施及问题的出现

对于 1A 区的加高填筑, 原设计方案中填筑层厚为 30 cm, 压实度采用平板荷载试验方法检测(AASHTO T 221 - 90), 弹性模量( $E_{PLT}$ )  $> 30 \text{ MPa}$ , 填筑采用开挖区爆破石料和海砂混合料, 级配要求如下:

$$d_{15} > 0.06 \text{ mm}$$

$$d_{85} < 60 \text{ mm}$$

$$d_{100} < 300 \text{ mm}$$

$$U = d_{60}/d_{10} > 3$$

有机质含量小于 1%。为满足级配要求, 爆破后的石料由自卸汽车运至加工场, 由移动式破碎站破碎后用于填筑。

项目施工规划时, 由于刚完成另一个项目, 大量的土方设备闲置, 主要有 45 t 矿用型刚性自卸汽车、TY220、TY320 推土机、11 t 双钢轮振动碾等, 刚好可以用于该项目。因此, 在进行施工策划时, 主要基于现有设备, 根据进度安排确定施工强度, 对于不足部分再新购补充, 为此, 新购了 15 台 35 t 自卸汽车和其他配套设备。项目填筑于 2006 年 6 月开始, 首先进行生产性碾压试验以确定碾压参数, 同时通过多次试验验证并经业主监理同意, 将填筑层厚由 30 cm 优化到 50 cm。加高填筑首先从东北角预制场无堆载位置开始, 自卸车从料场(或开挖区的合格料)拉料, 推土机初平后再

由平地机找平。为预防车辆沉陷,拉料的自卸汽车从运输主干道下到工作面时从已摊铺好的料上行驶至卸料点,采用进占法卸料,摊铺到一定面积后开始碾压。虽然自卸汽车是在摊铺的料上行驶,但在填筑开始不久,场地内还是出现了陷车情况。最初陷车时,可用场地内平料的推土机将车拉出,对于陷车的部位,用挖掘机将下部的淤泥挖出并经监理同意后,采用开挖区的爆破石渣料进行置换,然后继续向前推进填筑;随着填筑面的推进,陷车的部位越来越多,有时一天要陷好几次,到后来甚至有些已填筑好的部位由于重载车辆的反复行走碾压也出现了弹簧土、开裂、地下水浸出及陷车等情况,工作陷入了不停的拉车、置换处理中,进度非常缓慢,很多填筑料重新挖出后由于已混入了淤泥而不能再用,造成了很大浪费,情况严重时汽车与拖车的推土机一起陷入淤泥中,最后出现不得不调用挖掘机进行大量开挖后才爬出来的情况;到最后,整个场地几乎没有不陷车的地方,填筑区基本上无路可走、无处可填,施工很难再继续进行,基本处于停工状态。

#### 5 问题产生的原因分析与明沟排水固结技术的运用

经分析发现,出现上述问题的主要原因为:一是地勘资料不够。1A区域面积约84万 $\text{m}^2$ ,而区域内仅有六个勘察点(三个探坑、三个钻孔),加上1D、2B临近的3个点,也仅有9个,且9个点的位置分布也极不合理:三个探坑集中在区域的西南角,两个钻孔布置在区域的边界上,一个位于西北角,一个在西边界线中部,区域中间仅有一个钻孔;而补充勘探在进场后的6月中旬才开始进行,因此也做的很少,勘探资料远远不能满足地质分析研究、设计优化的需要,这是造成误判断原因之一;二是经验缺乏。施工时未认真分析地质勘探资料,对区域软弱地基可能产生的不利影响未引起重视,造成误判;卡塔尔属于干旱沙漠气候,终年少雨,年均降雨量仅约75 mm,本来认为地下水应很少,但1A区域地形为周围高,中间低,是项目区域内的一个雨水汇集区,雨水在此汇集后无法再外流排出,而炎热的气候使地表水很快蒸发,地表形成密实的硬壳层(风干的淤泥和盐)后地下水很难再靠蒸发排出,导致硬壳层以下土体含水量仍然很高;施工之初,在安装临时沉降观测点

时,因硬壳层具有一定的强度、下部土体结构尚未破坏,场地内可以行驶皮卡、平板车等轻型车辆,仅偶尔出现过陷车情况,因此沉降观测点的安装进行得较顺利,故认为填筑也可以顺利进行而忽略了地质报告中覆盖层含水量大、水位仅在地表以下30~50 cm的问题,以及填筑采用大吨位的矿用型车的特殊情况(该车仅自重即34 t,较一般车辆重近一倍,加上载荷总重约80 t),对基础的承载力要求亦更高;另一方面,预压堆载设计优化后,堆荷载小、预压时间短,虽然采用了透水材料,但忽略了表层土壤结构密实、渗透系数很小(小于 $10^{-8}$  m/s),致使预压的排水效果较差,固结程度不够,不能承载重型车辆;填筑时,在载重汽车来回行驶、震动碾来回振动碾压的作用下,其下部土体液化而失去承载力,地表硬壳层下沉被地下水浸泡变成淤泥,因此,地下水和车太重是造成问题的主要原因;司机为抢时间,不按规定路线行驶,满场地乱跑也加快了对软基的破坏。

根据以上分析得知,解决问题的关键还在于对地基的加固和减少扰动。为此,有针对性的制定了明沟排水、条带法施工方案。首先从进入1A的道路开始,沿纵向边界修筑一条道路,横向三条,将场地分为三个区段,道路采用开挖区爆破石渣填筑,路面高程2.5 m;在一区段和二区段中部横向开挖主排水沟,纵向间隔50 m开挖支排水沟,排水沟深3~4 m,主沟宽1.5 m,支沟宽1 m左右,在排水沟端头设置集水坑,水泵抽水,洒水车运出场地,部分用于道路维护,其余全部排放到海里;横向道路、主、支沟将整个填筑区域分成了长约250 m、宽50 m左右的填筑条带,每条带一层的工程量约为一个班组一天的工作量,道路及排水沟的布置情况见图4。第一层填筑根据地形,按从高到低的原则排水约一周后,沟内的水位下降并稳定在地面以下2.5~3 m时拆除预压堆载料后开始填筑;支排水沟两边条带第一层填筑完成后,进行支沟的回填。同时,还规定所有车辆在场内必须从修建的道路进入填筑面,填筑采用进占法卸料,不准在未铺料的原始地面行驶,以减少对地基的扰动。在填筑至最后一层时进行道路的拆除,对于拆除的石渣,采用移动式破碎站破碎加工成合格料后用于道路部位的分层填筑和最后

(下转第18页)

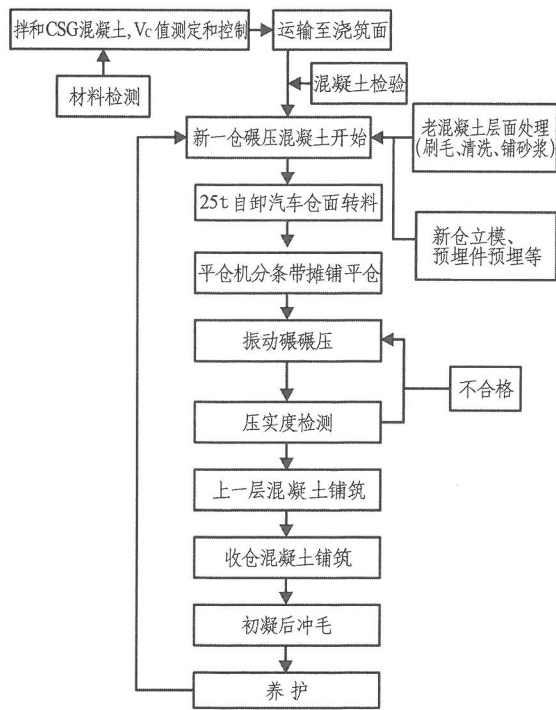


图 3 施工工艺图

(4) 无需温控措施:水泥用量低,其温升亦很低。

(5) 抗冲能力强,透水性相对较大。

(6) 绿色、安全、环保。

### 7 结语

CSG 筑坝作为一种新型筑坝技术,合理地拓宽了利用河床天然砂砾石料掺加少量胶凝材料胶结成具有一定强度的干硬性坝体。该技术适应范围广,在工期、造价、安全环保等多方面具有很大优势,是今后围堰和中低坝填筑的发展方向。南欧江五级水电站纵向围堰应用该项技术虽然取得了初步成效,但仍需将许多难题做进一步的研究和探讨。

#### 作者简介:

施东松(1986-),男,河南南阳人,工程师,学士,从事水利水电工程试验检测工作;

伍一(1957-),男,四川仁寿人,高级工程师,从事水利水电工程试验检测工作;

李月华(1977-),男,重庆市人,工程师,学士,从事水利水电工程试验检测工作;

郑强(1976-),男,重庆荣昌人,助理工程师,从事水利水电工程试验检测工作;

孟怀秀(1986-),女,重庆江津人,工程师,学士,从事水利水电工程试验检测工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 6 页)

一层的填筑。采用以上措施后,基本没有出现陷车的情况,填筑顺利进行,到 11 月 25 日,提前三天完成了该节点目标,其基础固结、填筑质量根据对临时沉降观测点(间隔 50 m 布置)和永久沉

降观测点的观测检查数据进行分析得知,结果满足合同技术规范要求,达到了设计目标,顺利通过了业主、监理组织的验收。

### 6 结语

明沟排水和条带法在该项目的运用,加快了软地基的固结速度,解决了矿用型刚性自卸汽车不能使用的问题,现场施工井然有序、忙而不乱,使堆载预压优化方案得以成功实施,为填筑争取了约一个半月的时间,不仅提前完成了合同节点目标,还减少了几十万  $m^3$  的堆载工程量,为项目创造了巨大的经济效益;同时,项目部具有的技术能力也获得了业主、咨询工程师的肯定,为项目赢得了良好的社会效益。明沟排水相对于排水板等其他技术措施具有简单易行、工程量小、成本低、效果好的特点,对类似工程具有一定的借鉴意义。

#### 作者简介:

刘洪(1968-),男,四川简阳人,国际公司总工程师,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)



图 4 排水沟及道路布置示意图