

软塑性粉质粘土对强夯法加固地基的影响实例与分析

• • • • 阳作裕

(福建厦门市武警水电第八支队)

强夯法又称动力固结法,这种方法是将大吨位的夯锤(一般为100~400KN)提升至6~40m高度后自由落下,给地基土以强大的冲击能量的夯击。它是基于动力压密和动力固结原理,是在极短的时间内对地基土体施加一个巨大的冲击能量破坏土体原状结构,迫使土体孔隙压缩,土中局部液化,在夯击点周围产生裂隙,形成良好的排水通道消除空隙压力水,使孔隙水和气体逸出,土粒重新排列,孔隙挤密,经时效压密达到固结,从而提高地基承载力并降低其压缩性。广州新白云国际机场南方航空公司基地停机坪工程采用填筑前强夯法加固地基技术对液化砂土地基进行抗液化处理。

一、工程地质概况

该工程位于广州新白云机场东北角,施工场区处于山丘包围的低洼地,场地原始地貌属冲积平原间剥蚀残丘边缘地带。根据地质勘察资料,其中有3.63万m²区域内赋存有1.1~3.7m厚的液化砂土层,液化砂土的上覆层为淤泥、淤泥质土或软塑性粉质粘土,下卧层为含水砂层,地下水活动频繁,水位较高,水量较大。强夯区内有1/3为沟塘,塘底表面覆盖淤泥;2/3为农田,表层为耕植土。根据土的类别及其物理力学性质划分为:

1) 耕植土:浅黄色、灰褐色,湿~稍湿,可塑,含大量植物根系。

2) 淤泥:灰黑色,饱和,流塑。

3) 粉质粘土:灰色、灰褐色、灰黄色、黄褐色等,湿~稍湿,软塑或可塑。粘性较好或较强,其土性主要为粉质粘土,局部为粉土,层厚0.9~5.5m,层面埋深一般小于1.0m。

4) 细砂、中砂:灰白色、灰黄色,饱和,松散~稍密。含少量粘性土或泥质。层厚1.1~

3.7m,层面埋深0.7~6.7m。具中等液化势,该层为须处理的液化砂土层。

二、工程设计方案

设计采用土石方填筑前进行强夯法抗液化处理。在强夯范围内,清除表层耕植土后及沟塘处理后的地面上摊铺50cm厚的风化炭质页岩和砂质混渣料垫层,推平后进行点夯和满夯。点夯时,夯坑周围地面最大隆起不超过20cm。点夯后推平,1周后进行满夯。点夯和满夯的设计参数如下:

1) 点夯:单击击能3000KN·m,夯点布置为正方形,夯点间距3.50m,一遍连续施工,锤底静压力为30~40KPa。点夯收锤采用双控指标:满足击数12~15击,最后两击平均下沉量≤5cm。

2) 满夯:单击击能800KN·m,夯点布置为搭接形,搭接 $d/4$ (d 为夯锤直径),锤底静压力30~40KPa。满夯停夯标准:满足击数3~5击,最后两击平均下沉量≤3cm。

三、工程施工情况

强夯区根据沟塘处理情况划分为沟塘处理区和非沟塘处理区,见图1。沟塘处理区已按设计要求换填处理,即把淤泥、淤泥质土及部分软质粘土挖除,并用粒径为0~25cm花岗岩混石填筑至地下常水位以上30cm标高处,非沟塘处理区清除耕植

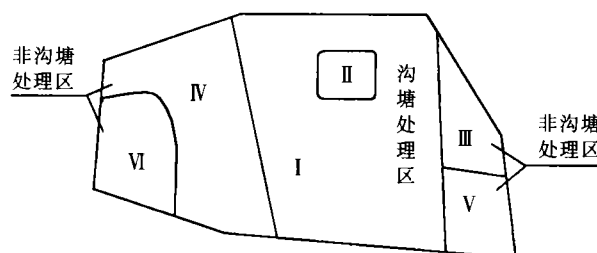


图1 强夯区示意图

土后回填 50cm 厚风化炭质页岩和砂质混渣料垫层。大面积强夯施工前, 先进行试夯。

1. 试夯及强夯参数调整

沟塘处理区选 2 点, 非沟塘处理区选 3 点进行试夯。试夯根据设计参数进行, 因收锤标准达不到设计要求, 经过多次施工工艺的改进和试夯, 根据试夯结果, 设计院对设计参数进行调整如下 (其余参数按原设计):

1) 夯坑及非沟塘区垫层填料采用粒径为 0 ~ 25cm 花岗岩混石。

2) 点夯最后 2 击平均夯沉量放宽至 10cm, 满夯最后 2 击平均夯沉量放宽至 5cm。

3) 当不能满足上述收锤标准时, 应当增加点夯遍数和在夯坑内加填料等方法, 保证最后两击的平均夯沉量。单点夯击数可超过 15 击, 但夯坑深度控制在 1.5 ~ 1.8m。

2. 强夯施工

1) 沟塘处理区强夯施工

由于沟塘处理区全部换填为 0.5 ~ 5.6m 不等厚度的花岗岩混石, 强夯垫层即为该混石垫层。根据调整后的强夯参数进行强夯, 点夯点数共 1369 点, 单点夯击数为 15 击, 其中第一遍 1230 个点达到收锤标准。另 139 个点未达到收锤标准, 该区域内的软塑性粉质粘土被挤压于表层, 隆起值较大。因此清除该范围内表层软质粘土 1.0m 厚, 回填花岗岩混石推平后进行第二遍点夯, 单点夯击 7 击达到收锤标准。间隔 1 周后推平进行满夯, 满夯单点平均夯击数 4 击, 达到满夯收锤标准。

2) 非沟塘处理区强夯处理施工

非沟塘处理区强夯垫层现更换为花岗岩混石垫层。强夯点夯点数为 1572 点, 第一遍点夯都达不到收锤标准。第一遍点夯 4 ~ 5 击, 夯坑深度达到 1.7m 左右, 按要求在夯坑内填满花岗岩混石推平后再进行第二遍点夯, 有 864 个点单点平均夯击 11 击后, 达到收锤标准。但仍有 708 点不能收锤, 起锤困难, 大块软塑性粉质粘土被挤压于表层, 隆起值很大, 清除表层粉质粘土 1.0m 后, 回填花岗岩混石推平进行第三遍点夯。该 708 点点夯单点平均夯击 11 击后达到收锤标准。点夯结束后

使空隙压力水消除, 间隔 1 周进行满夯, 满夯单点平均夯击数 4 击达到设计要求。满夯后推平碾压, 一周后进行地基强度检测。

强夯区施工完实际点夯、满夯遍数等如下表:

施工区域	点夯遍数	夯点数	总夯总数	满夯遍数	单点击数
沟塘处理区	I	1	1230	1369	1
	II	2	139		4
非沟塘处理区	III (IV)	2	864	1572	1
	V (VI)	3	708		4

四、强夯效果检验

按设计技术要求, 委托深圳地勘院采用静力触探, 标贯和平板载荷三种试验方法进行检测。静力触探和标贯分别检测 8 个点, 其中沟塘处理区 3 个点, 非沟塘处理区 5 个点; 平板载荷检测 3 个点, 其中沟塘区 1 个点, 非沟塘区 2 个点, 其结果如下:

1) 根据静力触探试验成果, 8 个试验点的比贯入阻力 PS 当量值为 10.51 ~ 19.84MPa, 大于设计要求的 6MPa。

2) 根据标准贯入试验成果, 8 个试验点的标贯击数当量值为 15.0 ~ 26.0 击, 大于设计要求的 10 击。

3) 根据平板载荷试验成果, Q ~ S 曲线较平缓, 沉降较均匀, 无明显陡降点。其地基承载力值均大于或等于 500KPa, 满足设计要求的 250KPa。

根据上述检测判定, 地基土 (原液化砂土层及其上覆层) 强夯加固效果良好, 能满足设计要求。

五、结果分析

沟塘处理区大部分区域点夯一遍即达到设计要求, 该区域根据勘察资料, 原地基淤泥质土下为砂土层, 粉质粘土层缺损, 换填时清除淤泥质土后, 强夯垫层下为砂土层, 因清除沟塘内淤泥和淤泥质土后换填花岗岩混石置换进行强夯处理, 改变了土体的结构, 加强土的承载力; 局部进行第二遍点夯区域原地基淤泥质土下存在厚度不等的软塑性粉质粘土层, 由于该层粉质粘土换填时未清除, 强夯垫层下卧层为粉质粘土层, 致使第一遍点夯时粉质粘土被挤压于表层, 隆起值较大, 难于达到设计要求。非沟塘处理区强夯混石垫层下为清除耕植土后的软塑性粉质粘土层, 该土层厚度较厚。由于该土层的影响, 第一遍点夯时隆起值较大、夯坑较深,

效果差,点夯达不到设计要求,补填混石后进行了第二遍点夯。有部分区域清除粉质粘土,补填混石进行第三遍点夯才达到设计要求。

根据以上结果并结合地质资料分析,强夯垫层下存在软塑性粉质粘土层区域点夯一遍都达不到设计要求,该土层越厚区域点夯遍数越多。由于软塑性粉质粘土压缩性差且为弱透土层,强夯施工时,夯坑周边隆起值大,根据强夯原理,土体难于形成通道排出空隙水和气体,达不到压密效果。且该土层强夯时传递强夯瞬时能量的能力差及能量损耗大,使得其下液化砂土层挤密固结效果差。经清除表面该土层补填混石后,强夯时混石被压入该土层中,起到了置换作用形成混石土柱,改变了土体原

状结构,从而起到了强夯效果。

六、结语

该工程强夯区液化砂土上覆层软塑性粉质粘土对强夯施工影响较大,对原设计参数调整较多。为达到强夯设计要求,强夯施工时,采用了增加点夯遍数和夯击数、回填混石、清除表层粉质粘土等方法。同时施工期间通过不间断强制排水降低地下水位来增加夯实效果和降低地基土的含水量。

为消除表层软塑性粉质粘土对强夯施工的不利影响,通过以上工程实践,亦可采用铺筑强夯垫层前清除表层软塑性粉质粘土约 1.0m 厚,换填其它强度高、质量好的强夯垫层料的方法进行施工。

(上接第 29 页)

泥、生石膏粉、外加剂投入泥浆拌和机中加水搅拌,搅拌时间不少于 3 分钟,过滤后输进储浆筒(储浆筒中的泥浆要搅动,不宜存留时间过长)然后再输入泥浆挤压泵。泥浆拌和机和泥浆挤压泵一定要有专人负责操作,控制设备正常运行。一旦压力不正常或泥浆供应不上应及时通知钻机停钻。

施工时供浆必须连续,严禁中断,如遇事故必须停止施工时,对于没有施工完成的桩要重新施工。

每次停止施工超过 20 分钟都要用清水冲洗泥挤浆泵和输浆管避免泥浆堵塞供浆设备。

搅拌杆必须垂直、偏差不得大于桩长的 1.5%,并悬挂重球测定。

在确认水泥浆从喷孔喷出的情况下泥浆挤压泵开一挡送浆,搅拌桩钻机顺时针匀速向下钻进,钻至要求深度(在此深度处喷浆搅拌 1 分钟),然后泥浆挤压泵开二挡送浆,搅拌桩钻机逆时针匀速向上提至地面,再改一挡送浆,钻机顺时针匀速向下钻进 1/3 桩长后停止送浆,钻机继续钻至要求深度,改逆时针匀速向上提至地面。在移机前用压板将桩头压紧。如遇搅拌时桩体土与钻机同步转动时可对桩体土施加压力制止桩体土转动,必要时可调整搅拌叶片水平夹角或水泥浆的稠度。

每台班要做水泥土检验块一组,并且每根桩要有施工时间记录。

在施工过程中每次将钻头提出地面时操作人员要观察钻头出浆孔是否喷浆,钻头叶片长度是否满足设计要求,如果不正常应及时更换。

成桩 30 天后去掉 50cm 桩头土,并整平桩间土。验收合格后,填铺 70cm 厚塘渣过渡层,过渡层按 20cm~30cm 分层碾压。过渡层上部填铺厚度为 40cm 的半刚性基层,道面为 35cm 厚水泥混凝土面层。在新扩建站坪与原站坪接合部位设 1m 宽的过渡段,过渡段的结构为半刚性基层上部铺 20cm 厚水泥混凝土,水泥混凝土上部铺 15cm 厚沥青混凝土。

机场站坪扩建部分于 1997 年底竣工使用,根据竣工后的观测,扩建部分沉降量在预测范围内。

六、结论

水泥搅拌桩比其他加固方法经济、造价低(6 元/m³),施工速度快,一般 45 分钟可施工完一根桩。

施工时无噪音,无振动,对周边环境无污染,可昼夜施工。

水泥搅拌桩可以对滨海相地区进行深层软土地基加固。

施工的人力和机械设备投入相对较少。

桩与过渡层的共同作用可以有效地控制地基的不均匀沉降。