

强夯置换在高水位淤泥地层地基处理中的应用

常玉军 孔锁财 张吉庆

(青岛瑞源工程集团有限公司, 山东 青岛 266555)

【摘要】 本文通过青岛防潮坝工程地基处理中强夯置换工艺的应用,简要介绍了淤泥地层的处理方法以及强夯置换法的选择、加固机理、设计要点和施工质量控制要点。实践证明:强夯置换法处理高水位淤泥地层经济、合理。

【关键词】 强夯置换法;高水位地基;处理

中图分类号: TV223

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2017)04-0062-03

Application of dynamic compaction replacement in silt stratum foundation treatment with high water level

CHANG Yujun, KONG Suocai, ZHANG Jiqing

(Qingdao Ruiyuan Engineering Group Co., Ltd., Qingdao 266555, China)

Abstract: In the paper, the treatment method of silt stratum, selection of dynamic compaction replacement methods, reinforcement mechanism, design key points and control key points of construction quality are introduced briefly through applying dynamic compaction replacement technology in Qingdao Dam Project foundation treatment. Practice shows that it is economic and reasonable to treat silt stratum with high water level by dynamic compaction replacement methods.

Keywords: dynamic compaction replacement method; foundation with high water level; treatment

淤泥等软土具有含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低、渗透性差、固结时间长等特点,一直是工程建设中的难点。本文针对青岛防潮坝地基处理工程,探讨强夯置换法在高水位淤泥地层中的应用。

1 工程概况

青岛防潮坝工程位于胶州湾北岸,全长 3.48km,坝顶高程 4.40m;施工现场高程为 -1.00 ~ 1.50m。

地质条件:①层素填土($Q4^{al}$),黄褐色,松散,稍湿—湿,主要有黏性土及粉土组成,局部回填碎石,结构杂乱;②层淤泥质土($Q4^{ml}$),灰色—灰黑色,湿—饱和,松散,以淤泥质粉质黏土和淤泥质粉土为主,有少

量的砂粒及贝壳碎屑,局部为淤泥质中细砂及粉砂,稍具腥臭味;③层粉质黏土($Q4^{al+pl}$),黄褐色,湿,刀切稍光滑,干强度中等,见少量的铁质渲染,局部混有少量的中细砂颗粒;④中粗砂($Q4^{al+pl}$),黄褐色—浅黄色,稍湿,稍密—中密,主要成分为长石、石英,局部混有少量的黏性土。淤泥层厚度 3.40 ~ 9.20m,地基承载力较低,长期处于饱和状态,呈流—软塑状态。

淤泥层的处理是工程的重点、难点,如果不能很好解决淤泥层的固结问题,工程建成后由于上部荷载长期作用,淤泥层残余沉降会较大,导致基础不均匀沉降引起建(构)筑物破坏,将严重影响建筑工程质量。

2 施工方案选择

淤泥质地层属微透水地层,且该处淤泥长期处于水位线以下,富含饱和水,自然状态无法排出,必须对淤泥层施加外力并形成排水通道,将淤泥中饱和水排出后才能提高淤泥土承载力。处理方式一般采用换填法(或抛石挤淤)、堆载真空预压法、高真空挤密法和复合地基等多种地基处理方法。

原设计采用高真空挤密法,但由于施工现场遍布虾池,坝体含有大量石块,且此工艺不宜回填碎石,道路形成困难,造价高,经现场勘察此工艺无法实施;由于淤泥层较厚,换填法和复合地基等处理方法造价高而不宜采用,经专家论证,决定采用强夯置换法地基处理工艺。

3 强夯置换加固地基机理及类别

强夯置换法是利用强大的夯击能给地基以冲击力,并在地基中产生冲击波,在冲击力作用下,夯锤对上部土体进行冲切,土体结构破坏,形成夯坑,并对周围土进行动力挤压的一种地基处理方法。强夯置换既可对淤泥施加足够的竖向和横向压力,又可形成排水通道,解决淤泥土的排水固结问题;施工初期即可对场区进行碎石回填,形成施工道路及施工面,原场区存在的石坝、涵洞等经平整后即可作为回填材料,场地条件不受限制,可大面积作业,回填碎石部分又可重复利用。强夯法具有施工设备简单、施工速度快、加固效果显著、造价低廉等特点。

3.1 动力固结

强夯法处理细颗粒饱和土的加固机理主要是动力固结。夯锤自由落体,势能转化为动能,巨大的冲击能量在土中产生很大的应力波,应力波导致土体原有结构破坏,土体局部液化并产生裂隙,裂隙的产生增大了排水通道。一部分能量对土颗粒做功,导致土体颗粒逼近;另一部分能量传递到土颗粒中的水,导致孔隙水压力升高。超孔隙水压力消散后,土体固结。由于软土的触变性,强度得到恢复。

3.2 动力密实

强夯法加固粗颗粒、非饱和土的机理主要是动力

密实,即夯锤自由落体产生冲击型动荷载对土体做功,使土体中的孔隙减小,土体变得密实,从而提高地基土强度。非饱和土的夯实过程,就是土中的气相(空气)被挤出的过程,其夯实变形主要是由于土颗粒的相对位移引起。

3.3 动力置换

动力置换可分整式置换和桩式置换。整式置换是采用强夯将碎石整体挤入淤泥中,其作用机理类似于换土垫层。桩式置换是通过强夯将碎石填入土中,部分碎石桩(或墩)间隔地夯入软土中,形成桩式(墩式)的碎石桩(墩),其作用机理类似于振冲法形成的碎石桩,整体形成复合地基。

由于强夯加固高饱和度、低透水性淤泥等软土时,对土体结构破坏很大,产生的超孔隙水压力难以消散、土体强度恢复时间较长,严重影响了强夯法的进一步推广应用。基于上述机理,逐渐发展了一种利用传统强夯的施工设备,以夯坑中填充粗粒材料产生置换作用为主要加固机理的新工艺,称为强夯置换。

强夯置换施工采用挤土置换法,即用传统强夯法夯出一个夯坑,在夯坑内不断添加石块、碎石或其他粗颗粒材料,强行夯入并排开软土,在软土地基中形成大于夯锤直径的碎石桩墩,这种碎石桩墩一方面有置换作用,使(构)建筑物荷载向桩体集中;另一方面是强夯加密作用,在对碎石强夯过程中,通过碎石向下的不断贯入,使碎石桩下的土层受到冲击能影响,从而得到加密,另外,碎石桩有一个向四周的侧向挤压,也使桩侧的土层得到加固;此外,碎石桩也起到了一个特大直径排水井的作用,由于强夯法加固细颗粒土时,是通过冲击能的作用使地基土压缩并产生裂隙,增加排水通道,使孔隙水顺利逸出,随着孔隙水压力的消散而提高土体强度。所以工程界普遍认为,在强夯处理这类地基时必须给予排水的路径,而强夯置换法夯入淤泥土中的碎石桩在夯实并挤密软土的同时也为饱和土中的孔隙水排出提供了顺畅的通道,加速了软土在强夯过程中和夯后的排水固结,提高了桩间土的强度,与碎石桩形成复合地基。

4 强夯置换设计要点

墩体采用梅花形布置,在防潮坝坝基范围内满堂

布置,坝基周围每边外扩一排墩体保护带,墩间距取夯锤直径的两倍;强夯置换墩的深度根据淤泥质土的厚度确定,小于7m的区段,采用落底设计,置换墩穿透软土层,着底在较好土层上;淤泥质土厚度超过7m区段,设计墩体长度为7m。

墩体材料采用级配良好的开山块石、碎石等坚硬粗颗粒材料和原场区存在的石坝、涵洞为主,要求控制粒径大于300mm的颗粒含量不宜超过全重的30%。

单击夯击能、夯点的夯击次数及预估地面抬高值根据现场试夯确定。要求累计夯沉量(指夯点在每一击下夯沉量的总和)为设计墩长的两倍;最后两击平均夯沉量不大于50mm。

5 施工质量控制要点

5.1 夯点位置控制要准确

夯点为两遍间隔布置,应确保夯点定位准确,一般

误差在10cm以内,碎石桩不应相互影响、相互破坏,保证排水通道完整顺畅。

5.2 碎石含泥量的控制

为保证排水效果,碎石含泥量应小于5%,石质坚硬,风化少,单块碎石不宜大于200kg。

5.3 夯击能量及夯锤直径

夯击能量是确保地基处理效果和深度的重要指标,按设计要求保证夯击能量准确,达到处理效果。

强夯置换就是在夯点处用碎石置换淤泥,夯锤应直径小、高度大,有利于夯击能向下传递,形成细长桩体,同时,向周围淤泥形成挤压作业。

6 检测结果

经竣工检测,地基承载力特征值 $f_{ak} = 160\text{kPa}$,满足建(构)筑物地基承载力的要求,具体检测参数见下表。

检测参数表

特征项目	W/%	$\gamma/(\text{kN}/\text{m}^3)$	e_0	I_1	I_p	剪切		压缩试验	
						C/kPa	$\Phi/(\text{°})$	a_{1-2}/MPa^{-1}	E_{s1-2}/MPa
样本数	2	2	2	2	2	2	2	2	2
最小值	23.2	2.72	0.643	0.28	12.3	15.0	7.8	0.25	6.35
最大值	30.6	2.72	0.841	0.77	13.7	17.0	12.1	0.29	6.57
平均值	26.9	2.72	0.742	0.53	13.0	16.0	10.0	0.27	6.46
标准差	5.2		0.14	0.35	1.0	1.4	3.0	0.03	0.16
变异系数	0.19		0.19	0.65	0.08	0.09	0.31	0.10	0.02

7 小结

淤泥质土透水性差,特别是水位较高时,淤泥质土的自然固结时间长,必须对其施加一定外力并创造足够的排水通道,淤泥质土才能在相对较小的时间内固结,强夯置换法较好解决了上述问题,不仅工期短、工程造价低,而且较高真空挤密法节省23%。青岛防潮坝工程经两年使用,未出现不均匀沉降,坝体结构完好,经专家验收合格,获得了中国水利工程优质(大禹)奖。◆

参考文献

[1] 张广英,潘玉军. 水利施工中软土地基处理技术探讨分析

[J]. 中国水运,2012(2):154-154.

[2] 梁其东,韩淑婷,张鑫. 沿海滩涂地区供水管道软基处理方法[J]. 水利建设与管理,2014(9):11-14.

[3] 李春华. 软基处理在水利施工中的应用[J]. 水利科技,2014(8):16-19.

[4] 郭进国. 坝基强夯工程施工及其监理控制探讨[J]. 中国水能及电气化,2014(12):12-14.

[5] 陈铭辉. 动力置换强夯加固软土地基试验[J]. 水利建设与管理,2011(10):60-65.

[6] 王桂福. 强夯法在西沙水库大坝基础处理中的应用[J]. 水利建设与管理,2007(8):11-13.

[7] 叶观宝. 地基加固新技术[M]. 北京:机械工业出版社,2002.