

无填料振冲密实法在人工岛地基处理中的应用

李雪梅

北京水规院京华工程管理有限公司 北京 100000

摘要: 某人工岛项目,护岸工程采用抛石斜坡堤以及直立式沉箱结构,岛内采用回填砂形式。为减小建筑物地基不均匀沉降、提高地基承载力,采用无填料振冲挤密法对基础范围的回填砂进行加固,使振冲后的地基达到中密至密实状态。结合该人工岛项目工程实例,介绍无填料振冲密实法在中粗砂地基处理中的应用情况。

关键词: 无填料;振冲密实;地基处理

1 振冲密实法作用机理

振冲法^[1]是在处理砂土地基时利用振冲器的强力振动和水冲,使砂层发生短暂液化或结构破坏,砂颗粒重新排列,孔隙减少,同时依靠振冲器的强迫水平振挤作用,将补充的砂振动挤压密实,从而有效地提高了地基的承载力,减少了沉降。目前,振冲密实法处理砂土类地基主要有无填料加固和填料加固两种方法。

2 工程概况

2.1 工程总体介绍

本工程项目位于XX市,有通达的各类交通设施,区位优势十分明显。该项目主要由2027m斜坡堤护岸、518m沉箱结构和540万方岛内回填砂砂成,回填砂标高为+5.5m,形成陆域面积约38万平方米,振冲密实面积约34.7万平方米。

2.2 回填砂性质

岛内回填砂都是由皮带船在指定采砂区采砂完成后运输至施工现场,由推土机及装载机等机械推平至设计标高+5.5m。护岸后方的棱体砂为中粗砂,含泥量不大于5%,内摩擦角不小于32°,除此之外的大面积回填砂仅有含泥量不大于10%^[2]的要求,但此项目回填用砂质量较好,多数为中粗砂。

2.3 检测技术要求

表1 检测技术指标

序号	项目	设计指标	检测频次	备注
1	标准贯入	≥15击	工前:每10000m ² 检测1个测点 工后:每10000m ² 检测6个测点	
2	荷载试验	≥120 kPa	工后:每30000m ² 检测3个测点	

3 振冲设备的选择

振冲器是无填料振冲挤密法中最关键的技术设备,根据回填砂性质及振冲密实设计要求,并结合以往工程

的施工经验,选用了ZCQ-100功率的振冲器、22kw的水泵,其单个水泵流量为330~350L/min,水压控制在0.5MPa左右,采用55t履带吊起吊振冲设备,振冲管长14m,采用功率为400kw及600kw的发电机。

表2 ZCQ-100型振冲器技术参数表

项目	参数
电机功率/KW	100
转速r/min(变频)	1450(1800)
额定电流/A	200
激振力/KN	196.2~294.3
外径/mm	426
长度/mm	2850
振幅/mm	≥14
质量/kg	2200
工作桩径/mm	1000-1200

为研究无填料振冲挤密法对回填砂地基的适宜性,探讨不同施工工艺对其加固效果的影响。结合施工经验和规格书要求,试验采取了如下工艺措施:

(1) 选择适当的造孔水压和水量。造孔水压大小取决于振冲器的贯入速度和土质条件。造孔速度慢或土质坚硬可加大水压力,反之宜减少水压。一般造孔水压可控制在0.20~0.60 MPa。

(2) 控制振冲器下降和上提速率。为避免振冲不充分和漏振,保证施工质量,振冲时应严格控制振冲器上提间距、速率及下降速率。下降和上提速率不宜超过3.0 m/min,上提间距宜为50 cm。

(3) 采用双机共振施工工艺,有效限制振冲流态区的发展并扩大挤密范围,提高振冲加固效果,试验区密室电流按1.5A₀-2.0A₀控制。

(4) 工程区场地为中粗砂土地基,根据《水电水利工程振冲法地基处理技术规范》(DL/T 5214-2016),地基加密效果采用标准贯入试验进行检测,砂性土宜在施工7d

后进行，先做检测试验，然后进行一次性验收。

4 振冲试验区施工

振冲密实典型施工是为后续大面积施工选取更有利的施工参数，如留振时间、孔距、振点布局、密实电流等，同时也检验了振冲设备的性能及适应性。振冲试验区选取了2.5m、3.0m及3.5m三种孔距，每种孔距面积为5000m²，共15000m²，振点按正三角形布置。

4.1 振冲工艺流程

施工流程：平整场地→组装设备，接通水电→测量放线，布置桩位→振冲施工设备就位→下放振冲器至砂面标高→启动高压水泵及振冲器钻孔下沉→慢速振沉至桩底，留振60s→上提振冲器，上提速率约为3m/min，每次上提高度为0.5m，并保持留振时间为30s，逐段振冲密实至孔口→孔口（振冲器孔内深度为1m）留振60s→记录施工参数→成桩结束，关闭水泵及振冲器，移至下一根桩。

4.2 密实电流的控制

根据电流表的读数，时刻观察电流的变化，振冲器每提升一次，观察电流表上的电流变化。该振冲器空载

电流正常值A₀为80A，留振密实电流值需满足（1.5~2.0）A₀，达到该电流值说明已振密。

4.3 振冲后砂基检测

4.3.1 检测点布置

本工程根据检测要求和现场实际情况布置检测点，如图1所示，标贯检测点为A1~F1共6个；荷载试验的检测点共3个，为HZ1~HZ3。

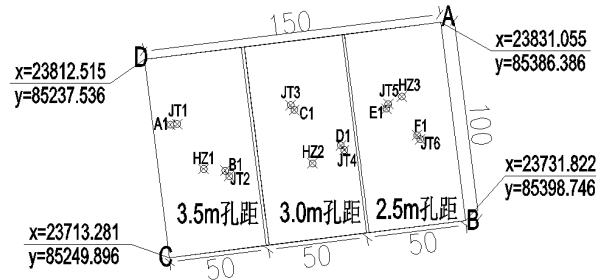


图1 振冲试验区检测点位置图

4.3.2 检测结果

(1) 标贯检测

表3 标贯检测结果

测点编号	修正后基数平均值	各孔击数标准值	各孔承载力特征值 (kPa)	试验区位置	备注	
A1	加固前	5.65	3.73	136.11	孔距3.5m试验区	试验深度10m以下
	加固后	14.46	11.68	191.76		
B1	加固前	7.44	5.40	147.80		
	加固后	12.46	10.88	186.16		
C1	加固前	8.12	4.55	141.85	孔距3.0m试验区	
	加固后	16.59	15.06	215.42		
D1	加固前	6.29	3.84	136.88	孔距2.5m试验区	
	加固后	18.41	16.13	222.91		
E1	加固前	5.67	3.48	134.36		
	加固后	21.55	14.96	214.72		
F1	加固前	8.21	4.77	143.39		
	加固后	20.44	15.82	220.74		

结论：从检测结果分析，在做振冲之前的原状土与做过振冲施工的数据对比，可以发现经振冲后的土层标准贯入击数有较大的提高。除了3.5m孔距区的修正后贯入击数平均值不满足设计要求外，3.0m孔距与2.5m孔距

区修正后贯入击数均大于设计要求的15击。承载力特征值均大于设计要求的120KPa。

(2) 荷载检测

表4 荷载试验检测结果

试验编号	试验点位置	总加荷量P (KPa)	原始总沉降S (mm)	修正后总沉降S(mm)	比例界限压力P (KPa)	承载力特征值 (KPa)	变形模量 (MPa)	试验标高 (m)
HZ1	3.5m孔距区	240	12.70	12.59	120	120	17.36	4.50
HZ2	3.0m孔距区	240	12.90	12.78	120	120	17.59	4.50
HZ3	2.5m孔距区	240	6.80	6.87	150	≥120	38.35	4.50

结论：荷载试验点HZ1、HZ2比例界限120KPa，HZ3点比例界限150KPa，地基承载力均满足设计要求。HZ3

点的沉降量较其他两个区域明显偏小,说明HZ3点的承载力和变形特征性都优于HZ1及HZ2两点^[3]。

4.4 振冲试验区结论

4.4.1 施工参数确定

通过检测数据对比分析,3.5m孔距的施工参数有不符合设计要求的,故不考虑3.5m孔距。2.5m孔距与3.0m孔距施工参数均符合设计要求,但从施工进度与经济效益出发,3.0m孔距较2.5m孔距好。

综上,本工程振冲密实选取3.0m孔距为施工间距,振冲器空载电流A0为80A,振密电流为(1.5~2.0)A0,孔底留振约60s,每上提0.5m留振约30s,孔口留振约60s。

5 大面积施工存在问题及解决办法

振冲试验区施工结束后,尽管得出了较为合理的施工参数,为大面积振冲施工提供了可靠的数据支撑。但由于试验区的施工局限性及回填料的不均匀性,局部的问题并没有完全表现出来,在大面积振冲施工过程中,遇到了以下问题并为此提出了解决的方法。

5.1 振冲器下沉难,上拔难、抱死问题

在振冲施工过程中,当振冲器下沉到3~5m密实电流超过了额定电流,而穿过5m时恢复正常,此现象一直存在。局部桩位,当振冲器深度达到8-10m时,振冲器不再下沉,而此时离设计深度还差4-6m,如继续加振,密实电流都超过了额定电流,烧坏机械设备,使得振冲器被“抱死”在砂土内的现象,导致施工被迫停止。

导致下沉难的主要原因:由于回填料为中粗砂,含泥量小,透水性较好,靠原振冲器喷水端的水压不能令砂完全液化,导致下沉困难。

导致上拔难的主要原因:局部桩位留振时间过长,使得振冲器周围的砂质过密,“抱死”振冲器。

为解决上述振冲器下沉困难、抱死现象,现场对振冲器水管作出改进,加粗水管管径以及加大水压,将振冲器下沉时的水压控制在0.8~1.0MPa,通过增大供水流量以及增强水压的方法、安排专人控制留振时间、做施工记录,明显改善了振冲器下沉困难和上拔振冲器“抱死”的问题。

5.2 振冲后上部1.5m深度内加密质量欠缺

1.5m深度内加密质量欠缺这是振冲施工常遇到的情况,主要原因是振冲器上提至顶面时留下直径约1.0~1.5m的孔洞,经整平后,表层约1.5m范围内砂不够密实。对此,振冲完成后,使用18T振动压路机对振冲区域分别振动碾压、静压各2遍,浅层砂层密实度得到有效的处置。

5.3 砂面标高的差异

本工程回填砂面标高为+5.5m,设计交工标高为+4.5m,但经过振冲试验区的施工后平均砂面标高约为+4.2m,比设计交工标高低约30cm。对此,通过参建单位召开专题会议,最终确定交工标高为+4.2m。

6 评价与结论

无填料振冲密实法具有工艺简单、经济实用等优点。实践表明,只要采用正确的施工工艺和技术参数,采用该法加固回填砂地基效果明显,处理后地基均匀密实,在人工岛回填料地基处理过程中应用前景广阔。

参考文献:

- [1]王桂松,张旭东.无填料振冲法在地基处理中的应用[J].港工技术.2017,30(3):54-56
- [2]熊祥俊.振冲加固技术在港口地基处理中的应用[J].山西建筑.2017,30(25):54-56
- [3]余锦地,吴文峰,朱亚磊.无填料振冲挤密法在粉砂土地基处理中的应用--以钱江闸站枢纽工程为例[J].人民长江.2013,30(9):54-56