

# 堤防基础富水砂层三轴搅拌桩施工方法

眭睦<sup>1</sup> 高力<sup>1</sup> 阙小兵<sup>2</sup> 卢红星<sup>3</sup> 邵勐<sup>4</sup>

1. 镇江市华源建设监理有限公司, 中国·江苏 镇江 212000
2. 句容市水利局, 中国·江苏 句容 212400
3. 句容市赤山湖水利枢纽管理处, 中国·江苏 句容 212400
4. 镇江市长江河道管理处, 中国·江苏 镇江 212000

**摘要:** 一种堤防基础富水砂层三轴搅拌桩施工方法, 包括地层分段的步骤、参数设定的步骤和参数验证的步骤, 地层分段为根据地质勘探资料, 沿三轴搅拌桩桩身高度范围对地层进行分段; 参数设定为对应每一分段层设定对应的施工参数值; 参数验证为通过试桩取芯, 验证每一分段层的成桩效果, 通过预先对地层沿深度方向进行分层分段, 得到若干段分段层, 使施工过程中对每一分段层进行施工时, 选定适宜其结构特征的施工参数值, 不仅保证各分段层的成桩质量, 而且有利于减少整个施工过程中水泥的投入量, 避免水泥浪费, 在保证施工质量的同时节约了施工成本。

**关键词:** 堤防基础; 富水砂层; 三轴搅拌桩; 施工方法

## Construction method of three-axis mixing piles for water-rich sand layer of embankment foundation

Sui Mu<sup>1</sup>, Gao Li<sup>1</sup>, Que Xiaobing<sup>2</sup>, Lu Hongxing<sup>3</sup>, Shao Meng<sup>4</sup>

1. Zhenjiang Huayuan Construction Supervision Co., LTD., China Jiangsu Zhenjiang 212000
2. Jurong Water Conservancy Bureau, China Jiangsu Jurong 212400
3. Jurong Chishan Lake Water Conservancy Hub Management Office, China Jiangsu Jurong 212400
4. Zhenjiang Yangtze River Channel Management Office, China Jiangsu Zhenjiang 212000

**Abstract:** A construction method of three-axis mixing pile for water-rich sand layer of embankment foundation, including the steps of stratum segmentation, parameter setting and parameter verification. Stratum segmentation is carried out by dividing the stratum along the height range of the three-axis mixing pile based on geological exploration data. The parameters are set to correspond to the construction parameter values for each segmented layer. Parameter verification is carried out through core sampling of test piles to verify the pile formation effect of each section layer. By pre-dividing the stratum into layers and sections along the depth direction, several section layers are obtained. This enables the selection of construction parameter values suitable for the structural characteristics of each section layer during the construction process, not only ensuring the pile formation quality of each section layer. Moreover, it is conducive to reducing the amount of cement input throughout the construction process, avoiding cement waste, and saving construction costs while ensuring construction quality.

**Keywords:** Embankment foundation; Water-rich sand layer; Three-axis mixing pile; Construction method

## 0 引言

在水利工程中, 防渗施工应用广泛, 如堤防、水库、塘坝及水工建筑物周边等。针对堤防基础为砂层处理, 往往采用三轴搅拌桩施工方法。

三轴搅拌桩一般采用两喷两搅工艺, 施工原理是利用水泥等材料作为固化剂, 通过特制的搅拌机边钻进边往软土中喷射浆液, 在地基深处将软土和固化剂强制搅拌, 使喷入软土中的固化剂与软土充分拌合在一起, 由固

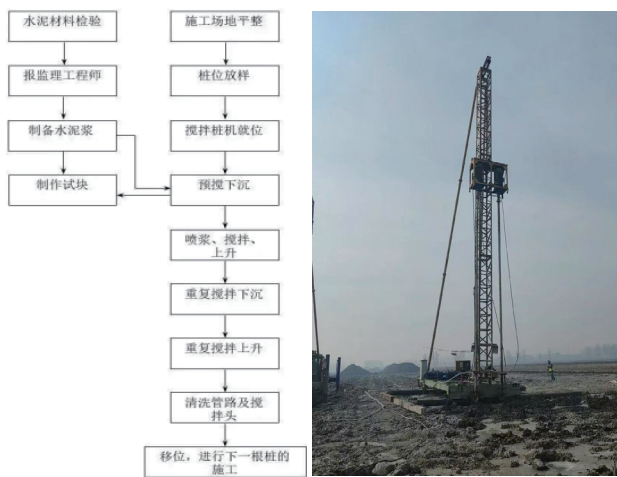
化剂和软土之间所产生的一系列物理化学作用, 形成抗压强度比天然土强度高、具有整体性、水稳性的水泥加固土, 从而提高地基土强度和增大变形模量, 三轴搅拌桩施工法作为一种基坑围护挡土、止水帷幕的施工工法, 在工程施工中得到了越来越广泛的应用, 并且取得了较为成熟的施工经验。

目前, 对于在同一施工工位进行三轴搅拌桩施工时, 所采用的施工参数始终为初始设定参数, 在施工过程中是

固定不变的,但是,对于富水砂层、裂隙发育等特殊地层进行三轴搅拌桩施工时,由于其含水量丰富,渗透系数大,如果施工质量不到位,极易发生突涌水、涌泥砂等现象,且三轴搅拌桩设备入岩困难,与岩层的接触面往往不容易加固密实,而出现渗流通道,导致水流直接从桩底渗入坑内,止水效果不理想,导致在同一施工工位的不同地层中的成桩质量不同,施工成桩较困难,成桩质量也较差,且造成水泥的大量浪费。

所以,目前需要一种技术方案,解决现有在富水砂层、裂隙发育等具有特殊地层的施工环境进行三轴搅拌桩施工,采用固定不变的初始设定参数,成桩质量较差,造成水泥的大量浪费的技术问题。

### 1 技术方案



针对现有在富水砂层、裂隙发育等具有特殊地层的施工环境进行三轴搅拌桩施工存在的上述技术问题,提供了一种富水砂层三轴搅拌桩施工方法。

一种富水砂层三轴搅拌桩施工方法,包括地层分段的步骤、参数设定的步骤和参数验证的步骤,地层分段为根据地质勘探资料,沿三轴搅拌桩桩身高度范围对地层进行分段;参数设定为对应每一分段层设定对应的施工参数值;参数验证为通过试桩取芯,验证每一分段层的成桩效果。

一种富水砂层三轴搅拌桩施工方法,通过预先对地层沿深度方向进行分层分段,得到若干段分段层,使施工过程中对每一分段层进行施工时,选定适宜其结构特征的施工参数值,不仅保证各分段层的成桩质量,而且有利于减少整个施工过程中水泥的投入量,避免水泥浪费,在保证施工质量的同时节约了施工成本。

进一步的,当分段层为两段时,分段层包括水位上加固区和水位下加固区。

进一步的,当分段层为三段时,分段层还包括弱加固区或入岩区,当分段层为四段时,分段层还包括弱加固区和入岩区,水位上加固区位于弱加固区下侧,水位下加固区位于入岩区上侧。弱加固区为富水砂层地质环境下,靠近地面的稳定层,入岩区为水位下岩层区域。

进一步的,水位上加固区的施工参数值为水灰比 1.5-2.0,下沉提升速度为 0.5-0.8m/min,注浆流量 289L/min-291L/min,高压风管控制为正常送风,水泥掺量 20%-21%;在水位下加固区的施工参数值为水灰比 1.2-1.5,下沉提升速度为 0.3-0.6m/min,注浆流量 289L/min-291L/min,高压风管控制为减小风量,水泥掺量 38%-40%。该施工参数值的选择不仅结合了富水砂层含水量较多的地质特征,对地层进行了适宜的分层分段,而且结合了各分段层的各自的特征设定适宜的施工参数值,使水位下加固区相对水位上加固区使用水泥量更多、下沉提升速度更慢,在确保水位上加固区和水位下加固区的施工质量的情况下,减少了水泥的总使用量。

进一步的,弱加固区的施工参数值为水灰比 1.5-2.0,下沉提升速度 0.6m/min -1m/min,注浆流量 179L/min-181L/min 或 289L/min-291L/min,高压风管控制为正常送风,水泥掺量 10%-11%。弱加固区为靠近地面侧,状态稳定,不易渗水的地质,该区域可相对其他地层分段层减少水泥掺量,在保证其施工质量的情况下,避免水泥浪费。

进一步的,入岩区的施工参数值为水灰比 1.2-1.5,下沉提升速度为原位复搅至少 10min,注浆流量 289L/min-291L/min,高压风管控制为停止送风,水泥掺量 38%-40%。入岩区位于三轴搅拌桩施工的最底层,通过取消高压风管送风,使水泥自由沿入岩区缓慢流动,使水泥浆料岩层贴合较好,避免出现渗流通道,加固效果较好。

进一步的,还包括设置分区标记的步骤,设置分区标记为在三轴搅拌桩钻杆导轨或钻杆上设置用于标记分段层区域的标识。有利于施工人员根据标识准确辨识钻杆钻头位置,进而方便调整每一分段层的施工参数值。

进一步的,试桩取芯为在施工完毕当日的第二日起算的 28-60 天内进行取芯。由于富水砂层地下水渗透系数较高,对水泥搅拌土凝结存在影响,所以选择经过较长时间养护的不小于 6 根的试桩进行取芯,强度试验后判断结果更准确。

进一步的,试桩取芯为在施工完毕当日的第二日起算的 45 天进行取芯。经多次试验验证,常规富水砂层在 45 天取芯的强度实验结果能够较准确的指导大面积搅拌桩

的施工,若存在圆砾层,取芯时间为施工完毕当日的第二日起算的45-60天。

进一步的,试桩取芯的取芯位置为相邻成桩桩体非重叠施工区域内,桩体半径的1/2处。对该区域的桩体进行取芯验证,能够较清楚的测得各桩体在不同地层的成桩效果,避免桩体重叠施工区域的桩体由于多次施工,导致的成桩效果不能较准确的指示施工参数值的适宜性。

进一步的,包括如下步骤:步骤1:地层分段;步骤2:分区标记;步骤3:参数设定;步骤4:测量定位:根据设计图纸和业主提供的坐标基准点,利用测量仪器精确放样桩位;步骤5:开挖导沟:沿放样桩位中心线,开掘工作沟槽;步骤6:桩机定位:在工作沟槽中定位桩机桩位,将桩机移动到桩位;步骤8:浆液拌制;步骤7:参数验证;在工作沟槽区域内试桩取芯验证,验证施工参数值、验证设备及工艺、验证每一分段层的成桩效果;按照试桩取芯获得的适宜施工参数值,搅拌水泥浆液;步骤9:注浆搅拌:启动桩机,在钻头下沉和提升过程中注入水泥浆液;步骤10:施工记录。

进一步的,桩机定位为沿工作沟槽方向放置两根定位钢筋,在定位钢筋上绑麻绳,麻绳上每间隔1.8m设置绑扎条定位,实现平行沟槽方向的定位;在桩机上焊接半径为5cm的铁圈,在铁圈上方10m高处悬挂一铅锤,利用经纬仪校直钻杆垂直度,使铅锤正好通过铁圈中心,使钻杆垂直度误差控制在0.5%内,实现桩机桩位的确定。

## 2 具体实施方式

实施例:

一种富水砂层三轴搅拌桩施工方法,包括地层分段的步骤、参数设定的步骤和参数验证的步骤,地层分段为根据地质勘探资料,沿三轴搅拌桩桩身高度范围对地层进行分段,得到两段分段层,分段层包括水位上加固区和水位下加固区;参数设定为对应每一分段层设定对应的施工参数值,水位上加固区的施工参数值设定为水灰比1.5-2.0,下沉提升速度为0.5-0.8m/min,注浆流量290L/min,高压风管控制为正常送风,水泥掺量20%-21%;水位下加固区的施工参数值设定为水灰比1.2-1.5,下沉提升速度为0.3-0.6m/min,注浆流量290L/min,高压风管控制为减小

风量,水泥掺量38%-40%;参数验证为通过试桩取芯,验证每一分段层的成桩效果。

富水砂层三轴搅拌桩施工方法,在常规三轴搅拌桩施工方法和步骤的基础上进行改进,优选针对富水砂层地质特征,将地层沿深度方向以水位线为分界面分层,得到水位上加固区和水位下加固区,将水位下加固区的施工参数值相对水位上加固区的施工参数值,水灰比降低、下沉提升速度减慢、送风量减小、水泥掺量增加,在相同注浆流量的情况下,使水位下加固区相对水位上加固区以较慢的速度注入较多的水泥量,减少水位上加固区的水泥消耗量,确保水位下加固区的施工质量,避免水泥浪费,在保证施工质量的同时节约了施工成本,使得可根据水位下加固区的具体地质情况,调整下沉提升速度,改变钻进和提升总时间,使施工制得的三轴搅拌桩的桩身无侧限抗压强度较高。

优选的,还包括设置分区标记的步骤,设置分区标记为在三轴搅拌桩钻杆导轨或钻杆上设置用于标记分段层区域的标识。本实施例优选在施工前,在钻杆导轨上做好标识,有利于施工人员根据标识准确辨识钻杆钻头位置,便于成桩深度的控制,进而方便调整每一分段层的施工参数值。

## 3 有益效果

(1)通过预先对地层进行分段,使施工过程中对每一分段层进行施工时,选定适宜的施工参数值,保证各分段层的成桩质量;

(2)有利于减少整个施工过程中水泥的投入量,避免水泥浪费,在保证施工质量的同时节约了施工成本。

### 参考文献:

[1]韩秀娟,陈旺,王秋林等.南昌红谷隧道临江富水砂层干坞基坑防渗墙施工技术[J].隧道建设,2015.DOI:JournalArticle/5b3c299dc095d70f00ab6039.

[2]胡国伟,李刚柱,俞南均等.一种富水砂层地质条件下盾构始发施工方法:202010215856[P][2026-01-19].

[3]贾志江,杨平,陈长江等.地铁过江隧道大型泥水盾构的水中接收技术[J].南京林业大学学报:自然科学版,2015,39(1):6.DOI:10.3969/j.issn.1000-2006.2015.01.001.