

# 搅拌桩技术在水闸工程软基处理中的应用

马姗姗

浙江省正邦水电建设有限公司

DOI:10.12238/jpm.v4i10.6313

**[摘要]** 随着技术的革新,水泥土搅拌桩是一种有效的软基处理技术,其应用也十分广泛。由于其具有施工简便、无振动、无噪声、无污染等优点。在水闸工程的软基处理中,我们必须熟练掌握搅拌桩的施工技术,通过搅拌桩的应用,做好软基处理工作,从而确保水闸的施工质量。笔者结合水闸软基处理工程,对水泥土搅拌桩的设计、施工、质量控制及质量检测作了简单介绍,对于同类工程的应用具有参考价值。

**[关键词]** 水泥土搅拌桩;水泥掺入量;水闸施工

## Application of Mixing pile Technology in Soft Foundation Treatment of Lock Project

Ma Shanshan

Zhejiang Zhengbang Hydropower Construction Co., LTD. 311200

**[Abstract]** With the innovation of technology, cement soil mixing pile is an effective soft foundation treatment technology, and its application is widely used. Because of its advantages of simple construction, no vibration, no noise, no pollution and so on. In the soft foundation treatment of the sluice project, we must master the construction technology of the mixing pile, and do the treatment of the soft foundation well through the application of the mixing pile, so as to ensure the construction quality of the sluice. Combined with the soft foundation treatment project of the sluice, the author briefly introduces the design, construction, quality control and quality inspection of the cement-soil mixing pile, which has reference value for the application of similar projects.

**[Key words]** cement soil mixing pile; cement mixing amount; sluice construction

近年来,由于国家对水利事业的重视,水利事业得到了迅速的发展,并在国民经济中占有举足轻重的地位。水闸是水利水电工程的主体结构,其施工难度较大,尤其是软弱地基。因此,如何对其软弱地基进行有效的治理,就成了一个重要的课题。水泥搅拌桩是以水泥为固化剂的主要成分,利用特殊的深层搅拌设备,将软粘土与固化剂原位混合,通过一系列的物理、化学作用,将软粘土固化,从而增强其强度。通过试验研究,提出了一种新的复合地基处理方法,该方法可有效地改善地基土的承载力和压缩强度。

### 1 某地区软土特性及影响

#### 1.1 软土的成因

本项目区域为珠三角洲滩冲积平原,是一片典型的软土区,其地质环境比较脆弱,其表层以下为晚白垩世以来的第四系地层,固结程度不高。公路断面浅部发育有:①素填土(以粉质粘土为主),②3-1 t 灰色粉质粘土,③3-1 t 灰色粉质粘土夹粉土,③2-2 灰色粉质粘土夹粉土。部分浜底处有①河床淤泥。在中部有②-3-2 层(灰粉质粉质粘土夹粉土)、④(灰

粉质粘土)、⑤1、⑤第三层(粉质粘土),均发育有较高的压缩性模量和较高的含水率。岩层的厚度较大,构成一个连续的松软卧层。

#### 1.2 软土的性质

软土主要是滨海地区,湖沼和谷地;河滩沉积物具有较高的自然含水率、较大的空隙率和较高的压缩性;具有较低的剪切强度的细颗粒土。它的特性指数是:自然含水率大于35,液体极限大于35,天然空隙率 $\geq 1.0$ ,抗剪强度(35 kPa)。研究表明:①中下部为灰色粉质粘土(3-1 t),②灰色粉质粘土(3-2 t),灰色粉质粘土(3-2 t),④灰色粉质粘土,⑤1-2 灰色粉质粘土。路基是路基中最主要的压陷区域,不利于路面的沉降控制。

#### 1.3 软土水闸地基工程的影响

基础是水闸项目的关键部位,它是根据施工地点和工艺要求而建造的,承担着来自路面的荷载,具有足够的强度、稳定性和耐久性。软土地基孔隙比大,天然含水量高,可压缩性强,因此,在工程实践中很难取得理想的效果。由于其承载力较低,

所以当地层中有软土层时, 很容易发生基础沉降, 这不仅会对施工过程中以及完工后的基础稳定性和整个工程的质量产生很大的影响, 例如: 施工过程中的加载速度过快; 软粘土由于未充分固结或强度成长, 其受荷后的抗剪强度超出了土体的抗剪强度, 出现了部分剪切损伤, 从而导致路基的纵向裂缝和坍方; 这种情况下, 将会引起软弱地基的不稳定破坏。如果不进行针对性的治理, 长期下去, 就会产生诸如路面下沉、桥头跳车等各种病害, 从而影响水闸项目竣工后的使用性能。因此, 在水闸建设过程中, 软基处治一直是勘察、设计和建设部门关注的问题。2 工程概况某水闸软基处治的主要内容有: 水泥搅拌桩、塑混凝土防渗墙、钻孔桩等。其中, 水泥土搅拌桩是工程的关键。闸基处为粉质粘土和粉质黏土, 镜质体承载能力较差, 具有中-高压缩性, 易产生不均匀变形和沉降。本项目针对深埋深埋下全新世的深厚软土地层, 以其深厚的软土地层为研究对象, 以其深厚的粉质粘土为持力层, 其承载能力仅为 160-180 kPa, 既不能满足泄水闸基础的受力需求, 又有可能在枢纽投入运营后发生液化; 必须对基础进行加固。

## 2 设计要求

为确保水闸地基的塑性砦与覆盖层的物理弹性模量接近, 受力后产生等效变形, 避免产生过大的相对位移和沉降, 并避免因液化引起的水闸项目结构损伤, 本项目对水泥用量及各项设计指标提出了更高的要求。(1) 水泥搅拌桩直径为 600 mm; (2) 渗透性系数  $K \leq i \times 10^{-6}$  厘米/秒; (3) 单轴水泥土桩 28 天抗压强度应在 2.5 MPa 以上; (4) 渗透性损伤率降 (J)  $\leq 50$ , 试验结果与试验结果相符。桩与桩之间的搭接为 15 cm。

### 2.1 建设的困难

普通的深搅拌锤适用于松软的土壤, 而在沙土层中则有一定的困难。该工程为粉细砂地层, 在工程建设过程中受到粉砂遇浆水的硬化、胶结和摩擦作用; 由于粘着、阻力等原因, 在深搅拌机起吊时, 水流超出额定值, 而成桩后即“水泥砂浆”。

### 2.2 解决办法

(1) 改进了深搅拌装置的钻头, 将原来的平面搅拌浆改为带倾角约 30 度, 降低了钻进粉砂时的阻力; 在双轴夹持器的上方焊接搅拌叶片, 通过切割砂岩减小两轴夹持时的阻力。(2) 加强设备门架, 防止由于起升力的原因导致门架弯曲的情况。(3) 为保证搅拌桩机易损零件的正常使用, 应增加备用备件, 以避免由于设备的损坏而导致停机等得太久。(4) 在喷浆之前, 对原来的地层进行喷水, 使其疏松, 然后才能进行喷射。(5) 在施工期之前, 对粉土进行了工艺性能测试, 探索了与粉土中深层搅拌桩相适应的技术和设备适应性。在高温的作用下, 桩柱初凝速度加快, 当设备失效后, 若无法继续进行, 则无法完成格栅桩的搭接 (设计要求桩体搭接 15 cm), 因此, 在与设计和监理单位沟通后, 对个别不能实现搭接的桩体采用相切形式连接。

## 3 桩基础处理方案

地基固结处理是指采用多种地基处理手段对地基土进行

加固, 以改善其工程性质, 从而达到改善地基承载能力, 减少沉降, 消除地震作用下土体的液化与震陷的目的。如增加闸室的抗滑稳定性等。目前对基础承载力不足的处理有很多种方法, 如置换法, 压密法, 水泥搅拌桩组合地基, 桩基础等。本工程闸室及上下游翼墙均位于粉砂层之上, 根据闸室和翼墙的稳定性和基础受力分析, 闸室在地震作用下会受到很大的侧向作用力, 粉砂层的抗滑稳定性很难满足闸室的稳定需求, 而粉砂层的容许承载力只有 50 kPa, 很难达到施工基面的要求。在对该地区的地质情况、施工技术成熟度、施工进度需求等方面进行了多方案对比和对比分析后, 发现水泥搅拌桩复合地基法施工过程中无噪声、无振动, 对周围环境无污染, 施工机具简单, 工艺成熟, 施工进度快, 效率高。另外, 在施工成本上, 水泥土搅拌桩方案是最小的, 所以, 本项目采用了水泥搅拌桩复合地基法。

## 4 施工工艺

### 4.1 工艺原理工程

利用水泥土搅拌桩进行地基处理, 具有施工简便, 质量可靠, 工期短等优点; 无污染, 无噪声, 无震动。本项目拟采用土体中未受扰动的团聚体、土粒作为集料, 以水泥为胶凝材料, 采用特殊的深层搅拌设备, 将水泥土与土体进行强制混合, 充分发挥两者间的物理、化学作用。增强了基础的强度, 并在土体中形成了水泥基复合地基。水泥与胶结材料的混合程度愈高, 压碎的土块愈少, 水泥在土壤中的分布愈均匀, 则水泥石的分散程度愈低; 整体实力也会随之提升。

### 4.2 施工过程中的工艺需求

(1) 建筑器材。项目总工程量为 72233 万立方米, 根据工期要求, 以 25 天/月的标准, 一台钻机每天可开挖 300 多米, 计划投资 10 台深层搅拌桩机。

(2) 场地需求。采用深拌混凝土方法施工时, 应将现场整平, 并将地面和地面上的一切障碍物全部清除。对于低洼地, 应采用粘性土进行回填, 对于过于松软的地面, 应采取相应的措施, 以避免施工机械的不稳定。

(3) 钻孔的布置与安装。在施工前, 要按照设计图进行放样, 并对其进行防护, 使其与设计图的偏差不得超过 3 厘米。

(4) 在适当的位置上安装设备。在项目开始之前, 要做好设备的安装、调试, 确保设备的平整、稳定。此外, 搅拌设备要有专用的增压设备, 以保证搅拌头平稳地进入设计标高。

(5) 采用喷射注浆法施工。各搅拌桩按“四搅四喷”工艺进行, 即: 拌和机下沉 (6.5 kg/m)、拌和机搅拌、喷水起吊 (m 喷浆量 32.5 kg/m)、拌和机搅拌、喷浆下沉 (m 喷浆量 13 kg/m)。按照设计要求的配合比, 结合现场测量的各种施工参数进行转换, 采用流量泵对浆液输送速率进行控制, 保证注浆泵出口压力为 0.4-0.6 MPa, 钻具提升速率为 0.6-0.9 m/min, 搅拌提升速率与浆液输送速率同步。在达到出浆口的瞬间, 对其进行喷浆支座底部 30 秒钟, 以保证其充分到达桩端。在浆式深层搅拌中, 水泥掺入量和固化剂浆液严格按照预先确

定的比例进行调配,水泥浆的搅拌时间不能低于3分钟,配制好的浆液不能离析,也不能停留太久,超过2小时就作废。在将浆料注入漏斗前,必须先用筛网过滤,以避免浆料中的结块对泵体造成损害。当管道处于湿润状态时,对泵送泥浆更有利。

此外,应安排专人对搅拌浆的灌注数量进行统计和记录,并使用专门的自动记录装置对固化剂、外掺剂的用量、提升速率、泵注开始和结束时间进行统计。要保证搅拌桩的垂直度,尤其要注意吊装装置的平直度以及导向架与地面的垂直度,使其垂直度误差在1%以内,采用定位卡,使桩位的误差在3厘米以内,以确保桩位的精度。为了确保重叠成墙桩的连续性,相邻桩之间的间隔应控制在24小时以内。

(6)当桩顶设计标高与工地表面高度相近时,要重视桩头的施工质量,在距地表1米处进行喷浆作业时,要用低速搅拌机将其从地表抬起。在喷浆口快要露出地表时,要停止提升,搅拌几秒钟,以确保桩头的密实均匀。

(7)前后端紧密协作,前端和后端要紧密协作,要清楚联系信号,搅拌机的喷浆次数和转速要跟上施工要求,后台要不断地输送浆液;一有情况,就得立即采取应急措施。

(8)工程桩施工结束后,按设计要求进行“四搅四喷”,并对管道内残留的水泥浆进行冲洗,再进行下一桩施工。

(9)桩顶开挖:搅拌桩28天后,桩顶以上0.5m的覆盖层由人工进行,严禁使用机械进行,以确保桩头质量。

#### 4.3 质量检测验收标准

在工程建设期间,一定要做好施工检查记录,根据施工技术对每个工程桩的质量进行评估,对于不合格的工程桩,要根据具体的位置和数量等情况,采取相应的补救措施。在灌注桩7天之内,应使用便携式触探仪对灌注桩进行钻孔,观测其搅拌均匀度,并通过比较来判定其强度。对桩基进行检测的总人数不得低于总检测总数的2%,对地质条件比较复杂或有施工缺陷的路段,可酌情加大检测次数。待工程桩28天后,选择若干桩桩进行开挖,检验其外观质量,并选择5%以上的搅拌桩取样,取样时,取其上部、中部和下部部位,不少于3个,并将其送入试验室,对其进行单轴无侧限抗压强度(不小于900kPa)。在28天后,选择2组桩及2个单桩进行静载荷试验,其中单桩承载力120kN,复合地基130kPa。在基坑开挖时,按总桩数的10%进行成桩,并对桩位、桩数和桩头强度进行检查,如果出现漏桩、桩位偏差过大、桩头强度不足等情况,要立即进行处理。

### 5 效果评价

在工程质量检验中,采用抽芯法检查搅拌桩,其桩体内水泥土连续,搅拌桩均匀,取芯比较完整;试验结果表明,该桩的抗压强度大于900kPa,桩的各项性能指标均满足设计指标。经静载荷测试后,桩群单桩及单桩的承载能力分别满足搅拌桩及复合地基的设计要求。在基坑开挖中,桩位、桩数及桩头强度及钻孔直径均满足设计要求。本项目以“优良工程”为目标,对搅拌桩进行了质量检验,其质量合格率达100%,优良率达85%,产品合格率达90%,客户满意度达85%。“四搅四喷”技术在工程实践中得到了很好的应用。该工艺过程取得了较好的效果,说明了采用搅拌桩对水闸工程基础进行加固的工艺是可行的。

#### 结束语

总之,水泥搅拌桩是一种高效、经济、环保的施工方法;由于噪声低、适用范围广等优点,目前已被广泛地用于水闸地基的治理。但是,在采用水泥土搅拌桩的基础上,若不注意施工质量,同样会给水闸的质量造成很大的不利影响,维修起来也比较困难。因此,在采用水泥搅拌桩加固软弱地基的过程中,一定要对每个施工工序进行严格的控制,这样才能确保和提高水闸项目的质量。

#### 参考文献

- [1]牛勇;暨柳华;李强.水泥搅拌桩和预制桩在新砾江水闸工程中的应用[J].水利水电快报,2012(06)
- [2]李仕钢.浅谈水闸工程基础加固施工中水泥搅拌桩的应用[J].湖南水利水电,2020(02)
- [3]彭继承.广州市二十涌东新建水闸工程结构布置及稳定分析[J].水利科学与寒区工程,2022(12)
- [4]周鹏飞.浅谈水闸工程建设监理控制要点[J].珠江水运,2022(23)
- [5]龙厚祥.基层水闸工程运行管理标准化探析[J].山东水利,2023(08)
- [6]吴长江.浅谈深层水泥搅拌桩质量检验方法在水利工程中的应用[J].地下水,2012(05)
- [7]魏旭辉.深层水泥搅拌桩的应用与体会[J].甘肃水利水电技术,2004(02)
- [8]程哲.深层水泥搅拌桩连续墙防渗方法与实践[J].陕西水利,2003(06)
- [9]杜红霞.深层水泥搅拌桩格栅墙支护在水利工程中的应用[J].水利建设与管理,2014(01)