

## 水利设计中软土的处理策略研究

陈前

天门市水利水电勘测设计院, 湖北 天门 431700

**[摘要]**随着建筑行业的快速发展,水利工程建设进程日益加快。工程建设阶段,设计工作的重要性不言而喻,是工程后续建设的各项指导。在设计过程中,如果遇到软土地基,由于这类地基的承载力弱,可能导致工程结构变形等问题,所以需要通过对设计改良软土地基,下文介绍几种常见的软基处理设计方法,结合水利设计工程实例,对于软土地基的处理详细说明,以供参考。

**[关键词]**水利设计;软土处理;策略运用

DOI: 10.33142/hst.v5i6.7483

中图分类号: TV551.4

文献标识码: A

### Study on Treatment Strategy of Soft Soil in Hydraulic Design

CHEN Qian

Tianmen Institute of Water Resources and Hydropower Survey and Design, Tianmen, Hubei, 431700, China

**Abstract:** With the rapid development of the construction industry, the construction process of water conservancy projects is accelerating. In the project construction stage, the importance of design is self-evident, and it is the guidance for the subsequent construction of the project. In the design process, if soft soil foundation is encountered, due to the weak bearing capacity of such foundation, it may lead to engineering structure deformation and other problems, so it is necessary to improve the soft soil foundation through design. Here are several common design methods for soft soil foundation treatment. In combination with water conservancy design engineering examples, the treatment of soft soil foundation is described in detail for reference.

**Keywords:** water conservancy design; soft soil treatment; strategy application

#### 引言

水利工程建设对于设计工作要求相对较高,按照设计方案编制施工方案。在设计过程中,设计人员需要根据工程地基特点,展开设计工作。软土地基十分常见,地基含水量高、强度低、沉降速度快、可能影响水利工程建设。设计阶段,根据软基特点选择差异化的处理措施,能够保证水利设计效果,提高软基处理质量,保证建设安全和效益。

#### 1 水利设计当中常用的软基处理方法

##### 1.1 拌和法

水利设计阶段,遇到软土地基,可以选择拌合法,具体包括高压注浆和深层搅拌桩等处理方法,高压注浆就是通过高压的方式喷射水泥泥浆,使其和土体之间充分搅拌,起到置换作用,最终凝结成复合地基,作为地基的防渗结构或者挡土墙。搅拌桩是利用深层搅拌方式,选择水泥浆作为固化剂,在搅拌机械的应用下和软基进行强制搅拌,利用固化剂和土体之间产生的理化反应,达到水利工程地基强度要求。

以上设计方案的应用,要求按照规范的工艺施工,先定位加固位置,之后配制泥浆、钻进搅拌,注意搅拌过程提升速度在 1.0m/min 以内即可,重复搅拌直到成桩,提高软基的固结效果。

##### 1.2 夯实法

水利设计,软基处理夯实法也是重要措施之一,可以选择表面压实措施,借助夯实机械,以振动碾压方式压实,还可运用分层填筑方法压实。如果地基内部水分含量高,可以设计水泥和石灰等压实方式,达到加固土体目的。设计阶段,重锤夯实方法的运用可发挥重锤下落夯击力作用,对于浅层地基全面夯实,让地基表面能够形成均匀硬壳,形成持力层。需要注意,在施工方案设计之前,需要采取试夯作业,将技术参数加以确认。比如:夯锤重量、落下距离,底面直径、夯击次数、总下沉量,保持夯实阶段土壤含水率最佳,按照顺序进行大范围作业。应用强夯设计方法夯实基土,需要保持重锤从高处落下,增加土体密度。施工流程为,先平整场地,之后在上方铺垫石层,设置碎石墩,满夯 1 遍,通过找平的方式铺设土工布,回填垫层以后,使用振动碾压机械进行 8 遍碾压。当水利工程软基范围相对较大时,运用强夯施工工艺之前需要选超过 400m<sup>2</sup> 的区域试验,获取设计、施工参数<sup>[2]</sup>。

##### 1.3 挤密法

在软基处理过程当中,使用挤密法就是利用专业振动机械产生的侧向挤压振动力,破坏地基原有土体结构,使土体密度增加。水利设计应用该方法处理地基,在振冲器启动以前,需要精准定位,将振冲器深入到加固深度上方

50cm 位置,对于设备经过不同深度的电流大小和时间信息全面记录,使振冲器被提升到孔口位置,重复上述操作,向孔内倒入填料,反复振冲填料,将地基夯实,让桩径不断扩大。在制桩阶段,保证桩体的填料量、留振时间以及密实电流都需要达到要求。注意施工场地排水系统的完善,将制桩阶段产生的泥水引入沉淀区。施工到最后,需要将桩顶上方厚 1m 桩体挖出,通过强夯方式压实。沉管砂石桩也是强夯技术的一种,通过机械锤击沉管,静压成孔以后,在其中投入物料,随后上提沉管,逐渐形成复合地基。

#### 1.4 预压法

水利工程设计,软土地基的处理,可以选择预压法,使用土料和砂石料这类建材作为临时堆载材料,对于地基施加一定的荷载,将一部分软土地基压缩,沉降以后承载力能够得到提升,之后将荷载卸除,重新建设建筑物。注意该技术的应用,保证设计荷载低于或者等于预压荷载。如果需要大面积堆载,可以使用推土机、自卸车进行联合作业,超软地基适合人工作业,还可选择轻型机械完成一级堆载。注意堆载顶面宽度应该低于水利建筑底面宽,适当将底面放大,地基上部荷载不可高于其极限荷载。

设计阶段,选择真空预压方法也可加固地基,该方法适合应用在黏土地基加固当中,可在地基外表铺设一定厚度的砂垫层,使用土工膜密封,借助真空泵将砂垫层内部气体抽出,令薄膜下方地基产生负压,此时地基下方空气和水能够被抽出,达到固结地基的作用。在加固阶段,为了提高固结速度,可以选择砂井、塑料排水板等方式,缩短排水距离。应用该设计方案,需要先设置排水系统,过滤管设置为条形,利用聚乙烯薄膜密封砂垫层,薄膜层数 3 层左右,随时监测预压区域的沉降量、水平位移和真空度。

## 2 工程实例

某水利工程基础结构主要是软土地基,在工程设计方面,涉及水闸建筑的软基处理,还涉及河道护岸的软基处理。本项目重点选择水闸工程的软基处理为例,对于软基加固设计方案的应用进行综合对比。

### 2.1 方案选择

该项目基础软基处理遵循经济、安全与合理原则,结合项目建设情况,选择处理方案。具体内容如下:

第一,利用置换法,选择碎石、砂等材料将软土置换出来,并选用石灰、砂浆和水泥这类加固材料混合,打造复合地基,提升软基承载力,控制水利建筑后期出现沉降的情况。

第二,排水固结,该方法也叫预压法,包含真空预压、堆在预压、降低水位等方法,借助预压荷载作用,排除地基内部的孔隙水,增强土体固结型,当土内空隙不断减小,即可控制沉降,达到提高强度的目的。

第三,桩基法,如果水利工程纵向荷载相对集中,或者存在大面积荷载结构,对于建筑基础有较高要求,可以

选择桩基加固技术,提高地基的水平承载力。根据桩基施工工艺差异,还可将该加固方法分为灌注、预制等桩结构。对比而言,预制桩承载力强,便于施工,质量有保证,能够抵御本项目水闸方向的水压力,维持地基稳定性。灌注桩是在土层当中打入桩体,使其作为承载台,该技术的应用包括沉管和冲钻两种的形式。需要注意,应用沉管桩需要注意桩体完整性的控制,应用冲钻桩要控制泥浆的污染情况,注意对持力层、桩底沉渣进行监测<sup>[2]</sup>。

综合以上分析,本项目设计阶段,结合水利工程的质量要求,对于软基特点进行分析,按照水闸特点,重点判断钻孔灌注桩应用,对其展开设计分析,提高水利工程的使用性能。

### 2.2 桩体设计

结合水利项目基础设计,分析水闸工程建设要求,通过全面分析,保证灌注桩设计的合理性。

#### (1) 水闸布置

本项目水闸为枢纽工程,能够和新建河堤共同设计,使之变为断面,保证建筑外观。考虑到项目水闸属于挡水闸,因此,将在沿河堤岸顶部的边线位置设计闸室,保证闸室后侧结构纵向相连,横向结构和堤岸顶部道路以交通箱涵连接,结构和堤身相同。内河外侧设计为“八字型”翼墙,保持堤岸边坡的上部高程平齐。室内闸室为排架式结构,在桥面上方安装控制启闭机,数量 2 台。水闸室内底板高程-0.8m,顶部高程 3.97m,按照计算得出当钢筋砼板厚度为 1m 的时候,保持底板顶高程-0.8m。闸室为两孔型,单孔尺寸 5.0m×4.2m,长度 5.0m,闸边墩的宽度 1.0m,中墩 1.5m,底板和边墩全部是用钢筋砼材料,型号 C30。翼墙结构同样为钢筋混凝土,排架宽度 3.0m,启闭机台高程 9.7m,以上设计可以保证箱涵与闸室底板组成一个整体。水闸和土地二者连接位置,选择钢筋砼材料穿墙保护,刺入墙体长度值设计为 5.9m。

#### (2) 地质分析

该项目处于冲积平原,地势平坦,施工范围可能涉及淤泥层、风化层和黏土层,淤泥质软,通过钻孔能够判断淤泥厚度介于 8.5~12.0m 之间,同时地质层还存在残积层,包含黏土、黄土和浅黄土组成的原岩结构,通过钻孔即可看出。在地基处理设计方案制定阶段,需要根据水利工程的地质情况综合确认。

#### (3) 桩基处理

根据该项目地质信息,分析闸室地基内部含有厚度较大淤泥层,所以,水闸建设过程当中,务必要对闸室软基部分做好处理,不断提高地基强度,以防后续出现不均匀或者大范围沉降现象,保证水利工程功能正常发挥。根据设计规范,软基处理选择灌注桩,桩径设计长度 1.0m,灌注桩的桩体长度是 16m,位置设定在翼墙底板、闸室底板等位置,注意闸室的底板长度设计 24.5m,宽度 13.5m,

灌注桩孔布置方式为“梅花状”，其横向、纵向排距设定分别为 1.8m 和 2.8m，注意桩基深度要超过风化岩层，位于其下方 16m 位置<sup>[3]</sup>。

#### (4) 桩数计算

钻孔灌注桩数量计算设计依据规范开展，兼顾水闸处于河道内部水位的变化情况和水闸运行时受到的渗透压力、浮托力等方面的影响，将堤身、水闸等结构安全考虑其中，根据本项目孔位布置情况，结合闸室的底板尺寸，最终设定使用 27 根钻孔灌注桩加固软基。

### 2.3 施工设计

设计方案当中，明确钻孔要求，使用护筒提高孔壁的稳定性，预防孔壁出现坍塌情况，还能将地下水隔离，导向钻头。护筒直径为 1.3m，高于灌注桩直径 30cm，选择钢材质护筒，便于重复利用，其长度设定为 2.0m，在护筒底部夯实黏土，起到隔水作用，保护护筒的稳定性。

在泥浆制备阶段，考虑泥浆的作用是保持钻头冷却，令孔内钻渣上浮，对于钻具进行润滑，使净水压力增加，预防孔内水外流出现塌孔问题。在调制过程，跟随地土质变化控制浆液黏稠度。如果泥浆过稀，其护壁效果相对不足；反之，若泥浆过稠，还会影响钻头冲击力，不利于钻进速度的保证。本项目在泥浆配制过程，选择粒径在 0.005mm 以内，颗粒含量超过 50%黏土，塑性指数超过 25，借助搅拌机充分搅拌以后，存储于浆池，使用泥浆泵向钻孔内输入。泥浆的性能参数为，酸碱度 8~11 之间，相对密度 1.2g/cm<sup>3</sup>，泥皮厚度不超过 3mm/30min，失水率不超过 20m<sup>2</sup>/30min。

钻孔阶段，注意开孔钻头的直径高于终孔钻头的直径，钻孔施工注意倾斜度检查，不可超过设计要求，提高成孔效率。在施工现场合理布设排水孔，将钻孔产生的废渣和废水全部排除。施工阶段，针对钻孔直径、深度和形状进行全面检查，待设计达标以后，由监理验收，为灌注施工顺利进行提供便利。注意当终孔检查结束以后，进行清孔作业，两项操作时间不得间隔过长，防止沉淀厚度大，孔壁坍塌。

清孔结束以后，使用吊车将钢筋笼放入桩孔内，并在地锚上固定孔口，防止混凝土浇筑阶段钢筋笼向上移动。按照不同桩孔施工所需要的混凝土数量、混凝土强度，进行材料拌合。该项目选择 C30 混凝土，利用混凝土运输车运送到现场，进行灌注桩浇筑。

### 2.4 注意事项

该项目设计过程还需要注意，水下混凝土的灌注，可利用导管法施工，在方案当中明确导管拼装要求，每个孔口位置应该设置短导管，数量在 1~2 节即可。在灌注桩施工，对于混凝土原料配比需要优化设计，确保材料流动性，坍落度控制在 18cm，骨料粒径在 20~30mm 之间，水泥用量适当增加，比空气环境施工同等标号的混凝土水泥

用量高 20%。施工阶段灌注施工一定要连续，随时对混凝土表面标高进行控制，导管的下端进入到混凝土结构深度 2m 以下。

在清孔作业阶段，从设计方案当中明确孔底沉淀层厚度，要求清空作业利用抽浆法完成，混凝土灌注之前，孔内沉淀厚度低于 50mm，清孔以后含砂率在 4%以下，及时测量沉淀层厚度，可使用取样盒放置到孔里，提前取出沉渣，测量其厚度。

考虑钻孔施工可能会出现偏斜、塌孔和缩孔等方面问题，需要通过设计明确不同事故处理方式。比如：针对塌孔事故，需要及时判断事故位置，分析原因选择处理措施。如果塌孔问题并不严重，可以将其回填，一直到孔位上方，通过将泥浆性能改善，或者增加护筒深度多种措施，辅助钻进操作进行。如若塌孔问题极其严重，需要迅速使用砂砾回填，暂停施工，将塌孔原因明确以后，重新进行钻进施工。除此之外，若塌孔的位置相对较浅，可将护筒深埋，并夯实其周围土体，重新钻孔即可。如果出现偏斜事故，需要吊住钻锥，通过扫孔的方式纠偏，或者重新钻孔。

钻孔施工结束以后，质量检查需按标准进行，待终孔、清孔操作结束以后，可利用仪器对于孔位、倾斜度、直径和形状全面检查，检验泥浆密度、沉淀厚度等。本项目要求钻孔中心的最大偏差为 5cm，经过施工以后实测，满足要求；钻孔倾斜度偏差在桩径 1/100 以内，该项目桩径 100cm，钻孔最大偏差量应控制在 1cm 以内，经检测实际钻孔偏差满足要求；钻孔深度误差在设计深度 5cm 以内；钻孔内部沉淀偏差根据设计规范确认；清孔以后泥浆的相对密度偏差在 1.0~1.2g/cm<sup>3</sup>之间，含沙率偏差不得超过 4%。在水利设计阶段，将以上注意事项明确，为施工阶段提供指导，保证施工环节按照设计操作，提高软基加固效果。

### 3 结束语

综合分析，水利设计工作开展阶段，软土地基的处理为核心问题，根据工程地质特点，选择差异化的处理技术，发挥设计人员的专业优势，指导水利工程地基施工，控制软基对于工程建设产生的影响，为水利建设的顺利完成提供支持。

#### [参考文献]

- [1] 李国阳. 水利设计中软土的处理策略研究[J]. 居舍, 2020(18): 167-168.
- [2] 侣传铭. 水利工程施工中软土地基处理技术分析[J]. 工程建设与设计, 2018(17): 68-69.
- [3] 郭国辉. 试析水利施工中软土地基处理的方法[J]. 珠江水运, 2021(13): 34-36.

作者简介：陈前（1989.9-），男，毕业于三峡大学水利水电工程专业，当前就职于天门市水利水电勘测设计院，工程师。