

水利工程施工中软土地基处理技术应用分析

文 / 马献诗 山东省郓城县经济开发区管理委员会

摘要: 水利工程作为基础设施建设的重要组成部分,对于保障水资源的合理利用、防洪、灌溉以及发电等具有重要意义。在水利工程施工中,地基处理技术选用得当高效,是决定水利工程质量和安全稳定性的关键要素。由于工程施工实际遇到的不良地基类型很多,对不同的不良软土地基的处理方式、方案也应不同。通过合理选择和应用相关技术,能有效提升软土地基的承载能力,确保水利工程质量。未来软土地基处理技术应朝着可持续、创新、数字化智能化方向发展,同时需关注政策法规要求并加强人才培养。

关键词: 水利工程; 软土地基; 技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.076

引言

水利工程因其自身的特殊性,多建于河流、河流等环境中,且土壤水分含量高。因此,水利工程基础多为软基,在进行基础处理时,应根据水利工程的具体条件及地质条件,对其进行适当的处理,保证水利工程施工的质量。许多水利工程建设中,由于其基础处治质量不符合标准,造成了工程竣工后出现了一些安全隐患,严重时还会出现安全事故。对水利工程场地的地质条件及水利工程的具体条件进行综合分析,才能有效地提高水利工程软基处理的质量。

一、软土地基简述

(一) 软土地基成因

软土地基的成因主要有自然因素及人为因素两方面。我国地域较广,每个区域的地势地形、水文条件和气候条件差异较大,若是处于降雨量较大的区域且水文地质条件不良,就较容易出现软土地基。除此之外,在昼夜温差较大的区域进行水利工程施工时,软土地基会随温度变化产生热胀冷缩问题,若是没有及时对其进行处理,就会影响到水利工程的施工质量。除此之外,人为因素也是导致软土地基的主要因素之一,若水利工程项目施工人员的技术水平较低,对地基处理不到位,即使在短时间内能够满足地基建设要求,但长时间的承重后依然会出现沉降等问题,严重影响了水利工程项目的建设质量。

(二) 软土地基特点

软土地基通常由淤泥、淤泥土、粉土及松散砂石等细粒土构成,因此具有强度低、易压缩且含水量高的特点。第一,强度低。软土地基多由细粒土构成,整体较为松软,无法承受较大压力,当遇到强度过大的压力时地形就会被破坏,因此软土地基无法直接应用于水利工程施工中。第二,软土地基中土壤间的孔隙较大。在承受长时间的的压力后极易出现变形问题,导致坍塌或下沉等问题。第三,软土地基还具有含水量较高的特点。这是因为软土地基中存在黏土粒和粉土粒,土壤中因此出现负电荷,地下水分子在负电荷作用下进入土壤中,从而导致土壤含水

量提升。与此同时,当土层中含水量达到一定比例后,土壤间的黏结效果也会受到影响,会导致土粒间的孔隙变大,影响地基强度。第四,软土地基中各土层之间存在较大的间隙,部分还存在较多的细沙,这使得软土地基表现出沉降量较大的特点,在施工过程中若没有及时处理,就会导致地基出现下沉不均等问题,在项目施工完成后还会导致主体结构出现裂缝等问题,不仅在后期需要花费较多成本进行维修养护,还会为水利项目的正常运行埋下较大安全隐患。

二、软土地基处理技术在水利工程施工中的重要性

(一) 确保工程稳定性

软土地基的不稳定性会导致水利工程建筑物在施工和使用过程中出现沉降、倾斜甚至倒塌等问题。通过有效的软土地基处理技术,可以提高地基的承载能力和稳定性,保证水利工程的安全运行。

(二) 提高工程质量

处理好软土地基可以减少地基的不均匀沉降,从而提高水利工程的施工质量。例如,在水闸、泵站等水利建筑物的施工中,稳定的地基可以确保建筑物的结构完整性和功能正常发挥。

(三) 延长工程使用寿命

软土地基的问题如果得不到妥善处理,会在工程使用过程中逐渐暴露出来,导致工程的损坏和维修成本增加。采用合适的处理技术可以延缓软土地基的变形和破坏,延长水利工程的使用寿命。

三、水利工程施工中软土地基的问题

(一) 建筑物稳定性下降

在水利水电工程施工中,需要合理选用合适的处理工艺和精确的施工质量。如果在处理软弱地基的工艺选择上出现了偏差,或在施工中没有得到很好的控制,导致地基的承载力和稳定性不能得到切实的提高,那么在以后的使用过程中,将会遇到许多严重的问题,甚至会导致灾难性的结果。通过对某地区某水闸工程实例的分析可知,该工程在施工初期,因缺乏对其复杂特性的了解,导致其处治工艺与工程实际情况不能准确匹配,导致其

处治效果与设计目标相差甚远。船闸建成后,仅经过了数年时间,闸室就出现了明显的倾斜现象。在此过程中,水闸的启闭能力受到了极大的限制,造成了水闸的流量调节作用,造成了水量分布不均,影响了周围农田的灌溉、防洪、排水等工作,也给水闸本身的安全带来了极大的风险。闸室的倾翻引起了闸室内应力的再分配,导致一些构件在超过其承载力的情况下产生开裂破坏。为防止闸门突倒引发更大的安全事故,保护周围居民的生命和财产安全,地方当局花费巨大的人力、物力、财力进行修复。由于该项目的实施,造成了大量的资金投入,造成了水利工程建设工期的延误,并对地方水利工程的正常运行造成了很大的冲击,造成了很大的经济损失。这一惨痛教训深刻地警示着水利工程建设者们,务必高度重视软土地基处理工作,确保每一个环节都万无一失。

(二) 渗透破坏风险增加

软弱土的渗透性差,如果不及时治理,不仅会出现水利建设工程的基础安全问题,而且在长期的水环境下,还容易出现管涌、土涌等渗透损伤。这种渗透失效现象的出现,绝不只是一个局部问题,它所造成的影响是深远而广泛的。管涌的产生就像是一个“黑洞”,将基础上的细颗粒逐步吸走,并在其内部形成空腔,进而降低其承载力。随着管涌的蔓延,坑洞越来越大,地基也越来越脆弱,就像是被腐蚀的地基,再也无法支撑起一座建筑。而土涌则是一种更加直接、更加剧烈的运动,它会将整个地基都掀起来,破坏原本的结构,使建筑的地基变得摇摇欲坠,就像是一块漂浮在半空中的石头,随时都有可能崩塌。通过一个大坝项目的例子,我们可以深刻地感受到这类渗透破坏所造成的严重危害。在此基础上,以往对软基渗透系数较小的问题没有引起足够的关注,所采用的加固方法都没有很好地解决。当洪水来临时,河道内水压急剧增加,软弱土层的软弱结构无法承载,导致管道内出现突发现象。大量的水流携带大量的泥沙从管道中涌出,并在坝体内快速形成了一个复杂的渗流孔道。若不能得到有效的治理,渗漏通道将会继续扩大,并最终引发溃坝。一旦堤坝被冲垮,洪水会给下游的农田、村庄和城镇带来毁灭性的灾难,给人们的生活带来极大的困扰,给社会带来极大的负面影响。这给水利水电工程人员敲响了警钟,软弱地基的低渗透性治理,关系整个工程的成败,需要慎重对待,以求安全。

(三) 使用寿命缩短

软基处理是否合理是水利水电工程稳定性和耐久性的关键。如果处理不好,将会导致建筑结构的损伤和老化,引起一连串的连锁反应,给水利建设带来不可估量的危害。软土地基基础体受力特点,容易使其在建筑荷载作用下产生变形,如不及时治理,将会随时间逐渐积累。在建筑物自身重量和水流冲刷等外界因素的影响下,建筑物基础不均匀沉降问题日益突出,从而引起墙体开

裂和底板变形。这种结构性破坏为水的渗透提供了可能,并加速了钢筋腐蚀与混凝土腐蚀,降低了房屋的耐久性,减少了水利水电工程的服役寿命。所以,必须对其进行经常性的维护、加固,使得项目的经济压力大大增加。维护工作既要耗费大量的人力、物力和财力,又会对建筑物产生二次干扰,使结构的稳定性进一步降低。更重要的是,在维护期内,一定会对水利设施的正常使用功能产生一定的影响。以小灌区为例,它的主要作用就是对农田进行精确灌溉。但在工程建设中,因软基处理不当,常出现渗水、塌方等病害。渗漏不仅导致水资源的浪费,而且不能向田间提供充足的水分,还会影响作物的正常生长;一旦发生塌方,将使渠内的输水能力受到极大的限制,从而使灌区的灌溉效率大大降低,从而给农业生产带来巨大的经济损失。在水利水电工程建设中,只有对软基处理工作给予足够的重视,才能保证水利水电工程的长期稳定运行,并将其相应的经济与社会效益发挥到极致。

四、水利工程施工中软土地基处理技术应用

(一) 桩基处理技术

桩基处理技术是由水泥桩+辅助材料组合而成的抗压技术,其核心和主要支撑力在于水泥桩,其效能随着所使用材料性能的提升而不断增强,实效突出。水泥搅拌桩结构既能够独立使用,也能够与其它方式搭接联合使用。实际使用表明其优点较多,如桩基固结性能强,渗透性较小,实用可靠,能够有效改善软土地基力学性能,切实提升软土地基承重抗压能力;施工操作灵活方便、使用高效、对环境污染小;在实际施工中产生的振动及噪声较小;施工后产生的建筑垃圾很少,可就地加以利用。因此,在实际施工中比较常用,主要适用于粘性土、冲填土、粉细砂等地基处理。注意点有3条:施工前需要认真检修处理好机械设备,确保水泥搅拌桩技术方案准确落实到位;应用水泥搅拌桩方式进行施工,要提前设置卡管、喷浆堵塞等问题处理对策,科学有效及时应对可能出现的不利问题;重视采用钢筋混凝土预制桩方式施工,以消除土层较厚包含的风险因素,增强软基土壤结构的承载力和稳固性。

(二) 土质换填技术

土质换填法简单明了,通俗易懂,为大众所喜欢,公私皆宜,在浅层软土地基处理中经常应用。在水利工程施工中,当遇到软土地基内部含水量较大状况时,需要采用专业设备,进行软土换填硬土、砂石等材料处理,然后进行强夯压实,施工材料可就地就近选用。施工要点是:在软基淤泥层较薄的情况下,首先对软基基础材料构成全面检查,挖除掉带有腐蚀性的树根、杂草等,通过换土垫层、强夯压实施工,提高软土基础的紧密性及抗压能力。其次,加强施工过程管理,施工人员严格遵照设计方案、工序施工作业,监理人员现场把关,严

格管理,尽心尽力,防止软土基础稳定性出现不应有问题。最后,在工程阶段验收和竣工验收中,要注意加强地基结构实际勘探与技术检测,及时发现换填后工程地基可能存在的问题,制定出专项整改、运行维护方案,杜绝隐患,确保工程地基稳定安全万无一失。

(三) 淤泥处理技术

淤泥处理技术的核心在于使用物理、化学手段提升淤泥土层的凝固性,增强抗压能力,经常用于涉水领域作业施工。淤泥土主要包括腐泥土、泥炭土、泥土等,土壤水分含量时常较高,一旦遇到透雨、水流侵袭,对所承载水利设施的稳定性影响极大。淤泥地基处理工作方法要点是:首先更换砂层或使用砂垫进行淤泥排水等,通过挖掘和拆除淤泥,更新和提升地基土质力学性能;通过扔石头压缩泥浆以减少淤泥含量比率,使用砂井对软土进行排水,或使用桩基方式处理不良地基;然后在下部石头上添加碎石和沙子,以增强地基抗压防滑性能;如果结合实际,最后在泥土中适量加入化学凝固剂,效果则更加显著和持久。所用方法即可单独使用,也可综合使用,如图1。



图1 淤泥处理技术

(四) 预压技术

水利工程真空预压施工方式比较专业,技术含量较高,属于物理方式中高等级技术应用,对于软土地基处理效果最好。主要技术就是在软土地基表面铺设密封膜,借助真空设施,将密封膜与地基表面抽成真空状态,形成垂直排水通道负压力,加快孔隙水排放进程,增强软土基础固结度、抗压力。近些年,通过科学实验和工程实践,人们又研发出了一种新型加载预压处理技术,通过采用加压天然软土地基、压实地基方式,减少工程软土地基结构遇水变形变异可能性,提高地基结构承载力和稳定性。必须注意的是:实施软土地基真空预压,需要在地基表层铺设砂垫层,对排水管道进行埋没处理,通过利用封闭膜技术,实现与空气隔绝,确保薄膜完全没入软土中,再对其内空气进一步进行抽排,建立良好的真空施工环境;如果天然软土地基处理过程中出现积水渗漏,就要及时采取措施,缩短排水间距,加

强监控改进,消除问题,切实增强地基的承重承压抗变效能,以保障水利工程施工质量及运行安全。

(五) 排水固结技术

排水固结法经常用于加固软粘土地基,目前应用技术成熟,优势较多,能有效解决软土地基建筑物出现的沉降和不稳定问题,效能维持时间长,实际应用效果良好。其工作原理是:软土地基在承重荷载作用下,土中孔隙水慢慢排出,孔隙密度不断在缩小,地基发生固结变形;随着超静孔隙水压力的逐渐消散,土质有效应力增大,地基抗压强度逐步增强。在实施过程中,需要做好3个环节:铺设水平排水垫层,设置水平排水体,施加固结压力;利用不断加压方式,通过降低水压对地基进行增压处置,减轻软土地基下沉状况,切实增强其稳定性,改善软土地质的透水性,增加软土地基水分渗出;利用超载预压方式对软土地基内的黏土进行处理,考虑超载的重量大小,根据沉降速率变化控制好超载时间、速率,以求达到预期的排水固结效果,有效增强软土地基抗压抗变效能。

结语

软土地基处理技术在水利工程施工中具有至关重要的作用。软土地基的特殊性给水利工程建设带来了许多挑战,严重影响工程的质量和安全性。通过采用合适的软土地基处理技术,可以有效地提高地基的承载能力和稳定性,保证水利工程的施工质量和长期安全运行。随着水利工程的不断发展和对工程质量要求的不断提高,软土地基处理技术也将不断创新和完善。未来,应进一步加强对软土地基处理技术的研究和应用,探索更加高效、环保、经济的处理方法,为水利工程建设提供更加可靠的技术支持。

参考文献

- [1] 王磊. 水利工程施工软土地基处理技术研究[J]. 内蒙古水利, 2023(4): 18-19.
- [2] 范海营. 水利工程施工软土地基处理技术研究[J]. 收藏, 2022(8): 85-87.
- [3] 许要英. 水利工程施工软土地基处理技术探究[J]. 新丝路(下旬), 2021(8): 256-256.
- [4] 赵杨. 水利工程施工中软土地基处理技术[J]. 云南水力发电, 2025, (1): 170-172.
- [5] 张腾, 王大伟. 浅谈水利工程施工中软土地基处理技术[J]. 治淮, 2025(3): 49-50.
- [6] 赵杨. 水利工程施工中软土地基处理技术[J]. 云南水力发电, 2025, (1): 170-172.
- [7] 王旭峰. 水利工程中软土地基双向水泥搅拌桩的技术处理[J]. 南方农机, 2017, 48(2): 94.
- [8] 汤建辉, 姜婷婷. 双向水泥搅拌桩在水利工程中的应用[J]. 建筑知识(学术刊), 2013(0): 329, 333.