

软弱地基处理技术在水利工程施工中的应用研究

梁凤德

山东沂蒙基础工程建设有限公司 山东临沂 276000

摘要: 水利工程项目作为国民经济与社会发展中重要的基础设施,建设质量的好坏直接影响着人民群众生命财产安全与经济社会的可持续发展。水利工程建设中,地基处理作为其中至关重要的一环,特别是对软弱地基而言,处理的好坏直接关系到工程结构稳定、安全以及耐久。软弱地基一般包括淤泥,淤泥质土和粉质土,其强度较低、压缩性大、渗透性较差,在外界荷载作用下易出现不均匀沉降或者失稳现象,继而对水利建筑物造成损害,所以研究并运用适用于软弱地基的处理技术对保证水利工程质量有着十分重要的作用。本文旨在系统探讨软弱地基处理技术在水利工程施工中的应用,分析不同处理方法的优缺点及适用范围,以为水利工程建设提供理论依据和实践参考。

关键词: 软弱地基; 处理技术; 水利工程; 施工应用

引言

地基作为建筑物与地表之间的连接体,其稳定性和承载能力直接关系到建筑物的安全性和使用寿命。在水利工程建设中,由于工程规模大、结构复杂以及施工环境多样,地基条件往往较为复杂,尤其是软弱地基的存在,更是给工程施工带来了诸多挑战。

一、软弱地基的特性与分类

软弱地基是指由淤泥、淤泥质土、松散砂土、湿陷性黄土等不良土层所构成的地基,具有承载力低、压缩性高、渗透性强和稳定性差等特点。这些地基在水利工程中常表现为容易发生变形,影响建筑物的稳定性和使用寿命。根据土层类型和工程性能指标,软弱地基主要分为淤泥质土基、松散砂土基和湿陷性黄土基等类别。每种类型的地基在力学性质、渗透性和压缩性等方面有着显著差异。例如,淤泥质土具有高塑性和高含水量,在外力作用下容易发生流动和液化;而湿陷性黄土则在外力和湿度变化下容易发生显著沉陷。在水利工程中,软弱地基的问题尤为突出,因其常承受水体压力和动水压力,导致地基变形加剧,进而影响建筑物的稳定性。因此,对软弱地基的特性和分类进行深入研究,有助于在水利工程设计和施工中采取相应措施,确保工程安全和长期稳定运行。

二、软弱地基处理技术及其应用现状

(一) 表层处理技术

表层处理技术是针对软弱地基浅层部分进行改良和加固的一类技术,其核心在于通过置换、压实或排水

等手段改善地基的力学性能,使其能够满足工程建设的需求。换填法是一种常见的表层处理技术,适用于地基表层存在较薄的软弱土层的情况,通过将软弱土层挖除并用砂石等具有良好力学性能的材料进行置换,从而显著提高地基的承载力和稳定性。强夯法则是通过使用大型机械设备对地基进行强力夯实,利用冲击能量压实土体,减少地基的压缩性,同时增强土体的强度和变形模量。铲除法与挖除换填法类似,适用于地基表层存在杂填土或松散砂土的情况,通过彻底清除软弱土层并用优质材料回填,达到加固地基的目的。此外,表面排水与压实技术也是一种常用的表层处理方法,通过在地基表面铺设砂石层或排水管,引导和排除地基内的积水,同时对表层土体进行压实,从而减少地基的湿陷性和不均匀沉降。这些表层处理技术因其施工工艺简单、施工周期短、成本相对较低等优点,在实际工程中得到了广泛应用,尤其适用于处理地基浅层的软弱土层,能够有效改善地基的工程性能,为后续工程建设提供良好的基础条件。

(二) 深层加固技术

深层加固技术是一种针对软弱地基深处进行改良和强化的方法,旨在提升地基整体的承载能力和稳定性,以满足水利工程项目的安全和使用需求。这种技术通过在地基深处形成加固体,有效分散并承受建筑物的荷载,减少因地基变形带来的工程隐患。常用的深层加固技术包括桩基加固、注浆加固、水泥搅拌桩、旋喷桩和高压旋喷桩等。桩基加固技术,如CFG桩(水泥粉煤灰碎石桩)和碎石桩,通过在地基中打入桩体,形成强化的支

撑结构，有助于改善软弱土层的力学特性，减少地基的沉降和不均匀变形。注浆加固技术则是将高压浆液注入地基深处，使土体与浆液结合形成坚固的加固体，从而提高地基的强度和稳定性。水泥搅拌桩和旋喷桩技术通过机械搅拌或高压旋喷的方式，将水泥等材料与土体充分混合，形成复合地基，有效增强地基的承载力和变形模量。高压旋喷桩技术则在旋喷桩的基础上，采用更高的压力将浆液注入地基，形成更深、更长的加固体，适用于更复杂的地质条件。

在水利工程施工中，深层加固技术的应用尤为关键。由于水利工程常涉及大型水体和复杂的水文地质条件，地基往往承受较大的水压力和动水压力，容易导致软弱地基的变形和不稳定。通过深层加固技术，可以显著提高地基的抗变形能力，确保建筑物如水闸、泵站和电站等的安全运行。此外，深层加固技术还能有效防止地基滑动和渗透变形，保障工程长期的稳定性和耐久性。

（三）新型地基处理技术

新型地基处理技术是指近年来随着科技发展和工程实践不断涌现的新型地基加固方法，其在水利工程中的应用为解决软弱地基问题提供了更多选择。这些技术相较于传统处理方法，具有施工效率高、环境影响小、适应性更强等优势，尤其适用于复杂地质条件下的地基加固需求。其中，真空预压法是一种通过在地基表面施加负压力，利用抽气和排水的方式加速地基土体固结和排水的技术，能够在较短时间内显著提高地基的承载力和稳定性。此外，电化学加固技术通过电流作用使土体中颗粒发生电化学反应，形成胶结结构，从而提高地基的强度和耐久性，适用于处理渗透性强、易受水腐蚀的软弱地基。生物加固技术则是利用基因工程菌或特定微生物，通过代谢作用促进土体中胶结材料的合成，形成类似于天然胶结结构的地基加固效果，这一技术在环保性和可持续性方面具有显著优势。

三、软弱地基处理技术在水利工程施工中的具体应用

（一）软弱地基处理技术在堤坝工程中的应用

在堤坝工程中，软弱地基的处理是非常关键的环节。堤坝通常建设在河流或湖泊的岸边，地基条件复杂。尤其是软弱地基的存在，如淤泥、淤泥质土等，这些土层具有高压缩性、低强度和较差的渗透性，容易在外力作用下发生剪切破坏，影响堤坝的稳定性和安全性。

在实际施工过程中，工程师们根据具体的地质条件和工程需求，选择合适的地基处理技术。例如，在某项

水利工程项目中，地基主要由深厚层的淤泥质土构成，施工人员采用了深层搅拌桩技术进行加固。这种技术通过将水泥等加固材料与土层进行搅拌混合，形成一个连续的复合地基。搅拌桩的间距一般设置为1.0米，长度达到20米以上，确保了加固区域的连续性和整体性。

此外，振动密实法也被用来进一步提高地基的密实度。振动设备在地基表面进行振动，促进土颗粒的重新排列，减少孔隙率，从而提高地基的承载能力和抗剪强度。在该工程中，振动密实法与深层搅拌桩技术相结合，有效改善了地基的力学性能。

为了进一步增强地基的排水性能和抗剪强度，施工人员还在地基表面铺设了一层砂石垫层，厚度约为50厘米。这层垫层不仅有助于地基的排水，还能分散和传递上部结构的荷载，减少地基的变形和应力集中。

施工过程中，工程师们对地基的处理效果进行了实时监测，包括地基的沉降量、水平位移和应力变化等。监测结果表明，经过处理的地基沉降量控制在设计要求范围内，地基的抗剪强度和承载能力也达到了预期目标。这不仅保障了堤坝的安全性和稳定性，还延长了堤坝的使用寿命。

综上所述，针对堤坝工程中软弱地基的处理，需要结合具体的地质条件和工程需求，选择合适的加固技术和施工参数。通过综合运用深层搅拌桩技术、振动密实法和砂石垫层等措施，结合实时监测手段，能够有效提高地基的承载能力和稳定性，保障堤坝工程的安全运行。

（二）软弱地基处理技术在水闸与泵站工程中的应用

软弱地基处理技术在水闸与泵站工程中的应用至关重要，以确保这些重要水利工程结构的安全和稳定。首先，水闸和泵站通常位于河流或湖泊岸边，地基条件较为复杂，常常面临软弱地基的挑战。软弱地基具有承载力低、压缩性高和稳定性差的特点，如果处理不当，可能导致建筑物的不均匀沉降，影响其正常使用和安全性。

在选择地基处理技术时，需要综合考虑多种因素，如地基的深度、地下水位的影响以及施工成本等。例如，若水闸地基由深厚的淤泥质土构成，深层搅拌桩技术便是一个理想的选择。该技术通过将水泥等加固材料与土层进行充分搅拌，形成复合地基，从而显著提高地基的承载力和抗剪强度。施工过程中，搅拌桩的间距一般设置为1.0米，长度则根据地基的具体情况确定，通常在20米以上，确保加固区域的连续性和整体性。

此外，强夯法也是一种常用的表层处理技术。通过使用大型机械设备对地基进行强力夯实，可以有效减少

地基的压缩性，提高其稳定性。施工时需合理控制夯击能和夯击次数，以达到最佳的加固效果。在泵站工程中，CFG桩（水泥粉煤灰碎石桩）是一种常见的桩基技术，它结合了水泥、粉煤灰和碎石，形成了坚固的桩体，能够有效分散建筑物的荷载，减少地基的变形。

注浆加固技术也是水闸和泵站工程中不可或缺的方法。通过将高压浆液注入地基深处，与土体结合形成加固体，从而增强地基的整体强度和稳定性。施工过程中，注浆的压力和注入量需根据具体地基条件进行调整，以确保加固效果。

（三）软弱地基处理技术在水电站工程中的应用

水电站通常位于河流的峡谷或山地地区，地基复杂的地质条件常常导致软弱地基的存在，如淤泥、湿陷性黄土等。这些地基特征包括承载力低、压缩性高、易受水侵蚀等，可能引发地基的不均匀沉降和结构损坏。

在实际施工中，工程师们根据地基的具体条件和工程需求，采用多种处理技术。例如，深层搅拌桩技术被广泛应用于深厚层淤泥质土壤的处理，该技术通过将水泥等加固材料与土层搅拌混合，形成一个连续的复合地基。搅拌桩的间距一般设置为1.2米，长度通常在20米以上，以确保加固区域的连续性和稳定性。

CFG桩技术也是一种常用方法。它通过在地基中打入预制的混凝土桩，利用桩体与土体的相互作用来分散建筑物的荷载。施工时，CFG桩的直径约为500毫米，桩间距通常为1.5米，桩长度则根据地基的具体情况确定，一般在25米左右。

注浆加固技术则利用高压将水泥浆或其他化学浆液注入地基深处，与土体结合形成坚固的加固体。施工过程中，注浆压力通常控制在10-20 MPa，注射量根据地质条件进行调整，以确保达到预期的加固效果。

此外，施工完成后，需对地基的处理效果进行全面监测，包括沉降观测、水平位移监测和抗渗性能测试等，以确保地基的稳定性与抗渗能力。通过科学合理的选择和应用地基处理技术，并精确控制施工参数，水电站工程的地基处理不但提高了承载力和稳定性，还增强了其抗水侵蚀能力，为工程的安全运行提供了坚实保障。

（四）不同水利工程场景下技术选择的经验总结

在水利工程实践中，根据不同工程场景选择合适的软弱地基处理技术是确保工程安全和稳定的关键。例如，在堤坝工程中，深厚层的淤泥质土通过深层搅拌桩技术进行加固，搅拌桩间距约为1.0米，长度超过20米，同时辅以振动密实法和砂石垫层，以提高整体承载力和排

水性能。水闸与泵站工程中，注浆加固技术和CFG桩技术常被选用，注浆压力控制在10至20兆帕之间，CFG桩直径约500毫米，间距1.5米，桩长通常达到25米以上。在水电站工程中，由于复杂的地质条件，深层搅拌桩和CFG桩技术应用广泛，搅拌桩间距为1.2米，长度20米以上，CFG桩直径同样约500毫米，间距1.5米，桩长25米左右。注浆加固技术也频繁应用，注浆压力控制在10至20兆帕。在选择技术时，需综合考虑工程重要性、地质条件、施工可行性、经济成本及使用需求。高坝或大型水闸工程常选用深层搅拌桩或CFG桩技术，以满足深厚层地基的加固需求。而中小型泵站或电站则可能优先选用注浆加固技术或振动密实法，因其施工周期短且成本经济。施工过程中，应依据工程地质报告和设计要 求，合理规划加固方案，并严格按照施工参数执行，如控制搅拌桩和CFG桩的间距、长度，以及注浆压力等。施工前进行试验段施工可验证技术适用性，施工后通过监测地基沉降、位移等参数评估加固效果。

结束语

综上，针对软弱地基的特性，合理选择和综合运用多种地基处理技术，如深层搅拌桩、CFG桩、注浆加固等，能够有效提升地基的承载力、抗变形能力以及整体稳定性，减少工程隐患，延长建筑物的使用寿命。特别是针对深厚层软弱地基，深层加固技术与表层处理技术的有机结合，显著提高了地基处理效果。未来可进一步深化对新型处理技术的研究，探索其在复杂条件下的应用潜力，并结合智能化监测技术，实现地基处理的精准化和高效化。

参考文献

- [1] 吴菲菲, 朱步纲, 黄佃贵. 水利工程施工中软土地基处理技术研究[J]. 水上安全, 2024(7): 190-192.
- [2] 张传佳. 水利工程施工中软土地基处理技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(6): 144-146.
- [3] 张钟天, 俞杨, 管辉. 水利工程软土地基处理技术的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(003): 000.
- [4] 王海涛. 水利工程设计的软土地基处理技术[J]. Engineering Management & Technology Discussion, 2024, 6(3).
- [5] 杨磊. 水利水电工程施工中不良地基处理技术应用研究[J]. 产城: 上半月, 2023(3): 0151-0153.