

基于水利工程施工中软土地基处理的策略研究

徐鹏程 张景尧

中及御龙建设有限公司

摘要:水利工程建设规模不断扩大背景下,很多工程施工中不可避免遇到软土地基,而软土地基如果未经有效处理直接施工,将会造成严重的危害,导致地基沉降,威胁到工程质量和安全。过去的研究主要集中在软土地基的宏观力学性质和处理方法的实验研究,如土体的压缩特性、剪切强度和渗透性等。然而,随着水利工程的发展和要求的提高,单一的处理方法已经不能满足实际工程的需求。因此,在水利工程施工前,要结合软土地基实际情况选择合理的处理方法,增强地基承载力和稳定性,为后续工程建设夯实基础,对于建造高质量的水利工程项目具有重要意义。文章就水利工程施工中软土地基施工内容进行论述,首先分析软土地基的特性和危害,然后分析软土地基处理原则以及重要性,最后选择合理的方法处理软土地基,以求为相关实践工作开展提供参考。

关键词:软土地基;水利工程;化学固结法;排水固结法;换土法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.11.077

软土地基处理是水利工程施工中的重要环节,它对工程的安全性、稳定性和可持续性起着至关重要的作用。软土地基在水利工程中的广泛应用和处理方法的研究已成为学术界和工程界关注的热点领域。随着工程规模的扩大和技术的不断创新,软土地基处理的策略研究变得更加迫切和重要。软土地基具有低强度、高压缩性和水分敏感性等特点,其工程性质对工程结构的设计和施工产生了巨大影响。在水利工程中,软土地基常常作为建设水库、堤坝、港口和航道等重要工程的基础,其稳定性和承载能力对工程的安全运行和可持续发展至关重要。因此,如何有效地处理和加固软土地基成为水利工程中亟待解决的问题。

一、软土地基的特性和危害

(一)软土地基特性

软土地基是指在地质构造和形成过程中,经历了较长时间的沉积、压实和固结作用,具有较高的含水量和较低的固结度的土壤。软土地基具有以下主要特性:

(1)低强度。软土地基的抗剪强度较低,其内部颗粒间的摩擦力较小,容易发生剪切破坏。这导致软土地基在受到荷载作用时容易产生沉降和变形,对工程结构的稳定性构成威胁^[1]。

(2)高压缩性。软土地基的压缩性较高,即在受到荷载作用时容易发生较大的压缩变形。由于软土的颗粒结构较松散,荷载会导致土壤颗粒之间的排列重新调

整,从而引起体积收缩和沉陷现象。

(3)水分敏感性。软土地基对水分的敏感性较强。当软土吸湿时,土壤颗粒间的吸附力增强,导致土体胶结,体积膨胀;而当软土排水时,吸附力减弱,土体变得松散,体积缩小。这种水分引起的体积变化会引发土体的变形和破坏。

(4)渗透性差。软土地基的渗透性较差,即土壤的水分流动能力较弱。软土的颗粒结构松散,颗粒间存在较大的孔隙,但孔隙间的连接性较差,因此水分在软土中难以快速通过,影响了土体的排水性能^[2]。

(5)地震反应较大。软土地基对地震反应较敏感,容易引发液化现象。在地震作用下,由于软土的含水量高和颗粒结构松散,土体内的孔隙水压会增加,导致土壤失去抗剪强度,出现液化现象,严重影响工程的安全性。

(二)软土地基的危害

软土地基如果未经处理直接施工,将会造成一系列严重的危害,具体表现在以下几个方面。

(1)工程沉陷和变形。软土地基的低强度和高压缩性使得其在承受荷载时容易发生沉陷和变形^[3]。工程结构如水库、堤坝、港口等在软土地基上建设时,由于土壤的沉陷和变形,会导致工程整体下沉、倾斜甚至破坏,影响工程的安全运行。

(2)土体液化。在地震或其他外部震动的作用下,软土地基中的孔隙水压会升高,土体失去抗剪强度,出现液化现象。液化会导致土体流动性增强,使土壤的承载能力迅速降低,给工程结构带来严重的破坏风险。

(3)水分引起的变形。软土地基对水分敏感,其含水量的变化会引起土体的体积变化。当土壤吸湿或排水时,会导致土体的体积膨胀或收缩,进而引起工程的沉陷、倾斜和破坏^[4]。

(4)土壤侵蚀和渗漏。软土地基渗透性差,水分难以迅速排出,容易引起土壤侵蚀和渗漏。水利工程中的堤坝、水闸等结构如果建设在软土地基上,可能会发生渗漏现象,导致工程结构的稳定性受到威胁。

(5)工期延误和经济成本增加。软土地基的处理对水利工程的施工周期和经济成本都会带来较大的影响。软土地基的处理需要采取相应的加固措施,这将增加工程的施工难度和成本,可能导致工期延误和经济成本的增加。

二、水利工程施工中软土地基处理的原则和重要性

(一)软土地基处理原则

软土地基处理需要遵循一定的原则，以确保处理效果和工程的安全稳定性。具体原则如下：

(1) 强度增加原则。处理软土地基的首要目标是提高其抗剪强度和承载能力。通过增加土体的强度，可以减少土体的沉陷和变形，提高工程结构的稳定性。因此，软土地基处理应以增加土体的强度为核心原则^[5]。

(2) 压缩控制原则。软土地基具有较高的压缩性，处理时需要控制土体的压缩变形。通过合理的处理方法和措施，减少土体的压缩变形，以保证工程的稳定性和长期变形的控制。

(3) 液化防治原则。针对软土地基在地震作用下容易液化的特点，软土地基处理应采取相应的液化防治措施。通过排除或降低孔隙水压力，增加土体的抗液化能力，确保工程在地震发生时的安全性。

(4) 水分控制原则。软土地基对水分敏感，水分的变化会引起土体的变形和破坏。软土地基处理应注重水分的控制和调节，通过合理的排水和防水措施，维持土体水分的平衡，以减小水分对土体稳定性的影响^[6]。

(5) 经济可行性原则。软土地基处理的策略应考虑经济可行性。在选择处理方法和技术时，需要综合考虑处理效果、成本和工程可行性，选择最经济合理的处理方案。

(二) 软土地基处理的重要性

首先，软土地基的低强度和高压缩性给工程结构的稳定性带来风险。通过合理的处理策略，可以提高土体的强度和稳定性，减少沉陷、变形和破坏等安全隐患，确保水利工程的安全运行^[7]。其次，软土地基处理可以提高土体的承载能力，使其能够承受更大的荷载。这对于水利工程中的重要结构如水闸、堤坝等来说至关重要，可以增加其工作的可靠性和持久性。再次，通过软土地基处理，可以控制土体的压缩变形，减少工程的沉陷和变形，保证工程的稳定性和使用寿命。最后，软土地基在地震作用下容易发生液化，导致工程结构的破坏。通过软土地基处理，可以增加土体的抗震性能，降低液化风险，提高工程的抗震能力。

三、水利工程施工中软土地基处理方法

(一) 化学固结法

化学固结法是软土地基处理的一种常用方法，通过在软土中注入固化剂，改变土体的物理和化学性质，从而提高其强度和稳定性。首先根据工程需要选择适合软土地基处理的固化剂^[8]。常用的固化剂包括水泥、石灰、氯化钙等。固化剂的选择应根据软土地基的特性和施工要求进行合理搭配，以达到最佳固结效果。其次，注入固化剂。在软土地基中通过钻孔或挖槽的方式，将固化剂注入土体中。注入过程中应注意均匀分布，确保固化剂与软土充分混合，并尽量避免对地下水环境造成不良影响。再次，搅拌和混合。使用搅拌桩、旋挖钻等设备对注入固化剂的土体进行搅拌和混合，以促进固化

剂与软土的充分反应和混合。搅拌和混合的目的是确保固化剂能够与软土充分接触，使固化剂发挥最大的固结效果。最后，固化反应和强度形成：注入固化剂后，固化剂与土体中的水分和颗粒发生化学反应。固化剂会通过胶结、水化和晶体形成等过程，形成新的水泥基固结体。随着固化反应的进行，土体的强度和稳定性逐渐提高。在固化过程完成后，对处理后的软土地基进行强度、稳定性等方面的检测和验收^[9]。通过现场试验、取样和实验室测试等手段，评估处理效果是否符合设计要求，确保软土地基的处理质量。

结合大量实践经验了解到，化学固结法的应用，能够显著提高软土地基的强度和稳定性，减少沉陷和变形的风险。而且化学固结法施工相对简便，施工周期相对较短，可以快速改善软土地基的工程性质。

(二) 换土法

换土法是软土地基处理中应用较为广泛的一种方法，主要是通过将软土地基中的松散、不稳定土体挖除，并用高强度、稳定的填土进行填补，以提高土体的强度和稳定性。首先，土体挖掘。根据设计要求和土体的特性，采用机械挖掘或人工挖掘等方式将软土地基中的松散、不稳定土体挖除。挖掘深度和范围应根据工程需要进行合理确定^[10]。其次，土体处理。挖除的松散土体需要进行处理，以满足填土要求。处理方法可以包括土壤改良、固化等，以提高土体的强度和稳定性。同时选择高强度、稳定性良好的填土，将其均匀填充到挖掘区域。填土应分层、均匀压实，以确保填土与原土体充分接触和紧密结合，提高整体的强度和稳定性。最后，压实和检测。填土完成后，采用合适的压实设备对填土进行适当的压实处理，以提高填土的密实度和稳定性。由专门人员使用专业设备进行相应的检测和监测，评估填土的强度和稳定性，确保满足设计要求。

实际上，基于换土法进行软土地基处理，能够显著提高土体的强度和稳定性，通过将软土地基中的松散土体挖除并填充高强度填土，能够显著提高土体的强度和稳定性，减少沉陷和变形的风险。加之换土法处理后的软土地基具有较长的使用寿命，能够保持较好的工程性能和稳定性，确保水利工程的长期运行^[11]。

(三) 深层水泥搅拌施工技术

深层水泥搅拌施工技术通过在软土地基中注入水泥浆并进行搅拌，形成混合土体，以增加地基的强度和稳定性。深层水泥搅拌施工技术的原理是通过机械搅拌将水泥浆与软土混合，形成均质的混合土体。水泥与软土的反应使水泥颗粒与土壤颗粒之间形成胶结，从而提高地基的强度和稳定性。深层水泥搅拌施工技术多适用于软土地基具有较低强度和较差稳定性的情况，例如在水利工程中的堤坝、渠道、挡土墙等结构的地基处理中常常使用。

在软土地基实际处理中，应进行详细的地质勘察，

确定地质特征和地基条件,制定合理的施工方案和设计参数;对软土地基进行预处理,如清除表层杂物、浸水软化等,以提高施工效果;使用搅拌钻机进行施工,搅拌钻机逐渐向下推进,同时通过旋转和往复运动,将水泥浆注入软土中进行搅拌。搅拌桩的直径和搅拌深度根据设计要求确定;对施工过程进行质量控制,监测搅拌桩的进度、搅拌时间、注入水泥浆的压力等参数,确保施工质量;根据需要进行后续处理,如地表平整、防水处理等,以确保工程的完整性和可靠性^[12]。

(四) 排水固结法

排水固结法的原理是通过降低软土地基中的孔隙水压力,使土体中的水分排出,从而引起土体的固结。通过有效的排水措施,减少土体中的孔隙水含量和水压,使土体颗粒间产生有效应力,增加地基的强度和稳定性。

实际应用中,对施工区域的软土地基进行充分的地质勘察,确定地质特征和地基条件,制定合理的施工方案和设计参数;根据设计要求,在软土地基中安装排水设施,如排水井、排水管道等,排水设施的布置和密度应根据软土地基的特性和水流条件确定;采用抽水机、离心泵等设备进行有效的排水,将地下水位降低至设计要求的水平;在排水施工过程中,需要对地下水位、孔隙水压力、土体沉降等进行观测和监测,以确保施工效果和地基稳定性;根据需要进行后续处理,如填充加固、地表平整等,以确保工程的完整性和可靠性。

(五) 加筋法

加筋法的原理是通过在软土地基中加入加筋材料,形成复合土体,以提高地基的整体强度和稳定性。加筋材料可以是土工合成材料,如土工格栅、土工布等,也可以是钢筋等钢结构材料。加筋材料与软土相互作用,通过摩擦力或土与材料间的黏结力来共同承担地基荷载,并通过增加土体的抗剪强度来抵抗地基变形。

具体处理中,在充分地质勘察基础上,根据工程需要,确定加筋材料的种类、规格和布置方式;根据设计要求,在软土地基中安装加筋材料,土工格栅和土工布等材料可以通过展开、固定或嵌入等方式安装,钢筋可以通过打桩、振动等方式嵌入土体;加筋材料安装完毕后,进行填土施工,填土可以采用合适的土质,根据设计要求分层压实,确保加筋材料与土体之间的紧密结合;根据需要进行后续处理,如地表平整、防水处理等,以确保工程的完整性和可靠性。

(六) 夯实法

夯实法的原理是通过夯实设备对软土地基施加连续的重击,使土体颗粒重新排列,填充孔隙空间,增加土体的密实度和强度。夯实作业可以使软土地基的颗粒间产生有效应力,从而提高地基的抗剪强度和承载能力。夯实法适用于软土地基具有较低密实度、较低强度的情况。

采用夯实法对软土地基处理中,结合区域地质条件来确定施工方案,并依据地基特性选择合适的夯实设备,如夯实板、振动夯等;使用夯实设备对软土地基进行夯实作业,夯实设备通过连续的重击,使土体颗粒重新排列并填充孔隙空间,提高土体的密实度和强度。夯实作业按照设计要求进行区域分块夯实,直至达到要求的夯实程度;对施工过程进行质量控制,监测夯实设备的工作状态、夯击频率、夯击能量等参数,确保施工质量;上述环节结束后,做好后续处理工作,后续处理,如地表平整、防水处理等,以确保工程的完整性和可靠性。

四、结论

综上所述,随着我国水利事业的发展,在工程建设过程中不可避免遇到软土地基的情况。为了保证工程质量和安全,依托于施工区域实际情况选择最佳的软土地基处理方法是尤为必要的。通过施工前对软土地基的有效处理,可以提高软体地基承载能力,减轻地基沉降或偏移,为后续施工活动顺利进行奠定基础,最大程度上提升工程施工质量和效益。

参考文献

- [1] 李学奎. 水利工程中软土地基处理技术要点分析[J]. 珠江水运, 2023(05): 44-46.
- [2] 荣庆. 水利工程软土地基处理施工质量管理探讨[J]. 居业, 2021(11): 198-199.
- [3] 夏磊. 水利工程软土地基勘察及处理技术分析[J]. 工程与建设, 2021, 35(05): 1007-1008.
- [4] 艾金岑. 水利工程软土地基处理施工质量管理探讨[J]. 中国设备工程, 2021(16): 236-238.
- [5] 王道彬. 浅谈引大东二干渠水利施工中软土地基处理的方法[J]. 农业科技与信息, 2020(18): 111-112.
- [6] 薛文志, 黄文杰. 劲性复合桩在水利工程软土地基处理中的应用[J]. 东北水利水电, 2020, 38(09): 13-15+71.
- [7] 黄善缙. 水利工程中软土地基处理的施工技术探讨[J]. 智能城市, 2020, 6(11): 208-209.
- [8] 魏明巍. 水利工程施工中软土地基处理的方法探讨[J]. 科学技术创新, 2020(07): 138-139.
- [9] 王任飞. 水利工程软土地基处理中真空预压联合注浆法的应用研究[J]. 黑龙江水利科技, 2020, 48(02): 148-151.
- [10] 杜婷婷. 水利工程施工中软土地基处理的方法探讨[J]. 四川水泥, 2020(01): 278.
- [11] 刘利. 水利工程施工软土地基处理技术的应用研究[J]. 决策探索(中), 2019(11): 27-28.
- [12] 罗海腾. 对水利工程施工中软土地基处理技术的分析[J]. 珠江水运, 2019(17): 46-47.