

浅析水工建筑物软土地基的处理方法

吴坤培

海南省水利水电勘测设计研究院有限公司 海南 海口 570203

摘要：水工建筑物软土地基具有含水量高、压缩性大、抗剪强度低、透水性差等特性，影响建筑物安全稳定。处理方法选择需考虑地质条件、工程要求、环境因素和经济成本。常见处理方法有换填法，适用于浅层软弱地基；排水固结法，借助排水系统和荷载加速土体固结；振冲法，分挤密和置换法，分别适用于砂土和黏性土地基；旋喷法，形成固结体加固地基；强夯法，利用冲击能加固地基。不同方法各有优缺点，需根据实际情况合理选用。

关键词：水工建筑物；软土地基；处理方法

引言

水工建筑物在水利体系中地位关键，其安全稳定关乎工程效益与周边安全。但在实际建设中，软土地基问题频现。软土地基含水量高、压缩性大、抗剪强度低且透水性差，这些特性给水工建筑物施工带来极大阻碍。若处理措施不到位，建筑物易出现沉降、倾斜、裂缝等病害，缩短使用寿命、影响功能。故而，深入探究软土地基处理方法迫在眉睫，本文将就此展开分析。

1 软土地基的特性及对水工建筑物的影响

1.1 软土地基的特性

软土地基作为一种特殊的地基类型，具有一系列显著且独特的性质，这些性质在很大程度上决定了其承载能力和变形特性。从物理状态来看，软土地基含水量极高。由于土体中富含大量细微颗粒，如淤泥、淤泥质土等，这些颗粒的比表面积大，吸附水分的能力强，使得软土常常处于接近饱和的状态。高含水量不仅降低了土体的有效应力，还使得土颗粒之间的连接变得松散，土体结构呈现出一种松软、流塑的状态，用手触摸能感觉到明显的细腻和滑腻感。软土地基的压缩性也极为突出^[1]。在受到外力作用时，软土极易发生压缩变形。这是因为软土的孔隙比大，土颗粒之间的孔隙较多，在外力挤压下，孔隙中的水分和气体被排出，土颗粒重新排列，导致土体体积缩小。这种压缩变形并非瞬间完成，而是会随着时间的推移持续发展，即使外力保持不变，变形也会缓慢增加，表现出明显的蠕变特性。抗剪强度低是软土地基的又一重要特性。软土的抗剪强度主要由土颗粒之间的摩擦力和黏聚力组成，但由于其颗粒细小、排列松散，摩擦力和黏聚力都很小。在受到剪切力作用时，软土很容易发生剪切破坏，无法有效地抵抗剪切变形。这使得软土地基在承受建筑物荷载或侧向土压力时，稳定性较差，容易发生滑动或坍塌。软土地基的透水性差。

其渗透系数极小，水分在土体中的渗透速度非常缓慢。在加载过程中，软土中的孔隙水压力难以迅速消散，导致地基的固结过程漫长。这种低透水性不仅影响了地基的固结速度，还可能导致地基在长期使用过程中出现排水不畅、积水等问题，进一步加剧地基的变形和破坏。

1.2 对水工建筑物的影响

软土地基的特性给水工建筑物的建设带来了诸多不利影响，严重威胁着建筑物的安全与稳定。在建设过程中，软土地基的高压缩性和蠕变特性会导致建筑物产生较大的沉降。由于沉降不均匀，建筑物的不同部位会出现不同程度的下沉，使得建筑物结构发生扭曲和变形。水闸的闸室、翼墙等部位可能会因为沉降差异而产生裂缝，影响水闸的正常启闭和防洪功能。泵站的电机层、水泵层等也可能因地基沉降不均而出现倾斜，导致设备运行不稳定，甚至损坏设备。软土地基的低抗剪强度使得水工建筑物的稳定性降低。在洪水、地震等外力作用下，建筑物容易发生滑动或倾覆。堤防工程如果建在软土地基上，在洪水冲击下，堤防可能会因为地基抗剪强度不足而发生滑坡、溃堤等事故，给下游地区带来严重的洪涝灾害。软土地基的固结时间长，会导致水工建筑物的施工工期延长。在建筑物施工过程中，需要等待地基逐渐固结稳定后才能进行后续施工，否则建筑物可能会因为地基的持续沉降而出现质量问题。这不仅增加了工程的成本，还可能影响工程的交付使用时间，给周边地区的生产生活带来不便。软土地基的不利影响还会增加水工建筑物的维护难度和成本。在建筑物使用过程中，需要定期对地基和建筑物进行监测和维护，及时发现和处理地基变形、裂缝等问题。如果地基问题严重，可能还需要进行加固处理，这将进一步增加工程的维护费用。

2 软土地基处理方法的选择原则

2.1 地质条件

不同的地质条件对软土地基处理方法的选择有重要影响。对于软土层厚度较小、分布范围不广的情况,可采用换填法;对于饱和、脆弱土层,排水固结法可能较为适用;而对于软土厚度较大、承载力要求较高的地基,桩基法则更为合适。

2.2 工程要求

工程要求包括建筑物的类型、荷载大小、使用功能等。不同类型的建筑物对地基的承载能力和稳定性要求不同,因此需要根据工程要求选择合适的处理方法。对于重要的水工建筑物,需要选择承载能力高、沉降小的处理方法,如桩基法。

2.3 环境因素

环境因素包括施工场地的地形、地貌、地下水位、周边建筑物等。在选择处理方法时,需要考虑施工对周边环境的影响,尽量减少对环境的破坏。在人口密集的地区,强夯法可能会产生较大的振动和噪音,对周边居民的生活造成影响,此时应考虑采用其他较为安静的处理方法。

2.4 经济成本

经济成本是选择软土地基处理方法时需要考虑的重要因素之一。不同的处理方法成本差异较大,需要在满足工程要求的前提下,选择成本较低的处理方法。换填法虽然工程量较大,但如果能够就地取材,成本可能会相对较低;而旋喷法和桩基法虽然加固效果好,但施工成本较高。

3 常见软土地基处理方法分析

3.1 换填法

在软土地基处理中,换填法是一种基础且实用的方法。其原理直观易懂,就是将基础底面下一定深度内的软弱土层挖除,再填入性能更优的材料,重塑地基结构,提升地基承载力与稳定性。当遇到浅层软弱地基或不均匀地基时,换填法能发挥显著作用。比如在一些局部存在软土的区域,像暗沟、暗塘等,换填法可快速精准地处理问题。对于小型且对地基要求不高的建筑,如低层民房、小型仓库等,换填法也是经济有效的选择^[2]。它一般适用于处理深度在3m以内的软土,深度过大则成本和施工难度会大幅增加。施工时,需先精确确定软土的范围和深度,将其彻底挖除。之后,选择合适的回填材料,常见的有砂、碎石、灰土等。回填要分层进行,每层厚度控制在20-30cm左右。每填一层,就使用蛙式打夯机、振动压路机等设备进行夯实,确保达到规定的密实度。夯实过程中,要密切关注夯实效果,避免出现夯实不足或过度的情况。换填法的优点突出。施工工艺简

单,施工人员容易上手,能加快施工进度,缩短工期。材料来源广泛,成本相对较低,能有效控制工程预算。而且处理后的地基承载力明显提高,沉降问题得到有效改善。

3.2 排水固结法

排水固结法是处理软土地基的常用且有效手段,其核心原理在于借助排水系统和荷载作用,加速土体排水固结进程,以此提升地基的强度与稳定性。在软土地基中,通常会设置砂井、塑料排水板等竖向排水体,再配合堆载或真空预压等荷载方式。当荷载施加后,土中的孔隙水能够顺着这些排水通道快速排出。随着孔隙水不断排出,孔隙水压力逐渐消散,有效应力则随之增大。在此过程中,土体发生固结压密,土体的抗剪强度和承载力得以提升,进而有效减少工后沉降。该方法主要适用于饱和软黏土地基,像淤泥、淤泥质土这类渗透性较差的软弱地基。对于渗透性极低的泥炭土,使用时需格外慎重。当软土层靠近地表且厚度较薄,或者土的渗透性较好且施工周期较长时,可在地面铺设一定厚度的砂垫层,无需设置竖向排水通道,土中的孔隙水在外荷载作用下排至砂垫层实现固结。若软土层较厚,为加快排水固结速度,则需在地基中设置砂井等竖向排水体,与水平砂垫层共同构成排水系统。排水固结法有多种具体实施方式。堆载预压法是在地基上堆放土、砂、石料等重物,施加预压荷载促使地基排水固结;真空预压法是在软土地基表面铺设砂垫层并覆盖密封膜,通过真空泵抽出膜内空气形成负压,加速地基排水固结;降水预压法通过降低地下水位改变水力梯度,促使地基排水,常见于地下水位高的地区;电渗排水法是在地基中插入金属电极通直流电,使土中水从阳极流向阴极后排出,加速地基固结;联合预压法则是将上述两种或多种方法结合使用,以取得更好的排水固结效果。排水固结法施工简单、效果显著,还具备施工工期短、工后沉降及不均匀沉降小、施工方便等优点。但该方法处理地基需要一定时间完成固结,且对地质条件有一定要求。

3.3 振冲法

振冲法又称振动水冲法,是为改善不良地基以满足建(构)筑物基础要求的地基加固处理方法,依据地基土类别、加固原理、填充材料等可分为振冲挤密法和振冲置换法。振冲挤密法适用于砂土,从粉细砂到含砾粗砂,只要粒径小于0.005mm、粘粒含量不超过10%,均可得到显著挤密效果。其原理是利用振冲器的高频振动和高压水冲,使饱和砂土液化,土粒重新排列,减小孔隙比,增加密实度,不仅能提高砂土地基的承载力和变形

模量,还能使砂土预先经历人工振动液化,提高抗振能力,形成的碎石桩可作为良好的排水通道。振冲置换法主要适用于黏性土地基,通过在地基中借振冲器成孔,振密填料置换,制成以碎石、砂砾等散粒材料组成的桩体,与原地基土一起构成复合地基,使地基承载力提高,沉降减少^[3]。对于不排水抗剪强度小于20kPa的饱和黏性土和饱和黄土地基,应在施工前通过现场试验确定其适用性。振冲法施工的主要设备是振冲器,施工时先定位,将振冲器沉入到土中预定深度,清孔后逐段填入碎石并振密,形成密实桩体。该方法设备少、加固速度快、振动影响范围小,但需要大量给水和排水设施,冬季施工困难。

3.4 旋喷法

旋喷法是利用高压泵将水泥浆液通过钻杆端头的特制喷头,以高速水平喷入土体,借助液体的冲击力切削土层,同时钻杆一面以一定速度旋转,一面低速徐徐提升,使土体与水泥浆充分搅拌混合凝固,形成具有一定强度的圆柱固结体(即旋喷桩),从而使地基得到加固。该方法适用于淤泥、黏性土、砂土、粉土、黄土及人工填土等地层,但不适用于含大粒径砾石或有机质过多的土层。施工时,先测量放线,布置搅拌台,钻机就位后钻孔,钻至设计深度后进行旋喷注浆,喷射时需控制压力、提升速度等参数,注浆完成后清洗喷头,必要时进行补浆。旋喷法具有施工速度快、设备简单、适应性强等优点,且施工过程中噪音和振动较小,对周边环境的干扰较低。但该方法对施工技术和设备有一定要求,在含有大颗粒或障碍物的土层中施工效率较低。

3.5 强夯法

强夯法是一种利用重锤自由下落产生的巨大冲击力来加固地基的方法。其原理是将重锤(一般重量为8-40吨)从高处(通常6-40米)自由落下,对地基土施加强大的冲击力和振动,使土体颗粒重新排列,孔隙减小,

土体密实度增加,从而提高地基的承载力和稳定性,减少地基的压缩性。强夯法适用范围较广,对碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基处理效果较好。对于高饱和度的粉土与黏性土等地基,当采用强夯法时,需谨慎对待并可能需结合其他措施^[4]。施工时,先清理并平整场地,然后标出夯点位置,测量场地高程。接着起重机就位,将夯锤对准夯点,测量夯前锤顶高程。之后将夯锤起吊到预定高度,待夯锤脱钩自由下落后,放下吊钩,测量锤顶高程,计算每击的夯沉量。重复上述步骤,直至满足设计要求。完成一遍夯击后,用推土机将夯坑填平,测量场地高程,然后按上述步骤逐次完成全部夯击遍数。强夯法具有施工设备简单、施工速度快、加固效果好、造价低等优点,但施工过程中会产生较大的振动和噪音,对周边环境有一定影响,需合理安排施工时间和采取相应的防护措施。

结语:水工建筑物软土地基处理复杂且关键,其特性给建设带来诸多不利。处理方法选择需权衡地质、工程、环境及成本等多方面因素。换填法、排水固结法等常见方法各有优劣与适用场景,工程中应依实际情况合理选用或组合。科技发展下,新地基处理技术不断涌现。未来需持续强化该领域研究创新,推动技术升级,为水工建筑物建设筑牢技术根基,保障工程安全稳定。

参考文献

- [1]魏肖楠.浅析水工建筑物施工中软土地基的处理[J].工程管理与技术探讨,2025,7(6).15-16.
- [2]翟沙龙.水利施工中软土地基处理的方法浅析[J].工程建设与发展,2023,2(5):4-6.
- [3]黄翠霞.浅析水工建筑物软土地基的处理方法[J].建筑工程技术与设计,2020(21):2250.
- [4]韦馨悠.水工建筑物软土地基处理技术及运用[J].工程技术创新与发展,2024,2(9).45-49.