

岩土工程中软土地基的处理技术与环境效应

曾祥煜 曾炜耀

南京水科院瑞迪科技集团有限公司 江苏 南京 210000

摘要: 随着城市化进程加速,岩土工程中软土地基处理成为关键挑战。本文聚焦岩土工程中软土地基的处理技术与环境效应。首先概述软土地基特性,接着详细阐述换填法、强夯法、水泥土搅拌法等关键处理技术及其适用场景。同时,深入剖析软土地基处理对周边环境产生的多方面影响,涵盖位移场变化、地下水系统扰动、生态植被破坏等。最后强调施工污染控制与长期环境监测的重要性。旨在为岩土工程中软土地基处理提供技术参考,促进工程建设与环境保护协调发展。

关键词: 软土地基; 处理技术; 环境效应; 协调发展

引言: 在岩土工程领域,软土地基因其低强度、高压缩性等特性,给工程建设带来诸多挑战。若处理不当,不仅会影响建筑物的安全与稳定,还可能对周边环境造成严重破坏。随着社会对环境保护的重视程度不断提高,在软土地基处理过程中,如何平衡工程建设需求与环境保护成为关键问题。本文将系统介绍岩土工程中软土地基的常用处理技术,并深入分析这些处理技术可能引发的环境效应,以期对相关工程实践提供有益的指导和借鉴。

1 岩土工程中软土地基的概述

软土地基是岩土工程中一类具有特殊工程性质的地基类型。它主要由软土构成,软土是天然含水量高、天然孔隙比大、压缩性高且抗剪强度低的细粒土,通常呈现软塑到流塑状态,包含淤泥、淤泥质土以及其他高压缩性饱和黏性土和粉土等。软土具有显著的物理力学特性。其天然含水量往往超过液限,这使得土体处于接近饱和状态,孔隙中充满水分,导致土体结构松散。高孔隙比进一步体现了软土的疏松多孔结构,为水分的储存和流动提供了空间。高压缩性意味着在荷载作用下,软土地基会产生较大的沉降变形,且沉降过程缓慢,持续时间长。低抗剪强度则使得软土地基在受到剪切力作用时,容易发生破坏,无法为上部结构提供足够的支撑力。在岩土工程中,软土地基的这些特性给工程建设带来了诸多挑战。过大的沉降和不均匀沉降会影响建筑物的正常使用和安全性,导致结构开裂、倾斜等问题。同时,软土地基的低强度和稳定性差,还可能引发边坡失稳、地基滑动等工程事故。因此,在软土地基上进行工程建设时,必须充分考虑其工程性质,采取有效的处理措施,以改善地基性能,确保工程的安全与稳定^[1]。

2 岩土工程中软土地基的处理的关键技术

2.1 换填法

换填法是改善软土地基性能的有效手段,适用于浅层软弱地基处理,处理厚度通常为0.5-3米。首先,从原理层面看,它是把软土地基中承载能力不足、变形过大的软弱土层挖除,用强度高、稳定性好且压缩性低的材料进行置换。通过这种“以好换坏”的方式,改变地基的物理力学性质,提升地基整体强度,减小地基沉降,让地基能更好地承受上部结构传递的荷载。其次,在材料选择上较为多样。常见的换填材料有砂石、碎石、矿渣、灰土等。砂石和碎石透水性好,能加速地基排水固结;矿渣具有一定的强度和稳定性;灰土则经过压实后能形成较好的板体作用,增强地基的整体性。再者,施工过程需严格把控。要先准确确定换填范围和深度,清理基底并平整;分层铺填换填材料,控制每层厚度;采用合适的压实机械和方法进行压实,确保压实度达到设计要求,从而保证换填后的地基质量满足工程需要。

2.2 强夯法

强夯法是处理软土地基的一种高效且应用广泛的动力固结技术,适用处理软土深度通常为3-12米。从原理上讲,它是利用重锤(一般重8-30吨)从高处(通常10-40米)自由落下,强大的冲击能作用于地基,使土体产生瞬间的动应力和振动。这种冲击能量会挤压土体中的孔隙水,使其迅速排出,土体颗粒重新排列组合,变得更加紧密,从而提高土体的密实度和强度,降低压缩性。经过多次夯击,软土地基逐渐被加固,达到满足工程要求的承载能力和稳定性。在施工参数方面,锤重、落距、夯击次数和夯击间距等是关键因素。锤重和落距决定了单次夯击的能量大小,能量越大,加固深度和范围通常也越大;夯击次数需根据地基土质和加固要求合理

确定,以保证达到足够的密实度;夯击间距则影响夯击效果的均匀性,避免出现加固薄弱区域。强夯法施工设备简单、加固效果好、工期短且成本相对较低,适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土等多种软土地基。

2.3 水泥土搅拌法

水泥土搅拌法是软土地基处理中一种常用的加固技术,适用处理软土深度5-20米。从原理来讲,它借助深层搅拌机械,将水泥等固化剂与地基土就地强制搅拌。在搅拌过程中,水泥与土中的水分发生水化反应,生成一系列水化产物,如水化硅酸钙、水化铝酸钙等。这些水化产物相互交织,形成具有一定强度的水泥结石体,把原本松散的土颗粒胶结在一起,使土体的物理力学性质得到显著改善,提高了地基的强度和承载能力,同时减小了地基的压缩性。该方法具有诸多优势。施工时无需大量开挖和回填土方,对周边环境影响小,噪音和振动较低;能根据地基土质和工程要求,灵活调整水泥掺入比,以获得不同的加固效果;而且加固后的水泥土强度增长较快,可缩短工期。水泥土搅拌法适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土等地基。不过,在施工时要严格控制水泥质量、搅拌深度和均匀度等参数,确保加固质量满足设计要求。

2.4 高压旋喷桩

高压旋喷桩是软土地基处理中一项高效且应用广泛的技术,适用处理软土深度5-20米。其原理是利用钻机将带有特殊喷嘴的注浆管钻至设计深度,随后通过高压设备,将水泥浆液等固化剂以20-40MPa的高压从喷嘴中喷射而出,冲击破坏周围土体。在高压喷射流的强大冲击力、离心力和重力等综合作用下,土体被切割破碎,并与水泥浆液充分混合、搅拌。随着注浆管的旋转和提升,浆液与土体逐渐凝固,形成具有一定强度和形状的桩体,即高压旋喷桩。高压旋喷桩具有显著优势。它能适应多种复杂地层,无论是软塑、可塑的黏性土,还是粉土、砂土等,都能有效加固;桩体强度较高,可显著提高地基承载力,减少地基沉降;施工时可根据工程需求,灵活调整桩径、桩长和布桩形式。不过,施工过程中需严格控制水泥浆液配比、喷射压力、提升速度等参数,确保桩体质量均匀、密实。同时,要注意对周边环境的影响,避免浆液泄漏对地下水和土壤造成污染。

2.5 排水固结法

在岩土工程中,排水固结法是处理软土地基的关键技术,其中“排水板+堆载预压+真空联合堆载预压法”是常见且高效的组合方式。适用于处理软土深度5-30米

饱和软弱土层地基。该技术通过在软土地基中设置塑料排水板作为竖向排水体,缩短孔隙水排出路径,加速地基固结。堆载预压阶段,通过在砂垫层上堆填土石等材料,施加超过设计使用荷载的临时荷载,使地基在荷载作用下排水固结,提高承载力并减少工后沉降。真空联合堆载预压法则进一步优化,通过抽真空形成薄膜内外压力差,作为预压荷载,迫使土体中孔隙水向排水板渗流,加速固结。此组合方式优势显著:真空预压无需堆载材料,减少资源消耗;联合堆载则能加速前期沉降,缩短工期。同时,通过精确控制预压荷载大小、分级填筑高度及监测沉降速率,可确保地基处理效果满足设计要求,有效解决软土地基承载力低、沉降大等问题,保障工程安全稳定^[2]。

3 岩土工程中软土地基的环境效应

3.1 周边环境位移场影响

在岩土工程中对软土地基进行处理时,不可避免地对周边环境位移场产生影响。软土地基处理过程中,如采用强夯法,巨大的夯击能量会使地基土体产生强烈振动和压缩变形,这种变形会向周边传递,导致邻近建筑物、地下管线等出现不同程度的沉降和水平位移。若位移量超出其允许范围,就可能使建筑物墙体开裂、地下管线断裂,影响其正常使用和安全。采用堆载预压法时,随着荷载的逐步施加,软土地基会发生固结沉降,进而引起周边土体的附加位移。这种位移可能改变周边地形地貌,对周边道路、边坡等产生不利影响,引发道路不平整、边坡失稳等问题。此外,不同软土地基处理技术引发的位移场影响范围和程度各异。因此,在施工前需通过详细的现场勘察和数值模拟分析,准确预测位移场变化,提前采取设置隔离桩、加强监测等有效措施,将周边环境位移场影响控制在合理范围内,保障周边环境安全。

3.2 地下水系统扰动

岩土工程中对软土地基进行处理时,极易对地下水系统造成扰动。

在采用降水预压法处理软土地基时,大量抽取地下水会使地下水位显著下降。这不仅改变了地下水的天然流场,还可能引发周边区域的地面沉降,对邻近建筑物、地下管线等基础设施造成破坏。而且,地下水位降低可能导致土壤干燥收缩,进一步加剧地面不均匀沉降,影响工程结构稳定性。一些地基处理技术,如振冲碎石桩施工,高压水射流的冲击作用会破坏土体结构,使原本相对封闭的土体孔隙与地下水连通性增强,改变地下水的渗透路径和速度。这可能造成局部地下水位

波动,影响周边生态环境的稳定,比如导致植被因缺水而枯萎、湿地生态功能退化等。此外,若地基处理过程中使用的化学药剂随地下水迁移,还可能污染地下水水质,威胁周边居民的用水安全。因此,在软土地基处理前,需充分评估对地下水系统的影响,制定科学合理的施工方案和地下水保护措施,将扰动降至最低。

3.3 生态植被破坏

在岩土工程软土地基处理过程中,生态植被破坏是一个不容忽视的环境效应。软土地基处理常需大面积的场地平整与开挖作业。例如采用换填法时,要挖除软土层,这会直接铲除地表原有的植被,使植物失去生存的土壤环境。而且施工机械的频繁碾压,会进一步破坏土壤结构,导致土壤板结,降低土壤的透气性和保水性,影响植被根系的生长和呼吸,使原本生长良好的植被难以存活。一些处理技术还会改变周边的小气候环境。像降水预压法使地下水位下降,土壤水分减少,周边植被会因缺水而生长受限,甚至干枯死亡。此外,施工过程中产生的粉尘、废水等污染物,若未经有效处理直接排放,会污染周边土壤和水体,对植被生长所需的养分和水分造成破坏,间接影响植被的生存和繁衍。为减少生态植被破坏,施工前应合理规划场地,尽量减少对植被的扰动范围;施工过程中采取覆盖、洒水降尘等措施;施工结束后及时进行生态修复,如植树造林、种草等,恢复区域生态环境。

3.4 施工污染控制

岩土工程软土地基处理施工时,污染控制是保障环境质量的关键环节。空气污染方面,施工机械运转与土方作业会产生大量扬尘和尾气。为减少扬尘,需对施工现场道路进行硬化处理,配备洒水车定时洒水降尘;对易产生扬尘的物料,如水泥、砂石等,进行覆盖存放。对于机械尾气,应选用符合环保标准的设备,并定期维护保养,确保其尾气排放达标。水污染控制上,施工过程中产生的泥浆水、设备冲洗废水等含有大量悬浮物和污染物。要设置沉淀池、过滤池等污水处理设施,对废水进行沉淀、过滤处理,达标后排放或回用于施工用水,避免污水直接排入周边水体。噪声污染也不容忽视,合理安排施工时间,避免在居民休息时段进行高噪

声作业。选用低噪声设备,在噪声较大的设备周围设置隔音屏障,降低噪声对周边环境的影响。同时,加强施工现场管理,确保各项污染控制措施落实到位,实现绿色施工。

3.5 长期环境监测

在岩土工程软土地基处理后,开展长期环境监测是保障周边环境稳定与安全的重要举措。长期环境监测能持续跟踪地基及周边环境的动态变化。软土地基处理效果并非一蹴而就,随着时间的推移,地基可能会出现缓慢沉降或变形,长期监测可及时捕捉这些变化,判断地基是否稳定,若出现异常沉降,能迅速采取加固等措施,防止建筑物因地基问题受损。对于地下水系统,监测可掌握地下水位、水质的变化情况。软土地基处理可能干扰地下水天然状态,长期监测能及时发现地下水污染或水位异常波动,以便采取治理措施,保护地下水资源。在生态方面,监测植被生长状况和土壤质量,能评估施工对生态环境的长期影响。若发现植被退化或土壤污染,可及时进行生态修复^[3]。

结束语

在岩土工程领域,软土地基处理技术与环境效应紧密相连、相互影响。先进处理技术如高压旋喷桩、强夯法等,有效提升了软土地基的承载力与稳定性,保障了工程建设安全。然而,这些技术在施工及后续阶段不可避免地带来周边环境位移、地下水系统扰动、生态植被破坏等环境效应。通过长期环境监测、优化施工方案、采取污染控制及生态修复措施,可最大程度降低负面影响。未来,我们需持续探索更绿色、高效的处理技术,实现工程建设与环境保护的和谐共生,推动岩土工程行业可持续发展。

参考文献

- [1]张志刚,李宏伟.软土地基处理技术及其环境效应研究[J].土木工程信息技术,2020,8(2):115-116.
- [2]刘红兵,王建设.软土地基处理新技术及其应用研究[J].土木工程与管理,2021,11(2):135-142.
- [3]陈小明,黄河.软土地基处理技术对环境影响的评估与控制[J].环境与可持续发展,2021,26(1):178-183.