

建筑基础工程建设中软土地基施工技术分析

文 / 张志科 高密市城市建设投资集团有限公司

摘要: 随着城市化加速,建筑基础工程面临严峻挑战,尤其是软土地基难题。高压缩性、低承载力和易变性等特性,严重威胁建筑物稳定与安全。因此,科学处理软土地基,确保工程稳固,成为关键任务,需采取有效加固措施,保障城市建筑安全发展。本文旨在深入分析建筑基础工程建设中软土地基施工技术的现状、原理、方法及应用效果,以期对相关领域提供参考和借鉴。

关键词: 软土地基; 建筑基础工程; 施工技术; 地基处理; 加固方法; 稳定性

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.027

引言

软土地基广泛分布于我国沿海地区、河流湖泊周边及部分内陆地区,其成因复杂,主要包括淤泥、黏土、粉质土等软弱土层。这些土层在荷载作用下易产生较大的变形,导致建筑物基础沉降、倾斜甚至破坏。因此,在建筑基础工程建设中,如何有效处理软土地基,确保建筑物的稳定性和安全性,成为亟待解决的问题。

一、软土地基的特性及影响

(一) 高压缩性

软土地基最引人注目的特性莫过于其高压缩性。这一特性源于软土内部颗粒间较弱的结合力以及较高的孔隙比,使得土体在受到外部荷载作用时,颗粒间的空隙迅速被压缩,从而导致显著的体积减小和沉降现象。这种高压缩性不仅直接关联到地基的沉降量,更可能因沉降不均匀而引发建筑物的整体下沉或倾斜,对结构稳定性构成直接且持续的威胁。长此以往,这种沉降还可能对建筑物的使用寿命和安全性造成不可逆的损害。

(二) 低承载力

与高压缩性相伴而生的是软土地基的低承载力。由于土体自身强度有限,其承载能力往往远低于现代建筑对地基强度的基本要求。这意味着,在未经处理或加固的软土地基上直接建造大型或重型结构物,将面临地基承载力不足的风险,可能导致建筑物基础失稳、开裂甚至倒塌等严重后果。因此,在软土地基上进行工程建设时,必须采取科学有效的加固措施,以提升地基的承载能力,确保建筑物的安全稳定。

(三) 易变性

软土地基的变形还表现出显著的时间效应,即其变形量并非瞬间完成,而是随时间推移而逐渐增大。这种易变性增加了地基预测和控制的难度,要求工程师在设计和施工过程中必须充分考虑时间因素对地基稳定性的影响。例如,在软土地基上建设高层建筑时,需要预测并考虑地基在长期荷载作用下的持续沉降情况,以便采取相应的预防措施,如设置沉降观测点、预留沉降空间等,以减轻沉降对建筑物的不利影响。

(四) 不均匀性

软土地基的另一个不容忽视的特性是不均匀性。这种不均匀性体现在土层的分布、厚度及性质等多个方面,导致地基在不同位置上的变形特性各异。这种差异性的变形不仅会影响建筑物的整体稳定性和安全性,还可能引发建筑物的不均匀沉降或倾斜。不均匀沉降不仅

会导致建筑物出现裂缝、倾斜等外观问题,还可能对其结构安全构成严重威胁,甚至引发结构破坏和倒塌等灾难性后果。因此,在软土地基上进行工程建设时,必须充分了解地基的不均匀性特点,并采取针对性的加固措施和沉降控制措施,以确保建筑物的安全稳定。

软土地基的高压缩性、低承载力、易变性和不均匀性等特性对建筑物的稳定性、安全性和使用寿命均产生了不利影响。因此,在软土地基上进行工程建设时,必须充分了解其特性,并采取有效的地基处理措施,以确保建筑物的安全稳定。这些措施可能包括换填、加固、排水等多种方法,旨在提高地基的承载力和稳定性,减少地基变形对建筑物的不利影响。

二、软土地基施工技术概述

(一) 换填法

1. 原理

换填法是一种直接而有效的软土地基处理方法。其基本原理是将地基表层一定深度范围内的软弱土层挖除,随后回填以强度高、压缩性低、稳定性好的材料,如砂、碎石或级配良好的砂砾石等。回填材料需经过充分压实,以确保形成良好的持力层,从而提高地基的整体承载力。

2. 优点

换填法施工简便,能够迅速提升地基的承载力,且加固效果显著。尤其适用于处理浅层软土或局部软弱地基,是工程中常用的地基处理方法之一。

3. 局限性

然而,换填法对于深层软土的处理效果有限,且需大量运输和回填材料,增加了施工成本和难度。此外,换填层与下伏土层的结合问题也需特别关注,以确保地基的整体稳定性。

(二) 排水固结法

1. 原理

排水固结法通过在地基中设置竖向排水体(如砂井、塑料排水板)和水平排水层,形成排水系统,加速软土中的水分排出。随着水分的减少,土体的孔隙比降低,密度和强度逐渐增加,最终达到固结地基、提高承载力的目的。

2. 优点

该方法能有效改善软土的物理力学性质,提高地基的承载力和稳定性。与换填法相比,排水固结法施工成本相对较低,且适用范围更广,特别适用于处理大面积、深层的软土地基。

3. 局限性

但排水固结法的施工周期较长，需进行长期的观测和监测以确保地基的固结效果。同时，排水系统的设置和维护也需投入一定的人力物力资源。

（三）化学加固法

1. 原理

化学加固法是通过向软土中注入化学浆液（如水泥浆、高分子材料等），利用化学反应或物理作用改变土体的结构，形成具有高强度和良好稳定性的复合土体。这种方法能够显著提升地基的承载力和抗变形能力。

2. 优点

化学加固法加固效果显著，能够迅速改善地基的物理力学性质，且施工速度较快，适用于工期紧张的项目。此外，通过精确控制注浆量和注浆压力，还可以实现对地基的局部加固和修复。

3. 局限性

然而，化学加固法的成本相对较高，化学材料的价格和用量直接影响到工程造价。同时，化学浆液可能对周围环境产生一定影响，如污染地下水或土壤等。因此，在使用化学加固法时需充分考虑其对环境的影响，并采取相应的环保措施。

三、软土地基施工技术应用

（一）预压法

预压法作为一种有效的地基预处理手段，其核心在于利用预先施加的荷载促使地基土发生固结和压缩变形。这种方法特别适用于透水性较好的软土地基，通过施加预压荷载，加速地基土中水分的排出和土颗粒的重新排列，从而显著提高地基的承载力和稳定性。预压法不仅能够有效减少建筑物施工后地基的沉降量，还能提高地基的均匀性，确保建筑物的长期安全。在实施过程中，需严格控制预压荷载的大小、施加方式和持续时间，以确保预压效果达到设计要求。

（二）强夯法

强夯法以其强大的冲击能量和高效的加固效果，在处理厚度较大的软土地基中展现出独特的优势。该方法通过重锤从高空自由落下产生的巨大冲击力，对地基土进行深层夯实，使土体颗粒重新排列并紧密结合，从而提高地基土的密实度和承载力。强夯法施工简便，加固效果显著，尤其适用于大面积、高填方的软土地基处理。然而，在实施过程中需注意控制夯击能量和次数，避免对周围环境造成不利影响，如振动、噪音和飞溅等。

（三）注浆法

注浆法作为一种灵活多变的软土地基加固技术，通过钻孔将水泥浆或其他化学浆液注入地基土体中，利用浆液的凝结硬化作用形成强度较高的桩体或加固体。这种方法能够深入土体内部，有效改善地基土的物理力学性质，提高地基的承载力和稳定性。注浆法适用于处理各种复杂地质条件下的软土地基，如含水率高、透水性差或存在空洞的土层。在注浆过程中，需根据地层特性和加固要求，精确控制注浆压力、注浆量和注浆速度，以确保注浆效果达到最佳。

（四）加筋法

加筋法通过在地基土体中埋设加筋材料，如土工格栅、土工织物等，以增强地基土的抗拉强度和整体稳定性。这些加筋材料能够有效地约束土体的侧向变形，提高地基的承载能力，并有助于分散和传递荷载，减少地

基的沉降和不均匀变形。加筋法常与其他加固方法结合使用，如与预压法、强夯法或注浆法联合应用，可以发挥更好的加固作用。在实施过程中，需根据地基土的特性和工程要求，选择合适的加固材料和布置方式，并严格控制施工质量，以确保加固效果满足设计要求。

四、软土地基加固技术

在土木工程领域，软土地基因其低承载力、高压缩性和易变性，常给工程建设带来诸多挑战。为了克服这些难题，确保工程的安全与稳定，工程师们发展了一系列软土地基加固技术。以下是对几种关键加固技术的详细阐述，包括加筋土技术、桩基技术和复合地基技术。

（一）加筋土技术

加筋土技术是一种通过在软土地基中埋设加筋材料（如土工格栅、土工织物等）来增强地基整体性能的方法。这些加筋材料不仅能够有效分散地基中的应力，还能限制土体的侧向变形，从而提高地基的承载力和稳定性。

1. 工作原理

加筋土技术利用加筋材料与土体之间的摩擦力和咬合力，形成一个复合土体结构。当外部荷载作用于地基上时，加筋材料能够承担部分荷载，并将其传递到周围土体中，从而减少地基的沉降和变形。同时，加筋材料还能有效约束土体的侧向流动，防止地基失稳。

2. 应用优势

加筋土技术具有施工简便、成本低廉、效果显著等优点。它不仅能够提高地基的承载力和稳定性，还能缩短工期、降低造价，因此在道路、桥梁、堤防等工程中得到了广泛应用。

（二）桩基技术

桩基技术是一种通过将预制桩或灌注桩等桩基形式打入或浇筑到软土地基中，以传递上部荷载至深层坚硬土层的方法。桩基技术能够显著减小软土层的受力与变形，提高地基的承载力和稳定性。

1. 工作原理

桩基技术利用桩身与周围土体的摩擦力或端承力来承担上部荷载。当荷载作用于桩顶时，桩身将荷载传递到周围土体中或深层坚硬土层中，从而减小地基的沉降和变形。同时，桩基还能有效防止地基的液化和滑移等不利现象。

2. 应用优势

桩基技术具有承载力高、稳定性好、适应性强等优点。它能够适应各种复杂的地质条件，满足不同工程对地基承载力和稳定性的要求。此外，桩基施工还具有机械化程度高、施工速度快等优点，因此在高层建筑、桥梁、港口等工程中得到了广泛应用。

（三）复合地基技术

复合地基技术是一种结合多种加固方法（如换填、排水固结、化学加固等）来综合提高地基承载能力与变形控制能力的技术。复合地基技术能够充分发挥各种加固方法的优势，形成优势互补的复合地基体系。

1. 工作原理

复合地基技术通过改善地基土的物理力学性质、增强地基土的强度和刚度、提高地基土的排水性能等方式来综合提高地基的承载力和稳定性。例如，在换填法中，通过挖除部分软土并回填强度较高的材料来形成复合地基；在排水固结法中，通过设置排水系统并施加预

压荷载来加速地基土的固结过程；在化学加固法中，通过向地基土中注入化学浆液来形成加固土体等。

2. 应用优势

复合地基技术具有加固效果显著、适应性强、施工灵活等优点。它能够根据具体工程的地质条件和要求，灵活选择并组合多种加固方法，形成最适合的复合地基体系。此外，复合地基技术还能够有效控制地基的沉降和变形，提高工程的安全性和耐久性。因此，在各类土木工程中，复合地基技术都具有广泛的应用前景。

（四）新兴软土地基处理技术

1. 微生物固化技术

微生物固化技术是一种创新的软土地基加固方法，通过向地基土中注入特定的微生物菌液，利用微生物在土中代谢产生的胶结物质（如生物碳酸钙）来增强土体的强度和稳定性。这种方法具有环保、成本低、施工简单等优点，尤其适用于环保要求高的工程项目。通过控制微生物的生长条件，可以有效调节土体的固化速度和强度，实现软土地基的加固和稳定。

2. 高分子材料注浆加固技术

高分子材料注浆加固技术是利用高分子材料（如聚氨酯、环氧树脂等）的优异性能，通过注浆设备将其注入软土地基中，形成高强度、高黏结力的复合地基。这些高分子材料在固化后能够显著改善地基土的物理力学性质，提高地基的承载力和稳定性。该方法特别适用于处理深层、复杂地质条件下的软土地基。

3. 真空预压联合堆载预压技术

真空预压联合堆载预压技术是将真空预压和堆载预压两种方法相结合，形成一种高效的软土地基处理手段。该技术首先在地基中设置竖向排水体和水平排水层，然后施加真空预压，通过真空泵将地基中的空气和水分抽出，使地基土固结。随后，在真空预压的基础上施加堆载预压，通过堆载荷载进一步加速地基土的固结过程。这种方法能够显著提高地基的承载力和稳定性，缩短施工周期。

五、沉降控制与监测

在软土地基上的工程建设中，沉降控制与监测是确保工程安全与质量的关键环节。通过科学的方法和有效的措施，可以显著降低地基沉降带来的风险，保障工程的长期稳定性。

（一）沉降预测模型

沉降预测模型是基于对地基土性质的深入理解、施工工况的精确模拟以及历史沉降数据的综合分析而建立的。该模型能够综合考虑多种影响因素，如土层的物理力学性质、地下水位变化、施工荷载分布等，从而预测并评估地基的沉降趋势。通过沉降预测模型，工程师可以提前了解地基沉降的可能范围和发展速度，为施工方案的制定和加固措施的选择提供科学依据。

（二）监测与反馈调整

施工期间的沉降监测是确保工程安全与质量的重要手段。通过布设合理的监测点，采用先进的监测设备和技术手段，对地基沉降进行实时、连续的监测。监测数据能够直观反映地基的变形情况，为工程师提供宝贵的现场信息。一旦发现沉降异常或超出预期范围，工程师应立即进行分析研判，并根据监测数据及时调整施工方案与加固措施。这种基于监测数据的反馈调整机制，能

够确保工程在施工过程中始终处于受控状态，有效避免沉降带来的不利影响，保障工程的安全与质量。

六、施工注意事项

（一）地质勘察

地质勘察是软土地基施工的首要环节，也是制定科学合理施工方案的基础。在施工前，必须组织专业团队进行详细的地质勘察工作，全面了解地基土的分布、厚度、性质以及地下水位等关键信息。这些信息对于评估地基承载力、预测沉降趋势、选择加固措施等具有决定性作用。地质勘察应充分利用现代勘探技术，如钻探、物探等，确保数据的准确性和可靠性。同时，勘察结果应经过专家评审，形成详细的地质勘察报告，为施工方案的制定提供坚实依据。

（二）施工监测

施工监测是控制地基变形、确保工程安全的重要手段。在施工过程中，应建立完善的监测体系，对地基的沉降、水平位移等关键指标进行实时、连续的监测。监测数据应及时汇总、分析，并与设计预期进行对比，以便及时发现并处理施工中出现的异常。对于监测结果异常或超出预期范围的情况，应立即启动应急预案，调整施工方案或加固措施，防止事态扩大。此外，施工监测还应注重数据的记录和保存，为工程后期的评估和总结提供宝贵资料。

（三）质量控制

质量控制是确保工程质量的生命线。在软土地基施工中，应严格按照施工规范和设计要求进行施工操作，确保每一道工序都达到标准要求。施工过程中应加强对原材料、半成品和成品的检验和验收工作，确保材料质量符合设计要求。同时，应加强对施工人员的培训和管理，提高施工人员的技能水平和质量意识。在施工过程中还应注重施工质量的自检、互检和专检工作，确保施工质量始终处于受控状态。对于发现的质量问题应及时整改和处理，防止问题扩大影响工程整体质量。

结束语

软土地基施工技术是建筑基础工程建设中的重要组成部分。随着科技的不断进步和施工工艺的日益完善，软土地基处理技术将不断发展和创新。未来应进一步加强基础理论研究和科技创新工作，提高软土地基处理技术的水平和效果，为建筑基础工程建设的稳定发展提供有力保障。

参考文献

- [1] 刘红健. 建筑工程施工中软土地基处理技术的应用[J]. 工程建设与设计, 2022(1): 41-43.
- [2] 田福娟. 建筑工程软土地基施工技术应用问题及优化策略研究[J]. 散装水泥, 2023, (04): 126-128.
- [3] 陈安宇. 建筑工程软土地基处理技术探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022, (26): 73-75.
- [4] 曹辉, 陈超. 建筑基础工程建设中软土地基施工技术分析[J]. 中华建设, 2024, (09): 130-132.
- [5] 向波. 建筑工程中岩土勘察及地基处理研究[J]. 低碳世界, 2024, 14(08): 60-62.
- [6] 苟周. 房屋建筑工程软土地基施工技术探究[J]. 砖瓦, 2024, (08): 150-152.

作者简介: 张志科, 1969.11, 男, 山东省高密市人, 中级职称, 本科, 研究方向: 建筑工程。