

建筑工程施工中的地基处理技术问题与解决方案

文 / 许永祥 恒泰工程咨询集团有限公司

摘要：为解决建筑工程施工中地基处理相关问题，提升工程质量与安全性，对当前常用的挤密法、灌浆加固法等地基处理技术展开深入研究。详细分析了软弱地基处理、地基沉降不均匀、材料选择及加固施工技术难题等问题。研究表明，通过改良软弱地基技术手段、应用沉降控制技术、合理选择材料以及提高加固施工精度等措施，可有效解决地基处理技术问题，为建筑工程的稳定开展提供坚实保障，对指导建筑工程地基处理实践具有重要意义。

关键词：地基处理；施工技术；地基沉降；软弱地基；基础工程

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.11.037

引言

随着城市化进程的加速，建筑工程规模和高度不断攀升，对地基承载能力和稳定性提出了更高要求。地基作为建筑的基础，其处理质量直接关乎整个建筑的安全性与耐久性。然而，在实际施工中，软弱地基广泛存在，地基沉降不均匀现象频发，地基处理材料的选择也缺乏科学规范，加固施工过程面临诸多技术难题。这些问题严重威胁建筑结构安全，阻碍建筑工程顺利推进。因此，深入研究建筑工程施工中的地基处理技术问题，并探寻切实可行的解决方案，具有重要的现实意义和工程应用价值。

一、当前常用的地基处理技术

(一) 挤密法

挤密法是一种利用特殊的施工技术，向基础土体中打入土体，对土体产生侧向挤压作用，从而降低桩周一定范围内的孔隙比，提高其密实度，从而提高其承载能力。在施工过程中，先按设计的间距、深度将桩管打入土中，然后拔管成孔。根据实际情况，在桩孔中填充砂石、灰土等材料，进一步提高了地基的稳定性。此法可用于软弱地基的处理，如松砂、粉土和素填土（见图1）。在湿陷性黄土地区，采用挤密法可以有效地消除湿陷性，提高地基承载力与变形能力，保证建筑物的安全与稳定。该技术具有施工工艺简单、造价低廉等优点，能有效地改善地基物理力学特性，提高整体承载力。



图1：沙质土壤

(二) 灌浆加固法

灌浆加固法是利用液压、气压或电化学原理，通过

注浆管将浆液均匀地注入地基土中。浆液在土体孔隙中扩散、填充，与土体颗粒发生化学反应，凝结硬化后形成结石体，将土体颗粒胶结在一起，从而提高地基的强度、降低土体的渗透性。在选择浆液时，根据地基土的性质和工程要求，可选用水泥浆、化学浆等。比如在处理砂土地基时，水泥浆能较好地填充孔隙；而对于粘性土地基，化学浆可能更有利于与土体发生化学反应。该方法常用于处理地基沉降、地基渗漏等问题，在既有建筑物地基加固、地下工程防渗等方面应用广泛，能有效解决地基的不均匀沉降问题，延长建筑物的使用寿命。

(三) 土工合成材料加固法

土工合成材料加固法是将土工织物、土工格栅等合成材料铺设在地基中，利用其高强度、柔韧性和与土的相互作用特性，改善地基的受力性能。土工织物具有良好的过滤、排水和隔离作用，能有效防止土体颗粒流失，加速地基排水固结。土工格栅则通过与土体的咬合作用，增强土体的摩擦力和整体性，提高地基的承载能力。在软土地基上修建道路时，铺设土工格栅可以分散路面荷载，减少路基沉降，提高道路的稳定性和抗变形能力，适应各种复杂的地质条件。

(四) 深层搅拌技术

深层搅拌技术是以水泥、石灰等为固化剂，在特殊的深层搅拌机械作用下，将固化剂与地基土进行强制搅拌，使其与地基土发生物理化学反应，形成整体性、水稳定、强度高的加固体。施工时，采用搅拌机沿深度方向将固化剂和土体充分拌合，形成圆柱形或壁形加固体。这些加固体与周围土体相互作用，增强了地基承载力及变形能力。深层搅拌法是一种适合于淤泥、粉质土和淤泥质地基处理的技术。在城市建设中，对沉降要求很高的建筑物地基，采用搅拌桩技术可以有效地改善地基工作性能，保证建筑物的安全。该技术施工过程中无振动、无噪音，对周围环境影响小，而且能就地取材，降低工程成本。

(五) 换填法

换填法是将基础底面以下一定范围内的软弱土层挖

去,然后回填强度较高、压缩性较低、透水性良好的材料,如砂石、灰土、素土等。回填材料经过分层夯实,形成良好的持力层,提高地基的承载能力,减少地基沉降。在确定换填材料时,需根据工程地质条件、上部结构特点等因素综合考虑。例如在有地下水的条件下,优先选择透水性好的砂石材料。换填法适用于浅层软弱地基及不均匀地基的处理,在一般工业与民用建筑、道路工程等基础处理中应用广泛。它施工工艺简单,技术要求不高,能有效改善地基的承载性能,是一种经济实用的地基处理方法。

二、建筑工程施工中地基处理的技术问题

(一) 软弱地基的处理问题

软弱地基因其独特的物理特性,在处理时充满挑战。从承载能力来看,软土内部颗粒结构松散,无法有效分散和承受上部建筑荷载,致使基础下沉风险极高。以某沿海城市的住宅小区建设为例,该区域地下存在大量淤泥质土层,在初期施工时,未充分考虑地基的软弱特性,导致部分楼栋在基础施工完成后就出现了明显的沉降,不得不返工处理,极大地延误了工期并增加了成本。其高压缩性也不容忽视,在长期的建筑荷载作用下,软弱地基会持续发生压缩变形,这种变形不仅量大,而且在不同区域的沉降差异明显,导致建筑物出现倾斜、墙体开裂等严重问题。同时,软弱地基的透水性差,使得孔隙水难以排出,地基土的固结过程缓慢,这不仅延长了施工周期,还会使施工期间的地基稳定性难以保证。软土的触变性则更为棘手,施工中的机械振动、扰动等都可能使其瞬间强度大幅降低,严重影响施工安全和工程质量。

(二) 地基沉降不均匀问题

地基不均匀沉降是一种严重的工程质量隐患。由于复杂的地质条件,不同土层的压缩模量、密实度等参数存在较大差异,导致其在建筑荷载作用下的变形不一致。例如,在山区建设工程中,基础可能跨越岩层与软弱层,这种软硬不均易引起差异沉降。建筑物本身的构造形式、荷载分布等因素对结构的影响也很大。部分大型商业综合体的主楼与裙楼功能差异较大,造成荷载分布不均匀,若地基处理方案不能充分考虑此因素,将导致后期主体沉降过大而裙楼沉降过小,导致二者连接部位结构破坏。此外,地下水水位季节性变化、周边新建工程施工等外界因素扰动下,地基受力状态将受到扰动,进一步加剧不均匀沉降,威胁建筑结构的安全使用。

(三) 地基处理材料的选择问题

地基处理材料的选择直接关系到工程的质量和成本。适用性方面,不同的地基处理工艺对材料的性能要求截然不同。例如在采用强夯法加固地基时,需要选用颗粒级配良好、强度较高的砂石材料(见图2),以保证在强夯作用下能有效提高地基的密实度。若选用了不合适的材料,如细颗粒含量过高的土料,不仅无法达到预期的加固效果,还可能导致地基在后续使用中出現变形过大的问题。材料质量把控难度大也是一个突出问题。市

场上的地基处理材料鱼龙混杂,部分供应商为追求利润,以次充好,提供的材料强度、耐久性等指标不达标。这就需要施工单位花费大量的时间和成本进行材料检测,但即便如此,仍难以完全避免因材料质量问题引发的工程隐患。同时,材料成本与质量之间的平衡难以把握,优质材料往往价格昂贵,增加工程投资;而过于追求低成本选择劣质材料,则会给工程质量埋下巨大的风险。此外,材料供应的稳定性也至关重要,一旦施工过程中材料供应中断,将会导致停工待料,造成工期延误和经济损失。



图2: 颗粒级配良好的砂石

(四) 地基加固施工过程中的技术难题

地基加固施工过程中,技术难题层出不穷。深层搅拌技术施工时,由于地基土的性质在水平和垂直方向上都存在变化,搅拌机械在不同土层中搅拌时,搅拌阻力和效果差异明显,很难保证加固土体的均匀性。例如在遇到软硬相间的土层时,搅拌叶片在软土层中容易打滑,而在硬土层中又难以搅拌充分,导致加固后的地基强度分布不均,影响整体承载能力。在灌浆加固施工中,浆液的扩散范围和压力控制是技术核心。但实际施工中,由于地质条件复杂,很难准确预测浆液在土体中的扩散路径和范围。如果浆液扩散范围过小,就无法对目标区域的土体进行有效加固;而扩散范围过大,则会造成材料浪费,甚至可能对周边环境产生不良影响。压力控制同样棘手,压力过小,浆液无法注入土体孔隙;压力过大,则可能导致土体产生劈裂破坏,破坏地基的原有结构。挤密法施工中,桩管打入深度和垂直度的控制精度要求极高。然而,在实际操作中,受到地质条件、施工设备性能以及操作人员技术水平等多种因素的影响,很难保证桩管准确地按照设计要求打入。桩管打入深度不足,无法有效挤密深层土体;垂直度偏差过大,则会使桩体受力不均,降低桩体的承载能力,进而影响地基的整体稳定性。此外,施工过程中机械设备的突发故障、施工人员技术水平参差不齐等问题,也会给地基加固施工带来诸多阻碍,影响施工进度和工程质量。

三、建筑工程施工中地基处理技术问题的解决方案

(一) 改良软弱地基的技术手段

针对软土地基承载力低、压缩性高、透水性差的特

点,可以采取多种技术措施对其进行改良。首先,堆载预压法是一种预加荷载的方法,它能使地基在荷载的作用下发生排水和固结,从而提高地基的强度,减小后期的沉降。施工过程中,分层堆载时应严格控制各层加载重量及加载间隔,并根据孔压消散情况决定下一层加载时机,避免快速加载引起的基础失稳。其次,真空预压采用真空泵抽气产生负压,根据地基土层厚度和渗透系数精确设计砂井或塑料排水板的间距和深度,保证排水通道的高效畅通,对大面积滨海软土地基处理具有明显的工程应用价值。而且,在复合地基技术中,水泥土桩、CFG桩等的桩径、桩间距、桩长都要根据建筑荷载和地基的性质进行详细的计算,确保桩和桩间土能够共同工作,共同承担上部荷载,例如,在软土地区修建高层住宅,采用CFG桩复合地基,可以有效地提高地基的承载能力,满足建筑物的使用要求。

(二) 沉降控制技术的应用

为有效控制地基沉降不均匀,需应用沉降控制技术。在设计阶段,充分考虑地基土的性质和建筑物的结构特点至关重要。例如,对于荷载较大的高层建筑,筏板基础或箱形基础可增大基础底面积,分散上部荷载,减小基底压力,降低沉降量。在计算基底压力时,需精确考虑建筑物自重、活荷载以及风荷载等多种因素。地基处理与上部结构协同作用方面,可通过设置后浇带、调整结构构件的截面尺寸和配筋率等方式,调整上部结构的刚度,使地基沉降均匀分布。在施工过程中,加强地基沉降监测必不可少,监测点的布置要全面且合理,涵盖建筑物的角点、中点以及荷载变化较大的区域。根据监测数据,若发现某区域沉降过大,可暂停该区域施工,采取如增加支撑、地基注浆加固等措施后再继续施工。采用桩基础时,根据地基土的分层情况,结合地质勘察报告,运用专业计算软件,合理确定桩长和桩径,确保桩端进入稳定的持力层,减少沉降。

(三) 合理选择地基处理材料

合理选择地基处理材料是确保地基处理效果的关键。根据地基处理方法和工程要求选择适用性强的材料,如在换填法中,地下水位较高时,选择透水性好的砂石作为换填材料,能有效排除地基中的积水,加快地基排水固结进程。在选择砂石材料时,要关注其颗粒级配、含泥量等指标,确保符合设计要求。严格把控材料质量,采购时选择信誉良好的供应商,对进场材料进行严格检验。除对水泥进行强度、凝结时间等指标检测外,对于钢材等材料还要检测其屈服强度、抗拉强度等力学性能。综合考虑材料成本和工程质量,在保证工程质量的前提下,选择性价比高的材料。通过详细的市场调研,不仅要对比不同供应商的材料价格和质量,还要考虑运输成本、售后服务等因素,选择合适的材料。同时,与供应商签订长期供应合同,明确供应时间、质量标准、违约责任等条款,确保材料供应的稳定性,避免因材料短缺影响施工进度。

(四) 提高地基加固施工精度的措施

为提高地基加固施工精度,需采取一系列措施。在深层搅拌工艺施工中,要选择先进的搅拌设备,定期保养、校准设备,保证搅拌桨的角度、转速满足要求,确保搅拌均匀。在维护过程中,要注意搅拌刀是否磨损,对磨损较大的刀片应及时更换,以保证搅拌效果。采用地质雷达、动力触探等非破坏性检测技术对加固后地基强度分布进行监测,及时发现不均匀搅拌区及时处理。在注浆加固施工中,应根据地基土的性质、加固要求,进行多次室内试验,确定浆液配比及扩散范围。在此基础上,根据地基土的渗透性、孔隙率等参数,利用相关的计算公式,对注浆的扩散范围进行计算。利用压力传感器等设备对注浆压力进行实时监控,保证注浆压力在合理的范围之内。采用全站仪等先进测量仪器,对挤密法施工过程中管深及垂直度进行了精确控制。在施工前,校准测量仪器,在施工期间,严格按照操作规程进行测量,对施工人员进行专业培训,提高他们的操作技能,提高他们的质量意识,保证施工过程严格按设计要求执行降低施工误差。

结语

综上所述,建筑工程施工中的地基处理至关重要。面对软弱地基处理、地基沉降不均匀、材料选择及加固施工技术难题等问题,我们可采用堆载预压法、真空预压法、复合地基技术改良软弱地基;通过合理设计基础形式、协同地基与上部结构、加强沉降监测等手段控制沉降;依据工程需求、把控质量、权衡成本来选择合适材料;运用先进设备、精确计算、严格监测、培训人员等措施提高施工精度。只有综合运用这些方法,才能有效解决地基处理技术问题,保障建筑工程的质量与安全,推动建筑行业的稳健发展。

参考文献

- [1] 赵洪斌. 地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用分析[J]. 居舍, 2023, (33): 66-69.
 - [2] 吕绍勇, 吴代嘉, 王燕飞, 等. 地基处理技术在建筑工程施工中的应用[C]//《施工技术(中英文)》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2023年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(下册). 云南省建投投资控股集团有限公司, 2023: 2.
 - [3] 徐祥. 高层建筑工程施工中地基处理技术研究[J]. 大众标准化, 2022, (13): 50-52.
 - [4] 林少金. 高层建筑工程施工中地基处理技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (21): 131-133.
 - [5] 陈楚君. 地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用分析[J]. 房地产世界, 2023, (17): 133-135.
- 作者简介: 许永祥(1981.8), 男, 汉族, 安徽舒城县人, 工程师, 本科学历, 研究方向: 建筑工程。