

土建工程施工中的软基加固技术分析

李向群

广东省构建工程建设有限公司

摘要：土建工程中，软土地基是一种常见的地基类型，其特性使得工程施工和运营过程中面临着诸多挑战。软土地基的不稳定性和较低的承载能力可能导致建筑物的沉降、倾斜甚至破坏，给工程安全和稳定带来潜在风险。因此，对软土地基进行加固成为土建工程中的重要任务。基于此，本文结合软土地基的特征与成因，对相应的加固技术进行研究，以供参考。

关键词：土建工程；软土地基；软基加固

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.22.037

引言

软基加固技术具有广泛的应用前景和研究价值。通过对软土地基成因和特征进行深入分析，结合实际工程案例，探讨软基加固技术的有效应用，可以提升施工安全性、减少工程风险、节约施工成本，并为工程的可持续发展提供技术支持。

一、软土地基的特征

软土通常由细粒土、有机质含量高的土壤或沉积物组成，其本身的稠度较低，颗粒之间的相互作用力也较弱，因此其承载能力较小。这意味着在土建工程中，对于软土地基需要采取相应的加固措施，以增加地基的承载力，确保建筑物的安全稳定。在实际的土建工程中，由于软土地基的松散性和水分含量较高，容易受到外力的挤压和内部应力的影响，导致地基发生沉降和变形。这会给建筑物造成不均匀沉降和结构破坏风险，因此在施工中需要进行认真的地基处理和监测，以及合理的设计和施工方法，以减小沉降和变形的风险。同时，由于软土的颗粒较小，孔隙度较大，因此容易吸水、保水，并且排水性能较差。这会导致软土地基在长期湿润状态下的稳定性降低，容易引发滑坡、坍塌等问题。为了对抗这些问题，在软土地基的施工中，需要考虑采取有效的排水措施，如设置排水沟、排水管道等，以便及时将水分从地基中排除。此外，软土地基的可塑性较高，容易产生膨胀和收缩。当软土地基受到水分变化、温度变化或荷载作用时，其含水量和体积都会发生变化，从而引起地基的膨胀和收缩。这种膨胀和收缩行为容易导致地基不稳定和建筑物的损坏，因此在施工中需要针对软土地基的特性进行合理设计，并采取相应的预防和修复措施，如使用适当的基础形式、添加改良剂等，以提升地基的强度^[1]。

二、软土地基的成因分析

（一）沉积作用

沉积作用始于水体中悬浮的颗粒物（如黏土、淤泥等）逐渐下沉并沉积到底部。这些细粒土颗粒表面往往带有静电荷，使得颗粒之间存在吸附力和静电排斥力。当颗粒接近其他颗粒时，这些相互作用力使得颗粒之间形成结构稳定的颗粒聚集体，称为胶束。这些胶束的形成会导致土壤颗粒的聚集和沉积。随着时间的推移和大量的沉积，细粒土、淤泥和有机质不断堆积，逐渐形成了软土地基^[2]。

（二）水动力作用

当水体运动冲击地表时，会携带大量的细粒土和沉积物，并随着时间的推移逐渐形成软土地基。水动力作用受多种因素影响，包括水流速度、水流方向、水流深度、水流中的输沙率等。当水流速度较大时，会对岩石、土壤等地表物质产生冲击力和剪切力，使得地表物质松动并被携带、运移。在长期水动力作用下，细粒土、淤泥等沉积物逐渐被搬运到新的区域，同时在水体流动的冲刷和搬运下，这些沉积物与其他物质不断互相磨擦，颗粒之间的结合力和摩擦作用变得越来越小，形成了软土地基。

（三）湿地环境

湿地环境中的水分使得细粒土壤颗粒之间的接触力减小，从而导致土壤松软。水分与土壤颗粒表面产生吸附力，形成一层水膜，使得颗粒之间的摩擦力减小。此外，水分还可以使土壤颗粒浸润，填充颗粒之间的孔隙，增加土壤的孔隙率和渗透性。这些因素相互作用，导致土壤体积变大、结构松散，形成了软土地基的特点。另外，湿地环境中水分的饱和度较高，土壤中含水量也相应增加。高含水量会增加土壤的流动性和可塑性，使土壤更易变形。同时，水分的存在还会削弱土壤的黏聚力和内摩擦力，从而导致进一步降低软土地基的强度和稳定性。

三、软基加固技术的有效应用

（一）地基处理技术

为了使软土地基得到有效加固，可以选择对地基本身进行处理，主要可以采取以下处理方式，第一，地基改良，通过改变软土地基的物理性质或增强土体的工程性能来提高地基的承载力和稳定性。其中一种常见的地基改良技术是土壤固化。例如，通过注入固化剂（如水泥、石灰等）来改变软土的结构特性，提高土的强度和稳定性。这些固化剂会与土壤中的颗粒发生化学

反应，形成水化产物和填充物，从而增加土的抗剪强度。此外，还有使用注浆法将固化材料注入软土中，填满孔隙并形成固体，以提高软土地基的强度和稳定性。第二，加固填充，常用的填充材料包括碎石、砂、砾石等。通过在软土地基上铺设一定厚度的加固填充层，可以分担上部结构的荷载，减小软土地基的变形和沉降。同时，加固填充层还可以提供更加均匀的应力分布，提高地基的整体稳定性。第三，桩基础是一种常用的地基处理技术，通过在软土地基中打入钢筋混凝土桩或预应力桩来增加地基的承载能力。桩基础根据桩的工作方式可分为摩擦桩和端承桩。摩擦桩通过桩身与土壤的摩擦力来承担荷载；而端承桩则通过桩底端的承载层来承担荷载。根据地质条件和工程要求的不同，可以选择适当的桩径、桩长和桩间距等参数来满足设计要求。第四，土钉墙是将钢筋或纤维材料钉入软土地基，并与加固面板相互作用，形成一道具有一定强度和刚度的土工结构。土钉墙可以抵抗地基的水平推力和垂直荷载，提供侧向支撑和限制土体的变形。通过合理设计土钉的数量、间距和深度，可以增加软土地基的稳定性。在实际工程中，地基处理技术通常需要根据具体的工程要求和地质条件进行选型和设计。例如，根据地质勘察结果确定软土地基的土层厚度、颗粒大小分布、含水量等参数，以及结构荷载和设计要求等因素。然后，利用现代的地理信息系统（如GIS）和数值模拟技术来分析和评估不同地基处理技术的效果，并最终确定合适的方案。在技术应用时，还应结合工程施工的实际情况和预算考虑。同时，对于大型工程或复杂地质条件下的地基处理，可能需要借助专业工程公司和相关设备来保证施工的质量和效果^[3]。

（二）强夯技术

软基加固技术通过利用冲击负荷，将钢质夯锤自由落下，并以高速冲击地面，以达到改善土壤的目的。在进行强夯施工前，首先需要进行地质勘察，确定地基的类型、土壤性质和承载能力。为此，有必要对施工现场进行试验检测，结果如表1所示。

表1 施工现场试验检测结果

试验项目	N4	H14	B16
最大试验荷载 (kPa)	400	400	400
对应沉降量 (mm)	14.1	11.4	15.0
单点承载力特征值 (kPa)	200	200	200
对应沉降量 (mm)	4.0	3.3	4.0

根据设计要求和施工方案，选择合适型号和质量的重夯设备，如型号为TH250的夯锤。在施工现场进行场地平整和标记，设置施工区域边界。清除施工区域内的障碍物，确保施工安全。搭建起重设备和支撑平台，用于安装和维护夯锤。检查夯锤的工作状态和安全装

置，并进行必要的调试和维护。开始施工后，首先，根据设计要求，在地基表面标出强夯的夯点位置。夯点的间距通常为1.2~1.5m。之后，将夯锤安装在导筒上，并通过起重设备将夯锤提升到一定高度。然后，释放夯锤，使其自由落下，冲击地基。夯击时，夯锤以每分钟20~40次的频率冲击地基。其次，根据设计要求和土壤状况，控制夯击的深度。在施工过程中，可用挖掘机开挖监测孔，以检查夯击效果和传力深度，并进行必要的调整。夯击次数取决于地基的类型和土壤性质。通常每个夯点需要经过3~10次的夯击才能达到设计要求。最后，对施工过程进行记录和监测，包括夯击时间、夯击次数、夯击深度等参数。同时，通过振动传感器和沉降仪等设备对施工现场及周边环境进行监测，确保施工过程的安全和质量。此外，要对强夯的质量加以控制，第一，根据地基的类型和承载力要求，控制夯锤的质量比和夯锤下落高度，以提供适当的夯击能量。夯击能量过大会导致地基过度振动或损坏，夯击能量过小则无法达到改良效果。第二，保证夯击在整个施工区域内均匀、连续进行，避免夯击不均匀引起的不均匀沉降或开裂问题。第三，施工过程中，根据夯击效果和监测数据，及时调整夯击的参数和施工方法，确保施工质量^[4]。

（三）表层处理技术

在土壤勘察后，于施工现场进行场地平整和标记，设置施工区域边界。清除施工区域内的障碍物，确保施工安全。搭建起重设备，如挖掘机和压路机等，用于进行表层处理。之后，根据土壤勘察结果和工程设计要求，选择适当的表层处理方法。常用的表层处理方法包括加铺砂、加铺碎石、预压法等。例如，对于软土地基，可以采用在表层覆盖一定厚度的砂层，以提高地基的稳定性。具体来说，根据设计要求，在软土地基表层铺设一定厚度的砂层。砂层的厚度和材料要求可根据实际情况确定。例如，可采用20cm厚度的砂砾层，砂砾的颗粒大小应满足一定要求。在铺设砂层后，利用振动压路机对砂层进行挤实处理。挤实砂层时，需选择合适的振动频率和压路机型号。例如，可选择型号为XCMG XS122的振动压路机，以达到较好的挤实效果。此外，通过现场密度试验对砂层的密度进行监测和控制。根据试验结果，调整压路机操作参数，以确保砂层的密实性达到设计要求。例如，以达到每立方米干砂的最终密实度不低于1.8g/cm³。施工后，通过静载试验，评估表层处理后地基的承载力和变形性能^[5]。

（四）粉煤灰碎石桩技术

在软土地基中预埋或钻孔后灌注粉煤灰碎石混凝土，形成桩体的方式也能够提高地基承载力和稳定性。为此，首先，根据现场情况，选择合适的钻机、泥浆泵、钢管等设备。之后，根据设计要求，在软土地基

表层选定桩位，并进行桩位标志。桩位应根据设计荷载、桩径、间距等因素确定，通常为每边10~15m左右。其次，采用钻机进行钻孔施工，钻孔深度一般为20~30m，直径根据预埋的钢管大小而不同，可选择Φ500、Φ600和Φ800等。施工过程中需要注意钻进速度、钻孔的质量，避免难以克服的地层影响引起钢管偏斜或钻孔塌陷等问题。再次，在钻孔中安装粉煤灰碎石桩的钢管，钢管长度一般略大于钻孔深度，需根据现场情况进行处理。钢管允许留有一定的空隙，以方便灌注粉煤灰碎石混凝土。采用搅拌机将预混好的粉煤灰碎石混凝土输送至施工现场，并通过泵车灌注至钢管内。灌注过程中需要注意控制灌注速度、均匀性和压实度等参数，以保证灌注的质量和成型效果。最后，在灌注完粉煤灰碎石混凝土后，需要进行养护并待固结完成后，进行桩身抽拔。抽拔时，需根据设计要求，选取合适的型号的抽拔机对桩进行抽拔，以检测桩的承载力和变形性能。将经过抽拔检测合格的桩身，采用切割机对钢管进行切断处理，保留出一定长度的钢管作为桩顶。对切割后的桩体顶部进行端部处理，确保桩顶表面平整。并进行绝缘层和防腐处理，以延长桩的使用寿命。

(五) 排水固结技术

根据土壤类型和工程要求，选择合适的排水设备。常见的排水设备有插屏管、灌注排水桩、水平排水系统等。选择合适的设备型号和数量，确保排水效果。依照设计要求和土壤特性，确定排水孔的布置、直径和深度。采用钻机或挖掘机进行排水孔的施工。排水孔的直径通常为150~300mm，深度一般为5~10m。排水孔之间的距离根据土壤类型和排水需求确定，通常为2~3m。将选定的排水设备安装到排水孔中。对于插屏管和灌注排水桩，先在孔内进行沉砂处理，然后将排水设备插入

孔内。安装过程中要注意排水设备与孔壁的贴合度和垂直度，保证设备的稳固性和排水效果。此外，对于水平排水系统，需要安装沟渠和排水管道，将排水孔连接起来。沟渠和管道的大小和材料选择需根据工程要求和土壤特性确定。并确保连接点的密封性和排水畅通性。排水设备安装完成后，需要进行养护和监测。定期巡视排水设施，清理可能堵塞的地表面积水和泥沙，检查排水设备是否正常运行。同时，根据实际情况调整排水设备的工作参数和运行模式。

(六) 加筋技术

科学选择加筋材料，常见的加筋材料有钢筋、纤维增强材料（如聚丙烯纤维）、地栓等。选择合适的材料型号和数量，确保加筋效果。根据土壤特性和设计要求，确定加筋的布置方案。加筋可以采用水平或垂直布置，具体布置间距和层数根据土壤类型和加筋效果确定。通常情况下，水平加筋的间距为1~2m，垂直加筋的间距为2~3m。之后，根据设计要求和施工方案，对加筋材料进行预处理。例如，将钢筋切割成合适的长度和形状，纤维增强材料可按要求剪裁成片或卷。在加筋材料安装方面，将预制好的加筋材料安装到软土地基中。对于钢筋加筋，需要先进行打桩或钻孔作业，然后将钢筋插入孔内，并使用混凝土灌注加固。对于纤维增强材料，可以直接将其铺设在地表或软土体中。在安装过程中，要保证加筋材料与土壤的紧密接触，并且符合设计要求。完成加筋材料的安装后，进行加筋浇筑工作。对于钢筋加筋，采用混凝土灌注的方式，通过调配和浇注混凝土来实现钢筋与土壤的相互作用。对于纤维增强材料，可采用喷涂混凝土或胶结材料进行覆盖，增强加筋材料的黏结性能。此外，还可以使用以下软土地基处理的方式，如表2所示。

表2 其他软土地基处理方法

方法	主要处理方式	应用范围
换土垫层法	利用砂石、矿渣等材料进行置换	适用于暗沟、暗塘等软弱土浅层处理
碾压夯实法	利用重锤的振动对提升土壤密度	适用于饱和黏性土以外的其他软土地基
振密挤密法	振冲、灰土挤密、砂桩爆破等	适用于松砂、杂填土等

结束语

软基加固技术在土建工程中应用广泛且有效。地基处理技术、强夯技术、表层处理技术、粉煤灰碎石桩技术、排水固结技术和加筋技术等方法能够有效提升软土地基的承载能力和稳定性。然而，针对不同软基条件，选择合适的加固技术和组合应用是关键。进一步研究软基加固技术的优化方法和工程应用，将有助于改善土建工程的质量和安全性，并推动行业的发展。

参考文献

[1] 杨立，谷亚陆，汪明. 某高速公路水泥搅拌桩

加固软基沉降分析[J]. 兰州工业学院学报, 2023, 30(03): 58-62.

[2] 马晓晓. 软基加固施工技术在市政道路施工中的应用探究[J]. 中国设备工程, 2023, (11): 254-256.

[3] 王晓东. 公路工程软基加固碎石桩施工技术应用[J]. 交通世界, 2023, (16): 37-39.

[4] 刘振中. 软基加固技术在市政施工中的应用分析[J]. 大众标准化, 2023, (09): 37-39.

[5] 肖忠辉. 软基加固施工技术在市政道路施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2023, (13): 77-79.