

软基加固技术在道路桥梁施工中的应用分析

文 / 曹 威 中国市政工程中南设计研究总院有限公司

王袁双 宁波市城市基础设施建设开发有限公司

摘要：对软土地基的处理是道路桥梁施工的关键环节。设计单位合理选择软基加固技术，不仅是保障道路与桥梁施工质量的前提条件，更是维系人民群众出行安全的重要基础。基于此，本文首先对软土地基的特点展开了分析。接着，对软基加固技术在道路与桥梁施工中的应用原则展开探讨，如可靠性、高效性、安全性、可持续性等。最后，将常见的强夯加固法、排水固结法、换填加固法等软基加固技术作为主要内容，对其在道路与桥梁施工中的应用分别展开分析。研究证实，在合理选择软基加固技术的情况下，道路与桥梁施工的整体质量会得到保障。为此，设计单位需要加强对软基加固技术的研究，确保技术应用效果。

关键词：软基加固技术；软土地基；道路桥梁工程；应用策略

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.077

引言

在道路与桥梁施工中，地基的稳定性会直接影响工程的质量与寿命。软土地基在沿海区域、湖泊周边较为常见，其隐承载能力差、抗剪强度低、水分含量高、孔隙比大和流变性高等特点，逐步成为道路与桥梁施工的难点和隐患。为此，施工单位需要高度重视软土地基及其危害性，设计以提升地基承载力和稳定性为中心的软基加固施工方案。大量实践表明，强夯加固法、排水固结法、换填加固法的应用效果较好，可以满足道路与桥梁施工的需求。因此，施工单位需要着重关注这三种软基加固技术类型，并展开深入分析。

一、软土地基的特点

软土地基对道路与桥梁施工的危害较为显著。这主要是因为软土地基的承载能力较差，水分含量高，不能很好地起到支撑作用^[1]。设计单位在选用软基加固技术之前，需要掌握软土地基的特点，只有这样才能实现“对症下药”，保障软基加固技术应用的规范性、合理性。接下来将对软土地基的特点展开分析。

（一）承载能力差、抗剪强度低

在软土地基的诸多特点中，承载能力差、抗剪强度低尤为瞩目。针对软土地基的这一特点，很难从理论上进行简单阐述。有研究人员指出，在分析软土地基的特点时，往往会将软土地基承载能力差的原因归咎于三方面，即孔隙比大、含水量以及流变性高等。基于这一分析结果，设计单位在解决软土地基承载能力和抗剪强度不足的问题时，往往会尝试从两个层面出发，即减少含水量、降低流变性等^[2]。然而，实际施工环境往往更加复杂多变，需要坚持因地制宜的原则，依照实际的道路与桥梁施工要求，合理选用软基加固技术，促使软土地基的承载能力、抗剪强度达到预期目标。

（二）水分含量高、孔隙比大

水分含量高、孔隙比大是软土地基的共性特征。特别是对于沿海地区、湖泊周边的道路与桥梁工程项目而言，这一特征更是显著。工作人员在分析之后可以发现，

大部分被定义为软土地基的软土，其主要成分往往是粘土、粉土等物质，而这些物质表面含有一定的负电荷，可以自行吸附空气中的水分^[3]。在周边水域较多、地下水文环境复杂的情况下，粘土和粉土的物理性质会充分发挥作用，自行吸附空气中的水分，导致软土地基中的水分含量持续增高。在这种因素的推动下，软土地基会呈现孔隙比大的特点。

（三）流变性高

流变性高是软土地基的特征之一。在以前，许多研究人员与技术人员聚焦于软土地基在承载能力方面的研究，对于软土地基流变性的研究还停留在起步阶段，使得软土地基未能得到相应的处理，导致道路与桥梁在后续的交通实践运行中出现了诸多问题。随着软土地基研究的深入，工程技术人员逐步认识到了软土地基的流变性特征。流变性指的是软土地基从本质上来讲是一种软土地质，即使其在特定时间段内得到加固处理，但其在后续的使用过程中仍旧会因周边环境的影响而回归至加固处理前的状态^[4]。在外力因素和自身重力因素的影响下，经由加固处理的软土地基往往会更快出现形变问题，从而引发不良的后果。

二、软基加固技术在道路与桥梁施工中的应用原则

结合上文可知，软土地基的特征较为显著。倘若设计单位忽略软土地基的处理，将会使得道路与桥梁施工的可靠性下降，还会引发安全事故或者经济损失。为规避这一现象，设计单位需要重视软基加固技术的合理应用。在具体的实践环节中，工程技术人员需要依照软土地基的特征，遵循以下三点软基加固技术的应用原则：

（一）可靠性原则

在将软基加固技术应用于实际施工时，需要高度遵循可靠性原则。由于软基加固技术的首要目标是提升软土地基的承载能力、抗剪强度，所以设计单位需要严格勘察工程建设环境，设计和验证软基加固施工方案，在充分考虑地形地貌条件、荷载要求和道路桥梁工程建设要求的基础之上实施软基加固作业。在可靠性原则的指

导下,设计单位需要优先选用成熟、可靠的软基加固技术,如强夯加固法、排水固结法、换填加固法等。

(二) 高效性原则

道路与桥梁工程普遍存在施工规模大、施工周期长的特点,这就要求设计单位严格遵循高效性的原则。高效性原则主要体现在对具体软基加固技术的选择这一方面^[5]。设计单位应当尽可能选用施工周期短、机械化程度高的加固方法,在减少人为误差的同时压缩施工成本。除此之外,高效性还要求工程施工单位以科学、合理的方法优化施工组织,对施工的各个工序进行科学规划,确保软基加固技术应用流程的规范性,从而在规定期限内完成施工任务。

(三) 安全性原则

结合市政工程安全风险高、事故多发的特点,我国有关部门提出了“安全生产”的目标,要求工程建设单位加以践行。在软基加固技术的应用过程中,施工单位需要重视安全性原则,并通过完善安全防护体系的方法实现安全生产目标。在实际施工中,需要通过多元举措降低滑坡、坍塌和机械伤害等事故的发生概率。例如,在施工现场布置安全设施,为施工人员提供防护用具等。在软基加固作业完毕后,施工单位还需要检验施工成效,确保地基具备足够的抗震、抗滑和抗变形能力。

(四) 可持续性原则

随着可持续发展理念的提出,设计单位需要高度重视可持续性这一重要原则。在可持续性原则的指导下,及时关注市场变化,在不降低软基加固施工质量的前提下优化施工工艺与施工材料。在实践中,设计单位可以将节能、环保的施工材料列为首选,还需要详细分析不同软基加固技术对周边环境的危害性,将生态污染小的软基加固技术列为首选,以此体现可持续发展的核心理念。

三、软基加固技术在道路与桥梁施工中的应用要点

随着道路与桥梁施工要求的不断提高,越来越多工程建设单位意识到了软基加固技术的重要性。为保障软土地基的处理效果,设计单位需要着重分析不同类型的软基加固技术,并号召施工单位相关人员掌握技术要点。接下来将对软基加固技术在道路与桥梁工程中的应用要点展开探讨。

(一) 强夯加固法的要点

强夯加固法又可以称为动力固结法,其主要指的是施工人员借助重锤的自由落体运动,对软土地基进行强力夯击,从而在短时间内提升地基承载能力、密实度。施工人员在动用强夯加固法前,需要检验软土地基颗粒的粒径。当软土地基的颗粒粒径大于0.05毫米时,强夯加固法的效果可以达到最大化。相较于其他软基加固技术而言,强夯加固法简单粗暴、效果出众,因而受到了广大工程建设单位的青睐。为充分发挥强夯加固法在道路与桥梁施工中的应用效果,技术人员需要把控好以下

四个要点:第一,设计施工方案。强夯加固法的应用流程较为规范,需要施工人员在准备环节落实好施工方案的设计。施工方案往往涵盖多个技术参数,包括但不限于夯击能、夯击次数、夯点布置和间距控制等。施工人员需要与设计人员展开沟通,积极提供自己所知晓的土层结构信息、含水量和密实度信息,并依照道路与桥梁施工的要求,检验施工方案,找出其中的不合理之处。值得一提的是,夯击能与夯击次数是强夯加固法的核心参数,需要得到高度重视。在具体的设计环节,施工人员可以通过在特定区域试夯的方式确定最贴合实际需求的夯击能、夯击次数等指标,为后续施工提供相应的指导;第二,做好场地平整处理,布置夯点。在正式进入强夯加固施工前,施工人员需要对施工场地进行平整处理,并排干地表积水。随后,施工人员便需要将施工方案作为依据,在规划好的地点设置夯点;第三,合理操作施工设备。施工人员在利用夯锤前,需要对施工设备的参数进行调整。在第一次夯击时,施工人员需要将夯锤提升至设计高度,并找好落点,平稳落锤。在每次夯击作业结束后,施工人员均需要记录下沉量,杜绝因地下水位上升而引发的橡皮土问题;第四,做好环境保护与安全防护措施。强夯加固法会对周边的生态环境、建筑物造成一定影响,主要表现为噪音、振动等。结合前文提到的“可持续原则”,施工单位应当采取相应的环境保护与安全防护措施。具体来讲,在强夯加固施工的初期阶段,指派专业人员对周边环境、建筑物进行勘察,分析强夯加固施工对生态环境与建筑物可能产生的影响。在正式进入施工环节前,施工人员需要依照前期的评估方案,采取减震降噪措施,如采用低噪音设备、规避夜间施工以及设置隔振沟等。除此之外,每个施工人员佩戴好安全帽,降低施工的安全风险。



图1 夯锤

(二) 排水固结法的要点

排水固结法指的是施工人员结合软土地基的性质,通过改善软土地基排水条件,加速软土地基固结沉降,从而提升地基承载能力、降低其水分含量的一种软基加

固技术。在排水固结法的支持下,施工单位可以有效减少工后沉降问题,还可以增强地基的稳定性。就目前来看,排水固结法在实践中的应用表现为多种形式,主要包括真空预压法、降水预压法、堆载预压法等。不同的技术形式有着不同的适用条件,需要设计人员秉持因地制宜的原则选用最适宜的技术形式。为保障排水固结法的应用效果,技术人员要紧抓质量,落实以下技术要点:第一,真空预压法的技术要点。真空预压法指的是施工人员以抽取真空的方式形成负压,从而加固软土地基的技术形式。施工人员在应用真空预压法前,需要在软土地基表面铺设砂垫层、密封膜,并对铺设成果进行检验,确保其密封性。随后,施工人员需要利用真空泵实现臭气处理,从而让密封膜内形成负压环境。在这种情况下,软土地基中的水分会被排出,从而实现软土地基承载力的提升;第二,降水预压法的技术要点。降水预压法指的是施工人员以降低地下水位作为主要手段,通过增加软土地基有效应力的方式加速地基固结,从而满足软基加固需求的技术形式。施工人员在应用降水预压法时,需要提前在施工场地内布置若干井点或者排水沟,再利用专业的抽水设备降低地下水位,从而实现土体固结,增加地基承载力的目标。在整个施工过程中,施工人员需要将降水深度、速率控制在合理范围内,这样可以有效减少施工对周边环境的负面影响;第三,堆载预压法的技术要点。堆载预压法指的是施工人员通过在软土地基表面施加临时荷载,从而加固土地固结,提升地基承载能力的技术形式。施工人员在应用堆载预压法时,需要在地基的表面堆载砂土、石块以及其他重物,促使土体在强大的荷载压力下排出其中的水分,从而提升地基的承载力。在整个施工期间,施工人员需要重点关注真空度、堆载加载速率等指标,确保其达到设计要求。除去上述几种技术形式之外,还需要树立与时俱进的意识,实现真空预压法和堆载预压法的联合应用。设计人员需要明确这两种技术的核心要点,并将之结合在一起,从而发挥技术应有的效果。

(三) 换填加固法的要点

换填加固法指的是施工人员依照具体的工程要求,对原有土壤进行挖掘、清除,将之替换为其他土壤,从而满足工程建设要求的软基加固技术。一般情况下,换填加固法会在无法进行积水排除的土壤环境中得到应用。相较于其他软基加固技术而言,换填加固法的最大优势在于成本投入低、材料来源广阔、效果出类拔萃等。设计人员在应用换填加固法时需要把控好以下四个要点:第一,换填材料的选择。设计人员在选取换填材料时需要尽可能选用强度高、性能佳的换填材料,如砂粒、碎石、灰土以及石屑等。在条件允许的情况下,施工单位还可以就地取材,大幅度缩减软基加固施工所需要投入的成本;第二,换填深度的确定。在正式进入换填加固施工前,设计人员需要依照地基土层的性质、荷载分布以及工程

要求对换填深度进行科学化设计。倘若换填深度不合乎实际需求,将会降低技术应用效果或者经济效益。为此,设计人员应当重点参照地质勘察报告、设计规范的要求对软弱土层的厚度进行确定,确保换填深度控制超出软弱土层的厚度;第三,加强质量控制。在换填加固施工期间,施工人员需要对各项质量影响因素进行控制。例如,施工人员需要对换填材料的铺设厚度进行合理控制。一般情况下,换填材料的铺设厚度应当控制在20厘米到30厘米之间。在换填材料铺设完毕后,施工人员需要对压路机进行参数调整,通过分层压实的方式提升换填材料的密实度,确保其符合施工预期。考虑到材料混杂或者污染所带来的质量隐患,施工人员还需要实时监测换填材料的含水量,确保其始终处于合理范围内;第四,加强施工后的监测。在换填加固施工完毕后,施工单位需要指派专业人员进行长期监测,以此保障地基的稳定性。监测人员需要重点关注地基的沉降值、水平位移值,并分析地下水位变化趋势。通过监测结果,施工单位可以第一时间发现地基的异常情况,并采取相应的调整与优化措施,直至其满足道路与桥梁施工的要求为止。实践表明,在换填加固法的支持下,施工单位可以有效提升地基的承载力,抵抗因外力因素和自身重力因素所带来的变形问题。同时,换填加固法还可以有效减少道路与桥梁在后续施工过程中的沉降问题,为人民群众的日常出行提供保障。

结语

一旦道路与桥梁施工遭遇软土地基,施工单位便需要打起十二分的精神,予以高度重视,并通过软基加固技术提升地基的承载力,有效规避软土地基所带来的种种施工风险与质量隐患。在具体的工程设计环节,设计人员可以选用的软基加固技术较为多样化,而强夯加固法、排水固结法和换填加固法的应用最为普遍。设计人员需要充分掌握上述不同软基加固技术的应用要点,并将之贯穿于软基加固施工的始终,确保技术应用效果,打造安全、可靠的道路与桥梁工程。为此,设计人员应当树立终身学习的观念,及时关注市场动向,并把握技术要点。同时,设计单位需要提供物质保障,为技术应用创设良好环境。本文通过对软基加固技术在道路桥梁施工中的应用展开探讨,为道路桥梁施工领域提供了借鉴。

参考文献

- [1] 刘喜明. 道路桥梁施工过渡段软基处治措施[J]. 交通建设与管理, 2023, (05): 95-97.
- [2] 杨明理. 软基加固技术在市政路桥中的应用研究[J]. 大众标准化, 2022, (16): 145-147.
- [3] 魏盼业. 道路施工技术中软基施工加固技术的应用策略思考[J]. 建材发展导向, 2021, 19(16): 237-238.
- [4] 余心钱. 道路桥梁施工中软土地基处理技术应用实践[J]. 门窗, 2019, (24): 288.
- [5] 郑志成. 浅谈市政工程施工中的软基加固技术[J]. 河南建材, 2019, (05): 8-9.