

城市道路工程中软土路基施工技术的应用

张晓源

济南易通城市建设集团股份有限公司

摘要：在城市现代化的不断发展过程中，市政道路建设在城市文明发展中起着重要的作用，提升市政道路建设质量有助于保证城市稳定运行。在当前市政道路建设数量增多、规模不断增大的现状下，由于软土地质问题的出现，影响市政道路建设质量与进度，需要结合市政道路建设现状与软土路基地质问题，采取合适的软土路基施工方法，制定科学有效的软土路基施工方案，避免道路变形、沉降、横移等问题的出现，有效提升市政道路工程质量。本文重点围绕城市道路软土路基施工技术要点进行探讨。

关键词：道路工程；软土路基；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.11.057

引言

软土地基处理技术在我国道路工程中应用十分广泛，软基处理应针对不同区域的不同地质采用合适的方案，在保证路基质量的前提下，应充分考虑处理技术的经济性。

一、市政道路工程中软土路基危害及加固技术重要性

（一）软土路基危害及施工难点

由于软土路基具有含水量高、压缩性大及强度低等特点，导致其承载能力较低，在重负荷的影响下容易产生较大沉降，这种不均匀沉降可能引起路面开裂、不平整等问题，严重威胁道路的使用安全和使用年限。此外，环境因素对软土路基的影响也不容忽视。长期的雨水侵蚀可能导致地基水分增加，进一步降低土体的承载能力，而干旱天气可能导致水分迅速蒸发，引起土壤体积的急剧变化，这些因素都可能对路基的结构稳定性造成不利影响。在施工技术方面，现行的软土路基处理方法各有利弊，难以找到既经济又有效的通用方案。常规的处理方法，如预压、垫层、掺和加固等施工技术虽能在一定程度上改善路基的承载能力，但可能带来成本增加、工期延长等问题。新型的处理方法，如土体冻结、化学注浆等施工技术，虽效率高、效果好等优点，但技术要求高、投资大，难以大范围推广应用^[1]。此外，软土路基施工过程中质量的监测与控制难度较大。一是对监测设备与技术的要求较高，二是对质量控制人员的经验与综合素质要求较高，从而在施工过程中可能使某些潜在的质量问题被忽视，为道路的安全使用埋下隐患。

（二）重要性

由于土质问题的影响，导致路基本身结构不稳定，极易受到外界环境因素的影响，包括气候因素与车辆行

驶重力挤压因素等，导致道路不均匀沉降、稳定性破坏、反射裂缝等问题的出现，造成较大程度的出行安全隐患。针对路基土质实际情况，采取正确的施工方案非常重要，首先，市政道路工程中开展软土地基处理能够实现对地基土质工程特性的改良，有效提升地基抗剪强度、降低地理压缩性、改善地基透水特性，从而加固软土地基。其次，开展软土地基施工能够有效解决由于外力因素所出现的沉降变形问题与饱和无黏性土液化问题，提高地基的稳定性与承载能力，满足城市交通实际需求，有效保证市政道路工程的整体施工质量，提升市政道路稳定性与安全性。

二、软土地基的特点

（一）含水量过高

如果土体中含有过高的含水量，会使路基稳定性受到影响，导致路基沉降现象出现。同时，由于软土地基的含水量较大，渗透压力也较高，会导致软土地基强度及承载力下降。

（二）抗剪强度较低

由于软弱土层（淤泥、淤泥质土等）的孔隙比较大，孔隙水很难排除，会出现大量积水现象，其渗透性和抗剪强度降低，也易导致路基出现变形和稳定性降低。

（三）压缩性大

土层的压缩特性与土层的厚度、含水量以及土壤颗粒组成有关。含水量大，压缩系数就大，压缩性就大。另外，由于软土中含有较多的有机质，在受压时有机质体积膨胀，压缩系数就比一般黏性土大。

（四）承载力低

在正常荷载条件下，软土地基上的构筑物，由于地基的压缩变形，会引起构筑物的沉降和倾斜，并使构筑物产生不均匀沉降。如果地基是固结的，一般变形较小。当上部荷载继续增大时，地基沉降趋于稳定。但当地基为非固结的，则随着荷载的增加，其变形将继续增加。

（五）透水性低

软土的透水性能很低，垂直层面几乎是不透水的，对排水固结不利，反映在构筑物沉降上就是延续时间长。同时，在加荷初期，常出现较高的孔隙水压力，影响地基的强度。

三、常见软土路基施工技术

（一）置换施工技术

置换施工技术是市政道路软土地基中常见的施工技术之一，其技术核心在于换填施工与挤淤施工，将软土

地基中强度较差、压缩性较高的软土进行清除，并填充高强度材料物质，以此提升路基的稳定性。首先是换填施工技术，需先清除路基中强度较低的软土，然后换填碎石或者砂石等高强度材料，一般适用于淤泥土质的软土地基结构中，施工当中应结合现实施工安排做好分层压实工作，进一步提升地基稳定性；其次是抛石挤淤法，选择合适重量的大体积石块向软土地基中投掷，借助石块材料本身的重量，实现与上部土层之间的紧密连接，挤压出多余淤泥，达到提升地基稳定性的施工目的。

（二）复合地基法

在软土层，按一定的间距设置如深层水泥搅拌桩等加强体，与软基共同作用形成复合地基，以满足设计要求。除了传统的水泥系深层搅拌桩复合地基加固方法之外，近年来发展了低强度砼桩复合地基、环形砼桩复合地基等多种新的复合地基处理方法。这些方法可以达到处理之后地基高强度、施工更加简便等目的，但造价较高，可以在特殊的地段应用。

（三）堆载法

堆载法又称堆载预压法，在公路工程施工前1~2个月的时间内，在施工目标区域通过堆载重物的方式压缩软土，能够有效消除软土的空隙，排除土体中包含的水分，进而提升软土强度。堆载预压的优势在于，只需用公路设计荷载或超过荷载标准的重物静载在施工目标土体区域即可，随着重物对土体不断施加压力，即可完成对软土的处理。堆载预压法的成本极低，是当前所有软土处理技术中最具性价比的一种方法。但堆载预压法也有十分明显的缺点：其必须在足够的静载时间条件下才能达到预定处理标准，而公路工程施工范围较大，需要极多重物充作静载材料，因此，堆载预压法不适用于工期紧张的公路工程施工。

（四）搅拌桩法

搅拌桩法全称为水泥搅拌桩法，是将水泥、石灰等胶结材料送至地层以下，而后用深层搅拌设备与软土进行强制搅拌。在搅拌过程中，胶结材料会混合软土与软土中的水分进行充分反应，形成强度较高的公路基础，进而保障公路工程的整体建设强度。水泥搅拌桩法的应用十分简单，人为因素对其应用效果的影响较小，且只需等胶结材料与软土中的水分充分反应后便会产生较高标准的强度，其施工简单、见效快的特点十分符合公路工程的建设需要，是当前常用的一种软土路基处理技术。

（五）强夯法

强夯法与堆载预压法的处理原理相同，皆是以重物向软土施加压力，通过压缩软土的方式提升公路基础强度，但堆载预压法是通过重物静载完成这一目标，而强夯法则是通过强夯机，以重锤的重量加重锤自由落体产生的动能来达成软土处理目标的。强夯机重锤在自由落体的过程中会产生深入地层的冲击波，且重锤只作用

于软土一点，周边土体在中心压力的作用下会形成排出通道，让软土中的水或气体经锤击点周边快速排出，一般由强夯法处理后的软土体积会缩减200%~1000%，其对软土的施压效果优于静载预压法。强夯法的快速性和便捷性使其应用较为广泛，而且为迎合市场不同标准的夯实需要，强夯机的规模标准也不同，重锤标准包括80~2000kN不等，能够满足不同规模工程项目的施工需要。因此，在当前高度发达的强夯机的辅助下，强夯法施工过程简单，且施工效率极高，是处理软土路基问题的重要技术之一^[2]。

（六）加筋法

加筋法一般被用于沉降量较小但需要加强横向约束力的软土路基施工中。加筋法区别于其他软土路基处理方式，是通过在软土路基中设置土工布并在土体中插入钢筋的方式加固处理软土路基的。第一，在软土路基中设置土工布，通过土工布的强度限制软土的变形范围，进而提升软土路基的整体稳定性。第二，加筋材料一般以钢筋为主，在软土路基中横向或纵向插入钢筋，能够利用钢筋自身的强度，增加软土路基横向或纵向的荷载。在应用加筋法前必须全面检测软土条件，确定土工布、钢筋的分布，以便使用尽可能少的钢筋材料达成预定目标。钢筋材料造价较高，若在施工加筋法加固软土路基期间，为提升公路整体性能而一味增加钢筋数量，会导致工程项目的造价成本，造成不必要的人力资源和物力浪费。

（七）预制装配式混凝土蝶形边沟施工技术

预制装配式混凝土蝶形边沟施工技术是一种新型的软土路基处理手段。该技术要求在制造厂内提前完成预制构件的制作，经检验合格后将之运送到现场进行拼装，形成整体结构。在实际应用过程中，需要注意以下几点。第一，应选择强度和刚度符合要求的预制模板支架，在现场制作防护结构，确保结构的稳定性，同时也要合理规划施工场地，为后续的拆装和使用提供便利。第二，要求各个模板结构的尺寸与设计标准一致。第三，在正式开始施工之前，需要准备充足的施工材料，并加强对施工材料的管控。特别是预制构件，必须经过全面的检查，确保符合要求方可投入施工使用。在预制构件运输过程中，还需要采取切实有效的防护措施，以避免损坏。第四，在现场浇筑时，如果选择竖向浇筑方式，施工完成后应提升内模板，在起吊过程中确保混凝土与模板完全分离。模板拆除时，也必须严格按照施工工艺的要求进行，脱模后对结构部件进行修复处理，确保表面质量符合施工要求，然后进行养护处理^[3]。拼装预制构件之前，需要对各个预制构件进行仔细检查，确保其型号、规格和数量与施工方案相一致，并对现场的施工人员进行技术交底，严格按照施工方案要求进行操作，以确保预制构件拼装质量符合标准。拼装完成后，需组织施工人员进行严格检测，确保其各方面的性能和指标均符合建设标准要求，避免出现质量问题。

（八）高压喷射注浆施工技术

高压喷射注浆施工技术也称为压密注浆施工技术，该技术通过在高压状态下喷射一定量的水泥浆液，通过外部压力的作用与混凝土材料充分搅拌，形成混凝土柱结构，可显著提升软土路基的稳定性和强度。该技术的应用能有效减少基础部分的渗漏问题，从而提高路基结构的稳定性。然而，在实际施工过程中，需综合考虑施工现场的水文和地貌特点。由于基层结构相对复杂，如果地下水岩溶间隙发育完全，直接采用该技术处理软土路基，注浆量可能会超过原有施工标准，从而导致公路工程造价大幅提升。因此，在实际施工过程中应根据现场的实际状况进行综合考虑，选择最适宜的施工技术。

四、软土路基施工技术实践应用

某城市道路工程选择真空排水预压软基加固方法，具体技术要点如下。

（一）施工技术选择

在软土路基施工技术的选择中，数据收集与分析，以及对比不同施工技术的效果是关键环节。第一，基于土壤样本数据、现场环境条件、历史天气数据及施工案例等相关信息，可以建立一个包含从宏观到微观、从环境到物质性质的数据库，可为后续的技术比选与分析提供支持。如按照《公路土工试验规程》（JTG3430—2020）对软土路基路段填料试验，会发现填料选择与压实度相关数据变化^[4]。第二，应用统计学和工程学原理，处理、解读相关数据，找出其中的规律、联系和差异。例如，通过分析软土的物理力学性质，不同地理位置、天气条件下的异等，可以深入理解软土在不同条件下的反应情况，为筛选适用的施工技术提供参考。第三，明确了软土的详细情况后，即可多方面比选施工技术的效果，结合各种施工案例，从成本、时间、适用性、长期表现等方面进行对比，进而选出最符合工程的需求，且经济性和可行性更高的施工技术。

（二）真空排水预压施工技术要点

第一，前期准备。为保证工程质量，技术人员需要充分了解公路施工图纸，并仔细研究其相关工程资料，制订完善的实际操作流程，以保证真空排水预压施工顺利完成。此外，应为施工人员发放操作指南，还需要提供详细的操作说明书。按照施工图纸精确地划定加固区域范围，并彻底清除其中的杂物。此外，需要完成钻探取样和原位测试工作。所有材料和设备到达现场时，应先对地表覆盖50cm厚的砂土，并将砂土的高含泥量控制在3%以内，再安装塑料排水板，保证排水性能。此外，应该保证砂土的渗漏速度不超过 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 。想要达到最佳的施工效果，还应当适当调整塑料排水板的厚度，同时将滤管和主管牢固地连接起来，以便实现纵、横方向的顺畅流动。

第二，安装排水板前，应当按照施工要求，精细地测量和设置塑料排水板的尺寸，并用红油漆精确地标记

出来。在施工过程中，必须严格控制开挖活动，以防止污染和破坏排水板，致其泄漏。如果桩的长度超过50cm，必须完成原有桩的修复，并将修复情况仔细记录下来，同时要确保垂直度误差不超过1.5%^[5]。在真空预压施工过程中，竖向排水系统起至关重要的作用，可以将真空气流传递到排水管路。进行竖向排水系统施工之前，需要先将导管从管道中穿出，然后将塑料带与桩尖连接，确保连接牢固，并对准桩位。将排水体系沉埋入地下后，通过重力使导管下沉到所需深度。

第三，安装主管和过滤管。这些管道通常安装在砂土底部，并呈双排鱼刺形布置。在安装过程中，应将循环管安装在合理的位置，并使用橡皮管连接每一根管道，以减小沉降。在水平排水砂垫层的正中央安装一根过滤管，然后用砂土将其包裹起来，砂土的厚度应该在15~20cm之间，以防止过滤管的密封材料损坏。

第四，在加固区边界处开挖，使沟槽深度和地下水的高低成正比，然后将渗漏的空气排出，并以0.4m作为沟槽的最低宽度，以便渗漏的空气能够有效排出。此外，在沟槽的外侧还要建造一个围墙，并在墙体上铺设一些黏土。

第五，铺设密封材料之前，必须保证每一层都铺设密实、平整，之后要仔细检查，确保没有任何空隙。为了提高预压施工质量，建议采用2层塑料膜进行覆盖。此外，应定期检查和修复渗漏层，以便维护其完整性。同时，建议使用适当的软黏土覆盖，厚度应该控制在40cm以内。通过出膜器将真空主管和真空泵连接，进而进行抽取真空。

结束语

针对软土地基的特点与市政道路工程施工规范，所选择的软土地基施工技术方法多种多样，应结合水质地质调查结果选择合适的软土地基施工技术。本文介绍了软土路基的危害及加固处理技术应用的重要性，分析了软土地基的特点，并且对常见软基处理技术进行了说明，以真空预压技术为例细致地探讨了该技术应用要点，从而有效提升软土地基施工质量，提高地基稳定性，延长市政道路工程使用寿命。

参考文献

- [1] 兰秀荣. 分析市政道路工程中软土路基施工技术的应用[J]. 四川建材, 2022, 48(11): 161-162.
- [2] 桂钱君, 何旭东, 李奎等. 市政道路工程软土路基强夯施工技术浅析[J]. 四川水泥, 2022, (08): 198-199+202.
- [3] 李志华. 软土路基施工技术在市政道路工程中的应用[J]. 江西建材, 2022, (07): 274-275+278.
- [4] 王亮. 市政道路工程中软土路基施工技术的应用[J]. 居业, 2022, (06): 28-30.
- [5] 杨彩伟, 许朋, 李亚等. 道路工程软土路基的加固技术及施工要点分析[J]. 运输经理世界, 2022, (06): 47-49.