

市政道路软土地基施工技术要点分析

文 / 朱学刚 安徽联沁建设工程有限公司

摘要：就城市基础设施建设而言，市政道路是城市发展的脉络，市政道路的质量及稳定性，直接影响着城市正常运行及居民生活品质。而软土地基又是市政道路施工中极其普遍的一种地基，因其物理力学性质的特殊性，为道路施工造成了很多困难。如果处理不好，软土地基就会造成道路沉降，裂缝甚至倒塌等严重的问题，这不仅会加大后期的维护成本而且还会给交通安全带来威胁。所以，对市政道路软弱地基施工技术要点进行深入的研究是非常有实际意义的，其能够为道路工程顺利施工以及长久稳定地投入使用提供坚实的保证。

关键词：市政道路；软土地基；施工技术；要点分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.13.048

引言

在城市化进程不断加快的背景下，市政道路建设也在不断地扩大。软土地基区域道路施工中如何保证地基稳定性与承载能力就成了工程建设中的重点。软土地基的高含水量，大孔隙比和低抗剪强度使其很难采用常规的施工方法来达到工程的要求。近年来各种软土地基的处理技术层出不穷，例如换填法和排水固结法。但每一种技术在实践中都有着自己特有的施工要点与注意事项。充分把握这些技术要点对于提升市政道路软基的建设质量，促进城市道路建设的开展具有十分重要的意义。

一、软土地基的定义与特性

软土地基在岩土工程领域中具有清晰的定义。一般指淤泥，淤泥质土，冲填土，杂填土等高压缩性土组成的基础。这种地基土通常是在静水或者缓慢流水环境中形成并经长期沉积作用而形成。淤泥和淤泥质土中有机物丰富，天然含水量普遍超过液限、孔隙比 1.0 以上。冲填土由整治疏通江河航道时用挖泥船经泥浆泵吹填泥砂夹水较多形成。杂填土的形成是由于人类的各种活动导致的，其成分相当复杂，且其均匀性并不理想。从工程的角度来看，由于软土地基因本身的特点，所以在进行道路，建筑以及其他工程建设时都要对它进行特殊的对待，不然很容易造成很多的工程问题^[1]。

软土地基表现出一系列显著性质。首先要注意的是土壤的高含水量，这种含水量经常超出了液体的限制，有些甚至超过了 200%，这导致土壤达到饱和状态，颗粒之间的空隙充满了水分，从而使土壤的强度降低，压缩性增强。再者，由于孔隙比例较大，通常超过 1.0，甚至可能高达 2-3，这导致软土的结构变得疏松，土壤的稳定性也相对较差。再者抗剪强度较低、内摩擦角、黏聚力数值较小、受外部荷载的影响较大、易发生滑动变形。此外，软土触变性显著，在扰动作用下土体结构受到破坏且强度下降较快，同时静置一定时间后强度回升。同时流变性显著，长期加载过程中软土将发生缓慢变形，并且变形随着时间的推移而发展，上述特点对市政道路及其他工程建设提出巨大的挑战。

二、市政道路软土地基施工技术要点

（一）换填法施工要点

在市政道路软土地基处理中，换填法被广泛采用，并伴随着严格和精细的施工指导原则。在施工前，需要利用地质勘察技术如钻探，物探等来准确确定软土分布的范围和深度，以便于后续的施工能够提供可靠的依据。根据设计的具体要求，我们需要明确选择合适的换填材料。例如，在选择中粗砂时，其粒径应控制在 0.5-5 毫米之间，并且其含泥量必须严格控制在 3% 的范围内；如果选择使用碎石，其粒径最好控制在 5-40 毫米之间，以确保粒度分布得当。换填深度应严格执行设计深度，并将偏差限制在最小限度^[2]。在开挖环节中，根据不同土质和开挖深度选择钢板桩和灌注桩进行支护，避免边坡由于土体松散发生垮塌。换填材料进场前要逐批进行检验，对砂石料含泥量过高者果断退回。在进行分层填筑的过程中，根据压实设备的功率和材料属性，合理地规划每一层的填筑厚度，通常不应超过 30 厘米，以确保达到预期的压实效果。在压实阶段首先采用轻型压路机进行稳压处理，然后更换重型压路机进行压实处理，按照由边到中的次序进行，确保压实度符合设计标准。竣工后采用环刀法和灌砂法进行压实度检测，并利用平板载荷试验确定地基承载力等指标合格后方可进行随后的道路施工工序。

（二）排水固结法施工要点

排水固结法是市政道路软土地基处理中的一项关键技术，该技术的核心是将软土地基内部孔隙水有效地排出，促进土体逐渐固结以增强地基的承载能力。施工期排水系统合理布置尤其关键。如果选择使用砂井进行排水，那么砂井的直径通常应在 300 至 500 毫米之间。根据地基土壤的渗透特性、土层的厚度等因素，以及工程预计的排水速度和固结时间，我们需要精确地确定砂井的直径、间隔和深度。同时砂井所使用的中粗砂必须清洁，含泥量要严格控制在允许的范围之内，才能保证排水畅通。在使用塑料排水板进行施工的过程中，必须依赖专业的测量设备，以确保排水板的插入深度与设计预期之间的偏差能够控制在非常小的范围内，同时垂直度的偏差也



图 1 换填法施工要点

不应超过 1.5%，并且插入过程中采用导向设备避免排水板的扭曲和折断。在加压系统中，堆载预压过程中加载速率是非常关键的。在初始阶段，地基沉降和孔隙水压力的变化是以每天 0.05 至 0.1 倍的最终荷载速度缓慢增加的，通过使用水准仪和孔隙水压力计等仪器进行实时监控。一旦孔隙水压力上升过快或者沉降速率超过容许范围时应立即减缓加载。加载材料可以选择土，砂和石，并依据工程预算和材料取得的便利性进行合理的选择。在真空预压过程中，密封膜应选择抗老化和密封性好的材质，并认真检查膜下密封，以保证膜下真空度能稳定地满足 80kPa 或更高的设计标准。整个施工进程通过自动化监测系统不断采集地基沉降，孔隙水压力等资料，并根据资料分析结果对排水系统的运行参数和加压速率进行灵活调节，确保地基达到预期固结效果（如图 2 排水固结法施工要点）^[3]。

（三）强夯法施工要点

强夯法是一种有效加固地基的方法，它主要是靠重锤在高空自由下落时产生巨大冲击力来夯实地基。在施工之前，需要利用各种勘察手段例如地质钻探和地下管线探测仪来对现场进行全方面，详细地调查，准确地定位出地下各种管线等障碍物，以免强夯施工给他们带来损害。根据地基土具体种类，如砂土，黏性土和粉土不同土质及期望加固深度采用专业计算公式和工程经验对夯击参数进行了科学测定。夯击能一般在 1000-10000kN·m 的范围内进行选择，当加固深度较大且土壤硬度较高时，更倾向于使用较高的夯击能。夯击的次数是根据最后两次夯击的平均夯沉量不超过设计规定的

数值来确定的，这样可以确保夯击的效果。夯击点通常呈正方形或者梅花形排列，这种方法可以使得夯击能量在地基中分布均匀^[4]。在施工过程中，我们使用了高精度的测量设备来确保夯锤落下的距离是精确的，并且夯击的位置偏差被严格限制在 50 厘米之内。每次夯击结束后，应立即用推土机和其他装置将现场整平，并用水准仪准确测出现场标高，以便为下次夯击提供数据支撑。考虑到强夯施工可能导致的振动和噪音问题，当附近的建筑物距离较近时，可以在场地的边缘挖掘 2-3 米深、0.5-1 米宽的隔振沟，这样可以显著减少振动对周围环境的不良影响。施工完成后采用标准贯入试验和静力触探原位试验方法及室内土工试验测试了地基土各力学指标，检测结果对照设计要求对地基加固后的效果进行综合检测。

（四）深层搅拌法施工要点

深层搅拌法是一种行之有效的软土地基加固技术，它是在水泥，石灰等固化剂的辅助下，利用深层搅拌机械对软土进行大力搅拌，从而促使软土产生具有整体性，水稳定性以及特定强度水泥土加固体。施工前的准备工作是不允许失之交臂的，对于固化剂来说，需要严格按照设计标准进行各项指标的综合测试。以水泥为例，对其标号，凝结时间和安定性进行了认真验证，只有充分满足设计要求才能在施工中使用。同时对搅拌机械进行了深度调试，保证了搅拌机械性能的稳定性，使搅拌叶片大小及角度与施工工艺准确吻合，以保证搅拌效果。在施工定位的过程中，我们使用了高精度的测量设备来对搅拌桩机进行精确的定位和校准，以确保其垂直度的

偏差能够严格控制在 1.5% 的范围内，从而为后续的施工活动提供了坚实的基础。在下沉作业中，紧密参考地质勘察报告并根据实际土层情况对下沉速度进行灵活的调节。较松软土层内下沉速度适当增加；但在比较坚硬的土层中，减缓了流速，以免土体给搅拌叶片造成过大的阻力和设备的破坏。在喷浆搅拌过程中，对固化剂浆液配合比进行准确控制，并采用电子计量设备保证各物料使用量准确。保持泵送压力的平稳，并在压力传感器的实时监控帮助下确保浆液均匀连续的喷入土体中。在提升搅拌过程中，通过匀速提升将固化剂和软土完全搅拌在一起，从而形成均一的水泥土。在整个施工过程中，各桩水泥用量，搅拌深度和喷浆时间这些关键参数都采用信息化系统进行了细致记录，方便追溯和质量把控。成桩后采用取芯试验对桩身的强度及完整性进行了直观的检测；利用复合地基载荷试验精确确定复合地基承载力的大小，从各方面保证成桩质量与设计相符，从而为市政道路软土地基的处理提供了可靠的支持。

（五）土工合成材料加筋法施工要点

土工合成材料加筋法是增强市政道路软土地基稳定性和承载能力的一种重要方法，其在施工过程中具有严格把关的重点。铺设土工合成材料之前，对地基进行表面处理是至关重要的首要环节。用平地机和推土机使基础表面平整度的误差保持在最小的限度之内，并辅以人工的配合认真检查，彻底清理如尖锐石块、钢筋头等杂物避免了它们在以后施工时刺破土工格栅或者土工织物以确保材料性能不会被破坏。根据设计图纸准确要求和软土地基实际情况准确确定土工合成材料铺设层数，铺设方向及搭接长度。比如受力复杂的地区，为了加强加固效果可能需要加大铺设层数；针对主要受力方向明确了土工合成材料的布设方向与其相适应。在土工格栅的搭接过程中，必须确保搭接长度不少于 20 厘米。可以使用高强度的绑扎丝进行紧密绑扎，或者使用专业的焊接设备进行焊接，以确保连接部位的牢固性和可靠性，从而保障整体结构的稳定性。土工织物的连接宽度必须超过 30 厘米，在铺设过程中应使用专业的工具确保其表面平滑，避免因褶皱导致的应力集中，从而影响加筋的效果。铺筑过程中遵循随铺随填的原则，每次填筑完一段土工合成材料后，应立即填筑合适的土料，以避免物料长期暴露于自然环境而受到风化和雨淋破坏。

（六）桩基础施工要点

市政道路施工时，面对软土地基厚度大、上部荷载大等特点，桩基础就成了确保工程坚固的一种常见选择。桩型的选择需要综合考虑很多因素，在地质条件中，如果软土层下面有稳固的持力层时，预制桩以其强度高、挤土效应好等特点，可以有效地传递荷载；而且在地质条件比较复杂，有障碍物比较多的地区，灌注桩可以灵活变通。荷载大小对桩径和桩长及桩数都有直接影响，

需要经过严格的计算才能确定。场地空间，周围环境等施工条件也会左右桩型选择，场地较窄不利于吊运大尺寸预制桩，而灌注桩更方便。在预制桩的施工中，桩的质量至关重要。从原材料的采购就严格把好质量关，钢筋和混凝土的材质需要有质量合格的凭证，桩身在浇筑时必须振捣密实以消除裂缝和蜂窝的产生，成品桩在出场前要对外观及尺寸逐一检验。在打桩过程中，我们使用高精度的测量设备来实时监控桩的垂直度，确保偏差严格控制在 0.5% 以内，并根据桩的种类、长度和地质条件进行调整，对锤重和锤击能量进行了科学的匹配，避免了由于锤击不到位导致桩身折断。在灌注桩的施工中泥浆的配制是极其重要的。根据地层的特性，我们需要合理地调整泥浆的比重，通常控制在 1.1-1.3 的范围内，并确保黏度在 18-22s 之间，这样可以确保孔壁的稳定性并避免孔壁塌陷。钢筋笼在制造过程中，严格按照设计加工钢筋规格和间距，并在安装过程中采用定位筋，以确保在孔内定位精准。在混凝土的浇筑过程中，我们选择了泵送的方法，以确保浇筑的连续性和速度，控制浇筑速度在每小时 30-50 立方米之间，从而避免了如断桩这样的严重质量问题。成桩之后采用低应变法对桩身弹性波的传播特性进行探测来判断桩身的完整性；进行静载试验来模拟真实荷载加载并对单桩承载力进行准确检测，只有当所有指标均合格时桩基础才能够有效地对市政道路起到可靠、稳定的辅助作用。

结语

综上所述，市政道路软土地基施工技术要点涵盖多个方面，从软土地基的特性分析到各种处理方法的具体实施，每个环节都紧密相连且至关重要。换填法需精准确定换填材料和深度，严格把控压实质量；排水固结法要合理设置排水系统和加压系统，加强施工监测；强夯法、深层搅拌法、土工合成材料加筋法以及桩基础施工等也都各有要点。在实际施工中，施工人员应根据具体地质条件、工程要求等因素，科学选择合适的施工技术，并严格按照技术要点操作。只有这样，才能有效处理软土地基，确保市政道路的质量与安全，为城市的发展提供可靠的交通基础设施。

参考文献

- [1] 曾梅英. 市政道路软土路基施工技术要点分析[J]. 运输经理世界, 2022, (33): 10-12.
- [2] 聂新星. 市政道路工程施工中软土地基处理技术分析[J]. 散装水泥, 2022, (02): 160-162.
- [3] 谢辉. 市政道路软土地基施工技术要点浅析[J]. 四川水泥, 2021, (12): 217-218.
- [4] 程远. 分析市政道路软土地基的常用施工技术[J]. 建材与装饰, 2019, (10): 246-247.

作者简介：朱学刚，1978 年 10 月，男，汉，安徽省六安市人，本科，工程师，研究方向：市政道桥。