

高速公路软土地基处理施工技术研究

伍松

新疆交通建设集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 高速公路软土地基处理是确保道路稳定性与耐久性的关键。软土地基具有高含水量、大压缩性、低承载力等特点,给施工带来挑战。常用处理技术包括换填法、排水固结法、深层搅拌法和预压法,旨在改良土质、增强承载力、减小沉降。施工时应严格把控材料质量与施工工艺,结合地基特性科学选择加固方案。加强软土地基处理技术研究,对提升高速公路建设水平具有重要意义。

关键词: 高速公路;软土地基;处理施工技术

引言:高速公路作为连接各大城市的重要纽带,在现代交通体系中扮演着至关重要的角色。然而,在建设过程中,软土地基问题一直是影响高速公路稳定性和安全性的关键因素。软土地基由于其特殊的物理力学性质,如高含水量、高压缩性、低强度等,给高速公路的建设带来了巨大挑战。因此,深入研究高速公路软土地基处理施工技术,探索有效的加固方法,对于提高地基承载力、减小沉降变形、确保道路安全运营具有重要意义。

1 软土地基概述

1.1 软土地基的定义与分类

(1) 软土地基的定义。软土地基是指主要由松散、细小颗粒组成的,具有高含水量、高孔隙比、低透水性、低强度和易变形等特性的土层。这类地基土在受到外荷载作用时,容易产生显著的压缩变形和剪切破坏,对上方建筑物的稳定性和安全性构成威胁。(2) 软土地基的成因与分布。软土地基的形成与沉积环境密切相关。在地质历史时期,水流、风力等自然力将细小颗粒的土壤物质搬运到低洼地带沉积,形成了软土层。这些软土层在地壳运动和海平面升降的作用下,可能受到不同程度的压实和固结,但其物理力学性质仍然较差。软土地基在全球范围内广泛分布,特别是在河流、湖泊、海洋等沉积环境中更为常见。(3) 软土地基的类型与特点。软土地基根据物质成分和工程特性的不同,可以分为多种类型,如淤泥质土、软粘土、泥炭土等。这些类型的软土都具有高含水量、高压缩性、低强度和低透水性等特点。其中,淤泥质土和软粘土在高速公路建设中尤为常见,它们对地基处理提出了严峻的挑战。

1.2 软土地基对高速公路建设的影响

(1) 地基沉降与变形。软土地基在受到高速公路荷载作用时,会发生显著的沉降和变形。这种沉降和变形不仅会导致路面不平整,影响行车舒适性,还可能引发

路基失稳,威胁高速公路的安全性。(2) 路基稳定性与承载力问题。软土地基的低强度和易变形特性,使得路基在荷载作用下容易发生剪切破坏和整体失稳。此外,软土地基的承载力有限,难以满足高速公路对地基承载力的要求。这可能导致路面结构损坏,影响高速公路的使用寿命。(3) 路面损坏与行车安全风险。软土地基引起地基沉降和变形,会导致路面出现裂缝、坑洼等损坏现象。这些损坏现象不仅影响高速公路的美观性和行车舒适性,更重要的是会增加行车安全风险,可能引发交通事故。

2 高速公路软土地基处理施工技术分析

2.1 置换处理法

(1) 技术原理与实施步骤。置换处理法是通过挖除软土,并用强度较高的材料(如砂、碎石、改良土等)进行替换,以提高地基的承载力和稳定性。这种方法适用于软土层较浅且分布范围较小的路段。实施步骤包括:首先,清除地表不良土和积水;其次,按照设计要求挖除软土,并检测基底承载力;最后,分层回填并压实替换材料,确保达到规定的压实度和强度。(2) 优缺点分析。置换处理法的优点在于施工简单、效果显著,能够迅速提高地基的承载力和稳定性。然而,其缺点也较为明显:一是置换深度有限,当软土层较深时,施工难度较大且成本较高;二是置换出的弃方处理较为困难,容易造成环境污染和土地资源浪费^[1]。(3) 工程实例与应用效果。在某高速公路建设项目中,针对沿线存在的软土地基问题,采用了置换处理法进行处理。通过对软土层进行挖除并替换为碎石和砂砾等材料,有效提高了地基的承载力和稳定性。经过处理后的路段,在后续的填筑和压实过程中,未出现明显的沉降和变形现象,行车安全性得到了有效保障。

2.2 加筋处理法

(1) 加筋材料的种类与选择。加筋处理法是通过在软土地基中铺设加筋材料(如土工格栅、土工布、钢筋等),以提高地基的抗拉强度和整体稳定性。加筋材料的种类繁多,根据材质可分为天然植物材料(如竹筋、柳条等)、金属材料(如扁钢带、镀锌钢带等)、合成材料(如聚丙烯、聚乙烯等)和复合材料(如钢筋混凝土带、钢塑复合加筋带等)。选择加筋材料时,需根据地基的实际情况、施工条件和经济性等因素进行综合考虑。(2) 加筋处理法的施工要点。加筋处理法的施工要点包括:首先,确保地基表面平整、无积水;其次,按照设计要求铺设加筋材料,并确保其与地基紧密结合;最后,分层回填并压实材料,确保加筋材料充分发挥其加固作用。在施工过程中,还需注意对加筋材料进行保护,避免损坏和移位。(3) 实际应用中的效果评估。在某高速公路软土地基处理工程中,采用了加筋处理法进行处理。通过在软土地基中铺设土工格栅和土工布等加筋材料,有效提高了地基的抗拉强度和整体稳定性。经过处理后的路段,在后续的车辆荷载作用下,未出现明显的沉降和裂缝现象,且路面的平整度得到了显著提升。此外,加筋处理法还有助于减小地基的侧向变形,提高路堤的抗滑稳定性,从而进一步保障了高速公路的行车安全。

2.3 排水固结法

(1) 排水系统的设计与布置。排水固结法是通过在软土地基中设置排水系统(如排水板、砂井等),加速地基排水固结过程,提高地基的承载力和稳定性。排水系统的设计需考虑地基的含水量、排水距离、排水速率等因素。布置时,通常在地基中按一定间距和深度设置排水板或砂井,形成排水通道,同时在地表设置排水垫层,以收集并排出地基中的水分。(2) 固结原理与实施过程。排水固结法的固结原理是利用地基土体的自重和附加荷载作用,使土体中的水分通过排水系统排出,导致土体体积减小、密度增大,从而提高地基的承载力和稳定性。实施过程包括:首先,按照设计要求在地基中设置排水系统;其次,对地基进行预压加载,以加速排水固结过程;最后,监测地基的沉降和固结情况,直至达到设计要求^[2]。(3) 排水固结法的局限性与改进建议。排水固结法的局限性在于处理时间较长,且对于某些类型的软土(如含有大量有机质的淤泥)效果可能不佳。为改进该方法,可以考虑采用更高效的排水材料和技术,如采用高性能的塑料排水板或增加排水通道的数量和密度等。

2.4 沉管桩与深层搅拌桩复合地基法

(1) 沉管桩的施工方法与质量控制。沉管桩是一种通过锤击或振动将预制管桩沉入软土地基中,以提高地基承载力的方法。施工步骤包括预制管桩的制作、桩位的确定、桩机的就位与调整、沉桩以及桩顶的处理等。质量控制方面,应确保管桩的预制质量、沉桩过程中的垂直度和沉桩深度满足设计要求,同时监测沉桩对周围环境的影响。(2) 深层搅拌桩的加固原理与效果。深层搅拌桩则是利用特制的深层搅拌机械,将水泥浆或石灰浆等固化剂与软土进行强制搅拌,使软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的桩体。加固原理在于固化剂与软土发生化学反应和物理作用,形成坚硬的桩体,从而提高地基的承载力。深层搅拌桩具有施工速度快、对周围环境影响小等优点。(3) 复合地基的优势与适用条件。沉管桩与深层搅拌桩复合地基结合了两种方法的优点,既提高了地基的承载力,又增强了地基的整体稳定性。该方法适用于软土层较厚、承载力较低且对地基变形要求较高的地区。复合地基的优势在于能够充分利用桩土的协同作用,提高地基的承载力和抗变形能力。

2.5 高压喷射注浆法与旋喷桩复合地基法

(1) 高压喷射注浆法的施工工艺。高压喷射注浆法是通过高压水流或气流的切割作用,将水泥浆等固化剂注入软土地基中,形成固化的注浆体。施工工艺包括钻孔、插管、喷射注浆、提升与回浆等步骤。注浆体的形状和尺寸取决于喷射压力和喷射方式。(2) 旋喷桩的形成与加固效果。旋喷桩则是利用高压旋转喷嘴,将水泥浆等固化剂以高速旋转的方式喷射到软土地基中,形成圆柱形的注浆体。旋喷桩的加固效果在于注浆体的高强度和整体性,能够有效提高地基的承载力和抗变形能力。(3) 两种方法在软土地基处理中的应用。高压喷射注浆法与旋喷桩复合地基法在软土地基处理中具有广泛的应用。它们适用于处理软土层较薄、承载力要求较高且对地基变形有一定要求的地区。这两种方法都能够快速形成高强度的注浆体,提高地基的承载力和稳定性。同时,它们还具有施工速度快、对周围环境影响小等优点,因此在高速公路软土地基处理中得到了广泛的应用。

3 软土地基处理技术优化策略与建议

3.1 技术选择与组合优化

(1) 根据软土地基类型与特点选择适宜的处理技术。软土地基的类型多样,包括淤泥质土、粘土、粉土等,其物理力学性质各异。因此,在选择处理技术时,必须深入了解地基的地质特性,如含水量、有机质含量、压缩性等。例如,对于含水量高、压缩性大的淤泥质土,排水固结法结合真空预压技术能有效排出水分,

提高土体强度；对于承载力低的粘土，深层搅拌桩或高压喷射注浆法则能显著提高地基承载力。此外，还应考虑地基的深度、范围和施工条件，确保所选技术既经济又有效^[3]。（2）探讨不同技术的组合应用与协同效应。在实际工程中，单一处理技术往往难以满足所有要求。因此，探讨不同技术的组合应用，实现优势互补，是提高处理效果的重要途径。例如，排水固结法与加筋处理法结合，既能加速地基固结，又能增强地基的抗变形能力；深层搅拌桩与沉管桩复合使用，可形成更为稳定的复合地基。组合应用时，需注意技术间的相互影响，确保处理效果的最大化。

3.2 施工质量控制与监测

（1）软土地基处理施工过程中的质量控制要点。施工质量控制是确保处理效果的关键。在施工前，应对原材料进行严格检验，确保符合设计要求。施工过程中，需严格控制各项技术参数，如排水板的间距、沉桩的深度、注浆的压力等，确保施工质量。同时，加强对施工人员的培训和监督，提高其技能水平和质量意识，确保施工过程的规范化和标准化。（2）地基沉降与变形的监测方法。地基沉降与变形是评估处理效果的重要指标。常用的监测方法包括水准测量、GPS定位等。通过定期监测地基的沉降和变形情况，可以及时发现和处理潜在问题。监测点的布置应考虑地基的几何形状、地质条件和处理技术的特点，确保监测数据的准确性和代表性。（3）数据分析与预警机制建立。对监测数据进行深入分析，是评估处理效果、预测地基沉降趋势的重要手段。通过建立数学模型，对监测数据进行拟合和预测，可以实现对地基沉降和变形的定量评估。在此基础上，建立预警机制，当监测数据达到或超过预设阈值时，自动触发预警信号，以便及时采取补救措施，确保工程安全^[4]。

3.3 环境友好与可持续发展

（1）软土地基处理对周边环境的影响评估。软土地基处理过程中可能产生噪音、振动、废水、废气等污染物，对周边环境造成潜在影响。因此，在施工前应对周边环境进行详细调查，评估处理技术对环境的可能影响，制定相应的环保措施。施工过程中，应严格控制噪

音、振动和污染物的排放，减少对周边居民和生态环境的影响。（2）环保型处理技术的研发与推广。随着环保意识的提高，研发和推广环保型处理技术已成为必然趋势。例如，采用生物酶处理技术、微生物加固技术等生物技术，减少化学药剂的使用；利用工业废弃物、建筑垃圾等作为加固材料，实现资源的循环利用。这些技术的研发和应用，将有助于实现软土地基处理的绿色化、生态化。（3）可持续发展视角下的软土地基处理策略。在可持续发展视角下，软土地基处理应注重经济效益、社会效益和环境效益的协调统一。通过优化处理方案、提高处理效率、降低处理成本等措施，实现经济效益的最大化；通过加强环境管理、推动技术创新等措施，实现社会效益和环境效益的提升。同时，注重软土地基处理技术的长期效应和可持续性，确保处理后的地基能够满足长期使用的要求，不会对环境和生态造成长期负面影响。

结束语

综上所述，高速公路软土地基处理施工技术的深入研究，对于提升地基承载力、减小地基沉降、保障道路稳定性和安全性具有至关重要的作用。通过本文的探讨，我们认识到了各种处理技术的优劣和适用条件，也看到了技术创新在提高处理效果、降低工程成本方面的巨大潜力。未来，随着科技的不断进步和施工技术的持续改进，我们有理由相信，高速公路软土地基处理将更加高效、环保和可持续。让我们共同努力，为构建更加安全、便捷、高效的现代交通网络贡献力量。

参考文献

- [1] 郇勇. 高速公路软土地基处理施工技术研究[J]. 交通世界, 2022, (10): 103-105.
- [2] 张有春. 高速公路工程施工软土地基处理技术[J]. 交通世界, 2022, (11): 101-103.
- [3] 欧阳龙. 高速公路软土地基处理施工技术分析[J]. 工程建设与设计, 2021, (18): 157-159.
- [4] 南宇. 浅谈高速公路路基软土地基施工策略[J]. 中国住宅设施, 2023, (14): 124-126.