

公路工程施工中软土地基处理技术的优化与应用研究

张 卫

重庆市丰都县公路事务中心 重庆市丰都县 408200

摘 要：本文围绕公路工程施工中软土地基处理技术展开研究，系统阐述软土地基的特性及其对公路工程的影响。详细分析强夯法、换填法、排水固结法等传统处理技术原理与局限，深入探讨复合地基法、智能化监测技术应用等优化方向与方法。结合实际工程案例，分析优化后软土地基处理技术在提高地基承载力、减少沉降、保障公路稳定性等方面的应用效果，并对未来发展趋势进行展望，旨在为公路工程软土地基处理提供科学依据与实践指导，推动公路工程建设质量提升。

关键词：公路工程；软土地基；处理技术；技术优化；复合地基法；智能化监测

引言

在公路工程建设中，软土地基是较为常见且处理难度较大的地质条件。软土地基具有含水量高、孔隙比大、压缩性高、强度低、渗透性差等特点，这些特性使得公路在软土地基上建设时，容易出现沉降过大、不均匀沉降、地基失稳等问题，严重影响公路的使用性能和使用寿命，甚至威胁行车安全。因此，选择合适的软土地基处理技术，并对其进行优化，对于保障公路工程质量、提高公路的安全性和耐久性具有重要意义。随着公路建设技术的不断发展和对工程质量要求的日益提高，软土地基处理技术也在不断创新和优化，以适应复杂多变的地质条件和工程需求。本文通过对公路工程施工中软土地基处理技术的优化与应用进行研究，为公路工程建设提供参考和借鉴。

1. 软土地基的特性及其对公路工程的影响

1.1 软土地基的特性

软土地基的显著特性包括高含水量、大孔隙比、高压缩性、低强度和差渗透性。其含水量通常较高，一般大于液限，部分软土含水量甚至可达液限的数倍，土体处于饱和或接近饱和状态。高含水量使得软土的孔隙比大，一般在 1.0 以上，有的甚至超过 2.0，导致土体结构疏松，压缩性高。在荷载作用下，软土地基容易产生较大的沉降变形，且沉降稳定所需时间较长。同时，由于软土的抗剪强度低，地基承载力不足，在路堤填土等荷载作用下，容易发生地基失稳破坏。此外，软土地基的渗透性差，水在土体中流动困难，导致土体排水固结缓慢，进一步影响地基强度的增长。

1.2 对公路工程的影响

软土地基的特性给公路工程带来诸多不利影响。过大的沉降和不均匀沉降会导致路面开裂、不平整，影响行车舒适性和安全性，增加车辆的磨损和油耗。地基失稳可能引发路堤滑坡、坍塌等严重事故，中断交通，造成巨大的经济损失。此外，软土地基处理不当还会增加公路工程的后期维护成本，缩短公路的使用寿命。例如，在一些软土地基路段，由于地基处理不充分，公路建成后不久就出现了路面下沉、裂缝等病害，需要频繁进行维修和加固，不仅耗费大量资金，还影响了公路的正常通行。

2. 公路工程软土地基传统处理技术分析

2.1 强夯法

2.1.1 技术原理

强夯法是利用重锤从高处自由落下产生的夯击能，对地基土进行强力夯实，使土体颗粒重新排列，孔隙压缩，从而提高地基土的强度，降低压缩性，改善地基土的物理力学性能。夯击过程中，土体中的气体和部分水分被挤出，土体密实度增加，地基承载力得到显著提高。

2.1.2 应用与局限

强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土、杂填土和素填土等地基。对于软土地基，当软土层较薄且下部有较好的持力层时，也可采用强夯法进行处理。然而，强夯法存在一定局限性，施工过程中会产生较大的振动和噪声，对周边环境影响较大；且对软土地基的适用性有限，对于深厚软土层处理效果不佳，可能会导致土体结构破坏，出现橡皮土等问题。

2.2 换填法

2.2.1 技术原理

换填法是将地基浅层软弱土或不良土全部或部分挖除,然后分层换填强度较高、压缩性较低且无侵蚀性的材料,如砂石、灰土、素土等,并夯实至设计要求的密实度,从而提高地基承载力,减少沉降量。

2.2.2 应用与局限

换填法适用于浅层软弱地基及不均匀地基的处理,一般处理深度在 3 米以内较为经济合理。当软土层较薄且埋深较浅时,采用换填法能够取得较好的处理效果。但该方法工程量较大,需要大量的土方开挖和运输,施工成本较高;且当软土层较厚时,换填深度有限,处理效果受到一定限制。此外,换填法施工受天气影响较大,雨季施工时需采取相应的排水措施。

2.3 排水固结法

2.3.1 技术原理

排水固结法是在软土地基中设置排水体,如砂井、塑料排水板等,然后对地基施加预压荷载,使地基土中的孔隙水通过排水体排出,土体逐渐固结,孔隙比减小,强度提高,从而达到加固地基的目的。

2.3.2 应用与局限

排水固结法适用于处理淤泥质土、淤泥、冲填土等饱和黏性土地基。尤其适用于工期要求不紧、对地基沉降要求较高的工程,如一级公路、机场跑道等。然而,排水固结法施工周期较长,需要较长时间的预压期;施工过程中需要严格控制预压荷载和排水条件,施工管理要求较高;此外,堆载预压需要大量的堆载材料,会增加工程成本。

3. 公路工程软土地基处理技术的优化方向

3.1 复合地基法的应用与优化

3.1.1 水泥搅拌桩复合地基

水泥搅拌桩法是利用水泥作为固化剂,通过特制的搅拌机械,在地基深处将软土和水泥强制搅拌,使软土硬结而提高地基强度。形成的水泥搅拌桩与桩间土共同作用形成复合地基,提高地基承载力。优化方向包括合理选择水泥品种和掺量,根据不同的软土特性调整搅拌工艺参数,如搅拌速度、提升速度等,以确保桩体质量均匀,提高复合地基的整体性能。同时,可结合其他技术,如与砂石垫层联合使用,进一步提高地基的排水性能和承载能力。

3.1.2 高压旋喷桩复合地基

高压旋喷桩法是利用高压射流技术,将水泥浆液通过喷射管高速喷射到地基土中,使浆液与土体混合并凝固,形成具有一定强度和形状的加固体。优化高压旋喷桩复合地基,可通过改进喷射设备和工艺,提高喷射压力和喷射均匀性,确保加固体的质量和强度。此外,根据工程实际需求,合理设计桩径、桩长和桩间距,优化复合地基的结构,提高其承载能力和稳定性。

3.2 智能化监测技术的应用

引入智能化监测技术,实时监测软土地基处理过程中的各项参数,如地基沉降、孔隙水压力、土体位移等。通过传感器和物联网技术,将监测数据实时传输到监控中心,利用大数据分析和人工智能算法对数据进行处理和分析,及时发现地基处理过程中出现的问题,并采取相应的措施进行调整。例如,当监测到地基沉降速率异常时,可及时调整预压荷载或优化排水措施,确保地基处理效果。智能化监测技术能够提高软土地基处理的科学性和准确性,实现对地基处理过程的动态控制。

3.3 绿色环保技术的发展

在软土地基处理技术优化中,注重绿色环保理念的应用。研发和应用环保型的地基处理材料,如利用工业废渣、建筑垃圾等废弃物作为地基处理的原料,实现资源的循环利用,减少对天然原材料的依赖。同时,优化施工工艺,降低能源消耗和污染物排放,如采用低噪声、低振动的施工设备,减少对周边环境的影响。此外,加强对施工过程中产生的废水、废渣等废弃物的处理和回收利用,实现软土地基处理的绿色化发展。

4. 软土地基处理技术优化的实际应用案例分析

4.1 某一级公路软土地基处理项目

在某一级公路建设项目中,部分路段存在深厚软土地基,地质条件复杂。原设计采用传统的排水固结法进行处理,但考虑到工期紧张和对地基处理效果的更高要求,对处理技术进行了优化。采用塑料排水板联合真空预压的排水固结法,并结合智能化监测技术。在施工过程中,通过埋设大量的传感器,实时监测地基的沉降、孔隙水压力等参数。根据监测数据,及时调整真空预压的压力和排水时间,确保地基处理效果。经过优化处理后,该路段地基的平均沉降量减少了 30%,地基承载力提高了 40%,有效保障了公路的稳定

性和耐久性，同时缩短了施工工期。

4.2 某国省道路软土地基处理项目

某国省道路工程在施工过程中遇到软土地基问题，软土层厚度约为 5 米。为了提高地基处理效果和降低成本，采用了水泥搅拌桩复合地基与换填法相结合的优化处理方案。首先对浅层软土进行换填处理，换填材料采用级配砂石；然后在换填层上施工水泥搅拌桩，形成复合地基。在水泥搅拌桩施工过程中，严格控制水泥掺量和搅拌工艺参数，确保桩体质量。通过该优化方案，地基承载力满足了设计要求，路面沉降得到有效控制，且相比单一处理方法，降低了工程成本约 15%。

5. 结论

公路工程施工中软土地基处理技术的优化与应用对于保障公路工程质量、提高公路的安全性和耐久性至关重要。通过对传统处理技术的分析，明确了其原理、应用范围和局限性。在此基础上，从复合地基法的应用与优化、智能化监测技术的应用、绿色环保技术的发展等方面提出了软土地基处理技术的优化方向。实际案例表明，优化后的处理技术能

够有效提高地基承载力，减少沉降，保障公路的稳定性，同时降低工程成本，提高工程效益。未来，软土地基处理技术将朝着多技术融合、智能化与信息化、绿色可持续发展的方向不断前进。在公路工程建设中，应根据具体的地质条件和工程需求，合理选择和优化软土地基处理技术，推动公路工程建设质量的提升。

参考文献：

- [1] 韦艳卫. 软土地基处理技术在公路工程施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2023, (22): 22-24.
- [2] 赵业伟. 软土地基处理技术在公路工程施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2023, (18): 7-9.
- [3] 何昌. 软土地基处理技术在公路工程施工中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2022, 7(20): 77-79. DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2022.20.026.
- [4] 焦壮. 关于软土地基处理技术在公路工程施工中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(10): 46-47. DOI:10.16402/j.cnki.issn1008-3383.2020.10.026.