

公路工程施工中软基处理技术

刘悻哲

宁波市交建工程监理咨询有限公司 浙江 宁波 315104

摘要:公路工程施工中,软基处理技术是关键环节,直接影响工程质量与安全。本文综述了当前软基处理的主要技术,包括换填法、排水固结法、深层搅拌法及复合地基技术等,并探讨这些技术的适用条件、施工要点及质量控制措施。通过对比分析,指出各技术的优缺点,为公路工程软基处理提供科学依据。同时还展望软基处理技术的发展趋势,强调技术创新与环保理念在软基处理中的重要性。

关键词:公路工程;软土地基;地基处理技术

1 公路工程施工中软土地基引发的工程问题

1.1 路基沉降与不均匀沉降

软土地基由于天然含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低等特点,极易发生变形。在公路工程施工中,当路堤填料不断增加时,路基会因压缩沉降或挤压位移而产生沉降。若软土地基处理不当,如加载过快、未能及时进行沉降位移速率观测、地基固结工期考虑不足或施工质量把关不严,都可能导致路基出现沉降,特别是不均匀沉降。这种沉降不仅会影响公路的平整度,严重时还会导致路面破坏,威胁行车安全。

1.2 路面开裂与损坏

软土地基引发的路基沉降与不均匀沉降,会直接导致路面出现开裂与损坏。当路基产生过大的沉降或不均匀沉降时,路面结构会受到额外的应力作用,导致路面出现裂缝。此外,软土地基中的水分也会影响路基的稳定性,当水浸入路基后,会导致路基填料含水量增大,强度稳定性降低,进一步加剧路面的开裂与损坏。这种损坏不仅影响公路的美观度,更重要的是会降低公路的使用性能,威胁行车安全。

1.3 桥头跳车与路基失稳

桥头跳车是指公路桥头及伸缩缝处的差异沉降或伸缩缝破坏而使路面纵坡出现台阶,导致车辆通过时产生跳跃的现象。软土地基处理不当是导致桥头跳车的主要原因之一。由于桥梁与路基的组成材料、刚度、强度、胀缩性等存在差异,在车辆荷载、结构自重、自然因素作用下,桥梁与道路会同时发生沉降,但沉降量有很大差异^[1]。当道路的沉降量远大于桥梁的沉降量时,就会形成错台,导致行车时发生桥头跳车,软土地基处理不当还可能导致路基整体或局部失稳,如路堤滑坡等现象,进一步加剧桥头跳车问题。桥头跳车不仅影响行车安全,还会加速桥梁及路面的病害,对道路桥梁的运行造

成极大影响。

2 公路工程施工中软土地基处理技术

2.1 表层处理法

表层处理法主要用于处理地表面极软弱或含水量过大的情况。在填土之前,于地表面开挖沟槽,以排除地表水,同时降低地基表层部分的含水率,从而保障施工机械通行。沟槽内应回填透水性好的砂砾或碎石,以形成盲沟效果。这种方法简单有效,能显著改善地基表层的排水条件。当地基上部软土层极薄且含水量大时,可在软土地上敷垫一定厚度的砂垫层。砂垫层不仅能起到排水作用,还能承载上部荷载,同时为施工机械提供良好的通行条件。砂垫层的厚度和范围需根据地基条件和施工需求确定。利用所敷垫材料的抗剪和拉抗力,来增强施工机械的通行能力,均匀支承填土荷载,减少地基局部沉降和侧向变位。常见的敷垫材料有化纤无纺布、土工布、玻璃纤维格栅等。这些材料具有较高的强度和韧性,能有效提高地基的承载能力。对于表层为粘性土的地基,可在粘性土内渗入添加剂,如水泥、石灰等,以改善地基的压缩性能和强度特性,保证施工机械的行驶。添加剂的掺入量和种类需根据地基土质和施工条件确定。

2.2 换填法

换填法是一种将软弱土层全部或部分挖除,换填强度较高、稳定性较好的材料的方法。该方法适用于处理浅层软土地基,如淤泥、淤泥质土、松散素填土等。换填材料包括砂、碎石、灰土、煤渣、矿渣等。确定换填范围;根据地基勘察结果和设计要求,确定换填的范围和深度。开挖软弱土层;采用挖掘机等机械开挖软弱土层,确保开挖深度和范围符合设计要求。回填与压实;将选定的换填材料分层回填至开挖坑内,并采用压实机械进行压实,确保换填层的密实度和承载能力。质量检

测；对换填层进行质量检测，包括密实度试验、承载力试验等，确保换填效果满足设计要求。

2.3 预压法

预压法是通过在路基上施加一定的荷载，使软土地基提前发生固结沉降，从而减少后期使用中的沉降量。预压法包括堆载预压和真空预压两种方法。在路基上堆填重物，如土石方、钢材等，以模拟公路运营期间的荷载，使软土地基在荷载作用下逐渐固结沉降。预压时间根据地基条件和设计要求确定，一般需要几个月到一年左右。堆载预压法适用于处理厚度较大的软土地基^[2]。采用密封薄膜将需要加固的软基表面砂垫层封闭，利用真空装置抽取薄膜下的土壤空气，从而在土体内部与垫层排水体间产生压力差，促使空隙中的水分排出。真空预压法具有加固速度快、效果显著等优点，特别适用于处理含水量高、透水性差的软土地基。

2.4 深层搅拌法

深层搅拌法是利用水泥、石灰等材料作为固化剂，通过特制的搅拌机械，在地基深处就地软土和固化剂强制搅拌，使软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的水泥（石灰）加固土。该方法适用于处理淤泥、淤泥质土、粉土和含水量较高，且地基承载力标准值不大于120kPa的黏性土等地基。深层搅拌法包括水泥浆搅拌和粉体喷射搅拌两种方法。具体施工步骤如下：施工准备；平整施工场地，清除障碍物，确保搅拌机械能够顺利进场作业。搅拌机械定位；根据设计要求，将搅拌机械定位在预定位置，确保搅拌桩的平面布置和垂直度符合要求。制备固化剂；根据设计要求制备水泥浆或粉体固化剂，确保固化剂的配比和质量满足要求。搅拌施工；启动搅拌机械，将搅拌叶片下沉至预定深度，然后喷射固化剂并进行搅拌。搅拌过程中需控制搅拌速度、提升速度和喷射压力等参数，确保搅拌效果和固化剂的均匀分布。质量检测；对搅拌桩进行质量检测，包括桩身强度试验、承载力试验等，确保搅拌桩的质量和加固效果满足设计要求。

2.5 其他处理方法

除了上述方法外，公路工程施工中软土地基处理还包括其他多种方法，如排水固结法、强夯法、高压喷射注浆法、石灰桩法、CFG桩法等。（1）排水固结法：通过在地基中设置竖向排水体（如砂井、塑料排水板等）和水平排水层（如砂垫层），利用地基土的自重或附加荷载作用，加速地基内部水分的排出和土体的固结过程。该方法适用于处理厚度较大的饱和软土地基。（2）强夯法：利用重锤从高处自由落体产生的冲击力，对地

基进行夯实处理。该方法适用于处理砂性土和非饱和性粘土等地基，能有效提高地基的承载能力和稳定性。但强夯法对土质有一定要求，且需控制夯击能量和夯击次数等参数。（3）高压喷射注浆法：通过钻孔将带有喷嘴的注浆管置入预定土层位置，然后利用高压设备将浆液喷射至土层中，形成固结体。该方法适用于处理含水量高、透水性差的软土地基，能有效提高地基的承载能力和止水防渗效果。但高压喷射注浆法对施工设备和工艺要求较高^[3]。（4）石灰桩法：将生石灰块或粉料与土料混合后填入桩孔内，利用生石灰的吸水膨胀和放热作用，使桩体硬化并挤密周围土体。该方法适用于处理粘性土和湿陷性黄土地基等。但石灰桩法的加固效果受生石灰质量和施工工艺的影响较大。（5）CFG桩法：通过振动沉管打桩机等设备，将石屑、碎石、水泥、粉煤灰等材料混合搅拌后制成桩体。CFG桩与褥垫层及桩间土共同构成复合地基，能有效提高地基的承载能力和变形模量。该方法适用于处理多种类型的软土地基，且具有施工简便、加固效果显著等优点。

3 公路工程施工中软土地基处理施工质量控制

3.1 施工前的准备

施工前的准备工作是确保软土地基处理质量的前提和基础。这一阶段的工作主要包括地质勘察、设计方案的制定、施工材料和设备的准备以及施工队伍的组建等。在施工前，应对拟建公路沿线进行详细的地质勘察，了解地基的土质类型、分布范围、含水量、承载力等关键参数。通过地质勘察，可以为后续的设计和施工提供准确的地质资料，确保处理方案的针对性和有效性。根据地质勘察结果，结合工程要求和施工条件，制定科学合理的软土地基处理设计方案。设计方案应明确处理范围、处理深度、处理方法、施工参数等关键内容，并经过专家评审和审批，确保方案的可行性和安全性。根据设计方案，提前准备所需的施工材料和设备。施工材料应满足设计要求和质量标准，设备应经过检验和调试，确保在施工过程中能够正常运行。还应制定详细的材料和设备使用计划，确保施工进度的顺利进行。组建一支技术熟练、经验丰富的施工队伍，并进行必要的技术培训和安全教育。施工队伍应熟悉设计方案和施工流程，掌握关键施工技术和质量控制要点，确保施工质量和安全。

3.2 施工过程中的质量控制

施工过程中的质量控制是确保软土地基处理质量的关键环节。严格按照设计方案和施工工艺要求进行施工，对于不同的处理方法，如换填法、预压法、深层搅

拌法等,应掌握其施工特点和质量控制要点,确保施工过程的规范性和有效性。还应加强施工过程中的现场管理和监督,及时发现和纠正施工中的问题。在施工过程中,根据地基的实际情况和施工条件,适时调整施工参数。例如,在换填法中,应根据地基的承载力和变形要求,合理确定换填材料的种类、厚度和压实度等参数;在预压法中,应根据地基的固结速度和沉降量,合理确定预压荷载和预压时间等参数。通过调整施工参数,可以确保处理效果满足设计要求。在施工过程中,应对施工质量进行定期检测和验收。检测内容应包括地基的承载力、变形量、沉降速率等关键指标。验收时,应严格按照设计要求和验收标准进行检查和评估,确保处理质量符合规定要求。对于检测中发现的问题,应及时采取措施进行整改和处理。

3.3 施工后的监测与维护

在施工完成后,应对地基进行长期的沉降监测。通过监测地基的沉降量和沉降速率,可以了解地基的稳定性和变形情况。对于沉降异常或超出设计要求的区域,应及时采取措施进行处理和加固。对于采用排水固结法等方法处理的软土地基,应加强排水系统的维护和管理。定期检查排水管道和排水井的畅通情况,及时清理堵塞和积水,确保排水系统的正常运行。还应加强排水系统的保护和修复工作,防止因外力破坏或自然因素导致的排水失效。在施工完成后的一段时间内,应对处理效果进行评估。评估内容应包括地基的承载力、变形稳定性、排水效果等关键指标。通过评估,可以了解处理方法的实际效果和存在的问题,为后续的维护和加固工作提供依据。对于评估中发现的问题,应及时采取措施进行整改和处理,确保软土地基处理的长期稳定性和安全性。

4 公路工程施工中软土地基处理技术的发展趋势

随着科技的进步和工程实践的深入,公路工程施工中软土地基处理技术正朝着更加高效、环保和智能化的方向发展。首先,高效化是当前软土地基处理技术发展的显著趋势,传统的软土地基处理方法,如换填法、排水固结法等,虽然在一定程度上能够提高地基的承载力和稳定性,但施工周期长、成本较高。研发更加高效、快速的软土地基处理技术成为行业内的迫切需求^[4]。近年来,复合地基技术、真空预压技术、强夯法等高效处理

方法得到了广泛应用,这些技术不仅能够有效提高地基的承载力和稳定性,还能缩短施工周期,降低成本。其次,环保化是未来软土地基处理技术发展的另一重要方向,随着环保意识的提高,如何在保证工程质量的同时减少对环境的影响,成为软土地基处理技术面临的重要课题。研发绿色、环保的软土地基处理技术,如使用环保型固化剂、采用生态友好的施工方法等,将成为未来的发展趋势。对于已经施工完成的软土地基处理工程,也需要加强后期的环境保护和监测工作,确保其对环境的影响降到最低。另外,智能化也是软土地基处理技术发展的重要方向,随着智能化技术的不断进步,将智能化技术应用于软土地基处理过程中,实现施工过程的自动化、智能化监控和管理,将大大提高施工效率和工程质量。最后,多元化也是未来软土地基处理技术发展的重要趋势,由于不同地区的地质条件千差万别,软土地基的特性和处理需求也各不相同,研发多种适用于不同地质条件的软土地基处理技术,如针对深厚软土层的深层搅拌法、针对高含水量软土的真空预压联合强夯法等,将能够更好地满足工程实践的需求。

结束语

综上所述,公路工程施工中的软基处理技术多种多样,各具特色。在实际应用中,应根据工程特点、地质条件及环保要求,合理选择处理技术,并加强施工过程中的质量控制与监测。随着科技的进步和工程实践的深入,软基处理技术将不断创新与发展,为公路工程的长期稳定运行提供更加坚实的技术支撑。未来,应持续关注软基处理技术的最新进展,推动其向更高效、环保、智能化的方向发展。

参考文献

- [1]吴鑫煌.软基处理施工技术在公路工程施工中的应用研究[J].运输经理世界,2023(33):13-15.
- [2]黄小荣.公路工程软基处理绿色施工技术的改进及应用[J].工程与建设,2023,37(6):1734-1736+1747.
- [3]李国华.公路工程施工中的软基处理施工技术应用研究[J].运输经理世界,2023(27):7-9.
- [4]樊明让.公路工程施工中软基处理技术应用探讨[J].工程技术研究,2022,4(10):140-142.DOI:10.12346/etr.v4i10.7219.