

公路桥梁施工中软土地基施工技术剖析

全亚卫

中铁四局集团有限公司第六工程分公司 陕西 西安 710082

摘要：本文深入剖析了公路桥梁施工中软土地基施工技术的关键方面，包括处理原则、常用施工方法以及施工技术措施。文章强调了安全性、经济性和环保性原则在软土地基处理中的重要性，并详细介绍了换填法、排水固结法、振密挤密法等多种施工方法。同时，文章还探讨了施工前的地质勘察、施工过程中的排水措施以及施工后的沉降观测与补救措施等关键技术问题。这些技术的有效应用对于确保公路桥梁施工质量和安全具有重要意义。

关键词：公路桥梁施工；软土地基；施工技术

引言：随着交通基础设施的不断发展，公路桥梁建设面临越来越多的技术挑战。其中，软土地基施工是一个常见且棘手的问题。软土具有低强度、高压缩性和低透水性等特点，给桥梁施工带来极大困难。因此，对软土地基施工技术进行深入剖析显得尤为重要。本文旨在探讨公路桥梁施工中软土地基的处理原则、常用施工方法和技术措施，以期为工程实践提供有益的参考和指导。

1 软土地基处理原则

在公路桥梁施工中，软土地基的处理至关重要，其处理原则直接影响着工程质量、投资成本以及环境保护。以下是对安全性原则、经济性原则和环保性原则的详细剖析。（1）安全性原则。安全性是软土地基处理的首要原则。软土具有低强度、高压缩性、低透水性等特点，容易导致地基沉降、变形等问题，对公路桥梁的稳定性构成严重威胁。因此，处理软土地基时，必须确保地基的承载力和变形性能满足设计要求，确保公路桥梁的安全运营。为实现这一目标，应选用合适的地基处理方法，如排水固结法、振密挤密法等，以提高地基的密实度和强度。同时，施工过程中应严格控制施工质量，确保地基处理效果达到预期目标。（2）经济性原则。在满足安全性的基础上，经济性原则是软土地基处理的另一个重要原则。软土地基处理通常需要投入大量的人力、物力和财力，因此，在选择处理方法时，应充分考虑工程投资成本。应根据工程实际情况，对比分析不同处理方法的成本效益，选用性价比高的处理方法。此外，施工过程中应加强成本控制，提高施工效率，降低不必要的浪费。在保证工程质量的前提下，实现工程投资的合理控制，有助于提高项目的经济效益。（3）环保性原则。随着环境保护意识的日益增强，环保性原则在软土地基处理中越来越受到重视。软土地基处理过程中，往往涉及到挖填方、排水等施工环节，可能对环境

造成一定影响。因此，在处理软土地基时，应充分考虑环境保护要求，选用环保性能好的处理方法。例如，采用排水固结法时，应合理设置排水系统，避免对环境造成污染。同时，施工过程中应加强环境保护措施，如减少噪音、控制扬尘等，以降低施工对环境的影响。通过遵循环保性原则，可以实现公路桥梁施工的可持续发展。

2 软土地基的常用施工方法

在公路桥梁施工中，针对软土地基的处理，工程人员发展出了多种施工方法。这些方法各有特点，适用于不同的地质条件和工程要求。以下是软土地基的几种常用施工方法。（1）换填法。换填法是一种直接而有效的软土地基处理方法。它通过将基础底面以下一定范围内的软弱土层挖除，然后回填强度较高、压缩性较低、透水性较好的材料，如砂、碎石等，并进行分层夯实，以提高地基的承载力和变形性能。换填法适用于软土层较薄、下卧土层较好的情况。该方法施工简单，效果显著，但需要注意回填材料的选用和分层夯实的质量控制。（2）排水固结法。排水固结法是通过在软土地基中设置排水系统，利用地基自身的重力或外部荷载作用，使软土中的水分逐渐排出，土体固结，从而提高地基的承载力和稳定性。排水系统通常由水平排水管和竖向排水井组成。该方法适用于软土层较厚、含水量较高的情况。排水固结法的优点是可以有效减小地基的沉降量，提高地基的承载能力，但需要较长的固结时间，施工周期较长。（3）振密挤密法。振密挤密法是通过振动或挤压的方式，使软土颗粒重新排列，提高土体的密实度和强度。常用的振密挤密法有表层压实法、强夯法和振冲水冲法等。这些方法适用于软土层较薄、含水量适中或偏高的情况。振密挤密法的优点是可以显著提高地基的承载能力，减少沉降量，同时施工速度快，工效高。但需要注意对周围环境的影响，如振动对邻近建筑物的

影响等。(4) 桩基法。桩基法是通过在软土地基中设置桩基础,将上部结构的荷载传递到深层坚硬土层或岩层上,以避免软弱土层,提高基础的承载能力。桩基法适用于软土层较厚、下卧土层较差或地下水位较高的情况。桩基础的类型多样,如预制桩、灌注桩等。桩基法的优点是承载力大、沉降小、稳定性好,但施工成本较高,施工周期较长^[1]。(5) 预应力管桩法。预应力管桩法是一种新型的桩基法,它采用预应力混凝土管桩作为基础构件,通过桩身的预压应力提高桩身的承载能力和抗变形能力。预应力管桩具有施工速度快、承载能力大、稳定性好等优点,适用于软土地基的桥梁和高层建筑施工。预应力管桩法的关键是保证预应力管桩的施工质量和预应力效果的实现。(6) 地下连续墙法。地下连续墙法是一种在地下挖槽、灌注混凝土形成的连续墙体,作为建筑物的地下外墙或基础。地下连续墙具有整体性好、止水效果好、承载力大等优点,特别适用于软弱地层、流砂层等地质条件差的地区。在软土地基上建设公路桥梁时,地下连续墙法可以有效提高基础的承载能力和稳定性。但该方法施工成本较高,施工周期较长。

3 软土地基施工技术措施

3.1 施工前的地质勘察

施工前的地质勘察是任何建筑项目的关键初步步骤,尤其是在软土地基上进行建设时。软土地基通常指的是那些含水量高、压缩性大、承载能力低的土壤,如淤泥、粘土等。在这样的地基上施工,需要特别小心,因为如果地基处理不当,可能会导致建筑物沉降、倾斜甚至倒塌。地质勘察的目的是为了获取关于地基条件的详尽信息,这些信息对于设计和实施合适的地基加固措施至关重要。通过地质勘察,工程师可以了解地基的土层分布情况,包括不同土层的厚度、类型和层次结构。此外,勘察还可以提供土壤的含水量、密度、孔隙比、渗透性、压缩性和剪切强度等关键物理和力学性质。为了获得这些数据,地质勘察通常包括以下几个步骤:(1) 原位试验:在施工现场直接对土壤进行测试,以评估其力学性质。这些测试可能包括标准贯入试验(SPT)、锥形贯入试验(CPT)和扁铲试验(DMT)等。原位试验可以提供关于土壤状态和性质的直接信息。(2) 室内试验:将取自现场的土壤样本带回实验室进行分析。这些试验可能包括颗粒大小分析、阿特伯格极限(液限、塑限和塑性指数)以及一维或三维压缩试验等。室内试验可以更精确地确定土壤的物理和化学特性。(3) 钻探取样:使用钻孔设备在施工现场钻取土壤样本。这是获取地下土壤剖面信息的直接方法,可以

观察到不同深度的土层情况,并从中取得未受扰动的土壤样本进行进一步分析。地质勘察的结果对于设计和施工决策至关重要。它们可以帮助工程师选择合适的地基处理方法,如预压、排水、土壤置换、深层搅拌或使用地基加固材料(如混凝土、碎石或土工合成材料)。此外,勘察结果还可以预测施工过程中可能遇到的技术挑战,如地下水位的变化、土壤液化的可能性或地基不均匀沉降的风险^[2]。

3.2 施工过程中的排水措施

在施工过程中,特别是在软土地基上进行建设时,排水措施的规划和实施显得尤为重要。软土地基由于其天然含水量较高,若排水不畅,极易导致地基沉降、变形,甚至可能引发严重的工程安全事故。因此,合理设计并严格执行排水措施,对于确保工程质量和安全具有不可或缺的作用。首先,为了有效排除地基中的水分,需要设置专门的排水系统。这通常包括挖掘排水沟和设置集水井。排水沟应沿工地周围及关键部位布置,以确保水流能够顺畅地排出工地。集水井则用于收集和暂时储存地下水或雨水,再通过泵等设备将其抽出并排放到指定的地点。这些排水设施的设计和布局应根据工地的具体条件和水文地质情况进行,以确保排水效率^[3]。其次,施工过程中的用水量需要严格控制。过量的水使用不仅会增加地基的负担,还可能导致地基材料的流失,从而加剧地基的不稳定性。因此,施工单位应制定严格的用水管理制度,合理安排施工计划,减少不必要的水使用,同时采取措施防止水的浪费。在排水过程中,环境保护也是一个不可忽视的问题。排水系统的设计和操作应避免对周围环境造成负面影响。例如,排水不应直接排放到自然水体中,以免污染水源;同时,应采取措防止泥沙和其他悬浮物的流失,保护土壤结构。此外,施工场地应定期清理,确保排水系统的畅通无阻,防止积水成为滋生病虫害的温床。

3.3 地基加固与处理技术

地基加固与处理是软土地基施工的核心环节,对于确保公路桥梁的安全性和稳定性至关重要。在进行地基加固与处理时,首先需要根据地质勘察结果和工程要求,选用合适的加固方法。常见的加固方法包括换填法、排水固结法、振密挤密法等。换填法是一种常用的地基加固方法,主要是将软土层挖除,然后用强度较高的土壤或砂石进行回填。这种方法适用于软土层较薄、地下水位较低的地区。排水固结法是通过设置排水系统,加速地基中水分的排出,使地基土在自重作用下逐渐固结。这种方法适用于软土层较厚、地下水位较高的

地区。振密挤密法是通过振动或挤压作用,使地基土颗粒重新排列,提高地基土的密实度。这种方法适用于地基土颗粒较松散的地区。在施工过程中,应严格控制施工质量,确保加固效果达到预期目标。这包括对施工材料的质量把关、对施工过程的监控以及对施工成果的检验。同时,施工单位还应加强与设计、监理等相关单位的沟通协作,确保各方对地基加固与处理的要求达成一致。对于特殊地质条件或复杂工程情况,可能还需要采用更先进的加固技术,如桩基法、预应力管桩法等。桩基法是通过在地基中设置桩基础,将上部结构的荷载传递到地下较坚硬的土层或岩石层。这种方法适用于地基承载力较低、地下水位较高的地区。预应力管桩法是一种将预应力技术应用于管桩施工的方法,可以提高管桩的承载力和抗弯性能。这种方法适用于地基土质较差、荷载较大的地区^[4]。

3.4 施工后的沉降观测与补救措施

施工后的沉降观测是软土地基施工的重要环节,它对于确保工程结构的稳定性和安全性起着至关重要的作用。在软土地区,土壤的压缩性和流变性往往导致地基在施工过程中和竣工后发生沉降,这种沉降如果超出设计预期,可能会对建筑物、公路、桥梁等结构的安全造成严重威胁。为了有效监控和管理软土地基的沉降问题,工程师会在施工前制定详细的沉降观测计划。这个计划通常包括沉降观测点的布置、观测频率、观测方法和工具的选择,以及数据记录和分析的程序。沉降观测点通常设置在关键位置,如基础底板、柱子底部、桥梁支座等地方,以便于捕捉到最具代表性的沉降数据。在施工期间,沉降观测应定期进行,以便实时监测地基的沉降情况。通过使用精密的测量设备,如水准仪、全站仪或GPS测量设备,工程师可以准确地测量出各个观测点的高程变化。这些数据随后会被记录下来,并与前次观测结果进行对比,以评估沉降速率和累积沉降量。竣工后,沉降观测并不会停止,而是会转入长期观测阶段。

这个阶段的观测对于早期发现潜在的地基问题至关重要。长期观测可以帮助工程师了解地基沉降是否趋于稳定,或者是否存在继续下沉的风险。如果观测数据显示沉降异常或超过设计允许值,工程师必须立即采取补救措施。补救措施可能包括增加地基支撑,例如通过加固地基或增加桩基来分散荷载;注浆加固,即向地基中注入混凝土或其他填充材料以稳定土壤;或者采用其他地基改良技术,如深层搅拌、土体置换等。这些措施的目的是减少进一步的沉降,恢复结构的平衡状态,并确保其安全使用。除了沉降观测和必要的补救措施外,对公路桥梁等重要交通设施的定期维护和检查也是必不可少的。这包括对桥梁的结构组件进行检查,评估其疲劳损伤、腐蚀情况和其他潜在的安全问题。通过这些维护和检查工作,可以确保桥梁在其设计寿命内保持良好的运营状态,并为公众提供安全的通行环境。

结束语

通过对公路桥梁施工中软土地基施工技术的系统剖析,我们可以看到,在复杂多变的工程实践中,灵活运用各种处理原则和技术方法至关重要。只有充分理解软土的工程特性,合理选择施工方法,并严格实施施工技术措施,才能确保公路桥梁的施工质量与安全。展望未来,随着科技的不断进步,软土地基处理技术将进一步完善和优化,为交通运输事业的发展提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]张振国.基坑开挖对老黄河道软土地基与堤坡稳定性的影响[J].岩土工程学报,2018(S2):303-310.
- [2]熊伟东.高速公路软土地基的处理方法及应用[J].公路交通科技,2019,36(12):109-113.
- [3]汤丽霞.桥梁基础软土地基处理技术及应用研究[J].建筑科学与工程学报,2018,34(3):55-60.
- [4]卢洪华.公路桥梁软土地基处理与加固技术[J].岩土力学,2018,39(4):1230-1239.