

公路路基路面设计中软基的处理策略探究

姚子宁

杭州余杭交通设计有限公司 浙江 杭州 311100

摘要：在公路建设中，软土地基处理是路基设计的重要环节。针对软土高含水、高压缩、低强度的特性，本文深入分析了换填法、排水砂垫层法、复合地基等多种处理策略，通过案例研究展示了它们在增强地基承载力、减少沉降方面的显著效果。优化选择软基处理策略，不仅能提升公路质量，还能有效控制成本，实现经济与社会的多重效益。

关键词：公路路基路面设计；软基；处理策略

引言：公路建设中，软土地基处理是确保路基稳定与耐久的关键。因其高压缩性、低强度和透水性差等特点，对公路建设构成重大挑战。本文旨在深入探究换填、排水砂垫层、复合地基等多种软基处理策略，通过科学分析和案例研究，提出有效解决方案，以期提高公路路基设计水平，保障工程安全与长期使用性能，促进公路建设的可持续发展。

1 软土地基概述

1.1 软土的定义与分类

软土，作为一类特殊的土壤类型，广泛存在于沿海地区、河流湖泊周边及低洼地带，其工程性质显著区别于常规土壤，对工程建设构成重大挑战。从定义上来看，软土主要指的是那些天然含水量较高（通常大于液限）、孔隙比大（一般大于1.0）、压缩性高、强度低（无侧限抗压强度一般小于20kPa）的细粒土。这些特性使得软土在承受外部荷载时极易产生较大变形和沉降。在分类上，软土可以根据其成因、物质组成及工程特性进一步细分为多种类型。其中，淤泥是软土中最为常见的一种，它主要由生物作用产生的泥质沉积物构成，具有极高的含水量和压缩性，且透水性极差。软粘性土则是一种粘性较强的软土，虽然其含水量可能稍低于淤泥，但同样具有高压缩性和低强度特点。此外，泥炭质土作为一种特殊的软土类型，主要由未完全分解的植物残体组成，不仅含水量高，还富含有机质，导致其工程性质更加复杂。

1.2 软土路基的特点

软土路基在公路建设中展现出多个显著特点，这些特点对路基的稳定性和耐久性构成了直接威胁。（1）变形程度大：软土在受到上部结构荷载作用时，由于其高压缩性，极易产生显著的变形。这种变形不仅随时间的推移逐渐累积，还可能呈现非线性增长的趋势，给公路

的稳定性和行车安全带来极大隐患。（2）沉降不均匀：由于软土分布的不均匀性和土质的差异性，软土路基在荷载作用下的沉降往往也是不均匀的。这种不均匀沉降会导致路基出现裂缝、错台等问题，严重影响公路的平整度和使用性能。（3）透水性低：软土的高含水量和低透水性使得其在施工过程中难以排水固结，导致施工周期延长且质量控制难度增大。同时，透水性差还易引发路基内部水的积聚，进一步加剧路基的软化和沉降。

（4）压缩性强：软土的高压缩性是其最为显著的特点之一。在外部荷载作用下，软土体积会迅速减小，从而导致路基发生显著沉降。这种沉降不仅会降低公路的标高，还可能对周边的构筑物造成不利影响^[1]。

2 公路路基路面设计中软基处理的重要性

2.1 对公路质量的深远影响

软土地基，由于其独特的物理力学特性，如高压缩性、低强度和较差的透水性，给公路建设带来了巨大挑战。若处理不当，后果不堪设想。首先，路基失稳是首要面对的问题。软土在受到上部荷载作用时，容易发生剪切破坏，导致路基整体或局部滑动，进而引发公路塌陷、变形等严重事故，严重威胁行车安全。其次，沉降过量是另一个不容忽视的隐患。随着地基中水分的逐渐排出和土体的固结，若软土地基处理不到位，将引发不均匀沉降，导致路面开裂、凹凸不平，严重降低公路的使用性能和行车舒适度。这些质量问题不仅影响公路的正常使用，还可能引发连锁反应，如加速路面老化、损坏，增加后期维护难度和成本。

2.2 经济效益与社会效益的显著提升

合理处理软土地基，对于提高公路使用寿命、降低维护成本具有不可估量的价值。从经济效益角度看，科学的软基处理方案能够显著增强地基承载力和稳定性，减少因地基问题导致的公路病害，从而延长公路使用寿

命,减少因频繁维修和改造而产生的额外费用。此外,稳定的路基还能保证公路的通行能力,提高交通效率,促进区域经济发展,间接创造更多经济价值。从社会效益角度看,软土地基的有效处理对于保障公众安全、改善出行条件至关重要。稳定的公路路况有助于减少交通事故的发生,保护人民生命财产安全。同时,良好的公路交通环境还能提升城市形象,改善居民生活质量,促进社会和谐与稳定。因此,在公路建设过程中,必须高度重视软土地基的处理工作。通过科学的勘探、设计、施工和监测,确保软土地基得到合理、有效的处理。这不仅是对工程质量的负责,更是对人民群众生命财产安全的负责,也是实现经济效益与社会效益双赢的重要举措。在未来的公路建设中,我们应继续探索和创新软土地基处理技术,以适应更加复杂多变的地质条件和建设需求,为构建安全、高效、环保的公路交通体系贡献力量。

3 公路路基路面设计中软基处理策略

3.1 换填法

(1)原理与适用条件。换填法,又称换土法,其基本原理是通过将路基中的软弱土层挖除,并替换以强度较高、压缩性较低、透水性好的材料(如砂、碎石、砾石等),以改善地基的物理力学性质,提高地基承载力,减少沉降。该方法适用于软土层较薄(一般深度不超过3m),且换填材料易于获取和运输的场地。换填法的优势在于施工简便、效果显著,能迅速提高地基稳定性。(2)施工步骤。换填法的施工流程主要包括以下几个步骤:首先,根据设计要求和地质勘察资料,确定需要换填的土层范围和深度,并进行相应的测量放线工作;其次,采用挖掘机或人工方式将软弱土层挖除,并注意清理坑底杂物,确保换填界面的平整;接着,选择合适的换填材料进行回填,回填过程中应分层铺设,每层厚度不宜过厚,以确保压实效果;最后,采用振动压路机或夯实机械对回填层进行压实,直至达到设计要求的压实度。在压实过程中,应注意控制压实速度和遍数,避免过度压实造成土体破坏^[2]。(3)优缺点分析。换填法的优点在于施工简便快捷,加固效果显著,能够迅速提高地基承载力,减少沉降。同时,该方法对环境影响较小,不需要特殊的施工设备和材料。然而,换填法也存在一些缺点,如对于深厚软土层的处理效果不佳,需要大量挖掘和回填工作,成本较高;且换填材料的选择和压实质量直接影响加固效果,需严格控制施工质量。针对这些缺点,可以提出改进建议,如优化换填材料配比,提高材料利用效率;加强施工质量监控,确保压实质量达到设计要求;对于深厚软土层,可考虑结

合其他加固方法进行处理。

3.2 排水砂垫层法

(1)原理与适用条件。排水砂垫层法利用砂层的良好透水性,在软土地基上设置一层较厚的砂垫层,作为排水通道,加速地基中多余水分的排出,促进软土的固结和强度增长。该方法适用于软土层较厚、透水性差、排水不畅的路基。排水砂垫层法通过改善地基的排水条件,降低孔隙水压力,有效提高地基承载力,减少沉降。(2)施工要点。排水砂垫层法的施工要点包括砂井和袋装砂井的施工。砂井施工一般通过试钻孔确定井位和深度,然后下入砂管或套管,再填充砂料形成砂井。袋装砂井则是将砂装入特制的编织袋中,制成袋装砂柱埋设于地基中。在铺设砂垫层时,应注意保持砂层的连续性和均匀性,避免出现局部低洼或堆积现象。同时,还需设置排水沟或盲沟等排水设施,将排出的水分及时引导至路基外^[3]。(3)效果评估。排水砂垫层法对软土路基的加固效果显著。通过加速地基中多余水分的排出,促进了软土的固结和强度增长,有效提高了地基承载力。此外,排水砂垫层还能减少地基的压缩变形和差异沉降,提高公路的稳定性和耐久性。然而,需要注意的是,排水砂垫层法的效果受到多种因素的影响,如软土层的厚度、透水性、地下水位等。因此,在设计和施工过程中应充分考虑这些因素,确保加固效果达到设计要求。

3.3 复合地基法

(1)原理与类型。复合地基法是指通过在地基中设置增强体(如碎石桩、水泥土搅拌桩等),与原地基土共同承担上部荷载,形成复合地基的一种加固方法。复合地基法能够显著提高地基承载力,减少沉降,适用于各种复杂地质条件下的软土地基处理。常见的复合地基类型有振冲碎石桩复合地基、水泥土搅拌桩复合地基等。(2)施工流程。复合地基法的施工流程因类型不同而有所差异。以振冲碎石桩复合地基为例,其施工步骤主要包括:首先进行场地平整和测量放线工作;然后采用振冲器在地基中成孔,并注入碎石料形成碎石桩;接着对碎石桩进行加密处理以提高桩体强度;最后在碎石桩顶部铺设砂垫层或铺设土工格栅等加筋材料以形成复合地基。水泥土搅拌桩复合地基的施工则涉及水泥浆的制备、搅拌机的下沉与提升、水泥土的混合与搅拌等步骤^[4]。(3)应用实例。某高速公路项目位于河流冲洪积平原地区,地基中存在较厚的软土层。为了确保公路的稳定性和耐久性,设计采用了振冲碎石桩复合地基进行加固处理。施工过程中,严格按照设计要求进行成孔、

填料和振密作业，并在碎石桩顶部铺设了砂垫层。经过加固处理后，地基的承载力和稳定性得到了显著提升，满足了高速公路对地基承载力的严格要求。同时，监测数据显示，地基的沉降量显著减小且趋于稳定，为公路的长期安全运营提供了有力保障。

3.4 其他加固技术

(1) 粉煤灰碎石桩加固技术。粉煤灰碎石桩加固技术是一种利用粉煤灰和碎石作为混合材料，通过成孔灌注形成桩体，以提高地基承载力的加固方法。该技术具有材料来源广泛、造价低廉、施工简便等优点。施工过程中，首先进行成孔作业，然后按照一定比例将粉煤灰和碎石混合后注入孔内，并通过振动或锤击等方法使桩体密实。成桩后，粉煤灰碎石桩与原地基土共同承担荷载，形成复合地基。(2) 预应力管桩加固技术。预应力管桩加固技术通过预制的预应力混凝土管桩，利用压桩设备将其压入地基中，形成高承载力的桩体。该技术适用于深厚软土层或高承载力要求的路基加固。预应力管桩具有桩身强度高、施工速度快、对环境污染小等优点。施工过程中，需根据地质条件和设计要求选择合适的管桩型号和压桩设备，并严格控制压桩速度和深度，确保管桩的垂直度和承载力。(3) 喷射注浆加固技术。喷射注浆加固技术是通过特制的喷射注浆设备，将水泥浆或其他固化剂以高压喷射的方式注入地基土体中，形成加固土体的一种技术。该技术适用于处理细小的裂缝、空隙及松散土体。喷射注浆能够改善土体的物理力学性质，提高其强度和稳定性。施工过程中，需根据土体特性和设计要求选择合适的注浆材料、注浆压力和注浆量，并确保注浆浆液均匀分布在整个加固区域内。

4 公路路基路面设计中软基处理策略的选择与优化

4.1 综合考虑因素

在选择软基处理策略时，需综合考虑多种因素以确保方案的科学性和经济性。(1) 地质条件是决定性因素，包括软土层的厚度、性质、分布范围以及地下水文条件等，这些直接决定了适用的处理方法和加固效果。(2) 施工条件也不容忽视，包括施工场地的大小、形状、周边环境以及施工设备的可用性等，这些都会影响施工效率和成本。(3) 经济效益也是重要的考量因素，

需要评估不同处理策略的初始投资、长期维护费用以及带来的经济效益，选择性价比最高的方案。

4.2 优化策略

(1) 因地制宜：根据具体地质条件选择最合适的处理方法。例如，对于浅层软土，换填法因其施工简便、效果显著而成为首选；而对于深厚软土层，则可能需要采用排水砂垫层法或复合地基法以实现更好的加固效果。(2) 技术创新：引入新技术和新材料提高加固效率和质量。例如，利用新型固化剂进行喷射注浆加固，可以缩短施工周期并提高加固效果；采用预制管桩或新型碎石桩材料，则可以提高桩体的承载力和稳定性。(3) 组合应用：将多种处理方法组合使用，发挥各自的优势。例如，在采用排水砂垫层法的同时，结合真空预压法加速排水固结过程；或者在复合地基法中，通过调整桩体布局和参数优化加固效果。(4) 施工管理：加强施工过程中的管理和监督，确保施工质量和安全。制定详细的施工方案和操作规程，加强现场培训和指导，提高施工人员的技能水平和安全意识。同时，建立健全的质量保证体系和监测机制，及时发现和解决问题。

结束语

综上所述，公路路基路面设计中软基处理策略的选择与优化是确保工程质量与稳定性的核心。通过深入分析不同处理方法的原理、适用条件及效果，结合实际案例，本文展示了科学处理软基对于提升公路承载力和延长使用寿命的重要作用。未来，随着技术的不断进步和工程需求的日益复杂，我们需持续探索更高效、更经济的软基处理方法，以应对各种复杂地质条件，为构建安全、耐久、环保的公路交通网络贡献力量。

参考文献

- [1]王旺来.公路路基路面设计中软基的处理策略分析[J].建筑工程技术与设计,2019(10):62-63.
- [2]梁昊.公路路基路面设计中软基的处理策略[J].砖瓦世界,2019(17):205-206.
- [3]李文辉.公路路基路面设计中软基的处理策略[J].科技与创新,2020(13):63-64.
- [4]王英.公路路基路面设计中软基的处理策略[J].砖瓦世界,2020(12):208-209.