

高速公路软土路基处理与加固技术研究

● 刘 洋



[摘要] 在以高速公路软土路基为加固对象的加固作业中,加固层设计与施工加大了高速公路施工技术挑战和复杂性,对工程的安全性和技术可行性,成本控制和施工周期这两个关键指标产生了一定的影响。软土含水量较高,压缩性较大,强度较低,这些性质使软土路基在高速公路上受到车辆荷载作用时容易产生沉降、变形等问题,影响了路面的稳定与安全。科学合理的选择与运用软土路基加固处理技术,对提高路基强度、保障高速公路的长期安全平稳运行有着重要的现实意义。本文对高速公路软土路基处理加固技术进行深入研究探讨,对软土路基工程特性进行分析,对已有处理加固方法进行总结,对加固机理、适用条件进行讨论,以期为未来的高速公路建设提供技术支持和参考。

[关键词] 高速公路;软土路基;加固技术

Q 高速公路软土路基特性

(一)软土路基的定义与分类

软土是指天然含水量和压缩性都较大的地质体,其承载力小,透水性差,是一种流变性显著的细粒土。这种土壤以粘粒、粉粒为主,含有机质多,常呈现出软塑至流塑状态。软土广泛分布在沿海地区、河流湖泊周围以及低洼地带等地区。

软土主要有淤泥、淤泥质土、泥炭和泥炭质土。淤泥及淤泥质土一般沉积于静水或者缓慢流水环境下,经过生物化学作用而成,其有机质含量丰富,色泽多为暗灰、暗绿,压缩性极高,强度极低。泥炭和泥炭质土主要是由尚未完全分解的植物残留物构成,这些土壤具有更高的可压缩性和较低的透水能力,同时其含水量和有机物含量通常也更高。

就物理力学性质而言,软土表现出明显的流变性特征,即当受到长期加载时,软土的变形会随着时间的推移而持续发展,甚至会出现蠕变破坏。同时,软土抗剪强度较低、内摩擦角较小、受外力时容易产生剪切破坏。另外,由于软土透水性较差,孔隙水压力不易消散,进一步增大了荷载作用后的压缩变形。

(二)软土路基对高速公路建设的影响

1.路基沉降与变形

软土路基因具有高压缩性,低承载力以及透水性较差等特性,很容易造成高速公路施工过程中路基的沉降变形。路基的沉降变形由垂直变形、局部侧向位移变形两部分组成。垂直变形,主要表现为地基内软土受上部动静荷载而

发生固结压缩变形、填筑土压缩固结、后期水文地质条件变化而导致压缩变形。这些变形将使高速公路路面出现不均匀沉降现象,从而影响行车安全与舒适。局部的侧向位移变形主要是由于软土在受到垂直荷载影响发生的侧向蠕动变形,以及后续填筑土在垂直方向上的较大变形,这些因素都可能使高速公路的整体稳定性存在潜在风险。

2.路面结构破坏

软土路基会损坏高速公路路面结构。受软土路基沉降变形影响,路面顶面出现波浪式不平,造成路面结构承载力降低。在相当长的一段时间内,路面都有可能产生裂缝和网裂现象,从而影响行车安全。另外,水破坏是造成路面结构损坏的主要原因之一。雨水渗入路面结构中会对路面层与层之间产生滞水作用,使路面材料强度下降,稳定性下降,从而加快了路面损坏。

3.边坡稳定性问题

软土路基对高速公路建设的边坡稳定性方面也有一定影响。由于软土具有压缩性大、抗剪强度低、透水性差等特性,使得边坡在高速公路建设和运营过程中容易出现稳定性问题。在边坡开挖和支护过程中,软土路基可能因承载力不足而发生滑坡、坍塌等灾害,对高速公路的安全性和稳定性产生不利影响。同时,雨水等自然因素也可能加剧边坡的不稳定性,进一步增加边坡失稳的风险。在高速公路建设中,必须高度重视软土路基的边坡稳定性问题,通过科学合理的边坡设计、加固和监测措施,确保边坡的稳定性和安全性,从而保障高速公路的整体运营安全。

Q 高速公路软土路基处理技术

(一)换填法

1.技术原理

换填法是通过置换软弱土层从根本上提高地基承载力与稳定性。高强度低压缩性回填材料使地基整体承载力增加,从而避免地基破坏。回填材料透水性好,有利于加快软弱土层排水固结,降低地基沉降量。换填法在治理湿陷性黄土地基的湿陷性土时,也可有效地预防冻胀和消除膨胀土膨胀和收缩。

2.应用范围

在高速公路建设项目中,换填法被广泛应用于浅层地基的处理,这包括处理淤泥、淤泥质土、松散素填土、杂填土、已完成自重固结的吹填土等,同时也适用于暗塘、暗沟等浅层地基处理和低洼地区的填筑工作。换填法也适合处理某些地域性的特殊土,例如膨胀土、湿陷性黄土以及季节性冻土地基。

3.换填材料的选择与施工控制

换填材料选择非常关键,需要结合工程特点及地质条件进行合理设置。砂石材料要有较好的级配,无植物残体、垃圾和其他杂质,最大粒径也不能太大。对于灰土垫层,需要严格控制其体积配合比。推荐使用黏性土和塑性指数大于4的粉土作为土料,而石灰则应选用新鲜的石灰,并对其颗粒大小进行严格地控制。还有一些如粉煤灰、矿渣等,要符合相关物理力学性能以及环保要求。

换填法施工技术由测量放线、基底清理、换填料分层敷设、压实、找平验收组成。在施工中需要对回填材料的含水量、铺土厚度以及压实遍数进行严格控制,以保证回填材料满足所需密实度。同时,还要加强对回填材料质量进行检查验收,保证换填地基质量达到设计要求。换填法对施工技术及质量控制要求较高,这可有效提高地基承载力及稳定性,从而保障工程的安全稳定运行。

(二)排水固结法

1.原理与类型

排水固结法处理地基效果较好,它的基本原理是通过将排水系统布置于地基上,借助外界荷载将土体内孔隙水引流出,从而促进土体逐步被压密固结,以提高地基承载力与稳定性。这种方法主要是为了解决地基沉降与稳定等问题,在软弱地基处理上应用广泛。

排水固结法的类型有砂垫层、砂井和真空预压。砂垫层是基础表面铺有一定厚度的砂层作为水平排水体,以加快基础排水固结速度。砂井则是在地基中设置竖向排水体,如袋装砂井或塑料排水板,与水平砂垫层共同构成排水系统,进一步缩短排水距离,提高排水效率。真空预压法则是在地基表面铺设砂垫层和设置竖向排水体,然后通过真空

装置对地基进行抽气,从而形成真空环境,加速地基的排水固结过程。

2.设计要点与施工流程

排水固结法设计中,需要结合地基实际条件及工程要求合理地确定排水系统布置方式、排水体材质、大小及间距。同时,还要考虑设置加压系统以保证地基能在装载时受力均匀,以免发生局部破坏。

在施工过程中,排水固结法通常涉及测量放线、场地平整、铺设砂垫层、设置竖向排水体、安装真空泵(针对真空预压法)、抽真空预压(针对真空预压法)、沉降观测监测等步骤。施工时需要对各个工序进行严格把控,保证排水系统及加压系统有效可靠。排水固结法经过精细施工及严格质量控制后,可显著提高地基承载力及稳定性,为工程安全稳定运行提供了强有力的保证。

(三)强夯法

1.技术特点

强夯法以其卓越的加固性能著称,不仅能显著提升地基承载力,实现地基强度约25倍的增长,并可以有效控制变形沉降,使地基压缩性降低至原先的1/210,展现了较好的加固效果。该方法适用的土质比较多,无论是碎石土、砂土,还是低饱和度的粉土、黏性土,乃至湿陷性黄土、杂填土及素填土等多种类型的软弱地基,均能实现高效加固。在施工方面,强夯法展现出较高的效率,一套设备单月即可加固5000~10000m²的地基,相较于换土回填和桩基等传统方法,其工期可缩短一半以上。值得一提的是,强夯法在经济效益上优势显著,相比换土回填、预制桩加固及砂桩等方法,其能够降低施工成本,减少劳动力需求,实现文明施工,是现代地基处理领域的优选方案。

2.夯击能的选择

夯击能的选择与确定是影响强夯效果的关键因素。夯击能过小,夯实效果不明显;夯击能过大,则可能造成土体破坏。夯击能的选择需根据地基土类别、结构类型、荷载大小和要求处理的深度等综合考虑,并通过现场试夯确定。一般对于细颗粒土,单位夯击能可取1500~4000kN·m;对于粗颗粒土,可取1000~3000kN·m。

3.施工控制

强夯法施工参数的设置是极其关键的,其中,夯锤重量、落距、夯击次数和遍数以及夯点间距都需要密切结合工程的具体情况和设计规范科学设置。施工期对上述参数进行严格监督和控制是确保施工质量的重要内容。夯击次数和遍数要根据夯坑压缩最大和四周隆起最小为原则来确定,一般用2~3次夯击和用低能满夯为最后一次遍数。夯击点的布局需要经过精细的设计,首次夯击点的间隔可以设置在5~9m的范围内,而后续的夯击点间隔可以根据实际情况进

行调整或缩小。夯击间隔时间需要根据地基土质渗透性进行灵活调节,对黏性土这种渗透性较差的地基要保证间隔时间不小于3~4个星期,以利于超静孔隙水压力完全耗散;但对渗透性较好的地基可以考虑采用连续夯击的方法来加速施工进度。

(四)其他常用技术

在高速公路建设工程领域中,常见的其他地基处理技术还有挤密法、化学加固法以及加筋法等,这些地基处理技术都有其特有的优点以及应用场景。

挤密法,如振冲碎石桩、水泥粉煤灰碎石桩,是通过振动或冲击将碎石等材料挤入土中,形成密实的桩体,从而提高地基的承载能力和稳定性。该方法特别适合湿陷性黄土地区,可有效地消除地基湿陷性和减小沉降。振冲碎石桩是采用振动成孔后充填碎石和振实的方法构成复合地基。水泥粉煤灰碎石桩将水泥胶结作用与碎石骨架作用相结合,使地基性能得到进一步加强。

化学加固方法是通过使用化学溶液或胶结剂,如灌浆法和旋喷法,将土壤颗粒粘结在一起,从而提高地基的整体强度。灌浆法是用水泥浆和其他化学浆液在压力作用下灌入地基土以充填孔隙,使土体凝固的方法。旋喷法则是用高压旋喷设备向土体喷入化学浆液形成持续加固体。这些方法尤其适合于渗透性差的淤泥质土、黏土等软土地基加固。

加筋法和土工织物的应用主要是通过向土壤中加入如土工格栅、土工织物等的抗拉材料,从而优化土壤的机械特性,并增强地基的稳固性和强度。加筋法用于加固各类软弱地基,如边坡稳定和路堤加固。土工织物不但强度高、韧性好,而且可以有效地扩散土中应力、改善土体整体性能。工程中常采用土工织物和碎石等复合而成的加筋复合体来较好地适应工程需要。

Q 高速公路软土路基加固技术

(一)加固原理与目标

高速公路软土路基加固目的是在严格控制路基沉降及变形的情况下,采用一系列科学、高效的技术手段来提升路基承载力及稳定性。在加固原理上,考虑到软土路基具有土壤疏松,含水量大和孔隙度高等特点,加固处理的重点是提高土体强度和改善土体结构。通过运用如换填法、排水固结法、强夯法、挤密法以及其他各种技术手段能够有效地减少土体含水量,增加土体密实度以及强度,进而提升路基整体承载能力。如排水固结法是通过建立排水通道来加快土体内水的排泄、促使土体固结沉降、增加地基抗剪强度;挤密法则是通过振动或冲击等手段,将碎石等物质挤入土中,形成密实的桩体,与周围的土体共同承受荷载,从而提高地基的稳定性。

对高速公路软土路基进行加固主要是为了提高其承载力及稳定性,控制其沉降及变形。提高高速公路承载力及稳定性是保障高速公路安全运行的根本,控制沉降及变形是保证高速公路路面平整度及行车舒适性的重点。经加固处理后,路基受交通荷载后沉降量明显减小,路面变形破坏程度减小,道路使用寿命得到延长。

(二)加固材料与技术选择

高速公路加固是保障道路安全,延长道路使用寿命的一个重要技术环节。选择加固材料时需要考虑其种类和性能要求。常用加固材料主要有灰土类、水泥类、沥青类、复合材料类等。工程灰土等灰土类材料价格便宜,但是耐久性弱;水泥石等水泥类材料具有稳定性好、承载能力强的特点;石油沥青等沥青类材料主要应用于路面层的铺筑,具有很好的防水性与耐久性;聚合物改性材料等复合材料类具有高强度、稳定性好的特点,但是造价昂贵。相关人员确定和优化技术方案需要综合考虑特定路况、地质条件、施工条件等因素。如在地质条件差的地段,可用水泥土加固路基,用挖坑填筑夯实等措施来增加路基密实度及稳定性。对承载能力不足地段可以采取增厚加固或者灰浆注浆技术手段。与此同时,建筑企业要重视技术创新,如引进碳纤维布这种新型材料,利用它轻质高强、耐腐蚀的优势,增强隧道或者桥梁承载能力与耐久性。以开春高速公路中石羊山隧道利用碳纤维布为例,本工程利用碳纤维布来增强隧道结构的稳定性、耐久性。相关人员在确定技术方案时严格控制了碳纤维材料性能,保证了拉伸强度和粘合性能满足标准要求。同时,在施工中精细地控制,保证了碳纤维层的稳固粘结,避免错位与脱离。

(三)加固施工质量控制

高速公路软土地基加固技术中加固施工质量控制方法是一项系统且精细的工作,其直接影响着公路的稳定与安全。施工前,相关人员需要对软土路基进行全面的勘察,清楚它的地质条件、含水量和压缩性等主要参数,以便为之后的加固设计工作提供精确的依据。设计阶段要科学地选择加固材料及技术方案,如使用水泥石、灰土加固材料,或使用注浆、加筋土加固技术,以保证加固效果达到设计要求。施工时要对材料的质量进行严格地控制,保证加固材料能够达到相关的标准,以免因为材料问题而造成加固效果不理想。同时,相关人员需要加强对施工工艺的管理,严格执行设计方案及技术要求。例如,在注浆时需要控制注浆压力、注浆量以及其他参数加以控制,以保证浆液分布的均匀性以及软土的有效凝固。相关人员需要重视施工监测工作,运用现代监测技术与装备实时监测加固过程,及时发现与处理施工过程中存在的各种问题,保证加固效果与质量。加固施工结束后要对其进行综合质量检测与评价,并采用取样试验和

现场检测的方法来验证加固效果能否达到设计标准。此外,建筑企业要建立长期监测机制并定期对加固路基进行检测与养护,以保证路基长期运行的稳定安全。

Q 结束语

综上所述,高速公路施工领域中,软土路基处理加固技术既是保障道路稳定安全的关键环节,又是促进交通基础设施高效发展的技术保障。本文就高速公路软土路基处理加固技术进行了论述,阐述了该领域所具有的复杂性、挑战性。同时,本文通过对已有软土路基处理加固技术进行总结,论述了各种处理加固方法的原理和特点。笔者相信,在科学技术不断进步、工程实践不断积累的过程中,高速公路软土路基处理加固技术将会有新的突破和进步。

参考文献

- [1]牟俊杰.软土路基加固处理技术数值分析及在公路工程中的应用[J].科学技术创新,2022(36):143-146.
- [2]杨华保.基于有限元分析的软土路基加固效果研究——以茂名市某公路工程为例[J].工程技术研究,2022,7(22):30-32.
- [3]汪永林,唐忠林,吴星铎,等.软基高填土路基桥台墩柱倾斜病害及处置方法研究[J].公路交通科技,2022,39(10):91-98.
- [4]秘文辉.钢花管注浆加固技术在软土路基裂缝及涵洞沉降病害中的应用[J].四川水泥,2022(05):229-232.

作者简介:

刘洋(1991—),男,汉族,江苏连云港人,本科,工程师,连云港市铁路事业发展中心,研究方向:软土路基加固。