

软土地基处理技术在高速公路路基施工中的应用分析

郭 静

新疆交通投资(集团)有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要:随着高速公路建设步伐加快,软基难题凸显。本文聚焦软土地基处理技术在高速公路路基施工中的应用。首先阐述软土地基含水量高、压缩性大、强度低、渗透性差的特点,以及其对高速公路路基造成的沉降、失稳和影响结构物安全等危害。接着介绍常见软土地基处理技术,包括换土垫层法、高压旋喷注浆法等。随后详细分析这些技术在高速公路路基施工中的应用,涵盖工程前期准备、施工过程控制以及质量检测与验收等环节,旨在为高速公路软土地基处理提供理论支持与实践参考。

关键词:软土地基;处理技术;高速公路;路基施工;应用分析

引言:在高速公路建设蓬勃发展的当下,软土地基处理成为保障工程质量的关键环节。软土地基因其独特的物理力学性质,若处理不当,会给高速公路路基带来诸多不良影响,如路基沉降、失稳等,严重影响道路的使用性能与安全性,甚至威胁到周边结构物的安全。因此,选择合适的软土地基处理技术至关重要。本文深入探讨软土地基的特点及危害,剖析常见处理技术,并详细分析这些技术在高速公路路基施工中的具体应用,以期对相关工程实践提供有益借鉴,推动高速公路建设质量的提升。

1 软土地基的特点及危害

1.1 软土地基的特点

1.1.1 含水量高

软土地基中的土体含水量通常处于较高水平,一般可达 30% - 70%,甚至更高。这主要源于其形成环境,多处于地下水位较高或长期积水区域。高含水量使土颗粒间被大量水分填充,土体呈软塑或流塑状态,黏性增加,流动性明显。这不仅导致土体自身稳定性差,还严重影响后续施工操作,为地基处理带来极大挑战,是软土地基诸多不良特性的重要根源之一。

1.1.2 压缩性大

软土地基具有显著的压缩性,在荷载作用下,土体体积会产生较大压缩变形。这是由于其土颗粒结构松散,孔隙比大,且孔隙中多为软弱的水和气体。当受到上部结构传递的荷载时,孔隙中的水和气体被挤出,土颗粒相互靠拢,从而产生较大的沉降变形。这种过大的压缩性会导致高速公路路基不均匀沉降,影响路面的平整度和行车舒适性,甚至危及行车安全。

1.1.3 强度低

软土地基的强度较低,其抗剪强度指标,如黏聚力

和内摩擦角都较小。这是因为软土的颗粒细小,比表面积大,表面能低,颗粒间的连接较弱。在承受外部荷载时,土体很容易发生剪切破坏,无法提供足够的承载力来支撑高速公路路基及上部结构。低强度特性使得软土地基在施工和使用过程中容易出现路基失稳、边坡滑塌等问题,严重影响工程的安全性和耐久性。

1.1.4 渗透性差

软土地基的渗透系数通常很小,一般在 10^{-6} - 10^{-8} cm/s之间。这主要是由于软土颗粒细小,孔隙微小且连通性差,水在其中的流动阻力较大。渗透性差使得软土地基在受到荷载作用时,孔隙水压力消散缓慢,土体固结时间长。在高速公路施工中,这会导致路基沉降持续时间长,难以在短期内达到稳定状态,给工程的进度控制和质量保障带来困难。

1.2 软土地基对高速公路路基的危害

1.2.1 路基沉降

软土地基含水量高、压缩性大,在高速公路路基荷载作用下,土体中孔隙水被逐渐挤出,土颗粒重新排列,引发显著沉降。且沉降往往不均匀,不同位置沉降量差异大。这会造成路面不平整,出现波浪、坑洼,影响行车舒适性;长期下来,还会导致路面结构损坏,如裂缝、断板等,增加养护维修成本,缩短道路使用寿命。

1.2.2 路基失稳

软土地基强度低、抗剪能力弱,当受到较大荷载或外界因素(如降雨、地震)影响时,土体内部剪应力超过其抗剪强度,就会发生剪切破坏,导致路基失稳。表现为路基边坡滑塌、整体滑动等,这会中断交通,阻碍车辆通行,严重时还可能引发交通事故,对过往人员和车辆安全构成严重威胁,修复难度大且费用高昂。

1.2.3 影响结构物安全

高速公路上的桥梁、涵洞等结构物基础多坐落于地基之上,软土地基的不均匀沉降会使结构物基础承受不均匀应力。长期作用下,结构物会产生附加内力,导致结构构件开裂、变形,影响其正常使用功能和耐久性^[1]。

2 常见软土地基处理技术

2.1 换土垫层法

换土垫层法是将软土地基部分或全部软弱土层挖除,换填强度较高、压缩性较低且性能稳定的材料,如砂石、灰土等,形成垫层。该方法适用于浅层软土地基处理,能有效提高地基承载力,减少沉降量。施工时,先准确确定换填范围和深度,将软土彻底清除,避免残留软弱层。然后分层铺填换填材料,每层厚度控制在20-30cm,采用机械或人工夯实,确保压实度符合要求。换土垫层法施工工艺相对简单,成本较低,但换填深度有限,对于深层软土处理效果不佳。且换填材料的质量和压实度对处理效果影响较大,需严格控制施工质量,以保证垫层的均匀性和稳定性,从而达到改善地基性能的目的。

2.2 高压旋喷注浆法

高压旋喷注浆法是利用钻机将带有特殊喷嘴的注浆管钻至设计深度,然后以高压喷射流(一般压力大于20MPa)冲击破坏土体,同时注入水泥浆液,使浆液与被切割的土体充分搅拌混合,形成具有一定强度的固结体。该方法适用于处理淤泥、淤泥质土、黏性土等多种软土地基,能显著提高地基强度和抗渗性。施工时,需精确控制注浆压力、旋转速度和提升速度等参数,确保固结体的直径和质量。高压旋喷注浆法形成的固结体形状多样,可根据工程需要进行设计,但施工设备复杂,成本较高,且对施工人员的操作技术水平要求较高,需严格按照规范施工,以保证处理效果。

2.3 碎石桩法

碎石桩法是通过振动、冲击或水冲等方式在软土地基中成孔,然后将碎石填入孔内,形成密实的碎石桩体。碎石桩与周围软土构成复合地基,共同承担上部荷载。该方法适用于处理松散砂土、粉土、黏性土等软土地基,能提高地基承载力,减少沉降,增强地基的稳定性。施工时,先进行场地平整和测量放线,确定桩位。然后采用合适的成桩设备成孔,成孔过程中要控制好垂直度和孔径。填料时,应分层填入碎石,并用振动机具振密,确保碎石桩的密实度。碎石桩法施工速度快,效果显著,但施工过程中可能会产生较大的振动和噪音,对周围环境有一定影响,需采取相应的防护措施。

2.4 水泥搅拌桩加固法

水泥搅拌桩加固法是利用水泥作为固化剂,通过特制的深层搅拌机械,将水泥浆液或粉体与软土强制搅拌,使软土硬结,形成具有整体性、水稳定性和一定强度的桩体。该方法适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粉土、饱和黄土等软土地基,能有效提高地基承载力,减少沉降。施工时,先进行试桩,确定水泥掺量、搅拌速度、提升速度等施工参数。然后按照设计要求进行桩位布置,采用合适的搅拌机械进行施工,确保桩体的均匀性和强度。水泥搅拌桩加固法对周围环境影响小,施工噪音低,但施工质量控制难度较大,需严格控制水泥用量、搅拌时间和深度等参数,以保证桩体质量。

2.5 静力排水固结法

静力排水固结法是在软土地基中设置竖向排水水体(如砂井、塑料排水板等),然后利用堆载预压或真空预压等方法,使地基土中的孔隙水缓慢排出,土体逐渐固结,强度不断提高。该方法适用于处理饱和软黏土地基,能有效减少地基的沉降量,提高地基的稳定性。施工时,先进行场地平整和测量放线,然后按照设计要求设置排水体,排水体的间距和深度需根据地基土的性质和工程要求确定。设置好排水体后,进行预压加载,加载过程中要控制加载速率,避免地基发生破坏。静力排水固结法施工周期较长,但处理效果较好,且成本相对较低,是一种常用的软土地基处理方法^[2]。

3 软土地基处理技术在高速公路路基施工中的应用

3.1 工程前期准备

3.1.1 地质勘察

地质勘察是高速公路软土地基处理的基础与关键。需运用多种勘察手段,如钻探取样、原位测试、室内试验等,全面了解软土的分布范围、厚度、物理力学性质,包括含水量、压缩性、强度、渗透性等指标。同时,查明地下水位、地质构造及不良地质现象。通过详细的地质勘察,获取准确的数据资料,为后续处理方案的设计提供可靠依据。若勘察不准确,可能导致处理方案不合理,无法有效解决软土地基问题,甚至引发路基沉降、失稳等工程事故,影响高速公路的质量与安全。

3.1.2 处理方案选择

在掌握地质勘察资料后,需综合考虑多方面因素选择软土地基处理方案。要考虑工程的重要性、使用要求、工期和造价等。对于重要工程且对地基变形要求严格时,可选用复合地基处理方法,如水泥搅拌桩加固法、碎石桩法等,以提高地基承载力和减少沉降;若工期较紧,可考虑换土垫层法等施工速度较快的方法;若造价受限,静力排水固结法等成本较低的方法可作为选择。

3.2 施工过程控制

3.2.1 换填法施工

换填法施工时,先精准确定换填范围与深度,彻底清除软土至设计标高,避免残留软弱层。选用的换填材料,如砂石、灰土等,质量要符合要求。分层铺填换填材料,每层厚度控制在20-30cm,采用合适的压实机械,如压路机、振动夯等进行压实。压实过程中,控制压实遍数和压实速度,确保压实度达到设计标准。施工期间做好排水措施,防止雨水浸泡。换填完成后,进行承载力检测,若不满足要求,需及时处理,保证换填地基能稳定承受高速公路路基荷载。

3.2.2 排水固结法施工

排水固结法施工,先按设计布置砂井或塑料排水板等竖向排水体,确保其垂直度和间距准确。堆载预压时,分级加载,控制加载速率,避免地基失稳。加载过程中,密切监测地基沉降和孔隙水压力变化。若采用真空预压,密封膜要铺设平整、严密,防止漏气。定期检查真空泵运行情况,保持真空度稳定。

3.2.3 深层搅拌法施工

深层搅拌法施工前,进行试桩确定水泥掺量、搅拌速度等参数。施工时,将搅拌机定位准确,保证桩位的偏差在允许范围内。下钻和提升过程中,严格控制速度,确保水泥浆液或粉体与软土充分搅拌混合。搅拌头转速要适中,保证切割土体和混合效果。同时,注意水泥浆液的配制质量,控制好水灰比。施工过程中,对每根桩的施工参数进行记录,以便检查。施工完成后,按要求进行桩身质量检测,确保深层搅拌桩满足设计强度要求。

3.2.4 强夯法施工

强夯法施工前,根据场地条件和设计要求,确定夯击能、夯击次数和夯击间距等参数。清理并平整场地,在夯点位置做出明显标记。起重机就位后,将夯锤提升至预定高度,自由落下进行夯击。每夯击一遍,用推土机平整场地,测量夯沉量。根据设计要求,进行多遍夯击,最后一遍夯击后,用低能量满夯一遍,保证表层土的压实度。施工期间,做好安全防护措施,防止夯锤飞出伤人。强夯完成后,检测地基承载力和压实度,确保满足高速公路路基施工要求。

3.2.5 土工合成材料加固法施工

土工合成材料加固法施工时,先检查土工合成材料的质量,确保其无破损、老化等问题。按设计要求裁剪

材料,铺设时要平整、拉紧,与下承层紧密贴合,避免褶皱和扭曲。相邻材料之间搭接宽度符合规范,采用缝合或绑扎等方式连接牢固。在材料上铺筑填料时,要控制填料的含水量和粒径,采用轻型机械或人工摊铺,避免损坏土工合成材料。随着填筑高度的增加,逐步压实填料,确保土工合成材料与填料共同发挥作用,提高高速公路路基的稳定性和承载能力。

3.3 质量检测与验收

3.3.1 检测方法

软土地基处理后的质量检测方法多样,包括静载试验、静力触探试验、标准贯入试验、十字板剪切试验等。静载试验用于检测复合地基承载力,抽检比例通常为总桩数的0.5%~1%,且每项单体工程不少于3点;静力触探试验可评估桩间土加固效果;标准贯入试验和十字板剪切试验则通过对比处理前后的强度变化,计算地基增强量。此外,还可采用波速试验、无损检测法及成孔质量检测法,对桩身完整性和灌注桩质量进行全面检测。

3.3.2 验收标准

软土地基处理验收需满足多项标准:首先,地基承载力应达到设计要求,可通过平板载荷试验验证,加载量需达2倍设计值;其次,处理后的地基沉降应控制在允许范围内,如快速路工后沉降需 $\leq 0.1\text{m}$;同时,挤密桩法等施工工艺参数需符合规范,如夯实地基最后两击平均夯沉量 $\leq 50\text{mm}$ 。验收时还需检查施工记录、材料试验报告等资料完整性,并通过现场验槽确认基槽尺寸、标高及土质条件,确保软土地基处理质量全面达标^[3]。

结束语

软土地基处理技术在高速公路路基施工中意义重大且成效显著。通过合理运用换填法、排水固结法、深层搅拌法等多种技术,结合精准的工程前期准备与严格的施工过程控制,有效解决了软土地基承载力低、沉降大等问题,保障了高速公路路基的稳定性与安全性。质量检测与验收环节的严格把关,进一步确保了工程质量。

参考文献

- [1]黄宁.软土地基处理技术在高速公路工程中的应用研究[J].工程建设与设计,2021(11):49-51.
- [2]王德民.高速公路工程中软土地基处理技术应用[J].城市建设理论研究:电子版,2022(15):40-40.
- [3]崔冀龙.软土地基处理技术在公路施工中的应用探究[J].江西建材,2021(15):137-138.