

市政道路桥梁隧道软土地基处理对策的研究

王坤豪

中轩(重庆)建设监理有限公司 重庆 408200

【摘要】随着城市化进程的加速,市政道路桥梁隧道建设日益增多。在许多地区,软土地基广泛存在,其具有高含水量、大孔隙比、低强度和高压缩性等特性。在道路桥梁隧道工程施工中,软土地基易导致不均匀沉降、路面开裂、结构失稳等问题,严重影响工程质量与使用寿命,增加维护成本与安全风险。基于此本文旨在研究市政道路、桥梁与隧道工程中的软土地基处理对策。深入分析软土地基特性,探讨各类处理方法的原理、适用范围与实施要点,结合实际工程案例阐述不同对策在提升地基稳定性、控制沉降变形方面的效果,为市政工程建设中的软土地基处理提供科学依据与技术参考。

【关键词】市政工程;软土地基;地基处理;道路桥梁隧道

市政工程施工中的道路,桥梁及隧道工程经常会遇到软土地基的情况。软土地基含水量大,压缩性强,强度低,容易引起工程结构的沉降、开裂乃至失稳等问题,极大地影响了工程质量和使用寿命。所以,对软土地基处理对策进行研究对保证市政工程安全、稳定和耐久性具有十分重要的意义。

一、市政道路桥梁隧道等软土地基的特点

市政道路桥梁隧道等软土地基工程性质独特而复杂,这些性质对于工程建设稳定性、安全性及耐久性影响深远。软土通常为静水或者缓慢流水环境下沉积的,经过生物化学作用而成的具有天然含水量大、孔隙比高、压缩性强、抗剪强度低以及渗透性差等特点的饱和软弱粘土。

首先,从物理特性角度分析,软土地基的自然水分含量通常介于30%-70%,有时甚至更高。这样高含水量使软土表现出与流体相似的流塑状态和在很小外力下易产生变形的特性。孔隙比,通常都在1.0以上,在某些地区软土孔隙比可达到2.0或更高。大孔隙比使软土结构松散、颗粒间连接弱,地基承载能力进一步下降。以部分沿海地区市政工程建设为例,软土这一疏松结构使地基受到道路桥梁隧道等结构自重和车辆荷载作用时易发生大沉降变形^[1]。

其次,软土地基力学特性呈现低抗剪强度、高压缩性。该物质的抗剪强度标准中,内摩擦角通常落在0-30度的范围内,同时其粘聚力也相对偏低。这表明,当软土地基受到剪切力的影响,例如道路、桥梁和隧道基础侧面的土壤受到的力,很容易导致剪切破坏,从而使地基变得不稳定。从压缩性来看,软土压缩系数一般比较大,荷载作用

下沉降明显。如对多层道路结构或大型桥梁基础而言,软土地基由于不能承受来自上部结构的压力,可能出现不均匀沉降现象,使得路面产生裂缝、桥头跳车现象,从而影响了道路桥梁正常使用及行车舒适性。

二、市政道路桥梁隧道软土地基处理对策

(一) 换填方法

在市政道路桥梁隧道等软土地基上,换填法是一种比较直接和普遍采用的处理方式。它的基本原理是把软土层开挖干净后,再换填一些强度大、压缩性小、性质稳定的物质,如砂质砾石、灰质素土等来提高地基承载能力及稳定性^[2]。实施换填法,必须先确定换填范围及深度,这就需要根据软土地基具体情况来进行考虑,比如软土层的厚度、上部结构对荷载的要求和周围环境。通常情况下,若软土层很薄而下部持力层良好时,换填深度可达到硬土层;如果软土层比较厚,需要在工程计算的基础上确定换填的合理深度,才能使经济与技术兼顾。例如,在某些小型的市政道路项目中,当软土层的厚度介于2-3米时,可以完全挖掉软土,并替换为砂垫层。砂垫层的厚度会根据道路的等级和交通负荷来确定,通常在0.5-1.5米的范围内。

换填材料是关键,砂是一种常见换填材料,透水性好,可加快地基排水固结进程,增强地基稳定性。在进行换填砂的过程中,必须关注砂的粒度分布,通常选用中粗砂,其不均匀系数应高于5,曲率系数应在1-3范围内,这样可以确保砂垫层具有良好的密实度和透水性。砾石因其高强度和出色的排水特性,特别适合于那些对地基承载力有较高要求的场合,例如大型桥梁的基础施工。灰土由石灰与

土按一定配比拌合而成，它可以利用石灰的碱性来改善软土，加强土体水稳定性，同时提高地基强度。素土换填则相对简单经济，但对软土地基的改良效果相对较弱，常用于对地基要求不高的小型工程或作为其他处理方法的辅助措施。

在进行换填时，应严格把控施工质量。挖除软土时应尽量避免过多扰动下部土层，可以采取分层分段掘进，适时换填操作。换填材料要分层次铺筑夯实，各层夯实厚度、夯实度均要满足设计要求。比如说，砂垫层的压实程度通常需要超过90%，可以使用平板振动器或压路机来实现这一目标。压实过程中要注意对压实含水量进行控制，通常情况下应该向最优含水量靠拢才能保证压实效果。对灰土换填时，还应注意石灰消解、与土混合均匀等问题，混合好的灰土要及时摊铺、夯实，以防石灰失效而影响换填品质。

（二）排水固结法

排水固结法就是利用软土地基中排水不畅的特性，通过建立排水系统及施加预压荷载来加快地基中孔隙水的排泄，固结土体，以达到提高地基强度及稳定性的目的，此法主要用于处理厚而渗透性差的软土地基，广泛用于市政道路桥梁和隧道工程中^[3]。

排水固结法是以建立排水系统为中心，排水系统一般包括水平排水体与竖向排水体两部分。水平排水体通常由砂垫层组成，起着从竖向排水体中引出孔隙水进入地基外部的作用。砂垫层的具体厚度和宽度应依据工程的实际需求来确定，通常厚度应控制在0.3-1.0米的范围内，而宽度则应超出基础底面的一定界限，以确保良好的排水效果。竖向排水体包括砂井、袋装砂井、塑料排水板。砂井是最早被用于竖向排水的井，其直径通常在30-50厘米之间，深度是根据软土层的厚度来确定的，可以采用沉管法、水冲法等不同的施工方法。袋装砂井是通过将砂粒放入专门设计的透水袋中形成的，其直径相对较小，通常在7-12厘米之间，这种设计不仅施工简便，而且不容易出现塌孔，因此在市政工程中得到了广泛的应用。塑料排水板采用塑料芯板与外包滤膜复合而成的新型竖向排水体，其重量轻，强度大，排水效果良好，且施工快捷，当前被许多大型市政道路桥梁隧道项目所首选。排水系统布置完成之后，地基需承受预压荷载作用。预压荷载大小及加载方式应视软土地基性质、上部结构要求和施工工期而定。预压荷载通

常可以通过堆载预压、真空预压或者真空-堆载联合预压的形式来实现。堆载预压就是将土石之类重物堆放在地基表面上，按设计要求决定载荷大小，通常是上部结构载荷的1.2-1.5倍。堆载时需按分层分级加载原则，以免一次加载过大造成地基失稳。同时应对地基进行沉降和孔隙水压力监测，并依据监测结果来调节加载速率。真空预压的方法就是将密封膜铺在基础表面，用真空泵将膜中的空气抽走，在基础上形成负压以促进孔隙水的流出。真空预压真空度通常要达到80-90kPa，具有无需大量堆载材料、受周围环境影响小等优点。真空联合堆载预压是一种将真空预压与堆载预压融合在一起的方法，目的是最大限度地利用两者的优点，以进一步增强地基固结的效能。

（三）高压喷射注浆桩复合地基

高压喷射注浆桩复合地基是采用高压喷射流向软土地基内喷射水泥浆和其他浆液，使土和浆液搅拌硬结成桩体的一种复合地基。高压喷射注浆有单管法，双管法及三管法之分，施工参数如喷射压力，流量及提升速度应视工程地质条件及设计要求而定。以单管法为例，其喷射压力通常落在20-40MPa的范围内，而提升的速度则位于0.1-0.25m/min的区间内。碎石桩复合地基由碎石经振动沉管和冲击成孔充填在软土地基上构成桩体，桩体和桩间土构成复合地基。碎石桩的直径通常在30-80厘米之间，而桩的长度则是基于软土层的厚度来确定的。施工期应重点控制碎石粒径及含泥量、桩体密实度等。CFG桩复合地基，以水泥、粉煤灰、碎石、石屑或砂土为主要材料加水搅拌而成的，具有高粘结强度的桩体与桩间土及褥垫层共同组成复合地基。CFG桩的直径通常在35-60厘米之间，桩的长度是根据工程需求来确定的，而混合料的配比则应通过实验来确定，以确保桩体的强度和工作性能。

三、软土地基处理方案的选择及优化措施

（一）对工程地质参数进行适配性分析

软土地基的处理方案选择，首先应建立在工程地质参数深入分析与适配性的基础之上。软土地基的不同处理方式对地基土物理力学性质要求不同，适应性也不相同，所以正确掌握工程地质参数对于确定适宜的处理方案具有重要意义。工程地质参数包括软土含水量、孔隙比、压缩性、抗剪强度、渗透性和土层厚度。例如，对于含水量极高、孔隙率巨大并且具有极高压缩性的软土，例如某些海滨地区的淤泥质软土，采用排水固结法可能是一个相对合适的

选择。由于这类软土排水条件很差,采用建立排水系统和施加预压荷载等措施能有效加快孔隙水的排出,从而达到固结土体和增加地基强度的目的。但对含水量比较低,土层厚度比较薄,有一定抗剪强度的软土来说,换填法也许更经济和有效。采用更高强度材料换填可快速提高地基承载力并满足上部结构要求。

工程地质参数分析中也应考虑土层不均匀性,若软土层内有透镜体或者夹层之类的不均匀结构时,复合地基法也许更具有优越性,比如在使用水泥土搅拌桩作为复合地基的情况下,可根据软土的不同位置针对性地对桩体和桩间土进行加固,分担上部荷载,有效解决了由于土层不均匀而引起的承载力及稳定性问题。同时对渗透性良好的软土在排水固结法的选用上可适当调整排水系统设置方式,例如减小竖向排水体间距或者加大排水体直径等,从而达到提高排水效率的目的;但对渗透性较差的软土需加强对排水系统密封性及有效性的重视,例如用优质密封膜真空预压以保证孔隙水顺利流出。另外工程地质参数变化幅度对处理方案选择有影响。若工程地质参数波动幅度不大,则处理方案能比较一致,但是若参数变化很大,例如在某些市政道路桥梁隧道工程穿越不同地貌单元时,就可能针对路段的地质情况而采取不同的治理措施,或采取一主多辅综合处理方案来保证整个工程地基稳定均匀。

(二) 多因素综合评价,动态调整

软土地基处理方案选择不仅依赖于工程地质参数,而且要考虑诸多因素,在建设过程中要结合实际动态地调整。包括工程规模,上部结构类型,施工环境,工程预算和工期要求。

就项目规模而言,对大型市政道路桥梁隧道项目而言,因投资巨大且影响范围广泛,在处理方案上应更关注长期的稳定性与可靠性。以大型桥梁工程为例,即便软土层的厚度不太大,但是鉴于桥梁使用寿命较长,荷载较大以及变形要求比较苛刻,可能优先采用复合地基法或者排水固结法等综合处理方案来保证地基能经受长期运行期间多种复杂荷载作用并将沉降变形限制到最小。但对小型市政工程来说,例如某些社区道路或者小型排水管道工程等,则可在满足其基本使用条件的情况下选用比较简单和经济的治理方式,例如采用换填法或者简单复合地基法等来减少工程成本。

上部结构类型对于软土地基的处理方案同样具有显著影响,各种不同类型的上部结构,例如刚性路面、柔性路面、梁式桥和拱式桥等,对于地基变形和承载能力的需求各不相同。比如水泥混凝土路面等刚性路面对地基不均匀沉降十分敏感,所以在软土地基的处理中需要使用能有效控制其沉降的方法,若采用长桩复合地基,或者排水固结法,并配合后期沉降控制措施等;而对于沥青路面等柔性路面而言,尽管其不均匀沉降容忍度比较大,但是还需确保地基有一定承载力与稳定性,换填法或者短桩复合地基的施工方法可以视具体情况而定,等等。对桥梁结构而言,梁式桥地基主要受竖向荷载作用,拱式桥地基除了受竖向荷载作用之外还要受到很大的水平推力作用,所以在软土地基的处理过程中,对拱式桥需更多关注地基抗剪强度及侧向稳定性问题,有可能要求使用增强体抗剪能力强的复合地基或者加固处理软土地基以增强侧向抵抗力。

施工环境同样是一个必须要考虑到的问题。若施工场地较窄,周围建筑物较密集时,某些大型施工设备进场困难或者在施工时可能会对周围环境产生重大影响等处理措施需慎选。以城市中心区市政道路工程为例,受场地所限,不一定能使用需进行大范围堆载的方法,真空预压法或者小设备建造复合地基法也许比较适用,同时施工环境地下水、气候条件对处理方案执行有影响,在实际施工中要具体问题具体分析。

结束语

市政道路桥梁隧道软土地基的处理,是市政工程施工的关键环节。通过对软土地基的特点进行深入的了解,把握各种处理方式的原则和应用重点,合理地选择和优化处理方案可以有效地促进地基稳定性和沉降变形的控制,确保市政工程质量与安全。在今后市政工程实践中要不断重视软土地基处理技术,并不断进行探索和革新,才能应对越来越复杂的工程地质条件和施工需要。

参考文献:

- [1] 栾佳亮. 软弱地基处理中道路桥梁施工技术探讨[J]. 居业, 2020, (10): 66-67.
- [2] 张继超. 道路桥梁施工中软弱地基的处理手段[J]. 工程建设与设计, 2020, (19): 60-62.
- [3] 万家豪. 道路桥梁建筑施工中的软弱地基处理方法研究[J]. 人民交通, 2020, (01): 76-77.