

公路软土地基处理技术的应用分析

郭军

安徽省高等级公路工程监理有限公司

摘要: 21世纪20年代,我国全面加强基础设施建设,特别是要构建现代化基础设施体系,为全面建设社会主义现代化的国家打下坚实的基础。我国的公路网络正在大规模建设,其中公路软土地基处理是公路建设过程中经常遇到的问题,为此本文阐述现阶段常用的公路软土地基处理技术,给从业人员提供参考。

关键词: 软土地基;软基处理技术;附加应力;软基处理思路

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.04.033

天然的土体在其表面以下可以视为一个半无限空间体系,土体因自身重量层层叠加,在土体内产生自重应力,由上而下逐渐增大。当在土体表面填土筑路时,就相当于在半无限空间体系表面上施加荷载,产生竖向集中力,使在弹性体系内任意点的应力和应变发生变化,产生附加应力,因附加应力在土体中呈接触扩散的形式分布,由近到远分布的范围逐渐扩大、产生的应力应变逐渐减小,故在荷载底面与土体顶面相接处应力应变最大,荷载产生的应力值与基底附加应力相等,随地基深度的增加,土体的附加应力逐渐减小,直至消散。由此可见,路基填筑产生的附加应力是使土体失稳,地基产生变形、沉陷、开裂的主要原因。

公路软土地基承载力相对较小,受到单位附加应力时,产生的应变较大。表现为在其表面填土筑路施加荷载时,产生沉降量超过设计允许值。若公路软土地基在施工时未处理妥当,即使公路建成通车,在后续的通车运行过程中,道路底部的软土体仍会持续变形,导致其上道路整体下沉,这种下沉沉降量大且不均匀,会使路面平整度降低,导致行车颠簸,影响行车舒适性。当路面不均匀沉降过大时,还会致使路面开裂破坏,影响行车安全,缩短道路使用年限。

软土地基中的土体处理方式多种多样,在公路软土地基处理时要结合施工场地现场情况因地制宜,原则上采取处理措施要具备简单高效、稳定可靠、经济适用等特点。公路软土地基的处理方式大体可分为十五种,分别为:

一、浅层置换施工

首先对施工现场需置换软土的范围进行规划,再严格按照施工方案,有序挖除软土,不得随意开挖,防止对路基稳定性造成影响,采用强度等级高的砂砾、碎石

土等透水性和水稳定性好的材料,进行分层回填、压实。完成浅层置换施工。

二、浅层改良施工

施工前先完善排水设施,确保施工期间浅层改良施工区内无积水。采用添加石灰、水泥等对非饱和黏质土的软弱表层进行改良处置。处置过程中,要严格控制含水率;将水泥、石灰等无机胶凝材料与浅层土拌和均匀,进行分层填筑、压实。完成浅层改良施工。

三、抛石挤淤施工

先确定抛石区域及抛石挤淤方法,当软土地层平坦,横坡坡度小于1:10时,沿路基中心线向前呈等腰三角形抛填,渐次向两侧对称抛填至全宽,当软土地层较陡,横坡坡度大于1:10时,则由软土地层高侧向软土地层低侧渐次抛填,并在低侧边缘部位,多抛投出至少2m宽的平台。再采用直径不小于300mm不易风化的片石、块石将淤泥挤出路基范围,当抛石高出原地面或水面后,进行初步整平,采用重型机具进行碾压,抛石之间形成的空隙,应补充粒径较小的石质填料,碾压密实。完成抛石挤淤施工。

四、爆炸挤淤施工

首先应根据软土地基的深度、宽度及水深等环境条件结合施工机具与设施性能参数,确定各段软基具体的抛填高度、宽度、进尺;抛填的最大进尺宜不大于10m,最小进尺宜不小于3m,抛填的高度控制在潮水位之上;沿路基轴线抛石填筑石堤,使石堤高度与宽度达到爆炸处理的设计要求,形成爆炸挤淤前抛石堤纵断面线,抛石堤前端为淤泥抛石交界面,在交界面前方一定位置的淤泥层下埋设单排群药包,群药包位置及埋深要精确控制,群药包由专业人员引爆后,瞬间在淤泥中炸出空腔,抛石堤前端坍塌填入空腔,阻止回淤。同时抛石堤前方和下方的淤泥因爆炸的冲击,在一定范围内被弱化,抗剪强度降低,导致抛石堤下沉滑移挤走淤泥。随后再抛填石堤,增大淤泥的剪应力,当剪应力超过淤泥的抗剪强度时,所抛石体沿定向滑移线向前滑移,达到平衡后,所抛石体滑移停止,继续抛填加高石堤,破坏平衡,再次下沉产生定向滑移,如此反复抛填多次,直至所抛石体不再滑移,抛石堤达到稳定状态为止。爆炸挤淤后采用物探或钻孔方法探测检查置换层、残留混合层的厚度。下卧地基层设计顶面到置换层底面之间的残留混合层厚度不得超过1m。完成爆炸挤淤施工。

五、碎石、砂砾垫层施工

将施工场地清理整平，做好水平高程标记布置，使用最大粒径小于50mm，含泥量不大于5%，级配好的中、粗砂、砂砾或碎石分层铺筑、压实；垫层应水平铺筑，当软土地基地形有起伏时，则须开挖台阶，台阶宽度宜为0.5~1m。垫层两侧应超出路基坡脚0.5~1m，用片石护砌垫层两侧侧边，若无片石，须采取其他方式对垫层侧边进行防护。垫层施工达到设计标高后，检测地基承载力，检测合格，完成碎石、砂砾垫层施工。

六、铺设土工合成材料施工

先根据设计图纸确定土工合成材料铺设的高程、段落、铺设层数，在路基填筑到达铺设位置后，铺设性能指标符合设计要求的土工合成材料。土工合成材料运输过程中，应注意保护土工合成材料，防止受损；土工合成材料铺设过程中，应注意及时修补或更换破损的土工合成材料。因土工合成材料在存放及铺设过程中不得在阳光下长时间暴露，故土工合成材料铺设完成后及时覆盖填料，采用的填料中不得含有强酸性、强碱性物质，整平碾压填料，完成铺设土工合成材料施工。

七、袋装砂井施工

对原地面进行清表整平，划定施工片区，摊铺下层砂垫层，测量放样定出砂井孔位并作好标示。采用中、粗砂灌填砂袋，所用砂的含泥量小于3%，粒径大于0.5mm颗粒的含量宜大于50%，砂袋的渗透系数不小于所用砂的渗透系数，所用砂的渗透系数大于 $5 \times 10^{-2} \text{mm/s}$ 。砂袋装填要密实饱满，装填长度要满足要求。对袋装砂井打设机械进行调试，调试合格后对机具进行就位，将套管下端活门中心对准砂井孔置，采用振动法或静压法将沉管垂直打入地面以下至设计深度，然后将砂袋送入沉管内，砂袋送入时，注意不要一次性全部放入，在沙袋末端留一小段沙袋头，拉住沙袋头不放，使沉管内沙袋处于悬垂状态，待沉管开始向上提升时，再放手放入沙袋头。垂直提起全部沉管，防止带出或损坏砂袋；砂袋落在孔内形成砂井，砂井砂袋出现扭结或磨损、断裂等损坏情况，以及砂袋被带出时，均须在原孔位边缘重新补打。继续将机具移至下一孔位，清理干净套管下端活门，进行下一孔位作业。待该片区袋装砂井打设完成后，清理沙井孔口，埋沙袋头，砂袋头在孔口外的长度不小于300mm，过长的砂袋头要予以割除，使其达到设计要求长度并重新扎牢袋口，砂袋砂量不足时要予以补充。要保证砂袋顺直伸入砂砾垫层。摊铺上层砂砾垫层，完成袋装砂井施工。

八、塑料排水板施工

先整平原地面，摊铺下层砂垫层，定出塑料排水板打设板位后，先将塑料排水板打设机定位至打设板位

处，再将塑料排水板穿靴插入套管，塑料排水板应保持连续完整，不得搭接，打至设计标高后再垂直拔出套管，塑料排水板预留长度不小于500mm，按照设计预留长度剪断连续的塑料排水板，并及时弯折埋设于砂垫层中，施工时保持套管内干净，防止套管内进入泥土等杂物。对塑料排水板板位等打设情况进行检查并记录后，再将打设机移至下一板位，依次插打，插打完成后，摊铺上层砂垫层，完成塑料排水板施工。

九、真空预压、真空堆载联合预压施工

首先对软土加固施工区进行岩土工程勘察，根据软土层厚度和物理力学特性，设计排水板间距和长度，再按照设计进行排水板插板作业，排水板施工完成后对场区进行分块，埋设监测仪器，铺设排水虑管，主管外端与真空射流泵相连，在排水系统上先铺上一层无纺土工布，再铺设2~3层聚乙烯或聚氯乙烯薄膜，在每个区块的四周开挖沟槽，密封膜沿沟底铺设，铺设完成后，沟槽四周需全部回填形成围堰，回填完成后开始预抽真空，当膜下真空压力达到设计要求并稳定后进行堆载，堆载前预先铺设一层无纺布保护密封膜，按照设计要求，逐级堆载填筑，并预压一定时间，待软土地基的固结度和工后观测沉降量满足设计要求值时，停止真空泵作业，清理整平场地，完成真空堆载联合预压施工作业。真空预压靠的是膜下真空负压使土体排水固结，当地基固结度达到设计要求的80%，且连续五昼夜真空预压地面沉降量实测值小于0.5mm/d时，经验收确认，即可停泵终止抽真空，停泵卸荷后24h，测量真空预压后软土地基表面回弹值。完成真空预压施工。

十、粒料桩施工

清表后放出桩位，根据软土地基土体的十字板抗剪强度确定采用振冲置换法还是振动沉管法作业，二者均是将中、粗砂、砂砾混合料、级配好不易风化碎石或砾石等粒料输送至桩体内，对桩之间土体进行挤密加固。加固区的粒料桩全部完成后，进行表层清理。采用动力触探试验、单桩荷载试验对成桩进行检测；采用单桩复合地基荷载试验、多桩复合地基大型荷载试验对加固区加固效果进行检验。检验合格，完成粒料桩施工。

十一、加固土桩施工

先按设计图纸测量放样，定出桩位并作好标记，将双螺旋搅拌钻机移至桩位处并使钻头对准桩位，复核机架的垂直度使钻杆倾斜度不大于1%，使钻尖对准桩位进行作业。采用在软土地基中注入胶结料与加固软土拌和的方式形成加固土桩。采用取芯法及单桩竖向静载荷试验对成桩进行检测，检测合格，完成加固土桩施工。

十二、水泥粉煤灰碎石桩施工

首先根据图纸并结合现场场地情况对软土加固施工

区进行划分,预留混凝土罐车进出场道路,将分区内的表土和障碍物清理干净,平整场地后测量人员根据设计图纸放出每根水泥粉煤灰碎石桩的具体位置,并做好标记。采用长螺旋钻机进行作业,钻机就位后,先校正位置,使钻杆垂直对准桩位中心,移动钻杆当钻头接触地面时,再启动电机钻入直至钻至设计标高,整个钻进过程中应注意保持钻机稳定。水泥粉煤灰碎石混合料在拌合站集中拌和,由混凝土罐车运送至现场后,使用地泵连续泵送。当钻杆心管充满混合料后开始拔管,提拔速度控制在每分钟2~3米。水泥粉煤灰碎石桩桩施工完毕后,进行桩间土清运。切除桩顶设计标高以上的桩头,采用定型模板浇筑桩帽。回填桩间土,并使用小型蛙式打夯机夯实。完成水泥粉煤灰碎石桩施工。

十三、现浇混凝土大直径管桩施工

首先对场地进行整平压实,要保证现场地基承载力满足选定专用施工机械打桩作业要求,测量放线定出桩位,采用专用施工机械将内外双层套管所形成的空心圆柱腔体在活瓣桩靴的保护下沉入地基,到达设计深度后,在腔体内灌注混凝土,然后分段振动拔管,在桩芯土体与外部土体之间形成管桩。群桩施工时,应合理设计打桩顺序、控制打桩速度,防止影响邻桩成桩质量。采用与桩身混凝土强度相同等级的材料对现浇混凝土大直径管桩桩顶进行封口。在桩顶和基础之间应设置褥垫层,褥垫层的厚度应根据桩顶荷载、桩距及桩间土的承载力性质综合确定。对单桩承载力及桩身完整性进行检测,检测合格后完成现浇混凝土大直径管桩施工。

十四、预制管桩施工

首先对场地进行整平压实,测量放线定出桩位,再安排打桩机械就位,对机械进行调试并定位,喂桩至打桩机械前,进行桩尖安装,再将管桩送至桩机起吊位置,吊起桩基让桩尖对准桩位,调整预制管桩及桩架垂直度,使桩锤、桩帽、桩身中心线在一条直线上,再进行施压,当桩身入土时,应检查校正预制管桩的垂直度和平台的水平度,在桩身入土过程中持续复核预制管桩垂直度,待外露桩身距地面1m左右进行接桩,接桩完成后继续进行桩身入土作业,待桩身入土深度达到设计要求后,测量其贯入度,合格后按照预先设定的作业顺序进行桩基移位,进行下一桩位施工。预制管桩混凝土填芯前,应对管桩进行清孔,填芯混凝土的高度应满足设计要求,桩帽钢筋笼应插入预制管桩内,桩帽混凝土与连接混凝土一体浇筑。最后需进行桩基静载试验,试验合格后完成预制管桩施工。

十五、强夯与强夯置换施工

对路基软土地基位置强夯前应先清除表层土对场地进行平整,划分施工作业区域注意留出机械进出道路,

做好场地排水,测量放样标示出夯击点位、强夯场地边线及夯击顺序控制轴线。选择具有代表性的场地进行试夯,其面积不应小于500m²。按照试夯确定的最佳夯击能、间歇时间、夯间距及地表平均沉降量控制等施工参数组织强夯作业。起吊夯锤的履带式起重机应带有自动脱钩装置,夯锤锤重和落距应根据设计单击夯击能量确定,在强夯能级不变的条件下,尽量采用重锤、低落距,要确保单击夯击能量满足设计要求。夯击点的布置可采用等边三角形或正方形,间距宜为5~7m。先在强夯施工作业区均匀铺设一定厚度的垫层,铺好后标示出夯击点,进行第一遍强夯施工,夯完全部夯击点后,整平场地,碾压密实。重新布置夯击点位置并进行水准测量,然后进行第二遍夯击。后续各遍夯击均按设计要求在中间补点。强夯作业的最后一遍表面要平整,锤印彼此搭接,搭接宽度不小于夯锤直径的1/4。强夯施工应按照试验段确定的技术参数进行,以单夯夯击能、夯击遍数和各个点的夯击次数为施工控制参数。最后一遍强夯作业完成后,用平地机将路基表面刮平,再用压路机碾压整平,完成强夯作业。强夯置换法的加固原理与强夯法不同,它是利用重锤提升至指定高度后,用自由落下产生的高冲击能,将的砂、砂砾、石屑、碎石土等透水性好的材料强力挤入软土地基中,在软土地基中形成一个一个的粒料墩,使墩间土与粒料墩形成复合地基,从而提高软土地基承载力,减小软土地基沉降,达到强夯置换加固软土地基的目的。

结束语

通过以上公路软土地基常用的软基处理技术可见,软基处理思路大致可分为三类:1.清除软土地基中的土体;2.对软土地基中的土体进行加固;3.对软土地基上填筑的土体进行加固。各种软土地基处理技术都有其适用范围、局限性和优缺点,对于不同软基处理工程应进行针对性分析,应从工程规模、工程工期及费用、地基因素及处理要求、施工设备等各方面进行全面综合考虑,选择最佳的公路软土地基处理技术组织施工。

参考文献

- [1]中华人民共和国交通运输部.公路路基施工技术规范[S].2019-09-02.
- [2]孔会姐.高速公路工程软土路基施工技术分析[J].建筑工程技术与设计,2019,2038(8):2107.
- [3]汪国庆.浅谈水泥双向搅拌桩施工质量控制要点[J].低碳世界2017,131(16):203-204.
- [4]金松.浅谈软土地基施工处理方案的比选[J].工程建设与档案,2005,19(4):272-273
- [5]马小锋.浅谈软土地基处理方法[J].山西建筑,2008,34(1):121-122.