

路桥施工中软土路基施工技术要点

许思朋^①

(武汉广益交通科技股份有限公司, 湖北 武汉 430074)

摘要: 为给路桥施工中软土路基施工技术的应用提供参考, 本文以某路桥施工项目为例, 简单介绍路桥施工中软土路基施工技术流程, 对路桥施工中软土路基施工技术要点进行进一步分析。得出以下结论: 应用软土路基施工技术应用后的路桥沉降达标, 表明在路桥施工中, 技术人员可借助合理选择软土路基施工技术, 从多个方面控制软土路基施工要点, 确保路桥施工质量。

关键词: 路桥施工; 软土路基; 液态粉煤灰

中图分类号: U416.1; U445.551 **文献标志码:** A



软土特指粉粒、有机土、软黏土、泥炭等物质高压沉积形成的松散质土, 常年呈湿润状态, 压缩性强, 结构稳定性不足, 且抗剪强度低, 容易在自然条件下发生沉降。软土路段的存在, 对路桥施工作业提出了较大的挑战, 需要施工人员额外采取技术措施规避严重沉降问题。因此, 研究路桥施工项目的软土路

基处理技术具有非常重要的现实意义。

1 路桥施工项目概述

某路桥施工项目主线设计为双向六车道, 典型路基宽度为35.9 m, 施工段长度为10.5 km。工程K0+000~K3+151区域为软土沉积段, 包含淤泥质夹沙土、黏土, 具体见表1。

表1 路桥施工项目软土沉积段基本性质

路层	深度	含水量	天然孔隙	垂直渗透系数	水平渗透系数	渗透性
黏土层	距地表1.1 m	31.5%	95.6%	1.4×10^{-6} cm/s	1.54×10^{-6} cm/s	微透水
淤泥软土层	距地表1.1~12.5 m	32.6%	96.8%	1.8×10^{-7} cm/s	1.96×10^{-7} cm/s	不透水
粗砂黏土层	距地表12 m及以上	20.2%	58.6%	5.8×10^{-5} cm/s	7.8×10^{-5} cm/s	弱透水

如表1所示, 工程软弱土体厚度不一, 多存在于地下20 m深位置, 承载力在58~78 kPa之间。软土区段内地下水位较高, 土壤含水量超过30%, 土壤天然孔隙超过95%。经勘测发现, 工程路段沉降问题较为突出, 局部路段沉降量达到22 cm, 其中桩基桥梁两端沉降差达到10 cm, 沉降速率由慢到快收敛。

工程拟建场地布局为正三角形, 桥头与台背软土路基段采用液态粉煤灰回填处理, 浅软土路基段采用高压旋喷桩进行处理, 深软土路基段采用水搅土搅拌桩进行处理。其中水搅土搅拌桩处理软土路基长度为5.5 km, 桩间距由密集逐渐趋于疏松, 桩直径为40 cm, 有效桩长为15.8 m, 桩间距为1200 mm, 组内咬合、组间咬合分别为250 mm、850 mm, 桥梁处理长度为50 m, 桥结构两端设计为30 m。剩余软土路基使用高压旋喷桩处理, 旋喷桩施工模式为两台钻机共同作业, 处理深度在11.5 m±0.5 m之间。

2 路桥施工中软土路基施工技术流程

2.1 桥头与台背处理技术

路基坑回填施工技术是在桥头与台背施工中软土

路基处理的主要技术。除回填厚度一定的垫层外, 技术人员还可以进一步规范操作程序, 发掘液态粉煤灰作用固结软土, 规避路桥表面积水、移位引发的负面影响。

首先, 因路桥施工软土路基已出现固结变形, 新路基沉降变形风险较大。技术人员应以桥台倾覆、桥头跳车为重点, 聚焦桥头、台背填料之间不均匀沉降问题, 使用液体粉煤灰代替碎石土进行桥头路基坑、台背的分级回填。粉煤灰、水泥、水设计配比为92 kg : 8 kg : 55 kg。实际配比时, 水泥施用量应增加1.5%±0.5%, 水用量在55%±5%, 同时加入0.08 kg减水剂, 搅拌3 min及以上, 获得7 d强度达0.4 MPa、28 d强度达0.6 MPa的混合料, 保证混合料稠度达到14 s±1 s。

其次, 检查路基坑台背, 清除台背内残余物质, 规避注浆后浆液外流隐患。同时, 应根据桥台路基差异沉降特性, 选择不同的桥台、台背回填参数。其中

作者简介: 许思朋(1994—), 男, 汉族, 湖北孝感人, 大专, 助理工程师, 研究方向: 路桥(道路工程)。

桥台回填高度为4.0 m，对应扩大基础深度为1.1 m。台背则设置长5.0 m的搭接板，斜坡开挖搭接回填，规避车辆行驶到桥头时出现跳车问题^[1]。

最后，分多次施工，每次灌注200 cm左右，每次完成施工后自然晾晒2~3 d，确保施工期间周边路基保持稳定。若晾晒期间发生开裂问题，应调配1:2的水泥浆液重新灌注缝隙。

2.2 内部加固技术

在桥头两面100 m范围内，超载预压，减小路桥连接位置沉降。然后根据软土路基厚度选择水泥土搅拌桩处理技术、高压旋喷桩处理技术进行处理。

(1) 水泥土搅拌桩处理技术

首先，平整场地，清除障碍，确保道路、水电畅通。同时，按设计强度等级采购检验质量合格的水泥。准备中心管输浆式搅拌机（或单搅拌轴+叶片喷浆式搅拌机、粉体喷射式搅拌机）、配套电脑记录仪、打印机，检查水泥搅拌桩施工机械，确保全部设备运行性能良好。

其次，使用42.5R级普通硅酸盐水泥，依据20%的水泥掺入比与1.5的水灰比，进行水泥拌和料配制。配制后，开展试桩试验，每个软土段选择5根及以上试桩，确定最佳水泥浆水灰比、泵送压力、泵送时间、提升搅拌速度、搅拌深度、下钻速度^[2]。

最后，依据水泥土搅拌桩施工顺序进行施工，具体如图1所示。

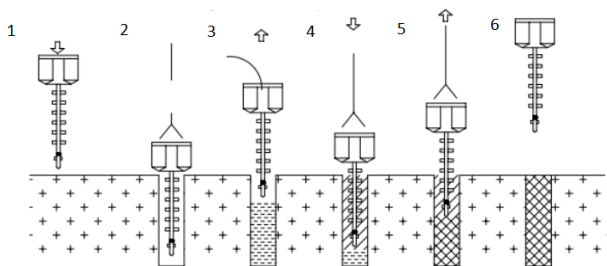


图1 水泥土搅拌桩施工顺序

图1中：1为定位下沉，该环节需要定位塔架悬吊搅拌机（或起重机）到指定桩位中心，保持起吊设备水平；2为沉入底部，该环节需要提前向集料罐内倒入水泥浆，待下沉喷浆搅拌机冷却水恢复正常循环状态后，启动搅拌机电机并松弛起重机钢丝绳，促使搅拌机沿导向架切土下沉；3为喷浆搅拌上升，该环节需要以切土下沉50 cm后为节点，开启灰浆泵，向软土路基内压入水泥浆，边喷射边搅拌上升；4为重复搅拌下沉，该环节需要依据设计速度下沉，同时经电机电流监测下沉速度；5为重复搅拌上升，该环节需要以搅拌机下沉设计深度为依据，关停喷浆，搅拌提升，重复进行至水泥浆喷射完毕；6为成桩，该环节需要将适

量清水灌入集料罐，开启灰浆泵进行管路内残留水泥浆、搅拌头黏附软土的清洗。

(2) 高压旋喷桩处理技术

在路桥软土路基段超载预压排水后，应结合施工图、地质报告与土工试验材料，合理编制施工组织方案。根据组织方案，将钻机放置在孔位处，调整钻孔端头、孔位中心，校正水平度，确保钻机轴线、钻孔中心位置呈90°，同时保证注浆管偏差小于1.5%。将注浆管插入软土路基内，根据加固深度、地质地层情况、机具设备配置情况，选择单管喷浆加固方式，加固机械为旋转振动钻机（图2）。

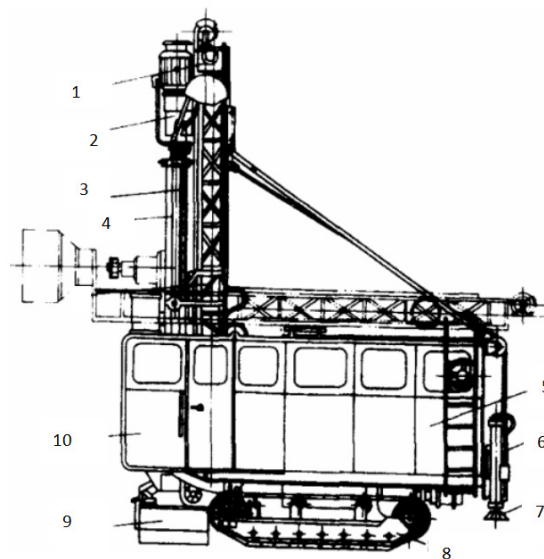


图2 旋转振动钻机

图2中：1为钻架；2为旋转机构；3为钻具；4为钻杆架；5为机械室；6为钻架起落装置；7为千斤顶；8为履带车；9为除尘装置；10为司机室。作业时，受轴压力、扭矩共同作业，钻头侵入地下连续切削，持续旋转、提升钻杆，同时经螺旋杆排除渣土，形成钻孔。一般钻机轴压力在25~120 kN之间，扭矩在200 kN·m以上，钻具转数在125~150 r/min之间，钻孔速度为2.5~3.0 r/min，应控制钻孔倾斜度小于1.5%^[3]。

同时完成插管、钻孔施工后，拔出芯管，更换喷射注浆管，设计插入深度，单管压力应超出20 MPa，喷嘴转速为10~20 r/min，但水压力小于1 MPa，规避孔壁坍塌问题。由下层到上层注入浆液，注入速度为20~28 cm/min，浆液为32.5R级普通硅酸盐水泥与水依据1:1配制而成的浆液（初凝时间在15 h左右），固结体抗压强度为3 MPa。若软土路基强度提升范围较大，则选择复喷手段，先后进行清水喷洒、水泥浆喷洒，密封注浆管接头。

完成浆液灌注后，用水清洗注浆管，促使管内无残留水泥后，方可进入下一个孔位施工。

3 路桥施工中软土路基施工技术要点

3.1 桥头与台背处理要点

在液态粉煤灰回填施工中,技术人员应从原材料准备着手,选择三氧化二铁、氧化铝、氧化硅总含量超过70%且烧失量小于10%、比表面积超过2500 cm²/kg的粉煤灰,湿粉煤灰含水量应小于35%,同时将凝结的粉煤灰块打碎,清除有害杂质。为激发粉煤灰的早期活性,技术人员可以加入比表面积超出300 cm²/kg、筛余量小于8%且凝固时间超出24 h的减水剂。

3.2 堆载预压要点

在堆载预压施工期间,技术人员应根据地基压密沉降要求,预先设置竖直排水通道,如塑料排水板、砂井等,缩短加固时长。清除原路基植被、腐殖土、树根台阶,进行地面坑洞处理。处理完成后,将砂土或石料放置在现场,预压12个月及以上。在整个过程中,技术人员应着重控制预加荷载,即将塑料排水板插入粗砂黏土层内部,调整相邻塑料排水板之间的距离,确保小于11 m,两级堆载预压间隔4个月,借助土壤内形成的附加力场,去除软土路基内超孔隙水压力,增加土体有效压力,减小软土路基沉降。

3.3 水泥土搅拌桩处理要点

在水泥土搅拌桩处理期间,技术人员应注重施工过程的管控、管理。在施工过程中,技术人员可以根据现场情况,选择适宜的水泥浆配制用灰浆池,开挖后使用水泥砂浆进行抹面,达到良好的防水效果。现场布置完毕后,技术人员应借助放线布桩契机,复查控制性轴线、桩位,确定无误后,开始定位下沉。在下沉后,应依据前期标注在钻机搭架上的标记(桩长深度位置、未钻进转顶位置),配合吊锤球方法进行垂直度控制,同时定期检查钻头,发现磨损超出限度后应第一时间补焊。

在搅拌提升期间,技术人员应根据设计要求进行每米水泥掺入量、水泥浆施用量的控制,并利用比重计调整水泥浆稠度,落实一桩一配浆、一桩一清池原则。在重复搅拌上升环节,应连续作业,避免浆液中断。一般技术人员应以钻机反循环提钻喷浆到工作基准面下40 cm ± 10 cm为标准,持续喷射30 s水泥浆,确保水泥土搅拌桩上部密实度满足要求。

在成桩后,技术人员应利用短钎(或小锤)清理桩头,平齐桩顶,圆匀桩体,确保桩芯搅拌均匀、凝固体松散且颜色无差异。

3.4 高压旋喷桩处理要点

在高压旋喷桩单管法处理期间,技术人员应对场地进行清理,包括地表0.3 m厚种植土与其他杂物,并进行现场临时截排水设施、废弃泥浆池、排浆沟施工。清理完成后借助全站仪,配合白石灰标记施工桩

位。桩位确定后,在0.5 MPa低压水平下进行试桩,确定最佳施工工艺参数。在设计孔位安放钻机,确保钻头与孔位中心对准,横向、纵向偏差均小于20 mm。

在钻机定位后,技术人员应根据设计配合比,先加入水,再倒入水泥、外加剂,启动搅拌机,连续搅拌15 min ± 5 min,放入孔径为0.8 mm的筛网进行两次过滤,准备喷浆。

浆液配制完毕后,应将旋喷管插入预定深度,启动钻机与高压泥浆泵,借助喷射管自身喷射力从下层到上层灌入浆液,浆液流量为90 L/min ± 10 L/min,促使钻杆沿导向架射流成孔至设计标高,坐底旋转喷浆30 s。最终关闭高压泥浆泵、空压机、水泥浆输送管,提升旋喷浆管并关闭钻机。然后冲净注浆管,避免机器内残留浆液。

4 路桥施工中软土路基施工结果

依据《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)的相关要求,利用分层沉降管,对软土路基段不同深度位置地基沉降量进行监测,每3 d观测一次,遇强降雨、突发暴雨时增加1次,稳定后每月1次。得出的结果如表2所示。

表2 路桥软土路基段监测结果

处理段	极值mm/3 d	累计值/mm	结果
桥头与台背	15	185	已稳定
水泥土搅拌桩处理段	16	182	已稳定
高压旋喷桩处理段	18	198	已稳定

如表2所示,处理后的各软土路基段沉降已恢复稳定,未发生纵横裂缝、严重沉降以及滑落,表明该技术应用方案可行性较高,适用于路桥软土路基处理。

5 结束语

综上所述,软土路基实际使用价值较低,易引发路桥大规模沉降问题,甚至出现路面开裂等威胁行车安全稳定的事故。因此,路桥施工技术人员应根据软土路基使用要求提前制定施工技术方案。依据现行路桥施工标准,结合工程实际情况,针对桥头台背处理、内部加固两个方面,进行软土路基施工技术控制,确保软土路基施工效果,为路桥施工作业顺利开展提供保障。

参考文献

- [1] 刘智,唐昌意,问建学,等.深厚软土路基沉降预测方法及工程应用[J].公路,2022(7):103-108.
- [2] 张元志.探讨路桥施工中软土路基的施工技术应用思路[J].青海交通科技,2020(6):119-121.
- [3] 吴江涛,牛建峰.大叶公路桥台后软土路基处理方法研究[J].城市道桥与防洪,2022(4):59-61.