

公路工程软基加固碎石桩施工技术应用分析

黄凯

北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 碎石桩是一种常用的路基处理方法, 它是以砂、碎石等密实度较好的填料代替软土土层, 通过振动挤密等方法将密实材料与周围非加固部位形成组合基础, 显著提升其承载力, 与其它软土地基处理方法比较, 它具有施工简单, 工艺成熟, 造价低廉, 工作效率高等优点。为了更好地发挥其在工程中的作用, 需要对其增强作用机制、把握其工作程序、强化现场检测等方面进行深入研究, 以确保其在工程中得到良好的使用效果。基于此, 文章分析了公路工程软基加固碎石桩施工技术应用策略。

[关键词] 公路工程; 软基加固; 碎石桩施工; 技术应用

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16098

中图分类号: U416

文献标识码: A

Application Analysis of Gravel Pile Construction Technology for Soft Foundation Reinforcement in Highway Engineering

HUANG Kai

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Gravel pile is a commonly used method for roadbed treatment. It replaces soft soil layers with compacted materials such as sand and gravel, and forms a composite foundation with surrounding non reinforced parts through vibration compaction and other methods, significantly improving its bearing capacity. Compared with other soft soil foundation treatment methods, it has the advantages of simple construction, mature technology, low cost, and high work efficiency. In order to better play its role in engineering, it is necessary to conduct in-depth research on its enhancement mechanism, grasp its working procedures, and strengthen on-site inspections to ensure its good use effect in engineering. Based on this, the article analyzes the application strategy of gravel pile construction technology for soft foundation reinforcement in highway engineering.

Keywords: highway engineering; soft foundation reinforcement; construction of gravel pile; technical application

引言

我国土地广大, 大量的软土地基属于承载力和稳定性严重不足的类型, 在建设过程中若不加以适当的处置, 极易造成上部结构变形和坍塌等问题。在当前的工程建设中, 对于软黏土这一特定的概念并没有一个清晰的界定, 一般认为渗透性差、压缩系数大、孔隙比大、含水量高的地基都属于软土, 在受到外部载荷作用时极易产生压缩变形。目前, 随着公路等基建项目的不断增加, 工程中经常会碰到软土地基。在软基地区建设工程中, 极易出现不均匀沉降、裂缝和变形等病害, 为了保证道路工程的实施质量, 增强其稳定性和安全性, 必须对加固技术进行适当的选择, 并对其进行优化。目前, 我国已将碎石桩施工技术作为一种新型的地基处理方法, 其在道路上得到了越来越多的运用^[1]。

1 碎石桩施工技术概述

1.1 碎石桩加固机理

根据道路软土地基的特点, 采用碎石桩进行地基处理, 可以考虑采用碎石桩进行地基加固。因此, 应事先做好各种前期工作, 包括地质调查, 了解其对软土地基的作用机制, 并分析其进行处理后能否达到地基处理的要求。对于

疏松的砂性土, 采用的是碎石桩的压密效应、排水效应和减震效应。挤密作用通过沉管成桩或是振动制桩方法来实现, 前者在制桩期间向周边土体施加较大横向排挤力来提高土体密实程度, 后者制桩期间利用荷载振动挤密作用来重新排列土体颗粒结构并提高土体密实度, 从而减少地基后期固结沉降量, 预防地基液化。利用具有优良透水性的填料(如卵石、砾石、砾石等)制备成桩, 在道路工程中, 碎石桩作为一种垂直排水道, 不断将基础水分排出, 并对其进行水分调控, 从而达到防止液化的目的。防震功能主要表现为: 在成孔和成桩过程中, 碎石桩对基础产生一定的震动/挤压效应, 产生预震动效应, 有助于提高基础抗液化性能。

1.2 技术类型

目前, 我国碎石桩施工技术已出现多样化的发展方向, 主要有振冲碎石桩、沉管碎石桩、干法振动挤密碎石桩和强夯替换碎石桩等。其中, 振冲碎石桩采用振冲机连续冲击压实基础, 使土中的孔隙不断减小, 密度增大, 逐步生成大量的钻孔, 并在钻孔中填充高强砾石, 从而构成桩。沉管碎石桩采用的是将沉桩打入土体中, 并将其按一定的顺序进行灌注, 最终完成整个桩基的施工。干法振动挤密

碎石桩是一种通过外部荷载与周围土体的共同作用来减小土体中的脱空,同时在钻孔中填充高强碎石,使碎石桩与周围土体共同组成组合基础。强夯置换碎石桩对软弱地基进行重锤重击,经几次重击后,在钻孔中填充碎石和砾石。从工程实践中可以看出,采用振动冲填碎石桩和沉管碎石桩是一种较为常用的施工方法,其施工过程简单,施工质量易于控制^[2]。

2 公路工程软基加固碎石桩施工技术应用策略

2.1 施工前准备

(1)在工程开始之前,必须清除场地内的植物和杂物,并设置临时的排水设施,以防止现场发生水浸。由作业工人用挖掘机将地面铲平 10~20cm,将所形成的土壤等垃圾集中在场区以外,再用平地机平整地面。(2)由于在建造中需要大量的碎料,所以为了确保足够的原材料,需要对周围的场地进行详细的勘察。在项目中,采用的砂石颗粒尺寸在 20~50mm 之间,砂石土含量不能大于 3%,确保颗粒级配合理。(3)碎石桩成桩施工中较为常用的机械设备之一为振动成桩机,这种机器的平底活页式桩尖的实际长度与设计值相差甚远,在使用过程中,一般要适当地布置辅助送料口,并与装载机一起对砂石等物料进行输送。在没有电力供应的情况下,建筑公司为了确保工程的持续进行,还需要事先配备 300kW 的发电机,确保工地的电力供应。(4)专业的员工来管理和操作建设过程中的各种装备和设施,用机器来进行上料、测量、装载、打桩等作业,这样可以极大地减轻建筑工人的工作量,加速建设进程,提升建设的效率。

2.2 施工放样

根据图纸上的技术标准,安排专门的勘测团队,利用全站仪对制高精度的排布桩边线和中线进行准确定位。工程勘察工作应依据场地情况,选取适当数量和位置的碎石桩进行埋设。布桩布置方式为等边三角形,距离为 1.8m。桩位的位置由手工拉线进行,并在完成后用白色的石灰作标记。放线完毕后,由监理工程师进行现场检查,并做好相关资料^[3]。

2.3 桩机就位

先将桩机移动到指定地点,然后缓慢地将桩筒下降到离地面 10cm 左右的地方,然后将钻机进行轻微调节,使其与桩帽的中心线保持一致。以上各项工作都做完后,就可以进行桩基的沉降工作。在这个过程中,一定要以垂直度作为参考点,对桩基的垂直度进行实时检测,并对其进行适当的校正。每次进行碎石桩的施工,技师都要对桩位的中心、垂直度等进行综合检验,确定所有的指标都符合要求后才可以进行钻孔,并且要对桩位的偏移、垂直度等进行严格的控制。

2.4 试桩技术

为了更好地了解施工场地的地质和地层状况,获得正

确的施工资料,判断施工工艺适宜与否,施工人员必须对场地的差别和机械设备的选择进行检验,从而为工程的正式施工提供理论依据。通过对桩基进行测试,使工程设计中的各种工艺指标得以确定,从而为工程的顺利进行奠定基础。(1)当所有的工作都做好后,方可进行铺砾垫的工作,必须先对垫层进行检验,确保垫层的平整和密实,达到相关的设计规定。(2)在垫层达到设计标准后,由工人们根据预定的桩间距,对每个位置进行详细的复合检测,并将其编号清晰地标示出来,确保其在±5cm 之内的位置上控制,确保了孔位的精度。对桩进行编号时,必须按照以下几个标准进行:在施工现场,桩的序号要按照纵(或沿线路方向)和横向(如:10-1,前数为一行,后数为每行),并将已安装好的桩头放置在适当位置。(3)在打桩的施工过程中,必须使施工方的地基稳固,并将施工机械安全可靠地固定好。沉管必须垂直对齐,中心与桩位之间的误差要以不超过 2cm 为基准进行调整,下沉管道的垂直度误差不能超过 1.5%。在后续的桩基施工工作中,必须经常对桩基垂直度进行检测。通过在沉管上划出明显的标志桩顶和底部具体位置的直线,这样就可以精确地标明桩顶和底部的具体位置,确保下沉的深度。(4)当施工正式启动时,施工单位必须将振动锤的自重和静压进行最大限度的平衡。沉放至 1~2m 时,工人可用振锤振捣地基,为了加快沉放速度,可适当缩短钢索。在两轮提升之后,可以将桩机的前部抬高 10~20s,以保证上部的自重能被充分地支撑在桩柱上。在沉放至设计深度后,由工作人员对成孔的中央及位置的偏移量进行检查,若偏差小于 5cm 则说明其误差在允许的范围之内,并根据设计要求确定桩径、桩长是否符合要求。(5)在进行施工操作的过程中,工人逐步向进料口投入砂石,并对实际的灌注量和岩石的容积进行称量与控制,从而得到了实际的砂石填充系数,从而达到了设计目的。(6)当沉管法中的卵石达到了沉管长的三分之一时,就可以进行起管工作。在拔管的整个期间,应确保器械的振动维持 10~20s,并在振动的同时,将拔管提起。在下潜 1m 后,作业人员将下沉的深度不少于 50cm,并留出 10~20s 的震动间隔,重复进行。在拔管过程中,流速必须保持一致,拔管的实际速率要严格保持 1m/min,拔管到距离地面 5m 的地方,要小心地放慢拔管速率,减少拔管高度,同时进行分批搅拌。(7)工人将桩导管吊至地面后停止震动,向钻孔中添加碎石,直至与表面齐平,并及时进行补料、回插等操作。回填完毕,待物料与地表齐平后,工人将一批小石子填入钻孔内,再用一层钢板将其封住,再用外力加强。在这一步的过程中,要正确地控制好桩顶的高度。(8)当工程结束后,工人要关闭钻机,然后移动到下一个钻孔,然后再进行同样的工作。(9)经试桩作业后,技师即可确定所有施工工艺参数,施工效果^[4]。

2.5 正式施工

(1) 根据设计规范要求,将表层土壤清除,利用挖掘机、推土机等机械设备开挖表层土壤,同时去除根部及杂草。一旦地表被清理干净,一座合适的、合乎规范的路拱构造便成形了。(2) 在工地上,对加固范围进行精确的测量和复核,对工程中所需的地质条件、设计桩长、桩位布局、标高作详尽的工艺说明。(3) 在使用石料或滚压碎石时,一定要确保砂砾干燥、洁净,并具有良好的抗磨损性能和良好的力学性能。这种砂砾应该有明显的棱角,并且没有任何的杂质。粒度要求为 19~63mm,污泥浓度小于 10%。桩头为 C30 砼浇筑而成。(4) 在施工过程中,必须对施工地点进行科学的设计,并对各种施工机械和工具进行适当配置,以免给施工带来不良的后果。(5) 在工地上,工程技术人员要根据设计图,从内到外,严格按照要求进行放样,并作好相关标记。(6) 夯实打桩机械,进行预制桩的施工,保证沉管对齐桩位,施工过程中要注意机械的稳定,防止出现倾斜、坍塌等安全问题。(7) 根据试验测得的参数,正式开展碎石桩的工作。在沉放沉锤的作用下,工人们可以利用自重来完成沉放,在下沉至 1~2m 深时,用振槌对齐振动,加速下沉。施工时,必须严格控制钻孔的成孔点与位置的偏离,施工时要严格按 5cm 以内的要求进行。在进行碎石桩施工时,必须事先对所使用石材进行估算,并要求工人事先做好所需的材料,以保证所需要的砂石数量得到充分的保证,以免在工程过程中产生原料短缺等问题。在混凝土浇筑至管柱 1/3 处时,需要进行一段时间的震动,然后拔管,边拔管,边振捣。每次拉出 1m,要向后拔 50cm。在没有发现任何下沉现象后,开始下料,保持相同的速率。拔管速率通常为 1m/min,但拔管到离地 5m 后,可减慢拔管速率,降低拔管高度,缩短拔管深度。在下一个循环中,若有必要增加或减少碎石量,也可反复进行上述操作。砂石材料要分阶段投放,并及时进行补给。在施工期间,要保证每个桩均能平稳地抽出,每次只能抽出一根桩。当桩导管上举到地面时,震动方可终止,并通过孔口将材料持续运到地面。在倒插工作结束之后,必须将其扩展至地表,并将碎石堆放在地面上。在此基础上,进行铺板、压力成型,并对桩顶进行严格控制。(8) 监理工作人员根据设计及验收标准,对其进行静载试验,采用动力触探、重式贯入动力触探等测试手段,对其进行各项技术指标的测试^[5]。

3 保障碎石桩技术在公路工程软基加固施工中效果的措施

3.1 严控碎石材料质量

碎石桩施工质量与碎石料的性能参数直接相关。在材料选择阶段,应重点把控碎石粒径与含泥量两项核心指标。

依据工程实践数据,建议选用粒径不大于 50mm 且含泥量严格控制在 5% 以内的优质碎石。这类规格的骨料既能保证桩体密实度,又能有效提升桩身结构的抗压强度与整体稳定性。

3.2 建立设备全周期管理体系

针对振冲器、压力水泵等关键施工设备,需建立“预防为主”的管理机制。具体实施包含两个方面:其一,制定标准化管理制度,明确设备巡检、保养的具体规程与责任人,通过量化考核指标确保管理责任落实;其二,实行计划性维护制度,建立设备维修档案,按设备运行时长或作业量设置强制保养节点,特别是对易损部件实施重点监测,确保设备始终处于最佳工作状态。

3.3 强化施工队伍专业能力

施工人员的技能水平直接影响工艺实施效果。建议采取“理论+实践”的复合型培训模式:理论层面组织专家开展专项技术讲座,系统讲解施工参数控制、质量检测等核心知识;实践层面依托专业机构开展模拟操作训练,重点强化设备操作、故障排查等实操技能。同时建立技能等级认证制度,要求操作人员持证上岗,确保施工队伍整体技术水平符合工程要求^[6]。

4 结论

综上所述,在公路软基处理中,采用碎石桩作为一种重要的处理方法,其施工技术对提高软基处理效果和保证公路交通的安全性具有重要意义。施工企业要继续强化其施工工艺,根据实际情况,对其进行优化选择,并熟练运用振冲施工和沉管施工这两种常用施工工艺,同时对其进行成桩检验和工后变形观察,以保证软土地基的处理结果能够充分满足设计要求。

[参考文献]

- [1]黄秋玲,黄波.公路工程软基加固施工中碎石桩技术的应用[J].汽车周刊,2025(1):162-164.
 - [2]陈军伟.高速公路软基加固采用振冲碎石桩施工技术研究[J].工程机械与维修,2024(6):30-32.
 - [3]路子腾.碎石桩施工技术在公路工程软基加固中的应用研究[J].交通世界,2024(11):68-70.
 - [4]钟久红.公路工程软基加固碎石桩施工技术应用分析[J].运输经理世界,2023(36):35-37.
 - [5]王晓东.公路工程软基加固碎石桩施工技术应用[J].交通世界,2023(16):37-39.
 - [6]周刚,张丹.软基处理施工技术在公路工程施工中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023(14):87-89.
- 作者简介:黄凯(1971.10—),男,兰州铁道学院,工程造价(专),开放大学,土木工程(本),北新路桥集团股份有限公司,项目经理,工程师。