

# 水泥搅拌桩加固软土地基应用质量控制技术研究

王少斌

中交二公局萌兴工程有限公司, 陕西 西安 710076

[摘要] 对于软土地基的处理, 在工程建设中非常重要。水泥搅拌桩加固是一种常用的方法, 它可以通过将水泥和土壤混合, 形成强度较高的桩体, 从而达到加固地基的效果。在使用水泥搅拌桩进行加固处理时, 能尽可能地减少施工对周围路段的干扰与影响。本文对水泥搅拌桩加固法施工流程及工艺和现阶段的问题进行详细阐述。

[关键词] 水泥搅拌桩加固; 软土地基; 施工质量

DOI: 10.33142/aem.v5i6.9059

中图分类号: U416.16

文献标识码: A

## Research on Quality Control Technology for Cement Mixing Pile Reinforcement of Soft Soil Foundation

WANG Shaobin

Mengxing Engineering Co., Ltd. of CCCC Second Highway Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710076, China

**Abstract:** The treatment of soft soil foundation is very important in engineering construction. Cement mixing pile reinforcement is a commonly used method, which can achieve the effect of strengthening the foundation by mixing cement and soil to form a high-strength pile body. When using cement mixing piles for reinforcement treatment, it is possible to minimize the interference and impact of construction on surrounding road sections. This article provides a detailed explanation of the construction process and technology of the cement mixing pile reinforcement method, as well as the current problems.

**Keywords:** cement mixing pile reinforcement; soft soil foundation; construction quality

### 引言

在建筑施工过程中, 水泥搅拌桩加固法是使用最广泛的一种方法, 在长期使用过程中得到多数施工方认可。这是因为, 在应用此种技术对软土地基进行加固处理时, 施工处理不会对已有路段产生较严重的影响与干扰。另一方面, 该技术还被用于正常固结的淤泥、素填土、粉土等多种类型软土地基加固施工当中。本次研究便是分析周口至平顶山高速公路临颍至襄城段周平二标全线软弱土地基加固处理过程中水泥搅拌桩技术的运用以及质量控制问题。

### 1 水泥搅拌桩加固法施工原理

在针对软土地基施工处理时, 大多都是采用水泥搅拌桩加固的方法提升地基强度, 起到最主要作用的是水泥固化剂。在现实实际施工中, 则是借助深层搅拌设备进行加工, 在设备的帮助下, 能够实现更深度的水泥与软土搅拌, 确保两者能够充分混合进而在搅拌作用影响下出现生物化学反应, 成为更均匀的混合物, 提升软土地基性能, 能够获得更大的承载能力, 建筑工程也将会获得更高的质量保障。

### 2 水泥搅拌桩加固软土地基施工流程

#### 2.1 施工准备

在对软土地基进行施工之前, 应当做好施工之前的前期准备工作, 才能够尽可能地提升施工安全性<sup>[1]</sup>。首先, 需要清理并平整好施工现场场地, 清除施工区域存留的障

碍物或杂质。与此同时, 还应当使用小型压路机对施工现场进行平整, 在经过杂物清除以及场地凭证之后才能够提升场地密实度, 从而确保场地能够正常施工。若发现区域内存在沟渠, 则是需要先排出沟渠内部水源, 进行清淤、回填等多环节施工处理。

#### 2.2 钻机就位

在钻机就位之前, 需要使用钢尺、全站仪等相关工具或设备进行定位, 提升定位点选择的精准性和有效性, 结合桩位具体位置进行钻机就位。在此环节施工之前, 还应当做好钻机设备各方面的检查工作, 确保钻机设备处于正常运转状态, 更是需要检查钻杆长度等部件是否正常, 确保施工操作能够正常进行。

#### 2.3 喷搅下沉

在进行深层搅拌之后, 钻杆将会处于运转过程中并以设定好的速度下沉。在钻进过程中, 还需要结合施工场所具体的地质状况选择使用更具针对性的措施进行处理。若经过检验后发现当地地质较为坚硬, 则是可以将少量水灰较大的水泥浆液泵送至到相应地层位置当中。与此同时, 针对水泥搅拌桩经输浆管冲水下沉的情况, 则是需要先排出喷浆管道当中的内部积水, 在确保积水被完全排出之后继续进行喷浆处理<sup>[2]</sup>。因此, 在喷搅下沉过程中, 需要对施工区域地层变化以及设备状况有更准确的掌握, 调节钻进速度, 从而确保钻头能够顺利达到预计下沉深度, 达到

施工要求。

#### 2.4 搅拌提升

上一环节工作为喷搅下沉,当搅拌机运转并下沉到一定深度之后,便开始搅拌喷浆,一般时长为 30s<sup>[3]</sup>。随后便是需要以一种均匀的速度提升搅拌机钻头,在提升时也需要确保桩端处于喷浆状态,避免出现中断的情况。若在施工过程中出现突发事故需要间接性施工,则是需要针对已经出现的问题做好处理工作,避免对整体施工效果产生影响。当搅拌机达到输浆管冲水下沉位置之后,则是需要对搅拌速度进行适当性调节,减小搅拌速度,提升搅拌强度。

### 3 水泥搅拌桩施工质量影响因素

#### 3.1 施工区域土层含水量

一般情况下,软土地基土层孔隙相对较大,也就会存在较高含水量,这也是影响水泥搅拌桩施工质量的最关键因素。软土地基土层中往往存在大量自由水,导致土颗粒水化膜较厚,存在于勿让中的氢氧化钙物质含量减少,最终导致软土与水泥之间需要较长时间的水化反应,很容易出现不充分反应的情况,导致水泥土在前期阶段并不会表现出较明显的强度变化。对于部分区域出现的含水量高的情况,在施工环节大多采用干喷法等方式进行处理,改善土层中饱和淤泥渗透性。

#### 3.2 有机质含量

若软土地基中含有较大含量的有机质,与同样重量土颗粒相比,有机质会存在明显的持水量差异性,有机质将会附着于水泥颗粒等物质的表层,水泥颗粒交换容量也将会因此而出现减少的情况,水泥水化反应效果受到极大程度的影响<sup>[4]</sup>。另一层面分析,有机质当中含有胡敏酸、富里酸等多种物质,此类物质大多呈现为酸性,这也会对土壤性质产生影响,表现为酸性性质。在酸性环境中,土壤中有有机质物质将会与钙离子发生反应,两者之间相互结合,抑制水泥水化反应。

#### 3.3 搅拌速度

在采用水泥搅拌桩加固法进行施工时,需要注重搅拌机大盘转速、下钻速度等多方面的调节。在此之前,应当先对当地地质条件、施工要求等多方面进行确定,并在此基础之上做好参数调解工作。在一般情况下,搅拌机钻头大多都是使用双层十字形钻头,能够对切削搅拌软土起到较好的效果,但对于施工场所存在的树根等杂物的切削则是存在较大不足之处。因此,在这一环节施工之前,需要先清除土层中存在的杂物,避免杂物对钻头切削产生影响。与此同时,在施工空桩环节当中,还应当注重注浆工作的持续进行,避免出现出浆口堵塞等一类不良情况。但值得注意的是,无法通过注水的方法对其处理<sup>[5]</sup>。若在空桩段施工,则是需要提升工作速度,提升工作效率。还需要结合成桩效果确定复搅次数,确保水泥浆与软土之间有着足够的均匀性,获得更好的施工效果。

#### 3.4 水泥外掺剂

在大量工程施工事件之后发现,水泥搅拌桩加固施工过程中将会使用到一种复合固化材料,将这种复合固化材料加入到水泥当中不仅能够减少水泥的使用量,还能够提升水泥性能,最终的成桩效果更好。现实施工常用早强剂、石膏等作为辅助固化的材料。石膏加入到水泥材料当中之后将会与水化产物发生反应,水泥软体混合体也将会在石膏的作用下出现体积膨胀的情况。因而石膏大多用于孔隙比相对较高的淤泥中,通过此种方式起到支撑的作用。但如果石膏使用之后出现过度膨胀的情况,水化物与土颗粒之间反而会出现胶结的情况。粉煤灰则是能够与土层之间的氢氧化钙产生二次反应,早强剂运用于施工当中能够加速水化反应。因此,在现实施工当中,应当与当地土质实际状况及施工具体要求结合,选择更合适的辅助固化剂,从而获得更好的固化效果。

### 4 工程软土地基加固施工案例

本次研究选择周口至平顶山高速公路临颍至襄城段周平二标全线软弱土共 24 段进行研究。该线软土地基全长共 14.76km,主线路段一共有 123 段软弱土层,全长共 8.352km。对该区域的地质进行勘测和分析后,针对有机质含量较高、路基回填高等一部分路段采用清表后翻挖 50cm 掺水泥回填处理方案,易受地下水或地表水影响的路段采用清表后挖除 30cm 砂砾换填处理方案,对于沉降不满足要求的路段,拟采用水泥搅拌桩加固处理。

首先,需要计算地基沉降要求,并将各路段沉降要求作为一大标准进行地基加固处理。基于物理学性质对地基的承载力、荷载等参数带入沉降计算公式进行计算,得到:①桥头地基应在控制后达到沉降<10cm 标准,涵洞、通道两侧地基应在控制后达到沉降<20cm 标准,根据工程经验和计算结果,预制管桩对沉降控制效果明显,可靠性高,适用于桥头地基处理,水泥搅拌桩工艺成熟,控制沉降较好,造价较低,适用于涵洞、通道两侧地基处理。其次,是设置水泥搅拌桩的设置。在该工程项目当中,涵洞两侧及基底、挡墙地基水泥搅拌桩软基处理共计 47 处,基于上述沉降计算数值结合施工场地情况,决定采用水泥搅拌桩的规格和布置如下:直径 50cm,泥桩长度 6m 到 12m 之间,泥桩安置间距 $\geq 1.3m$ ,以三角形布置(等边三角形)。水泥搅拌桩横向布设范围至路基坡脚,水泥搅拌桩布设距离构造物最小距离应不小于 50cm,在其顶部要铺设 30cm 厚的碎石垫层,再在顶部铺设一层钢塑土工格栅。水泥搅拌桩桩身设计无侧限抗压强度(室内试验)为:R28=1.45MPa, R90=2.3MPa,采用浆喷工艺施工,注浆泵的额定压力不宜小于 5.0MPa,水泥采用 42.5 级普通硅酸盐水泥,掺量为 15% (不小于 56kg/m),水泥浆水灰比参考值为 0.5~0.6。水泥搅拌桩桩顶需要超拌 30cm 并破除,因此在设计时需要将桩顶标高设置为清表后地面下 60cm

处。褥垫层采用 30cm 碎石回填,最大粒径不超过 2cm,母岩抗压强度不小于 30MPa,压实度不小于 93%,这些参数需要严格按照要求进行施工和检测。在全长桩身水泥总掺量不变的前提下,桩身上部 1/3 桩长范围内,可以适当增加水泥掺量及搅拌次数,以增强桩体的强度和稳定性。在施工过程中,需要注意控制水泥掺量和搅拌次数,避免过度掺入水泥导致桩体质量不稳定。不仅如此,还需要注重对工程项目桥头地基及过渡段预制管桩软基的处理(软弱土深厚 $\geq 3\text{m}$ ),共计 45 处。根据沉降计算结果、项目区地质情况及地区工程经验,桩径采用 40cm,桩间距 2.4~2.7m,正方形布设,桥头段布设范围至路基坡脚,过渡段布设范围至路基边坡 1/2 处,预制管桩布设距离构造物最小距离应不小于 50cm,桩顶部铺设 40cm 厚碎石垫层,垫层顶面铺设一层钢塑土工格栅,单桩长度按 8~12m 长度进行设计。当桥台填高大于等于 8m 时,处理桥头锥坡,处理长度 $(m \times H - 2) / 2$ ,处理宽度与过渡段一致,桩间距 2.7m,施工完成 7 天后,按设计要求进行单桩承载力检测,验收检验数量不少于总数的 0.3%。

在该工程当中,从沉降计算、水泥搅拌桩选择、设置等诸多方面出发,严格按照施工规范进行软土层地基的加固处理,提升成桩效果,进而为施工项目提供更多质量上的保障。

## 5 水泥搅拌桩加固法施工过程中的常见问题

### 5.1 成桩质量差

针对水泥搅拌桩加固施工过程中存在的成桩质量差的问题应当从施工场地的角度出发,做好场地的平整工作。在周口至平顶山高速公路段软弱土地基施工加固之前,则是先做好清表工作,清除施工区域的生活垃圾等杂物,在完成清表之后再行回填等操作。其次,设备检查是施工过程中非常重要的一步。在施工前,应该对各种设备进行全面的检查,包括机械设备、电气设备、安全装置等等,确保它们能够满足施工的需要,并且达到相应的标准和质量要求<sup>[6]</sup>。最后,则是需要注重钻头下沉以及提升速度的控制工作,还需注重单桩喷浆量的把控。

### 5.2 土体搅拌次数不满足规范

针对需要加固处理范围之内的软土地基应当做好搅拌次数的把控工作,确保搅拌次数满足相关规范或要求,从而提升成桩质量。为此,应当在施工之前仔细检查搅拌头翼片数量等,对其做出全方位检查与分析,确保参数满足相应工作标准。

### 5.3 桩头密实不均匀

在加固过程中可能出现桩头密实不均匀的问题,这也就需要在搅拌桩顶达到设计标高之后继续进行喷浆搅拌,确保桩头质量达标。随后还应当注重对提升速度的控制,尽可能地缓慢,避免出现其余问题。

## 6 水泥搅拌桩加固软土地基施工质量控制措施

### 6.1 注重施工材料质量控制

施工材料的选择将会直接影响到软土地基加固施工的质量。为此,在选择施工材料时,应当与当地施工现状、技术标准等多方结合,选择更合适的材料。与此同时,在材料采购环节,也应当选择正规厂家作为材料的选购地,在正规厂家选择施工材料。针对施工材料的运输与管理,则是需要先对施工材料性质进行分析,从而选择更合适的运输方式,做好材料存储工作,做好材料防潮等相关方面管理。除此之外,还有部分施工材料由于自身性质无法长时间存储,针对这一部分材料则是需要制定出更科学的施工计划,提升材料使用合理性。

### 6.2 加强施工各环节的质量控制

在施工之前的前期准备环节中,施工单位需做好技术交底工作,才能够确保后续工作顺利开展。相关部门也需要针对部门内部的工作人员做好技能培训,使得工作人员能够更清晰地意识到自身的职责。与此同时,在其余施工环节也需要选择专门的技术人员做好监理工作,提升施工规范性。在施工过程中,更是需要做好桩位、喷浆深度等各个数据信息的记录分析工作。若发现施工过程中,某一参数存在异常,则是需要分析异常出现的原因并及时补救。

## 7 结语

在软土地基加固工程中,水泥搅拌桩广泛应用,并且在实践中获得了良好的效果和口碑。当然,在实际应用中也需要注重施工过程的质量控制和安全管理,以确保施工的顺利进行和加固效果的达到。为进一步提升加固施工质量以及应用水平,相关工作人员应当做好施工前、施工过程中各环节的质量把控工作,提升水泥搅拌桩施工质量。

### [参考文献]

- [1]刘奇.软土地基中水泥搅拌桩加固技术与沉降规律研究[J].矿产勘查,2022,13(12):1875-1881.
  - [2]王殿会,郝欣欣.基于市政道路软土地基施工的水泥搅拌桩技术应用研究[J].建筑机械,2022(8):48-52.
  - [3]刘莹莹.水泥搅拌桩在东榆林水库库区深厚软土地基加固中的应用[J].黑龙江水利科技,2022,50(4):180-182.
  - [4]李延庆.应用水泥搅拌桩加固软土地基的施工质量控制研究[J].住宅与房地产,2021(24):140-141.
  - [5]张杰.水泥搅拌桩加固软土地基施工质量控制[J].智能城市,2021,7(8):74-75.
  - [6]宇珂,王栋,黄志滨,张兴明.水泥搅拌桩在滨海软土地基加固中的应用分析[J].路基工程,2021(1):174-178.
- 作者简介:王少斌(1987.11—),男,毕业院校:长沙理工大学,专业:交通土建工程,中交二公局萌兴工程有限公司,工程师。