

水泥搅拌桩在路桥施工技术的应用分析

龙梅虎

新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆乌鲁木齐，830000；

摘要：水泥搅拌桩是一种无公害、快速、无噪声、无振动的施工方法，它对周围建筑不会造成影响，对周围的建筑也没有任何的影响，水泥搅拌桩防渗帷幕对地下水防渗效果较好，被广泛应用于实际的工程中。在进行水泥搅拌桩施工时，要结合具体的工程特性，对各种影响因素进行综合考虑，制定有针对性的管理与施工计划。

关键词：水泥搅拌桩；路桥施工；施工技术；技术应用

DOI：10.69979/3029-2727.25.01.007

引言

市政道路工程在城市基础设施建设中占据着至关重要的地位，它是确保城市交通系统正常运转的关键部分。城市公路的稳定和安全直接关系到城市的通行能力，也直接关系到居民的行车安全。在城市公路建设中，往往会遇到路基沉陷、变形等病害，不仅会对公路的正常运营造成极大的危害，还会给行车和行人造成极大的危害。因此，在城市公路建设的全过程中，软基治理是必不可少的一环。在各种软基加固方法中，以水泥土搅拌桩最为突出。它以其特有的补强作用及良好的施工工艺，被越来越多的城市公路建设所采用^[1]。

1 水泥搅拌桩技术的简介

1.1 水泥搅拌桩技术的施工方式

水泥搅拌桩是以水泥土为固化剂，通过一种特殊的物理和化学作用，缓慢进行固结，进而提升整体地基的承载力，特别适用于 8-15m 厚的地基，尤其适用于透水性差、压缩性高、含水量高的地基，可以显著改善其承载能力、强度及水稳定性。根据施工工艺，可分为两种，一种是湿式，一种是干法，湿法即喷浆搅拌法，向地基中直接灌注，然后进行搅拌，使其成为整体稳定的桩型。干式施工又叫粉体喷涂混合法，最开始是日本提出，经过几年的实践，干式施工技术也日趋完善，现已应用于工民建筑、市政建设、石化、港口等领域，并收到了很好的成效。干式法是采用高压气体将粉末状物质输送至土体内，并与土体进行搅拌和搅拌，在连续的搅拌、喷射和抬升作用下实现土体强度增强，在淤泥质土、淤泥、其它高水分粘土中被广泛应用。

1.2 水泥搅拌桩的加固机理

水泥搅拌桩通过水解和水合作用实现地基的加固，其作用机制有两个方面：一是水泥的水化和硬化，二是在此基础上产生各种类型的晶体、胶体，并不断扩展；

二是在固化进程中，土中水分不断降低，最终产生新的骨架，从而提高混凝土的强度。在此基础上，通过水泥自身的水化胶结和水泥土的硬化反应来实现对混凝土的增强。

1.3 水泥搅拌桩的优势

以其特有的优点，将其应用于水泥搅拌桩防渗帷幕防渗隔水中，既能保证工程的质量，又能提高施工的速度，还能大大减少安全事故的发生。其中，水泥搅拌桩具有以下优点：一是施工效率高，采用搅拌方法，可以在较短的时间里将混凝土和土壤进行充分拌和，形成牢固桩基，提高了工作效率，缩短了工期，加快了整体的建设周期；二是它具有良好的环境保护效果，其应用领域广泛，具有良好的经济效益和社会效益，它既适用于软土地基，又适用于一些特殊的硬土，可以随工地的地质状况而进行灵活调节，保证了桩基础的可靠与稳定，适用于各种工程的建设，具有良好的经济效益，不仅造价低廉，而且施工方便，不需要特别的人员和机械设备，因此，它的经济价值是显著的^[2]。

1.4 水泥搅拌桩施工质量的影响因素

一是土壤水分含量的影响。随着土壤含水量的增加，水泥土中水含量高、强度低、自由水含量高，使得地基中的氢氧化钙不足，从而对水泥浆进行水化。因此，对于这种类型的基础，首先要采取适当的措施来提高其含水量，然后再进行粉喷桩施工。当土壤中含有大量的有机物时，则会被土壤中的水泥浆所吸收，进而对其与土壤的作用产生一定影响。此外，在高有机质的基础上，由于原始土壤的酸性成分占主导地位，从而对灌注桩的成桩性能产生一定影响。在搅拌时，要对搅拌速度、下沉速度以及抬升速度进行控制，这就需要事先进行调查和测试，根据设备和土壤情况来决定。当前，在水泥搅拌桩的施工中，通常采用十字型钻机，这种钻机具有更好的搅拌性能，但当土壤中含有大量杂物时，就会对搅

拌质量产生不利影响,因此,在进行混凝土搅拌时,不仅要对其搅拌速率进行适当控制,还要对土中的杂物进行清除;四是混凝土掺合料。要按照工程实际的需求,加入适量的外加剂,要保证水泥砂浆的使用效果,就必须按照具体的地质条件来确定混合料种类,并对其使用的数量进行严格控制,以免掺入过多的混合料,从而对工程效果产生不利影响^[3]。

2 水泥搅拌桩在路桥施工技术的应用策略

2.1 确定位置

这一步是在已有的工程调查基础上,根据工程实际情况,采用实测放样方法,对搅拌桩进行定位。在此基础上,根据施工设计图画布桩图,标明其中包括线路中心、里程、路基底宽、桩的数量和设计桩长等内容。在城市道路软基上,一般采用桩径为 50cm、间距为 1.4 m 的混凝土搅拌桩进行施工。具体的设计方法是根据工程地质条件、加固要求以及工程机械的工作特性来决定的。在施工过程中,采用全站仪、经纬仪及吊线锤等设备,对钻机进行准确定位及对中,保证其垂直度误差在 1.5% 以内,桩位误差在 50 毫米以内。这一步的正确与否,将关系到整个工程的质量与结果。

2.2 水泥浆制备

水泥浆的质量和配比直接关系到混凝土灌注桩的强度。在配制水泥浆时,通常选择 42.5 号普通硅酸盐水泥,其中水泥的掺量在 15~20% 左右,外加石灰的用量为 6%。水泥浆液的水灰比一般为 0.45~0.5,其配制比例应根据现场土样进行实验室配合比测试而定。每一批水泥都要有生产企业的出厂合格证书和国家质检部门出具的检测证明,并在进场后对其进行现场抽样检查,确定合格后方可使用。为了保证各桩掺入量的稳定及足够的浆体,在配制过程中,必须按实际需要一次配制足够的浆体。在制浆时,应注意不同批次和牌号水泥的混合使用。如果使用数量超过所需数量,则必须在灌注过程中停止搅拌运转,并按照原来比例加入水泥、水,均匀后才能进行施工,禁止将水泥或水在搅拌车使用时,直接加入到泥浆池。水泥浆配制好后,要用灰浆泵将水泥浆连续均匀地送入搅拌机头,以便进行进一步的搅拌和养护工作。

2.3 预搅拌下沉

在此期间,施工团队必须小心操纵着搅拌机,以保证每个工序的精确。首先,要打开搅拌器电机,然后松开吊链子,为搅拌机的下降作好预备。随即,随着电机的转动,搅拌机顺着导轨慢慢下降,并开启搅拌装置,保证了水泥浆和土壤的完全融合。为确保混合均匀,提

高混合效果,必须将搅拌头旋转速度保持在稳定的标准区间。为保证搅拌机的沉降速率,项目组将严密监控电机运行状态,人工调节沉降速率,保证运行电流在 70A 以内。这种精密的操作,不但可以确保混合料的品质,而且可以避免设备超载或损伤。在进行预搅拌下沉时,为了保证土体原有的原状,需对基础状况进行更为精确的评价,尽量不要采用冲水操作。但是,如果本地的土壤比较硬,或者碰到了难以进行搅拌的硬层,那么工程队就可以用适当的冲水量来辅助钻探。但是在施工中,应充分重视冲水对桩身强度可能产生的负面影响,保证钻孔效率的前提下,提高钻孔灌注桩的稳定性与承载力^[4]。

2.4 提升喷浆搅拌

在这一步中,先启动灰浆泵,确保泥浆能从喷头中顺畅地排出,然后再开动搅拌机,使泥浆向下转动,并不断地注入泥浆。钻孔的速度要保持在 1.0 米/分钟左右,转速要在 60r/min 左右,浆液的喷射压力要在 1.0~1.4MPa 范围内进行调整,浆液的流量要控制在 30L/min。在搅拌机进入预定的深度后,需要在此位置上连续喷射 30 秒左右,然后以均匀的速度抬起搅拌头,并同步进行喷射和搅拌。在灌注桩的顶部,静置 30 秒左右,以保证桩顶区混凝土的充分搅拌和养护。泥浆泵送的全流程应持续进行,并要严格按设计要求的起浆速率。拌和浆液罐数、水泥和掺合料的投料量、泵注时间等都要由专门人员进行记录,并通过监控设备对喷浆量和掺入量进行自动化的统计。在全过程中要注意仪表的改变,分析是否进入突变土层。在搅拌机起吊过程中,为保证灌注桩的施工质量,并能最大限度地发挥物料的利用率,需适当调节输送泵的供浆量。若软土地基深度大于 18 米,则应将桩长控制在 18m 以内。同时,要使搅拌桩贯入松软的土壤中,并进入砂层或黏土层 0.8m 以上。为了保证软粘土和固化剂的混合是一种较为理想的方法,需进行两次下沉和抬升搅拌,并采取“四喷四搅”的方法,使软粘土和固化剂充分搅拌。

2.5 重复下沉

当搅拌机第一次沉入到设计要求的深度并且预搅拌结束之后,将进行一系列沉入和抬升混合作业。该过程的主要目标是促进软粘土和水泥浆之间实现理想的搅拌,从而保证其加固效果。具体而言,当第一轮混凝土浇筑完毕后,搅拌机便会开始转动,并继续向下移动,直到抵达预定的深度。然后,搅拌机就会被抬起,如此往复。在此期间,需要对搅拌喷头的转速和升降速率进行精确调整,以保证在一定厚度的基础上,各部位都能得到足够混合。通常情况下,要达到最好的搅拌效率,

需要连续进行 20 次以上的搅拌。但反复沉降的速率要控制在某一区间,过大或过小都会引起混合料的不均衡,进而降低地基的强度。在实践中,为了使混合效率最大化,将反复下降的速率保持在 0.4 米-0.7 米/分^[5]。

2.6 管道与搅拌机全面清洗流程

这一步的目的就是要将残余在搅拌机和管道中的水泥全部清理干净,以防止发生阻塞,保证下次使用时的平稳性。在清理时,要先往集料漏斗内加入一定数量的水,再开动水泥泵,将水通过管路输送到搅拌器和各喷头,将残余的水泥浆清除干净。这个程序必须连续进行,直到管道和搅拌机的内部基本上清洁为止。在清洁期间,应随时注意管道及搅拌机的清洁状况,以保证每个细微之处都能被清洁。另外,为了避免下次混合时对混合料造成不利效果,还应对混合料表面附着的松软泥土进行清理。清理完毕后,搅拌机和管道就可以进行下一批桩基的建设。

2.7 注意事项

(1)结合各项规范,如桩径和桩长,强化各项指标的管理,防止在随后的钻机作业中,钻进深度超出了设计要求,对工程质量造成影响。对于已经形成的搅拌桩,要根据需要进行直径检测。另外,还应该经常对钻具进行检测,一旦钻具超过 1 厘米就要立即替换。(2)对搅拌桩垂直度进行检验,保证支架的位置稳固、钻进的角度合适、吊装装置的各项指标符合要求。复查时,要进行反复复查,并有专门签名。在工程建设的各个阶段,要有专门的工程技术人员对各个步骤进行详尽记载。吊锤也可以用作测量竖直方向的工具。如果发现异常现象,要立即解决,以免偏离太大而对工程质量产生不利影响。(3)水泥搅拌桩的端部、桩顶和各部位的施工质量是施工过程中的关键环节。起吊时,必须在桩脚位置逗留 1 分钟。在喷射混凝土时,要保证连续进行,不能间断喷射。如遇断电、发生事故,应立即停止喷射浆液,并作好相关资料。对于超过 12 小时的停桩,应及时进行补注,并做好补注工作,确保桩端质量和桩顶质量合格。

3 质量检查

3.1 质量检查要点

为了改善灌注桩的受力状况,必须对其进行施工检测。各种检验方法的检测重点有明显的差别。比如在开挖检测阶段,根据设计规范开挖相应数目的桩身,判定桩身外形状态,并进行软粘土与水泥浆搅拌的均匀性分析。在钻孔检测时,需要采集不同的水泥土试样的相关数据,并将其与取样的试样进行对比,从而了解其承载

性能。此外,对粉喷桩进行处理时,还要对其变形进行监测,以便对其进行整体处理。除了以上所述,以下是详细的检验重点:处理完毕 3 天后,将桩端开挖,检查桩的直径,以满足要求;在混凝土灌注桩施工完成 10 天后,采用动力探测装置对桩身均匀度进行检测;成桩 28 天后,必须将桩顶清除干净,然后进行测试。钻孔取样时,芯样合格率不低于 85%,取样次数不少于 0.5%,桩身抗压强度不得低于 0.6MPa^[6]。

3.2 质量检查实施

水泥搅拌桩质量检验可采用静载试验方法评估结构性能,具体分为复合地基检测与单桩检测两种形式。由于单桩检测结果存在局限性,建议优先选择复合地基检测方式,以便精确测定地基承载力。执行过程中需注意:待桩体满足试验条件且成桩满 28 天后,需先核对桩体数量再进行静载试验;若静载试验后仍存在质量存疑情况,应采用钻芯取样装置提取芯样进行强度验证,取样数量不得少于 3 根且不低于总桩数的 0.5%;桩体施工完成 24 小时后,应对桩头部位实施开挖检测,开挖深度控制在停浆面以下 50cm 范围内,重点核查桩径尺寸及搅拌均匀性,检测比例应覆盖总桩数的 5%及以上。

4 结论

综上所述,水泥搅拌桩因其绿色环保、施工快捷、无噪音、无振动、无污染等优点,在建设项目中具有良好的经济与社会意义,特别适用于软土地基的治理与防渗。水泥桩的工程质量受多种因素的影响,在具体的工程实践中,必须对每一项指标都进行详细了解,并按照规定,制订出严密的施工管理方案,对施工中的每一个环节进行控制,以保证成桩质量,保证加固效果。

参考文献

- [1] 孟凯. 双向水泥搅拌桩在路桥过渡段路基加固处理中的应用[J]. 江西建材, 2023, (12): 334-336.
- [2] 宋丽丽. 复合桩在路桥施工技术的应用分析[J]. 石河子科技, 2023, (06): 59-60.
- [3] 武博强, 武银君. 基于沉降差异评价的水泥搅拌桩处理桥头跳车研究[J]. 公路交通科技, 2022, 39(04): 32-40.
- [4] 孙爱萍. 水泥搅拌桩技术在路桥施工的应用探讨[J]. 工程机械与维修, 2022, (02): 108-109.
- [5] 张蓉. 水泥搅拌桩在路桥施工技术的应用分析[J]. 运输经理世界, 2020, (10): 43-44.
- [6] 谷世平, 程玉泉, 王铁法. 路桥过渡段复合软基处理技术[J]. 公路, 2018, 63(11): 164-167.