

预应力混凝土管桩在桥梁桩基施工中的应用研究

曾鄂佳

湖北中南路桥有限责任公司 湖北孝感 432000

【摘要】随着我国社会经济的迅速增长和建筑工艺的不断进步,预应力技术也在公路桥梁的建设中,得到了越来越广泛的应用。预应力混凝土管桩就是其中之一。由于预应力管桩在岩溶区施工中避免了桩基成孔的高风险,且施工速度快,经济上相比也有一定的优势,因此在公路桥梁建设中得到了广泛的应用。但预应力管桩在岩溶地质条件下使用时也有一定的局限性,因此在具体施工时应全方位加以考虑,以确保工程质量和控制成本。下面笔者就预应力混凝土管桩在桥梁桩基施工中的应用谈几点看法。结合某桥梁工程,论文对预应力混凝土管桩的应用优势展开分析,详细研究了预应力混凝土管桩应用于桥梁桩基的施工要点,及施工过程中的注意事项,如加强管桩质量控制,合理选用打桩设备,规范打桩、管桩焊接时的施工工艺。

【关键词】预应力;混凝土管桩;桥梁工程;桩基;施工

Application study of prestressed concrete pipe pile in bridge pile foundation construction

Zeng Ejia

Hubei Zhongnan Road and Bridge Co., LTD. Hubei Xiaogan 432000

【Abstract】 With the rapid growth of China's social economy and the continuous progress of construction technology, prestress technology has been more and more widely used in the construction of highways and Bridges. Prestressed concrete pipe pile is one of them. Because the prestressed pipe pile avoids the high risk of pile foundation formation in the construction of karst area, and the construction speed is fast and has certain economic advantages, it has been widely used in the highway bridge construction. However, prestressed pipe piles also have some limitations when used in karst geological conditions, so they should be considered in the specific construction to ensure the quality of the project and control the cost. The following author talks about some views on the application of prestressed concrete pipe pile in the construction of bridge pile foundation. Combined with a bridge engineering, the paper analyzes the application advantage of prestressed concrete pipe pile, studied the prestressed concrete pipe pile applied to bridge pile foundation construction points, and the matters needing attention in the construction process, such as strengthening the pipe pile quality control, reasonable selection of piling equipment, standardize the piling, pipe pile welding construction technology.

【Key words】 Prestress; concrete pipe pile; bridge engineering; pile foundation; construction

1 预应力混凝土管桩的优势与局限性

预应力混凝土管桩是一种在施工过程中施加预应力力量的混凝土桩。预应力可以通过张拉钢束或螺栓等预先施加在桩身上,从而提高桩的受力性能和承载能力。下面是预应力混凝土管桩的优势与局限性:

1.1 优势

(1) 高承载能力: 预应力混凝土管桩能够通过预应力力量来增加桩体的抗弯刚度和承载能力,从而可以支撑更大的垂直荷载和水平荷载。

(2) 抗震性能优越: 预应力混凝土管桩具有较好的抗震性能,能够在地震等自然灾害中提供更可靠的地基支撑。

(3) 施工灵活: 预应力混凝土管桩适用于各种地质条件和施工环境,可以采用多种施工方法和预应力方案。桥梁基础施工中,预应力混凝土管桩施工工序相对简单,且管桩多为预制,有利于提升桥梁桩基施工效率,节约工期。

(4) 长寿命: 由于预应力混凝土管桩在施工时已经提前预应力处理,其抗裂性能和耐久性能较好,有望延长使用寿命。

(5) 可重复使用: 预应力混凝土管桩在拆除后,预应

力设施可以进行拆卸和再利用,节约资源,降低成本。

(6) 由于其自身重量较小,可以减小对土体的影响,因此在软粘土地区具有很大的使用优势。预应力管桩为空心桩,尽管其承载力很大,但其自身重量并不大;例如,具有100毫米壁厚和550毫米外径的管桩,其重量大约为0.35吨。在软弱的地基上使用,可以有效地防止缩颈和塌孔的发生。

1.2 局限性

(1) 施工技术要求高: 预应力混凝土管桩的施工过程较为复杂,需要专业的施工队伍和高超的技术,因此施工成本较高。

(2) 设计和计算复杂: 预应力混凝土管桩的设计和计算需要考虑预应力力量的作用,需要较为复杂的计算和验证。

(3) 受限于长度: 预应力混凝土管桩的长度受限于预应力设施的横向尺寸,因此在一些需要较长桩长的工程中可能不太适用。

(4) 质量监控困难: 预应力混凝土管桩在施工过程中需要进行预应力张拉和锚固,质量控制较为复杂,一旦出现质量问题,修复较为困难。

综合考虑,预应力混凝土管桩作为一种高性能的基础支撑结构,在特定的工程需求下具有明显的优势。然而,在实

际应用中,需要根据具体的工程情况和经济效益进行综合评估和选择。

2 项目概述

某桥梁工程是一座城市 I 级高速公路上的立交匝道桥,桥长 686m,设计速度为 80km/h,双向 6 车道。桥墩基础采用的是一种直径 55cm 左右、长度 50m、管桩壁厚 95cm 的预应力混凝土管桩,桩体混凝土标号 C80。在本桥梁工程项目中,桩顶设计标高为 -2.05m、-0.45m、-0.9m、-0.52m,单桩承载力为 800kN,桩端进入持力层的设计值为 0.8m。到目前为止,该桥已按计划完成,其桩基性能达到了设计规范的要求,并取得了较好的施工质量。

3 预应力混凝土管桩应用于桥梁桩基的施工要点

3.1 管桩质量

在桥梁桩基施工中,管桩的质量起着举足轻重的作用,因此,有关人员对制桩过程中,既要加强对成桩过程中的质量管理,又要注重对成品管桩的质量检测。一方面,在制桩过程中,应该对水泥、细骨料、粗骨料、端板等基础材料的设计参数进行重点控制。例如,水泥应该选用不低于 42.5 的硅酸盐水泥,细骨料的吸细度模数应该控制在 2.5~3.2 之间,粗骨料最大粒径应小于 25mm,钢棒直径分别为 7.1mm、9mm 时,桩端板最小厚度应该控制在 16mm 和 18mm[3]。

同时,在正式施工之前,也要对预应力管桩的质量进行检验,以保证其桩身和桩尖的尺寸达到设计要求。表 1 列出了预应力混凝土管桩常见的质量问题及原因,在质量检查中,施工人员要根据这些问题,有条不紊地进行管桩质量检查。

表 1 预应力混凝土管桩的常见质量问题及原因

常见质量问题	主要原因分析
合缝漏浆超出标准值	模具内锁螺栓未拧紧
麻面、粘皮超出标准值	钢模内壁脱模剂涂刷不均匀
局部磕碰深度、面积超出允许偏差	起吊搬运时有磕碰
出现内外表面露筋情况	喂料不足
桩端面平整度超出允许偏差	桩端板过薄
长度超出允许偏差	预应力主筋下料参数控制不到位
桩端板厚度出现负偏差	进货检验不到位

3.2 打桩机械

预应力混凝土管桩用于桥墩基础中,其成桩过程中的一个重要环节就是打桩,打桩机械的选择是否科学直接影响着成桩的质量。因此,必须根据桥墩基础的要求,对其进行合理的选型。

目前,打桩机主要有滚管式打桩机、导杆式打桩机、三点支撑式打桩机、柴油锤和液压锤等。在预应力混凝土管桩打桩环节中,柴油锤应用广泛。该打桩机械由桩架和桩锤组成,可分为筒式柴油锤和分导杆式柴油锤等。圆柱形柴油锤的特点是打击能量大、冲击力强,其基本的施工原理是在桩身上采用弹性材料做垫层,通过在桩身上施加冲击力来实现对桩身的打桩。

3.3 配桩情况

在进行配桩施工时,要根据桥梁桩基区的地质情况和预应力管桩的设计桩长来完成。首先,桩基的实际长度要比设计要求高出 3.5 米左右,而上节桩基的长度不能小于 11 米。同时,在配桩的过程中,施工人员还要确保管桩端到承台的距离不小于 7 米,且桩端的接头数目不能超过 3 个。

本项目针对某桥的实际情况,提出了在桩基区内预应力混凝土管桩的持力层为粗砂质层,在进行配桩时,一般采用 30 米的埋深。在此基础上,根据单桩的竖向承载力的容许值和上部管桩的受力状态,确定了管桩的长度和布置方式。在桩基区内,将使用直径为 500 毫米的高强度预应力混凝土管桩,共安排 12 根,排列方式为 3 排 4 列。

通过合理选择打桩机械和科学的配桩方案,可以确保预应力混凝土管桩在桥墩基础中的可靠性和稳定性,保证桥梁的安全运行和寿命。

3.4 打桩顺序

1) 打桩前准备

在进行预应力混凝土管桩的打桩前,需要进行一系列准备工作。具体操作包括:

在管桩头 5 米范围内布置桩机,并用钢索缠绕桩头,采用单点吊装的方式将预应力混凝土管桩垂直吊装。将管桩竖直放入压桩机夹箱内,确保放入的竖直度在允许误差的 5% 之内,并将管桩扶正,对准预定的桩位。在管桩身上做好标尺,以控制管桩插入深度。标尺可以用于监测桩的插入情况,确保符合设计要求。在桩头与地面上,根据预先布设好的桩位标识,使用经纬仪进行观测,以确保桩身的竖直度符合施工要求。如有需要,可以对桩身进行纠偏,使其垂直度与施工要求一致。在喂桩的过程中,将管桩桩身两侧的接缝位置靠近夹具的间隙,以确保管桩在压桩过程中保持竖直。同时,施工人员需要不断观察桩身的竖直度,并在必要时进行纠正。桩顶入土 0.5~1 米,确保桩的垂直度偏差不超过 0.3%。若桩的垂直度偏差超过 0.8%,需要及时纠正。但是在桩的尖端插入到硬质土壤中后,不能再用力架强行纠正,以免损坏桩身。

以上步骤是为了确保预应力混凝土管桩在打桩过程中的稳定性和垂直度,以保证桥梁基础的稳固和可靠。打桩时的细致观察和及时纠正是确保打桩质量的重要措施。

2) 试打桩

在正式进行预应力混凝土管桩的打桩之前,进行试打桩作业是非常必要的。试打桩作业可以对打桩工艺方案的可靠性进行分析和验证,确保桩基施工参数的合理性和准确性。试打桩的目的是通过实际操作验证预先确定的打桩工艺方案是否能够满足桥梁桩基施工的要求。在试打桩作业中,施工人员可以检测和记录各项数值,如打桩的竖直度、垂直度偏差、桩长、打桩时的冲击力、沉桩速度等。通过试打桩,可以判断桩的质量和打桩施工的稳定性,并根据试验结果对打桩工艺方案进行调整和优化。一旦试打桩后的数据符合桥梁桩基施工要求,且打桩工艺方案经过验证是可靠的,才能够开始正式的打桩施工。试打桩的合格结果可以保障后续打桩施工的质量和施工安全,避免在正式打桩过程中发生问题和意外,从而确保预应力混凝土管桩的稳固和可靠性。

综上所述,试打桩作业是桥梁桩基施工中非常重要的环

节,它对打桩工艺方案的可行性进行了有效验证,为后续打桩施工提供了重要参考,确保了桥梁基础的施工质量和安全。

3) 桩身对中

桩体对中完成后,在桥桩区进行打桩,在打桩时,要将柴油机锤头慢慢放在管桩顶部,等它自然下陷到一定的深度,然后再提起柴油机锤头,沿管桩的中心线,把它打入地下。锤击数、贯入度、管桩标高是打桩环节的重要参数,在打桩过程中,需要对相关数据进行详细记录[6]。

在打桩过程中,在桩帽和桩顶之间,为了减轻沉桩时柴油机锤击对桩顶结构的冲击,在桩帽和桩顶间隙之间,也要加设弹性缓冲垫。垫层可以使用麻袋,水泥纸袋等,在进行垫层时要保证垫层的厚度均匀性,在锤子敲打后,垫层的厚度应该超过120毫米。在打桩过程中,必须对内衬进行严密的检查,如有损坏,应及时更换或更换。另外,在打桩作业时,施工人员应该在桩帽、桩锤之间加设锤垫,即使采用竖纹硬木、盘圆层叠做锤垫,锤垫厚度约150~200mm[7]。

3.5 焊接及机械连接

在焊接上、下两节预应力混凝土管桩的时候,要保证上、下管桩在同一方向上,并且管桩断面要紧密结合,误差不能超过2mm。焊接时应使用电弧焊,将上、下两节分别焊接在一起,焊完后应注意焊缝的充填。或者采用CO₂气体保护焊接技术,将上、下两节管桩对齐后,在坡口区域点焊,并进行焊接。焊接时,三名焊工必须同时进行,焊角必须保持在30°~45°。

第一道焊接可以用 $\phi 3.2\text{mm}$ 的焊条作为基材,这样可以保证焊接区的根部部分可以完全焊接;第二道焊缝可以采用 $\phi 4$ 毫米, $\phi 5$ 毫米的粗电极,在焊接坡口沟槽的时候,焊工要在环缝中均匀地进行连续焊接。在焊接元件时,要保证焊缝的厚度是均一的,但在焊接下一个部位时,每一层的焊渣都要及时清理干净。

在对管桩接头进行焊接的时候,有关人员应该着重对上节管桩桩身和下节管桩的中心线是否一致,以及上、下两节管桩端口焊缝的紧密性进行检查。在保证质量的前提下,在桥桩基础施工之前,按照预留的焊口对上、下两节管桩进行焊接。待焊缝温度降至一定程度后,可重新施打预应力管桩。

4 预应力混凝土管桩在桥梁桩基施工中的应用注意事项

4.1 预防桩头破裂风险

在预应力管桩的施工过程中,桩头断裂是一种普遍存在的安全隐患。

参考文献

- [1]潘念.桥梁工程先张法预应力高强混凝土管桩抗弯性能研究[J].资源信息与工程,2020,35(4):83-84.
- [2]赵生星.浅谈PHC预应力混凝土管桩在高速公路桥梁中的应用[J].黑龙江交通科技,2021,44(5):107-108.
- [3]姚亮.铁路桥梁大直径PHC管桩基础陆上沉桩技术探究[J].中华建设,2020(7):66-67.
- [4]蔡玉洁,王伟.预应力技术在公路桥梁工程施工中的应用[J].河南科技,2021,40(10):96-98.
- [5]黄福云,单玉麟,罗小焯,等.基于位移的整体桥混凝土桩基抗震设计准则[J].中国公路学报,2021(5):11-18.
- [6]李远方.高强预应力混凝土管桩承载特性研究及实际工程应用[J].工程建设与设计,2021(17):33-36.
- [7]阳习胡.预应力混凝土管桩的应用实践[J].建材发展导向,2020,18(12):67-68.

1)在打桩过程中,预应力混凝土管桩的锤击数量已经达到了相应的标准,但是一些施工人员为了避免被截桩而不停地对管桩进行锤击,并且对管桩锤击时的仪器没有进行有效的控制。

2)在使用桩垫的时候,选择了纸板而不是麻袋,不是水泥纸袋,这就造成了桩垫的缓冲和保护效果不够好。

3)在管桩发生侧倾后,进行锤击,使管桩产生过大的应力,造成管桩断裂。为了在桥梁桩基施工过程中,能够有效地防止桩头开裂的风险,施工人员应该严格按照预应力混凝土管桩施工设计参数,在锤击数量达到标准值后,及时停止打桩。如果在施工中暴露出较大的桩长,则必须在保证管桩贯入度和标高满足设计要求后方可截桩。在打桩时,如果出现了倾斜现象,就应该马上停下来,然后根据现场的具体情况,对其进行纠正,然后再进行锤击。对于已出现断桩现象的上部管桩,如果不能拔起,则可以在截桩后按截桩长度补桩。

4.2 重视管桩桩身断裂问题的处理

在预应力管桩的施工过程中,桩体断裂也是一种普遍存在的风险。如果锤子敲击的次数太多,或者是柴油锤子起跳后,突然加大了锤子的力量,都会导致桩的破坏。因此,在进行打桩的时候,施工人员还应该对桩身进行动态的监控,利用孔内的摄像头,对低应变反应和高应变反应进行监控,以便能够及时地发现桩身的断裂问题。

在桩体发生断桩后,如果断桩部位为桥墩浅层,则可采用接桩加芯的方法进行断桩处理。但是,如果裂缝范围较大,就必须采取补桩技术,以保证裂缝范围内的承载力能够满足桥梁桩基的有关要求。修复桩基的具体方法是,沿断桩方向,距断桩中心区约100cm,如果发生断桩,则沿断桩部位“横桥向”重新进行修复。在补桩和打桩时,还必须对管桩的垂直度进行控制。在补桩之后,还要对桥墩的基础结构进行适当的调整,例如承台的高度,单边的尺寸等。

5 结语

预应力管桩施工工艺简单,抗冲击性能好,承载力高。有关部门可以根据桥面工程的需要,灵活运用预应力管桩,制定出更加科学合理的桥面预应力管桩施工工艺方案。在进行施工的时候,还应该以预应力混凝土管桩的特点为依据,对桥梁基础施工中的预应力混凝土管桩施工流程进行规范,指导施工人员有序地完成桥梁桩基施工作业,为桥梁工程高质量完工打下坚实的基础。