

强腐蚀环境下锤击 PHC 管桩施工技术

彭波,董宜辉,邢庆银

(山东正元建设工程有限责任公司,山东 济南 250101)

摘要:PHC管桩具有竖向抗压承载力高、施工工期短等优势,已在我国得到了广泛的推广运用。结合日照港油品码头有限公司油库二期工程中首次采用PHC管桩的工程实例,阐述了在强腐蚀环境下,PHC管桩的选用、防腐处理措施、锤击施工技术要点及施工控制措施,为类似工程提供一定的参考。

关键词:PHC管桩;强腐蚀条件;防腐措施;锤击施工

中图分类号:TU473.1⁺3 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2017)08-0067-05

Construction Technology of PHC Pipe Pile Hammering in Strong Corrosion Environment/PENG Bo, DONG Yi-hui, XING Qing-yin (Shandong Zhengyuan Construction Engineering Co. Ltd., Jinan Shandong 250101, China)

Abstract: PHC pipe pile has been widely used in China because of its advantages of high vertical compressive bearing capacity and short construction period. Combined with the engineering case of the second stage project of an oil depot in oil wharf of Rizhao port, PHC pipe pile was first used, this paper elaborated the construction in the PHC pipe pile selection, anticorrosion measures, points of hammering construction technology and control measures in strong corrosion condition, which can be reference for the similar engineering.

Key words: PHC pipe pile; strong corrosion condition; anticorrosion measures; hammering construction

1 强腐蚀环境下 PHC 管桩运用的论证

沿海港口地下水对管桩具有强腐蚀性,如何防腐确保结构安全是亟待解决的问题。日照港油品码头有限公司油库二期工程中首次采用PHC管桩,为解决强腐蚀环境下PHC管桩的防腐问题,特借鉴了寿光羊口新区某工程的施工经验。寿光羊口新区位于潍坊北部,原为滩涂区,广泛分布养殖虾池和盐场,地下水、土对钢筋混凝土存在不同程度的腐蚀性。该工程特别邀请了全国混凝土标准化技术委员会、全国水泥制品标准化技术委员会、中国建科院等单位的专家对PHC管桩的防腐问题进行了论证,并技术咨询了《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB 50046—2015)的主编专家。专家组认为:

(1)管桩具有竖向抗压承载力高、施工工期短等优势,已在我国得到了广泛的推广应用,可以针对不同的环境、不同类型的工程合理选用。

(2)地下水的腐蚀性判定应严格按《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)执行,并注意对干湿交替环境的界定,保证勘察质量。

(3)在选用PHC管桩时,应采取可靠防腐措施(如:掺加防腐外加剂、增加端板腐蚀余量、保护层厚度,加闭口型桩尖等),确保管桩桩身质量,严

格控制施工质量。

(4)加强对管桩生产、运输、施工、检测等过程的监控。

(5)管桩自身性能达到相关技术指标要求。

针对地下水腐蚀性,采取以上保证措施后可以
使用PHC管桩。

2 工程概况

2.1 基本情况

日照港油品码头油库二期工程位于日照港岚山港中区,该工程包括4个5万m³原油罐,单罐体直径61.00m,桩基础采用锤击PHC管桩。本工程共设计PHC管桩1920根(每个罐480根),为确保管桩的防腐蚀性,选用《预应力混凝土管桩集》(10G409)PHC-600(130)AB-C80-15(17)管桩,采用十字型封闭尖底桩尖,防止地下水从桩底部进入桩心。单桩竖向承载力特征值2800kN,单桩水平承载力特征值100kN。

2.2 地层情况

场地地貌单元属于黄海陆域低山丘陵,微地貌单元为滨海相人工围海回填区,场地较平整。地层情况如下。

①层填土(分为①₁层碎石土和①₂层冲填土2个亚层)。

①₁层碎石土(Q₄^{ml}):杂色;松散—中密;湿—饱和;表层见50 cm厚水泥块,该层以近期回填风化岩质碎石土为主,碎石直径一般在2~6 cm,碎石含量60%~80%不等,均匀性较差;局部为块石,直径一般10~30 cm,钻探揭露最大直径50 cm,风化岩碎屑充填块石空隙,回填土结构较差。层厚10.00~12.00 m。

①₂层冲填土(Q₄^{ml}):灰褐色;松散;湿—饱和;以软流塑粉质粘土和松散粉细砂为主,含少量云母片,均匀性较差,承载力低。该层在地震力作用下有液化可能。层厚13.00~15.00 m。

②层中砂(Q₄^m):黄褐色;稍密;饱和;主要成分为石英、长石,可见贝壳碎片及云母屑,局部夹灰褐色粉质粘土,磨圆及级配较差。层厚1.00~3.00 m。

③层粉质粘土(Q₄^m):灰褐色;软塑;刃面稍有光泽,干强度中等,韧性中等,摇振反应无,含15%~20%细中砂颗粒,偶见贝壳碎片。层厚1.00~3.00 m。

④强风化砾岩(K):棕红色;风化强烈,结构和构造尚可辨认,具碎屑结构,层理构造不明显,原岩结构清晰,除石英长石外其它矿物强烈蚀变,见少量云母片,风化不甚均匀,岩心上部呈砂土状,干钻进尺困难,给水钻进进尺较快,钻进过程中造浆;下部呈碎石、碎块状。

⑤中风化砾岩(K):棕红色;原岩结构部分破坏,具碎屑结构,原岩结构清晰,岩心成短柱状,干钻进尺困难,给水钻进进尺慢。

2.3 地下水情况

场地内的地下水与海水联系密切,受潮汐影响大,无稳定的地下水位。高潮时水位埋深约为1.70 m,低潮时水位埋深约5.50 m。水化学分析结果为:侵蚀性CO₂含量4.5~6.1 mg/L,游离CO₂含量1.7~2.3 mg/L, Mg²⁺含量1795.0~1875.3 mg/L, Ca²⁺含量413.5~493.0 mg/L, SO₄²⁻含量143.5~243.5 mg/L, Cl⁻含量17300.8~17605.0 mg/L, HCO₃⁻含量146.0~166.9 mg/L, pH值为7.5~7.6。根据水质检测报告及《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001):本场地环境类型Ⅱ类,环境类型水对混凝土结构具微腐蚀性。受地层渗透性影响,按强

透水层评价;地下水对混凝土结构具微腐蚀性;按干湿交替评价;地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋具强腐蚀性,应采用防腐措施。

3 PHC管桩的供应

3.1 PHC管桩的生产与运输

(1)为确保管桩的生产质量,通过详细的考察与严格的审核,确定使用中国最大的预应力混凝土管桩制造商生产的建华管桩。在施工中,突击检查2次,未发现管桩生产的质量问题。

(2)为确保管桩的抗腐蚀性,管桩生产制作时采用抗硫酸岩水泥或铝酸三钙含量≥5%的普通硅酸盐水泥,混凝土的外加剂采用MS-605混凝土阻锈防腐剂。

(3)桩长15 m的管桩采用一节桩,桩长17 m的管桩采用8 m+9 m的2节桩。

(4)为确保运输安全,管桩运输由管桩厂专用车辆及专业人员进行。

(5)为避免现场不必要的倒运对管桩的损伤,管桩的供应按天计划及执行。

(6)管桩在现场堆放时,堆叠的层数不超过3层。

3.2 PHC管桩的质量检验

管桩出厂检验需经过外观检验和垂直度检验,进场管桩提供产品合格证明及防腐措施的证明材料,经质检员逐根检查合格后,按就近原则存放。管桩成品桩质量检验标准为:(1)强度达到设计强度的100%;(2)外观无蜂窝、露筋、裂缝、色感均匀、桩顶处无孔隙;(3)桩径偏差+5、-2 mm;(4)桩长偏差±0.5%;(5)厚度偏差0~20 mm;(6)保护层厚度0~5 mm;(7)端板平整度≤0.5 mm;(8)桩体弯曲≤1/1000桩长。

4 锤击PHC管桩施工

锤击PHC管桩的施工工艺流程见图1。

4.1 试桩试验

在工程桩施工前,在施工场区外进行了试桩试验,试验数量为9根,并根据试验结果确定了工程桩设计。

4.2 施工设备的选用

管桩施工采用DD80A-72型锤击打桩机,锤重8.5 t,锤体总质量18.4 t。

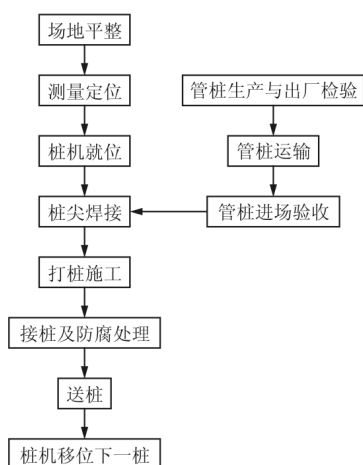


图1 管桩施工工艺流程

4.3 施工场地的处理

(1)对地下管线及地下障碍物进行调查,施工前进行处理。

(2)铺设临时道路,满足管桩进场需要。对施工现场进行平整压实,避免在施打过程中因震动而使桩机塌架倾斜,导致管桩垂直度偏差过大及桩位偏斜。

(3)对部分严重影响施工质量的冲填土进行了换填处理,措施如下:①采用快速机动性好的轮式挖掘机,对孔位进行提前清理,重点清理块石、不均匀回填层;②清理完障碍物后,及时换填均质土,并利用挖掘机的反铲分层压实回填。

4.4 定位放线

依据桩位图和控制点,由专业测量技术人员用全站仪测放轴线定位桩,对轴线控制点埋设标志,标志周围用混凝土固化30 cm深。对桩位定位采用打入土内10 cm钢钉做标志,钢钉上系红色塑料布,露出地面。主轴与轴线控制网允许偏差 ≤ 5 mm;桩位允许偏差 ≤ 10 mm。

4.5 打桩机就位

(1)钻机桅杆下部加装钢吊坠,钻机操作人员依据此吊坠调整钻机平整度及桅杆的垂直度。

(2)施工现场为沿海回填区,土质较为松软,打桩机就位平整的调整比较困难,钻机就位不平整,锤头偏斜,施力不均匀,易造成管桩的垂直度偏差过大。为准确控制钻机调平,在钻机左、右、后3侧居中的位置加装了2.0 m水平尺,由辅助工人进行观测,协助桩机调平。

(3)打桩机调平后,用线坠由桩帽中心吊下与

地上桩位点对中并经验收合格。

(4)必要时,打桩机轨道下用枕木垫实。

4.6 桩尖焊接

(1)桩尖在管桩起吊前进行焊接,桩尖焊接需确保桩尖中心线与管桩中心线重合,使锤头施打力能垂直、平整的向下传递。

(2)焊接采用 CO_2 气体保护焊。焊接层数不得少于3层,且逐层进行。焊缝应饱满连续。桩尖与端头板应焊牢、满焊、不漏焊,防止地下水从桩底部进入桩心内。

(3)施工中发现,原设计的尖底十字形闭口钢桩尖,在障碍物较多的地方极易造成侧滑,不利于管桩垂直度控制,故及时将尖底十字形闭口桩尖改为平底十字形闭口桩尖,见图2。



图2 管桩桩尖的改进

4.7 管桩的起吊

在管桩起吊前,由技术人员在管桩桩身上划出以米为单位的长度标记,并按从下至上的顺序标明桩的长度,以便观察桩入土深度及记录每米沉桩锤击数。

堆桩在吊装过程中,严禁拖拉管桩,由吊车使用专用吊钩采用两头勾吊法起吊平移至桩架前,然后由桩架的起重机单点起吊,单点悬吊严禁用吊环。

4.8 打桩施工

(1)入土对中:管桩对准桩位中心后,先用桩锤自重将桩插入地下30~50 cm,桩身稳定后,调正桩身,桩锤、桩帽的中心线重合,使之与打入方向成一直线。正式施打前,用2台经纬仪或2个线锤在与桩成正交方向进行测定,使插入地面时桩身垂直度偏差 $\geq 0.5\%$ 。

(2)打第一节桩时必须采用桩锤自重将桩徐徐打入,直到管桩能保持固定为止,然后观测管桩的中心位置和垂直度,确定无误后,再转入正常施打,必要时,宜拔出重插,直至满足施工要求。

(3)打桩采用重锤轻击的原则,落锤冲程宜为2.0~3.4 m。

(4)打桩中发现下列情况之一应立即停止施打,并查明原因:①下沉剧变;②桩体突然倾斜;③桩身或桩顶出现严重裂缝或破碎;④因挤土效应产生报警。

(5)送桩要求:①送桩前应保证桩锤的导向脚不伸出导杆末端,管桩露出地面宜控制在0.3~0.5 m;②送桩前在送桩器上以米为单位,从下至上的顺序标明长度,由打桩机主卷扬吊钩采用单点吊法将送桩器喂入桩帽;③在管桩顶部放置桩垫,厚薄均匀,将送桩器下口套在桩顶上,采用经纬仪调正桩锤、送桩器和桩三者的垂直度。送桩器的中心线应与桩身吻合一致,送桩至设计标高(或持力层);④送桩时应及时准确测量送桩器余尺,根据地面标高计算桩顶标高。

(6)收锤标准:本工程管桩施工以贯入度控制为主,以标高控制为辅。当贯入度已达到设计要求而桩端标高未达到时应继续锤击3阵,并按每阵10击的贯入度 ≥ 30 mm为收锤标准。锤击最后3阵的贯入度需使用水准仪准确测定。

4.9 接桩及防腐处理

(1)采用2节桩的需进行接桩,见图3。①为确保接头受长期腐蚀时有足够的安全度,要求管桩端头板焊缝坡口高度、宽度比标准尺寸加大1 mm,要求焊缝高度比一般的成品管桩高2 mm;②焊接方法采用CO₂气体保护焊,选用经验丰富、水平高的持证焊工进行操作;③焊接前,端板必须除锈,露出金属光泽;④安装时必须保证2节管桩的中心线及边线对齐,焊接时2个焊工同时先对称焊接4~8个焊点用以定位,然后对称分3层焊接,要求焊缝饱满;⑤焊接完毕不能立即沉桩,必须待焊口自然冷却后方可继续沉桩,冷却时间 ≤ 3 min,以免焊口淬火发脆,导致开裂;⑥焊接过程必须连续流畅,整个过程 ≥ 40 min,以免桩周土体回弹,摩擦力增大,增加打桩难度。

(2)管桩接头的防腐处理采用环氧沥青厚浆型防腐漆,焊口冷却后进行涂刷,涂刷次数为2遍,厚度 ≤ 3 mm,见图4。

4.10 打桩顺序

打桩顺序为:每一灌体先施工中央17 m桩长管桩,然后以此为中心向南北2个方向对称施打15 m



图3 管桩接桩



图4 管桩接头防腐处理

桩长管桩。

5 存在问题的处理

在PHC管桩施打过程中,出现的问题及处理措施如下。

(1)入土较浅管桩的桩身不垂直,处理措施为拔出重打。

(2)管桩施打中有7根桩垂直度偏差达到40~60 cm,为较大块石导致,且块石埋藏较深不能开挖处理,这7根桩除降低使用外,在距桩中心1.2 m处按同等桩长各补桩一根。

(3)管桩施打中有4根桩遇块石有较异常的停顿与下沉,经低应变探测,桩身存在裂缝或爆桩,这4根桩全部废弃不予使用,在距桩中心1.2 m处对称补同等桩长管桩各2根。

6 检测结果

管桩施工后,对4个罐PHC管桩进行了水平静载试验、竖向抗压静载试验、竖向抗拔静载试验及低应变检测,均满足设计要求,具体检测结果如下:

(1)水平静载试验数量20根,平均位移量为7.83 mm,单桩水平承载力特征值 ≤ 100 kN。

(2)竖向抗压静载试验数量12根,平均总沉降量为12.51 mm,单桩竖向承载力特征值为2800 kN。

(3)竖向抗拔静载试验数量12根,平均抗拔量为2.01 mm,单桩竖向抗拔承载力最大值 ≤ 100 kN。

(4)低应变检测数量960根,全部为I类桩。

管桩后期施工见图5。

7 结论

PHC管桩造价便宜、单桩承载力高、生产及施工质量可靠、施工工期短、污染小,在港口强腐蚀



图5 管桩后期施工

环境下,选用合适的管桩,采取掺加防腐剂、加闭口型桩尖、涂刷防腐漆等防腐措施,严格控制施工质量可以有效确保管桩的防腐性。做好防腐工作,是管桩可以在港口得到广泛运用的重要条件。

参考文献:

- [1] GB 51004—2015,建筑地基基础工程施工规范[S].
- [2] GB 13476—2009,先张法预应力混凝土管桩[S].
- [3] 钟昌志.静压PHC预应力管桩爆桩原因分析与对策措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(11):23-24.
- [4] 林志文.预应力管桩在汕头地区施工中几个问题的探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(2):13-15.
- [5] 崔爱明,刘海良,熊伟.PHC管桩基础在廊坊地区的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):65-67,70.
- [6] 曹小飞,黄宇.西安地区PHC管桩上浮问题初探及预防[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):66-69.