

斜桩在斜塘河大桥中的应用

魏 伟, 张全芳

(上海市凯达公路工程公司, 上海市 201600)

摘 要: 该文介绍了斜塘河大桥施工中 57 m 长 $\Phi 800$ PHC 管桩在没有专业打桩船的情况下, 通过在 600 t 级驳船上临时配装 DM100 德马克柴油锤和改造船前“龙口”, 施打 7:1 斜率的斜桩。并通过实例对打桩中遇到的问题和处理办法进行了阐述。

关键词: 打斜桩; 贯入度; 斜率控制; 事故处理

中图分类号: U445.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)06-0090-03

1 概述

上海塔闵公路西延伸段斜塘河大桥是上海南部地区主通航河道上跨度相对较大的桥梁之一。该桥全长 493.48 m, 宽度 14.5 m, 其中跨河段主桥采用四跨变截面预应力钢筋混凝土连续梁桥形式, 跨径组合为: 44.21 m+70 m+70 m+44.21 m=228.42 m, 桥梁下部基础采用 $\Phi 800$ PHC 管桩。引桥采用 2 (6×22 m) 预应力空心板简支梁桥, 下部基础采用 40×40 cm 钢筋混凝土打入桩。

斜塘河水面宽度 160 m, 属 IV 级航道, 是黄浦江上游通往江、淮各省市的主要货运航道。由于河道来往船只非常频繁, 河面水急浪高, 水的最高流速达 $V=1.6$ m/s, 因此在斜塘河上造桥无论是设计, 还是施工都有一定的难度。鉴于上述条件, 考虑到浪潮对桥墩基础的水平力冲力及桥墩受船撞击的可能性, 在主桥基础设计过程中, 决定采用斜率为 7:1 的斜桩, 以此提高主墩的整体稳定性和承载能力。

2 斜桩布置

斜塘河大桥 7#、8#、9# 墩均为水中墩, 其中 8# 墩设在主航道中轴线上, 是水最深 (10 m)、流速最急、桥墩受撞击影响最大的一个墩, 因此以下仅以 8# 墩为例对斜桩的应用展开讨论。

根据工程地质报告所述, 本工程引桥桩基入④2-2 层 (暗绿~灰色粉质粘土类粉土)。主桥 6#、10# 墩桩基入⑤层 (灰色粉质粘土), 7#、8#、9# 墩桩基入⑧层 (灰绿~灰色砂质粉土)。根据现有资料并通过一系列计算最终确定, 主桥 8# 墩采用 13 根 $\Phi 800$ PHC 管桩基础, 桩长 57 m, 桩基布置采用外斜内直的方式 (见图 1), 即横桥间 3 排

桩, 其中外侧两排采用 7:1 斜桩, 中间 1 排为直桩。按照荷载下传分配原则, 计算得到, 平均每根桩将承受 2 678 kN 的力, 其中, 8 根斜桩共承受 21 640 kN 的力, 占总承重力的 62%。由此可见, 斜桩在整个桩基受力状态中占主导地位, 对承受重力、稳定结构起着举足轻重的作用。

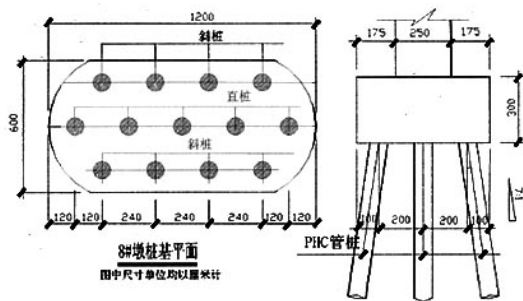


图 1 8# 墩桩基布置方式图

3 桩基施工

根据以往施工经验, $\Phi 800$ PHC 管桩施工必须由具有专业打桩资质和相应机械设备的公司来完成。为此, 我们特意走访了上海和江苏几家专门从事打桩施工的专业公司。当我们将斜塘河航道资料及目前通航情况提供以后, 各家单位均派员现场踏勘, 最终均善意回绝, 其理由是: (1) 斜塘河是 IV 级航道, 最大水深 10 m, 主通航孔河床偏窄, 10 t 以上大型打桩船无法由黄浦江或其它水道进入; (2) 主桥 3 个主墩大部分都是打斜桩, 且桩基深度 57 m, 如果不用专业打桩船, 恐怕很难完成; (3) 斜塘河过往船只频繁, 大部分为 100 t 级以上混装船和拖船, 航道窄, 安全性难以保障。

面对打桩问题一时解决不了的情况, 业主、监理、设计、施工 4 家单位多次开会讨论, 最终确定采用在 600 t 驳船上临时配装 DM100 德马克柴油锤, 110 P 履带式打桩架 (筒体高 27 m) 组合成打桩设备, 进行打桩施工。考虑到打桩主要是斜桩,

收稿日期: 2006-03-06

作者简介: 魏伟 (1955-), 男, 甘肃兰州人, 高级工程师, 总工程师, 从事道桥设计和施工技术管理工作。

尤其是斜率控制有一定难度,因此,在桩锤、桩架相互组合协调工作的同时,又对船头“龙口”实施改造,以此满足施工过程中仰打和俯打要求。

3.1 打桩机主要设备型号及性能

打桩机型号:日本产 110P

桩架高度:27 m

主机起吊能力:55 t

锤型及锤重:HD100、20、56 t

每次打击能量:340 000~220 000 N·m

桩机自由伸缩度:2 m,俯角 7:1(8.7°)

3.2 打斜桩

在整个打桩过程中,曾出现许多未曾预料且又值得认真分析总结的问题。如:桩基贯入度与桩基打不下去问题、斜桩的斜率控制问题、断桩事故处理问题等。为了能较准确的找出问题发生的根本原因,为以后类似工程提供借鉴和参考经验,下面结合工程实例逐一分析说明。

实例一:桩基贯入度达到设计要求,而桩又打不下去怎么办?

2004 年 6 月 11 日~6 月 14 日,在连续施打 P9 墩 3 根直桩时,均出现打不到设计标高的问题。其中有一根桩累计 2 580 锤,贯入度仅 1 mm 就出现桩被打坏的情况,此时桩顶标高与设计值相差 2 m。停锤后,现场项目部马上组织开会,分析原因,并要求施工单位按以下措施进行整改后继续施打其它桩基。

整改措施:(1)对打桩船再行压仓,通过增加重量稳定船体,同时将船体锚链再行紧固,防止由于船体晃动偏锤现象发生;(2)锤击次数以 2 800 锤控制,贯入度控制在 3 mm 以内。

实施整改后继续施打其余桩基,结果发现,13 根桩打完后七上八下,没有一根桩完全达到设计标高(-55.16 m),个别桩其实际桩尖标高与设计值相差 0.95~3 m,差距之大完全出乎预料。据此,我们又重新对地质资料进行分析,地质报告显示桩尖②层(灰绿-灰黄色粉质黏土)桩端极限端阻力标准值 $f_{tk}=5\ 000\text{ kPa}$,压缩模量 $E_s=39\text{ MPa}$,层面标高 -51.4 m,该层总厚度 16.5 m。从地质资料提供的数据可以看出,该层土质比较坚硬,是桩基的最佳持力层,而设计要求桩基进入该层的标高为 -55.16 m(P_9P_9)。按照常规设计经验,打入桩进入持力层以后,至少还必须进入最佳持力层 1~1.5 m,照此推算,设计桩尖标高应该在 -52.4~-52.9 m。从实际打桩情况看,13 根桩平均桩尖标高基本都在 -52.24 m 左右,也就是说,桩尖已经进入最佳持力层②层,是能够满足设计承载力要求的。至

于桩尖设计标高 -55.16 m 为什么达不到,我们也从各方面分析原因,起初以为可能碰到了孤石或河底遗留物之类,但通过对探测资料以及所有的桩都打不到设计标高这一情况分析,认为这种可能几乎没有,问题可能出在设计计算或地质剖面取点与实际河床剖面有误。最终,我们根据实际情况,及时调整贯入度,以 2 800 锤为锤击为控制极限,较好地解决了桩打不下去的问题。

实例二:斜桩的斜率控制问题

本工程斜桩施打过程中斜率的控制主要采用的三个步骤。第一步,根据水深和河床标高,准确计算出斜桩落在河床的位置,并作好标记;第二步,按直桩插桩于河床位置,并使桩紧靠在船头“龙口”和桩架顶端桩靴上,然后按照 7:1 斜率计算出的桩位与桩顶间水平距离,慢慢移动船体,使桩与桩架逐步朝预定方向倾斜。与此同时,用三台测量仪从不同方向严密监视倾斜角度,当桩体倾斜到位以后,马上固定桩架顶端桩靴调节装置和“龙口”板锁定装置;第三步倾斜角度确定以后,再次测量复核,并同时对船体缆索紧固,当风浪较大时可视时压舱,保证船体稳定,一切检查无误,开始施打斜桩。在具体施打过程中,对一个桥墩而言,打桩总是由一侧向另一侧推进,即先仰打左侧斜桩,再直打中间直桩,最后俯打右侧斜桩。仰打、直打似乎问题不大,而对俯打却有点难度,主要问题是斜率的控制(见图 2)。

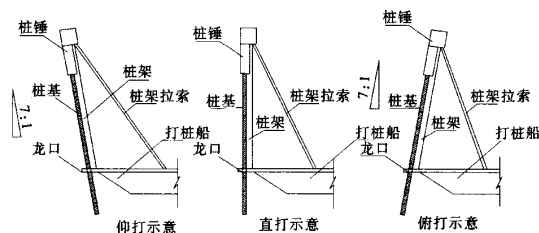


图 2 斜桩施打过程示意图

仰打时,桩架整体随斜率角度向后仰,桩基也随之之斜靠在“龙口”和桩架顶部桩靴内,桩基、龙口、桩靴三点固定,比较牢靠。而俯打时,桩架向外倾斜,由于“龙口”与桩架顶部锚锁装置调整不及时,以及船体摆动大等原因,致使开打后不久就出现斜率偏大(达到 9:1)施工困难的局面。在此情况下,只好暂时停工,分析原因,并围绕如何固定桩架、保持斜率不变制定技术改造方案。通过在“龙口”和桩架顶部设定位锚固装置,同时加强船舱压重和紧固缆索措施,再次施打,终于使俯打斜率满足了设计要求。

实例三:断桩事故处理

如果设计计算、地质勘探、施工程序都是合理、正确的话,那么出现断桩,就应从更深层次分析原因。如:桩基本身的强度是否足够,施工时锤击力或是锤击次数是否过大,土层的压缩模量和实际选用的打桩机或是桩型是否匹配等等。

2004年8月31日,当施工单位开始施打8#墩(主航道主墩水深10 m)第一根 $\phi 800$ PHC管桩(57 m直桩)时,突然在第一节桩与第二节桩接头处出现断桩,即:整个第二节桩全部滑落到水中,强大的冲击力使管桩自由落体扎入河底4 m深度(见图3)。事故发生后,施工单位立即组织对断桩进行打捞,经对打捞上来的断桩进行检查,发现断桩处主要在接桩缝位置,而上、下桩法兰盘接头完好无损,包括桩头也完好无损,没有断裂痕迹。

断桩原因分析:当第一节桩和第二节桩接桩以后,由于河底至桩顶自由长度过大(超过23.5 m),以至在10 t锤的锤击下,桩身发生剧烈震动,由此产生水平剪力,使桩身最薄弱的部位,即上下桩桩头焊缝位置每锤击一次,水平剪力就冲击一次,久而久之,当焊缝强度不足以抵抗强大的水平剪力时,即出现断桩事故。

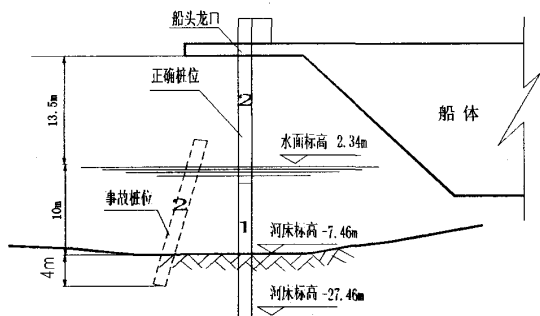


图3 8#墩断桩事故示意图

补救措施:事故发生后,业主、设计、监理、施工方共同讨论认为,8#墩是航道中心水位最深的一个墩,由于水深浪急,再加打桩深度要到-57 m,而实际上第一根桩只打到-27.46 m接桩部位就已经吃不消出现断桩,并且桩的锤击数达到1 960锤,超过了PHC桩当自由长度大于10 m时承受1 500~1 800锤的极限值,据此各位专家又结合7#墩和9#墩打桩情况进行综合分析。7#墩和9#墩同样是水中墩,但由于两墩离河岸较近,水深只有3~5 m,桩基入水的自由长度相对较短,所以锤击数最高达到2 600锤,打桩相对比较顺利。而8#墩,不但桩基入水自由长度长,而且锤击已经达到极限,据此,大家一致认为,如果一定要桩基进入⑧2层,达到设计标高值,就必须更换桩形,即采用相同直径钢管桩,因为这种桩

不但接桩次数少,而且桩的抗冲击能力强,最高可达4 000锤,否则,如果继续使用PHC桩,很可能还会出现断桩和打不下去的情况。

换桩效果:事实证明,8#墩由PHC桩替换成钢管桩后,不但打桩顺利,而且打桩的工期也比其它桩基要快,说明大家对当时断桩情况的分析还是比较客观和正确的,对事故的处理及时、完满。

4 工后体会

4.1 打桩机问题

斜塘河大桥在打桩问题上的许多做法值得研究总结,尤其是PHC管桩斜桩的施打,我们的体会是:如果在水中施打,最好还是采用专业打桩船进行施工。这样,一可以保证工期,二对设计所要求的各项技术指标容易控制。当然,在工程中若确实遇到如打桩船进不了港或找不到专业队伍的情况,也可以参考斜塘大桥的做法,但在具体施打之前,一定要摸清水的流速,桩入水后的自由长度,并切实做好压舱、紧索、船头“龙口”改造等防控措施。用驳船和DM100柴油锤组合成打桩设备施打斜桩,对我们也是第一次,此法费时费力,虽然最后圆满完成任务,但毕竟是无奈之举,在现代技术发展如此迅猛的今天,如果有更先进的技术设备,应当首先考虑新技术和新设备的应用。

4.2 对斜桩设计的几点看法

桥梁设计中在什么情况下采用斜桩,尽管在教科书中已有论述,但根据笔者多年工程经验,认为有以下几个条件可以作为参考。

第一,当桥基处在潮汐变化比较大的海滩或海河相通的水道时,因桥梁很容易受大风和浪潮的侵袭,对桥墩的稳定性构成威胁,此时可考虑采用斜桩。

第二,采用连续梁结构,主孔跨度 >100 m,上部荷载较大,而河道上桥墩纵桥向承台尺寸受限,不宜扩大,此时为减少桩基根数,可考虑设置斜桩,以提高桩基承载力。

第三,桥梁所处河道航运繁忙,有超大型船只(100 t以上级)频繁通过,存在对桥墩的撞击危险,此时可考虑设置斜桩,增强桥墩的稳固性。

第四,在山区或是水流速度超过2.5 m/s的河段,由于水流冲击力巨大,使河床冲刷严重,很容易对桩基构成威胁,故从桥基的稳定性和抗水平冲击力考虑,采用斜桩比较适合。

4.3 加强对方案设计的审查

围绕斜塘桥打桩施工,曾出现多种不同意见,议论最多的就是象斜塘桥这样主孔跨度不足100

厦门同安湾大桥桩基防腐措施与施工

吴学良

(厦门市市政建设开发总公司,福建厦门 361004)

摘要:桩基的腐蚀是桥梁工程建设中的一个重要问题。该文通过分析桩基工程中钢筋混凝土的腐蚀机理,介绍了厦门同安湾大桥桩基防腐措施及施工情况。

关键词:桩基;腐蚀;高性能混凝土;防腐施工

中图分类号:U445.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)06-0093-03

1 概述

同安湾大桥位于厦门市东部同安湾海域,为厦门外环快速路的一部分,其设计基准期为100 a。桥梁全长2 528.2 m,全宽32 m,双向六车道,横向分为左右幅。主跨径组成为60 m+3×100 m+60 m的变截面预应力混凝土连续箱梁,引桥采用30 m和40 m跨径布置的等截面预应力连续箱梁,共14联。全桥桩基均采用混凝土标号为C35的钻孔灌注桩,桩径为1.2~2.0 m,共328根。因桥址处于亚热带海洋环境区,并受半日型潮汐影响,区域内的海水对构件混凝土及混凝土内的钢筋具有强腐蚀性,若不对构件采取相应的防腐技术措施,将直接影响大桥的使用寿命。

在同安湾大桥所有构件中,桩基所处环境最为恶劣,其顶部6 m属水位变动区及浪溅区,其余均在水下区,属腐蚀破坏最严重区域,加之钻孔灌注桩的混凝土在水下靠自重密实,其密实性比经过振捣密实的混凝土差,因此作为大桥基础的桩基防腐显得尤为重要,除对桩基混凝土本身采取措施外,同时还需对桩基采取附加防腐措施以解决桩基防腐问题。本文主要介绍同安湾大桥桩基的防腐技术措施。

2 桩基腐蚀原因分析

桩基是混凝土与钢筋的复合体,它的腐蚀形态可分为两种:一是由于混凝土的耐久性不足,其

本身被破坏,同时也由于钢筋的裸露、腐蚀而导致整个结构的破坏;二是混凝土本身并未腐蚀,但表面有裂缝或由于外部介质的作用,导致混凝土本身化学性质的改变或引入了能激发钢筋腐蚀的离子,从而使钢筋表面的钝化作用丧失,引起钢筋的锈蚀,由于铁锈膨胀,使混凝土保护层沿着锈蚀的钢筋形成裂缝。这些裂缝进一步成为腐蚀性介质渗入钢筋的通道,加速了钢筋的腐蚀。等到混凝土表面的裂缝开展到一定程度,混凝土保护层则开始剥落,最终使桩基丧失原有承载能力。

在本工程中引起第一种腐蚀形态的主要原因有:混凝土碳化、钢筋保护层不够。混凝土的碳化是混凝土所受到的一种化学腐蚀,空气中二氧化碳渗透到混凝土内,与其碱性物质起化学反应后生成碳酸盐和水,使混凝土碱度降低,当碳化超过混凝土的保护层时,在水与空气存在的条件下,就会使混凝土失去对钢筋的保护作用,钢筋开始生锈。若保护层不足或钢筋裸露,钢筋立即开始锈蚀。

引起第二种腐蚀形态的主要原因有:施工产生的混凝土表面裂缝;桩基所处环境遭海水浸泡,海水中存在大量的卤离子(如 Cl^- 、 I^- 、 Br^-),对钝化膜有特殊的破坏作用,它们在钢筋保护层不被碳化或中性化的情况下也可以破坏钢筋钝化膜,使腐蚀过程得以进行,特别是氯离子,其半径很小,穿透力强,很容易吸附在钢筋阳极区的钝化膜上,取代钝化膜中氧离子,使钢筋起保护作用的氢氧化铁变为无保护作用的氯化铁腐蚀钢筋,这种坑蚀或局部腐蚀对结构的危害较大。

3 桩基防腐措施选择

收稿日期:2006-05-15

作者简介:吴学良(1972-),男,福建漳州人,工程师,现从事市政道桥工程项目管理工作。

m的桥梁,如果不打斜桩行不行,针对这样一个问题,作为施工方的确很难回答,因为施工的依据就是图纸,而图纸又取决于设计方案。如果仅以我个人的意见,认为不打斜桩完全可以。因为从斜塘河上、下游已建桥梁看,大部分都是直桩,况且经过

长期使用,这些桥梁状况都非常好。所以通过斜塘河大桥的施工,我认为,设计人员在确定设计方案时,一定要多做调查,既要考虑工程造价,又要考虑施工难度,只有既经济,又合理的方案,才是最佳方案。