

文章编号:1006-7329(2001)05-0071-05

泉州刺桐大桥主桥墩及桥台施工技术

许四发¹, 贝 沆²

(1. 中港集团第二航务工程局, 武汉 430014; 2. 中港二航四公司, 芜湖 241001)

摘要:泉州刺桐大桥位于入海口河段,最大潮差达4 m,地质情况也比较复杂。本文比较详细地介绍了泉州刺桐大桥主桥墩桩基和承台施工技术,包括施工程序、施工工艺、施工主要技术参数选取、事故处理等,可供类似工程参考。

关键词:桥墩; 桩基; 施工程序; 施工工艺

中图分类号:U443.15

文献标识码:B

1 工程概况

刺桐大桥是泉州市跨越晋江接省道306线的公路桥,是缓解泉州交通繁忙的重要通道之一。该桥宽27 m,上、下行分离式布置,主桥上部结构为90+130+90 m的预应力连续刚构。主桥共4个墩台,其中19[#]、20[#]主墩位于水中,18[#]、21[#]边墩位于江堤侧浅滩上,两个主墩基础各为24根 \varnothing 1 500的钻孔嵌岩桩;边墩基础为12根 \varnothing 1 500的钻孔桩。水中主墩承台厚3.5 m,由二个独立墩台构成,平面尺寸为15 \times 11 m,边墩平面尺寸为7 \times 11 m。

该工程95年5月18日开工,总工期18个月。主桥基础及承台施工是确保总工期的关键,本文对主墩钻孔桩基础施工情况及主墩承台施工情况作一简要介绍和总结。

2 钻孔桩施工

2.1 施工条件

主桥墩位处地质复杂。从地质资料可以看出南北主墩地质情况差异较大,北主墩处卵石层较厚,而南主墩地层中含有孤石。另外,主桥墩桩位钻进入强风化层达10~20 m,且桩尖要求嵌入中~微风化岩1.5 m以上。

根据各墩位所处的位置情况,采用了不同的施工方法。位于水中的两个主墩采用水上施打钢管桩支承施工平台,架设钻机钻孔;而位于江堤侧浅滩上的边墩采用回填土筑岛施工方法来进行钻孔施工。以下主要介绍主墩施工情况。

2.2 施工程序

主墩钻孔桩施工程序如下:

施工平台架设 \rightarrow 钢护筒制作及沉放 \rightarrow 钻机就位 \rightarrow 泥浆配置、泥浆系统布置 \rightarrow 钻机成孔 \rightarrow 一次清孔并检测 \rightarrow 吊装钢筋笼 \rightarrow 二次清孔并检测 \rightarrow 浇注水下混凝土 \rightarrow 成桩检测。

2.3 平台施工

主墩均位于水中,其基础为24根直径1 500 mm钻孔灌注桩。工作平台由万能杆件拼装而成,其尺寸为32 \times 22 \times 2 m,钢平台采用钢管桩作为承重基础,钢管桩与钢护筒不发生联系。钢管桩的壁厚取10 mm;经桩的承载力验算,北主墩平台的钢管桩桩长取25 m,南主墩平台的钢管桩长取27

• 收稿日期:2001-08-30

作者简介:许四发(1963-),男,安徽桐城人,高级工程师,主要从事桥梁、港口等施工技术与管理。

m。

钢平台安装后,在上面顺江向铺 I 28 工字钢,并将其铺在万能杆件节点上,钻机利用滚筒在这些工字钢上行走。工字钢上还须铺一层木板,作为施工工作面。

2.4 施工工艺

2.4.1 钢护筒施工

设计文件指出设计通航水位为 4.72 m,施工水位+3.0 m,而根据泉州水文分站 90~94 年水位观测资料,最低水位为-0.399 m,最高水位达+5.961 m,因此,钻孔平台顶标高取+7.33 m,而钢护筒顶标高为+7.32 m,其内径为 1.756 m,外径为 1.78 m。

根据南北主墩不同地质情况确定,要求南北主墩护筒底标高分别为-18.00、-16.00。护筒沉放用起重船施工,采用 D Z 150 型振动锤沉至设计标高。

2.4.2 钻机选择及布置

根据地质资料,本工程采用正反循环回转钻机成孔,膨润土泥浆护壁,每个主墩投入三台钻机,共计六台。其选择如下:GF-300/9 m×4.5 m 1 台;GF-200/9 m×4.5 m 2 台;GF-220/9 m×4.5 m 2 台;GPS-30/6.09 m×4.57 m 1 台。

每个主墩三台钻机在平台上顺江方向间隔桩位进行钻进成孔,避免邻近孔连续钻进对新成桩混凝土质量的影响。

2.4.3 泥浆配制及循环工艺

根据地质勘探报告,北主墩处卵石层较厚,因此在钻孔前要人工造浆,用膨润土加 0.5% 纯碱,0.35% 的泥浆处理剂聚丙烯酰胺加清水在钢护筒内正循环搅拌而成;南主墩采用自然造浆护壁施工,并备膨润土作为应急处理,泥浆的性能根据地层条件应符合表 1 所列指标。

表 1 泥浆性能指标

项 目	比 重	含砂率	粘度(s)	胶体率
一般性能指标	1.10~1.25	<4%	18~22	>95%

主墩泥浆循环系统利用已沉放的钢护筒作为泥浆池和沉淀池,通过用 83 钢板制成的溜槽,将垂直桥轴线方向的 6 个护筒连成一体,循环使用,用一根钢护筒作泥浆池,两根钢护筒作沉淀池。施工过程中,一个护筒进浆沉淀,另一个护筒关闭清渣,转换使用,清渣采用 3PNL 泥浆泵进行。

2.4.4 钻孔

钻孔中采用减压钻进方法,以保证成孔的垂直度,配备泥浆泵及时向护筒内补充泥浆,始终保持孔内泥浆面高出水面 1.5~2.0 m,以实现护壁作用并经常测定孔内泥浆指标,做好记录,及时调整。钻孔时,在非岩层中用刮刀钻头;进入岩层后改换牙轮钻头。

2.4.5 清孔

钻孔完成后,经测量检查达到设计标高,并经监理工程师确认,即可进行清孔,一次清孔利用钻机的反循环系统的泥浆泵持续吸渣 5~15 min 左右,将孔底钻渣清除干净,一次清孔结束后,迅速拆除钻杆、钻头,安放钢筋笼,再下放导管,检测孔深,如孔底沉渣厚度或泥浆性能超出规范要求时,须进行二次清孔。

2.4.6 钢筋笼沉放

钢筋笼在江边场地加工,由浮吊吊放。为保证钢筋笼不变形,钢筋笼分三节制作,每节长度在 18~19 m 内,起吊时采用两点吊。

2.4.7 混凝土浇注

根据施工条件选择不同的浇注工艺。北主墩混凝土浇注由岸上 HBT60 型拖式泵连接栈桥上的输送管进行泵送,混凝土由 2 台 6 m³ 混凝土运输车输送。南墩混凝土因当时南岸施工用地尚不具备,混凝土由北岸通过水运至南岸现场,2 台 6 m³ 混凝土运输车分别运送混凝土至北岸江边的

临时码头,通过溜槽放入装在机动船上的料斗内,由浮吊吊运。钻孔桩水下混凝土采用内径为 $\varnothing 250$ mm 快速接头导管无球塞竖管法浇注。导管使用前要做水压试验,封孔混凝土采用4方集料车(正常浇注时采用1.5方料斗)。混凝土在浇筑过程中,导管埋深应控制在2~6 m,利用钻机钻架提升料斗和导管,经常测量混凝土面高度并结合理论计算,控制埋管深度,任何情况下,导管埋深不小于1.5 m。

2.5 事故处理

2.5.1 18[#]桩断桩事故

19[#]墩18[#]桩长54.68 m,桩径1.5 m,在灌注混凝土过程中导管断落,另下一套导管继续浇注混凝土形成约6.4 m长的缺陷段。缺陷部位在-29.06~-35.47 m间。据对现场混凝土浇注记录及其它因素分析,其原因是:①导管未做水压试验。②导管埋深过大。当时导管埋深已达9 m多。③导管内的混凝土通过不畅,操作人员经常推晃导管,以使混凝土顺利灌注,由于导管近50 m长,其刚度较差,多次晃动致使导管损伤,造成断裂。

事故发生之后,经与设计、监理及业主商谈,采取注浆补强方案来处理18[#]桩。处理后检测效果良好。

2.5.2 3[#]桩卡钻事故

19[#]墩3[#]桩自开钻以来,一直较为顺利,当钻孔深49.1 m,即标高-41.8 m时,提钻检修,只提起1~2 m,钻头卡住,并将钻杆扭断,致使钻头、配重块及部分钻杆沉落孔底,造成事故。

卡钻原因是3[#]桩位所处的位置比较复杂,钻孔时孔有点倾斜,致使钻头卡住,无法提出。处理方法:采用特制大口径管状钻头并配大口径钻进行扩孔底,然后提钻。扩孔钻头较大,原钻头直径为1.46 m,扩孔钻头直径为1.55 m,由于沉渣较多,需每隔一段时间清孔一次。该方案较成功,最后钻头、配重块很顺利地提了上来。

2.6 质量情况

经过质检站对主桥所有桩进行动测、超声波测及抽芯检验表明,主桥大部分桩为Ⅰ类桩,其余均为Ⅱ类桩,Ⅲ类桩没有。

3 主墩承台施工

3.1 施工条件

刺桐大桥桥址位于晋江入海口处不远,潮汐影响甚大,日潮差最大近4 m。主墩承台顶标高只有0.5 m,底标高为-3 m,而最高潮位可达4 m以上,在涨落潮时,潮流流速也较大,最大流速达3 m/s以上,都对施工造成一定难度。

根据以上条件,为了使水上施工作业尽可能避开潮汐的影响和压缩施工工期,对主桥主墩承台施工方案,进行综合考虑,决定采用套箱施工方案。套箱采用陆上加工拼装,整体吊装工艺。

3.2 施工程序

钢套箱加工→工作平台拆除→吊装钢套箱→防撞系统及压梁安装→封底混凝土浇注→抽水、切割钢护筒→桩顶处理→钢筋绑扎→承台混凝土浇注。

3.3 钢套箱设计与加工

钢套箱分别由箱体、支撑、防撞体系组成,箱体平面尺寸与承台外部尺寸相同,取设计水位为+4.5,套箱顶标高为+5 m,底标高为-4 m,套箱承受最大水头为8.5 m。考虑到套箱承受水压较大,底板设计采用槽钢[28b构成2×2 m的网格;侧面用 $\angle 75 \times 75 \times 8$ 的角钢作为竖向分布加劲肋,水平环状主加劲肋采用I 36b、I 25b的工字钢,侧板及底板均采用6 mm钢板,内撑系统是承受侧向水压力的主要结构,共分四层,采用槽钢制成箱梁。底板开孔根据设计桩位和实测护筒偏位情况而定。

因晋江上常有船只失控,顺江而下,而套箱设计时未考虑防撞能力,需要在套箱外围设置防撞系统。防撞系统利用钻孔平台留下的支承桩作为主要受力桩,桩之间用上、下两层防撞梁联系,形成一个方框结构。

根据工期要求,套箱在陆上加工,设计时考虑到充分利用起重船的起重能力,将套箱分作两节加工,下节5 m,连同底板,重量不足60 t,底板与侧板间采用焊接;上节4 m,重约30 t。套箱只作一次性作用,不考虑周转。套箱加工好后,起重船在水上直接起吊,安装就位,施工操作方便。

钢套箱定位采用吊牛腿,只布置于护筒的四个角上,共16个吊牛腿;当钢套箱定位后,将拉压杆焊接在护筒上,共96根。拉压杆将承受封底后水的浮力及承台混凝土浇筑时混凝土的重量。

3.4 钢套箱吊装前准备工作

1) 主墩桩基检测以后,切除钢护筒,切割的部位在+4.5 m;由于钢平台中间一根支承桩比套箱底标高,需要拔除。

2) 加工防撞梁并安装就位,然后将承台轴线位置测设在防撞梁上。

3) 钢套箱制作质量要求较高,制成后,要对平面尺寸、平整度及焊缝质量进行检查,水头下焊缝不漏水。

4) 底板的开孔视护筒偏位和倾斜情况而定,测量人员在平台拆除前后,各测一次护筒的平面偏差和倾斜度及倾斜方向确定实际桩位,并根据测量结果及设计墩位进行开孔,必要时可将底板主加劲肋挪位,以确保开孔位置,便于套箱顺利沉放。

5) 在套箱侧板上开若干个孔,安装盲板,浇注封底混凝土时,打开盲板,使内外水压差为零,保证封底成功。

6) 拉压杆主要承受水的浮力及承台混凝土的重量,每根护筒上八根,采用I14工字钢和 $\angle 100 \times 100 \times 10$ 的角钢制成。

7) 吊装套箱前进行吊牛腿加工及安装。在拉压杆焊接前吊牛腿不仅承受下节套箱的重量,而且要确保套箱的竖向定位。

3.5 钢套箱吊装

当一切准备就绪后,可以开始吊装钢套箱,考虑到浮吊的起重能力及吊杆长度,起吊时水位不小于2.5 m。当浮吊定好位后,就开始起吊下节套箱,吊起后移船,要求船体平稳;当浮吊就位后,带紧锚缆,调整扒杆角度,使扒杆轴线基本与承台轴线重合、对位,使护筒与底板孔位相对,将套箱沉放至设计标高。测量承台轴线与套箱轴线重合后,再解除浮吊吊缆,并趁低潮时将套箱与防撞梁相联。顶节套箱安装难度较小,只是上、下节套箱焊接及拉压杆焊接要求较高,这些必须在低水位时才能进行。

3.6 箱内堵缝和封底

套箱沉放前,考虑到钢护筒的偏位会对套箱的沉放造成一定的困难,底板的孔一般都较大,因此封底需将缝隙堵注,避免混凝土的流失。堵缝用袋装混凝土,袋子宽度5~40 cm,由潜水工潜水作业。

封底混凝土采用二航局科研院研制开发的离析混凝土,混凝土标号为20#,配合比为0.6:1:0.99:1.36,掺离析剂PN 1.7%,并掺合外加剂 Na_2SO_4 1%,三乙醇胺0.04%。浇筑时采用吊斗接导管,多点分布。浇筑过程要控制浇筑混凝土的表面标高。

3.7 排水及绑扎钢筋前准备工作

当封底混凝土达到一定强度时,可进行抽水,抽水前要先将盲板封住,套箱排水量大,又加上个别地方渗、漏水,因此要加强抽水的能力。

由于受抽水机具及封底因素影响,套箱仍有小部分积水排不出去,可通过凿排水沟、集水井,用潜水泵排出。对护筒周围及套箱侧板处渗水,要采取适当的防渗措施。

抽完水后,需进行第二次切除钢护筒,可在护筒顶端割两个小孔,穿入钢丝绳,从-2.85 m处

将钢护筒割断,并将底段(约1 m高)的护筒剖开,然后用浮吊吊走。

在浇筑钻孔桩时,为保证桩顶质量,在桩顶设计标高以上加灌了1 m高混凝土,这段混凝土在护筒截除后用风镐凿除,碎渣用清水冲洗干净;对水下浇注的封底混凝土表面高的应凿除,低的地方用砂浆抹平。所有碎渣用吊斗通过浮吊吊出套箱。

3.8 承台施工

1) 承台钢筋绑扎及预埋件安装:承台钢筋加工直接在江边场地进行。为了加强承台大体积混凝土的散热,在绑扎钢筋时,预埋冷却水管,共两层,采用 $\varnothing 48$ 的钢管。又考虑墩身及上部结构施工需要,在绑扎钢筋时要预埋一些构件,预埋件部位、标高要求准确。

2) 承台混凝土的浇筑:承台混凝土方量较大,每个承台有578方,采用一次浇筑完成。

对南北岸不同的施工条件采用不同的浇筑工艺。北主墩承台采用一台HBT60型拖式泵和一辆泵车,通过施工栈桥接输送管泵送入仓,混凝土由3台6方的输送车运送;南主墩由于受南岸搅拌能力的限制,要从北岸水运混凝土,针对这种情况,采用一台HBT60型拖式泵与吊斗相结合的施工方法,南岸搅拌的混凝土通过栈桥输送管用拖式泵直接泵送,北岸搅拌的混凝土由输送车送至临时码头,通过溜槽装入有3只料斗的混凝土输送船水运至南墩,用浮吊吊灌入仓。

4 结语

从1995年5月18日打北主墩平台第一根支承钢管桩开始,经7个多月施工,主桥所有桩基及承台都已结束。由于方案合理,准备充分,措施得力,进度、质量都令人满意,受到有关方面的好评。

由于承建同类型大桥的经验不足,在基础及承台套箱的设计加工中也走了不少弯路,如内支撑与护筒、钢筋的衔接;钻孔过程中对实施细则之外的一些突发事件准备不够等。因此,在以后施工中可以不断改进,以取得更好的效果。

参考文献:

- [1] JTJ041—2000.公路桥涵施工技术规范[S].
- [2] 交通部第一公路工程局.公路施工手册·桥涵(上册)[S].北京:人民交通出版社,1992.

Construction Technology for the Main Bridge Pier of Citong Bridge in Quanzhou City

XU Si-fa¹, BEI Hang²

(1. The Second Bureau of Harbor and Channel Engineering, Wuhan 430014, China; 2. The No. 4 Company of Second Bureau of Harbor and Channel Engineering, Wuhu 241001, Anhui Province, China)

Abstract: The Citong Bridge is located in the river estuary section with 4 meter tide range and mixed geological structure. In this paper, the technique for construction of the main bridge pier was presented in detail, which consists of the construction process, technological requirements, main construction parameters and amendment on defects. It is of great value for reference to the similar works.

Keywords: bridge pier; piles; construction process; construction technology