

长荆铁路汉江特大桥桩基、承台施工的有关技术

周 晗

(中铁十一局集团一公司,湖北 襄樊 441104)

摘 要:简要介绍了长荆铁路汉江特大桥深水桥梁基础中各种不同地质条件下钻孔桩和承台的施工技术。

关键词:长荆铁路;汉江特大桥;钻孔灌注桩;承台

中图分类号:U445.55⁺1 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2004)03-0014-03

1 工程概况

长荆铁路汉江特大桥全长 3968.4 m,主桥为一联五跨(56+3×100+56 m)双向预应力混凝土连续箱梁,引桥为多孔铁路标准梁。主墩基础为 6 Φ 2.2 m 钻孔灌注桩加承台基础。桩长 31.5~39.0 m 不等,承台尺寸 12.9 m×8.29 m×3.0 m。墩身为圆端形板式墩。梁部为单箱单室结构。主墩位于汉江主河道深水区,水深 9~14 m。桥址处地质情况为:主河床表层为粉细砂,厚 9.25~14.6 m,灰褐色~黄褐色,多为饱和状,稍密~中密,结构松散, $\sigma_0=120\sim180$ kPa;其下为卵石土、圆砾土,厚 5~12.8 m, $\sigma_0=400$ kPa;基岩为泥岩,风化严重~颇重, $\sigma_0=400\sim600$ kPa,部分墩位处基岩为强风化灰岩,有溶洞, $\sigma_0=20\sim60$ MPa。

2 桩基础钻孔施工

主墩桩基础施工根据现场的情况采用打设水上固定平台,平台以 Φ 0.8 m 钢管桩打入河床中作为支撑,钢管桩顶部搭设工字钢纵横梁作为承重体系,钢管桩之间设横向联系,平台上铺设轨道、枕木,安装钻机进行钻孔桩施工。

2.1 钻机选择

根据主桥墩位处的地质情况,大桥主桥的钻孔桩基础施工选择 QPS20 型反循环钻机,其性能为:钻孔直径 0.8~2.5 m,钻孔深度 50~100 m,转盘扭矩 41.2 kN·m,主电机功率 37 kW。用于本桥钻孔施工时配备两种类型的钻头:一种为笼式刮刀钻头,用于粉细砂、卵石土、强风化泥岩地层的钻进;另一种为牙轮钻头,用于基岩的钻进施工。

2.2 粉细砂地层钻进

粉细砂地层条件下的钻孔施工,主要存在孔壁

易坍塌和泥浆渗漏的问题。本桥桩基础施工时,由于粉细砂层覆盖太厚,虽然采用打入长钢护筒的方式进行护壁,但限于护筒打入设备的能力以及经济方面的考虑,钢护筒的底部仍未超过粉细砂层的底部。钻孔施工时,为了稳定粉细砂层的孔壁采取了以下措施:

(1)控制泥浆性能。控制泥浆的性能主要控制其密度、粘度、胶体率。本桥粉细砂地层钻孔施工时,选用膨润土造浆,但仍有漏浆的情况发生,后采用按比例加入烧碱、水泥、锯末等措施以提高泥浆的护壁性能,并在施工过程中加强泥浆的密度、粘度和胶体率的检查,取得了良好的效果。泥浆的各项指标控制为:密度 1.2 kg/L 左右,粘度 <30 s,胶体率 $>95\%$ 。

(2)控制钢护筒的振动。本桥施工时在泥浆各项指标检查满足要求的情况下,仍然发生孔内泥浆面突然下降 2~3 m 的现象,通过分析及现场调查发现其主要原因是由于钻机固定不稳固,晃动较大,引起钻孔平台振动,又通过连接系统传递至钢护筒,当钢护筒振动时,其外围的粉细砂形成一个液化层,泥浆顺着液化层漏出。采取措施将钻机固定稳固并断开钢护筒与钻孔平台之间的联系后,没有再发生类似漏浆现象。

(3)控制钻进进尺。控制进尺的速度,确保泥浆护壁能跟得上。

(4)保持孔内水头压力。保持孔内外的水头压力差,孔内的水头始终高出河面 2.0~3.0 m。

2.3 泥岩地层的钻进

泥岩存在以下特性:遇水风化,形成粘性极强的胶状物糊在钻头上,导致钻杆扭矩增大,造成进尺困难,甚至使钻杆折断,本桥施工时采取了以下措施:

(1)采用扩孔钻进的办法,先用 Φ 0.8 m 钻头钻

收稿日期:2004-02-12

作者简介:周晗(1973-),男(汉族),湖北通城人,中铁十一局集团一公司工程部部长、工程师,交通土建专业(桥梁方向),从事施工及技术管理工作,湖北省襄樊市航空路,(0710)2861731,zhouhan-01@tom.com。

进,穿过泥岩层后用 $\varnothing 1.5$ 、 2.2 m 钻头逐步扩孔至设计直径,钻孔进度能得到很大的提高。

(2)用钢丝绳将钻头与钻杆绑在一起,以便发生钻杆折断时钻头不致脱落,易于打捞。

(3)采用减压钻进的办法,控制钻进压力值不超过钻头、钻杆总质量扣除浮力之后的 0.8 倍。

(4)勤于起钻检查,定期起钻检查钻杆、钻头情况,清除钻头上附着的泥胶等物;同时发现钻进异常时也应立即停止钻进,起钻检查。

2.4 灰岩(有溶洞)地层的钻进

有溶洞灰岩地质条件下的钻进,容易发生卡钻、掉钻、偏孔等现象,如洞壁有探出物(石笋、石钟乳等)还容易发生钻杆折断的事件,施工时采取了以下措施:

(1)根据设计文件弄清溶洞位置的具体标高,以便在接近溶洞位置时控制钻进钻压、转速及进尺。

(2)溶洞顶板处采用悬吊钻进的方法,即开动钻机的主卷扬机,吊住钻杆、钻头,使钻头处于一种近似无压的钻进状态。

(3)对于洞壁不侵入孔内且形状规则的溶洞,可以通过上下反复扫孔,清除洞内充填物成孔;对于洞壁侵入孔内或形状不规则的溶洞,溶洞顶突破后,宜先起钻,下小钻头清除溶洞内的填充物,然后灌注水下混凝土对溶洞进行填充,待到混凝土达到一定强度后,再进行钻孔。

2.5 水下混凝土的灌注

水下混凝土灌注是桩基础施工的重要环节,特别是在地质情况复杂、水上施工难度大、混凝土方量较大的条件下灌注水下混凝土,更应合理组织、科学安排、加强控制。

(1)按要求选配水下混凝土,现场注意控制混凝土的配合比、坍落度和和易性等。

(2)注意抓好各工序间的衔接,做到准备充分,并有可迅速启用的备用方案,尽量缩短空孔时间和灌注时间。

(3)灌注水下混凝土粉细砂层地质条件下的过程中应勤于量测孔内水下混凝土面的标高,掌握混凝土灌注情况,严防坍孔。

(4)溶洞地质条件下灌注水下混凝土,由于该处孔径较设计一般都偏大,所以灌注混凝土时应慎重提管拔管;导管埋入混凝土的深度较一般情况下要大一些,避免混凝土摊开向溶洞内充填时埋管深度不足;另外提管拔管速度要稍慢一些,以便溶洞得到充分充填。

3 承台施工

承台施工采用钢套箱围堰,钢套箱围堰由型钢与钢板焊接而成,内净空尺寸 $13.5\text{ m}\times 8.9\text{ m}$,外平面尺寸 $15.9\text{ m}\times 11.3\text{ m}$,总高度 14.5 m 。钢套箱在岸边工厂分节分块加工,在水上龙门吊临时平台上组拼,整体运至桥位处,起吊下水,下至河床后砂石泵抽砂下沉,到达设计位置后灌注水下混凝土封底,然后抽水、绑扎钢筋,浇注混凝土。

3.1 钢套箱浮运

钢套箱在水上龙门吊临时平台上组拼完毕,整体浮运至设计位置,然后用龙门吊吊起,拆去临时平台,准备下沉。

3.1.1 水上龙门吊构造

根据起吊质量,水上龙门吊起重能力定为 2000 kN ,由浮船和龙门吊两部分组成(如图 1)。浮船由 16 个标准舟节和 4 个分水节组成,舟节分两组布置(如图 2),两组之间采用 67 式标准梁连接以加强其整体性。龙门吊由立柱、吊梁、起吊系统组成。龙门吊立柱采用 4 组 83 式军用墩,墩高 16 m ,墩与舟节间采用自制连接件连接;龙门吊梁采用 4 片 64 式加强型军用梁(每两片一组),梁跨度 21.6 m ;滑车组由 4 台起重力 500 kN 滑车组和 4 台 50 kN 卷扬机组成。

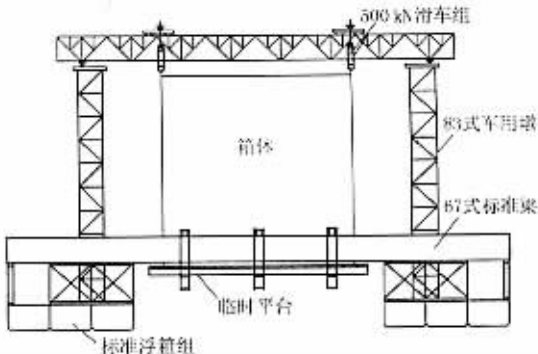


图 1 水上龙门吊布置图

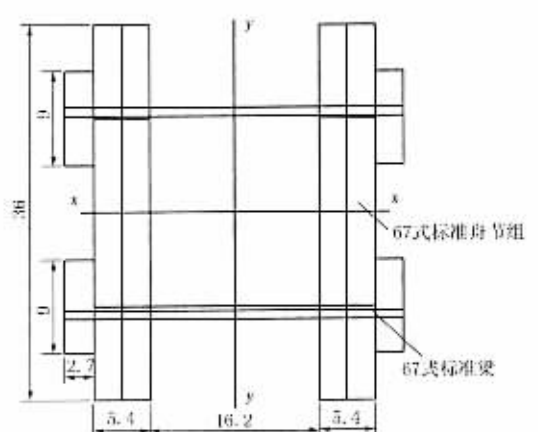


图 1 水上龙门吊浮船布置平面图

3.1.2 水上龙门吊的浮力、稳性检算

龙门吊浮力检算:

龙门吊总质量 $G_1 = 278 \text{ t}$

套箱质量 $G_2 = 140 \text{ t}$

16 个标准舟节和 4 个分水节吃水面积 $S = 405.8 \text{ m}^2$

总吃水深度 $H = (G_1 + G_2) / S = 1.03 \text{ m}$

舟节有效高度 $H_0 = 1.5 \text{ m}$

富余吃水深度 $\Delta H = H_0 - H = 0.47 \text{ m}$ (可)

龙门吊稳性检算(不考虑分水节的作用):

$I_x = 41990.4 \text{ m}^4$

$I_y = 42935.2 \text{ m}^4$

I_x 较小, 采用 I_x 计算其稳性。

稳心半径 $\rho_x = I_x / V = 41990.4 / 418 = 100.5 \text{ m}$
(V 为龙门吊船体的吃水体积)

总重心至浮心之间的距离 $a = 6.05 \text{ m}$

稳性高度 $H_x = \rho_x - a = 94.45 \text{ m}$

允许最小稳性高度 $H_{\min} = 0.15B = 4.05 \text{ m}$ (B 为浮船宽度 $B = 10.8 + 16.2 = 27 \text{ m}$)

H_x 远大于 $H_{\min}$, 整个龙门吊工作稳性是可靠的。

3.2 套箱下沉

提前将影响钢套箱下沉范围内的河床大致整平, 套箱下沉由水上龙门吊吊起, 使其沿着导向缓缓下沉, 至河床后, 用砂石泵导管在箱内均衡抽砂并辅以压重的方式, 使套箱均匀下沉至设计位置。

3.2.1 钢套箱下沉导向

套箱下沉需设导向装置, 以保证套箱下沉时位置的准确性。导向的设置以桩基础为依托, 在桩基上设置两层牛腿, 牛腿的前端设滚轮, 在套箱内壁设滑道, 滑道由 [30 槽钢制作, 扣于滚轮之上, 套箱下沉时, 滚轮沿滑道运动, 有效地控制套箱的位置。

3.2.2 下沉位置控制

钢套箱下沉位置的控制主要从两个方面来考虑, 一个是平面位置, 一个是标高。平面位置的控制通过导向并辅以箱内均衡除土使套箱均衡下沉来实现, 以套箱壁不侵入承台范围内为宜。箱体标高控制, 在套箱沉至接近设计标高位置时, 要暂停箱内抽砂, 对箱内土面作一次全面测量, 然后再进行抽砂, 使箱体均衡下沉至设计位置。核对平面位置、标高误差不超限后, 立即将箱体与桩基础进行固定, 并准备进行封底混凝土灌注。

3.3 水下混凝土封底

根据承台尺寸及桩基础的布置情况, 将承台划分为 6 格, 按顺序分别进行封底, 以保证封底的质量。

施工时, 每格在其对角设置 2 根导管, 同时灌注水下混凝土。一格灌注完毕即进行下一格混凝土的灌注。

3.3.1 封底混凝土厚度的确定

封底混凝土的厚度通过计算来确定, 封底混凝土的实际厚度等于计算厚度加修正值, 本桥修正值按 50 cm 选取。封底混凝土计算力学模式的选取: 取套箱内廓混凝土板, 视为四边简支的板, 验算其在均布荷载作用下的受力情况(均布荷载为箱底水头压力减去封底混凝土重力), 要求其受拉区的应力不超过封底混凝土设计标号的混凝土的容许拉应力。本桥通过计算确定封底混凝土厚度 2.5 m, 实际封底混凝土厚度按 3.0 m 控制。

3.3.2 封底混凝土施工

全面测量钢套箱内河床面标高, 当其与封底混凝土的底部设计标高偏差不超过允许值时, 就可以进行封底, 封底采用 C25 水下混凝土, 封底时注意保持箱内外水位一致或箱内水位略高。由于本桥承台面积较大, 为了保证质量, 封底时将箱内分成 6 格, 分隔采用钢板, 钢板两面焊接短钢筋以加强其与混凝土之间的连接。每个方格内在对角设 2 根导管, 灌注水下混凝土。灌注水下混凝土过程中随时量测混凝土顶面标高, 符合设计要求后, 移导管至下一格封底。制作封底混凝土试件, 在工地同条件养护, 作为控制套箱内抽水之用。封底混凝土强度达到设计强度的 80% 即可开始抽水。

3.3.3 封底渗漏处理

封底时, 在钢套箱边角部位、混凝土之间的交接面及混凝土与箱体之间的交接面容易出现孔眼、不密实、夹砂等情况而渗水漏水。对于渗水和轻微漏水可塞入棉絮等进行封堵处理。如较大漏水应采取堵漏措施进行处理。堵漏时应保持箱内外水头压力一致, 以保证漏水的位置无水流动。堵漏的方式多种多样, 本桥采用袋装干水泥堵漏的方法。先由潜水员摸清漏水处的情况, 然后用棉布制作各种规格的小布袋, 装入掺有微膨胀剂的干水泥, 干水泥为小布袋容积的 50%~70% 为宜, 然后将小布袋封口。除去渗漏部位的松散混凝土, 再用袋装干水泥塞死渗漏部位。一周以后可以抽水施工承台, 整个操作由潜水员水下完成。

3.4 承台施工

钢套箱内抽水完毕, 清理封底混凝土的表面, 使其表面平整、清洁。标高、平面尺寸符合要求, 然后立边模, 绑扎钢筋, 分层浇注承台混凝土。

(下转第 19 页)

的浇灌质量得到了很大的提高。

(4)接头干净,便于刷壁。

(5)提高了接头的止水效果。应用反循环技术后,槽底沉渣基本不存在,克服了地下连续墙槽段间的不均匀沉降所带来的接头漏水和接头错位等问题,再由于接头夹泥的减少,保证了接头的止水效果,提高了地下连续墙的质量。

(6)对地下连续墙的槽底进行了全面清底。传统的泵吸反循环清底只能利用混凝土导管进行 2~3 个点的清底工作,而气举反循环则可沿槽段的走向行走,可在槽段上任何位置进行清底,实现全槽段清底、不留死角。

(7)结构简单、工艺方便、易于操作、性能可靠。

(8)工程施工成本低,无易损件、无摩擦,机具维修保养方便。辅助设备配置简单,可以用通用设备代替专用设备。

5 存在的问题

(1)形成工作循环的初始压力过大。根据理论计算空压机的最大压力为 0.4 MPa,而形成循环的初始压力有时高达 0.7 MPa。因此,尽管形成正常循环时压力较低,但还是需要选择高压力的空压机设备。

(2)气举反循环配套设备的效率较低,能量消耗较多。砂石泵的效率为 0.4,空压机的效率为 0.4,那么总效率仅为 0.16。

(3)排渣管连接较困难。排渣管目前采用法兰连接,效率较低。今后考虑使用快速接头取而代之。

(4)吸渣口的标高难控制。由于排渣管在槽内部分都是使用钢管,利用机械式卡位,因此,吸渣口高度的控制还需改进。

(上接第 16 页)

4 结语

在本桥的深水基础施工过程中,我们按照既定方案,并根据实际情况及时作出调整,同时加强现场管理,实现了大桥基础的优质快速完成。我们总结出了以下几条经验:

(1)用同一钻机选用不同的钻头形式、钻进方式,可以很好地解决不同地质条件下钻孔施工问题,避免水上施工场地狭窄和运输、吊装不便的条件下同一桩基础施工更换钻机的麻烦,达到加快进度,节约成本的效果。

(5)稳定液管理难度较大。由于应用气举反循环技术进行稳定液的置换,因此槽底大量的稳定液被排到稳定液池中,必须要有一个较好的沉淀和再生环境,提高稳定液的管理水平,才能便于稳定液的重复使用。

(6)排渣管的堵管问题。排渣管的堵塞可分为如下几类:第一类是掺杂堵塞。在管道中,冲洗介质是一种紊流的状态,由于紊流介质的运动,各个方向掺混动量不一致,同时包围粘土颗粒周围稳定液水膜较厚,分隔作用较差,结果使粘土屑彼此之间呈随机脉冲地相互撞击而粘结成块,有可能在排渣管转弯处导致堵塞。第二类是机械堵塞。机械堵塞的内容较广,是各种机械堵塞因素造成的,如吸渣口的设计问题、地面输浆管路过长或管路弯曲曲率过小问题、大的泥团块堵塞问题、稳定液的密度过大、粘度过高问题等都是造成机械堵塞的原因。第三类是其他因素,如人工操作不当、地下连续墙槽段内掉入草袋等杂物等。

6 结语

在长春藤名品商厦地下连续墙工程施工中,气举反循环清底和置换稳定液的优越性得到了充分的体现。克服了传统工艺的诸多缺点,解决了地下连续墙施工中的技术难题,对地下连续墙技术的进步和发展起到了技术保障作用。

参考文献:

- [1] 耿瑞伦,陈星庆,等.多工艺空气钻探[M].北京:地质出版社,1995.
- [2] 李世忠,等.钻探工艺学[M].北京:地质出版社,1992.
- [3] 刘建航,侯学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.

(2)对于复杂地质条件下的钻孔施工,如粉细砂地层钻孔可通过控制泥浆的性能、减少对孔壁的扰动来保持孔壁的稳定;对于泥岩地层可采用逐步扩孔的方式提高钻进速度;对于灰岩有溶洞地层的钻孔,是钻孔施工中的难题,可以根据溶洞的具体情况采取不同的方法进行处理解决。

(3)使用制式器材组拼水上龙门吊,具有安全、高效、经济的特点,作为深水基础施工的设备是可行的。

(4)作为施工围堰设备,钢套箱的浮运、下沉、水下混凝土封底是承台基础施工的重要环节之一,施工过程中应有详细可行的操作方案。