

文章编号: 0451-0712(2005)09-0049-05

中图分类号: U443.15

文献标识码: B

淮河特大桥主墩桩基施工技术

徐继欣¹, 方 顶², 廖正根²

(1. 安徽省公路工程检测中心 合肥市 230022; 2. 中港二航局四公司 芜湖市 241009)

摘 要: 阜周高速公路09合同段淮河特大桥主墩桩基施工原方案拟采用钢管桩承重搭设钻孔平台进行钻孔施工,因许多大型机械设备无法进场,且耗资大、工期长,根据实际情况,对方案进行了优化,改采用主要以钢护筒承重搭设钻孔平台进行施工。此方案施工方便,进度快,且较原方案经济,取得了圆满成功。

关键词: 淮河特大桥; 主墩; 桩基; 施工

淮河特大桥,包括主桥和北岸引桥,其中北岸引桥跨越临淮岗大堤、蒙河和淮河水漫滩,全长1 065 m。主桥为59 m+100 m+59 m 预应力混凝土变截面直腹板连续箱梁,上部构造为双幅单箱单室箱形截面。下部构造采用大直径钻孔灌注摩擦桩基础,22号、23号主墩均采用16根直径1.8 m,长70 m桩基,孔深为85 m左右;16根桩基呈梅花状布置成3排,桩距为4.8 m。

淮河主汛期最早可能在6月初出现,而本工程桩基施工平台于3月中旬才正式开工,根据工程自身特点及施工总计划安排,在汛期前将两主墩桩基施工完毕(业主要求每个主墩至少成桩4根),以确保有桩渡汛,否则工期将耽误半年。为此,主墩桩基施工工期十分紧张。

收稿日期:2005-05-10

本工程跨越临淮岗大堤、蒙河、淮河北漫滩及淮河水航道,主墩混凝土及材料运输困难;临淮岗大堤工程早于本工程开工,当本工程开工时,临淮岗大堤工程正处于施工高峰期,这极大地影响了本工程的施工,受桥址下游截流的影响,原计划使用2艘50 t浮吊、400匹马力拖轮、打桩船和2艘400 t驳船等设备无法进场,致使主墩桩基原施工方案无法实现,加大了主墩平台的施工难度。

主墩平台原施工方案拟采用先施打32根长24.5 m的 $\phi 90$ cm钢管桩作为钻孔平台的支撑基础,然后通过钢管桩焊接钢护筒定位架沉放钢护筒,搭设钻孔平台。

由于受临淮岗大堤工程影响,原计划使用的浮吊、拖轮、打桩船无法进场,只好采用20 t组合式

Scheme Research on Integral Lift and Widen Alteration of Multiple Arch Bridge with 5 Spans

MAN Hong-gao¹, HONG Dao-quan², LI Qiao¹

(1. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Sichuan Provincial Institute of Highway Planning, Survey, Design and Research, Chengdu 610041, China)

Abstract: In terms of the characters of a multiple arch bridge with 5 spans, the research on schemes of integral lift technique, enhancing technique standard, widening and reform are carried out based on practical engineering. Through the method about using FEM to imitate the construction process and theory analyses, the results show that the scheme of integral bridge lift is viable from the technique.

Key words: multiple arch bridge; integral lift; strength and alteration; scheme

起重设备,而实际最大起吊能力不足 18 t,其起吊能力及吊幅均不能满足原方案施工要求;如果先将平台钢管桩全部施打好后,浮吊无法在平台外围将整根钢管桩安插到位,同时也无法在平台外围起吊 DZ150 振动锤进行施振。因而在现有的机械设备条件下,原方案不成立,由于工期紧,及时对原方案进行了调整。改为采用浮吊自身定位施打钢管桩作为平台主要支撑基础,然后在四周施打钢管桩辅助受力搭设平台进行施工。

1 钢平台设计及搭设

1.1 钢平台设计

在原方案的基础上,对钢平台设计进行修改,取消桩基中间 12 根钢管桩,直接采用钢管桩承重受力,四周钢管桩改为 $\phi 500 \times 8$ mm(单根长 18 m),平台顶标高由原来的 25.5 m 降为 24.0 m,修改后每个平台节省钢材 50 多 t。

修改后钢平台由钢管护、钢管桩、贝雷架(单幅贝雷架由单排组成,每两排之间采用剪刀撑联成整体)、钢管桩横梁、平联、牛腿、钻机轨道等组成。

每个主墩上安排 3 台 KP2000 钻机同时施工,为确保两相邻孔位之间不相互穿孔及结构受力安全,进行隔孔钻(并考虑了 3 台钻机同时施工时桩间距具有一定安全距离),根据上述原则对桩基钻孔顺序进行了合理安排。

1.2 钢管护、钢管桩结构设计

根据钻孔桩施工特点及地质情况,采用壁厚 11 mm、直径 2.1 m 的钢管护。根据实测水位及设计资料提供的施工常水位,并考虑到今后利用钢管护进行钢套箱现场拼装,护筒顶标高取为 +23.3 m,为防止钻孔时钢管护内的泥浆反穿孔,钢管护入土深度取为 7 m,实测主墩处基床标高为 +11.3 ~ +13.3 m,护筒底标高取为 +5.3 m,则护筒长为 18 m。为便于钢管护入土,在钢管护上、下两端各设置 30 cm 宽的加强箍。

钢平台的钢管桩采用 $\phi 500 \times 8$ mm、长 18 m 和 $\phi 700 \times 10$ mm 的钢管、长 16 m。

1.3 钢平台受力验算

钢平台设计时,对钢管护、钢管桩、贝雷架、钢管桩顶横梁、平联、牛腿、钻机轨道进行了受力验算及整体稳定性验算。受力验算时,不考虑施工的钢管护参与受力,并分别按照 2 种工况进行验算:(1)1 台钻机作用在单排贝雷架上;(2)2 台钻机同时作用

在单排贝雷架上。钢管护所能承受的最大压力按照钢管护承受单面摩阻力乘上 0.5 的折减系数;钢管桩所能承受的最大压力按照钢管桩承受单面摩阻力乘上 0.85 的折减系数。受力验算时安全系数 K 取值为 1.3,经验算钢平台各构件受力安全,钢平台整体稳定也能满足要求。

1.4 钢平台搭设施工工艺流程图

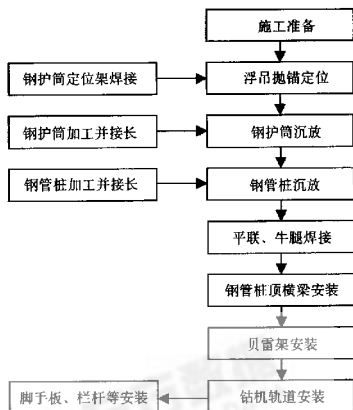


图 1

1.5 钢管护加工及运输

为便于运输,单根钢管护分 2 节在工厂制作;制作好后运至施工现场,由汽车吊起吊进行接长。钢管护起吊及运输过程中在两端用角钢焊接十字撑以减少护筒变形。在分节接头处一律处理成单面向外 V 形坡口。等 2 节钢管护接触紧密密贴线吻合后,才可进行焊接。焊接时 2 台焊机对称施焊,确保焊缝质量。

1.6 钢管护定位架安装

在浮吊抛锚定位前先将定位架焊接好,定位架焊接在浮吊的正前方。定位架比钢管护外径大 3 cm。

1.7 浮吊抛锚定位

浮吊采用 5 个长宽高为 1.2 m × 1.2 m × 0.8 m 的混凝土锚块进行锚固定位,每个锚块通过钢丝绳分别与 1 台 5 t 卷扬机进行连接,卷扬机固定在浮吊上。

浮吊先进行初步定位,后微调卷扬机进行精确定位。在定位过程中,测量人员全程跟踪观测、控制,确保浮吊定位好后,定位架的中心点平面坐标与桩心中心点理论平面坐标基本一致,其误差不得大于

5 cm。当插打好一根钢护筒,绞动卷扬机移动浮吊进行下一根钢护筒施打定位。

1.8 钢护筒振沉

起重船初步定位后,起吊钢护筒沿导向架安插到位(护筒处于悬吊状态),通过卷扬机将护筒精确定位后缓慢落钩着床,交会测量钢护筒的平面位置 and 垂直度,满足要求后脱钩;起吊 DZ150 振动锤安放在护筒顶端进行夹锤,再次交会测量,满足要求后缓慢松钩进行压锤,交会测量并通过钢丝绳校正钢护筒垂直度,然后开始点振(点振过程应缓慢,通过钢丝绳微调控制钢护筒),入土 3 m 左右后进行分次连续施振。在整个过程中进行跟踪控制,确保钢护筒沉放准确。护筒振沉到位后,钢护筒顶面孔口偏位小于 10 cm、倾斜度小于 1/100。

采用本方法进行钢护筒沉放,1 d 可沉放 6~10 根,且沉放的钢护筒能够满足规范要求,护筒偏位基本在 2~5 cm,倾斜度大多在 1/150 左右。

1.9 钢平台搭设

钢护筒及钢管桩施振好后,焊接平联和牛腿、安装钢管桩横梁,然后安装贝雷片。在贝雷片的下端用螺栓安装连接板,连接板与钢管桩横梁焊接成整体;在贝雷片的上端用螺栓安装若干连接板,在连接板上焊接 I32a 工字钢轨道,用型钢与钢护筒及牛腿焊接将贝雷片下口固定死。每 2 排贝雷架之间用角钢设置 7 道剪刀撑和平联。在贝雷架上端铺设脚手板,平台四周焊接栏杆。

2 钻孔施工

2.1 钻机安装、就位

主墩桩基为桩径 1.8 m、桩长 70 m(孔深为 85 m 左右)钻孔灌注摩擦桩,每个主墩由 16 根桩组成。每个主墩各投入 3 台 KP2000 钻机进行施工,KP2000 钻机性能见表 1。

表 1 KP2000 钻机性能

最大成孔 直径/cm	最大成孔 深度/m	最大扭矩 kN·m	功率/kW	出渣方式
300	100	43.8	45	正反循环

钢平台搭设好经现场检测合格后,方可安装钻机。钻机由方驳经水路拖运至施工现场,由起重船协助安装。钻机安装好后根据测量放置在平台轨道上的点和线调位,调好后再请测量组进行复核并精

确定位,然后请现场监理进行验收。验收合格后方可开钻。

2.2 泥浆循环系统及泥浆制备

(1) 泥浆循环系统。

泥浆循环工艺:钢护筒→沉淀池→旋流器除砂→泥浆池→返回钢护筒。

利用相邻的钢护筒作为沉淀池和泥浆池,用直径 300 mm 钢管将两钢护筒相连作为泥浆回路,旋流器除砂设置在沉淀池内;清理出的钻渣,利用泥驳运往业主指定地点弃渣。

(2) 泥浆制备。

成孔时为防止发生扩孔、塌孔现象,保持孔壁稳定,使用聚丙烯酰胺泥浆,具体操作如下。

原浆制作材料:将膨润土、纯碱及水制成原浆;按比例将 PAM、烧碱及水加入搅拌筒内搅拌而成,放置一定时间后待用。PAM 泥浆制备:在原浆中加入一定比例的水解 PAM 使两者充分混合即可,PAM 用量根据实际测试的泥浆技术指标而定,一般情况下,每 m³ 原浆中加入水解 PAM20~30 kg。PAM 泥浆具有良好的絮凝作用,失水量小,泥皮致密,护壁效果好。

2.3 钻进作业

由于本工程地质情况较好,地质结构大致为:10~20 m 的亚粘土和中密状粉细砂、20~25 m 亚粘土和粘土、再往下为密实状中砂和粉砂并夹半坚硬粘土。采用三翼式合金钢钻头无配重泵吸反循环钻进。因为无配重作业,钻进要严格控制钻速、钻压,以防止斜孔。在钻进时要注意以下问题。

(1) 钻进过程中注意孔内补充泥浆,维持泥浆面高度高于施工水位 1.0~2.0 m。

(2) 在粘性土层中钻进时采用中低转速、低钻压钻进,适当控制进尺及加强扫孔,以防孔壁发生缩径等现象。在钻进过程中注意排渣与进尺速度的匹配情况。

(3) 接拔钻杆时,停止钻进后,将钻具提高孔底 8~10 cm,维持泥浆循环 10 min 以上,以清除孔底并将管道内的钻渣携出排净,然后停泵接拔钻杆。

(4) 钻孔过程应连续操作,不得中途长时间停止。

(5) 详细、真实、准确地填写钻孔原始记录,钻进中发现异常情况及时上报处理。钻孔时要注意对地层加以观察与地质资料相比较,如实际地质资料与设计所用的地质资料不符,要及时报设计单位对桩

基重新验算并做相应的设计变更。

(6)当清孔符合要求之后即可提钻。提钻时升降钻具应平稳,尤其是当钻头处于护筒口位置时,必须防止钻头钩挂护筒底口。

2.4 成孔验收及清孔

在钻孔达到设计要求后,对孔深、孔位、孔径等进行检查。确认满足设计要求,填写“终孔验收单”,经现场监理工程师验收认可后,立即进行反循环清孔,避免隔时过久以至泥浆沉淀,引起孔壁坍塌。

清孔时应控制孔内泥浆指标:泥浆比重在1.03~1.10之间,粘度在17~20 s之间,含砂率<2%,胶体率≥98%。严禁使用超钻的方法代替清孔。孔底沉渣应用测锤测试,测绳使用前用钢尺校正。现场另配制钢丝绳测锤,用于检测孔深,同时利用钻杆长度校核。

3 钢筋笼的制作与安装

钢筋笼在钢筋车间下料,用加长板车运至临时码头附近,在钢筋笼胎膜上分节制作。根据桩长、浮吊起吊高度及钢筋定尺长度将钢筋笼分为6个节段,各节钢筋笼在孔口逐节连接成整体。钢筋笼主筋采用双面搭焊连接,接头错开布置,每个接头数不超过主筋的50%。两接头的间距不小于1 m。每节钢筋笼制作完毕,在钢筋笼骨架上每隔2 m沿圆周方向等距焊接4根定位钢筋,钢筋笼的存放位置要垫高,确保不受雨淋,以防锈蚀。

由20 t起重船安放钢筋笼。钢筋笼入孔时应对准孔位轻放,慢慢入孔;钢筋笼入孔后,应徐徐下放,不得左右旋转,若遇阻应停止下放,查明原因进行处理,严禁猛起猛落强行下放。

首节钢筋笼入孔接近护筒口时,在该节最上一道加劲箍的下方用槽钢穿过,将钢筋笼担在钢护筒两侧的钢梁上,吊下一节钢筋笼至孔位上方,使上、下两节钢筋笼主筋对准并保证上、下主筋紧靠,同时保证搭接焊缝长度不小于10 d和焊缝厚度,质量满足规范要求。

最后一节钢筋笼应对称接长4根主筋至钢护筒顶口,以待钢筋笼吊放至设计位置后,将钢筋笼固定在钢护筒上,以防止钢筋笼在灌注混凝土过程中上浮或下沉。同时在最后一节钢筋笼的上端设置4根定位筋,定位筋的大小根据钢护筒的偏位来确定,确保钢筋笼的中心与桩基的理论中心尽量吻合,减少桩基偏位。

4 下放导管及二次清孔

钢筋笼安装好后,利用钻机下放导管进行二次清孔。导管用 $\sigma=6$ mm的无缝钢管制作。导管内径 $D=250$ mm。管节之间采用丝扣连接。导管在第一次使用前均需进行水密性检验。根据孔深计算水密试验的水压不宜小于0.85 MPa,稳压不小于15 min,合格的导管方可使用。

下放导管时要准确测量每节导管长度及安装顺序,并认真做好记录。导管连接时,接头部位要清洗干净,密封圈清洁无损伤,并涂抹黄油。导管要拧紧上牢,防止灌注过程出现事故。导管底口距离孔底25~40 cm,导管下至孔底后,根据孔底及平台顶面标高校对导管总长度,如偏差较大时必须查明原因进行处理。

清孔:导管下放完毕,重新测量孔深及孔底沉渣厚度,如孔底沉渣厚度超过要求,利用导管进行二次清孔,直至孔底沉渣厚度达到要求。

5 水下混凝土施工

单根桩最大混凝土数量按桩径1.8 m,桩长70 m计算,考虑1.2的充盈系数为214 m³。综合考虑全桥混凝土浇筑,采用一座75 m³/h搅拌站(一座50 m³/h备用)进行混凝土生产。桩基混凝土浇筑时,由2台6 m³混凝土输送车通过临时便道、便桥运输至淮河南边(运距为800 m),采用HBT60-16高压拖式泵通过浮桥泵送灌注。综合考虑运输及各环节之间的衔接等因素的影响,混凝土浇筑速度按24 m³/h计,214 m³混凝土正常可在9 h内浇筑完毕。

水下混凝土所使用的拌和料应满足有关规范的要求。混凝土的各项指标通过试验室严格控制,确保混凝土浇注顺利进行。

根据计算得首罐混凝土数量为7.9 m³,为安全起见,首罐混凝土按8.5 m³左右控制。

首批混凝土浇筑时,先用环形盖板球放入小料斗底口,将小料斗堵好。待大料斗混凝土料集满后,开起大料斗闸门,使混凝土流向小料斗。当小料斗内混凝土盈满时,快速拔起环形盖板使混凝土顺利通过导管注入孔内,并确保小料斗始终处于盈满状态,不得使首批混凝土间断。当混凝土经导管流入孔内时立即观察泥浆液面变化情况,如果泥浆面均匀上升,储料斗内混凝土全部注入导管内后,观察导管内无集水,说明首罐封底成功,可进行正常浇注;如果泥浆液面升高又降低,且导管内可观察到泥浆液面

与外面平齐,说明开盘失败,需重新清孔,重新浇注。

在浇筑过程中要注意测量混凝土面顶标高,以便算出导管埋深。混凝土面测量以测锤多点测量为准,同时用混凝土灌注量计算值进行复核,如二者误差较大时应找出误差原因,排除影响混凝土灌注的因素,再继续灌注。在拆除导管前由现场技术人员进行复核,确认无误后才能拆除导管,根据施工规范要求及施工经验,拆除导管由埋管深度和埋管时间来决定,混凝土的埋管深度宜控制在2~6 m之间,同时混凝土的埋管时间应小于2 h,最大不得大于2.5 h。测量时间间隔不大于20 min,每次测量都要进行记录。导管拆除时应应对导管进行记录,与下导管时的原记录进行复核,确保导管拆除无误,导管拆除后要及时清洗,以备下次再用。

在混凝土的灌注过程中,根据规范要求制作混凝土试块,并随时对混凝土的易性、坍落度进行检测,确保混凝土的质量。为了保证桩头的混凝土质量,桩顶混凝土多浇70~100 cm。

在浇筑过程中,流出的泥浆用泥浆泵抽到泥浆池集存待用。多余的泥浆运到业主指定处理地点。

6 钢平台拆除

桩基施工完毕后,将钻机轨道、贝雷架及部分并联拆除,其余部分保留下来,以便钢套筒安装时用。余留下来的钢护筒及钢管桩在汛期期间会被洪水淹没,给过往船只造成危险。我们在每个主墩位置设置警示牌和航标及通航灯,将危险区域标示出来,同时与当地海事部门联系,相互配合,确保了汛期通航安全。

7 总结

(1)本方案与原方案相比,平台中间没有施打钢管桩,直接采用钢护筒承重,比较经济;采用本方案能够确保钢护筒整根起吊,无须像原方案那样必须在钢护筒定位架上接长钢护筒,加快了施工进度,每个主墩桩比原方案少用12 d左右时间,事实证明这为主墩平台实现安全渡汛赢得了宝贵时间。

(2)在开工前,对本方案施工过程中的技术难题召开了多次技术讨论会,并对起重船在各种受力状态下的船体移位、倾斜度及钢护筒倾斜度做了详细

的理论计算,论证了本方案能够成立;还在现场进行了模拟实验,证明了计算数据的正确性,同时还发现了一些事先未想到的问题,并及时得到了处理,这为平台搭设提供了技术保障。

(3)本工程仅用了90 d时间完成了2个主墩32根桩基的施工任务,远远超出了同类工程的桩基施工进度。主要采取了以下措施:①开工后迅速组织钢护筒等平台构件的加工制作,做到了超前准备;②每个主墩投入了3台精良的钻机同步进行施工;③合理安排生产过程。

(4)本方案施工最关键点是防止泥浆反穿孔、塌孔及相邻孔之间穿孔,确保平台受力安全。为防止泥浆反穿孔,要严格控制护筒内的泥浆面与河流水面高差,确保护筒内泥浆的压力略小于护筒外水及饱和砂土层的总压力,并根据河流水位的变化相应地对泥浆面的高程做出调整,严禁钻具碰撞护筒底口;在钻头钻到护筒底口时钻速要缓慢,并认真做好泥浆护壁工作,必要时采用加锯沫和水泥进行护壁。防止塌孔的主要措施为认真控制好泥浆比重,做好护壁工作,并尽量缩短开始浇筑混凝土与终孔验收之间的时间差。防止孔与孔之间穿孔的主要措施是实行隔孔钻。

(5)在23号主墩首根桩钻孔过程中,由于护筒内泥浆面比护筒外水面高差大(为3 m左右,理论计算此值不宜超过2.2 m),且在钻头钻至护筒底部过程中碰撞了护筒底口,造成泥浆反穿孔,我们及时采取了措施,在护筒底口加500 kg水泥和若干锯沫并回填亚粘土,进行适当搅拌,搁置3 d后再重新开钻,该措施取得了成功。在23号墩剩余的桩基钻孔过程中,将泥浆面与水面高差严格控制在1.5 m左右,再也没有发生泥浆反穿孔现象。本工程32根主墩桩基经安徽省公路工程检测中心检测全部为I类桩。

参考文献:

- [1] JTJ 041-2000,公路桥涵施工技术规范[S].
- [2] JTG D60-2004,公路桥涵设计通用规范[S].
- [3] JTJ 024-85,公路桥涵地基与基础设计规范[S].
- [4] 毛瑞祥,程翔云.公路桥涵设计手册[M].北京:人民交通出版社,1995.