

胶州湾高速公路女姑口跨海大桥钻孔灌注桩成孔技术

李先经

(青岛地矿岩土工程有限公司 山东 青岛 266071)

摘 要 通过女姑口跨海大桥钻孔灌注桩工程的成孔施工实践,对采用双腰带刮刀钻头、滚刀钻头及牙轮钻头,泵吸反循环工艺,海水泥浆冲孔与护壁效果以及气举反循环工艺处理钻孔事故,施工 $\Phi 1.5$ m 和 $\Phi 1.8$ m 大口径嵌岩桩孔的尝试进行小结,对施工工艺参数、水上平台作业对大口径施工机械设备的技术要求、事故处理、嵌岩桩微风化硬岩钻进方法等进行探讨并提出看法。

关键词 胶州湾高速公路;女姑口跨海大桥;钻孔灌注桩;成孔

中图分类号:U443.15⁺4 文献标识码:B 文章编号:1000-3746(2002)S1-0062-03

1 工程概况

胶州湾高速公路女姑口跨海大桥位于青岛市西北部东起女姑山村西至红岛镇后阳村,桥宽 26.5 m,全长 3060 m,设计 59 个桥墩, $\Phi 1.5$ m 桩 72 根, $\Phi 1.8$ m 桩 200 根,总计 272 根,墩向跨径为 50 m,属大口径嵌岩桩。1~9 号桥墩、44~59 号桥墩为筑岛施工,10~44 号墩全部为水上平台作业,施工难度较大。

我公司承担了 1~9 号桥墩 44 根桩的施工任务,后来由于工期紧,难度大,海上平台钻孔桩施工进度缓慢,在几家单位施工钻孔先后发生孔内事故,处理无效的情况下,我公司又承担了海上 41、42、43 号平台共 11 根桩的水上钻孔桩施工任务。

1.1 桥区地形、地貌

女姑口跨海大桥位于胶州湾内东北沿,女姑山村至后阳村,主桥区位于海上,地形平坦,海底标高一般在 2~-2 m,桥头两侧为丘陵边缘侵蚀地貌。

主桥区位于胶州湾东北沿潮间带上,为粉砂淤泥质海岸,桥区有 4 条发育规模不等的潮水沟,本区为稳定的淤积海岸,海岸线长期缓慢后退。

1.2 桥区水文及潮汐情况

根据大港验潮站的长期观测资料,胶州湾为正规半日潮,资料表明,该区最高潮位 5.36 m,最低潮位 -0.70 m,平均涨潮时间 5 h 30 min,平均落潮时间 6 h 46 min。

根据资料及实际观测,桥区潮流流向为近南北向,常见风向为东南风和西北风,风力 4~6 级,6 级风时海上已无法正常作业。

1.3 地层与岩性

该区覆盖层为第四系松散的沉积物,下伏基岩,岩性主要为白垩纪的火山岩(流纹岩)及其次生的火山熔结角砾岩、砂砾岩、泥岩及石灰岩等。根据钻孔揭露,施工区内地层岩性如下:

(1)淤泥:饱和,流塑~可塑,最大厚度 5.4 m;

(2)淤泥质亚粘土:软塑~可塑,最大厚度 4.5 m;

(3)砂层:中粗砂,松~稍密,含有一定数量的粘性土,并见粘土夹层,最大厚度 3 m,部分孔段遇流砂层;

(4)亚粘土:软~硬塑,局部坚硬,含有铁锰质结核和姜石,最大厚度 2 m;

(5)流纹岩:该层分为强风化和弱风化层 2 部分。

强风化流纹岩:紫红色、红黄色、灰白色,只能从外观上识别岩体的结构和构造,大部分为碎石或砂粒状,节理裂隙发育,钻进较容易。

弱风化流纹岩:紫红色、青灰色、灰绿色、灰白色,斑状结构,流纹状构造,节理裂隙发育,钻进时跳钻严重,有漏失现象,岩石可钻性 7~9 级。

1.4 工程技术要求

(1)该桩基为嵌岩桩,要求入微风化基岩 2.0 m;

(2)钻孔沉渣厚度 ≤ 100 mm;

(3)钻孔垂直度 $< 1\%$;

(4)桩位中心偏差 ≤ 50 mm;

(5)钻孔超径系数 $1.00 \leq \alpha \leq 1.20$;

收稿日期:2000-05-17;改回日期:2002-01-16

作者简介:李先经(1970-),男(汉族),山东临邑人,青岛地矿岩土工程有限公司施工处主任工程师,工程师,探矿工程专业,从事岩土工程勘察与施工、岩土工程治理工作,山东省青岛市徐州路 79 号(0532)36320220。

(6)由青岛公路建设指挥部监理工程师及施工质检员联合验收,包括孔深、岩面性质的认定及鉴证。

2 设备选型及钻具配备

2.1 设备选型

选用 GPS-15 型钻机和泰山-15 型钻机。

2.2 钻具配套

2.2.1 钻杆

采用齿卡式插接钻杆和内六方插接式钻杆,钻杆长度 3 m/根,钻杆外径 168 mm,内径 150 mm。

2.2.2 钻头

主要采用了双腰带硬质合金刮刀钻头,直径较设计桩径小 3~4 cm,可有效地控制钻孔桩充盈系数,还选用了球齿型牙轮钻头,并试用了滚刀钻头,用以钻进基岩,钻头直径为 1500、1800 mm 两种。

2.2.3 粗径钻具及配重

粗径钻具为 178 mm×178 mm×3750 mm 方钻杆,粗径钻具由刮刀钻头或牙轮钻头加重块、扶正器及心管组成。加重块重 2.5 t/组,6 in(152.4 mm)钻杆加重配重 5 t,每套钻具按 40 m 计算,总重在 10 t 左右。

2.2.4 泵系

与钻杆相适应,选用 6BS 砂石泵,另配 3PNL 泥浆泵,用于清沉淀池用,或作正循环用泵。

3 施工工艺

本工程主要采用了刮刀钻头或牙轮钻头全断面回转钻进,自然造浆与优质海水泥浆护壁,泵吸反循环结合正循环的钻探成孔施工工艺。孔口护筒采用人工埋设及震动锤沉放护筒 2 种方法,前者用于筑岛部分钻孔施工,后者用海上平台钻孔施工。

3.1 工艺参数

(1)转速。考虑钻机扭矩较小,故开孔钻进用 1 挡转速(13 r/min),正常钻进后用 2 挡转速(23 r/min),坚硬岩层钻进时再用 1 挡转速。从实钻情况看,钻机扭矩尚能满足施工要求。

(2)钻压。受钻机扭矩的制约,按孔深 40 m 计,终孔孔底压力最大为 100 kN 左右,施工中进入微风化花岗岩、流纹岩或凝灰岩等岩层时一般钻压在 80 kN 左右,机械钻速仅为 0.05~0.10 m/h。受钻机能力的影响,不能加足配重块,钻压不能满足工艺参数的要求,故钻进机械钻速低。钻压不足是目前大口径嵌岩桩钻进亟待解决的问题。

(3)泵量。一般取砂石泵的最大值,6BS 砂石泵泵量 180 m³/h,3PNL 泵泵量 108 m³/h。前者可以满足钻进参数的要求,后者用于正循环方法施工用。

3.2 泥浆循环系统及泥浆性能指标

大桥两端 1~9 号墩、44~59 号墩桩孔采用筑岛施工,泥浆系统是由 4 m×3 m×2 m 的泥浆池、2 m×2 m×1.5 m 的沉淀池和长×宽×深=15 m×0.5 m×0.4 m 的循环槽组成。海上钻孔系在搭设的长×宽=32 m×10 m 的平台上施工,每个桥墩是由 4 根 Ø1800 mm 桩或 8 根 Ø1500 mm 桩构成。泥浆系统是由钢板加工而成,泥浆池容积约 30 m³,沉淀池容积 8 m³,循环槽长 12~15 m,固定于平台下部,低于平台 0.30 m,或者用平台下好的孔口护筒作为泥浆池和沉淀池,一般除施工孔外,有一个护筒作泥浆池,另一个作为沉淀池即可,必须做好泥浆的除渣工作。

本工程采用海水泥浆为冲洗液。由于部分孔段地层为孔壁易坍塌的砂层或流砂层,含砾中粗砂层及基岩不造浆地层,加之基岩钻进时间较长,桩孔入岩深度在 10 m 以上,为防止塌孔和确保钻孔安全,将钻进泥浆定为:相对密度 1.15~1.25 kg/L,漏斗粘度 18~22 s,失水量<30 mL/(30 min),胶体率>95%,含砂量≤4%,而二次清孔后的泥浆相对密度定为 1.15~1.20 kg/L,其余指标不变。

3.3 气举反循环工艺在处理钻孔事故中的应用

3.3.1 处理钻孔坍塌事故

兄弟单位在海上 43 号平台 2 个钻孔用冲击钻进成孔方法分别施工至 34 m、32 m 时发生孔壁坍塌事故,经过 2 个月时间的处理,没有处理好,致使孔内增加了掉落的打捞工具及捞砂筒等,使孔内全部被泥砂岩屑填满,后来总包单位——北海舰队建港指挥部委托我公司对 2 个事故孔进行处理。

我们从钻探工艺方面进行了认真研究,采用气举反循环工艺处理塌孔,经过 20 天的时间,处理完成了 2 个坍塌孔的施工任务,并且灌注了女姑口跨海大桥海上平台第一根钻孔灌注桩。主要技术措施如下。

(1) 钻头选择与改造

为减少提钻次数,发挥气举反循环连续钻进的优势,处理钻孔坍塌时,对钻头进行了改造,由双腰带笼式刮刀钻头改为单腰带三翼刮刀钻头,并将风管从水笼头顶部伸入钻杆内下至钻头中心管处。

(2) 选定排屑参数,保证较高的排屑能力

选定参数:风量 7 m³/min 左右,风压即空压机

工作压力利用范围 0.3~0.6 MPa,保证正常循环从而获得较高的排屑能力。

(3) 加大护筒埋置深度

采用气举反循环工艺处理到一定深度后,跟进护筒,避免易坍塌孔段重复坍塌,同时调整泥浆相对密度和粘度,增加护壁效果。

(4) 增加孔底压力

对现有设备条件,采用加重块加压,进行提吊减压平衡钻进,提高钻进效率。

3.3.2 处理埋钻事故

我公司在施工 41 号平台 41-3 孔时,钻遇流砂层,发生局部孔壁坍塌而埋钻,采取了加大泥浆密度与粘度的技术措施,并采用气举反循环工艺处理了埋钻事故,由于该工艺具有排屑能力强、回转阻力大、不憋钻、孔底干净、孔壁稳定的优点,结果利用 2 个机械台班时间将钻头打捞上来,从而避免了重大损失,保证了工期。

4 施工体会

4.1 关于海水泥浆及其指标

使用海水泥浆作为冲洗液,充分发挥泥浆冲孔与护壁的作用,是提高钻进效率、维护孔壁稳定的重要措施,是海上大口径嵌岩桩施工的关键。根据地层情况,淤泥质土、砂层较厚,局部孔段又有流砂层,易发生孔壁坍塌,必须增加泥浆相对密度和粘度,保持海水泥浆性能稳定。配制海水泥浆时,应加适量 Na-CMC 和铁铬盐,并且选用优质膨润土为固相,根据不同地层调整海水泥浆的性能指标,同时要做好泥浆的净化与管理工作。

4.2 关于硬岩钻进的施工问题

提高硬岩层钻进效率是嵌岩桩钻进的关键问题,女姑口跨海大桥钻孔桩用刮刀钻头,终孔时机械钻速为 0.02 m/h,用牙轮钻头机械钻速达 0.01~0.15 m/h,牙轮钻头、滚刀钻头钻进是目前广泛用于大口径硬岩层的钻进方法。实践证明,由于钻机扭矩小,孔浅加压困难,因钻压不足影响牙轮钻进的机械钻速,并且牙轮钻头寿命低,牙轮掌损坏快,脱落现象不断发生,增加了打捞钻头的辅助时间。滚刀、牙轮钻进硬岩必须有足够的扭矩和压力才能取得理想的效果。

大口径嵌岩桩硬岩钻进方法有多种,除牙轮、滚刀钻进外,目前最为理想的先进方法是大口径潜孔锤钻进,推广应用这一新技术势在必行。

万方数据

4.3 关于施工设备及钻具

4.3.1 施工设备

我公司采用 GPS-15 型和泰山-15 型钻机施工 $\phi 1500$ 、1800 mm 嵌岩桩孔,因扭矩不足致使加重块不能配足,特别是遇到抗压强度较高的基岩钻进,钻压达不到钻探工艺的要求,效率不高,在钻进微风化岩层时钻机跳动厉害。该钻机施工 $\phi 1500$ mm 以上桩孔时在检查钻头及粗径钻具、更换钻头处理事故等项操作均需移动钻机才能完成,并需吊车配合,施工过程中存在二次对孔位的问题,并且增加了辅助时间,本工程用 GPS-20 型钻机较为适宜。

铁十四局在本工程施工中使用意大利产全套管液压钻机在海上施工具有很多优点,钻机本身具有提吊功能,不用吊车配合,而且移位方便,但自重较大,在水上平台施工会增加平台搭设费用。该钻机成孔速度较快,钻孔事故少,在各种地层都有较好的成孔效果,系采用贝诺特工法施工,利用冲击钻头及抓斗,对硬岩钻进具有较高的效率。

4.3.2 钻具方面

本工程施工中曾多次发生掉钻头事故,所以在钻头上部必须设置悬挂打捞机构,扭断钻头部位一般在法兰螺栓和销子处,这一方面与施工地层遇孤石或钻进硬岩,使钻杆工作状态恶化有关,另一方面也与钻杆法兰销子的设计与工艺不合理有关,施工中采取了加大销子直径改变原销子直接插入销孔内,在其底部焊接的工艺,在销子底部加工凸缘后由下往上插入再行施焊避免焊后销子上窜。

5 结语

采用大口径全断面回转钻进、优质海水泥浆护壁及牙轮钻进等钻探工艺,施工海上 $\phi 1500$ 、1800 mm 嵌岩桩孔是我公司第一次尝试。为今后施工类似工程提供了重要的参考依据,积累了经验。