

杭州湾跨海大桥 IX - B 合同段钻孔桩基础施工技术

毛广陵

(江西省地勘局九一六地质大队,江西九江 332001)

摘要:杭州湾跨海大桥是建设中的世界上最大的跨海大桥,海上施工桩基础工程难度较大。介绍了该工程钻孔桩基础施工的技术方法。

关键词:杭州湾跨海大桥;钻孔灌注桩;施工工艺

中图分类号:U443.15⁺4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)05-0020-04

1 工程概况

杭州湾跨海大桥北自浙江嘉兴海盐的郑家埭村,跨越杭州湾宽阔海面与南岸滩涂后至宁波慈溪庵东水路湾,全长 36 km。其中海上桥 31.5 km,是建设中的世界上最大的跨海大桥。桥墩基础大部分采用钻孔灌注桩。IX - B 合同段起止里程为 K75 + 135 ~ K81 + 385,长 6250 m,相对应的墩位编号 F69 ~ F194。桩数共 1080 根,桩长 86 ~ 92 m,桩径 1500 mm。钻孔桩施工前护筒已打设完毕,栈桥和施工平台已搭设好,每个平台上施工 8 根或 10 根钻孔桩。钻孔桩采用气举反循环工艺,在淡水供应充足的情况下护壁泥浆使用淡水搅制,离岸较远处使用海水拌制。钢筋笼在岸上分段制作,车运至桩孔边,吊车安放,主筋采用钢套筒挤压连接。岸边设混凝土搅拌站,并用混凝土在通过栈桥运送到桩孔边,直接向孔内的导管内灌注混凝土。使用泥浆净化设备净化除砂,废渣浆用船外运。根据设计要求桩端要桩后压浆。

2 工程地质条件

2.1 地层情况

IX - B 标段地质土层以淤泥、软土、亚粘土、细砂为主。桩基持力层选择在中密的细砂层或埋藏更深的硬塑粘土层。从上至下主要土层分布的情况见表 1。

2.2 不良地质现象

(1) 在亚粘土中细砂层和砂层顶部存在压力较大的可燃性浅层天然气,施工时要防止火灾。

(2) 整个桥区内均含淤泥、淤泥质亚粘土,含有有机质,呈流塑状态,具有含水量高、孔隙比大、抗剪强

表 1 场区地层情况

层号	土层名称及岩性描述	层厚/m	标贯击数 N/击
② ₁	亚砂土:饱和,软塑,局部为粉散状粉砂	2.2 ~ 27.0	10.7
③	灰色淤泥质亚粘土:饱和,流塑,局部软塑,夹亚砂土	1.6 ~ 40.1	4.5
④ ₁	灰色淤泥质粘土:饱和,流塑,局部软塑,含贝壳碎片	2.5 ~ 24.1	5.8
⑤ ₁	灰黄色亚粘土:饱和,软塑,含云母碎片	0.5 ~ 18.4	13.6
⑦ ₁	亚砂土、粉砂:饱和,中密 ~ 密实,含云母碎片	0.55 ~ 30.4	33.4
⑧ ₁	粘土、亚粘土:饱和、软 ~ 硬塑	1.15 ~ 24	27
⑨	中细砂:饱和,密实,分选性差	0.4 ~ 15.95	49

度低、高压缩性等特点。

(3) 砂土液化,砂质粉土层被判定为易产生液化现象地层。

3 施工的难点

杭州湾跨海大桥因受地理环境和不良地质现象的影响,钻孔桩施工难度较大。

(1) 不利的气候条件和不利的水文因素。台风和海潮对施工影响较大。

(2) 复杂多变的地质条件。有较厚的软土层和粉细砂层,并含有高压的浅层气,易塌孔,护壁泥浆质量要求高。

(3) 桩孔较深。桩孔的垂直度难以保证,清孔难。

(4) 桩孔离海岸较远,栈桥拥挤运输不方便。平台面积小,施工设备多,施工工作面小。

4 钻孔桩基础施工工艺

4.1 平台和栈桥搭设

收稿日期:2006-12-04

作者简介:毛广陵(1957-),男(汉族),江西九江人,江西省地勘局九一六地质大队工程师,岩土工程专业,从事地质勘探、工程勘察、岩土工程工作,江西省九江市,13798409291,maoguangling@163.com。

栈桥按双向行车道设计,桥面宽 8 m,每 400 m 左右设会让车点一处,会让点宽 4 m,长 36 m,栈桥采用多跨连续梁方案,采用 15 m 跨径,梁部采用 4 组双排单层贝雷桁架,下部结构采用 $\text{Ø}600$ mm、壁厚 10 mm 的钢管桩作为基础。

栈桥施工采用 QUY100 型履带吊机吊挂 DZJ-90 型振动打桩锤插打钢管桩基础。每次振动锤振击持续时间 10~15 min 为宜,每根桩的下沉中途不可停顿。在加工场内组装的贝雷桁架和桥面标准模块、工字钢、槽钢运至现场拼装。栈桥施工采用单工作面逐跨推进的作业方式。

一个桥墩布置 2 台钻机,分别安装在左、右幅墩位上同时钻孔。平台尺寸 33 m \times 26 m,平台的功能除满足钻孔桩施工要求外,同时又作为机械、材料的运输平台,上部结构与栈桥一样均为可拆卸式,钻孔桩施工完成后,墩台基础以上部分的平台拆除,周转

到其它墩位使用,留出 10 m 宽的施工通道。

4.2 钢护筒的安装

钢护筒内径 1800 mm,壁厚 14 mm,长度 24.5 m,每节长 6~10 m,护筒埋设利用 QUY50 型履带吊车分节吊装,DZJ90 型振动锤沉放。

钢护筒安装前精确测量,测放出桩位中心位置并作好标记,为确保钢护筒下沉过程不变形,护筒底设钢刃角加强。护筒埋设时在平台上焊接导向架,以控制护筒垂直度,保证竖直倾斜度 $\leq 1\%$ 。

4.3 护壁泥浆的配制和净化

4.3.1 配方

采用淡水配制泥浆,每立方米泥浆材料用量:淡水 909 kg,膨润土 90.9 kg,增粘剂聚阴离子纤维素 PAC 0.1 kg,分散剂纯碱 Na_2CO_3 2.5 kg。

4.3.2 泥浆性能指标要求(见表 2)

表 2 不同钻进方法泥浆性能指标要求

钻孔方法	相对密度 /($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	粘度 /s	含砂率 /%	胶体率 /%	失水率 /[$\text{mL}\cdot(30\text{min})^{-1}$]	泥皮厚度 /[$\text{mm}\cdot(30\text{min})^{-1}$]	静切力 /Pa	pH 值
正循环	1.20~1.45	19~28	≤ 4	≥ 96	≤ 15	≤ 2	3~5	9~11
反循环	1.06~1.10	18~28	≤ 4	≥ 95	≤ 20	≤ 3	1~2.5	9~11

4.3.3 泥浆拌制加料顺序

每个钻孔于开钻前向护筒内先加水,再加 3 t 膨润土,膨润土浸泡充分膨化,至少要浸泡 12 h 以上,一般 24 h 后才使用。在使用前先用清水将 PAC 溶解成 1%~3% 的溶液,然后再掺入泥浆中,最后再掺入分散剂 Na_2CO_3 。

在自然造浆性较好的粘土层时可根据情况不加膨润土,只加入 PAC、 Na_2CO_3 调整泥浆性能。

4.3.4 泥浆的净化

为保证泥浆质量,使其具有良好的护壁性能,钻孔时分离土渣最好采用重力沉淀和机械处理两种方法组合使用。先用震动筛去除大颗粒,再进旋流分离器去除小颗粒。

本工程使用的泥浆处理设备是湖北宜昌产的 ZX-250 型泥浆净化机。该机最大泥浆处理量达到 250 m^3/h ,渣料筛分能力 25~80 t/h。

4.4 钻进成孔技术

4.4.1 钻孔设备及钻具

GPS-22 型气举反循环钻机(最大扭矩 80 kN \cdot m)和 GPS-30C 型反循环钻机(最大扭矩 120 kN \cdot m);VHP750E 型空压机(排气量 21.5 m^3/min);4PNL 型泥浆泵(排水量 150 m^3/h)。

$\text{Ø}219$ mm 法兰盘式钻杆;双腰带笼式硬质合金

钻头;配导正器。

4.4.2 钻进方法

在孔深 0~60 m 间采用正循环钻进,60 m 以深采用气举反循环钻进工艺。正循环钻进每台钻机配 1 台 4PNL 泥浆泵。反循环钻进时每台供气量为 21.5 m^3/min 的空压机供应 2 台钻机钻进的气量。

4.4.3 钻进过程中的施工措施

4.4.3.1 防止漏浆、坍塌措施

(1)开孔时搅拌好优质泥浆,钻进过程中始终保持泥浆护筒内的液面高于孔外水面 2.0 m 左右,确保孔壁稳定,不塌孔。泥浆顶面标高不宜过高。

(2)发现钢护筒底部漏浆时应立即接长护筒并用振动锤下砸。护筒外围堆筑泥包。

(3)漏浆量较少时可回填含砂量少的粘土,于护筒底部挤密。

(4)若发现孔内泥浆面有明显降低或升高现象,应立即提起钻头,防止孔壁坍塌而导致钻头被埋。

4.4.3.2 钻孔垂直度控制措施

(1)采用导向性能好的双腰带硬质合金钻头,腰带加宽,腰带间距大于桩径,使钻头不易挤入淤质土层中。

(2)钻头上部带导正器。浅孔时导正器适当配

重,上部用钻机的主吊钩始终承受部分钻具的重力,使钻杆呈铅直态旋转。

(3) 钻头通水性能要好,防止钻头泥包而扩径。发现长时间无进尺要起钻检查。

4.5 钢筋笼、声测管、压浆管制作与安装

4.5.1 制作

(1) 钢筋笼骨架在岸上加工厂分节制作,为保证钢筋笼在制作过程中不变形,钢筋在支模上固定、绑扎、点焊。

(2) 由于主筋直径较粗,机械切断时容易出现过大变形和歪头,给钢筋挤压连接增加规圆打磨工作量。因此,Ø25 mm 主筋下料采用砂轮切割。

(3) 钢筋笼按设计图绑扎成形后,在钢筋笼内侧沿圆周均布3根Ø50 mm、壁厚3.5 mm的焊接钢管(声测管),3根Ø25 mm、壁厚3.25 mm白铁管(压浆管)。

(4) 底节的钢筋笼底用弯头及短直管将声测管、压浆管连接形成压浆回路。每个压浆回路底部安装2个套筒部件,每个套筒内,钢管上设置2个直径6 mm出浆孔,用橡胶套紧密包裹,出浆孔口朝下。注浆管出浆口沿桩底圆周半径约为0.3倍桩的直径均匀布置。

(5) 底部压浆管固定在由钢筋焊成的骨架上,压浆管底部橡胶筒在钢筋笼制好后使其与桩底土壤紧密接触,防止被水下混凝土包裹,使压浆孔无法冲开。

4.5.2 安装

(1) 钢筋笼采用50 t吊车安放。

(2) 钢筋笼主筋采用钢套筒挤压连接。挤压顺序是先压钢套筒中部,再依次向钢套两端挤压,挤压压力40 MPa。

(3) 声测管、压浆管采用接箍丝扣连接。

(4) 钢筋笼安装时,所有管内应充满清水,以防因个别接头不密封导致泥浆或水泥浆进入管内堵塞管路,有利于消除钢管浮力,有利于抵消管外泥浆或混凝土对管壁的压力作用,防止钢管变形。管顶口用堵头封口,防止杂物掉入。

(5) 钢筋吊装好后及时固定。声测管、压浆管接长至护筒以上0.2 m。

(6) 安放钢筋笼前在钢筋笼外侧均布6个钢筋笼保护垫块(高强塑料材料)。

4.6 水下灌注桩身混凝土

(1) 灌注导管采用Ø300 mm游轮式接头导管,使用前做水密性试验,试验压力1.3 MPa。

(2) 导管距孔底30~50 cm。

(3) 隔水塞采用球胆,球胆的直径较导管内径小2~3 cm。

(4) 开灌前,要求孔底沉渣厚度≤20 cm。泥浆性能为:密度1.08~1.15 kg/L,粘度17~20 s,含砂率≤4%,pH值9~11。

(5) 桩身混凝土在海岸上由自动计量搅拌站集中生产,坍落度在18~22 cm之间,初凝时间≤6 h。每立方米混凝土中材料用量为:水泥160 kg,中粗砂715 kg,Ø5~10 mm碎石211 kg,Ø10~25 mm碎石844 kg,水149 kg,掺加剂7.44 kg,矿粉80 kg,粉煤灰180 kg。

混凝土运输车通过栈桥运至灌注桩孔口直接向灌注斗内灌注。

(6) 导管在混凝土内的埋深控制在2~8 m范围内,灌注速度≤30 m³/h。

(7) 最终灌注混凝土面比设计桩顶高1.5 m。

(8) 灌注过程中用2~3台泥浆泵回收桩孔内的泥浆,回收泥浆时要注意控制孔内泥浆始终高出孔外水位2 m。变质的泥浆应废弃。

(9) 混凝土灌注后的24 h内距成桩孔5 m范围内不得另开钻孔,防止影响混凝土的凝固。

4.7 桩端压浆

4.7.1 压浆设备

YJ-1200型水泥搅拌机,容量1200 L;3SNSA型往复式三柱塞注浆泵,理论排量76 L/min,最大压力12 MPa。

4.7.2 压浆前的准备

(1) 压浆前检查确认制浆机、注浆泵、压力表、浆液分配器、溢流安全阀、球形阀、储浆箱、水泵等设备工作状态良好。水泥、膨润土、缓凝剂等准备充足,运抵现场。

(2) 压浆管路按编号顺序与浆液分配器连接牢固,并挂牌标明压浆回路序号。

(3) 压浆前再次用自来水将所有的压浆管路清洗疏通。

4.7.3 浆液制备

压浆浆液要求7天最小抗压强度≤5 MPa,浆液流动性好,压力泌水小,初凝时间2~3 h。

浆液配比为:水泥:水:膨润土=1:0.65:0.1,减水剂用量为0.5%。

水泥浆密度为:1.66g/cm³。

4.7.4 压浆

(1) 钻孔桩浇注混凝土后24~36 h,用高压水

压入各回路 U 形管,压通出浆口,当水压降低应立即停水。

(2) 钻孔桩浇筑混凝土完成 10 天后,才能进行桩底后压浆。压浆前可进行超声波检测桩身混凝土完整性。

(3) 水泥浆拌制后应放足 15 min 才能进行压浆,以消除浆液中空气。

(4) 压浆共分 3 个回路,每回路都分 3 次进行,每次压浆时间间隔 6 h。

(5) 每次压浆,各回路依次进行,每个回路一次压浆量要达到 300 L 左右。

(6) 压浆速度为 10 L/min 左右。

(7) 每次压浆完成后要在停泵前关闭回路两端闸阀,以防浆液回流。

(8) 每个回路在每次压浆后用清水冲洗管路,以免堵塞而影响下次注浆。

(9) 在一个回路中注浆时,其它回路的阀门应关紧,保持管中压力,防止浆液从桩底注浆孔进入其它回路造成堵塞。注浆时浆液通过滤网进浆管。管路中的水从出浆管排出,直到出浆管流出与进浆管相同浓度的浆液后关闭出浆管,然后匀速加压注浆。

(10) 注浆过程中,为监测桩的上浮情况,采用高精度水准仪设置在平台上进行观测。

(11) 注浆泵由专人操作,控制注浆量,观测压力表,专人观测桩身上浮。

(12) 要设专门记录员,记录各回路每次注浆的起止时间,注浆量、注浆压力、各压注阶段桩的上浮量和总上浮量。

(13) 一轮注浆后,用自来水冲洗全部注浆管路,为避免桩底浆液回流管中堵塞管路,设专人按时清洗全部管路,前 3 h 每 0.5 h 清洗一次,后 3 h 每 1 h 清洗一次。

(14) 最后一轮压浆完毕,经监理工程师认可后,压浆管路用浆液填充。每轮压浆完成后及时清洗设备。

4.7.5 压浆终止条件

(1) 压浆量 ≥ 2500 L;

(2) 压力 > 4 MPa 并稳压 10 min;

(3) 桩身上浮量 > 3 mm。

满足以上 3 个条件中的任何一个条件即可终止压浆。

5 结语

为验证桩基承载力和桩底压浆施工工艺,采用了低应变法、自平衡法、抽心法检验,单桩竖向承载力满足设计要求,桩身质量好,桩端压浆效果好。杭州湾跨海大桥即将通车。通过杭州湾跨海大桥桩基础的施工,积累了较为丰富的海上施工桩基础的经验。



中国桩机钻机网和多家媒体均建立了信息共享合作关系,涵盖国内最完整的设备制造商,各基础工程施工单位信息资料数据库体系,收录行业发展情况,政策,服务和行业动态信息等。

- 隧道掘进机械
- 石油钻井机械
- 桩工机械
- 非开挖设备
- 工程及钻凿机械
- 地质勘探机械

<http://www.zjzjcn.com>



加入中国桩机钻机网

多一条交易渠道,多一份收获!

地址:北京朝阳区南磨房路37号华腾北塘商务大厦2308室

电话: 010-51908782/3

传真: 010-51908780

E-mail: alanzjzjcn@163.com; nvday@163.com