

杭州湾跨海大桥桩底压浆施工技术

刘祥光

(湖南省地质矿产勘查开发局四六八队,湖南 娄底 417000)

摘要:介绍了杭州湾跨海大桥桩底压浆施工工艺,通过静载和动载两种不同的桩基试验方法,验证了桩底压浆施工对提高单桩承载力的效果。

关键词:杭州湾跨海大桥;桩底压浆;自平衡测试技术;高应变法

中图分类号:U445.55⁺1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)02-0025-03

桩底压浆最早见于文献记载是 1961 年的委内瑞拉跨越马拉开波湖上的一座桥梁基础,目前世界各地虽有许多桥梁使用了桩底压浆,但该工艺尚未纳入桥梁设计及施工规范。最近几年国内特大型桥梁建设也开始采用桩底压浆工艺,能大大提高桩端承载力,减小桩的沉降量。压浆后的钻孔桩是一种承载力高、使用范围广、施工方法灵活、效益显著和便于推广普及的桩型。

桩底压浆的目的是重新压缩钻孔时松动的土层,提高桩端及局部桩周的承载力,减小桩的沉降量,满足上部结构的要求。

1 工程概况

杭州湾跨海大桥起于嘉兴市乍浦工业园区,终于慈溪市庵东镇,全长 35.700 km,起讫里程为 K49+000~K84+700,为跨越杭州湾天堑而设,是目前世界上在建的最长跨海大桥。南岸滩涂区均为 50 m 跨径连续梁,钻孔灌注桩基础,桩径 1.5 m 和 2.0 m 两种,桩长 81、83、87、90、100 m 等,大桥北接嘉兴、上海,南连宁波,辐射浙东和东南沿海经济发达地区。大桥的建成通车将形成上海、宁波、杭州 3 个中心城市集群的经济和交通金三角。

2 场地地质条件

根据地质勘察设计文件,本工程参考地质钻孔 XZK321,由上至下地质分布情况为:

- ①₁ 层,亚砂土,饱和,稍密,厚 2.0 m;
- ②₂ 层,亚砂土,饱和,稍密,厚 14.4 m;
- ③₁ 层,淤泥质亚粘土,饱和,流塑,厚 21.6 m;
- ③₂ 层,亚粘土,饱和,软塑,厚 10.6 m;

- ④₁ 层,粘土,饱和,流塑,厚 10.2 m;
- ⑥₁ 层,粘土,饱和,软塑,厚 9.2 m;
- ⑦₁ 层,细砂,饱和,中密,中间夹有亚砂土层,厚 10.1 m;
- ⑦₂ 层,亚粘土,饱和,软塑,中间夹有粉砂,厚 5.1 m;
- ⑧₁ 层,粘土,稍湿,硬塑,厚 1.8 m;
- ⑧₂ 层,粘土,湿,软塑,厚 1.8 m;
- ⑨层,粉砂,饱和,中密,厚 1.15 m。

3 桩底压浆施工方案

3.1 压浆管概述

桩底压浆管采用 3 根 Ø25 mm 镀锌钢管及 3 根 Ø50 mm 镀锌钢管组成,底部用弯头及短直管将压浆管连接形成 3 个压浆回路。每个压浆回路底部安装 2 个套筒部件,每个套筒内,钢管上设置直径为 6 mm、被橡胶套筒紧密包裹的出浆孔,孔口朝下。

3.2 施工流程(见图 1)

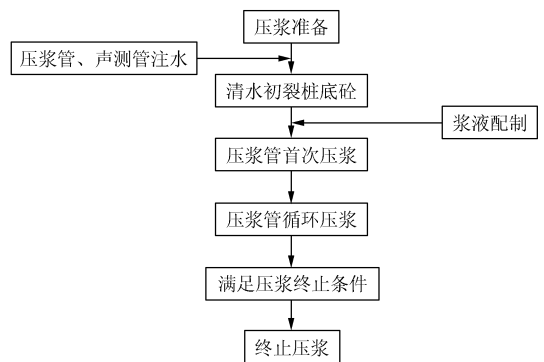


图 1 桩底压浆施工流程图

3.3 压浆主要设备

3.3.1 注浆泵

收稿日期:2006-10-12

作者简介:刘祥光(1972-),男(汉族),湖南涟源人,湖南省地质矿产勘查开发局四六八队项目经理、工程师,勘察工程专业,从事岩土工程、桩基工程的技术和施工管理工作,湖南省娄底市新星中路,13507382305, lxxg468@126.com。

采用3SNS型往复式三柱塞泵,主要技术参数为:转速91 r/min,理论排量76 L/min,压力12 MPa,进道口径64 mm,排道口径32 mm,额定功率22 kW,外形尺寸(长×宽×高)1800 mm×945 mm×705 mm,整机质量930 kg。

3.3.2 制浆机

采用ZJ-400型涡流制浆机,主要技术参数为:公称容量400 L,额定功率7.5 kW,质量450 kg,外形尺寸(长×宽×高)1350 mm×1150 mm×1460 mm。

3.3.3 储浆箱

为储存浆液并且便于测量注浆量,用薄钢板制作尺寸为1000 mm×1000 mm×1000 mm的储浆箱。开始压浆前,制备足够的浆液存放在储浆箱内,在压浆过程中,用直尺测量储浆箱内浆液高度的变化,即可计算出每一次的注浆量。

3.3.4 桩基上浮检测

在桩底压浆过程中,为监测桩的上浮情况,采用高精度的水准仪设置在稳定的地点进行观测。

3.3.5 其他配件

压力表、球形阀、浆液分配器、溢流安全阀、高压软管、管路接头等配件满足高压工作条件,要求有2倍的安全储备,并在压浆前进行压力试验。

辅助设备有冲洗压浆管路的水泵、过滤浆液的滤网等。

3.4 桩底压浆施工工艺

3.4.1 材料及设备的准备

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。

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。

水泥、膨润土、外加剂等准备充足,压浆前运抵现场。

3.4.2 场地布置

制浆机、注浆泵、储浆箱、水泵等设备的布置要便于操作。高压注浆工作场地要设置围栏,非工作人员禁止入内,以免干扰施工。施工人员注意站位,确保人身安全。设置废浆储存点,禁止废浆排入海中污染环境。

3.4.3 人员组织

设现场负责一人,统一指挥压浆工作。压浆过程中,专人控制注浆量,专人观测压力表,及时将结果报给记录员。要求记录各回路每次注浆的起止时

间、注浆量、注浆压力,各压浆阶段桩的上浮量和总上浮量。

3.4.4 出浆口初裂

桩身混凝土灌注后24~36 h开始压水,出浆管口出水后,关闭出浆阀,继续加压,使套筒包裹的注浆孔开裂,裂开压力为1.5~2.2 MPa。

3.4.5 浆液制备

压浆浆液由普通硅酸盐水泥、膨润土、水、减水剂组成,其7天最小抗压强度>5 MPa。其配比为:水泥:水:膨润土:减水剂=1:0.7:0.1:0.008。每一轮注浆取一组试件。如果浆液超过初凝时间,该浆液要废弃不用。

3.4.6 注浆

在钻孔桩灌注水下混凝土7天,经超声波检测桩的质量达到I类桩后,开始桩底压浆。压浆分3个循环进行,每个压浆循环之间间隔6 h,每个循环中,各回路分阶段进行,每回路一次压浆量一般为300~400 L,压浆速度一般为80~100 L/min,每回路及每次循环压注后,要用清水冲洗管路,以免堵塞,第三循环压浆单回路压浆量不限制。

注浆前所有管路接头、压力表、阀门等连接牢固、密封。在一条回路中注浆时,其他回路的阀门关紧,保持管中压力,防止浆液从桩底注浆孔进入其他回路造成堵塞。

注浆时浆液通过滤网压入进浆管,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,压注完成后缓慢减压。每次压注后用清水彻底冲洗回路,从进浆管压入清水,并将出浆管排出的浆液回收储浆箱,必须保持管路畅通,以便下次压注顺利进行。

完成一轮注浆后,立即用清水冲洗全部注浆管路。为避免桩底浆液回流管中堵塞管路,派专人负责按时清洗全部管路,前3 h每0.5 h清洗一次,后3 h每1 h清洗一次。

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

3.4.7 压浆终止条件

- (1) 压浆总量 ≥ 2500 L;
- (2) 压浆时压力达到3~4 MPa,保持压力时间3~5 min;
- (3) 桩身上浮量 ≥ 5 mm。

同时满足(1)和(2)或满足(3)条件即可终止压浆。

3.4.8 压浆防护

高压管道压浆必须严格遵守安全操作规程,制定详细的安全防护措施,专人负责,专人指挥。压浆前进行管道试压,合格后方可使用,试压操作时,分级缓慢升压,试压压力宜采用注浆压力的 2 倍,停泵稳压后方可进行检查。

施工中压浆区分为安全区和作业区,非操作人员不得进入作业区,作业区四周设置防护栏杆和防护网,作业工人戴好防护眼镜及防护罩,以免浆液喷伤眼睛和防止管道发生意外对操作人员造成伤害。

3.5 质量保证措施

(1) U 形注浆管布置埋设按设计要求施工,保证其密封性能良好;

(2) 桩底沉渣厚度 < 200 mm;

(3) 压浆管、声测管安装严格要求,确保不漏水、不漏浆;

(4) 出浆口包裹及密封性按要求绑扎;

(5) 浆液质量满足要求确保不收缩;

(6) 桩底砣 24 h 后初裂,确保初裂质量;

(7) 严格观测并控制压浆终止条件,确保桩底压浆质量;

(8) 充分做好压浆前压浆材料、人员、机械等准备工作,确保压浆质量;

(9) 严格控制压浆管相互渗透问题,保证各回路畅通。

3.6 安全保证措施

(1) 压浆机配备安全系数较大的安全阀;

(2) 压浆时设置隔离区,危险区设置醒目标志,严禁人员进入;

(3) 操作人员持证上岗,专人负责;

(4) 加强现场安全管理及领导工作,确保压浆安全有序进行;

(5) 设专人指挥,统一协调,及时排除安全隐患;

(6) 压浆管路与机械接头连接牢固,严禁有松动或滑动现象。

4 桩底压浆效果

4.1 桩基静载试验

东南大学土木工程学院用自平衡测试技术对 F156-4 桩(桩径 1.5 m、桩长 81 m)进行了试验。

压浆前、后极限承载力分别为 15547 和 31043

kN;桩侧摩阻力见表 1;压浆前、后桩端承载力分别为 1600 和 7470 kN。

表 1 压浆前、后桩侧摩阻力对比表

土层名称	标高 /m	极限侧阻力标准值 q_{sik}/kPa	压浆前实测最大侧阻力/kPa	压浆后实测最大侧阻力/kPa
亚粘土	-0.5 ~ -1.2	30	4.85	19.70
亚粘土	-1.2 ~ -13.12	30	14.60	28.00
淤泥质亚粘土	-13.12 ~ -18	20	12.00	21.48
淤泥质亚粘土	-18 ~ -34.7	20	15.1	23.51
淤泥质亚粘土	-34.7 ~ -47.6	20	15.99	26.99
粘土	-47.6 ~ -54.02	25	22.01	35.00
亚粘土	-54.02 ~ -61.62	30	28.01	42.50
粉砂/亚粘土	-61.62 ~ -67.12	50	50	64.01
粉砂	-67.12 ~ -71.5	55	54.99	73.98
粉砂	-71.5 ~ -73.5	55	53.05	73.95
亚粘土	-73.5 ~ -79.4	70	63.99	159.01
亚粘土	-79.4 ~ -84.0	70	60.02	209.99

从试桩压浆前后测试结果可以看出,桩底压浆对承载力提高有显著效果;压浆后桩端承载力有了明显提高,是未压浆前的 4 倍多;压浆后中段桩的下侧受桩底压浆上翻影响,侧阻力也有所提高;压浆后总承载力有较大提高,比未压浆前桩的总承载力提高了 99.67%。

4.2 桩基动载试验

湖南省邵阳建设工程测试研究所用高应变法对 F96-7 桩(桩径 1.5 m、桩长 83 m,承载力设计值 11261 kN)在桩底压浆后进行了检测。测试结果为:高应变承载力检测值 25813 kN(拟合法)、26060 kN(凯司法),拟合分析桩顶最大位移 5.14 mm,贯入度 5.14 mm,为 I 类桩。

根据上述结果,该桩经桩底压浆后其单桩竖向抗压承载力完全满足设计要求。验证了桩底压浆施工工艺是可行的,经桩底压浆后的桩能够满足设计文件、施工规范等的要求。

5 结语

实践证明,杭州湾跨海大桥采用桩底压浆施工技术,达到提高钻孔桩桩端及桩侧承载力的目的。经过该工程的施工,总结出一套完整的压浆工艺,为以后类似工程的设计和施工积累了宝贵的技术参数和经验。