

高桩码头混凝土灌注桩桩身及桩底缺陷处理技术

吕俊峰, 刘晓慧, 刘涛

(中交广州航道局有限公司, 广东 广州 510000)

摘要: 高桩码头灌注桩施工中护壁不稳定, 工序控制不严格, 桩基浇灌后桩身存在砼离析或桩底存在较厚的沉渣, 极大影响了桩基承载力, 造成桩基质量不满足设计要求, 本文以一个工程实例介绍高桩码头桩基桩身及桩底检测存在缺陷, 加以特殊工艺处理补救后, 最终桩承载力及桩身质量达到了设计要求, 消除了隐患。该处理措施可为类似桩基缺陷处理提供借鉴和参考。

关键词: 高桩码头; 灌注桩; 桩基检测; 桩身抽芯

中图分类号: U65 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 05—0125—04

随着外贸经济的发展, 国内沿海、沿江港口码头建造得越来越多, 工艺越来越先进。随之而来港口码头的建造技术也随之大幅度提升。高桩码头是港口建设的主要码头结构型式, 桩基是高桩码头的重要组成部分。在桩基施工过程中会遇到各种复杂地层, 在施工中会遇到各种问题及因素的影响, 会造成桩底沉渣或多或少超出规范要求, 最终静载抽样检测不合格, 桩基质量不满足设计及规范要求; 出现这类问题会阻碍码头上层结构的施工。也给后期港口运营带来较大的安全隐患。为了规避这些危害的发生, 需要在基础施工期间详细分析地层情况, 合理选择施工工艺, 同时对出现的问题要采取补救措施, 确保桩基础满足港口工程各项规范要求。

1 工程概况

拟建工程位于东南沿海某港口, 由3个泊位组成, 每个泊位水工结构按照10000DWT LPG船预留。码头3个泊位连片式布置方式, 总长为560m, 宽为20m。码头东侧结构段长100m, 排架间距7.5m, 桩基采用 $\Phi 1200\text{mm}$ 嵌岩桩。每个排架布置4根直桩。码头第三到第九结构段每个分段排架间距7.0m, 桩基采用 $600 \times 600\text{mm}$ 预应力实心方桩。根据勘察报告显示, 场地地层构造比较简单, 场区主要土层为典型的冲、洪积地层。据其成因、物质组成、物理力学性质及工程特性不同, 自上而下可划分为4个岩土层: 第1层杂填土(Qml); 第2层粉质粘土(Q3al); 第3层粉土(Q3al); 第4层卵石(Q3pl)。

2 桩基完工检测情况

在基坑土方开挖后对1#泊位随机选取了5根桩做静载检验, 结果150号桩承载力不能满足设计要求, 经最初10%抽芯23根桩大部分桩桩底存在缺陷, 后经设计院加抽的23根桩中还有7根桩桩底存在离析或沉渣, 最终1#泊位100%进行抽芯检测, 检测结果为有79根桩桩底离析或沉渣超过了规范要求。

3 出现桩底及桩身缺陷的原因分析

根据本施工场地的地质条件及施工中遇到的实际情况, 质量缺陷问题的发生是由各种原因造成, 其中最主要为: 场区地质条件复杂, 施工未采用优质泥浆, 清孔及清孔后等待时间过长, 造成泥浆中悬浮的渣粒沉淀; 孔壁卵石在下笼时碰掉到孔底; 初灌冲击力不够或混凝土初始方量不足导致孔底留有沉渣或灌注前导管离孔底过高, 造成局部砼与泥浆混合, 产生离析等; 主要现象为桩底砼离析、蜂窝和少量存在夹泥, 从而影响桩的承载力。

4 桩底及桩身砼缺陷处理

针对该项目钻孔灌注桩桩底出现离析或少量沉渣的问题, 经分析并结合以往成熟处理的案例拟定采用高压旋喷结合高压桩端封闭注浆措施来处理^[1]。对这些存在桩底离析严重和夹泥或沉渣超过规范的桩采取用高压旋喷置换法进行处理, 对桩端轻微缺陷的桩进行封闭注浆加强处理等措施, 以提高桩端砼的完整性及其强度, 从而达到设计要求。

4.1 高喷法处理各项参数及要求

(1) 高压水切割压力 25 ~ 30MPa; 注浆浆液水灰比 0.6 ~ 0.65, 42.5R 普硅水泥, 掺入 0.3% 的三乙醇胺早强剂;

(2) 高压喷浆压力 25 ~ 30MPa, 高压压浆压力 3 ~ 5MPa; 旋转速度 20 ~ 30r/min, 提升速度 7cm/min;

(3) 注浆体强度: 不小于 M35; 清孔与喷浆在缺陷段重复次数不少于 3 次, 依据桩底缺陷大小来调整。

4.2 高喷法处理施工工艺

根据现场检测资料及钻芯资料, 对桩底砼蜂窝离析夹泥及沉渣的桩, 处理采用 25~30MPa 的高压清水切割、二次成桩旋喷新工艺进行施工。

4.2.1 施工设备

该工程施工设备选用 MGJ-30 型钻机, 同时完成清孔和高压喷浆两个系统工作, 结合天津聚能高压泵进行施工, 主要设备见表 1。

表 1 施工主要设备表

设备名称	动力	功能	数量
MGJ-30 型钻机	11 KW	造孔、成桩与清孔	1
GPBW-90 高压泵	90 KW	送高压水、高压浆	1
JJS-2B 搅拌机	2.2 KW	制备水泥浆	1
BW150 注浆泵	7.5 KW	注浆	1
浆液桶		储浆液	1
清水箱		储水	1

4.2.2 施工工艺

对于孔底沉渣或离析缺陷区域在 5 ~ 10cm 的桩采取先进行孔底来回高压水切割洗孔, 再对缺陷段进行高压喷浆处理, 孔底喷浆次数不少于 2 次, 最后对上部空孔进行回填注浆 (如图 1 中的第 1 ~ 2 步)。对于孔底沉渣或离析超过 10cm 的桩在桩端进行高压洗孔、高压旋喷注浆完毕后, 将预埋并变径后的钢管接头与高压注浆管接头连接牢靠, 用 3 ~ 5MPa 的压力进行二次压入水泥浆并持续 10min (如图 1 的第 1 ~ 3 步), 达到渗透注浆的效果 [2]。

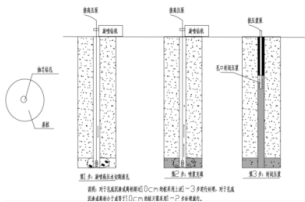


图 1 高喷法处理示意图

4.2.2.1 高喷工艺流程

高压旋喷注浆的整个施工工艺流程为: 孔位确定→钻机成孔→预埋压浆管→喷射切割冲洗水→泥浆制备→高压喷浆作业→高压压浆→拔管→移机至下一孔位。→

4.2.2.2 施工工艺

(1) 孔位确定: 利用基桩截面上抽芯的钻孔, 确保旋喷有效半径到达基桩边缘, 离析严重的 (缺陷区域超过 0.2m) 在离抽芯孔 0.3m 左右再增设一个钻孔;

(2) 钻机成孔: 钻孔开孔前使钻头对准孔位中心, 调整钻机水平及调校钻杆垂直, 务必使钻孔垂直度不大于 1% (砼离析段少于 20cm 的利用桩截面上已有的抽芯孔, 该项工作不做, 大于 20cm 离析地在桩截面上再增补 1 ~ 2 个钻孔);

(3) 预埋压浆管 (只针对沉渣或离析超过 10cm 的桩才预埋): 钻孔通道形成后, 采用 $\phi 76$ 钢管, 长 90cm, 孔内 60cm, 高出孔口 30cm, 防止高压水切割冲洗后的泥砂返回孔内, 钢管预埋采用水泥砂浆或水泥净浆均可, 高出孔口一端加工变径接头以便与高压注浆管相连;

(4) 高压旋喷与注浆工艺: 高压清水切割冲洗与成桩工艺分开进行, 使用高压清水由上而下, 即钻机立好后喷嘴即喷出压力为 25 ~ 30 MPa 的高压清水, 用高压清水冲切拟处理部位, 旋转钻杆, 并按每分钟 20cm 的速度往下钻进, 使喷射流成扁平的螺旋形冲切拟处理部位, 形成圆柱形的空孔或使拟处理部位连通性加强, 钻杆不断往下加, 由高压清水冲切出的泥浆不断上冒, 钻孔不断加深, 直至拟处理部位底部。待钻杆下至预定深度后, 将喷射高压水转换成喷射高压水泥浆进行旋转, 并按 7cm/min 的速度缓缓提升钻杆, 借喷射旋转提升的协调作用, 使水泥浆灌满碎石缝隙, 从而固结成桩 [3]。

(5) 旋喷注浆过程中, 有一定数量的颗粒料随着一部分浆液沿着注浆管壁冒出地面。通过冒浆的观察可以及时准确了解沉渣情况、旋喷注浆的效果和旋喷技术参数的合理性等。实践检验证明, 冒浆内应含有土粒、水及水泥浆, 其量小于注浆量的 20% 者为正常现象, 超过或完全不冒浆均属不正常。此时, 应及时查明原因, 并采取相应的技术措施处理, 以确保注浆成桩的质量。

4.3 封闭注浆处理施工工艺

4.3.1 工序施工方法

(1) 清洗桩端用注浆泵向桩孔内压入清水, 从底

部往上进行清洗，将孔内残余钻渣及泥浆清洗，让其返出孔外，直至孔口返出清水为止。

(2) 预埋压浆管（对于桩底无沉渣的不进行预埋，只进行封孔处理）压浆管采用外径 25 mm 的普通焊管，管底 1 米范围内按照 0.15m 的间距梅花状钻直径 6mm 左右的出浆孔，管底端进行封闭，压浆管露出地面段安装闸阀一，浆管下放孔底。在孔口段与压浆管并排安装 1.0 米长的排气返浆管，管口安装闸阀二。最后用快硬水泥将孔口以下 1 米段进行封堵。

(3) 浆液制作。采用 42.5R 普硅水泥按 0.6:1 ~ 1:1 的水灰比进行浆液搅拌，根据搅拌桶的体积计算出水泥掺量和水的加量，对浆液进行充分搅拌，在搅浆桶出口安装过滤网，以确保压浆管出浆孔不被堵塞。

(4) 压浆作业。启动压浆泵，向孔内压入水泥浆，待返浆管口返出水泥浆后关闭其闸阀，然后用高压向孔内压入水泥浆，采取持续加压和稳压相结合，压浆采取先用稀浆压入，最后压入浓浆，注浆初始阶段用 1:1 的稀浆灌注而后逐步提高浓度，终止注浆前浓度最高为 0.6:1，相对应此时的注浆压力亦最高，以达到“挤密”的效果，以确保结石率达到 100%。在压力达到 3 ~ 5 MPa 以上便可停止压浆，并观察约几分钟，若压力不下降便可关闭压浆管闸阀，完成压浆作业，对送浆管及压浆泵进行清洗。

4.3.2 抽芯桩缺陷分类及处理工艺的选择

根据基桩抽芯实际情况划分缺陷范围，并做出相应处理措施，并拟定出计划完成处理时间，详见下表 2。

表 2 高喷法处理统计表

承台区域	抽芯检测 总桩数	沉渣或离析缺陷段 ≤5cm		沉渣或离析缺陷段 5cm~10cm		沉渣或离析缺陷段10cm 以上范围		计划处 理时间
		桩数	加强方法	桩数	处理方法	桩数	处理方法	
CT-13	63	50	封闭注浆	6	高喷 1~2 步	7	高喷 1~3 步	3 天
CT-14	24	13	封闭注浆	6	高喷 1~2 步	5	高喷 1~3 步	3 天
CT-15	74	31	封闭注浆	22	高喷 1~2 步	21	高喷 1~3 步	5 天
CT-16	40	23	封闭注浆	9	高喷 1~2 步	8	高喷 1~3 步	2 天
CT-17	24	20	封闭注浆	2	高喷 1~2 步	2	高喷 1~3 步	2 天

5 高喷处理后的质量验证

5.1 压浆处理后的桩身及桩端砼质量状况检测

对所有桩端沉渣或离析超过 5cm 的桩经过处理后建议做 100% 的小应变检测，同时在其中随机选取 10% 的处理桩进行再次抽芯验证桩端处理效果，对处理桩有选择性地按 10% 再次抽芯检测，结果为桩底无沉渣，钻进进尺正常，芯样呈长柱状、短柱状及块状，断口吻合，其中有 2 根桩桩底芯样达到抗压强度检验取样长度的进行了抗压强度检验，强度均大于 25 MPa，满足处理后设计要求的桩端砼强度，其余桩取样条件不满足故未做抗压强度检验，但钻进进尺正常，芯样基本完整，

小处理完后小应变检测总桩数为 237 根，其中一类桩为 221 根，二类桩 16 根。

5.2 承载力检验

工程完工后的处理承载力检测采用随机抽样的形式对桩进行静载检测，主要检验其承载力能否达到设计要求。根据处理前的静载检验情况分析（113 号桩桩端离析在 17cm 左右，承载力检测为 940 吨，为合格；208 号桩桩端离析 53cm 承载力检测为 940 吨，为合格）对于沉渣或离析在 20cm 以下的桩可不进行静载检测，对于原静载不合格的 150 号桩必须重新做静载实验，另外由甲方或监理随机选取一根离析或沉渣超过 20cm 的桩进行静载检测。处理完后又进行了 2 根桩静载检验，承载力均不小于 9400KN，沉降量均在规范允许范围内，满足设计要求^[4]。

6 高压旋喷工艺处理桩基缺陷成功与否的关键点研讨

(1) 抽芯检测结果描述缺陷位置的准确性，只有缺陷位置准确，才能在缺陷位置重点使用高喷重复清洗缺陷位置的不良胶结物，从而确保处理后桩身砼能再次有效胶凝并达到砼设计强度，否则不但不能达到处理效果还会对较好的桩身砼产生破坏。

(2) 注浆孔的个数，注浆孔的个数及位置布置直接影响到桩身或桩底缺陷砼的处理效果。

(3) 注浆压力、注浆清洗缺陷位置的循环次数，清洗提升速度这些参数也会影响到处理效果，注浆压力太小不能有效清除砼缺陷处的残渣，压力太大会对桩身缺陷处根部良好砼的胶结产生破坏，旋喷清洗的循环次数应依实际清洗孔内返出的残渣情况研判而定。清洗提升速度应系注浆孔施工的成孔速度变化而定。

(4) 是否采用高喷洗孔喷浆处理与压浆相结合处理需因缺陷位置的辐射面大小及缺陷在深度范围的影响深度而定，缺陷严重必须二者工艺相结合处理，才能达到有效效果。

7 结语

该项目桩基通过高喷法处理后最终各项检测均能达到设计规范要求，上部结构能顺利延续施工，码头建设后进行了沉降观测，各项指标均能满足要求，整体建筑也顺利通过了验收，港口得以安全运营。通过以上桩

大型船闸反弧门顶止水固定方案改进研究

陶然, 陈明华, 曾维, 黄文全, 马武杰

(长江三峡通航管理局, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 为解决大型高水头船闸反弧门顶止水装置失效频繁的问题, 通过分析目前反弧门顶止水的安装固定方式存在的主要问题及产生的原因, 研究提出了满足实际需要的顶止水安装固定改进方案, 并在某船闸反弧门顶止水更换检修中应用, 提高了反弧门顶止水安装的便捷性和可靠性, 减少了反弧门顶止水座板失效螺纹孔修复工作, 提高了反弧门顶止水更换检修效率, 延长了顶止水的使用寿命。

关键词: 大型船闸; 反弧门; 顶止水装置; 固定方案

中图分类号: U698 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 05—0128—03

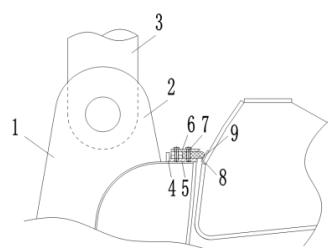
我国的船闸工程正向高水头、大型化方向快速发展, 输水阀门是船闸输水系统的咽喉, 其安全、平稳、高效运行对船闸安全高效通航至关重要, 目前国内外普遍采用适用于高水头船闸的反向弧形门 (以下简称“反弧门”), 反弧门在高水头时动水启闭, 处于“非恒定、非均匀、非连续”水流中, 承受着复杂的水动力荷载作用, 运行频繁, 工作条件十分恶劣, 结构受力复杂, 相对船闸其他设备, 故障率较高^[1-4]。

1 存在的问题

以某单级大型高水头船闸为例, 最大工作水头 27m, 闸室尺寸为 280m × 34m × 5m (长 × 宽 × 门槛水深)。输水阀门为反弧门, 顶止水橡皮为半圆头型式, 厚度 40mm, 宽度 140mm, 压板厚度 16mm, 压板为平直型。

目前反弧门顶止水安装固定方法如图所示, 反弧门通过门体吊耳、联门轴与吊杆相连, 在启闭机作用下实现启闭运行, 顶止水位于反弧门止水座板上, 顶止水安

装有竖向限位板约束, 止水压板和盲孔固定螺栓将其固定在止水座板上。



1. 反弧门 2. 门体吊耳 3. 吊杆 4. 竖向限位板 5. 止水座板 6. 止水压板 7. 盲孔固定螺栓 8. 顶止水 9. 门楣

图1 目前反弧门顶止水安装固定方法

在大量运行实践中发现, 反弧门常见故障主要有止水破损、止水压板变形、门体止水座板螺纹孔失效、螺栓松动、联门轴串动、联门轴轴承磨损、反弧门面板气蚀等。根据某大型船闸历年反弧门检修统计数据看出, 顶止水故障率在 95% 以上, 经过现场检查顶止水损坏基本上为封水端破损、顶止水座板螺纹牙固定螺栓松动脱落, 若不及时处理, 在高水头作用下, 将导致反弧门在启闭过程中发生门体振动, 影响正常运行, 异常振动对反弧门及启闭系统安全存在隐患。

底及桩身砼缺陷处理工程实例及以往成功经验, 验证了可以通过高压旋喷法处理嵌岩桩桩底成沉渣及桩身砼离析等缺陷。从而能作为桩基验收过程中检测出的一些影响桩基承载力, 造成工程质量隐患的补救手段, 给桩基质量作出了保障, 确保码头整体沉降稳定。

参考文献:

- [1] 肖晨. 压力注浆处理桩基缺陷的施工技术 [J]. 珠江水运, 2020(14):86-87.
- [2] 张金纯, 王海燕. 高压喷射注浆法在岩溶区处理冲孔桩基缺陷及桩底溶洞的应用 [J]. 西部探矿工程, 2013, 25(8):5-6.
- [3] 张铁涛. 论旋喷桩技术在桩基缺陷处理中的应用 [J]. 中外建筑, 2017(8):223-224.
- [4] 王静轩. 旋喷桩技术在桩基缺陷处理中的实践应用 [J]. 工程建设与设计, 2015(8):72-74.