

# 旋挖灌注桩水下混凝土施工质量简析

叶鸿宏, 曾德林\*, 杨勇, 王伟, 樊兴波, 马哲, 李白雨, 张罡

云南省建设投资控股集团有限公司, 路桥总承包部, 云南 昆明  
Email: 1758893149@qq.com, \*490709516@qq.com

收稿日期: 2020年11月24日; 录用日期: 2020年12月17日; 发布日期: 2020年12月28日

## 摘要

从影响灌注桩质量因素方面, 多角度诠释了导管法灌注桩水下混凝土的配和比设计、拌合物工作性控制、施工工艺、关键路线。结合实际工程, 钻孔灌注桩水下混凝土施工过程中, 施工人员需在实际操作过程中按照设计方案严格操作, 对各环节的工作质量进行严格把控, 避免因为质量问题引起的二次返工。同时, 施工单位也要对规章制度、人员、技术方案和原材等方面做好保障。从而保证灌注桩的成桩质量, 确保整个工程的施工质量。

## 关键词

钻孔灌注桩, 质量, 水下混凝土, 配和比

# Brief Analysis of Underwater Concrete Construction Quality of Rotary Excavation Cast-in-Place Pile

Honghong Ye, Delin Zeng\*, Yong Yang, Wei Wang, Xingbo Fan, Zhe Ma, Baiyu Li, Gang Zhang

Yunnan Construction Investment Holding Group Co., Ltd., Road and Bridge General Contract Department, Kunming Yunnan  
Email: 1758893149@qq.com, \*490709516@qq.com

Received: Nov. 24<sup>th</sup>, 2020; accepted: Dec. 17<sup>th</sup>, 2020; published: Dec. 28<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

**From the factors affecting the quality of cast-in-place pile, in this paper, the distribution and ratio**

\*通讯作者。

**文章引用:** 叶鸿宏, 曾德林, 杨勇, 王伟, 樊兴波, 马哲, 李白雨, 张罡. 旋挖灌注桩水下混凝土施工质量简析[J]. 土木工程, 2020, 9(12): 1351-1356. DOI: 10.12677/hjce.2020.912142

design of underwater concrete of cast-in-place pile by pipe method are interpreted from many angles, workability control of mixture, construction technology, key route. Combined with practical engineering, in the process of underwater concrete construction of bored cast-in-place pile, the construction personnel need to operate strictly according to the design plan in the actual operation process, strictly control the work quality of each link to avoid secondary rework caused by quality problems. Meanwhile, the construction unit should also pay attention to the rules and regulations, and ensure the personnel, technical solutions and raw materials, so as to ensure the quality of the cast-in-place pile and the construction quality of the whole project.

## Keywords

Bored Cast-in-Place Pile, Quality, Underwater Concrete, Proportion

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

钻孔灌注桩在基础设施施工中应用尤为广泛,而且具有技术相对成熟、经济实用、施工速度快、质量相对稳定、受气候因素影响不大、承载力高、操作性强、施工效率高等优势。但钻孔灌注桩是一项隐蔽工程,其承载能力大小与施工质量密切相关。但是,影响现浇灌注桩施工的因素有很多,如地质因素、钻孔工艺、护壁、钢筋笼浮力、混凝土的制备、浇筑、养生等。因此,对施工过程中的任何环节都必须严格要求,对影响施工过程的各种因素都要做详尽说明,做好各项工作的准备工作和应急措施,如果缺少相应的应急措施,铸造过程中就会发生质量事故,小到影响桩孔坍塌、缩颈发展到断桩报废,大到影响到工期和工程质量将给国家造成不可挽回的损失[1]。因此,我们必须高度重视并严格控制钻孔灌注桩的施工质量,以避免事故发生,减少事故造成的损失,以利于工程的顺利开展。严格控制混凝土配合比、施工方案、施工工艺等方案的审批工作,保证现场成桩质量,避免交工后二次加工、返修。

## 2. 施工准备

首先查看设计图纸、了解设计意图,研究工程地质勘察报告、桩位平面布置图、桩基结构施工图,然后进行桩位、标高放样与复核。每个桩位坐标必须独立复核及复测后方可进行桩基开挖。结合现场水源、水质、运输状况、地质情况和工程安全,统筹计划开挖泥浆池、沉淀池,准备水源和合格黏土或膨润土。对试验设备以及相关工具进行检定和校验,优先采取大容量的搅拌机,其生产能力应满足灌注时间不长于首批混凝土初凝时间。保证混凝土的连续灌注,防止灌注时间延误,避免造成断桩事故。导管直径大小[2]要根据混凝土强度、骨料的粒径大小等要求进行选择。导管应具备足够的强度和刚度,且密封性良好,管壁光滑、导管平直,无穿孔裂纹,导管接口处应有弹性垫圈密封。施工前必须进行水密、承压和接头抗拉试验。

水下混凝土进行浇灌时受水的干扰性较大,这就要求混凝土拌合物的工作性能、经时损失、初凝时间都要合格,过程中配合比设计时还可以加入矿物掺和料、絮凝剂增加拌合物抗分散能力,但施工细节没有落实到位,出现措施的疏忽和管理不到位,则会在混凝土成桩过程中产生图1所示的离析[3]等现象,浇筑成型后出现如图2所示的蜂窝、麻面等情况,严重的甚至会断桩。



Figure 1. Segregation  
图 1. 离析图



Figure 2. Honeycomb and pitted surface  
图 2. 蜂窝、麻面

### 3. 混凝土配合比

#### 3.1. 基本指标

水下混凝土浇筑是指在水下特殊条件以及不使用振动棒的情况下施工,并在地下水中完成凝结硬化,混凝土拌和物必须具有良好的黏聚性、匀质性、保水性,在一定距离下落后不产生或少生产离析现象。由于受水的影响,一般情况下水下混凝土强度比陆地强度低一个强度等级,因此在设计水下混凝土配合比设计时强度应提高一个等级。

#### 3.2. 材料控制

##### 3.2.1. 水泥

水泥宜采用普通硅酸盐水泥,强度等级不低于 42.5 级[4],安定性检测必须合格,初凝时间不小于 45 min、终凝时间不大于 390 min,进场温度不宜超过 60℃。水泥要做好检测工作;水泥需要控制重点有与外加剂的适应性、凝结时间、需水量、胶砂强度等指标。

##### 3.2.2. 骨料

粗骨料宜选用坚硬的卵砾石和碎石,应优先采用符合要求的碎石。粗集料最大粒径不大于导管内径的 1/6~1/8 和钢筋最小间距的 1/4,且最大粒径不宜大于 25 mm,级配良好。细集料宜采用中砂或河沙,级配宜控制在 II 区,含泥量小于 2.0%。当采用机制砂时,机制砂的 MB 值不大于 1.4%。粗骨料的级配良好能保证混凝土具有良好的和易性。细骨料宜采用级配良好的中、粗砂,可以提高混凝土的流动性,防止堵管。

### 3.2.3. 粉煤灰

粉煤灰应采用Ⅱ级以上粉煤灰,需水比不大于105%,烧失量小于8%以内,游离氧化钙应小于1%,胶砂活性指数不应小于70%。

### 3.2.4. 外加剂

外加剂应选用缓凝型高效聚羧酸减水剂,进场时必需进行与水泥适应性验证试验,同时需测试外加剂的固含量,发现问题立即进行调整处理,避免因适应性问题导致后续的质量事故。

## 3.3. 生产控制

1) 启动搅拌设备时,应先进行设备空转检查和计量系统零点校对检查,发现问题应及时采取纠偏措施、纠正处理。

2) 水下混凝土生产前,应进行严格的生产配合比调整审核和“开盘鉴定”工作,搅拌时间不应低于120 s;冬季施工时搅拌时间应不低于180 s,生产过程中应进行定时和不定时的抽检,严格控制各项材料的计量偏差不超过规范所要求的允许误差范围,发现问题应立即进行纠正处理,确保出厂混凝土具有良好的流动性、粘聚性、保水性与和易性,不能满足设计和施工要求的混凝土严禁出厂。

## 4. 工艺控制

### 4.1. 灌注机具准备

#### ① 导管

导管是灌注水下混凝土的重要工具,其直径应根据桩长、桩径和每小时需流通的混凝土方量计算确定,内径一般为200~350 mm(误差小于2 mm),壁厚不小于3 mm,光滑、顺直、无局部凹凸、无穿孔及裂纹,长度一般控制在2~4 m,采用丝扣或卡口连接。导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验,水压不应小于孔内水深1.3倍的压力,也不应小于灌注混凝土时管壁和焊缝可能承受最大内径压力的1.3倍。

#### ② 漏斗

导管顶部应设置漏斗,其上设溜槽、储料斗和工作平台,漏斗和储料斗高度除应满足导管拆卸等操作需要外,还应在灌注到最后阶段时,不致影响导管内混凝土柱的灌注高度。漏斗一般用5~6 mm厚的钢板制成类似圆锥形或棱锥形,上口直径一般800~1000 mm,高约900~1200 mm,插入导管的长度应保证150 mm为宜。

### 4.2. 工艺流程

泥浆护壁钻孔灌注桩施工工艺流程为:场地平整→桩位放线→开挖浆池、浆沟→护筒埋设钻机就位→孔位校正→成孔、泥浆循环、清除废浆、泥渣→清孔换浆终孔→验收下放钢筋笼和钢导管→浇筑水下混凝土→成桩→养生→桩检。

### 4.3. 首车混凝土方量

混凝土首灌量应能保证混凝土灌入后导管埋入混凝土内的深度不小于1.0 m,使导管内混凝土柱与管外泥浆压力平衡。混凝土首灌量按下式应通过计算确定。

$$V = \pi/4(dh^1 + kDh^2)$$

式中  $V$ ——混凝土初灌量,  $m^3$ ;

$h^1$ ——导管内混凝土柱与管外泥浆压力平衡所需高度;

$$h^1 = (h - h^2) \gamma^w / \gamma^c, \text{ m};$$

$h$ —钻孔深度, m;

$h^2$ —初灌混凝土下灌后, 导管外混凝土面高度, 取 1.3~1.8 m;

$\gamma^w$ —泥浆重度, 取 11~12 kN/m<sup>3</sup>;

$\gamma^c$ —混凝土重度, 取 23~24 kN/m<sup>3</sup>;

$d$ —导管内径, m;

$D$ —桩孔直径, m;

$k$ —混凝土充盈系数, 取  $k = 1.1 \sim 1.3$ 。

首灌量对灌注桩成桩质量极其重要。合理的首灌量, 既能顺利施工, 又能使漏斗灌满后混凝土埋管深度满足要求; 同时, 通过首灌混凝土对孔底沉渣进行又一次的冲洗, 可有效提高桩基承载能力, 所以对首灌量必须严格要求。各项工作准备完毕后, 按要求浇筑首批混凝土, 剪球、拔栓或开阀, 将首批混凝土灌入孔底后, 立即测探孔内混凝土面高度, 计算出导管埋置深度, 如符合要求, 即可正常灌注。如发现导管内大量进水, 表明出现灌注事故, 应按规定及时进行处理。

#### 4.4. 混凝土施工工艺控制重点

##### 4.4.1. 泥浆

配置高质量的泥浆, 使孔壁形成一层韧性好、密度大、渗透性差的泥皮, 确保孔壁稳定。灌注水下混凝土前, 应检测孔底泥浆沉淀厚度, 如大于规范规定的清孔要求, 应再次清孔。

##### 4.4.2. 钻孔

钻进过程中, 严格进行孔径和垂直度检查, 根据捞取渣样与设计图纸做好比对, 做好地层变化判别和采用相应的钻进方式, 以确保成孔质量。

##### 4.4.3. 钢筋骨架吊装

1) 清孔后立即组织钢筋骨架吊装, 起吊前须检查钢筋骨架标牌信息(含墩号、桩号、节号等)是否与桩号相符, 吊绳、吊环、吊钩应有足够的强度和牢固性。

2) 为保证骨架起吊时不变形, 宜采用两吊点式, 第一吊点设在骨架的下部, 第二吊点设在骨架长度的中点到上三分点之间。对于长骨架, 起吊前应在骨架内部临时绑扎两根木杆以辅助加强其刚度, 防止钢筋弯曲影响。当中途出现钢筋弯曲时, 应及时进行修正处理。

3) 钢筋骨架入孔前应将其垂直扶稳, 对准孔位中心匀速缓慢下降, 避免摇晃碰撞孔壁。

4) 吊装完成后, 仔细检测骨架的底面标高是否与设计相符, 偏差不大于 50 mm, 然后进行焊接定位固定处理, 以防止混凝土灌注过程中钢筋骨架移位、上浮等问题发生。

##### 4.4.4. 混凝土拌合物性能控制

拌合物在开盘之前必须由试验室人员对拌合物工作性进行检测, 合格以后方能出场, 混凝土拌和物运至浇筑地点时, 应检查其均匀性和坍落度, 如不符合要求, 应进行第二次拌和, 二次拌和仍达不到要求, 则作废弃处理。

#### 4.5. 水下混凝土浇筑

1) 灌注过程应紧凑、连续进行, 速度宜控制为 0.6~1.0 m<sup>3</sup>/min, 严禁中途长时间停工或中断作业, 每根桩的灌注时间应按首批混凝土的凝结时间控制。

2) 灌注过程中, 要防止混凝土从漏斗顶溢出或从漏斗外掉入孔底, 使泥浆因含有水泥而变稠、凝结,

致使探测不准确和混凝土顶升困难。

3) 灌注过程中, 应安排专人观察管内混凝土下降和孔内水位升降情况, 及时测量孔内混凝土高度, 正确指挥混凝土下料、导管提升和拆除。导管提升时应保持垂直、平缓, 防止导管被拔出混凝土面形成泥心、断桩等事故; 导管埋深应控制在 2~6 m, 防止埋管过深造成堵管或不易拔出等事故。拔出的导管应逐级拆卸, 拆除导管动作要快, 时间不宜超过 10 min。

4) 灌注过程中, 应适时牵引蠕动导管, 以利于混凝土顺利下落, 防止导管中的混凝土因停滞而发生集料与浆体分离的现象。当导管内混凝土不满含有空气时, 后续混凝土要慢慢灌入, 不可整斗灌入导管, 以免在导管内形成高压气囊, 挤压管节间的橡皮垫, 而使导管漏水。

5) 当混凝土面接近和初进入钢筋骨架时, 应徐徐灌注混凝土, 以减小混凝土从导管底口出来后对钢筋骨架的冲击和顶托力; 当混凝土进入钢筋骨架 4~5 m 以后, 适当提升导管, 减小导管埋置长度, 以增加骨架在导管口以下的埋置深度, 从而增加混凝土对钢筋骨架的握裹力, 以防止钢筋骨架被混凝土顶托上升。

6) 临近灌注结束时, 极易因导管内混凝土柱高度减小, 超压力降低, 而导管外的泥浆稠度增大, 出现混凝土顶升困难。此时应在孔内加水稀释泥浆, 并掏出部分沉淀渣土, 使灌注工作顺利进行, 并提升漏斗和导管增加浇注高度, 增大落差, 以确保混凝土的密实度。

7) 为保证桩顶质量, 在桩顶设计标高以上应加灌一定高度(一般 800~1000 mm), 灌注结束后将此段多余部分混凝土人工凿除并对沉渣进行清理, 以确保桩顶混凝土强度满足设计要求和保证承台连接的整体性。

#### 4.6. 相关注意事项

另外, 由于清孔不彻底或浇筑时间过长, 致使第一批混凝土已初步凝固, 拌合物的流动性变差。但是连续浇筑的混凝土穿透顶层并增加, 因此, 在两层混凝土中, 甚至在整个桩身上都有残留物, 为了预防断桩和控制桩身成型质量, 最重要的是要做好上述问题的预防和处理工作, 对于预防断桩, 要会同有关部门、设计单位一起研究, 提供切实可行的处理方法, 监督项目严格按照设计图纸、有关规范严格施工。

### 5. 结语

结合影响灌注桩质量的因素, 本文系统的分析了导管法灌注桩水下混凝土配合比设计、施工方法及关键技术。结论证明, 在钻孔灌注桩水下混凝土施工过程中, 施工人员在实际操作中应小心谨慎, 应严格按照设计方案操作, 严格控制各环节的工作质量节点, 避免因质量问题造成的二次反向施工。同时, 建设单位也要从制度、人员、技术、材料等方面进行保障。从而保证灌注桩成桩效果, 以确保整个施工工程质量。

### 参考文献

- [1] 王甫学, 黄云. 钻孔灌注桩水下混凝土施工技术[J]. 珠江水运, 2019(11): 48-49.
- [2] 王炬. 桥梁钻孔灌注桩水下混凝土施工控制要点[J]. 区域治理, 2018(49): 204.
- [3] 刘明. 钻孔灌注桩水下混凝土配合比设计及施工工艺[J]. 城市住宅, 2019, 26(5): 161-162.
- [4] 陈显明. 钻孔灌注桩水下混凝土浇筑技术质量控制[J]. 建材与装饰, 2018(13): 16-17.