

# 水下桩基混凝土配合比及施工

石峰

中铁十八局集团第一工程有限公司

**摘要:**为探讨水下桩基混凝土配合及施工要点,采用工程实例结合理论知识的方法,对水下桩基混凝土配合比计算及确定进行分析,并对水下桩基混凝土施工要点进行重点论述。分析结果表明,水下桩基混凝土施工难度比较大,需要考虑的因素比较多,科学合理确定配合比并有针对性的施工,是保证水下桩基混凝土施工质量,提升成桩率的关键,值得施工单位高度重视。

**关键词:**水下桩基;混凝土;配合比;施工

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.23.030

## 引言

在铁路工程施工中,难免会遇到特殊地层,甚至一些地段基础深入地下水层,致使桩基施工难度大幅度提升,需要开展水下桩基混凝土施工,才能满足铁路施工对桩基础承载力和强度需求。但水下桩基混凝土施工需要综合考虑很多因素,包括:地下水深度、持力层位置、地下水水质等。这就对水下桩基混凝土配合比和施工提出了更高的要求。需要结合周围地质水文条件实际情况,通过多次试验计算来确定配合比,以控制混凝土的坍落度、强度等指标。并加强混凝土灌注施工工序的控制,才能更好保证水下桩基施工质量,为铁路工程施工提供良好的基础环境。基于此,开展水下桩基混凝土配合及施工的分析研究就显得尤为必要。

## 一、工程概述

新建兴国至泉州铁路宁化(含)至泉州(含)段位于闽西南地区,线路西起福建省三明市宁化,经清流、明溪、三明、永安、大田,再经泉州市德化、永春、安溪、南安等市县,终至福建省泉州市。新建线路正线全长298.87km。本标段工程内容包括:路基2.4km,桥梁1.72km/9座,隧道45.751km/9座。本标段采用新III型混凝土桥枕,配套采用弹条II型扣件;道床采用I级碎石道砟,长度大于6km的隧道采用弹性支承块式无砟轨道。标段内有关迁改工程及站后同步实施工程:路基段接触网支柱基础、综合接地、站台墙(土建)。

## 二、水下桩基混凝土配合比确定

### (一)混凝土配合比设计指标和要求

混凝土配合比要通过多次试验合理确定,在确定配合比时,要保证混凝土的试配强度比较强度高出10%~15%。水灰比小于0.6。保证配制好的混凝土具有良好的和易性,并在规定浇筑时间内,坍落度在180mm~220mm之间。在混凝土浇筑初期,为保证混凝土下端能够形成良好的混凝土堆,坍落度应控制在180mm~200mm之间。水泥用量可在350~400gk/m<sup>3</sup>之间,砂率要控制在45%~50%之间。为最大限度上提升混凝土的和易性,可加入适量外加剂和粉煤灰,以控制混凝土的初凝时间在10h以上。混凝土强度等级为C30。

### (二)原材料选择

水泥选择普通硅酸盐水泥,砂选择当地生产的级配砂,碎石选择粒径在4.75~31.5mm的碎石,粉煤灰选择火力发电厂发电剩下的II级粉煤灰,外加剂选择HPCA-600型高效减水剂,水选择拌合站提供的井水。

### (三)基准配合比确定

#### 1. 强度

水下桩基混凝土在配合比试验确定时,试配强度通过以下公式来确定:

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.648\sigma$$

此公式中  $f_{cu,0}$  表示水下桩基混凝土的配制强度(MPa);  $f_{cu,k}$  表示水下桩基基础混凝土立方体抗压强度标准值(MPa);  $\sigma$  表示试配混凝土的强度标准差(MPa),就案例工程而言,按照相关指标,试配混凝土的强度为:

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.648\sigma \\ = 30 + 1.648 \times 5 = 38.2 \text{MPa}$$

符合大于设计强度10~15%的设计要求。

#### 2. 水灰比确定

在混凝土配比试验中,水灰比可按照如下公式来计算:

$$W/C = \frac{\alpha_a \cdot f_{ce}}{f_{cu,0} + \alpha_a \cdot \alpha_b \cdot f_{ce}}$$

此公式中,  $\alpha_a$  和  $\alpha_b$  分别表示回归系数,  $f_{ce}$  表示混

凝土在28d的抗压强度实际测试值 (MPa)。α<sub>a</sub>和α<sub>b</sub>的选用表如表1所示:

表1 α<sub>a</sub>和α<sub>b</sub>的选用表

系数	碎石	卵石
α <sub>a</sub>	0.46	0.48
α <sub>b</sub>	0.07	0.33

就案例工程而言, α<sub>a</sub>选择了0.46, α<sub>b</sub>选择了0.07, 按照上述公式可知, 混凝土配比水灰比为:

$$W/C = \frac{\alpha_a \cdot f_{ce}}{f_{cu,0} + \alpha_a \cdot \alpha_b \cdot f_{ce}}$$

$$= \frac{0.45 \times 42.5}{38.2 + 0.46 \times 0.07 \times 42.5} = 0.49$$

满足工程施工水灰比小于0.5的要求。

### 3. 单位用水量确定

对塑性混凝土而言, 用用量可按照表2所示的内容合理选取。

表2 塑性混凝土用水量 (kg/m<sup>3</sup>)

拌合物物理稠度		卵石最大粒径 (mm)				碎石最大粒径 (mm)			
项目	指标	10	20	31.5	40	16	20	31.5	40
	10~30	190	170	160	150	200	185	175	165
坍落度 (mm)	35~50	200	180	170	160	210	195	185	175
	55~70	210	190	180	170	220	205	195	185
	75~90	215	195	185	175	230	215	205	195

表2中规定的用数量为中砂时的平均值, 如果在施工中选择了细砂, 则1m<sup>3</sup>混凝土用水量可增加5~10kg, 如果采用粗砂则减少5~10kg。

如果在混凝土配制加入了外加剂, 用水量需要进行适当调整, 调整计算公式如下:

$$m_{wa} = m_{w0}(1 - \beta)$$

此公式中m<sub>wa</sub>加入外加剂之后每立方米混凝土需要的用水量 (kg); m<sub>w0</sub>表示不同添加外加剂每立方米混凝土需要的用水量 (kg); β表示所选外加剂的减水率 (%)。本工程在混凝土配比中, 选择了表2中规定的90mm坍落度用水量, 坍落度每增加20mm, 用水量则增加5kg, 不添加外加剂时, 按照设计要求的180~200mm的要求, 用水量为215kg<sup>[1]</sup>。如果加入1.0%的高效减水剂, 其减水率大概为28%, 则促使的需水量为:

$$m_{wa} = m_{w0}(1 - \beta)$$

$$= 245 \times (1 - 28\%)$$

=176.4kg,

取175kg即可满足施工要求。

### 4. 水泥用量

本工程混凝土配制中, 要求水泥用量最小为350kg, 在配合比设计中取351kg, 为更好的改善混凝土性能, 可加入为水泥用量13%的粉煤灰, 取45kg。高效减水剂取水泥和粉煤灰之和的1%, 约为3.96kg, 取4kg<sup>[2]</sup>。

在本工程混凝土配合比确定重视, 砂率选择40%, 以水灰比0.5进行计算, 可确定混凝土的配合比为:

水泥: 细骨料: 粗骨料: 高效减水剂: 粉煤灰: 用水量=351: 730: 1096: 4: 45: 175

## 三、水下桩基混凝土施工要点

### (一) 混凝土拌和

按照试验确定好的配合比来拌和混凝土, 在整个拌和过程中, 需要保证充足的拌和时间, 提升混凝土拌和的均匀性, 并有专门技术人员到现场把控, 及时调整配合比。混凝土拌和好, 出站之前, 需要进行坍落度检测, 达到要求后才能应用大施工中<sup>[3]</sup>。

### (二) 水下桩基混凝土施工

在水下桩基混凝土施工现场, 搭设支架和料斗, 搭设完成之后, 对搭设质量进行检查, 达到要求之后和混凝土拌合站取得联系, 运输混凝土。现场技术人员需要对每车混凝土的质量进行检测, 尤其是对坍落度更要加强检测, 如果运输到现场的混凝土存在严重的离析问题, 或者存在水泥结块、含有大颗粒石子, 和易性不达标, 要继续搅拌, 或者重新配制。混凝土灌注之前, 要先将漏斗润湿处理, 配制0.1~0.2m<sup>3</sup>的水泥砂浆, 输送到料斗底部, 用于润湿导管, 再向漏斗中灌注混凝土, 首批灌注混凝土量要按照以下公式进行计算:

$$V \geq \frac{\pi D^2}{4} Hc + \frac{\pi D^2}{4} h_1$$

此公式中, V表示首批混凝土灌注所需的数量 (m<sup>3</sup>); h<sub>1</sub>表示井孔混凝土面高度达到Hc时, 导管内部混凝土的高度 (m); Hc表示首批混凝土灌注过程中, 所需井孔内混凝土面到孔底的高度 (m); D表示井孔直径 (m)<sup>[4]</sup>。

在混凝土灌注过程中, 技术人员需要深入现场进行对孔深、孔径、导管埋深等进行实时测量, 严格按照水下桩基混凝土相关规范和技术标准控制导管的埋深,

将导管的埋深控制在2~6m之间,主要是根据孔径的不同、混凝土灌注速度的不同,合理调整导管埋深。如果导管的埋深超过规定范围,要及时拆除导管。但在拆除之前,需要准确测量混凝土顶面到基准面的实际高度,用于计算导管的埋设深度,确定需要拆除导管的长度。严禁出现导管超深或者提空的现象,在导管拆除过程中,现场全体人员,必须听从现场技术人员的指挥。尤其是吊装操作工人,需要严格按照要求缓慢提升,拆管工人需要在确定导管固定完成之后才能拆除。根据施工现场具体情况,确定是否需要暂停混凝土生产,避免混凝土生产后,无法在初凝之前完成灌注,造成无故浪费。

导管拆除结束后,现场技术人员要详细检查导管内的情况,第一次导管拆除完成后,为便于操作,可采用小料斗来代替大储料斗接在导管之上,通过罐车直接向料斗中输送混凝土继续灌注<sup>[5]</sup>。

### (三) 水下桩基混凝土施工常见问题和处理措施

#### 1. 混凝土发生离析或者坍落度不足

在水下桩基混凝土施工中,经常会发生混凝土离析或者坍落度不足的问题,引发此问题的主要是在混凝土配制中,减水剂减水率过大或者过小,或者是减水剂和水泥不匹配,此外,细骨料质量差,也会影响坍落度。

处理措施:发生离析的混凝土,严禁使用到水下桩基中,否则会引发导管堵塞问题,混凝土灌注之后,无法上翻会引发断桩问题。在拌合站出料口就发生离析问题时,需要及时调整减水剂水量和混凝土的含砂率,以便更好的改善混凝土的和易性。如果拌合站生产的混凝土性能良好,但运输到施工现场之后,出现了离析现象,则可能是减水剂的减水效果不合理,引发了后置反应<sup>[6]</sup>。此时,应当重新回到拌合站进行调整,在拌合站打料过程中,要适当减少减水剂的使用量。或者将减水剂携带到施工现场,灌注之前加入适量的减水剂罐车中,快速搅拌5~8min,然后尽快完成混凝土灌注,以免混凝土的性能发生变化,影响施工质量。

#### 2. 桩身骨料外漏,局部密实度不足

在水下桩基混凝土施工中,桩身骨料外漏,局部密实度不足,也是比较常见的问题,因此这类问题的主要原因是混凝土和易性太差,在混凝土灌注过程中,导管下端埋深没有得到有效控制<sup>[7]</sup>。

解决措施:加大混凝土的和易性检测,严格杜绝不合格的混凝土灌注到桩身。技术人员也应该根据混凝土灌注的方量和孔深,及时调整导管埋深和拆管时拔出的高度,杜绝中间断桩的现象出现。

### 结束语

综上所述,本文结合工程实例,分析了水下桩基混凝土配合与施工,分析结果表明,相比于地层混凝土灌注施工,水下桩基混凝土施工难度更大,影响施工质量的影响也比较多。为保证施工质量,提升桩基合格率。需要结合实际情况,开展科学合理的试验配比,确定最佳的配合比,为后期混凝土配制提供必要的参考,提升混凝土的性能和质量。在混凝土灌注施工中,需要严格按照相关技术规范和标准进行施工,以最大限度上保证施工质量。

### 参考文献:

- [1] 余朝阳. 混凝土信息化质量管控对高原连续梁和 水下桩基施工的品质影响[J]. 中国信息化, 2018, 294 (10): 79-81.
  - [2] 王炜兵. 桩基水下混凝土灌注施工质量要点控制 [J]. 科技创新导报, 2019, 479 (11): 59-62.
  - [3] 张月强. 冲击成孔水下混凝土灌注桩施工技术 研究[J]. 石家庄铁路职业技术学院学报, 2018, 17 (2): 23-27.
  - [4] 李永庆, 曹良桂, 王世强, 等. 超高层建筑超深 桩基水下高性能混凝土的研究与应用[J]. 建筑施工, 2020, 346 (2): 68-69.
  - [5] 张殿福, 李永辉. 狮子头大桥日常运营过程 中水下桩基病害及治理措施[J]. 冶金丛刊, 2019, 4 (22): 189-191.
  - [6] 何涛, 王晓佳, 谭立心等. 伶仃洋大桥西塔桩基 混凝土配合比设计及应用[J]. 公路交通科技(应用技术 版), 2020, 182 (02): 213-216.
  - [7] 严敏强, 李祯, 赵培庆, 等. 静压钢管混凝土桩 托换技术在某框架结构基础加固中的应用[J]. 中国港湾 建设, 2020, 267 (4): 63-66.
- 作者简介: 石峰(1990.8.23), 男, 汉族, 籍 贯: 甘肃省静宁县, 中铁十八局集团第一工程有限公 司, 助理工程师、大学本科、研究方向混凝土技术及应用。