

# 堤防坡脚水下混凝土施工方法

徐军<sup>1</sup> 林德金<sup>2</sup>

1. 南京市第二基础工程有限责任公司, 中国·江苏 南京 211800
2. 南京明瑞建设集团有限公司, 中国·江苏 南京 211100

**摘要:** 堤防坡脚水下混凝土施工方法: 首先, 在仓位开挖的同时利用挖掘机在外轮廓处安装固定桩, 仓位开挖完成后, 在底部铺设砂卵石垫层; 其次, 安装固定模板, 并使用混凝土泵车对仓位进行浇筑, 浇筑过程中, 浇筑软管在仓位内进行“Z”型移动, 直至浇筑满整个仓位; 再次, 待混凝土凝结强度 $\geq 50\%$ 时, 拆除拉杆和固定桩和模板; 最后, 在仓位内侧回填砂卵石层、外侧进行抛石护脚工作, 完成堤防坡脚水下混凝土施工。本方法提供的方法, 在施工中可充分发挥机械设备的优势, 降低施工难度、简化施工工艺, 做到材料消耗小、施工成本低、功率高、经济效益好、施工质量稳定可控、安全环保。

**关键词:** 堤防坡脚; 水下混凝土; 施工方法

## Construction Method of Underwater Concrete at the Foot of Embankment Slope

Jun Xu<sup>1</sup> Dejin Lin<sup>2</sup>

1. Nanjing Second Foundation Engineering Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211800, China
2. Nanjing Mingrui Construction Group Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211100, China

**Abstract:** Construction method of underwater concrete at the foot of embankment slope: firstly, while excavating the warehouse, use an excavator to install fixed piles at the outer contour. After the excavation of the warehouse is completed, lay a sand and gravel cushion layer at the bottom; secondly, install a fixed template and use a concrete pump truck to pour the container. During the pouring process, the pouring hose moves in a “Z” shape inside the container until the entire container is filled; once again, when the concrete setting strength is  $\geq 50\%$ , remove the tie rods, fixed piles, and formwork; finally, backfill the sand and gravel layer on the inside of the storage area, and carry out stone throwing and foot protection work on the outside to complete the underwater concrete construction at the foot of the embankment slope. The method provided by this method can fully leverage the advantages of mechanical equipment during construction, reduce construction difficulty, simplify construction processes, achieve low material consumption, low construction costs, high work efficiency, good economic benefits, stable and controllable construction quality, and safety and environmental protection.

**Keywords:** foot of embankment slope; underwater concrete; construction method

### 1 背景技术

目前, 堤防边坡和涉水岸坡等工程的水下混凝土施工一般水下深度较浅仓位面积较大, 如长 $\times$ 宽 $\times$ 高为 $15\text{m}\times 4\text{m}\times 2\text{m}$ , 水下混凝土施工过程中从开挖、立模支护、浇筑导管安装、水下混凝土浇筑, 再到模板拆除, 整个工艺过程工序繁琐、工作量大、施工进度慢。存在如下问题: ①由于河岸边原地基松软仓位开挖成槽难; ②开挖边坡稳定性差, 模板水下安装困难, 模板的定位固定支护工作量大; ③采用直升导管法浇筑, 需要在仓位布置多套导管, 各导管的安装、固定、浇筑提升装置的配备等工序繁琐工作量大; ④河岸边坡混凝土运输困难多采用吊车吊罐浇筑, 由于浇筑深度浅, 在浇筑时要合理分配各导管浇筑顺序和浇筑高差, 操作繁琐; ⑤浇筑后水下模板拆除困难。

### 2 技术方案

针对以上问题, 提供一种堤防坡脚水下混凝土施工方

法, 施工难度低、成本低、机械效率高、工期短, 经济效益好, 施工质量稳定可控。

提供一种堤防坡脚水下混凝土施工方法, 包括以下步骤:

①在设计的仓位处进行断面开挖, 开挖过程中用挖掘机在仓位外轮廓处安装固定桩, 仓位开挖完成后, 在仓位底部铺设砂卵石垫层。

②在固定桩内侧安装并固定模板, 仓位两侧对应的固定桩之间设置拉杆进行连接。

③使用混凝土泵车对仓位进行浇筑, 浇筑开始前将泵车的浇筑软管放到仓位一端距底部 $0.2\sim 0.3\text{m}$ 处, 然后进行浇筑, 浇筑过程中, 浇筑软管在保证管头插入混凝土内深度 $\geq 1\text{m}$ 且距仓位底部 $> 0.3\text{m}$ 的情况下在仓位内进行“Z”型移动, 直至浇筑满整个仓位。

④当仓位内浇筑的混凝土凝结强度 $\geq 50\%$ 时, 拆除拉杆和固定桩, 然后拆除模板。

⑤当仓位内浇筑的混凝土凝结强度 $\geq 70\%$ 时，在仓位内侧回填砂卵石层、外侧进行抛石护脚施工；在仓位上面可采用固滨笼、浆砌石挡墙或混凝土挡墙进行加高，最后进行内侧黏土回填、坡面修整、草皮种植等施工。

通过上述步骤即可完成堤防坡脚水下混凝土施工。

步骤 1 中仓位底部砂卵石垫层的铺设厚度为 0.2~0.5m；其一方面可以隔离下部基础，特别是浇筑时隔离黏土；另一方面，可以平衡和调节地基承载力。

所述仓位开挖时，仓位两侧开挖坡比为 1 : 0.75~1。当边坡高差大于 2m 或开挖地层松散时应采用 1 : 1 的坡比，以保障开挖边坡稳定。

步骤 3 中所述的浇筑软管的管头外侧套有配重钢管，并采用螺丝连接固定；通过安装配重钢管，防止浇筑时软管头浮出混凝土面。

步骤 3 中浇筑深度大于 1.5m 时，可进行分层浇筑；在混凝土浇筑时因混凝土流动性的问题，会造成泵送点堆积较高，形成局部模板侧压较大，分层浇筑可以很好的平衡仓位模板受力情况；但本方案中分层浇筑要求浇筑软管的管头深入混凝土面 $\geq 1.0\text{m}$ 在仓位内进行“Z”型缓慢移动分层浇筑。

步骤 3 中浇筑深度的测量：浇筑中使用测杆测量混凝土面与模板顶的高差，再与仓位模板高度对比计算出浇筑混凝土深度，另外根据入仓混凝土量与仓位体积的关系也可以大致计算出浇筑混凝土深度；浇筑软管的配重钢管长度为 1m，正好作为深入混凝土面的标识。

所述步骤 3 中，初始浇筑时控制混凝土入仓速度为 30m<sup>3</sup>/h，当浇筑到浇筑软管管头埋入混凝土面 1.0m，且软管管头距仓位底部大于 0.5m 后，调整混凝土入仓速度为 60m<sup>3</sup>/h；通过混凝土入仓速度的调节可以保证在开仓时不至于把底部的砂卵石垫层破坏，随后的高入仓速度可以加快总体浇筑速度。

由于整个浇筑过程为水下浇筑，为了保证浇筑质量，浇筑的混凝土中添加水下混凝土不分散剂，以避免混凝土在浇筑中出现分离现象。例如景德镇城市防洪工程堤防水下混凝土采用标号 C20、坍落度 200~240、水下不离析剂 UWB- II 型掺量 2.5%。

步骤 5 中仓位外侧抛石护脚坡比为 1 : 2；并在仓位上面采用固滨笼、浆砌石挡墙或混凝土挡墙进行加高，最后进行内侧黏土回填、坡面修整、草皮种植施工。外侧抛石护脚主要是对水下混凝土的基础进行保护防止冲刷和掏挖；固滨笼、浆砌石挡墙或混凝土挡墙的选择根据最大水流流速、河道弯曲率和实地情况由设计计算采用；坡面修整后种植草皮可以起到防冲刷固堤和美化改善环境的作用。

### 3 附图说明

本方法的施工方案示意图见图 1，模板安装固定俯视图见图 2，浇筑软管管头结构示意图见图 3，堤防边坡加固后的断面图见图 4。

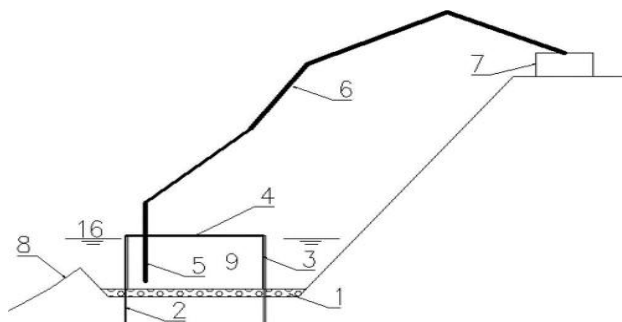


图 1 本方法的施工方案示意图

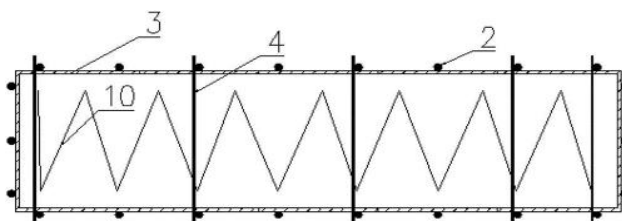


图 2 模板安装固定俯视图



图 3 浇筑软管管头结构示意图

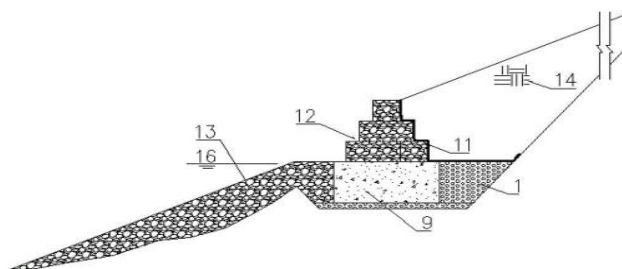


图 4 堤防边坡加固后的断面图

图 1 至图 4 中，1—砂卵石层；2—固定桩；3—模板；4—拉杆；5—浇筑软管；6—泵车浇筑臂；7—混凝土泵车；8—原始地面线；9—仓位；10—浇筑导管移动路线；11—土工布；12—固滨笼；13—水下抛石；14—黏土回填；15—浇筑软配重套；16—水位线。

### 4 具体实施方式

实施例 1：

例如，城市防洪与一江两岸改造工程中堤防坡脚水下混凝土施工过程，如图 1 至图 4 所示，具体包括以下步骤：

①仓位 9 的尺寸为：长 × 宽 × 高 = 15m × 4m × 2m，根据设计的仓位断面预留足够足摸空间，采用挖掘机从仓位的一端向另一端倒退着开挖；在开挖过程中用挖掘机完成固定桩 2 的安装；仓位开挖完成后，在仓位底部铺设 0.2~0.5m 厚的砂卵石层 1 起到调节地基承载力和隔离下部黏土的作

用; 仓位两侧开挖坡比采用 1 : 0.75。而当边坡高差大于 2m 或开挖地层松散的应采用 1 : 1 的坡比, 以保障开挖边坡稳定

②采用吊车将模板 3 安装就位并进行固定, 模板安装完成后, 将仓位两侧对应的固定桩 2 用拉杆 4 进行加固连接, 以防止浇筑时模板变形, 如图 2 所示。

③将混凝土泵车 7 就位于河岸上次施工平台, 将浇筑软管 5 下到仓位如图 2 中的浇筑导管移动线路 10 的起点并距仓位底部 0.2~0.3m 处, 开启泵车开始浇筑混凝土; 开始浇筑后根据入仓混凝土量、浇筑高度测量和浇筑进度, 在保证浇筑软管 5 管头深入混凝土内  $\geq 1\text{m}$  且距仓位底部  $> 0.3\text{m}$  的情况下在仓位内沿着浇筑导管移动线路 10 进行“Z”型缓慢移动, 逐步浇筑满整个仓位。

所述的浇筑软管 5 的管头外侧套有配重钢管 15, 其直径 146mm, 长 1m, 壁厚 10mm, 配重钢管重量为 33.5kg, 并采用螺丝连接固定。

④当仓位内浇筑的混凝土凝结强度  $\geq 50\%$  时, 拆除时先拆固定拉杆和固定桩, 最后用吊车拆除模板, 在拆除过程中可用挖掘机辅助施工。

⑤待混凝土凝结强度达到 70% 时, 可进行后续施工, 在仓位内侧回填砂卵石, 并在其上铺设土工布 11, 在仓位外侧采用水下抛石 13, 一般坡比为 1 : 2, 在仓位上面可采用固滨笼 12、浆砌石挡墙或混凝土挡墙进行加高, 最后进行内侧黏土回填 14、坡面修整、草皮种植等施工。

通过上述步骤即可完成堤防坡脚水下混凝土施工。

进一步的, 浇筑使用的混凝土添加水下不离析剂 UWB-II

掺量为 2.5%, 以避免混凝土在浇筑中出现分离现象。

优化的方案中, 浇筑时要控制好混凝土入仓速度, 泵车为液压型开仓初期需将泵送速度降至  $\leq 30\text{m}^3/\text{h}$ , 在浇筑软管头距仓位底部大于 0.5m 后可以调至正常泵量  $60\text{m}^3/\text{h}$ ; 另外, 当浇筑深度大于 1.5m 时可分层浇筑。

## 5 有益效果

提供的技术方案, 在方案设计上针对常规水下混凝土的施工弱点, 以满足工程质量和提高施工效率为出发点优化施工工艺, 从仓位开挖、立模、浇筑、拆模和边坡防护各方面综合考虑, 降低施工难度、工程成本、减少施工工期、提高施工效率, 是一套边坡稳定性综合治理方案。混凝土浇筑可一次完成, 浇筑过程中浇筑软管的管头始终处于混凝土面以下, 有效避免了水下混凝土浇筑分层现象。

在施工中具有如下特点: ①取消和简化了导管法浇筑中模板底部的固定; ②取消浇筑导管装置; ③取消各导管分料装置; ④不用平衡各导管浇筑高差; ⑤仓位内浇筑混凝土为一个整体不存在局部夹层; ⑥模板拆卸简单方便。该方法可充分发挥机械设备的优势, 降低施工难度、简化施工工艺, 做到材料消耗小、施工成本低、功率高、经济效益好、施工质量稳定可控、安全环保。

## 参考文献:

- [1] 董哲仁. 堤防工程的技术开发与推广[J]. 中国水利, 2000(1):2.
- [2] 汪自力, 顾冲时, 陈红. 堤防工程安全评估中几个问题的探讨[J]. 地球物理学进展, 2003, 18(3):391-394.
- [3] 王伟涛, 李金芳. 沂河堤防工程管理的现状与对策[J]. 治淮, 2003 (12):17-18.