

# 板桥河闸高陡边坡基坑支护施工技术研究

吴洁<sup>1</sup>, 仇宁<sup>2</sup>, 童雷<sup>1</sup>

(1. 南京振高建设有限公司, 江苏 南京 211300; 2. 南京市水务工程建设管理中心, 江苏 南京 210017)

**摘要:** 针对高陡边坡或地质和环境条件复杂的边坡, 边坡土体的下滑力矩大于抗剪强度的下滑力矩, 高陡边坡失稳问题, 采取在高陡边坡下部顺坡斜向打入钢管抗滑桩, 斜向钢管抗滑桩的下部设置卡盘式钢筋混凝土悬臂板梁, 增强斜向钢管抗滑桩抵抗力矩, 抵御高陡边坡坡脚弧滑。同时在钢管抗滑桩之间土坡面采用喷射混凝土护面及反滤渗透排水等四项技术措施联合工作形成一个支护体系, 共同承受边坡土体和土中水产生的水平压力, 有效避免高陡边坡坡脚弧滑, 保持高陡边坡稳定。

**关键词:** 高陡边坡; 抗滑桩; 护面; 联合支护; 施工技术

中图分类号: TV523

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2016) 12-0056-03

## Research on construction technology of foundation pit support on high and steep slope of Banqiaohe sluice

WU Jie<sup>1</sup>, QIU Ning<sup>2</sup>, TONG Lei<sup>1</sup>

(1. Nanjing Zhengao Construction Co., Ltd, Nanjing 211300, Jiangsu;

2. Nanjing Water Affairs Engineering Construction Management Center, Nanjing 210017, Jiangsu)

**Abstract:** Under the condition of high and steep slope or complex geological and environmental slope, the soil slope slide torque is greater than the shear strength of slide torque. According to that high and steep slope instability problem, measures are taken to strengthen resistance torque of steel pipe pile such as: piling steel pipe anti-slide pile into the lower steep slope, and arranging a chuck type reinforced concrete cantilever plate beam on the lower part of it. A supporting system are formed by taking four technical measures such as jetting concrete surface and laying reverse osmotic drainage pipes on soil surface between the steel pipe pile and so on, which effectively avoids high and steep slope foot arc slide and keeps the slope stability.

**Key words:** high and steep slope; anti-slide pile; cover; joint support; construction technology

建设工程常遇到深基坑、高边坡工程, 尤其是某些水闸、泵站等水利工程, 在位于复杂地质条件下或受周边环境条件限制, 工程土方开挖形成高陡边坡, 施工期也会遭遇汛期、雨季等复杂的水文环境, 如果处理不当, 就可能出现边坡塌滑,

甚至频繁发生边坡失稳, 不仅影响工程施工进展, 还会危及人的生命、造成经济损失, 产生不良社会影响<sup>[1]</sup>。因此, 如何有效地对此类高陡边坡进行支护, 确保其在施工期间的安全、稳定, 将直接影响工程建设的进度、质量、安全和造价控制等。

收稿日期: 2016-04-25

作者简介: 吴洁 (1972-), 男, 工程师, 主要从事水利工程施工建设与管理。

1 工程概况

南京市雨花台区板桥河闸位于板桥河入长江口 950 m 处, 现状板桥河闸存在局部损坏, 水闸、泵室不均匀沉降, 消能设施损坏, 混凝土强度不满足规范要求等问题。板桥河闸扩建工程是针对原闸存在的隐患进行加固改造并扩大水闸规模, 确保板桥河闸在规划洪水标准条件下能满足行洪要求, 并维持现有水闸挡长江洪水和关闸蓄水的功能; 同时结合水闸工程新建补水泵站, 以满足上游灌溉的需要和兼顾景观水位的要求。

板桥河闸扩建工程采用闸站结合的布置型式, 设计流量为 450 m<sup>3</sup>/s, 水闸分为 5 孔, 水闸两侧分别新建补水泵站。基坑长 210 m, 宽 90 m, 坡顶高程 12.45 m ~ 13.0 m (吴淞高程, 下同), 基坑底面高程 2.5 m, 其中闸室段基坑平面尺寸为 57.5 m×90 m, 基坑边坡安全等级为一级, 基础底面高程为 0.4 m, 基坑边坡最高处为 12.6 m。闸室段基坑工程地质和环境条件较复杂, 按正常坡率法分级放坡开挖受限制, 形成高陡边坡, 经验算, 该边坡整体稳定性差, 局部处于不稳定状态。因此, 施工中采用坡率法分级放坡开挖, 采取顺坡斜向钢管抗滑桩与混凝土护面联合使用的技术措施加以支护, 确保工程的顺利实施。

2 支护体系

2.1 工程地质

板桥河闸扩建工程地质报告及施工复勘揭示, 板桥河堤防地貌属长江漫滩, 地层主要为第四系全新统 (Q4) 粉质粘土、淤泥质粉质粘土、粉土、细砂等。该地质土层大多具有含水量大、高压缩性、大孔隙比、低强度的特点, 易产生不均匀沉降和流土、管涌、接触冲刷等多种形式破坏, 抗滑稳定性差。

2.2 施工工艺原理

根据该地质条件及施工工期安排, 充分利用钢管桩刚度大、延性好, 施工简便的优点, 支护体系采用顺坡斜向钢管抗滑桩 + 混凝土护面联合支护的技术措施。

钢管抗滑桩 + 混凝土护面联合支护, 其结构形式为在钢管抗滑桩坡脚处加设现浇卡盘式混凝土悬臂板梁, 钢管抗滑桩之间两侧坡面加设钢筋网、混凝土护面及排水设施, 详见图 1 所示。

该工艺是将顺坡斜向钢管抗滑桩、卡盘混

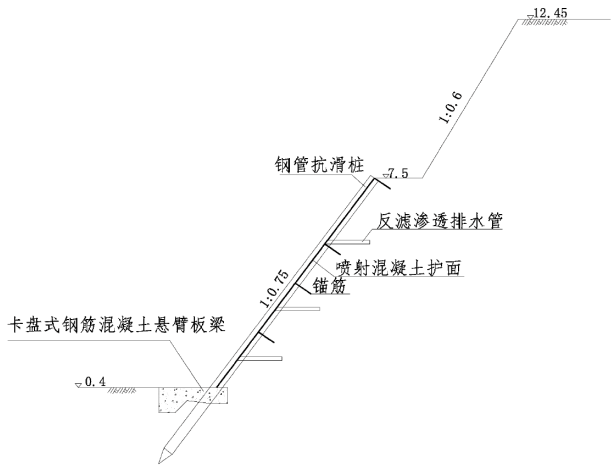


图 1 钢管抗滑桩+混凝土护面联合支护示

意图土悬臂板梁、钢筋网喷射混凝土护面及反滤渗透排水管四部分技术措施联合成一个支护体系, 联合工作, 共同承受边坡土体和土中水产生的水平压力<sup>[2]</sup>, 保持高陡边坡稳定。

2.3 施工工艺流程

施工工艺, 见图 2。

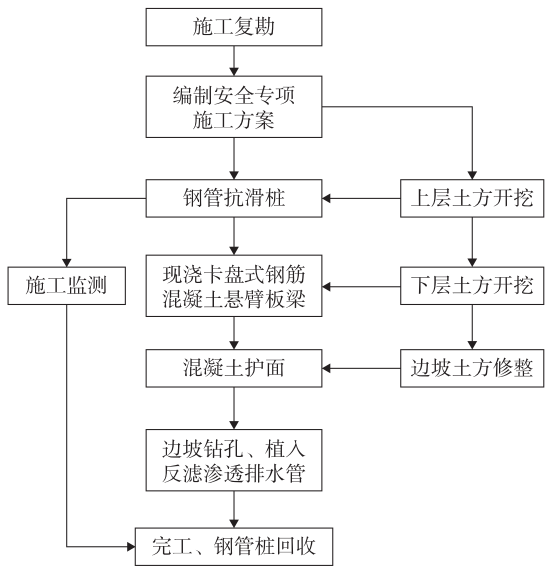


图 2 施工工艺流程图

3 关键施工技术

3.1 土方开挖技术

上层土方开挖采用平面分区、分段间隔开挖, 竖向分层法均衡自上而下开挖, 开挖至坡脚底面以上 3.0 m 时, 即可视土层情况边挖边进行斜打 (沉) 钢管抗滑桩。下层土方开挖采用后退法开挖, 边挖边逐根现浇卡盘式钢筋混凝土悬臂板梁。土

方边坡采用人工配合挖掘机修整边坡面,边坡整修随土方开挖进度同步进行。

### 3.2 钢管抗滑桩与卡盘式钢筋混凝土悬臂板梁施工技术

钢管抗滑桩沿边坡顺坡紧贴着坡面设置,桩径可1/2嵌入边坡土体,其下嵌入坡脚土体,钢管桩入土深度及桩顶标高按工程地质及施工安全要求进行计算确定;钢管抗滑桩壁应密贴土坡无空隙,钢管抗滑桩平面位置允许偏差为100 mm,标高允许偏差为30 mm。

钢管抗滑桩打设完毕后,先在坡脚底面沿钢管抗滑桩挖出卡盘式钢筋混凝土悬臂板梁地槽,再将卡盘式钢筋混凝土之钢筋骨架受力钢筋与抗滑桩焊接,就地浇筑卡盘式钢筋混凝土悬臂板梁,混凝土强度等级不低于C20。见图3、图4。

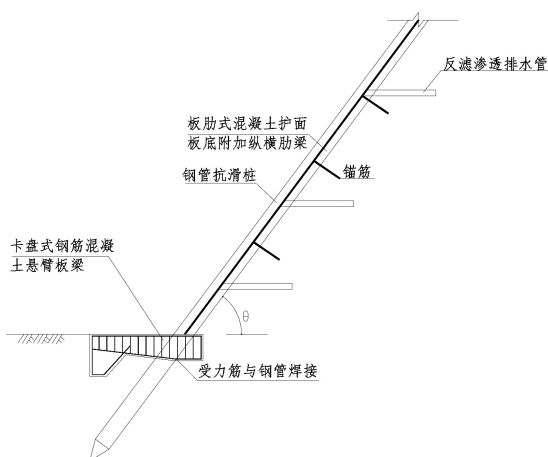


图3 卡盘式钢筋混凝土悬臂板梁剖面图

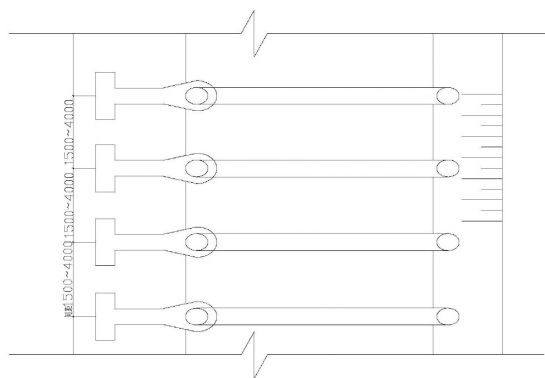


图4 卡盘式钢筋混凝土悬臂板梁平面图

### 3.3 混凝土护面施工技术

(1)混凝土护面工序施工前,再次修整边坡面。设定控制桩带线,进行人工修铲精整,使坡面平整度达到要求。

(2)在边坡面铺设 $\phi 6@300$ 钢筋网,纵横设

置 $\phi 12@1000$ “L”形锚筋,锚筋长300 mm,垂直楔入土坡固定钢筋网,控制保护层。

(3)喷射(浇筑)50 mm厚细石混凝土,护面钢筋网保护层不小于20 mm,表面抹平压光。钢管抗滑桩和混凝土护面与边坡土体产生嵌固层效应,从而改变边坡受力条件,有效地控制边坡滑移,确保边坡稳定。

### 3.4 反滤渗透排水施工技术

当边坡土体中存在含水率高的渗流水,则可在边坡钻 $\phi 80$ 土孔<sup>[3]</sup>,土孔内植入 $\phi 50$ 反滤渗透排水管。反滤渗透排水管道长1.0~3.0 m,管材周围壁上开孔,外包透水土工合成材料。反滤渗透排水管梅花形布置。当边坡土体中含水率低,则无需植入反滤渗透排水管。

## 4 施工监测

### 4.1 监测项目

(1)坡顶水平位移和垂直位移,支护结构变形、侧向变形。

(2)坡顶邻近建(构)筑物、地下管线变形(位移、倾斜、裂缝)。

(3)周边地面、道路位移、地表裂缝,坡底隆起。

(4)地下水,渗水与降雨关系<sup>[4]</sup>。

### 4.2 施工监测技术要求

(1)为了解边坡工程施工中边坡的实际变形程度和变形趋势,监测工作在土方开挖前进行监测点布置,测定初始值。施工中,监测频率根据施工进度及工况确定,当监测结果变化速率较大时,应加密监测次数或连续监测;当监测数据达到安全预警值时,应采取必要的安全技术措施,地下工程完成或监测数据稳定时,即可停止施工监测。

(2)巡视检查是施工监测工作的一环。每天设专人进行巡视,及时发现边坡有无裂缝、已有裂缝有无扩大、地表有无变形,排水设施运行是否正常等。

(3)裂缝监测。在裂缝的两侧稳定土体内各埋设铁件,并用混凝土浇筑牢固,两铁件在裂缝处活动搭接,如果裂缝有所发展,则在搭接处能用游标卡尺测得裂缝宽度的数据,其边坡分辨率不低于1 mm。

(4)沉降和位移监测点布置。采用GPS法和大地测量法,辅以电子水准仪进行测量。沉降监

(下转第72页)

（上接第 58 页）

测采用在潜在沉降或位移的部位埋桩布点监测，监测点间距不大于 10 m，且不少于 3 个监测点<sup>[5]</sup>，对沉降或位移较大的部位加密埋桩布点监测。

（5）施工监测过程中，及时将各施工阶段的动态监测数据输入计算机，经分析计算比较，及时反馈，为施工提供信息化指导，确保安全。

#### 4.3 监测项目在遇到下列情况时预警

（1）邻近道路沉降，日变化量 $\geq 2$  mm/d，累计达 30 mm；

（2）邻近建（构）筑物、地下管线变形，日变化量 $\geq 2$  mm/d，累计达 20 mm；

（3）坡顶水平位移 $>$ 边坡开挖深度的 1/500 或 20 mm，以及其水平位移速度连续 3d  $> 2$  mm/d<sup>[5]</sup>。

## 5 结语

本工程基坑及高陡边坡支护施工中，由于地形复杂，支护与开挖、回填作业交叉进行，基坑降水的同时又要考虑控制降水对保留老闸的结构造成不利影响等，施工困难重重，通过优化设计、边

坡稳定计算及技术创新，将高陡边坡钢管抗滑桩斜向设置，并在钢管抗滑桩下部浇筑卡盘式混凝土悬臂板梁，钢管抗滑桩与钢管抗滑桩之间坡面又采用了钢筋网混凝土护面及反滤渗透排水管等四项技术措施联合成一个支护体系，有效地避免了高陡边坡坡脚弧滑，保持高陡边坡的稳定，确保了工程的顺利实施，并取得了良好的社会效益和环境效益。

#### 参考文献：

- [1] 毛金萍，钟建驰，徐伟. 深基坑支护结构方案的风险分析[J]. 建筑施工，2003（4）.
- [2] 吴新星. 边坡抗滑桩受力分析与结构优化[D]. 宜昌：三峡大学，2010.
- [3] 李伟东. 塑性粘土深基坑边坡防护处理技术[J]. 科学之友（B 版），2009（5）.
- [4] GB50497-2009，建筑基坑工程检测技术规范[S].
- [5] GB50330-2013，建筑边坡工程技术规范[S].

（责任编辑：王宏伟）