

# 模袋混凝土工程在秦淮新河切岭段的应用

耿晓明<sup>1</sup>, 张 力<sup>2</sup>, 赵相业<sup>1</sup>, 杨 恒<sup>3</sup>

(1. 南京市秦淮河道管理处, 江苏 南京 210012; 2. 盐城市农业资源开发规划设计与评审中心, 江苏 盐城 224000;  
3. 江苏九天工程项目管理有限公司, 江苏 南京 210013)

**摘要:**秦淮新河作为规划 IV 级航道, 其切岭段浆砌石护坡破损严重, 且坡比陡峭, 下部不均匀分布有膨胀土。为了在施工期间不影响河道的航运功能, 选择整体性好、便于水下施工、无需搭设围堰的模袋混凝土对水下护坡进行防护。从秦淮新河切岭段模袋混凝土护坡的设计、施工工艺以及工程完工后的检测效果和实施经验进行阐述, 为切岭段模袋混凝土护坡施工提供理论依据和应用经验。

**关键词:**模袋混凝土; 切岭段; 膨胀土; 水下检测

中图分类号: TV861 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839(2020)02-0052-04

## Application of bag concrete project in cutting ridge section of the new Qinhuai River

GENG Xiaoming<sup>1</sup>, ZHANG Li<sup>2</sup>, ZHAO Xiangye<sup>1</sup>, YANG Heng<sup>3</sup>

(1. Nanjing Qinhuai River Management Office, Nanjing 210012, Jiangsu;  
2. Agricultural Resources Development Planning, Design and Evaluation Center of Yancheng, Yancheng 224000, Jiangsu; 3. Jiangsu Jiutian Engineering Project Management Co., Ltd., Nanjing 210013, Jiangsu)

**Abstract:** The new Qinhuai River, as a class IV channel, has a severely damaged masonry revetment in the cutting ridge section with a steep slope ratio and uneven distribution of expansive soil in the lower part. In order not to affect the shipping function of the river channel during construction, the bag concrete with good integrity, convenient for underwater construction, and without the need for a cofferdam is selected to protect the underwater slope. The design, construction process, inspection effect and implementation experience of the bag concrete slope protection in the cutting ridge section of the new Qinhuai River was expounded, which could provide theoretical basis and application experience for the bag concrete slope protection in the cutting ridge section.

**Key words:** bag concrete; cutting ridge section; expansive soil; underwater detection

## 1 秦淮新河切岭段概况

### 1.1 切岭段现状

秦淮新河位于江苏省南京市, 为长江下游一级支流, 全长 16.8 km, 是一条人工开挖的河道, 集行洪、灌溉、航运、调水、旅游等功能于一体。秦淮新河切岭段位于雨花台区铁心桥至红庙桥之间, 全长

2.9 km, 属于丘陵岗地, 顶高程约 30 m(吴淞高程, 下同), 于 1975 年 12 月开工, 1979 年 11 月竣工, 开挖过程中在岩体内发现中生代次火山岩系风化物, 经薄片鉴定为安山玢岩, 并都遭受较强烈的蒙脱石化。根据蒙脱石具有强烈的吸附性和遇水膨胀的特点, 当时采用以防渗、防岩体风化和防膨胀等综合治理方案, 边坡处理的具体方法是在膨胀性岩土

收稿日期: 2019-08-02

作者简介: 耿晓明(1987—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事河道管理工作。

的坡面上覆盖一层 1.5 m 厚的下蜀黏土,为避免洪水冲刷,下蜀黏土面上再铺一层浆砌块石<sup>[1]</sup>。现状切岭段常水位河面宽约 60 ~ 100 m,坡比约为 1:1.28 ~ 1:3.0,高程 15 m 以下为浆砌石护坡。

### 1.2 施工前护坡破损情况

随着浆砌石护坡长期运行,加上水位变幅区受船行波冲刷影响,切岭段沿线浆砌石护坡破损严重,为了详细了解秦淮新河切岭段水下护坡的破损情况,工程设计前对切岭段水下护坡破损情况采用了人工巡查,多波束全覆盖扫描和双频识别声呐探测相结合的方法进行检测分析。检测结果显示:切岭段多处区域浆砌石护坡破损严重,表现为表面勾缝砂浆脱落、块石破损,河底散落大量浆砌碎石。检测结果如表 1 所示。

表 1 水下护坡破损情况检测结果

序号	检测范围	检测方法	检测结果
1	水位 7.45 m 以上区域	人工巡查	7.45 m 以上护坡破损区共发现 30 多处,破损区多位于水面线以上 2 ~ 3 m 范围内,主要破损是护坡砌石脱落破损、勾缝脱落等,最大的破损区域超过 40 m。
2	6 ~ 7.45 m 浅水区域	双频识别声呐系统	该区域为水位变化区,共发现 20 多处破损,部分区域浆砌石护坡受冲刷严重,护坡表面勾缝砂浆多处破损,块石脱落,从破损区分布来看,北岸护坡破损较南岸严重,部分区域护坡表面多处散落石块。
3	6 m 以下深水区域)	多波束全覆盖扫描	河底较不平整,护坡上遗留弃石在多波束点云图中主要反映为杂乱凸起等特征,根据逐段分析,弃石多存在于坡脚位置,部分弃石旁可见破损存在,但大部分区域被碎石覆盖无法看到碎石以下情况,大量碎石的存在可能由上部护坡破损石块脱落所致。

考虑到切岭段岩体不均匀分布有膨胀土,浆砌石护坡大量破损极易导致下层黏土冲刷剥离,对护坡安全造成危害,急需对现状水下浆砌石护坡进行维修加固。

## 2 工程设计

鉴于秦淮新河为规划 IV 级通航河道,日常船流量较大,切岭段断面狭窄,加之浆砌石护坡深入河底,搭设临时围堰导流施工对通航安全造成严重影响,同时施工难度较大。为了在施工期间不影响河道的通航功能,经研究分析选择了方便水下作业的模袋混凝土护坡。模袋混凝土工艺在水下施工既不需要搭设围堰和导流,施工机械化程度高、速度快、效率高、工期短,并且整体性较好,抗冲刷能力强,较为适合施工条件不好且断航难度较大的河道护坡加固<sup>[2]</sup>。

### 2.1 模袋混凝土厚度确定

根据《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》(SL/T225—98)的规定,土工模袋厚度应按考虑抵抗浮托力进行计算。抵抗浮托力所需厚度  $\delta$  按下式计算:

$$\delta \geq 0.07cH_w \sqrt{\frac{L_w}{L_r}} \times \frac{\gamma_w}{\gamma_c - \gamma_w} \times \frac{\sqrt{1+m^2}}{m} \quad (1)$$

式中: $C$  为面板系数,护面上设滤水点,取  $C = 1.5$ ;  $H_w$ 、 $L_w$  为分别为波浪高度与长度,  $m$ ;  $L_r$  为垂直于水边线的护面长度,  $m$ ,取最短处 19 m;  $m$  为边坡系数,取最陡处 1.5;  $\gamma_c$  为混凝土有效容重,  $\text{kN/m}^3$ ;  $\gamma_w$  为水容重,  $\text{kN/m}^3$ 。

工程段主要受船行波影响,计算得:  $H_w = 0.93 \text{ m}$ ,  $L_w = 9.15 \text{ m}$ ,  $\delta = 0.058 \text{ m}$ ;根据安全系数不

小于 1.5,  $\delta$  不小于 0.087 m。而常用模袋混凝土厚度为 0.15 ~ 0.25 m,本次设计要求模袋混凝土强度不小于 C25,为便于骨料的填充,根据护坡实际情况及相关工程试验,取模袋混凝土厚度为 0.2 m。

### 2.2 模袋混凝土稳定性分析

根据《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》(SL/T225—98)的规定,模袋土抗滑稳定计算参数示意图见图 1。

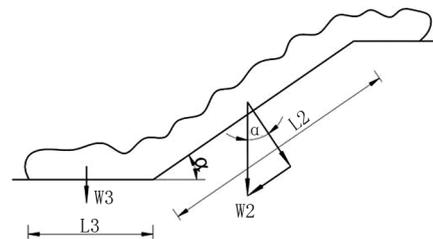


图 1 模袋土抗滑稳定计算参数示意图

模袋土抗滑稳定各参数计算式为:

$$F_s = \frac{L_3 + L_2 \cos \alpha}{L_2 \sin \alpha} f_{cs} \quad (2)$$

$$L_2 = \sqrt{1 + m^2} H \quad (3)$$

式中:  $F_s$  为抗滑稳定安全系数, 根据《碾压土石坝设计规范》(SL274—2001), 1级堤防取 1.3;  $L_2$  为坡面模袋长度(m);  $L_3$  为坡脚以外模袋长度(m);  $m$  为边坡系数;  $\alpha$  为斜坡坡角;  $H$  为护面高度(m);  $F_{cs}$  为模袋与坡面的摩擦系数, 取  $f_{cs} = 0.45$ 。

本工程各断面护坡稳定分析详见表 2。

表 2 护坡稳定计算(选取部分断面)

断面	桩号	$L_2 * \cos \alpha$	$L_2 * \sin \alpha$	$L_3$	摩擦系数 $f_{cs}$	安全系数 $F_s$
断面 1	7+600	22.83	7.80	0	0.45	1.32
断面 2	7+550	14.76	7.03	5.55	0.45	1.30
断面 3	7+450	16.29	7.22	5.13	0.45	1.33
断面 4	7+350	19.72	7.04	2.00	0.45	1.39
断面 5	7+250	19.92	6.22	0	0.45	1.44
断面 6	7+150	21.48	7.27	0	0.45	1.33
断面 7	7+050	20.36	6.67	0	0.45	1.37

根据计算结果, 各断面的抗滑稳定安全系数范围为 1.30~1.44, 均大于 1.30, 满足安全稳定的要求。

本次工程对秦淮新河切岭段左右岸迎水坡河底至 8.0 m 高程范围内采用模袋混凝土护坡, 模袋混凝土厚度 200 mm, 混凝土强度 C25, 模袋单位面积质量为双层 550 g/m<sup>2</sup>, 上部(高程 8.0 m)设 C25 素混凝土格梗, 尺寸 400 mm × 500 mm, 用于固定模袋上缘。施工典型断面图如图 2。

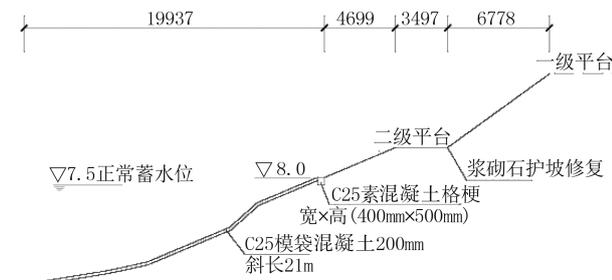


图 2 模袋混凝土施工断面图(桩号 K7+350)

### 3 现场施工

#### 3.1 施工工艺

水下铺灌法施工的主要工艺流程为: 准备工

作、测量放样、模袋铺设、充灌混凝土。

(1)准备工作主要包括人、材、机的准备和护坡基层面的平整, 拆除和回填现状浆砌石护坡的松动、破损处以及浆砌石护坡表面的清理, 对于水下区域需要安排潜水员对落石进行摸排, 体积较大的落石需要水上水下相结合进行清理。

(2)测量放样采用全站仪和水准仪, 根据设计图纸将工程断面全部布测, 各控制点均用木桩和钢筋固定。

(3)模袋铺设时, 先沿坡顶距模袋上缘 1.5~

2.0 m 处设定位桩, 间距为 1~2 m, 且每块模袋不少于 4 根, 同时在定位桩上设紧张器, 并与模袋上端的钢管相连接。将模袋所有注入口扎紧, 并将模袋卷紧, 利用人力自上而下顺坡将模袋滚铺, 随铺随压砂袋和碎石袋。水下部分需利用潜水员进行操作, 按照测量放样的位置, 将模袋准确定位。铺设过程中, 严格控制铺设质量, 基本达到平、正、足的要求。

(4)模袋采用掺入防老化材料的聚丙烯(丙纶)机织土工布, 其物理力学性能要求如下: 单位面积质量为双层 550 g/m<sup>2</sup>, 允许抗拉强度为 60 kN/m, 断裂伸长为 25%~60%。混凝土厚度为 200 mm, 流动性要好, 塌落度一般控制在 23~24 之间。水泥的用量需通过现场试灌来确定, 必要时可掺用一定比例的粉煤灰。水泥强度等级选择 C25, 黄砂采用中砂, 骨料采用细石子, 粉煤灰采用 II 级粉煤灰, 密度为 2.20 t/m<sup>3</sup>, 水灰比根据实验确定。充灌混凝土遵循“四先原则”, 即先下后上, 先左右后中间, 先上游后下游, 先标准断面后异形断面, 防止模袋在充灌过程中产生偏移和移位。充灌速度控制在 10~

15 m<sup>3</sup>/h,充灌压力控制在0.2~0.3 MPa。充灌后的模袋坡顶、坡脚及时进行锚槽回填覆盖和压脚棱体施工<sup>[3]</sup>。

### 3.2 施工过程的注意事项

(1)由于秦淮新河为规划IV级通航河道,施工前应先到地方海事部门办理水上水下活动通航许可,在施工范围两端需布置安全警示标志及浮标,并安排专职安全员做好现场通航指挥工作。

(2)由于模袋充灌混凝土后,纵横方向会发生收缩,为了保证模袋之间拼缝严密,新铺放的模袋与已充灌好的模袋之间要留不小于30 cm的搭接宽度,搭接摆放好后,才可进行人工缝制连接模袋<sup>[4]</sup>。

(3)模袋充灌前应和混凝土供应商充分协商,适当调整胶材比例,增强混凝土的塌落度与和易性。运送混凝土泵车间隔时间不宜过长,一般以2 h以内为宜,防止泵送管道内混凝土凝固堵塞。每日施工结束后,应仔细清洗泵送管道。

(4)充灌过程中要时刻检查混凝土充灌压力,并安排潜水员对模袋进行水下检查,防止发生模袋局部拉线断裂或模袋破损造成混凝土流失。

## 4 水下检测成果

为了便于了解工程实施效果,工程完工后对模袋混凝土进行水下检测。对高程5.5~8.0 m的浅水区域采用双频识别声呐系统探测;对高程在5.5 m以下深水区域,采用高精度多波束扫测系统对施工范围进行全覆盖扫描(如图3~4)。经检测,护坡较好地覆盖了整个设计区域,单元工程表面平整度检测点合格率达到相关验收标准要求,模袋之间搭接处可见明显重合,模袋混凝土整体施工效果良好,符合设计要求。

## 5 结论

工程完工后,在消除护坡安全隐患的同时,也使河道破损坡面焕然一新,工程汛期运行正常,较好地发挥了工程效益和环境效益,表明在秦淮新河切岭段采用模袋混凝土进行护坡除险加固的方案是切实可行的,工程实施也为需满足通航要求的河

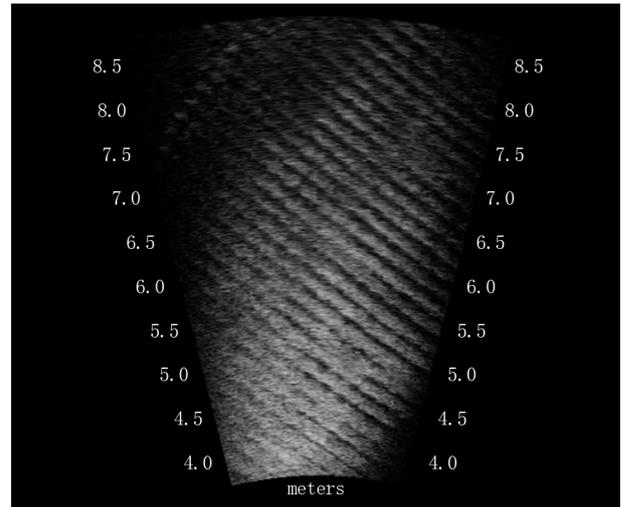


图3 多双频识别声呐扫描影像图

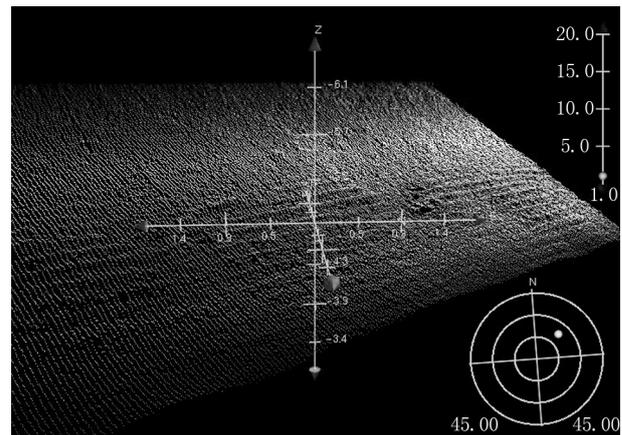


图4 高精度多波束扫测点云图  
道硬化护坡水下维护提供了经验。

### 参考文献:

- [1] 王浣. 秦淮新河切岭段膨胀土边坡处理[J]. 水利水电技术, 1981(12):45-48.
- [2] 李志刚, 余天翔, 邓辉, 等. 模袋混凝土护坡技术在河道护坡工程中的应用研究[J]. 广东工业大学学报, 2001(12):50-54.
- [3] 刘蜀珉. 模袋混凝土流动性的探讨[J]. 水运工程, 2008(12):19-20.
- [4] 张志满. 模袋混凝土施工工艺[J]. 水运工程, 2008(2):109-113.