

城市河道生态护岸稳定分析及应用

镇 云, 李友春

(金山卫镇水务站, 上海 200540)

摘要: 生态护岸设计对城市可持续发展起着至关重要的作用。基于城市河道护岸需注意事项, 研究总结常见护岸结构及其适用条件, 结合太平巷河道整治工程特点, 选用浆砌石挡墙结构, 分别采用刚体极限法和强度折减法进行岸坡稳定分析, 同时计算该河道行船条件。综合分析知: 不同计算工况下, 采用刚体极限法计算所得安全系数均比强度折减法计算所得较小, 偏于安全; 本工程选用护岸结构合理。可为其他类似城市河道护岸设计提供参考依据。

关键词: 城市河道; 护岸设计; 浆砌块石挡墙; 刚体极限平衡法; 强度折减法

中图分类号: TV85

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2018) 06-0066-04

Stability analysis and application of ecological revetment in urban river

ZHEN Yun, LI Youchun

(Jinshan Wei Town Water Conservancy Station of Shanghai, Shanghai 200540, Shanghai)

Abstract: Ecological revetment design plays a vital role in the sustainable urban development. Based on the urban river bank protection considerations, the common bank protection structures and their applicable conditions were summarized. Combining with the characteristics of Taipingxiang river regulation works, masonry retaining wall structure was selected. The rigid body limit equilibrium method and strength reduction method were respectively used in the bank stability analysis, and the river boat condition was calculated at the same time. According to the comprehensive analysis, the safety factor calculated by rigid body limit equilibrium method was more safe and smaller than by strength reduction method under different calculation conditions. It could provide reference for other similar urban river bank revetment design.

Key words: urban river; design of bank protection; masonry retaining wall; rigid body limit equilibrium method; strength reduction method

近年来, 在城市河道整治中, 河道的生态护岸设计需要考虑岸坡安全稳定、生态保护、绿化景观打造等要求, 是生态治河的核心内容^[1]。生态护岸工程多为利用植物或者天然工程材料相结合工程项目, 主要确保水、土、植物等能够相互适应^[2-3]。设计原则遵循不破坏水土自适应通道、护岸材料天然化、投资合理化^[4-5]。因此, 随着城市的发展和人们环保意识的增强, 生态护岸工程势必会受到越来越多地重视和应用^[6]。本文从研究整理城市

河道岸坡的特点出发, 提出 3 大类城市生态护岸设计方向, 并结合太平巷河道整治工程, 从岸坡稳定及行船 2 个方面进行计算分析, 论证设计断面的合理性, 为其他类似城市河道护岸工程提供参考依据。

1 城市河道特点及生态设计方向

鉴于城市河道的特殊性, 其护岸结构选型时

收稿日期: 2018-01-22

作者简介: 镇云 (1969-), 女, 工程师, 主要从事区域水系规划、涉水事项建设、管理等。

首先考虑安全性和经济性,除满足防汛除涝要求外,还要兼顾景观美化、施工简单、材料价格和周边环境等因素,应根据具体情况综合考虑后进行选择。因此,城市河道常会遇到与道路交叉、民房遍布、用地紧张、河道束窄等问题。

城市河道生态护岸设计方向大致分为有干路跨河的区域河道护岸、不具有放坡条件河道护岸、水流速度较大河道护岸 3 类。护岸结构需体现生态要求,有利于恢复岸线和河道的自然净化功能。河道断面满足过水能力和蓄水面积要求。护岸结构满足稳定、安全要求,施工方便、经济合理,改善环境。根据不同的城市河道特点,相应的护岸设计方案分类如表 1 所示。

片骨干河道,水动力条件较好,岸坡坡脚由于长期被冲刷而形成局部陡坎,存在岸坡安全稳定问题。

通过表 1 总结分析,针对水流流速较大段河道情况,本工程选用浆砌块石挡墙护岸较为适合,总体设计采用缓坡结合挡墙的复合式河道断面型式。

2.2 河道典型设计断面

浆砌块石挡墙结构为常见重力式挡土墙的一种,它主要依靠墙身自重抵抗土体侧压力。压顶采用混凝土材料与墙身块石相匹配,以达到美观效果,墙身块石依靠水泥砂浆的粘结力、摩擦力及块石自重,保持构筑物的稳定性。由于块石之间空隙被水泥砂浆充塞密实,因而具有更好的整体

表 1 护岸设计方案分类统计表

河段类型	护岸设计	方案主要特点
有干路跨河	预制混凝土高强嵌锁块	整体性好,抗冲能力强。但护岸加筋较长,开挖工作面较大,施工临时占地多,绿化面积小。
	生态石笼挡墙	适应性好,抗冲刷能力强,透水性好、稳定性好,造价低,施工简单。但取材不便,铅丝保护层容易被破坏。
不具有放坡条件	密排仿木桩	集防洪效应、生态效应、景观效应、自净效应于一体,能适应地基土的变形和将来周边环境的发展。
	生态台地仿木桩	生态台地仿木桩护岸上部结构与密排仿木桩类似,混凝土基座以下采用预制混凝土方桩,价格优势明显。
水流速度较大	浆砌块石挡墙	具有更好的整体性、密实性和强度,可以防止渗水、漏水,增加抵抗侵蚀的能力。
	悬臂式钢筋混凝土挡墙	断面簿、自重轻,构造简单,施工方便,地基适应性强,抗弯、抗冲能力强。但景观效果较差。

2 工程应用

2.1 工程概况

金山卫镇隶属于上海市金山区,是上海市的历史古镇之一,东与石化街道、山阳镇毗连,西与浙江省平湖市为界,南与上海石化公司相邻,北与张堰、廊下镇接壤。该镇境内地势平坦,按地貌形态及其成因,分成剥蚀残丘地形和泻湖平原;境内地形总趋势是西南高,东北低。境内主要河流有张泾河、新张泾、黄姑塘、红旗港、山塘河等。其中太平港位于倪家浜与张泾河之间,起于倪家浜,终于张泾河,全长 1480 m,现状河口宽 13.5 ~ 29 m,横穿茸卫公路,沿线有沐沥港、横浦河、朱家浜、俞家浜、朱家河等水系汇入。太平港左岸大部分是农田,右岸上游端为硬化混凝土道路和已建成居民区,下游端有一垃圾场和林地。太平港属浦南东

性、密实性和强度,可以防止渗水、漏水,增加抵抗侵蚀的能力。下部基础常采用钢筋混凝土材料,可以保证结构的整体稳定性。如遇软弱地基或稳定性不满足时,可进行桩基处理,打设方桩或灌注桩为常用方法。由于其安全耐用、耐侵蚀、工艺成熟、施工方便、就地取材、经济效果及美观效果好,在我国水利、铁路、公路、港湾、矿山等工程中得到广泛的应用。

上海地区常见浆砌块石挡墙结构压顶标高为 2.00 ~ 3.40 m,基础采用 C25 钢筋混凝土,垫层采用 C15 混凝土,挡墙前标高 2.20 m 处设土平台,种植水生植物。土平台至设计河底采用 1: 2.5 边坡,3.40 m 至地面为 1: 2 斜坡段,种植草本类植物,地面种植乔木、灌木、草本类植物,以本地物种为主,呈现河道生态性。本工程浅部土层①层土、③层土及④层较软弱,其抗冲刷能力差,易被水流掏

$\sigma_{\max, \min}$ —基底的最大和最小压应力(kPa);
 ΣG —垂直荷载(kN);
 A —底板面积(m^2);
 ΣM —作用在挡土墙上的全部荷载对底板形心轴的力矩之和($\text{kN}\cdot\text{m}$);

ΣW —底板的截面系数(m^3), 计算公式为 $W=bh^2/6$, 其中 b 为计算墙体长度, h 为墙底宽度。

(3) 抗滑稳定性分析

岸坡稳定性分析通常以计算所得安全系数为评价依据, 常见计算方法有刚体极限平衡法和强度折减法与数值计算相结合的方法。前者是规范规定的基本方法, 计算简单; 后者是引入折减系数 K , 对已知滑动面土层粘聚力及内摩擦角进行折减, 直至逼近于一个破坏极限, 此时折减系数 K 为岸坡相应稳定系数, 折减公式如下所示:

$$c' = \frac{c}{k} \quad \varphi' = \arctan\left(\frac{\tan \varphi}{K}\right)$$

采用上述 2 种方法对本工程河段典型设计断面分别进行计算, 计算结果如表 4 所示。

α —与船型有关的系数, 取 0.42;
 S —岸坡坡脚与船舷的距离(m);
 H —航道水深(m);
 v —船舶航速(m/s);
 g —重力加速度(m/s^2)。

张泾河通航等级为 VI 级航道, 可通航船只 100 t 级, 最高通航水位为 3.00 m, 最低通航水位为 2.00 m。对照《内河航道工程设计规范》, 考虑河道规模, 船行速度 $v=10 \text{ km/h}$ 。

(2) 船行波波长

船行波波长 L 计算公式如下:

$$L=0.43 V^2$$

式中:

L —船行波波长;
 V —船舶航速(m/s)。

(3) 船行波爬高

设计船行波在岸坡上的爬高 R_u 计算公式如下:

$$R_u=R_0K_\Delta K_\theta$$

表 4 护岸结构稳定计算成果汇总表

计算 工况	挡墙抗滑安全 系数 K_c	岸坡整体计算		允许值 [Ks]	最小地 基应力(kPa)	最大地 基应力(kPa)
		刚体极限法 K_1	强度折减法 K_2			
运行期	1.59	1.76	1.82	1.25	26.94	46.6
施工期	1.63	1.48	1.54	1.10	23.79	55.2
地震期	1.31	1.29	1.33	1.05	19.38	43.6

2.3.3 船行波计算

受张泾河通航影响, 太平港下游河口两岸堤防建设需进行船行波计算。

(1) 设计船行波波高

根据《内河航道工程设计规范》(DG/TJ08-2116-2012) 附录 C 船行波计算规定, 航道的设计船行波波高可按下列公式计算:

$$H_c=\alpha H\left(\frac{S}{H}\right)^{-0.33}\left(\frac{V}{\sqrt{gH}}\right)^{2.67}$$

式中:

H_c —岸坡坡脚处的船行波波高(m), 岸坡坡脚指航道岸坡与航道设计底高程的交线;

$$R_0=0.4T\sqrt{gH_c}\operatorname{tg}\beta$$

式中:

R_u —船行波爬高;
 R_0 —当船行波传播角 $\theta \leq 10^\circ$ 的爬高值;
 K_Δ —岸坡糙率修正系数, 可按《内河航道工程设计规范》表 C.0.2 取值;
 K_θ —船行波传播角修正系数, 当 $\theta \leq 65^\circ$ 可按 $K_\theta=\cos(\theta-10^\circ)$ 取值;
 β —岸坡坡脚($^\circ$)。

(4) 计算结果

根据本工程航道等级及河道横断面, 对照《内河航道工程设计规范》, 分别按照最高、最低通航

表 5 太平港船行波计算结果表

航道 等级	计算河面宽度 (m)	最高通航水位 (m)	最低通航水位 (m)	上爬高度 (m)	回落高度 (m)	防护 范围	防护结构设 计底高(m)
VI级	45	3	2	0.32	0.28	3.32 ~ 1.2	1.2

(下转第 72 页)

（上接第 69 页）

水位计算船行波的各项数值, 结果见表 5。

根据计算可知, 为满足船行波作用要求, 太平港口段护岸挡墙顶高程 3.40 m, 墙前防护结构底高程 1.2 m, 满足要求。

3 小结

(1) 护岸结构的选型主要是为了方便一些特殊结构的布置或设计的衔接, 根据其功能的需要进行各项优缺点分析。浆砌块石挡墙结构由于其安全耐用、耐侵蚀、工艺成熟、施工方便、就地取材、经济效果及美观效果好, 针对水流速度较大的河段工程, 建议采用浆砌块石挡墙护岸结构型式。

(2) 比较刚体极限平衡法与强度折减法的安全系数计算结果, 前者较后者数值较小, 偏于安全, 适用于小型工程项目岸坡稳定计算。

(3) 基于太平巷河道的断面设计, 岸坡稳定计算与行船计算结果显示, 设计合理, 可为类似工程提供参考依据。

参考文献:

- [1] 季永兴, 刘水芹, 张勇. 城市河道整治中生态型护坡结构探讨 [J]. 水土保持研究 2001, 8 (4):25-28.
- [2] 吴芳. 生态型护岸及其发展前景探析 [J]. 江苏水利, 2011 (10):11-12, 14.
- [3] 王天星. 关于生态护岸设计的几点想法 [J]. 长江工程职业技术学院学报, 2017, 34 (1):16-17, 23.
- [4] 姜催玲, 王俊. 我国生态水利研究进展 [J]. 水利水电科技进展, 2015 (5):168-175.
- [5] 唐国滔, 姚焕玫, 胡湛波. 生态护岸技术的研究及其发展趋势 [J]. 水产科技情报, 2010, 37 (4): 198-201.
- [6] 王涛, 王少波, 郑红娟. 南通城市河道生态护岸技术探索与应用 [J]. 江苏水利, 2017 (01):1-4.