

徐州市奎河上游段护岸加固改造措施研究

董学刚, 沈 印

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要:通过对徐州市区奎河上游段护岸现状问题的分析,归纳得出对现状护岸进行加固改造的必要性及设计关键点和难点。通过针对性的设计初拟了护岸加固改造方案,并根据对该方案的计算复核进一步优化了设计,最终得到了一种既能实现提高水安全及水景观的目标,又能满足现场施工条件,最大程度地减少对现状构筑物影响的护岸加固改造措施。该方案及方案的研究过程对类似工程具有一定的参考价值。

关键词:护岸;加固;改造

中图分类号:U656.3

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2021)06-0175-04

0 引言

奎河起源于徐州市云龙湖,向南流经铜山区,在三堡镇黄桥闸下进入安徽省,为淮河流域重要的跨省界河流之一。由于两岸雨污合流、截污管网老化且市区段缺乏有效补水等问题存在,现状水质较差。同时两侧护岸年久失修且结构单薄,多处已变形严重,存在发生滑坡的危险性。故为进一步提升市区奎河的水安全、水环境及水生态质量,将奎河流域打造成集亲水、生态、旅游和亮化于一体的廊道,徐州市政府紧紧围绕“净水、添绿、展文、便民”的目标定位,实施了徐州市区奎河综合整治工程。该工程奎河以袁桥闸为界分为上、下游两段,现研究对象为河道上游段护岸。

1 关键点及难点

(1)地质条件复杂:沿线地层分布起伏较大,岩层深浅不一,较浅处已出露河底,较深处钻孔尚未探出。同时,由于奎河现状护岸为历年多次加高垒砌而成,墙后多有施工过程中留下的石块、砖渣等建筑垃圾,在周边工程钻孔灌注桩施工时,便遇到了对施工影响较大的大块石。

(2)现状护岸薄弱:现状护岸施工年代久远,施工标准较低,且断面均为贴坡式浆砌块石结构,局部砂浆勾缝已被淘空,多处护岸受墙后树木影响已具有明显的变形。在这种情况下,任何较大的施工荷载

或振动都有可能对护岸造成无可挽回的破坏。

(3)墙后管线隐患:现状河道两侧沿线均有一根污水干管埋设于护岸后侧,污水管距离护岸较近,且同样由于年久失修,故较易受到外部影响而发生破坏。污水管一旦产生大量的渗漏,不但对护岸安全产生威胁,更将对河道水质产生严重污染。在下游已发生过由于管线破损渗漏而导致护岸滑坡的情况。因此,在护岸加固改造施工过程中需考虑对现状管线的保护。

(4)施工空间狭小:现状河道两侧为车行道,但由于周边通行需求大、车流量高,施工期间仍需满足单向通行的条件。同时局部房屋距离河边不足3m,故能为施工提供的空间非常有限。

(5)缺乏人行空间:现状河道两侧空间较窄,在满足车辆通行的前提下,局部已无足够空间保证滨河慢行道的贯通。为了确保工程便民利民的主旨不变,需在保障河道行洪能力的前提下,借用河道水面以上空间。

(6)护岸景观较差:现状护岸为多次加高垒砌而成,自下而上依次采用浆砌块石、浆砌条石及砖砌结构,层次过于清晰,表面材质及纹理不统一,加之年久失修,局部已破损,整体景观效果较差。现状护岸如图1所示。

2 现状复核

为保证加固改造方案的合理性,首先对现状护岸进行稳定性复核,包括:堤顶高程、护岸抗滑及抗倾覆稳定、堤防整体稳定及地基承载力的复核^[1]。由于篇幅有限,本文选取桩号K4+000处的断面稳定复核计

收稿日期:2021-01-22

作者简介:董学刚(1972—),男,硕士,高级工程师,从事市政规划水利设计研究工作。



图1 现状护岸之实景

算结果进行分析,计算成果详见表1所列,其中 K_e 、 K_0 及各项允许值根据规范^[1]选取。根据计算结果可知,现状护岸抗滑稳定性及整体稳定无法满足规范要求,局部断面在降水施工或地震工况下抗滑稳定系数已小于1.0,因此对现状护岸进行加固是十分必要的,同时需要在墙前降水之前进行。现状护岸结构断面如图2所示。

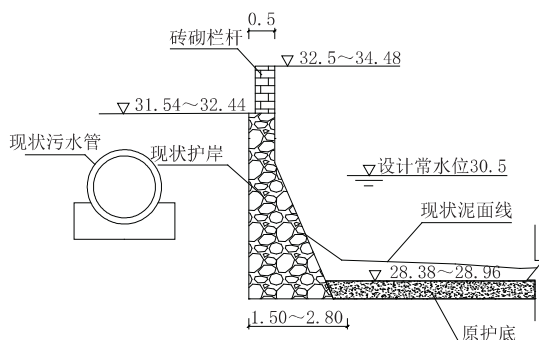


图2 现状护岸典型断面图(单位:m)

典型断面的护岸复核计算结果如表1所列。

3 加固方案初拟

针对该项目设计的关键点及难点,根据现状护岸安全稳定复核结论,现提出初步的加固改造方案如下:

现状护岸陆域侧施打密排围护桩。该围护桩的主要作用有四点:第一,提高护岸整体稳定性,防止发生圆弧滑动破坏;第二,降低墙后水平土压力,提高护岸结构抗滑稳定性,确保在墙前降水施工期间护岸的安全稳定;第三,则是减少护岸施工期间对桩

后污水管的影响;第四,则是充分利用桩基竖向承载能力及桩顶抗弯能力,承受护岸前悬挑平台及贴面结构的荷载。同时,考虑到复杂的地质情况及狭窄的施工空间,桩基采用了树根桩的型式,并采用细石混凝土代替碎石+注浆作为桩身填充料,从而减少压力注浆过程中对现状护岸产生的不利影响。其次,为保证滨水慢行道的贯通,拆除现有砖砌栏杆,于护岸顶部增加悬挑平台,在充分利用水面以上空间的基础上又提高了河道的亲水景观性。最后,于现状浆砌块石护岸表面增加20 cm厚钢筋混凝土贴面结构,从而增加现状砌石结构的整体性,也利用顶部连梁将护岸结构的受力传到至后排树根桩上,进一步提高护岸的抗滑稳定性。同时,在钢筋混凝土贴面结构外表面的水上部分,采用了装饰混凝土,具体为清水混凝土加造型模板的型式^[2],进一步美化了河道,提升了水景观。初拟的护岸加固改造方案断面如图3所示。

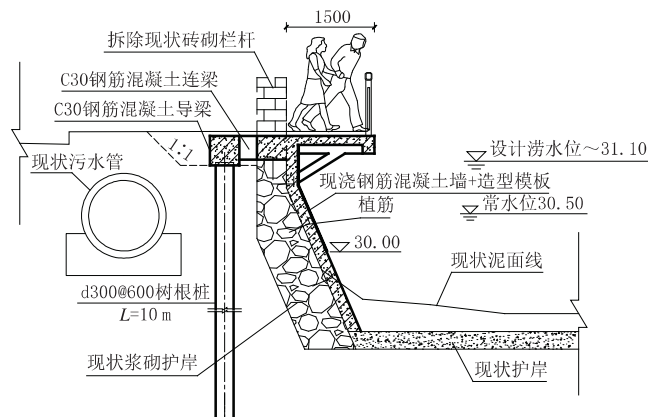


图3 初拟护岸加固改造方案断面图(单位:mm)

4 加固方案复核及优化

为保证加固改造后的护岸结构能满足预期的目标,对加固后的护岸进行了安全稳定的复核,包括:由于贴面结构束窄后的河道断面行洪能力、桩基水平承载力及护岸整体稳定。其中,桩基水平承载力根据《建筑桩基技术规范》^[3]计算。各项目典型断面计算结果如表2所列。从计算结果可知各项数值均可满足规范要求。

表1 典型断面护岸安全稳定复核计算结果一览表

桩号	工况	抗滑系数		抗倾系数		最大最小应力比		整体稳定		堤顶高程	
		K_e	$[K_e]$	K_0	$[K_0]$	$\frac{P_{max}}{P_{min}}$	允许值	K	允许值	现状堤顶/m	设计堤顶/m
K4+000	运行期	1.05	1.25	1.37	1.5	1.35	2.0	1.57	1.3		
	施工期	0.88	1.1	1.22	1.4	1.74	2.0	1.22	1.2	32.31	31.25
	地震期	0.93	1.05	1.18	1.3	1.57	2.0	1.08	1.15		

表 2 加固后典型断面护岸安全稳定复核计算结果一览表

桩号	工况	整体稳定		堤顶高程		单桩水平承载力	
		K	允许值	现状堤顶 /m	设计堤顶 /m	水平荷载 /kN	水平承载力 /kN
K4+000	运行期	3.01	1.3				
	施工期	2.89	1.2	32.31	31.32	216	365
	地震期	2.44	1.15				

除以上各项总体安全复核之外,结合该结构特点,尚需对护岸顶部连梁及桩顶的抗弯承载力做进一步复核。由于该结构非完全悬臂,而是通过一贴面混凝土结构将上部荷载传递至现状护岸。结构整体受力复杂,故采用有限元的计算方式,通过大型有限元计算软件 ANSYS 建立整体三维模型,对各构件内力进行详细计算分析^[4]。根据连梁间距取 3.0 m 长结构段进行计算,桩基及混凝土结构采用理想的弹塑性本构模型。桩前土作用采用弹簧进行模拟,由于现状护岸上部直立段距离桩基较近,故弹簧从下部斜坡段开始施加直至桩底。桩底部采用固定约束,模型两侧面均采用对称约束,现状护岸结构底部为弹簧约束,贴面混凝土与护岸表面为滑动摩擦接触,各计算参数详见表 3 所列,计算模型、结构变形及护岸表面作用力计算结果如图 4~图 7 所示。

表 3 计算参数取值一览表

材料参数		计算参数
桩及混凝土	杨氏模量 $E = 2.0 \times 10^{10}$ Pa	荷载步数:10
	水上密度 $\rho = 2\,400$ kg/m ³	水平弹簧刚度: 6.0e6 N/m
	泊松比 $\xi = 0.167$	底部弹簧刚度: 15.0e6 N/m
浆砌石护岸	杨氏模量 $E = 2.3 \times 10^{10}$ Pa	大应变:开
	密度 $\rho = 2\,500$ kg/m ³	摩擦系数:0.5
	泊松比 $\xi = 0.18$	平台荷载: 3 kN/m ²

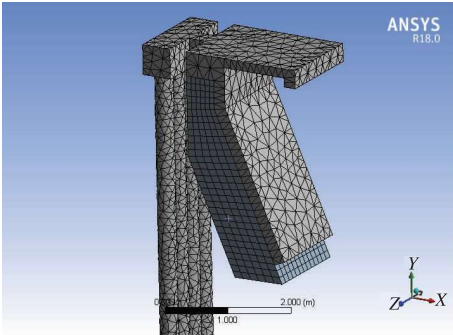


图 4 计算模型图

根据 ANSYS 计算结果得到桩顶及连梁的最大弯矩值分别仅有 5.86 kN·m 及 5.03 kN·m,同时顶

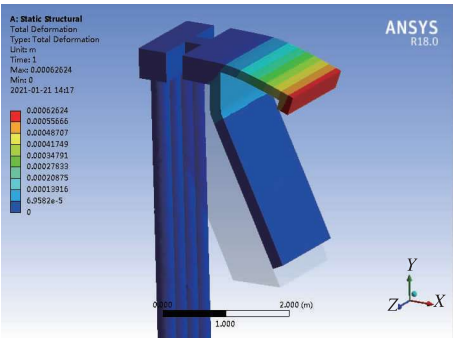


图 5 结构变形图

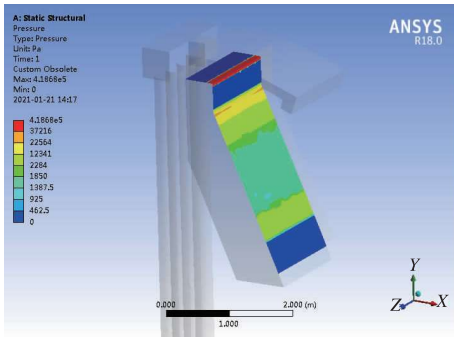


图 6 护岸表面压力图

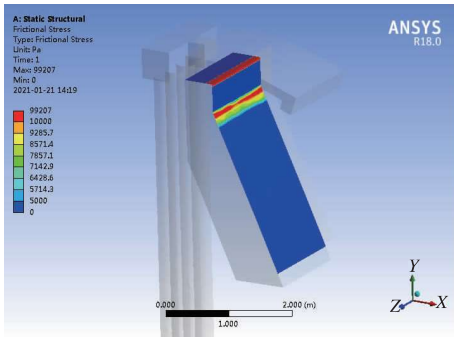


图 7 护岸表面摩擦力图

部连梁产生了 32.36 kN 的拉力。该两处弯矩较小是由于护岸表面为折线形状,悬挑平台及贴面混凝土垂直向下移动的趋势转化为沿着护岸斜坡向下滑动的趋势,即向下的同时还有向前的位移。由于护岸结构几乎不会发生向后的位移,悬挑平台及贴面混凝土的竖向荷载将转化为垂直于护岸斜坡面的压力、平行于斜坡面的摩擦力及作用于后排桩基的水平拉力。虽然各构件受力均满足设计要求,但从计算结果可知,作用于现状护岸表面的应力最大超过了 55.9 kPa。考虑到现状护岸结构较为薄弱,为尽量减少对它的影响,又在初拟断面方案的基础上于护岸前沿河底增加了一排间隔布置的方桩,并将桩顶导梁与贴面混凝土连接^[5],从而与后侧树根桩及顶部连梁一起形成一个框架,所有增加的荷载都将作用于前后排桩基而不再对现状护岸产生影响。同时,由于河底增加的桩基同样可以提高护岸结构的抗滑及整体稳定