

# 软弱土地地区城市道路河道生态护岸设计

卫军刚, 张卢明

(核工业西南勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610061)

**摘要:**南充市顺庆区荆溪河沿岸滨河路及护岸建设过程中,大部分河段存在较厚的软塑粉质黏土。该层土物理力学性质较差,对道路建设和护岸稳定极为不利。滨河路是拟建的休闲景观大道,因此该工程在保证道路和护岸安全的前提下,提出生态需求。根据场地工程地质情况,选取了斜坡式生态护岸形式,即表面采用绿化混凝土护坡与客土绿化,坡脚采用格宾石笼护脚,针对较厚的软塑粉质黏土区域采取水泥土搅拌桩进行加固处理。监测结果表明护岸方案整体稳定性及不均匀沉降满足要求。

**关键词:**斜坡式生态护岸;软塑粉质黏土;水泥土搅拌桩;河道;生态护岸;设计

**中图分类号:** TV222

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)01-0142-03

## 0 引言

因北部新城滨河路建设需要,南充市顺庆区荆溪镇荆溪河河道兼具防洪和休闲旅游景观的重要功能。滨河路属城市主干道,设计全长约4 km,设计宽24 m,双向共6车道,设计时速60 km/h。

水泥土搅拌桩是用于加固软弱土地基的一种方法,已应用于房屋建筑、水利、交通等行业的地基加固处理中<sup>[1-9]</sup>,有效地解决了软弱地基承载力、强度和变形问题。

现研究的高填方护岸位于嘉陵江支流岸坡地带,地质条件复杂,大范围分布有较厚的软弱土层,最大厚度约9 m,上覆填土最大厚度约13 m,覆盖层土体物理力学性质较差,护岸顶部即为滨河路,采取常规垂直护岸形式难以满足边坡稳定性和生态景观要求。

在上覆软弱土层较厚,市政道路荷载较大的条件下,同时要兼顾防洪功能,采取合适的护岸结构形式和软弱地基处理方式对设计人员提出了较高的要求。

## 1 研究区工程地质条件

### 1.1 工程地质条件

工程区上覆土层为第四系人工新近填土层、第

四系河流冲洪积层( $Q_4^{al+pl}$ )以及侏罗系中统沙溪庙组( $J_2s$ )近水平砂泥岩互层。

其中人工填土层主要为附近恒大开挖基坑堆积而成,呈松散状态。

冲洪积层主要包括可塑状粉质黏土、软塑状粉质黏土、粉土、细砂、卵石,各层厚度及分布不均匀。其中软塑状粉质黏土在场地内大范围分布,厚度2~9 m不等。

土体物理力学性质详见表1所列。

表1 土体物理力学参数表

土层	密度/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	黏聚力/ kPa	内摩擦 角/ $(^\circ)$	承载力特 征值/kPa
①人工填土	1.98	2	33	130
②耕植土	1.69	5	11	60
③ <sub>1</sub> 可塑状粉质黏土	1.95	30	13	150
③ <sub>2</sub> 软塑状粉质黏土	1.84	18	10	90
④ <sub>1</sub> 粉土	1.89	19	18	160
④ <sub>2</sub> 粉土	1.74	16	17	110
⑤细砂	1.85	—	23	165
⑥ <sub>1</sub> 松散卵石土	2.00	—	30	180
⑥ <sub>2</sub> 稍密卵石土	2.10	—	35	300
⑥ <sub>3</sub> 中密卵石土	2.20	—	38	500

### 1.2 水文地质条件

滨河路所在的荆溪河是嘉陵江右岸一条支流,勘察期间测得荆溪河水位为267.91 m,河水深为1.0~5.5 m,常年平均流量6.3 m<sup>3</sup>/s左右。拟建护岸工程起点位置荆溪河20 a一遇洪水位为273.50 m,流速为1.75 m/s。50 a一遇洪水位为279.10 m。荆溪河河道

收稿日期: 2023-04-06

基金项目: 四川省重点研发计划(重大科技专项, 22ZDYF1915)

作者简介: 卫军刚(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事岩土工程勘察与设计方面的研究工作。

地形呈宽缓U型,河床最大宽度达40 m。

地下水主要为砂、卵石层中的孔隙潜水和低洼地段土体中的上层滞水。其中孔隙潜水主要分布在里程K1+660~K2+500段,该段位于荆溪河与嘉陵江交汇处的河漫滩,地下水赋存于砂卵石及饱和粉土中,埋深一般在0.4~1.5 m;上层滞水主要集中在里程K0+000~K0+400以及里程K0+700~K1+550段的荆溪河沿岸河漫滩,地下水主要赋存于粉质黏土中,埋深一般在0.5~2.0 m。由于受大气降雨、地形地貌条件以及透水性较强的卵石土存在等因素影响,补给较充分,水量变化较大,对该地段施工影响较大。据测整个护岸工程稳定地下水位高程268.21~271.53 m,主要接受大气降水、水塘(池)的补给,临河段接受河水的补给。

## 2 河道生态护岸设计方案

该工程护岸线基本与拟建滨河路相平行,也未侵占行洪断面和河道,总体满足城市总体规划和河道

行洪要求。

根据该工程的重要性的使用年限,环滨河路护岸为永久性建(构)筑物,等级为4级。

### 2.1 护岸方案比选

适合于该工程的护岸方式有斜坡式护岸和直立式桩板墙或者挡土墙护岸两种形式。斜坡式护岸中石渣和砂卵石可就地取材,而直立式护岸不仅造价高,而且未能满足城市绿色生态建设和市民休闲娱乐的需要。根据技术经济比较,并结合深水区施工的难易程度和深水围堰拆除对清淤疏浚的影响,考虑生态需求,该工程护岸形式为斜坡式生态护岸。

### 2.2 斜坡式生态护岸总体设计

砂卵石、砂质泥岩石渣分区填筑的混合斜坡式护岸,护岸边坡:目前常水位(高程268.6 m)以上至护岸顶(高程274.5 m)之间坡率1:2.0,常水位位置设置钢筋混凝土脚墙护脚,常水位(268.6 m)以下为1:3.0,其余段274.5 m高程以上坡率与路基人行道边线相结合(详见图1)。

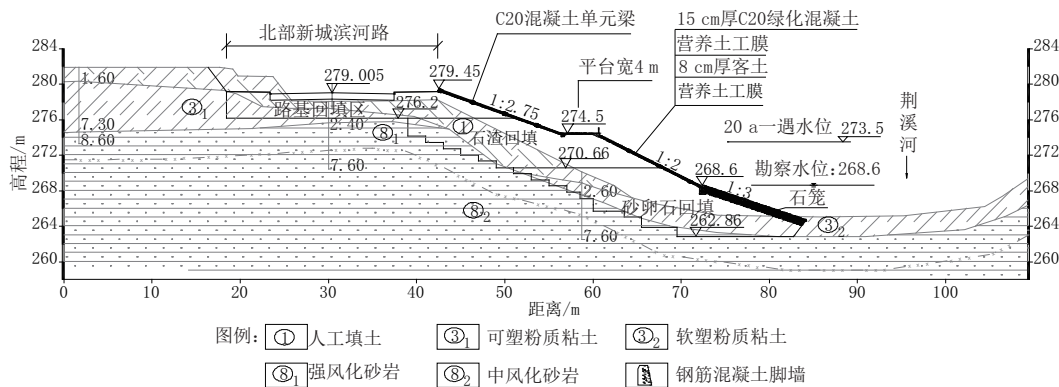


图1 非地基处理段护岸设计横断面图

护坡方式:268.6 m常水位高程以上至274.5 m高程和274.5 m高程以上至路基人行道顶为生态混凝土(预制绿化混凝土)加网格梁护坡,生态混凝土厚15 cm,网格梁断面尺寸为25 cm×30 cm,均为C20混凝土结构;常水位(268.6 m高程)以下:常水位位置设置1 m高的钢筋混凝土脚墙压脚,268.6 m高程以下利用镀锌生态网格钢丝笼装块石抛填护坡。护岸起始段至418.01 m之间护岸背水面边坡坡率为1:2.0,可利用城建弃渣回填至护岸顶或护岸顶以下3.0 m,采用植草护坡。

该堤防工程级别为4级,根据规范规定<sup>[10]</sup>,结合堤防工程管理、人行方便及防汛抢险的要求<sup>[11]</sup>,确定护岸顶宽度为4.0 m。

护岸顶采用C20混凝土现浇,厚度15 cm,与护坡顶水平梁分开浇筑。设置纵、横向变形缝,纵向距

顶外缘80 cm,横向间距5.907 m、变形缝宽度2.0 cm,聚乙烯闭孔泡沫板嵌缝。

护岸顶临水侧设1.1 m高栏杆,栏杆底梁高度30 cm,宽度30 cm,设置变形缝,间距和缝宽度与面板一致。

堤身采用砂卵石和砂质泥岩石渣填筑,为满足渗透稳定,堤内要求回填至基本回填线,常水位以上采用生态混凝土防冲。

为防止渗透水流对工程的危害,在常水位以上的生态混凝土下部铺设300 g/m<sup>2</sup>的营养土工布,供植物生长和排堤后渗水的反滤层。

为方便管理、堤防维修和方便民众,每隔300 m左右人行梯踏步,岸垂直护岸顶线设置,宽度5.0 m,梯踏步尺寸为:0.15 m×0.3 m,采用C20混凝土现浇。

### 3 河道软基地基处理设计

对软弱土厚度大于3 m的地段采用换填或者抛石挤淤不经济且施工安全隐患较大。根据场地地质及环境条件,河道护岸过程软土地基加固适合采用三轴水泥土搅拌桩技术。

该工程拟定水泥掺入量为18%,水泥土抗剪强

度采用抗压强度的25%,为250 kPa,内摩擦角取 $25^\circ$ 。水泥搅拌桩间距为1.5 m,直径500 mm,梅花型布置,设计桩长8.5~11.5 m,桩端达到中风化基岩顶面。水泥搅拌桩在道路底部及护岸范围内布置(详见图2所示)。经对加固区复合土体取样试验,软塑粉质黏土固结快剪强度指标黏聚力为35 kPa,内摩擦角为 $13^\circ$ 。

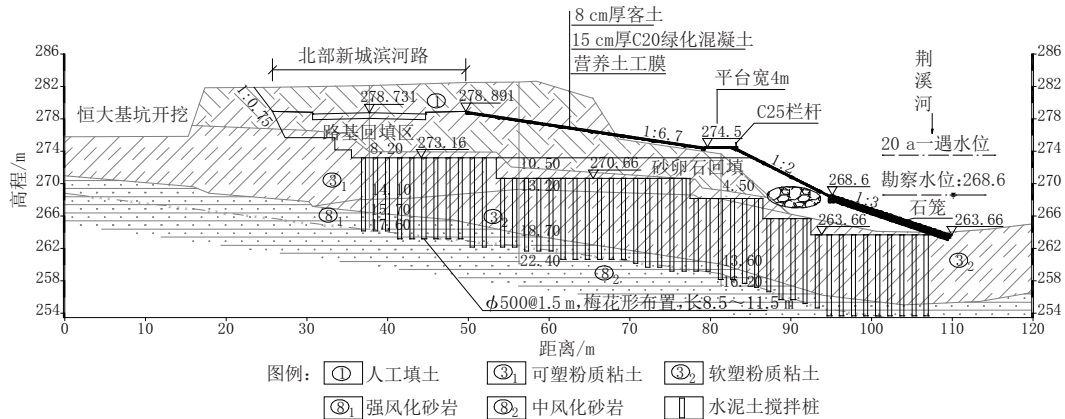


图2 水泥搅拌桩处理段护岸设计横断面图

经计算,河道整体稳定性能满足规范要求,其中稳定渗流期稳定性系数为1.35,水位剧降期稳定性系数为1.28,满足规范稳定安全系数1.15的要求,也远大于加固前1.06的稳定性系数。

### 4 变形监测效果

护岸结构每间隔50 m在护岸坡顶4 m宽平台处以及公路外侧人行道处分别设置沉降观测点,在压脚钢筋混凝土脚墙顶设置水平位移和沉降观测点。监测结果表明,护岸最大沉降值为8.5 mm,最大水平位移为3.5 mm,满足规范要求。

### 5 结论

本文通过对滨河路护岸生态及软弱地基处理的分析,采用了斜坡式生态混凝土结合客土绿化生态护岸,并对软弱土地基采用水泥搅拌桩处理。通过分析和工程监测,效果非常好,值得进一步推广应用。

#### 参考文献:

[1] 李振宇,陈青青,冯茂静.水泥搅拌桩在河道护岸边坡稳定处理中的

应用[J].浙江水利科技,2015(4):84-86

[2] 白露,孔维艳.水泥土搅拌桩复合地基在水闸设计中的应用[J].山东水利,2022(9):44-45

[3] 柏杨,姜晨冰,赵地,等.水泥土搅拌桩在滨海软土地基加固中的应用[J].人民黄河,2022,44(S2):280-281

[4] 张宁宇.水泥土搅拌桩在堤坡稳定中的应用[J].水科学与工程技术,2021(3):76-78

[5] 戴俊.水泥土搅拌桩在掌洲岛堤防加固工程中的应用[J].河南水利与南水北调,2021(12):63-66

[6] 吕国仁,葛建东,肖海涛.水泥土搅拌桩沿海软基处理[J].山东大学学报(工学版),2020,50(3):74-80

[7] 朱俊樑,张建辉,王鹏,等.大范围软土一级公路水泥土搅拌桩路基沉降数值模拟[J].铁道科学与工程学报,2020,17(6):1391-1394

[8] 潘春玲.闽江下游福州堤防工程水泥土搅拌桩抗压强度与渗透系数估算及相互推算研究[J].科学技术与工程,2023(1):34-38

[9] 朱兴杰,邹春.大凌河朝阳城区河道生态护岸设计[J].中国水土保持,2013(4):30-31

[10] 中华人民共和国国家标准编写小组.GB 50286-2013 堤防工程设计规范[S].北京:中国计划出版社,2013.

[11] 于森,刘忠宏.养息牧河西六家子段堤防工程设计[J].黑龙江水利科技,2013,41(12):115-117