

doi:10.16018/j.cnki.cn32-1650/n.201502014

山区人行网箱桥水毁机理分析

魏祥龙

(重庆交通大学 河海学院,重庆 400074)

摘要:山区河流常年水位较低,雨季河水暴涨。由于洪水历时短、来水量大,洪峰过程期河水冲刷能力强,山区人行小桥涵水毁破坏严重。该文利用数学模型对重庆市万州区插旗村格宾网箱便桥进行流场模拟,通过流场及桥墩受力分析得出网箱桥水毁主要原因为墩头压缩冲刷、网箱桥墩整体刚度差造成的桥墩侧偏、下沉等,并据此提出了优化设计建议。

关键词:人行便桥;水毁;格宾网;数学模型;结构设计

中图分类号:TV143 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2015)02-0075-04

我国西部山区经济欠发达,村落交通基础设施建设相对滞后,每到雨季,山区河流洪水暴涨,对当地桥梁造成了严重的破坏。据重庆市万州区弹子镇、余家镇浦里河河段桥梁实地调查,2013 年 11 月当地人行便桥中有 7 座混凝土板桥,1 座人行砌步桥,7 座混凝土板桥墩台冲刷严重,其中 2 座已因水毁倒塌,另有 3 座桥梁河道中间桥墩周围砂石已经掏空,2014 年 8 月洪水将该河段所有的人行桥冲毁,仅剩几座公路桥可供村民出行。因此对于贫困山区村民出行问题的解决除当地政府政策以及经费支持外,选择一种经济、适用、耐久的人行便桥也是一个非常重要的因素。

针对混凝土便桥水毁严重的现象,学者们纷纷研究其水毁机理。向中富^[1]在总结浅基础桥梁水毁原因时认为:人为采砂、施工不当以及维护不足等使该类桥梁抗水毁能力较弱;沈波等^[2]认为无压自由式出流水毁为中小桥梁水毁主要形式。针对混凝土桥梁受到洪水强烈冲刷易于水毁特性,本文研究新式桥梁——网箱桥水毁机理。该桥梁从 2005 年至今已在甘肃、云南、贵州、重庆等省份的贫困山区建设 20 余座,其中大多数桥梁运行良好,少数受洪水损毁但经修整后继续投入使用。现以重庆市万州区弹子镇插旗村公益人行便桥为例,分析网箱桥水毁原因。

1 桥点概况

该桥点位于重庆市万州区弹子镇浦里河插旗村河段,如图 1 所示。河面宽度为 46~50 m,河流常年枯水期水位为 0.2~0.5 m,流速为 0.3~0.7 m/s,常年最高水位 4.31 m。河床为砂卵石地基,卵石由于长时间的冲刷沉积,镶嵌得比较密实。由于该河流属于典型的山区河流,河水涨落随降雨量变化;洪水来的快,退的也快,暴涨暴落。一般 5 月份到 8 月份雨季来临时,每次洪水涨水 1~4 m,持续大约 2 d 时间,退水迅速,每年夏季均会出现伏旱情况,河道干涸。



图 1 河道概况

Fig. 1 General situation of the river channel

收稿日期:2015-01-08

作者简介:魏祥龙(1990-),男,山东日照人,硕士生,主要研究方向为航道整治、数值模拟与可视化。

2 桥梁设计

人行网箱便桥是在生态可持续的理念下设计、建造的,其设计核心为使用柔性格宾网填充毛石作为地基、桥墩。此类地基可以随着泥沙、卵石输移而与河床嵌合更牢固。该类型网箱具有以下特性^[3]:

- (1)适应性强,柔韧性高,不易断裂,能很好地适应地基的变形,可以承受大范围的变形;
- (2)耐腐蚀抗冲刷,有很强的抵御自然破坏如恶劣气候及地震冲击的能力;
- (3)透水性高,让水流在网箱缝隙间流过,是一个以柔制刚的设计;
- (4)施工简单,但是要细心把石头平稳地装入笼子并封口。
- (5)运输方便,可将其折叠起来运输,在工地配装。

2.1 上部结构设计

桥架设计为 7.5 m 长、1.2 m 宽,采用国标型钢焊接制成,如图 2 所示。建材选用以生态、环保为主,桥面板采用万州当地盛产的可再生资源——竹子,制成竹夹板并现场固定在桥架上。桥架现场直接安放在桥墩上,不与下部桥墩产生联系,允许洪水将桥架冲下桥墩以减少对桥体的损害,待洪水退去后再将桥架安放在桥墩上。

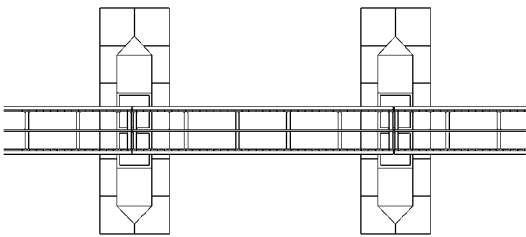


图 2 桥架平面图
Fig. 2 Planar graph of the bridge frame

2.2 下部结构设计

墩台采用生态格宾网箱(1 m × 1 m × 1 m)填充开采的毛石堆砌而成,如图 3 所示。桥墩第 1 层为埋置于河床下的 12 个网箱;第 2 层为 4 个网箱和 2 个三角形网箱构成船体形式;第 3 层正方体网箱上搁置桥架,外侧采用镀锌钢框把桥架平衡架固定以防止变形,各层之间插有镀锌钢筋增加各层连接。加大桥墩纵向长度降低桥墩高度,依靠桥墩自身重量和三角水挡抵御洪水的冲击。

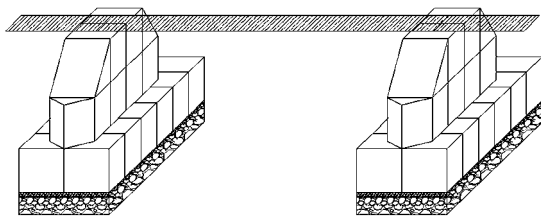


图 3 桥墩示意图
Fig. 3 Layout of the piers

人行网箱便桥施工难度低,操作简便,建材大多为可再生资源,并可就地取材,西部地区适宜受制于经济条件的村民自主筹款建设。由于该类桥型上下部结构不固结,其主要病害为桥墩水毁,因此本文在探讨格宾其桥墩水毁特性的基础上对网箱桥进行结构优化。

3 水毁机理

由于桥墩水毁是网箱桥病害的主要形式,因此,桥墩的状况是影响网箱桥使用寿命的关键因素,而河床上第 1 层的桥墩网箱又是对于桥体安全至关重要的一层。为了探究该层桥墩各处受力以及洪水期桥墩附近流场,依据林海峰^[4]、张小峰^[5]等的桥墩周围三维流场研究成果,建立了如图 4 所示的二维模型。该平面模型河床采用平底,区域计算长度 L 为 100 m,计算宽度 B 为 60 m,8 个桥墩按照设计方案均布在河道中,桥墩垂直中心线距上游进水口与下游出水口各 50 m,以保证水流的充分发展,进水口水流流速为 4 m/s,各桥墩表面以混凝土做简化处理。

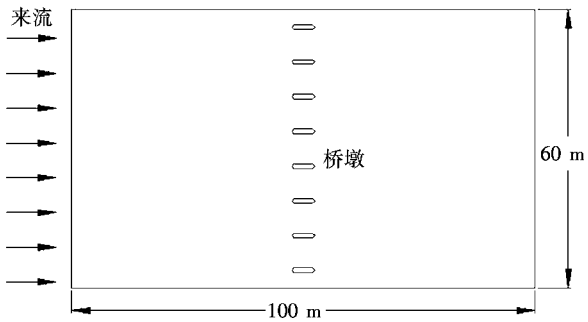


图 4 模型示意图
Fig. 4 Layout of the model

3.2 水毁机理分析

由于小跨径桥梁阻水率较大,同时桥墩上游水位壅高,下游水域水位降低,桥墩两侧及桥墩之

间由于挤压水流,流速增大,在桥墩尾部流速降低较多。由于此类桥型压缩过流宽度,产生水流侧向收缩,减少了断面宽度和过水面积,使水流单宽流量增加,引起河床冲刷,即压缩冲刷。

桥墩周围的水流主要包括墩前水面涌波、桥墩迎水面的向下水流和尺度很大的漩涡体系,如图 5 ~ 图 6 所示。漩涡中心形成负压,吸起床面泥沙,卷向下游回流区沉淀下来,形成桥台冲刷和回流区淤积^[6],这也是山区桥梁病害的主要原因。以弹子镇为例,弹子镇大多数人行桥均为村镇自筹资金自主建设,受制于资金的数额,桥型多采用浅基础混凝土板桥,2014 年汛期的洪水已将该镇所有自建人行桥悉数冲毁,而对于格宾网箱桥虽然其采用柔性基础较刚性混凝土桥墩抗此类病害能力稍强,但依旧面临冲刷损害以及墩头受力变形的危害。

数值模拟结果显示:垂向流速 w 在边墩附近靠近槽底处为负值,说明这部分水流是向下运动的。这是由于行进水流与边墩的分离和水流与槽底摩擦的共同作用使水流螺旋运动。而该网箱桥墩在洪水来临时也会发生同样的水流运动:水流撞击墩头,并在墩头区域产生向下运动,同时该区域有横、纵向水流,连通垂向水流共同对墩头前方周围区域产生冲刷,并有冲刷坑出现。

格宾网箱桥墩设置成长矮的船体形状虽然可一定程度避免墩头受力集中以及减少墩头附近流场流速,但由于其整体为散状结构,整体性与混凝土桥墩差距较为明显,同时由于跨径短、压缩过流断面所带来的流速增加,使墩头受力较大,如图 7 所示。从图 7 墩头压力等值线图中可以看到墩头承受的压力较大,受力集中容易损坏。根据现场的勘查,多数网箱桥水毁的主要特征为墩头下沉、变形,如图 8 所示从流场形态上也佐证了这一受力集中部分,而墩身受到大小相等、方向相反的压力,较少出现损坏的情况。

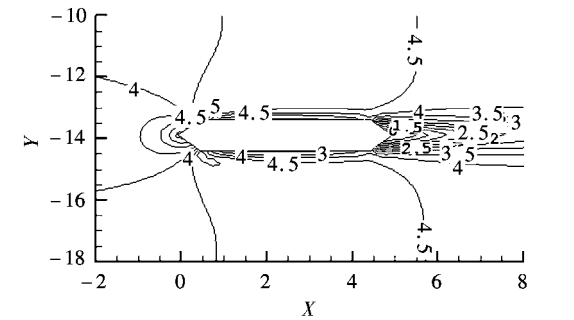


图 5 单个桥墩周围 x 方向流速等值线图
Fig. 5 Contour map of x velocity around a single pier

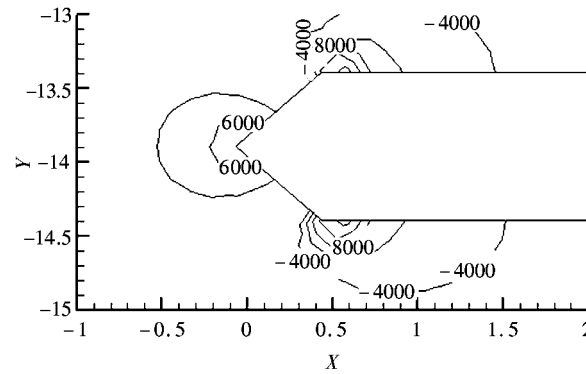


图 7 桥墩周围压力分布图
Fig. 7 Pressure distribution chart of the pier

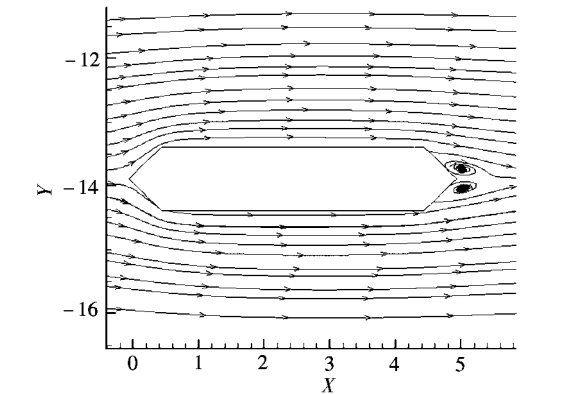


图 6 桥墩附近流线
Fig. 6 The streamline around the pier

从图 5、图 6 可以看到,断面压缩造成墩头、桥墩之间流速较大;尾部有漩涡,但流速较低。靠近墩身位置,由于壁面摩擦,流速由壁面向外逐渐增大。根据文献^[6]的梯形边墩周围三维流场的



图 8 网箱桥桥墩破坏现场照片
Fig. 8 The picture of the ruined bridge pier

4 结论

网箱桥小跨径的设计导致过流断面收缩,桥墩基础附近河床发生压缩冲刷,致使桥墩发生侧偏甚至倒塌。同时墩头周围流场复杂,附近各向流速大、冲刷能力强,墩头受力大,易造成墩头下

沉变形损毁散状结构的墩头。根据格宾网箱桥的水毁原理,提出网箱桥设计建议如下:根据河床、河流跨度、水位不同情况,设置导流板,增大桥梁跨径、减少桥架重量、降低墩顶标高、扩大基础并重点保护墩头等。

参考文献:

[1] 向中富. 关于浅基础桥梁水毁的理性思考[J]. 中国公路,2013(17):37-38.
[2] 沈波,艾翠玲,田伟平,等. 小桥涵自由式出流冲刷试验[J]. 长安大学学报:自然科学版,2007,27(3):61-66.
[3] 吴恩融,穆钧. 基于传统建筑技术的生态建筑实践:毛寺生态实验小学与无止桥[J]. 时代建筑,2007(4):50-57.
[4] 林海峰,郭维东,王凯. 桥梁边墩周围三维流场的数值模拟[J]. 人民长江,2008,39(16):76-78.
[5] 张小峰,白洋,王彩虹. 桥墩附近水流结构的三维数值模拟[J]. 中国科技论文,2012(5):364-371.
[6] 江胜华,周智,欧进萍. 桥墩局部冲刷防护的石块起动[J]. 泥沙研究,2013(4):63-67.

The Mechanism Baced on the Numerical Simulation of Water Damage for Rural Footbridge

WEI Xianglong

(College of Hehai, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract:The perennial water level of the mountainous river is very low. In summer, the floods last for a short time but bring an amount of water in the watercourse. Meanwhile the scour capability of the floods is very strong. So the main reason for damage of the rural bridge is the water damage. Based on the two-dimensional mathematical model of the Chaqi gabion footbridge, the mechanism of water damage for gabion footbridge is analyzed. The main reasons for the damage are side slip and settlement of the piers because of the compression scour and the stiffness differences of the gabion. Some optimum advice are put up.

Keywords:footbridge; water damage; gabion; numerical model;structure design

(责任编辑:孙新华)