

# 扭工字块体防护群桩桥墩局部冲刷效果研究

房世龙

(南通航运职业技术学院 船舶与海洋工程系, 江苏 南通 226010)

**摘 要:**在采用透水扭工字块体防护桥墩局部冲刷的措施中,由于扭工字块体自身的透水能力允许部分水流穿越防护体系,构成扭工字块体的杆件对水流产生干扰作用,消耗水流的紊动能量,有效削减了行近水流的流速。透水扭工字块体防护体系内部的近底流速小于河床泥沙的起动流速,这保证了河床床面泥沙不被冲走,还能使上游水流带来的泥沙部分落淤在防护体系内部。相对于传统的抛石防护方式,透水扭工字块体防护方式采用的扭工字块体重量较大、重心较低、结构稳定性较好,不会因水流冲刷而翻滚、流失,非常适用于桥梁水下基础的冲刷防护。

**关键词:**群桩桥墩;透水扭工字块体;局部冲刷;防冲促淤;工程应用

**中图分类号:**U443.22

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-9891(2018)04-0050-03

## 0 引言

桥墩阻水会干扰河道水流,受干扰的水流会发生三维边界层分离,进而在桥墩上游、周围和下游形成了向下水流、马蹄形旋涡和尾流旋涡等组合漩涡体系。<sup>[1-2]</sup>这些典型旋涡具有很强的侵蚀作用,不仅会造成桥墩周围河床面的下切,还会形成巨大的冲刷坑,使得桥墩周围的水流结构更加复杂,进而影响桥梁自身的安全运营和过往船舶的通航安全。<sup>[3-5]</sup>为了保护桥墩免受冲刷,通常都会采用某种工程措施对桥梁水下基础周围的河床床面进行防护。<sup>[6-8]</sup>能用于桥墩局部冲刷防护的工程措施有很多种,但截至目前,还没有任何一种被认为是完全行之有效的防护技术。<sup>[9-12]</sup>透水扭工字块体作为一种防波、护面、固脚结构在海岸工程中广泛使用,并起到了很好的效果,但还没有关于透水扭工字块体在防护桥墩局部冲刷方面的相关应用。本文通过群桩桥墩局部冲刷防护工程实例,对比分析了抛石和透水扭工字块体的冲刷防护效果,并研究了投放密度、投放范围等参数对透水扭工字块体防护效果的影响。

## 1 工程概况

一横跨运河的小型桥梁始建于 2000 年,并于 2001 年 5 月建成通车。该桥梁的总长度为 96.5 m,桥面净宽为 14.2 m。桥梁设置了 8 个群桩式桥墩作为水下基础,桥墩均位于河槽内,由前后两组群桩构成,每个桩群的长度和宽度均为 4.3 m,桩群形心相距为 8.2 m,群桩由 4 根直径为 1.2 m 的圆柱形钢筋混凝土单桩构成。群桩顶部设置了承台,用来支撑由钢筋混凝土 T 型梁构成的桥梁上部结构。经现场实际采样分析确定该桥梁桥址断面河床泥沙的中值粒径 0.52 mm,泥沙的湿沙容重取为  $1.65 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,淤积干容重为  $1.43 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。由于桥址所在河槽断面水流的过桥流量比较大,主通航孔两侧桥墩上游水流行近流速值最大,20 年一遇的洪峰流量对应的流速值为 1.6 m/s,所以主通航孔两侧桥墩周围的局部冲刷情况最为严重,且已超过一般冲刷线并危及桥梁的安全运营。为了保证大桥的安全使用,以往每年汛期桥梁管理部门均组织施工单位采用抛石防护方式对桥墩周围床面进行护底防护。但由于桥址所在河床一般冲刷较为严重,抛石之后形成的不透水防护体系顶面经常由于一般冲刷而高于河床面并暴露于水中,致使抛石体周围和顶部产生局部水流集中绕流,从而造成了更严重的冲刷和防护体系内块石被冲走。由于采用抛石方式防护桥墩局部冲刷需年年补抛,防护费用较高,现改为采用既能依靠自身增强河床面抗冲能力,又能通过杆件扰流消散水体冲刷力的透水扭工字块体对桥墩局部冲刷进行防护,实现了较好的冲刷防护效果。

收稿日期:2018-05-15

作者简介:房世龙(1978—),男,黑龙江佳木斯人,南通航运职业技术学院船舶与海洋工程系副教授,博士。

## 2 冲刷防护工程防护效果分析

为了避免抛石等不透水材料构成的防护体系由于水流冲击发生块石流失,及每年补抛所导致的后期防护工程维护费用的逐年增加,也为了与抛石防护体系的防护效果进行对比,对桥梁主通航孔两侧行近流速、行近水深等基本一致的两个桥墩分别采用了抛石防护和透水扭工字块体防护。采用抛石和透水扭工字块体防护的桥墩局部冲刷工程施工分别完成后的一个汛期内,对采用不同防护方式的两个桥墩上游和下游竖直对称面内的防护工程施工区域内不同位置处的近底流速和冲淤地形进行了细致的测量。

利用抛石对桥墩进行防护时,抛石石料选择的是小体积的块石,块石粒径为 25~35 cm,抛石层平均厚度在 100 cm 左右,防护范围为裙装桥墩外侧至 2.5 倍桥墩直径处,防护宽度约为 10.75 m。利用透水扭工字块体进行防护时,构成透水扭工字块体的每根杆件长 50 cm,为了便于现场预制成型,杆件横截面采用正方形,边长为 10 cm,防护范围与抛石防护相同,施工方式为船载随机抛投。防护工程施工完成后,对经过一个汛期桥墩周围地形进行了实际测量,结果如图 1 所示。

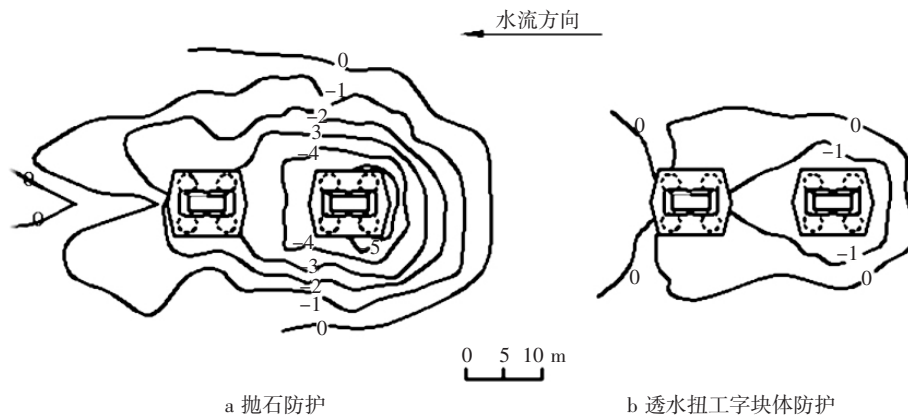


图1 采用不同防护措施时桥墩周围的冲淤地形

从采用两种不同防护方式时桥墩周围水下冲淤地形可以看出,采用透水扭工字块体防护时桥墩周围的冲刷范围基本控制在 2.0 倍桥墩直径以内,最大冲刷深度约为 1.2 m,而采用抛石防护时桥墩周围的冲刷范围已经超过了 2.5 倍桥墩直径,最大冲刷深度约为 6.6 m,由此可见,透水扭工字块体的防护效果不仅优于抛石防护,而且能使桥墩周围的最大冲刷深度有效削减 80% 多。

通过汛期典型洪水事件对桥墩周围水下地形开展的实施监测结果也表明,抛石防护时桥墩上游和两侧的冲刷范围均大于 2.5 倍桥墩直径,这主要是由于桥址断面处的一般冲刷和收缩性冲刷导致抛石体系顶面高于河床面,不透水的抛石防护体系自身成为一个直径更大的淹没式的桥墩,在抛石防护体系周围水流三维边界层分离的程度更大,也使桥墩周围旋涡体系的强度增大。比如桥墩上游向下水流强度增大,使得抛石防护时出现在桥墩迎水面处的最大冲刷深度达 6.2 m。再比如抛石体系两侧马蹄形旋涡强度增大在短时间内就形成较深的冲沟,冲沟的迅速形成和发展又使得绕流和螺旋流的强度不断加大,冲沟进而不断扩大、不断加深,最终导致了抛石防护体系内块石的翻滚、脱落和流失。

为了更深入地揭示透水扭工字块体的防护效果,防护工程施工完成后,在汛期典型洪水事件中还对采用透水扭工字块体防护时桥墩上下游近底流速、桥墩周围水下冲淤地形进行了实时监测。监测结果表明,由于自身的透水能力允许部分水流穿越防护体系,在此过程中构成透水扭工字块体的杆件就对水流产生了干扰作用,这种干扰不仅能够使得水流的紊动能量在很大程度上得到消耗,也使得行近水流的流速被有效削减 60%,致使防护体系内部的近底流速小于河床泥沙的起动流速,保证了河床床面泥沙不被冲走,也使得上游水流带来的泥沙部分落淤在防护体系内部。

在对比研究抛石防护和透水扭工字块体防护效果的同时,还对透水扭工字块体投放密度、投放范围和防护效果之间的关系进行了初步的研究,结果表明透水架体防护效果随着投放密度的增加而增大,防护工

程施工完成时,块体的投放密度为 2.2 个/ $\text{m}^2$ ,此时实地测量发现透水扭工字块体能够削减行近流速 50%左右,而在洪峰流量通过时,通过加大桥墩周围 1.0 m 范围内的投放密度到 3.6 个/ $\text{m}^2$ ,防护范围内的近底流速削减最大达到 81.3%,而投放范围大于 2.5 倍桥墩直径之后,对防护效果的影响较小,只是对防护体系的边缘破坏有一定程度的抑制作用。

### 3 结束语

透水扭工字块体重量较大、重心较低、结构稳定性较好,不会因水流冲积出现翻滚、流失而改变防护体系的整体防护效果,非常适用于桥梁水下基础冲刷防护。本文对施工完成后的一个汛期内若干个典型洪水事件中透水扭工字块体的防护效果研究表明,与传统的抛石防护方式不同,透水扭工字块体能在一定程度上允许水流穿越,进而能够有效削减行近水流的冲刷力,实现较好的防护效果。

### 参考文献:

- [1]王飞,姚磊华,张彬,等.桥墩局部冲刷动态模拟及不同截面的冲刷特性[J].水利水电科技进展,2018,(3):81-87.
- [2]房世龙,陈红,施小飞.三杆六脚体对桥墩周围流场影响的试验研究[J].人民长江,2015,(10):61-66.
- [3]伍琼芳,颜艳芬,蒋国俊,等.深水大桥墩柱冲刷的流—固耦合分析[J].公路工程,(2):240-244,25.
- [4]房世龙.局部冲刷坑形成影响桥墩附近流场特性的试验研究[J].水运工程,2009,(11):143-152.
- [5]房世龙,施小飞,倪飞.桥墩局部冲刷远程实时监测技术研究进展[J].公路工程,2015,(6):88-95.
- [6]牟献友,王丹,冀鸿兰,等.环翼式防冲板对圆端形桥墩局部冲刷试验及水力特性[J].南水北调与水利科技,2017,(5):146-155
- [7]房世龙,陈红,施小飞.桥墩清水局部冲刷减速不冲防护技术防护效果试验研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2016, (3): 43-49
- [8]房世龙,钱俊峰,施小飞.圆柱桥墩清水局部冲刷透水三杆架体防护特性试验研究[J].水电能源科学,2015,(8):98-102.
- [9]李春江,牟献友,王祚,等.环翼式桥墩防冲板类型优选试验研究[J].中国科技论文,2015,(7):846-850.
- [10]房世龙,施小飞.三杆六脚透水架体护滩水力特性试验[J].水运工程,2015,(4):157-162.
- [11]成兰艳,牟献友,文恒,等.环翼式桥墩局部冲刷防护试验[J].水利水电科技进展,2012,(3):14-18.
- [12]房世龙,钱俊峰,施小飞.河流岸滩冲刷笛卡尔架构块抛投防护效果试验[J].人民黄河,2015,(9):49-53.

(责任编辑:顾力豪)

## Study on the Effect of Partial Scouring Dolosse Pile Piers

FANG Shi-long

(Dept. of Ship and Ocean Engineering, Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China)

**Abstract:** In the measures of partial scouring of piers with permeable dolosses, the permeable function of the dolosses allows some of the water to flow through the protection system, through which the members of the dolosses interfere with the water flow, the turbulence of the water flow is consumed, and proximate flow rate is effectively reduced. The near-bottom flow velocity inside the permeable dolosse protection system is smaller than that of the river bed sediment, which ensures that the sediment on the river bed is not washed away, and the sediment caused by the upstream water flow is deposited in the protection system. Compared with traditional riprap protection method, the permeable dolosse protection system has a large weight, a low center of gravity, and a favorable structural stability, which does not tumble and lose due to water flow alluvial, which is very suitable for scour protection for underwater foundation of bridges.

**Key words:** group pile pier; permeable dolosse; partial scouring; anti-scouring and silting; project application