

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2009.04.017

四面六边透水框架体抛投落距探讨

陈 辉,吴 杰,李益进,胡 宁

(南京市长江河道管理处,江苏 南京 210011)

摘要:抛投落距直接影响到四面六边透水框架体施工抛投定位精度和工程实施岸段的护岸效果,但目前尚没有四面六边透水框架体抛投落距的计算公式.为此,首先通过流动水体中四面六边透水框架体运动规律的理论分析,得出了其抛投落距计算的理论公式,然后通过水槽试验研究了四面六边透水框架体在不同流速和不同水深条件下的抛投落距,提出了四面六边透水框架体抛投落距计算的公式.

关键词:护岸,四面六边透水框架体,抛投落距

中图分类号:TV861 文献标识码:A 文章编号:1000-1980(2009)04-0446-04

四面六边透水框架体护岸工程技术是由西北水利科学研究所于 20 世纪 90 年代初研制成功的一种新型护岸工程技术^[1].工程实践表明^[2-4],该护岸技术能降低岸坡流速,改岸边局部冲势为不冲或淤势,防冲促淤效果良好.目前对透水框架群的水流阻力特性、尾流场水力特性、减速机理,透水框架群护岸后对流态和河势的影响等研究较多^[5-9],但对其抛投落距的研究却很少.关于护岸材料抛投落距的研究,1955 年原南京水利实验处对块石的抛投距离、沉降速度等进行过水槽试验^[10],但由于透水框架体的结构与块石不同,抛投进入水体后水流对它们的阻力作用不同,所以两者的抛投落距不具可比性.目前对透水框架体抛投落距只能凭经验而定,没有严格的理论依据,因而此项护岸技术的推广应用受到限制.

笔者通过理论分析和水槽试验对四面六边透水框架体在不同流速和不同水深条件下的抛投落距问题进行了研究,并得出了其抛投落距计算的公式.

1 抛投落距关系分析

1.1 沉降速度

假设四面六边透水框架体(以下简称透水框架体)由 6 根长度相同的横截面为矩形的混凝土预制杆件连接而成,结构如图 1 所示,则透水框架体水下重力为

$$G = 6.0(\rho_s g - \rho g)BDL$$

式中: B, L ——预制杆件横截面的长和宽; D ——预制杆件的长度; ρ_s, ρ ——透水框架体和水的密度; g ——重力加速度.

透水框架体下沉过程中受到的水流阻力可看成桩柱绕流的阻力,即

$$F_{\text{沉降}} = 6.0 C_{\text{沉降}} \rho B L \frac{\omega^2}{2}$$

式中: $C_{\text{沉降}}$ ——透水框架体沉降绕流阻力系数; ω ——透水框架体沉降速度.

当透水框架体均匀沉降时,阻力与水下重力相等,即

$$G - F_{\text{沉降}} = 6.0(\rho_s g - \rho g)BDL - 6.0 C_{\text{沉降}} \rho B L \frac{\omega^2}{2} = 0$$

由此可得透水框架体沉降速度为

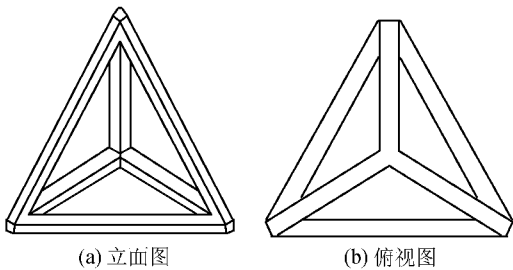


图 1 四面六边透水框架体结构

Fig. 1 Structure of permeable frames of tetrahedron with six sides

$$\omega = \sqrt{\frac{2}{C_{\text{沉降}}}} \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g D} \tag{1}$$

1.2 抛投落距

假设透水框架体的抛投落距为 $s_{\text{透}}$,水深为 h ,沉降过程中水平运动速度 $u_{\text{透}}$ 与水流垂线流速分布一致 ,透水框架体的沉降速度为 ω .

在水平方向上 ,透水框架体的水平速度小于水流速度 $u_{\text{水}}$,令 $u_{\text{透}} = k_0 u_{\text{水}}$,其中常数 k_0 为透水框架体水平速度相对于水流速度的修正系数 , $k_0 \leq 1$.

对于水平方向 ,根据指数流速分布公式可得

$$\frac{ds_{\text{透}}}{dt} = u_{\text{透}} = u_{\text{透max}} \left(\frac{y}{h} \right)^{1/6} \tag{2}$$

式中 $u_{\text{透max}}$ 为透水框架体最大水平速度 .对于垂线方向 ,同样可得

$$\frac{dy}{dt} = \omega \tag{3}$$

联立式 (2) (3) 并消去时间 t 后得

$$ds_{\text{透}} = u_{\text{透max}} \left(\frac{y}{h} \right)^{1/6} \frac{1}{\omega} dy \tag{4}$$

将式 (4) 沿水深积分 ,并将垂线平均流速 $\bar{u}_{\text{透}} = \frac{6}{7} u_{\text{透max}}$ 及 $u_{\text{透}} = k_0 u_{\text{水}}$ 代入后得

$$\frac{s_{\text{透}}}{h} = k_0 \frac{\bar{u}_{\text{水}}}{\omega} \tag{5}$$

将沉降速度式 (1) 代入式 (5) 并令 $k = \frac{1}{k_0} \sqrt{\frac{C_{\text{沉降}}}{2}}$,得透水框架体落距计算的一般公式

$$s_{\text{透}} = k \frac{\bar{u} h}{\sqrt{agD}} \tag{6}$$

式中 : k ——待定常数 , k 的取值与透水框架体的形状及沉降方式等有关 ; $a = (\rho_s - \rho) / \rho$; $\bar{u}$ ——抛点垂线平均水流流速 .

石块落距的计算公式可写为

$$s_{\text{石}} = k_1 \frac{\bar{u} h}{\sqrt{agD}} \tag{7}$$

式中 : $s_{\text{石}}$ ——石块落距 ; k_1 ——系数 .

因石块形状接近于球体 ,若石块落距计算公式中的粒径采用球体的当量粒径 ,根据颗粒沉降速度计算公式 ,将石块的大小以质量计 ,可得

$$s'_{\text{石}} = k_2 \frac{\bar{u} h}{m_{\text{石}}^{1/6}} \tag{8}$$

式中 : $s'_{\text{石}}$ ——接近球体石块落距 ; k_2 ——系数 ; $m_{\text{石}}$ ——石块质量 .

为便于工程应用 ,透水框架体抛投落距计算公式采用石块大小以质量计的石块抛投落距计算公式的形式 ,即

$$s_{\text{透}} = k_3 \frac{\bar{u} h}{m_{\text{透}}^{1/6}} \tag{9}$$

式中 : k_3 ——系数 ; $m_{\text{透}}$ ——透水框架体的质量 .

2 抛投模拟试验

2.1 试验设计

试验在长、宽、高分别为 35 m 0.5 m 0.6 m 的水槽中进行 .试验流速为 0.09 ~ 0.51 m/s (原型流速为 0.49 ~ 2.77 m/s) ,试验水深为 0.2 ~ 0.49 m (原型水深为 6.0 ~ 14.7 m) .试验时 ,先将透水框架体从水面上 1 cm (原型水面上 0.3 m) 处抛投入水 ,然后测量透水框架体抛投点至沉落点的顺水流方向的坐标 ,用以计算其落距 .

为消除水流脉动及抛投人为因素的影响,每组试验进行 10 次,并取其统计平均值。

水槽上游用三角堰测量流量,下游用栅栏式尾门控制水位,水槽中段设置玻璃边壁观察区。试验中,用水位测针测量水位和水深,用声学多普勒流速仪测量流速。

2.2 试验比尺选定

试验设计满足几何相似和水流运动相似条件。采用正态模型,平面比尺为 $\lambda_L = \lambda_H = 30$,流速比尺为 $\lambda_u = \lambda_H^{1/2} = 5.48$,流量比尺为 $\lambda_Q = \lambda_L \lambda_H \lambda_u = 4930$,沉降速度比尺为 $\lambda_\omega = \lambda_H^{1/2} = 5.48$,透水框架体几何比尺为 $\lambda_l = \lambda_H = 30$,透水框架体起动流速比尺为 $\lambda_v = \lambda_H^{1/2} = 5.48$ 。

2.3 模型制作

透水框架体模型按几何相似条件制作,材料采用塑料加铜粉的混合物,密度为 $2.5\text{g}/\text{cm}^3$,与钢筋混凝土的密度相接近。模型杆长 3.3cm ,杆件截面为 $3.3\text{mm} \times 3.3\text{mm}$ 的正方形。透水框架体原型杆长 1m ,杆件截面为 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的正方形,材料为钢筋混凝土。试验前用肥皂水浸泡四面体,去除四面体杆件上的污渍,以防止放入水中的四面体周围产生附着气泡,从而导致四面体易被冲走。

2.4 试验结果分析

试验测出了不同水深和不同流速条件下透水框架体的抛投落距,不同水深条件下抛投落距与流速的关系如图 2 所示。

从图 2 可以看出,水深不变时,抛投落距随着水流流速的增大而增大;水流流速不变时,抛投落距随着水深的增大而增大。

本文还根据试验结果求出了式(9)中的常数 k_3 ,结果见表 1。

从表 1 可以发现, k_3 的变化范围为 $0.727 \sim 0.838$ 。将 k_3 的均值 0.795 代入式(9)可得透水框架体的抛投落距计算公式:

$$s_{\text{透}} = 0.795 \frac{\bar{u}h}{m_{\text{透}}^{1/6}} \tag{10}$$

3 结 语

本文通过理论分析和水槽试验,研究了透水框架体抛投落距随水流流速和水深的变化规律,建立了抛投落距计算的公式。该研究成果可以为透水框架体护岸技术的研究以及实际施工船舶等设备的定位抛投提供依据。

参考文献:

[1] 徐国宾,张耀哲,徐秋宁,等.多沙河流河道整治新型工程措施试验研究[J].西北水资源与水工程,1994,2(3):1-8.

[2] 王南海,张文捷,王玢.新型护岸技术——四面六边透水框架群在长江护岸工程中的应用[J].长江科学院院报,1999,16(2):11-16.

[3] 南晓红,聂源宏,冯普林.渭河吊桥段四面六边体透水框架试验研究[J].人民黄河,2003,25(11):11-12;18.

[4] 徐锡荣,唐洪武,宗竞,等.长江南京河段护岸新技术探讨[J].水利水电科技进展,2004,24(4):26-28;39.

[5] 李若华,王少东,曾甄.穿越四面六边透水框架群的水流阻力特性试验研究[J].中国农村水利水电,2005(10):64-66.

[6] 周根娣,顾正华,高柱,等.四面六边透水框架尾流场水力特性[J].长江科学院院报,2005,22(3):9-12.

[7] 唐洪武,李福田,肖洋,等.四面体框架群护岸型式防冲促淤效果试验研究[J].水运工程,2005(9):25-28.

[8] 徐锡荣,刘刚,徐松年,等.透水框架四面体防洪护岸试验研究[J].水利水电科技进展,2007,27(5):65-68.

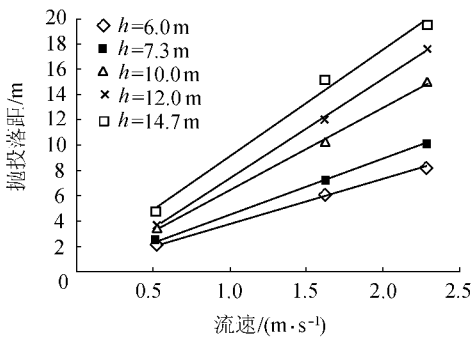


图 2 不同水深条件下抛投落距与流速的关系

Fig. 2 Relationship between flow velocity and average throwing distance with various water depths

表 1 根据试验数据和式(9)计算得到的 k_3

Table 1 Calculated values of k_3 based on test data and Eq.(9)

水深/m	流速/(m·s ⁻¹)	抛投落距/m	k_3
6.0	0.52	1.99	0.815
	1.62	6.06	0.793
	2.29	8.25	0.763
7.3	0.52	2.42	0.803
	1.62	7.08	0.756
	2.29	10.40	0.786
10.0	0.52	3.40	0.831
	1.62	10.21	0.802
	2.29	15.08	0.838
12.0	0.52	3.61	0.734
	1.62	12.07	0.790
	2.29	17.63	0.817
14.7	0.52	4.76	0.790
	1.62	15.14	0.809
	2.29	19.56	0.727

[9] 金德钢,陈润夏,孙丽丽.石笼护坎结构的设计方法[J].水利水电科技进展,2007,27(增刊2):155-158.
[10] 姚仕明,卢金友,罗恒凯.长江中下游护岸工程新材料新技术试验研究[J].人民长江,2006,37(4):79-80.

Throwing distance of permeable frames of tetrahedron with six sides

CHEN Hui , WU Jie , LI Yi-jin , HU Ning

(Nanjing Yangtze River Waterway Management Department , Nanjing 210011 , China)

Abstract : The throwing distance of the permeable frames of a tetrahedron with six sides directly relates to the precision of the throwing positions and the effects of bank protection. However , there are still no equations for calculating the throwing distance of the permeable frames of a tetrahedron with six sides. Based on theoretical analysis of the motion law of the permeable frames of a tetrahedron with six sides in flowing water , a theoretical formula for calculating the throwing distance was developed. Through flume experiments , the throwing distances of the permeable frames of a tetrahedron with six sides with different velocities and water depths were determined , and a relevant empirical formula is proposed in this paper.

Key words : bank protection ; permeable frame of tetrahedron with six sides ; trowing distance

.....

· 简讯 ·

第 3 届地下水科学与工程学术研讨会将在南京召开

由中国水利学会地下水科学与工程专业委员会、中国水力发电工程学会地质及勘探专业委员会、江苏省水利学会联合主办 , 河海大学承办的第 3 届地下水科学与工程学术研讨会将于 2009 年 10 月 30 日 ~ 11 月 1 日在南京河海大学举行. 会议主要议题为 (a) 人类活动与地下水 , 包括区域地下水开采与地面沉降、水利水电工程与地下水、城市建设与地下水、地下水污染预测与防治几个专题 (b) 气候变化与地下水 , 包括气候变化对水资源的影响、气候变化与干旱区地下水补给、地下水对气候变化的响应几个专题 (c) 地下水探测新技术 , 包括同位素测试技术、水文地质参数获取技术、其他新技术新方法几个专题.

会议联系方式 :

联系人 : 黄勇

联系电话 : 13951876225

传真 : 025-83786951

E-mail : groundwater_s_e@163.com

(本刊编辑部供稿)