

新型装配式快速堵口装置 堵口效果足尺试验研究

马晓忠¹, 洪娟^{2*}, 谢朝勇¹, 施建明¹, 马冬冬¹

(1. 江苏省防汛防旱抢险中心, 江苏 南京 211500; 2. 陆军工程大学野战工程学院, 江苏 南京 210007)

摘要:为检验新型装配式快速堵口装置堵口效果,在室内水槽模型试验基础上开展了足尺试验研究。结果表明:重型四面体堵口装置可在 4 m/s 及以下的水流流速中保持稳定,突破了传统堵口装置 3.5 m/s 的适应流速,小型四面体堵口装置则可在 2.5 m/s 及以下的水流流速中保持稳定,实际抢险作业中可根据溃口水流流速选择合适的装配式快速堵口装置;同时验证了模型试验得到的横向漂距预测公式的合理性,可为今后堵口装置设计提供参考。

关键词:装配式堵口装置;堵口效果;足尺试验

中图分类号:TV135 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2019)12-0047-04

Study on the full – scale test on the closure effect of the new fabricated rapid closure device

MA Xiaozhong¹, HONG Juan^{2*}, XIE Zhaoyong¹, SHI Jianming¹, MA Dongdong¹

(1. Jiangsu Flood Prevention and Drought Relief Rescue Center, Nanjing 211500, Jiangsu;

2. College of Field Engineering, Army Engineering University Of PLA, Nanjing 210007, Jiangsu)

Abstract: In order to test the closure effect of the new fabricated rapid closure device, a full – scale test was carried out on the basis of the indoor flume model test. The results indicated that the heavy – duty tetrahedral closure device could maintain stability in the flow velocity of 4m/s and below, breaking the maximum resisting flow velocity of 3.5m/s of the traditional closure device; While the small – duty tetrahedral closure device could maintain stability in the flow velocity of 2.5m/s and below. In real emergency operation, suitable fabricated rapid closure device should be selected according to the flow velocity in the breach. The test also validated the rationality of the prediction equation of the device's lateral drift distance put forward by the flume tests, which could be used for the device design in the future.

Key words: fabricated closure device; closure effect; full – scale test

0 引言

随着经济社会不断发展,我国新老水问题相互交织,治水形势十分严峻,其中老问题就是地理气候环境决定的水时空分布不均以及由此带来的水灾害问题。随着我国防洪减灾能力显著提升,大江

大河防洪体系逐步完善,但仍存在中小河流、病险水库、山洪灾害等突出薄弱环节,城市内涝、台风灾害等极易造成严重损失。例如 2019 年第 9 号台风“利奇马”造成 9 省(市)1402.4 万人受灾,直接经济损失 537.2 亿元。受其影响,浙江温州市永嘉县发生山体滑坡堵塞河流,形成堰塞湖并发生溃决,

收稿日期:2019-09-16

作者简介:马晓忠(1968—),男,本科,研究员级高级工程师,主要从事防汛抢险、泵站运行管理等工作。

通讯作者:洪娟(1980—),女,硕士,讲师,主要从事防汛抢险、桥梁防撞等方面的研究。

其它省(市)也有多处河流堤防发生溃决导致洪涝灾害。我国防汛抢险工作始终面临极大压力,对防汛抢险技术水平的提升也提出了更高要求。

溃口封堵是防汛抢险作业的一项重要工作和难点工作。此项工作时间紧、难度大、风险高、工程量巨大,溃口若不能及时封堵,不仅会造成巨大的生命财产和经济损失,而且还会直接影响社会稳定。目前,防汛抢险中堵口装置主要包括沉船(沉箱)、预制块体、抛石(钢格石笼、钢筋石笼)戗堤、钢栅栏石结构、钢木结合构架、石袋堆码结构、杓槎结构等^[1],上述装置应用广泛、封堵效果较好,但仍存在技术适用性低、封堵时机滞后、运输与投放难度大、存储不便、安全风险高等不足。为实现溃决发生初期对溃口的快速封堵,陆军工程大学陈云鹤等人发明了一种具有“便于储备—快速运输—现场装配”等特点的新型装配式快速堵口装置^[2](下文简称“装置”),并与南京水利科学研究院共同开展了室内系列水槽试验研究,得到了装置的水下运动特性,建立了装置触底横向漂距的预测公式^[3]。本文在水槽试验成果基础上,开展了装置堵口效果现场试验研究,进一步研究和验证了装置的技术适应性和封堵效果,演练了装置的封堵方案,为新型装配式快速堵口装置在实际防汛抢险工作中正式应用奠定了基础。

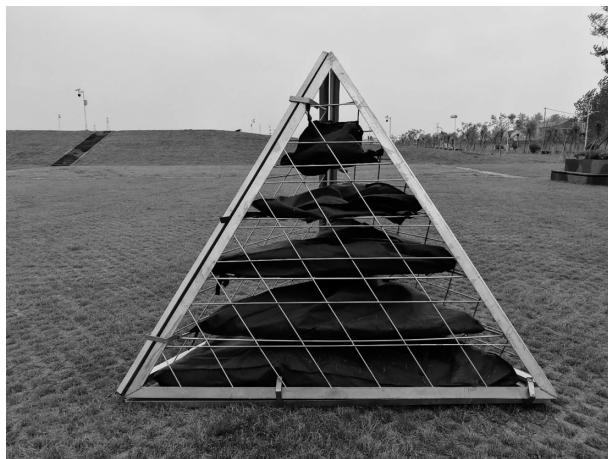
1 新型装配式快速堵口装置简介

新型装配式快速堵口装置为四面体结构,包括四面体结构外框和置于外框内的充填物,四面体结构外框由4块可拆式三角形网板固定连接而成,其内部充填物一般采用遇水快速发泡包,也可采用土工包、石块等其它材料(如图1所示),装置可实现在现场快速拼装。抢险作业时,在堤坝溃口两端同时抛投多个堵口装置,装置在水中快速吸水,发泡包体积快速膨胀,逐步充满四面体框架,装置在水流作用下边吸水边逐步移动至溃口位置,形成一道堵水坝,同时辅以抛石等技术,即可实现对溃口的快速封堵,从而达到溃口封堵“抢早抢小”的目的。

2 足尺试验工况与方法

足尺试验在江苏省防汛抢险训练基地开展,基地试验用泄水槽宽10 m、长55 m,槽底铺黏土,试验总体布置示意图见图2。根据场地实际条件确定了足尺试验的5种装置类型,如表1所示。

足尺试验具体步骤及方法如下:



(a) 装填遇水快速发泡袋的堵口装置



(b) 装填土袋、小型四面体结构外框的堵口装置

图1 新型装配式快速堵口装置

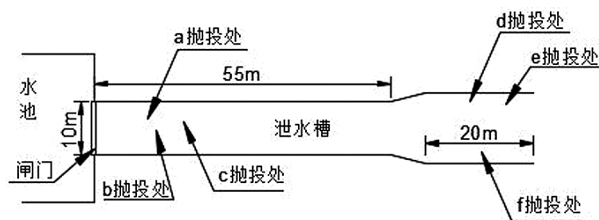


图2 试验总体布置示意图

(1)装置拼装。(2)开闸放水。在闸门处和泄水槽内指定位置处测定水流流速,当抛投处水流流速接近5 m/s时,开始抛投堵口装置。(3)装置抛投。在指定抛投位置按照如下顺序抛投堵口装置:①当泄槽内a抛投处水流流速降到5 m/s左右时,先用吊车抛投1套装置1,测量结束后利用吊车将装置吊走或移位(下同);②当泄槽内b抛投处水流流速降到接近4.0 m/s时,再抛投1套装置1;③当泄槽内c抛投处水流流速降到接近3.5 m/s时,抛投1套装置2;④当泄槽内d抛投处水流流速降到接近2.5 m/s时,抛投装置3;⑤当泄槽内e抛投处水流流速降到2 m/s时,抛投装置4;⑥当泄槽内f抛投处水流流速降到1.5 m/s时,抛投装置5。试验工况见表2。

表 1 现场试验堵口装置

装置编号	外框	内部填充物	装置数量	备注
装置 1	大型四面体结构	土袋	2 套	重型四面体
装置 2	大型四面体结构	6 套装置 3 的外框	1 套	套装四面体
装置 3	小型四面体结构	土袋	3 套	
装置 4	小型四面体结构	2 层土袋,其余为膨胀袋	1 套	
装置 5	小型四面体结构	膨胀袋	2 套	

表 2 现场试验工况

抛投流速 (m/s)	抛投装置类型及顺序	抛投方式	测试内容
5.0	装置 1	吊机抛投	观察堵口装置在水中的稳定性,测量其稳定时装置的水中位移
4.0	装置 1	吊机抛投	
3.5	装置 2	吊机抛投	
2.5	装置 3	人工抛投	
2.0	装置 4	人工抛投	
1.5	装置 5	人工抛投	

3 现场试验结果及分析

按照试验工况安排,首先在泄槽水流流速达到 5 m/s时投放了装置 1,观察表明装置 1 在此流速下无法保持稳定而被水流冲入下游,表明装置 1 即重型四面体无法适应 5 m/s 的水流流速。当泄槽闸门外水流流速接近 4 m/s 时再次投放了装置 1,观察发现装置 1 在经历了长达 30 min 的水流冲击后仍然可以保持稳定,表明装置 1 即重型四面体可以适应 4 m/s 的水流流速。在泄槽水流流速接近 3.5 m/s时投放了装置 2,发现该装置在水流中无法

保持稳定而被水流冲入下游,表明装置 2 即套装四面体不能适应 3.5 m/s 的水流流速。在泄槽水流流速接近 2.5 m/s 时,接连抛投了 3 套装置 3,结果表明 3 套装置 3 都能稳定。在泄槽水流流速接近 2 m/s时,抛投了 1 套装置 4,结果表明装置 4 能在水中稳定。在泄槽水流流速接近 1.5 m/s 时,接连抛投了 2 套装置 5,结果表明该装置也能在该流速下稳定。在所有装置稳定后,同时测量了装置稳定时的位移,并将该数据与模型试验横向漂距预测公式^[3]所得数据进行对比,发现两者误差在 25%,详见表 3。经分析,由于受试验条件限制,足尺试验与

表 3 现场试验数据

装置名称	质量 (kg)	抛投流速 (m/s)	水深 (m)	实测位移 (m)	预测漂距 (m)	误差 (%)	稳定性
装置 1	2750	5.0	2.0	/	/	/	快速冲走
装置 1	2750	4.0	2.0	0.41	0.51	25.0	滑移后稳定
装置 2	450	3.5	2.0	/	/	/	快速冲走
装置 3	950	2.5	1.5	0.55	0.67	21.0	滑移后稳定
装置 4	385	2.0	1.5	1.18	1.45	23.0	滑移后稳定
装置 5	320	1.5	1.5	1.05	1.30	23.4	滑移后稳定

模型试验的底质和内部充填物具有一定的差异性,因此两者误差在 25% 内是合理的,后续试验研究考虑将这 2 种影响因素列入模型试验横向漂距预测公式中以改善误差。

4 结 论

(1) 溃口封堵成功的关键在于早期封堵装置在溃口水流中的稳定性。

(2) 重型四面体可在 4 m/s 及以下的水流流速中保持稳定,突破了传统堵口装置 3.5 m/s 的适应流速,能满足实际溃口封堵的需要。小型四面体则可在 2.5 m/s 及以下的水流流速中保持稳定。实际抢险作业中,可根据溃口水流流速选择合适的装配

式快速堵口装置。

(3) 足尺试验验证了模型试验中横向漂距预测公式的合理性,可为今后装配式快速堵口装置设计提供参考。

参考文献:

- [1] 洪娟,陈徐均,于伟,等. 堵口料体及其应用技术研究综述[J]. 人民黄河, 2009, 31(8):20-22.
- [2] 陈云鹤,顾刚,焦经纬,洪娟,陈徐均. 堤坝决口快速封堵装置:中国, ZL2017 2 0456022.8[P]. 2018-03-09.
- [3] 高昂,吴修峰. “装配式快速堵口装置”堵口效果模型试验研究报告[R]. 南京水利科学研究院, 2019.