

注水式城市应急防洪箱 挡水受力特性分析

王小东¹, 赵 君², 徐进超², 陈擎宇³, 高英倩⁴

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044;

3. 江苏省水利防汛物资储备中心, 江苏 南京 210029; 4. 泰州思百瑞水务有限公司, 江苏 泰州 225000)

摘要:注水式城市应急防洪箱是一种高分子材质的防汛应急抢险新装备, 采用理论分析和有限元计算结合的方法, 对防洪箱挡水过程中的受力稳定条件以及箱体的应力、应变特性进行分析, 结果表明: 由防洪箱在挡水过程中的受力特性可知, 在同一注水条件的不同挡水高度下, 防洪箱的最大应力和变形均发生在迎水面, 其中最大应力在迎水面底部, 最大变形发生在迎水面中部。

关键词:防洪箱; 受力特性; 理论分析; 有限元计算

中图分类号: TV22

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2024)03-0054-0003

Analysis of water retaining force characteristics of urban emergency water-filling flood control box

WANG Xiaodong¹, ZHAO Jun², XU Jinchao², CHEN Qinyu³, GAO Yingqian⁴

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;

2. Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;

3. Jiangsu Flood Control Material Reserve Center, Nanjing 210029, China;

4. Taizhou Xbarrier Water Affairs Co., Ltd., Taizhou 225000, China;)

Abstract: The water-filling flood control box is a new equipment of polymer material for flood control and emergency rescue. In this paper, the force stability conditions and the stress-strain characteristics of the flood control box are studied by theoretical analysis and finite element calculation. The results show that the maximum stress and deformation of the flood control box occur at the upstream face under the same water filling condition with different retaining heights. The maximum stress is at the bottom of the upstream face and the maximum deformation is at the middle of the upstream face.

Key words: water-filling flood control box; force characteristics; theoretical analysis; finite element calculation

1 概 述

近年来, 暴雨洪涝灾害的突发性、极端性、反常性愈发显著, 对生产生活 and 防洪安全造成极大影

响^[1]。随着经济水平的快速发展, 城市防洪领域对防洪抢险新技术、新设备的应用需求日益增长^[2]。本文针对一种高分子材质的防汛应急抢险新装备——注水式城市应急防洪箱的挡水特性开展了研究。

收稿日期: 2023-06-08

基金项目: 江苏省水利科技项目(2021024, 2020022)

作者简介: 王小东(1984—), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事防汛应急抢险装备、技术开发等研究工作。E-mail: xdwang@nhri.

cn

防洪箱在使用时只需将相邻防洪箱搭接,同时向箱体内注水,即可快速构筑挡水子堤,实现有效挡水,单层箱体挡水高度约0.5 m,每个防洪箱左右两侧均设有专用连接系统,底部设有止水系统。该装备具有轻巧便捷、组装灵活、适应性强、耐久性好、绿色环保、可重复使用等显著优点,能较好地适用于汛期平原河网地区城市内涝抢险等场景。

2 受力分析

在挡水过程中,注水式防洪箱的尺寸和受力可简化为图1所示的情形。图1(a)中, h_1 为注入水深, h_2 为挡水高度, B 为箱体宽度;图1(b)中, f 为箱体所受的摩擦力, N 为地面对箱体的支持力, F 为水体对箱体的推力。

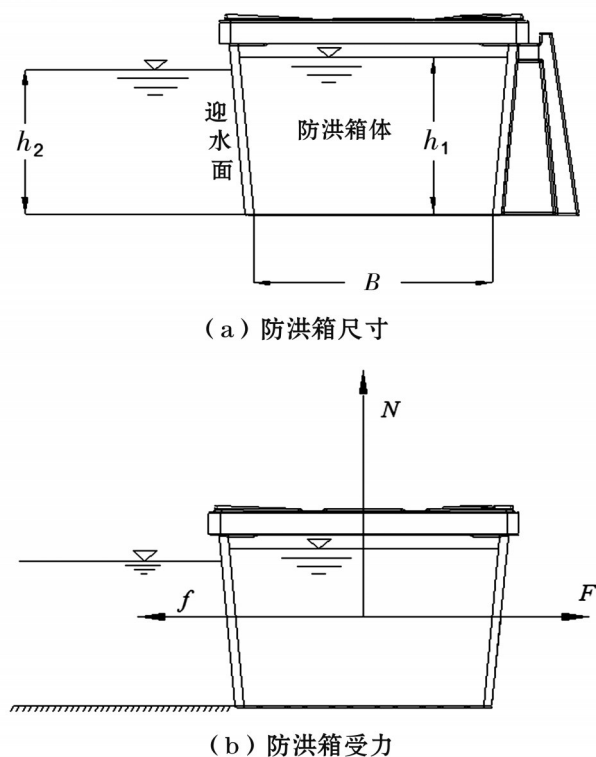


图1 防洪箱尺寸及受力示意

假定箱体断面为矩形,由受力平衡可知,为保证挡水效果应满足:

$$0.5\rho gh_2^2 \leq \mu\rho gh_1 B \quad (1)$$

式中: h_1 为注入水深; h_2 为挡水高度; ρ 为水体密度; g 为重力加速度; μ 为摩擦系数; B 为箱体宽度。

挡水高度与其他参数的关系应满足:

$$h_2 \leq \sqrt{2\mu h_1 B} \quad (2)$$

假定摩擦系数为一定值,防洪箱宽度为0.5 m,则可由上式计算不同箱体内注水高度 h_1 下的挡水

高度 h_2 。不同摩擦系数下最大挡水高度与注水深度关系见图2,由图2可知,在同一注水深度下,摩擦系数越大,挡水高度越大。

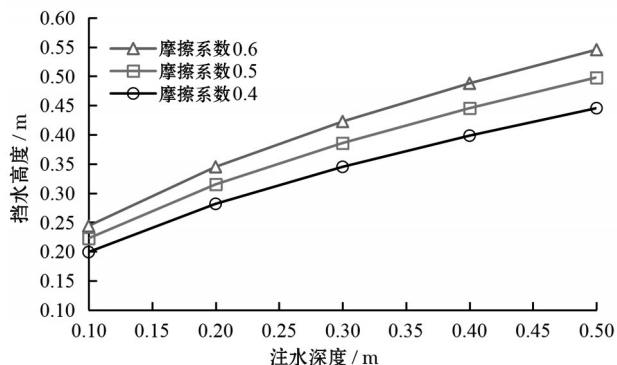


图2 不同摩擦系数下最大挡水高度与注水深度关系

3 防洪箱受力特性

为论证防洪箱在不同挡水高度和不同流速下的结构受力特性,采用有限元分析方法,基于Ansys Mechanical软件^[3],对防洪箱在不同挡水高度条件下的应力、应变和变形等特性进行了进一步的分析。选取防洪箱的长×宽×高($L \times B \times H$)分别为900 mm×650 mm×600 mm。在计算过程中,假定防洪箱未发生滑动,即底部始终与地面保持紧贴状态,箱体内灌水深度为0.4 m,迎水面挡水高度为0.1~0.4 m,水流流速保持2.0 m/s。其中,水流产生的动水压力采用动量定理进行计算^[4]。

为保障计算精度,模型采用5 mm的网格对防洪箱进行划分,网格数量为144 568个(见图3)。

计算所得不同挡水高度下防洪箱的结构受力特性见表1及图4~6。由此可知,随着挡水高度的逐渐增大,箱体所承受的最大应力、应变和变形均先减小后增大。水深为0.1 m时,箱体内静水压力大于箱外水压力,最大应力发生在迎水面底部,为15.91 MPa;最大变形发生在迎水面中部,为1.62 cm。随着挡水高度增加,箱体内外水压力达到一定平衡,最大应力和变形均有所减小。当挡水高度大于0.3 m后,箱体外水压力大于箱体内静水压力。挡水高度为0.4 m时,箱体最大应力为14.77 MPa,最大应力也发生在迎水面底部;最大变形为2.05 cm,位于迎水面中部。

研究表明,防洪箱随着挡水高度的变化,其应力集中部位均发生在迎水面底部,最大变形发生于

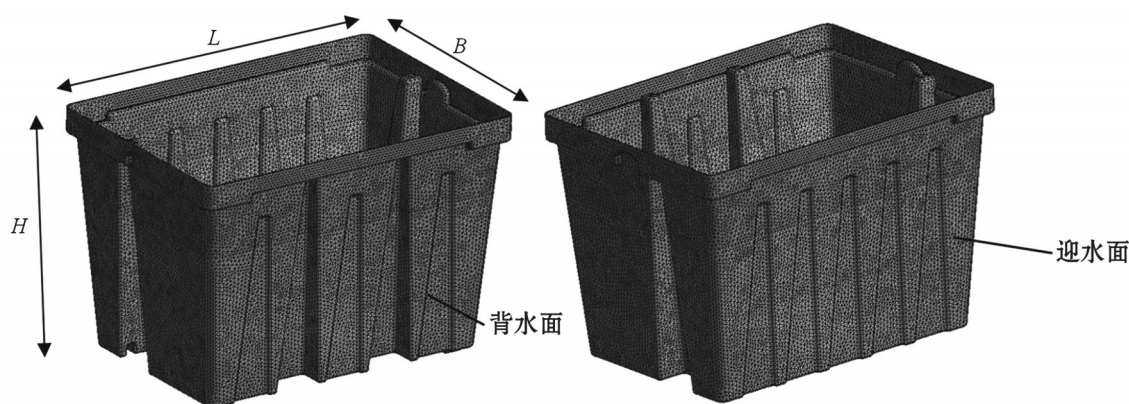


图3 城市应急防洪箱结构计算网格示意

表1 不同挡水高度下的受力特性

序号	挡水高度/m	最大变形/cm	最大应力/MPa	最大应变
1	0.1	1.62	15.91	0.045
2	0.2	1.47	12.56	0.038
3	0.3	0.68	6.13	0.017
4	0.4	2.05	14.77	0.041

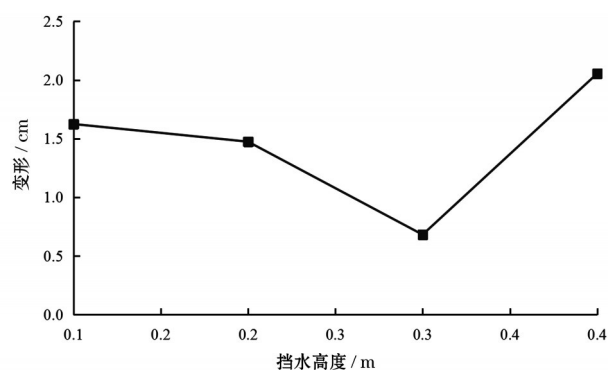


图4 不同挡水高度下箱体最大变形

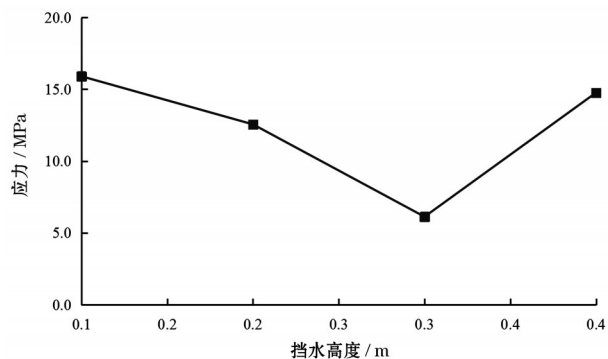


图5 不同挡水高度下箱体最大应力

迎水面中部。因此,在防洪箱的设计过程中,应充分考虑迎水面强度,使其满足挡水要求。

4 结 语

注水式城市应急防洪箱是一款高分子材质的

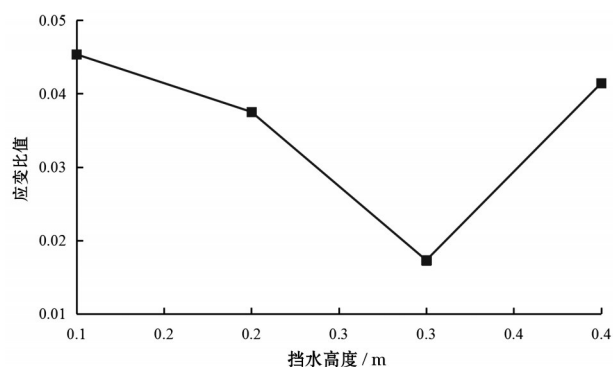


图6 不同挡水高度下箱体最大应变

防汛应急抢险新装备,具有轻巧便捷、组装灵活、绿色环保、适应性强、耐久性好、可重复使用等特点,在城市防汛应急抢险过程中的应用前景广阔。为研究其挡水稳定及受力特性,本文采用理论分析和有限元计算等手段对其进行分析,提出了防洪箱的挡水稳定条件,同时采用有限元计算方法对其在不同挡水高度条件下箱体最大应力、应变和变形特性进行了分析,结果表明防洪箱最大应力位于迎水面底部,最大变形发生在迎水面中部。相关研究成果为注水式城市应急防洪箱的结构和体型优化设计提供了参考依据。

参考文献:

- [1] 张然,胡电海. 秦淮河流域“2016·7”特大暴雨洪水分析[J]. 江苏水利,2017(4):4.
- [2] 任兴宇,肖天贵,汤志亚. 2018年8月徐州一次龙卷多普勒雷达特征分析[J]. 气象科学,2021,41(2):221-227.
- [3] 康斌. 我国台风灾害统计分析[J]. 中国防汛抗旱,2016,26(2):36-40.
- [4] 陈梁擎,袁沛,章立,等. 组合式防洪挡子堤系统抗冲击能力分析[J]. 中国防汛抗旱,2018,28(12):70-73.