

扭王字块在海堤工程堤脚防护中的运用

李连成

(盐城市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 盐城 224002)

【摘要】 近几年来,滨海县振东闸以北段主海堤抛石护脚受潮水波浪冲刷形成陡坡,严重影响主海堤安全,亟须加强堤脚防护。在水毁修复工程中堤脚防护按照坡面防护设计,根据现状波浪要素计算护脚块石重量。本文结合波浪断面物理模型试验和扭王字块现场摆放试验,确定堤脚采用 600kg 扭王字块结合 250kg 抛石的防护型式。实践证明该防护方案是可行有效的,且单层扭王字块双向嵌固安装整体稳定性优于单向嵌固型式,可为类似海堤工程提供参考。

【关键词】 扭王字块;堤脚防护;抛置密度;安装方式

中图分类号: TV871.3

文献标志码: B

文章编号: 2097-0528(2022)07-029-05

Application of accoropode in embankment foot protection in seawall project

LI Liancheng

(Yancheng Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd., Yancheng 224002, China)

Abstract: The main seawall riprap foot protection in the north section of Zhendong Gate in Binhai County forms a steep slope by tidal wave erosion in recent years, thereby seriously affecting the safety of main seawall. It is urgent to strengthen the embankment foot protection. The weight of the embankment block stone is calculated according to current wave elements in the flood damage repair project according to the slope protection design. The physical model test of wave section and field placement test of accoropode are combined in the paper to determine the protection model of 600kg accoropode combined with 250kg riprap. The practice proves that the protection scheme is feasible and effective, and the overall stability of bidirectional embedment installation of single-layer accoropode is better than that of unidirectional embedment, thereby providing reference for similar seawall projects.

Keywords: accoropode; embankment foot protection; drop density; installation mode

扭王字块体是沿海工程中常用的预制混凝土块体,在盐城境内水利工程中常用于主海堤坡面防护、堤脚压护、抛石丁坝及抛石顺坝压护,单体重量 0.4~2t 不等。自海堤达标工程建设至今,采用 400kg 扭王字块对滩面设计高程较低堤段以及节点堤段的主海堤坡脚进行压护。随着堤前滩面蚀降加剧,400kg 扭王字

块已不能满足堤脚防护工程安全运行的需要。滨海县振东闸以北段海堤位于陶湾岳堆至振东闸之间,主海堤水毁情况严重。在该段海堤水毁修复工程中,运用 600kg 扭王字块双向嵌固安装对堤脚加强防护。结合扭王字块现场摆放试验,确定了 600kg 扭王字块双向嵌固安装方式下的抛置密度,减少了工程设计时扭王

收稿日期: 2021-09-15

作者简介: 李连成(1986—),男,工程师,主要从事水利工程规划设计工作。



字块工程量计算的偏差。通过波浪断面物理模型试验验证了防护效果,可为其他海堤工程中扭王字块设计提供参考。

1 现状情况及方案分析

堤前滩面刷深加剧是滨海县振东闸以北段海堤水毁的重要原因之一(工程处滩面变化情况见图1)。因

滩面持续蚀降,原主海堤坡脚位置近似前移,滩面近似刷深成缓坡。堤脚外70m为管桩顺坝,按照传统设计思路,采用抛石将堤脚前滩面恢复至设计高程,保滩修复工程与海堤修复工程共同实施,解决滩面蚀降的问题。但是工程投资巨大,且不科学不经济。本次为海堤水毁修复工程,保堤必须保脚,故本次工程对现状堤脚顺坝加强防护,减少堤脚处滩面蚀降,确保主海堤的安全。

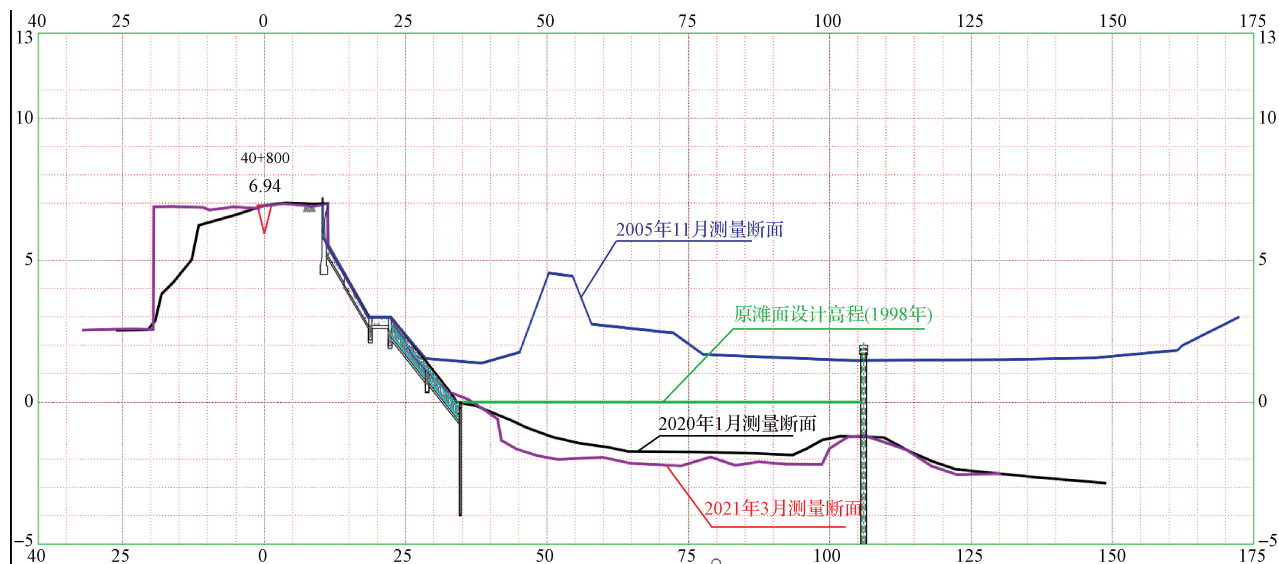


图1 滩面蚀降情况测量对比(单位:m)

滨海海堤工程中,常用抛石对滩面进行加固,局部堤段还采用400kg扭王字块进行坡脚护滩平护。本工程堤段原主海堤防护工程中采用抛石护脚,抛石单体重量为60kg/块。随着堤前滩面刷深加剧,波浪要素增大,原规格抛石防护已不能满足工程需求,且块石体积小,易经波浪作用带到堤上,撞击坡面,形成主海堤坡面水毁,造成严重安全隐患。故本次修复工程设计坡脚防护拟采用扭王字块结合抛石的综合型式。扭王字块护脚,不仅可以加强护脚防护效果,其空隙消浪效果强于抛石防护,而且可以隔断抛石护滩与主海堤防护,减少小抛石上岸冲毁主海堤护坡的风险。同时,该地区附近无块石码头,工程抛石需通过陆运至施工场地,采用扭王字块代替部分抛石,不仅可以减少抛石采购数量,缩短工期,而且施工质量得到保证,海堤防护效果明显。

2 护脚防护设计

根据滩面刷深情况,设计护脚防护长度20m。初拟方案堤前护脚紧密布置五排扭王字块,其余采用抛石防护,抛石厚度不小于1m。

2.1 扭王字块设计

本次护脚防护块体单体重分2种工况分别计算:①作为护底块石根据堤前最大波浪底流速确定;②考虑堤前滩面刷降成陡坡按护坡防护进行计算。

计算公式均依据《海堤工程设计规范》(GB/T 5105—2014)。

2.1.1 作为护底块石根据堤前最大波浪底流速确定

根据《海堤工程设计规范》(GB/T 5105—2014)附录J,J.0.7条,斜坡堤前最大波浪底流速按下式计算:

$$V_{\max} = \frac{\pi H}{\sqrt{\pi L s h (4 \pi d / L) / g}}$$

式中: $V_{\max}$ 为斜坡堤前最大波浪底流速,m/s; H 为设计

波高, m, 计算取用 $H = 3.82\text{m}$; L 为计算波长, m, 计算取用 $L = 20\text{m}$; g 为重力加速度, 取 9.81m/s^2 ; d 为堤前水深, m, 考虑滩面刷深至 -2.0m , $d = 5.45\text{m}$ 。

计算得, $V_{\max} = 1.211 \text{ m/s}$, 查表 J. 0. 7, 对应的块石重量不大于 60 kg 。

2.1.2 考虑堤前滩面刷降成陡坡按护坡防护进行计算

该工况下防护块体单体重量按下式计算:

$$Q = 0.1 \frac{\gamma_b H^3}{K_D (\gamma_b/\gamma - 1)^3 m}$$

式中: Q 为单个扭王字块质量, t ; γ_b 为预制扭王字块的重度, kN/m^3 , 取 $\gamma_b = 24 \text{ kN/m}^3$; γ 为水的重度, kN/m^3 , 取 $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$; H 为设计波高, 3.82 m ; m 为斜坡坡率, 取 5 (考虑堤前滩面刷深, 坡面变陡); K_D 为稳定系数, 取 18。计算得, $Q = 0.54 t$ 。

由两种工况计算结果可知,堤脚前滩面刷深成较陡坡面,海堤堤脚近似前移,坡面防护所需块体重量远大于护底块石重量。综合两种工况计算成果,设计扭王字块单体重量取 0.6t,即 600kg 扭王字块。

根据《防波堤与护岸设计规范》(JTS 154—2018)附录 B,扭王字块标准尺寸有 AB 两种型号,结合滨海海堤施工经验,B 型扭王字块脱模相对困难,影响块体质量,故本次工程设计选用 A 型扭王字块。由规范表 B.0.2 可计算得 600kg 扭王字块计算高度 $h=92\text{cm}$ 。

2.2 扭王字块护面厚度复核

预制混凝土异型块体护面厚度按下式计算:

$$t = nc \left(\frac{Q}{0.1\gamma_b} \right)^{\frac{1}{3}}$$

式中: t 为扭王字块护面厚度, m; n 为扭王字块护面层数, 取 1; c 为系数, 1.3, 规则安放的块体空隙率 P' 为 40%, 计算得, $t = 0.80\text{m}$ 。

600kg 扭王字块双向嵌固摆放时高度为 $0.85\text{m} > 0.8\text{m}$, 满足设计要求。

2.3 扭王字块摆放理论计算

扭王字块安装方式有散抛和规则安放两种,其中规则安放又有多种安装型式。滨海海堤工程常用单层扭王字块进行坡面坡脚防护,单层扭王字块的安装方式有单向嵌固(三足着地)和双向嵌固(一边一足着地)两种。设计时初拟规则安放的抛置密度,具体安装型式由现场试验确定。

扭王字块个数按下式计算:

$$N = Anc(1 - P') \left(\frac{0.1\gamma_b}{O} \right)^{2/3}$$

式中: N 为扭王字块体个数; A 为垂直于厚度的护面层平均面积, 取 100m^2 ; P' 为护面层的空隙率, %, 取 $P' = 40\%$ 。计算得, $N = 208$ 块。

2.4 海堤工程波浪断面物理模型试验

初始方案:护坡护脚前采用扭王字块压护结合抛石护滩。其中扭王字块摆 5 排,抛石范围为堤脚前 20m,抛石面高程一致采用 0.00m(废黄河零点,下同)。

海堤原修复方案考虑管桩消浪及管桩破坏工况下,120kg 及以上的护脚块石发生位移,部分块石滚动至 C35 混凝土护坡和栅栏板护坡上部,对海堤上部结构安全可能造成一定影响。

物理模型试验对初始方案进行如下优化:

a. 优化方案一将护脚块石加大至 250kg 及以上。

优化方案一考虑管桩消浪工况,有块石作用至扭王字块体顶部,无块石作用至栅栏板护面,海堤各部位均满足波浪作用下的稳定性要求。优化方案一考虑管桩破坏工况时,有少量块石作用到栅栏板护坡上部。优化方案一海堤断面见图 2。

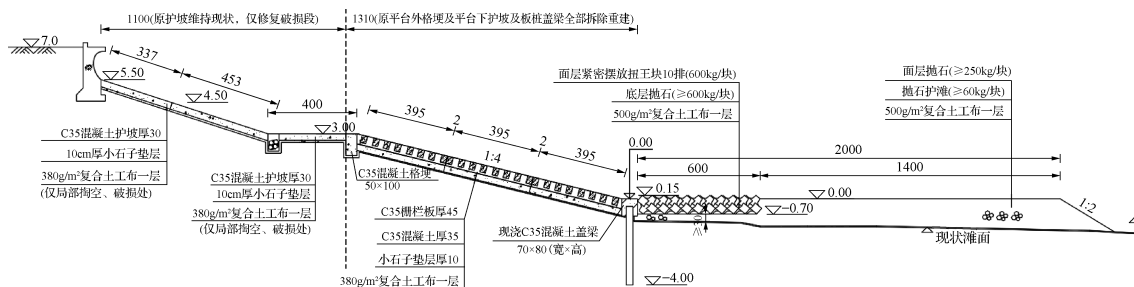
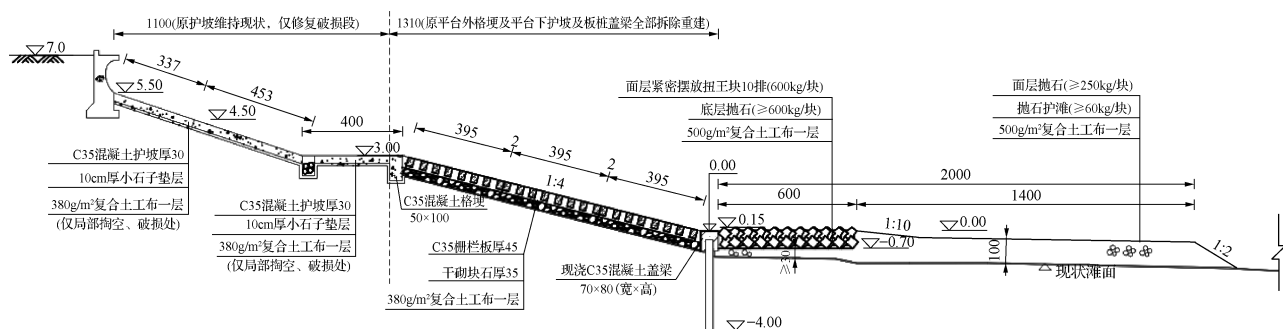


图2 优化方案一海堤断面(高程单位:m,尺寸单位:cm)

层。优化方案二考虑管桩消浪工况,有块石作用至扭王字块体顶部,无块石作用至栅栏板护面。优化方案二考虑管桩破坏工况时,有少量块石作用到栅栏板护坡上部。优化方案二海堤断面见图3。

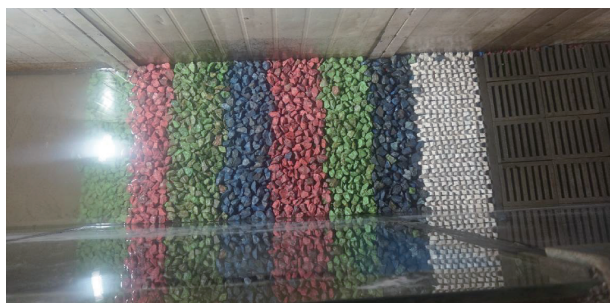


物理模型试验结论:两种优化方案均可作为设计方案。

后容易使整排扭王字块发生滑移;双向嵌固安装较复杂,需横竖两个方向错位安装,有一定的嵌固深度,达到双向嵌固的效果,整体性优于单向嵌固安装方式。

根据初步设计批复及模型试验要求,工程堤脚前需紧密摆放扭王字块五排。施工单位根据设计要求,分别摆出单向嵌固和双向嵌固这两种安装形式。

a. 单向嵌固:三足着地,五排总长度 3.10m,单排宽度 0.92m,考虑排与排间距 0.02m,计算得每百平方抛置密度为 170 块。计算得单向嵌固安装方式下的扭王字块块体空隙率约为 50.96%。单向嵌固摆放见图 5。



3 扭王字块现场摆放试验

b. 双向嵌固:一足一边着地,双向嵌固摆放见图6~图8。五排总长度4.50m,单排宽度0.92m,现场测量实际嵌入深度约0.30m,每百平方米抛置密度为178块。双向嵌固安装方式下的扭王字块块体空隙率