

东平湖二级湖堤不同护坡消浪作用分析

高峰¹, 李晓波², 徐洪增³

(1. 山东黄河勘测设计研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东黄河工程局第二工程处, 山东 济南 250033; 3. 黄河河口管理局, 山东 东营 257091)

摘要:东平湖二级湖堤石护坡在2001, 2003年洪水中发生大面积损坏, 急需加固。通过对护坡一般结构形式特点的分析, 初步选定砌石护坡、混凝土喷护、四脚空心体、扭工字体4种加固形式, 在此基础上, 通过波浪爬高计算分析, 从技术、经济两方面进一步对四种护坡形式进行分析, 四脚空心体、扭工字体消浪效果好, 投资省, 综合考虑群众生产等因素, 二级湖堤石护坡加固四脚空心体加固方案最适宜。

关键词:东平湖; 二级湖堤; 护坡; 消浪分析

中图分类号: P236; P271

文献标识码: A

1 东平湖二级湖堤基本情况

东平湖滞洪区是黄河下游的重要分滞洪工程, 二级湖堤把东平湖滞洪区分隔为新湖区和老湖区, 东平湖运用方式为二级运用。二级运用方式减少了新湖区的运用几率和淹没损失。二级湖堤的设计水位为46.0 m(大沽, 下同), 现状堤顶高程为48.0 m, 两侧边坡均为1:2.5, 临老湖侧修有干砌石护坡, 砌石厚度0.3 m, 下设0.15 m的碎石垫层^[1]。但是在2001, 2003年汶河洪水老湖蓄水位分别达到44.38 m, 43.20 m时, 二级湖堤干砌石护坡发生大面积破坏, 其中既有点状破坏, 也有大面积连续破坏, 石护坡暴露出较多问题。同时堤顶超高也显现不足。1993年二级湖堤加高设计采用了西晓夫公式计算波浪要素, 通过理论分析及实际验证, 在风浪计算方面采用莆田试验站公式计算, 现状二级湖堤在桩号6+650~26+731堤段43.00 m水位以上现状石护坡厚度不能满足安全要求。同时堤防高程不足, 欠高值为0.53~1.54 m。为此, 需对二级湖堤石护坡进行加固并相应加高堤防。

2 二级湖堤护坡加固方案分析

堤防工程常用的护坡形式主要有砌石护坡、混

凝土护坡、四脚空心方块护坡、扭工字块体护坡、土工模袋护坡、生物护坡等结构型式。各种护坡型式各有特点, 首先从大的方面看, 土工模袋在水位以上抗老化能力较差, 而东平湖老湖大部分时间水位在42.0 m以下, 水位较低, 水位以上部分面积大、时间长, 因此土工模袋不适用二级湖堤石护坡加固。生物护坡适用浅水、风浪小的区域, 而老湖区水深浪大, 显然生物护坡是不适用的。目前二级湖堤石护坡存在的问题主要是局部厚度不足, 也有部分施工质量较差。针对存在的问题, 从深一层看, 砌石护坡中干砌石护坡消浪效果好、适用变形能力强, 可予以采用, 而浆砌石消浪、适用变形较差, 一般不大面积使用; 混凝土护坡如采用混凝土板需拆除原砌石, 工程量大, 采用在原干砌石上水泥裹砂喷射砼加固护坡, 工艺简单、施工速度快并较充分利用了原有的干砌块石, 因此混凝土护坡中采用水泥裹砂喷射砼加固较为适宜。四脚空心方块护坡及扭工字块体护坡都具有消浪效果好、施工便捷又能利用原护坡的特点, 是比较适宜二级湖堤护坡加固的。因此, 二级湖堤石护坡加固从技术角度初步可选干砌石护坡、水泥裹砂喷射砼、四脚空心方块护坡及扭工字块体护坡4种形式。

* 收稿日期: 2007-07-05; 修订日期: 2007-12-20; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 高峰(1963-), 女, 山东东阿人, 高级工程师, 主要从事水利工程的规划设计工作。

3 护坡结构型式与堤防加高的关系

3.1 影响堤防加高值的主要因素

根据分析二级湖堤不仅石护坡存在问题需要加固,而且堤防超高不足,也需加高。护坡加固形式与堤防加高存在内在的联系。

堤顶超高计算式为: $Y = R + e + A$

式中: Y 为堤顶超高(m); R 为设计波浪爬高(m); e 为设计风壅水面高度(m); A 为安全加高(m),东平湖二级湖堤为4级堤防,其安全加高值为 $A = 0.6$ m。其中 R 为设计波浪爬高(m),其表达式为:

$$R = \frac{K_{\Delta} K_v K_p}{\sqrt{1 + m^2}} \sqrt{LH}$$

式中: R_p 为累积频率为 P 的波浪爬高(m); K_{Δ} 为斜坡的糙率及渗透性系数,见表1。

表1 糙率及渗透系数

护坡类型	K_{Δ}	护坡类型	K_{Δ}
光滑不透水的护面 (沥青混凝土)	1.0	抛填两层块石	0.50 ~ 0.65
混凝土及 混凝土板护面	0.9	四脚空心块体 (安放一层)	0.55
草皮护面	0.85 ~ 0.90	四脚锥体 (安放二层)	0.40
砌石护面	0.75 ~ 0.80	扭工字块体 (安放二层)	0.38

K_v 为经验系数,可根据风速 V (m/s)、堤前水深 d (m)、重力加速度 g (m/s^2)组成的无量纲 $V/(gd)$ 0.5,由经验系数表查表确定; K_p 为爬高累积频率换算系数,对不允许越浪的堤防,爬高累积频率宜取2%; m 为斜坡系数, $m = \text{ctg}\alpha$, α 为斜坡坡角(度); H 为堤前波浪的平均波高(m); L 为堤前波浪的波长(m)^[2]。

从波浪计算公式及表1可见,波浪爬高与斜坡的糙率及渗透系数成正比关系变化。即与护坡材料、结构型式密切相关,经计算混凝土护面、四脚空心方块(安放一层)护面、扭工字块体(安放二层)护面的波浪爬高分别为砌石护面(取平均值0.77)的1.17,0.71,0.49倍。因此二级湖堤的护坡加固方案应与堤防加高统一考虑,进行优化组合。

3.2 加固方案经济分析

对初步选定的不同护坡结构按照《堤防工程设

计规范》(GB50286-98)堤防超高计算公式进行计算分析,相应堤顶欠高值计算结果见表2。

表2 各种护坡堤顶欠高值计算(m)

名称	0+000	6+650	12+500	18+500	23+900	26+731
四脚空心方块	0.010	0.579	0.548	0.649	0.584	0.582
扭工字块体	-0.398	-0.011	-0.016	0.056	-0.119	-0.115
砌石护坡	0.528	1.304	1.284	1.427	1.197	1.205
混凝土喷护护坡	0.840	1.747	1.718	1.889	1.640	1.640

根据以上分析,4种护坡型式分别与堤防土方加高方案组合进行投资比较分析,根据东平湖周边土方实际情况,考虑土方运距按20 km。各方案综合投资比较结果见表3。

表3 各方案投资对比

护坡加固方案	组合二级湖堤加高	最大加高值(m)	综合投资(万元)
方案一 四脚空心方块护坡	土方加高	0.73	11950.61
方案二 扭工字块体护坡	不加高	0.116	6393.51
方案三 砌石护坡	土方加高	1.54	13507.27
方案四 混凝土喷护护坡	土方加高	2.00	13027.38

从表2,表3可见,4种不同护坡形式堤防加高值从大到小依次为:混凝土喷护护坡 > 砌石护坡 > 四脚空心方块护坡 > 扭工字块体护坡;但其综合投资顺序与堤防加高值顺序有区别,为砌石护坡土 > 混凝土喷护护坡 > 四脚空心方块护坡 > 扭工字块体护坡。虽然在原干砌石上喷射砼加固护坡消浪性能差,二级湖堤加高值最大,但混凝土喷护护坡厚度较小,原砌石护坡不需拆除,造价较省,因此其综合投资略小于砌石护坡。砌石护坡不仅消浪效果较差,堤防加高值较大,而且综合投资最大。扭工字块体护坡消浪性能最好,二级湖堤加高值最小,综合投资最小。四脚空心方块的消浪性能较好,二级湖堤的加高值较小,综合投资较小。从投资角度看,一般意义上扭工字块体护坡方案最好。但针对二级湖堤情况,在新湖区居住有6万渔民,经常下湖进行渔业等生产活动,而扭工字块体单块重量只有40 kg左右,重量轻、稳定性较差,很容易因人为踩踏而移位、倾翻,导致护坡损坏,工程管理困难,同时渔民在坡上行走困难,严重影响生产作业。而四脚空心方块单

块重量约为70 kg,四脚着地,稳定性好,不会遭人为踩踏而移位、倾翻,也方便渔民下湖进行渔业等生产活动。

综合以上分析,四脚空心方块加固二级湖堤石护坡方案虽然投资比扭工字块体护坡方案大,但有利于工程管理、有利于渔民生产,从以人为本、促进当地经济发展、建设和谐社会理念出发,四脚空心方块加固方案兼顾防洪、生产两方面,是能为各方接受的较好方案。

4 结语

四脚空心方块、扭工字块体护坡在防潮、防浪堤

Analysis on Function of Revetment and Subducting Waves in Secondary Dam of Dongpinghu Lake

GAO Feng¹, LI Xiao-bo², XU Hong-zeng³

(1. The Yellow River Exploration and Mapping Planing Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. No. 2 Engineering Section of the Yellow River Engineering Bureau, Shandong Jinan 250033, China; 3. Hekou Managing Bureau of the Yellow River, Shandong Dongying 257091, China)

Abstract: Secondary bank of Dongyinghu Lake was destroyed badly in 2001 and 2003. It should be reinforced immediately. Though analysis on statistics of common structure of revetment, 4 kinds of reinforcements are selected, such as rockfilling facing, concrete shotting, hollow tetrapod and bolosse. On these basis, through analysis on wave height measurement, 4 kinds of revetment styles are analyzed. It is regarded that hollow tetrapod and bolosse have good effect with low money, and hollow tetrapod is the most suitable method in secondary dam revetment.

Key words: Dongpinghu lake; secondary dam; revetment; analysis on wave subduction

上已得到较广泛应用,但在水库、滞洪区、河道等方面未见大面积应用,尚属新材料。该文对其特点、性能进行了初步分析,其消浪效果显著,应用于二级湖堤石护坡加固效果好、投资省。对其他相似工程也具有很好的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 山东省黄河位山工程局东平湖志编辑委员会. 东平湖志[M]. 济南:山东大学出版社,1993.
- [2] GB50286-98,堤防工程设计规范[S].