

城市防洪堤消浪结构设计

张 迈¹, 郑建青²

(1. 温州市水利电力勘测设计院, 浙江 温州 325000; 2. 温州市水利水电局, 浙江 温州 325000)

摘要:以浙江省温州市防洪堤设计为例, 提出采用消浪结构的防洪堤, 以减少堤顶越浪量, 从而降低堤顶高程, 使城市防洪堤和沿江道路、绿化景观能较好地结合。将 1:10 防洪堤模型试验的结果和常规的防洪堤相比较, 50 年一遇越浪量可减少 68%~93%, 100 年一遇越浪量可减少 39%~72%, 降低堤顶高程 1.0m 左右。

关键词:城市防洪堤; 堤顶高程; 越浪量

中图分类号:TV871

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2002)03-0031-03

城市防洪堤结构往往和沿江的道路、景观相结合, 但防洪堤顶高程一般比城市地面高程高, 与沿江的道路、景观布置难以协调。

一般情况下, 防洪堤顶高程是在设计洪水水位的基础上, 加上风浪爬高及安全超高。在温州市沿江堤防的风浪爬高及安全超高往往达 2 m 左右。采用一定的消浪结构可减少越浪量, 以降低风浪爬高及安全超高, 从而降低堤顶高程。

1 防洪堤结构断面

以浙江省温州城市防洪堤结构为例, 城市位于瓯江下游入海口南岸。根据城市沿江岸线地形状况, 布置岸边挡墙消浪式及深水框架消浪式两种防洪堤。

1.1 岸边挡墙消浪式防洪堤

岸边挡墙消浪式防洪堤布置于现状岸边的浅水区, 基础为 $\varnothing 800$ 钻孔灌注桩, 上部为 Z 形钢筋混凝土挡墙式结构, 顶部为现浇板, 外侧反弧悬挑板宽 2.5 m, 既起消浪作用, 又可增加堤顶空间, 见图 1。

1.2 深水框架消浪式防洪堤

深水框架消浪式防洪堤布置于河弯凹岸深处, 为尽量减小防洪堤的阻水, 采用框架式结构。分承台段、框架段及挡墙接岸段。其中承台段宽 7.0 m, 基础为 $\varnothing 800$ PHC 管桩, 桩顶设钢筋混凝土承台, 承台上设“人”形柱, 上部为现浇板梁消浪结构; 框架段宽为 20~30 m, 为 $\varnothing 800$ PHC 管桩高桩结构, 顶部设预制板梁结构; 挡墙段基础为 $\varnothing 800$ 钻孔灌注桩, 上部为 L 形钢筋混凝土挡墙, 墙内回填土石, 和现有岸

线相接, 见图 2。

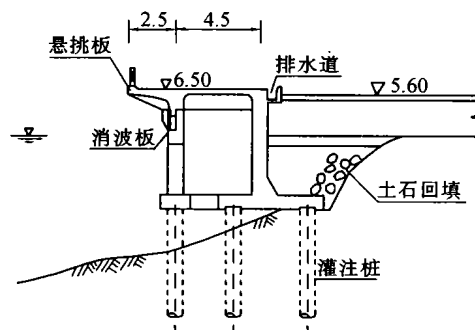


图 1 岸边挡墙消浪式防洪堤断面(单位:m)

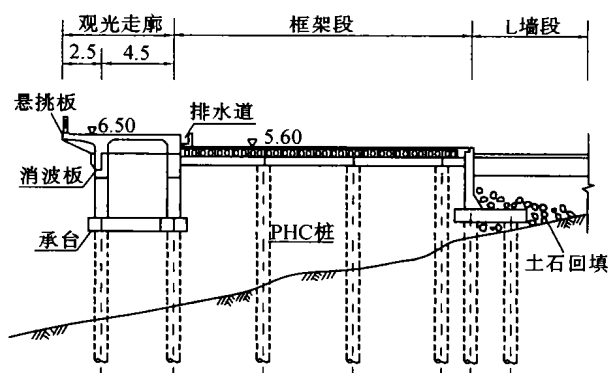


图 2 深水框架消浪式防洪堤断面(单位:m)

2 消浪及排水设施

上述岸边挡墙式及深水框架式的防洪堤前缘均布置消浪及排水设施, 这些设施均经多方案 1:10 模型消浪试验论证, 见图 3。

a. 反弧悬挑板。沿堤顶外设反弧悬挑板为 C25

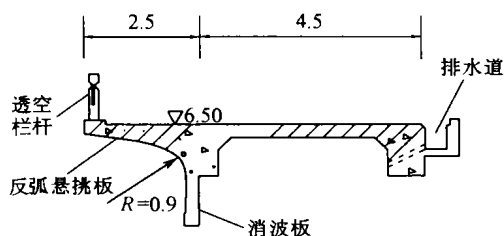


图3 堤顶消浪结构布置(单位:m)

钢筋混凝土现浇结构,悬挑板长2.5m.可使上升的水流反挑,以达到减少越浪量。

b. 排水道. 为避免部分的越浪冲毁堤顶后侧绿化带,悬挑板上部为行人观光走廊,里侧设0.50m×0.60m(宽×深)排水道,堤顶越浪可经排水道由拍门下排至江河,排水道平时可作为堤顶行人观光走廊的雨水道。

c. 消波板. 根据模型试验,为减少后侧上部板底面打击力,同时使反挑的水流流态较好,在前沿设消波板.消波板厚0.4m,高度为0.5~1.0m,在立面上呈拱型,以增强防洪堤的立面效果,见图4。

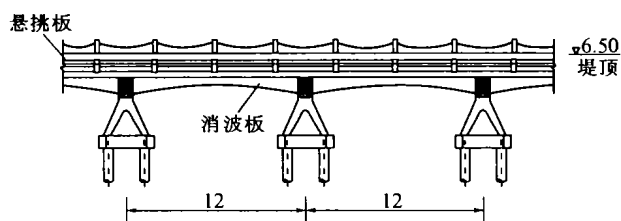


图4 消浪式防洪堤立面(单位:m)

3 防洪堤前波要素分析

主要分析岸边挡墙消浪式、深水框架消浪式两断面形式的堤前波要素.防洪堤主风向为NNE,经分析,NE-ENE风向风速最大,且NE方向风区较长,可见河段最不利波向为NE,由此可选NE-ENE风向组的设计风速作为堤前设计风速,推算堤前波要素,结果见表1和表2。

表1 岸边挡墙消浪式防洪堤堤前波要素

重现期/a	最大波高 $H_{1\%}/m$	有效波高 $H_{13\%}/m$	平均波高 $\bar{H}/m$	平均周期 $\bar{T}/s$	设计风速 $v/(m\cdot s^{-1})$	设计高水位/m
10	0.88	0.61	0.39	2.9	18.5	4.63
50	1.18	0.83	0.54	3.4	24.7	5.34
100	1.32	0.93	0.60	3.6	27.3	5.66

表2 深水框架消浪式防洪堤堤前波要素

重现期/a	最大波高 $H_{1\%}/m$	有效波高 $H_{13\%}/m$	平均波高 $\bar{H}/m$	平均周期 $\bar{T}/s$	设计风速 $v/(m\cdot s^{-1})$	设计高水位/m
10	0.99	0.67	0.42	2.9	18.5	4.63
50	1.35	0.92	0.58	3.4	24.7	5.34
100	1.50	1.02	0.65	3.6	27.3	5.66

4 越浪量试验分析

为分析越浪量,通过1:10防洪堤模型试验来确定消浪结构的消浪效果.试验在长60m、宽1.2m、高1.6m的水槽中进行,水槽首端采用液压造波机系统生成不规则波来模拟实际波浪.堤前波要素采用电阻式波高量测仪,在堤后安放容器承接越浪水体,由水泵抽出测得越浪量。

堤顶越浪量是指单位时间内越过单位堤长的水量,在不规则波作用下,一般指的是平均越浪量,即具有某一些统计特征的一系列波越浪量的平均值.试验采用的设计高水位与10年一遇、50年一遇、100年一遇的波浪组合,堤顶设计高程从低到高依次为6.20m、6.50m、6.70m,分别测试以上相互组合的越浪量。

4.1 岸边挡墙消浪式防洪堤越浪量试验

为定量分析比较,对常规直立式防洪堤和岸边挡墙消浪式防洪堤相同条件下的越浪量进行了比较试验.由于岸边挡墙消浪式防洪堤的反弧悬挑板阻挡了波浪的垂直方向运动,因此达到了消浪的目的,试验结果见表3。

由越浪量模型试验结果可见:①堤前波浪均以反射波为主,在高水位情况下,波浪直接打击点均在悬挑板外沿附近,个别大波直接打击最远的位置离外沿1.5m左右.②悬挑板的消浪效果十分明显.10年一遇条件下堤顶不越浪;50年一遇条件下,越浪量是常规防洪堤越浪量的7%~32%;100年一遇条件下,是常规防洪堤的28%~61%.③反弧悬挑板的消浪效果与堤顶出水高度(堤顶离高水位的距离)直接相关,水位低或堤顶高则消浪效果好.在50年一遇浪潮作用下,堤顶从6.20m抬升到6.70m,越浪量从相应常规防洪堤越浪量的32%降低到7%;100年一遇越浪量从61%降到28%。

4.2 深水框架消浪式防洪堤越浪量试验

深水框架消浪式防洪堤布置于河弯水深较深的河岸,堤前波要素不同于岸边挡墙消浪式防洪堤,堤顶越浪量试验结果见表4。

由越浪量模型试验结果可见:①在高水位情况下,波浪打击最远的位置离外沿2.2m左右;②模型试验中波浪的运动形态表明:悬挑板的消浪效果十分明显,10年一遇条件下堤顶不越浪,50年一遇和100年一遇条件下,比浅水区的岸边挡墙防洪堤越浪量稍大;③试验还表明,外侧反弧悬挑板从设计的2.5m增宽到5m,增大了消浪空间,相应越浪量有所减小.当堤顶高程为6.50m,遭遇100年一遇高水位时,反弧悬挑板的宽度为5m时,越浪量为 $0.00618m^3/(m\cdot s)$ 。

表 3 岸边挡墙消浪式防洪堤越浪量试验结果

水位、波浪 重现期/a	堤顶高程 /m	水位 /m	常规直立式防洪堤		岸边挡墙消浪式防洪堤		
			越浪量 $/(m^3 \cdot (m \cdot s)^{-1})$	最远打击点 /m	越浪量 $/(m^3 \cdot (m \cdot s)^{-1})$	最远打击点 /m	越浪状态
10	6.20	4.63	0.00012	0.5	0		波浪沿弧面翻转,打击在堤前水面
50	6.20	5.34	0.00410	0.8	0.00132	0.5	零星浪花过堤
100	6.20	5.66	0.03630	2.2	0.02250	1.0~1.5	少许波浪漫过堤顶
10	6.50	4.63	0.00007	0.5	0		波浪沿弧面翻转,打击在堤前水面
50	6.50	5.34	0.00093	0.6	0.00018	0.5	有一个大波越顶,翻转的浪花绝大多数低于堤顶
100	6.50	5.66	0.01210	2.5	0.00741	1.3~1.7	壅高越顶,浪花零星
10	6.70	4.63	0.00001	0.5	0		不越浪
50	6.70	5.34	0.00027	0.6	0.00002	0.4	有一个大波越顶
100	6.70	5.66	0.00580	2.0	0.00166	1.5	零星浪花

表 4 深水框架消浪式防洪堤越浪量试验结果

水位、波浪 重现期/a	堤顶高程/m	水位/m	越浪量 $/(m^3 \cdot (m \cdot s)^{-1})$	最远打击点/m	越浪状态
10		4.63	0		不越浪
50	6.20	5.34	0.00448	1.5	以反射为主,冲击面板激起零星浪花,波峰漫过堤顶
100		5.66	0.03380	2.2	多数波浪溢过堤顶,没有浪花
10		4.63	0		不越浪
50	6.50	5.34	0.00104	0.6	以反射为主,个别波峰漫过挑梁顶,波浪顶托板激起少量浪花
100		5.66	0.00877	1.6	少许波峰漫过堤顶,浪花较少
10		4.63	0		波浪反射,对板有上托作用,不越浪
50	6.70	5.34	0.00005	0.2~0.8	波浪反射,零星浪花过堤顶
100		5.66	0.00760	1.4	波浪顶托反弧悬挑板,少量波浪溢过堤顶

5 结 语

城市防洪堤采用消浪结构后,消浪效果十分明显,从而达到减少越浪量,降低堤顶高程的目的。根据温州城市防洪堤设计经验,采用消浪结构的防洪堤,可以在设计洪水位的基础上,加上综合超高

0.8m,设计堤顶高程比常规防洪堤设计堤顶高程降低 1.0m 左右,使防洪堤和城市沿江道路、绿化景观有机结合,同时又减少工程投资,具有较好的社会效益和经济效益。

(收稿日期:2001-02-10 编辑:张志琴)

·小资料·

当前世界上已建及在建的碾压混凝土拱坝

目前世界上只有南非和中国建有碾压混凝土拱坝,南非 3 座,中国 8 座。最早的碾压混凝土重力拱坝是南非的克勒尔波特坝,最早的碾压混凝土双曲拱坝是中国的溪柄坝。目前最高的碾压混凝土重力拱坝是中国的普定坝,最高的碾压混凝土双曲拱坝是中国的沙牌坝。见表 1。

表 1 世界碾压混凝土拱坝

坝 名	地 点	河 流	坝高 /m	坝顶 长/m	坝顶 宽/m	坝底 宽/m	厚高 比	坝身体积 /万 m ³	其中碾 压混凝 土/万 m ³	库容 /万 m ³	装机 /万 kW	建成 年份	坝型
克勒尔波特	南 非	九 河	50	200				5.9	4.5	13700		1989	重力拱坝
沃尔温丹	南 非	大布雷克河	70	268				21	18	2400		1990	重力拱坝
派克斯顿	南 非	特苏尔武河	17	70				0.3	0.3	100		1992	重力拱坝
普 定	中国贵州	三岔河	75	196	6.3	28.2	0.376	13.7	10.3	42000	7.5	1993	重力拱坝
温泉堡	中国河北	汤 河	48	170.5	5	13.8	0.288	6.25	5.5	700	0.04	1994	单 拱 坝
溪 柄	中国福建	溪柄溪	63.5	96	5	12	0.189	3.3	2.5	900	0.25	1996	双曲拱坝
红 波	中国云南	沙朗河	55.2	244	4.5	26.5	0.48	7.8	6.7			1999	重 力 坝
龙 首	中国甘肃	黑 河	80	140.8	5	13.5	0.169	21.7	19.5	1320	5.2	2001	双曲拱坝
石门子	中国新疆	塔西河	109	187	5	30	0.275	21.1	18.9	8000	0.3	2001	双曲拱坝
沙 牌	中国四川	草坡河	132	258	9.5	28	0.212	39.2	36.5	1800	3.6	在建中	双曲拱坝
黄河口	中国陕西	岚 河	100	311	6	27.2	0.272	29.4	22.9	14700	7.2	在建中	双曲拱坝

(吴蒙高供稿)