

海堤设计波浪计算有关问题探讨

张从联 赵吉国 江洧

(广东省水利水电科学研究院, 广东广州 510610)

摘 要: 针对《广东省海堤工程导则(试行)》中有关波浪计算的问题进行了分析探讨, 对其中推荐的方法的优越性作了分析, 同时指出了应用时需要注意的问题。

关键词: 波浪要素; 波浪爬高; 越浪量; 计算; 海堤; 广东省

中图分类号: TV139.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-1305(2005)03-0040-03

1 前言

广东省是我国海岸线最长的省份, 海岸线总长 3368km, 占全国海岸线总长的 1/5, 同时广东省也是我国台风登陆最多的省份(广东平均每年登陆台风个数约有 3.54 个, 约占全国的 37%)。广东省现有海堤 1020 条, 总长 4032km, 捍卫人口 400.04 万, 在抗御台风风暴潮的灾害中发挥了巨大作用。由于大部分海堤建设年代较早, 工程设施老化, 实际抗御台风风暴潮的能力与相应保护区内的经济发展不相协调。改革开放以来, 广东省经济发展迅速, 特别是珠江三角洲和部分沿海地区受洪潮灾害的高风险区经济发展更是迅猛, 同样的台风风暴潮造成的经济损失正逐年加大。为了进一步完善和提高广东沿海地区抗御台风风暴潮的能力, 保证沿海地区的经济发展和人民财产安全, 广东省政府提出了“城乡防灾减灾工程”, 其中包括用 5~8 年时间完成江海堤围的达标加固建设。为了配合和响应广东省大规模的海堤建设, 广东水科院编制了海堤设计的地方标准《广东省海堤工程设计导则(试行)》(DB44/T182-2004)(以下简称《导则》), 在过去的实际工作和本次编制《导则》的过程中, 对海堤设计中波浪要素计算有了一定的认识, 现就计算堤前波浪要素、波浪爬高和越浪量的一些问题探讨如下。

2 波浪要素计算

波浪要素是海堤设计的最重要参数之一, 是决定海堤结构型式和堤身尺寸的基本条件, 其计算和选用是否准确、合理, 不仅直接关系到海堤工程设计工作的质量和水平, 而且极大的影响着海堤工程的建设投资, 因此是海堤设计和工程建设的前提。

以往在广东省海堤工程的设计中, 几乎全部都是用风速资料来推算近岸波浪要素, 其推算结果与实际海浪特征是否吻合, 缺乏系统的分析对比和实际资料验证。此外, 计算时也往往不考虑近岸波浪的变形破碎等问题, 使得计算过程不完善。

《导则》对于开敞式海岸和海湾河口区的波浪要素计算, 分别给出了不同的计算方法, 经以往的研究和试验证明, 这些方法针对性较强, 可靠程度较高。

在计算堤前波浪要素时, 其位置应取在堤脚前约 1/2 波长处。在海底坡度较缓的情况下, 此处计算的波浪要素较接近实际情况。

3 波浪爬高计算

波浪爬高计算尤其是风浪爬高计算是确定海堤堤顶高程的主要影响因素, 直接影响到工程的安全和投资, 因此, 人们对爬高问题比较关心, 其相应的研究成果资料也较多, 但由于影响波浪爬高的因素较多(主要有海堤断面结构型式、堤前水深、坡面糙渗系数、临海侧斜坡坡度、堤前波浪要素、堤前坡度等), 波浪爬高的随机性较大, 且目前爬高公式主要是基于室内试验的成果, 因此, 目前有关的计算方法仍然是经验或半经验性的。

目前计算爬高方法中较为常见的有《堤防工程设计规范》(GB50286-98)中推荐的公式、《海港水文规范》(JTJ213-98)中推荐的公式、莆田公式、北京水科院水调所推荐的公式、原苏联公式、钟可夫斯基公式、史蒂文生计算公式、Hunf 公式等。

作者简介: 张从联(1973—), 女, 河北无极人, 工程师。

3.1 广东省海堤设计中采用的方法

在《导则》颁布以前,广东省水利厅对海堤设计时计算波浪爬高应用的公式没有做硬性规定,但省内应用较多的是《堤防工程设计规范》(GB50286-98)中推荐公式、莆田公式、水利调度研究所建议公式、钟可夫斯基公式等。这些公式的应用为广东省海堤建设做出了很大的成绩。但应用多年以来也存在有一定的缺陷。主要表现为:

(1) 实用性不是很强。这些公式主要是基于规则波基础上进行试验统计而得到的公式,对于不规则爬高来讲其实用性不强,且计算结果存在着一定的差异。

(2) 计算结果差异较大时,较难判断采用何种计算公式较为准确。因为水利厅对爬高公式没有进行统一规定,设计时很难判断应用何种计算公式计算结果更为合理,一般采用应用几种计算公式进行计算,然后取较大值作为最终爬高值的做法,当计算结果差异较大时,难免会带来经济上浪费等问题。

(3) 技术审查有一定难度。由于上两条原因,尤其是第二条原因的存在,会给工程项目的审批带来一定的难度。

3.2 《导则》推荐的方法及其优越性

针对广东省以往海堤设计波浪爬高计算的具体特点,《导则》在编制时把国内外应用相对成熟的公式进行了对比计算,并把计算结果和模型试验成果进行了对比分析。《导则》规定,在计算时以利用不规则波浪要素作为计算输入波浪要素,并提出针对不同的计算要求应采用不同波高累积频率来进行计算。《导则》中对单坡、带平台的复式坡、带防浪墙的单坡、采用工程措施护面的海堤、堤前种植有防浪林、堤前有压载或设置潜堤等不同情况下的波浪爬高计算均给出了计算公式。《导则》推荐爬高公式的原则为:

(1) 可靠程度较高。相对而言,《导则》推荐的公式主要以目前国内外应用的较多且经过了工程检验的公式,可靠程度相对比较较高。

(2) 应用性、针对性较强。《导则》推荐的爬高公式主要是基于广东省海堤建设的实际特点而给出的。例如广东省沿海很多地方堤前值有防浪林,且部分堤前有潜堤等,因此,针对广东省沿海实际情况,《导则》分别给出了适用公式。

当然,由于广东省海堤建设经历了很长的历史,很多海堤是在原有的基础上加固而成的,这就形成了广东省部分海堤断面非常复杂的特点,对于这种情况,目前还没有较为合理的计算方法,如果

是级别较高的海堤,《导则》建议应通过物理模型试验来确定其爬高值。

4 越浪量计算

4.1 以允许越浪设计海堤的优越性

海堤建设的主要目的就是要抵御台风大浪的袭击,保护堤后的财产安全。一般要求其强度和稳定性达到设计要求,在大浪袭击时海堤不受损坏,同时要求海堤堤顶高程达到一定的标准及高度,防止越浪水量引起的淹没。

广东省在多年的海堤建设中积累了丰富经验,选择海堤结构型式时形成了明显的地方特色,但主要集中在单坡式、带有平台的复坡式、陡墙式等几种型式。在《导则》颁布以前,广东省在进行海堤设计确定堤顶高程时,一般按不越浪进行设计,即主要是以波浪爬高来确定堤顶高程,海堤往往会建的较高,造成工程投资大,经济条件难以满足。如果在堤前水深较大,坡度较陡的情况下,一般按波浪爬高确定的堤顶高程往往难以实现,这就为海堤的设计和施工带来了一定的问题。从另一个方面考虑,广东省海堤大部分建筑在软土地基之上,广东的软基厚度一般为20~30m,局部大于60m,其力学性能一般较差,含水量一般为60%~80%,局部可高达100%以上,属于高含水量、高压缩性、低强度、低渗透性软土,以不越浪进行堤顶高程设计,在软土地基上往往难以达到高度,而且其沉降量一般较大,从而造成投资的增大。因此,结合广东省海堤建设的特点和国内外建设海堤的经验和最新理念,在进行《导则》编制时,提出了广东省海堤建设以允许越浪来控制堤顶高程的方法。

4.2 越浪量计算

4.2.1 影响越浪量的因素

影响越浪量的因素非常多,主要有海堤断面的结构型式、堤顶高程、堤前水深、堤前波浪要素、堤前地形、临海侧边坡坡度、风速、风向与海堤轴线的夹角以及堤的透水性等。

(1) 海堤断面结构型式的影响。国内外已有的研究成果和室内试验表明,海堤断面型式的较小差异也会带来越浪量较大的变化。因此,一般情况下,对于断面型式较为复杂的海堤(特别是带有防浪墙的海堤),建议通过物理模型试验来确定其越浪量,以作为设计的依据。

(2) 堤顶高程的影响。一般来讲,堤顶高程越低,越浪量越大,随着堤顶高程的升高,越浪量会逐渐减少。

(3) 临海侧边坡坡度影响。经试验研究和比较分析,常见的斜坡式海堤,越浪量一般比直立式或陡墙式要大。而且斜坡式海堤临海侧边坡越缓,一般其越浪量也越大。

(4) 风的影响。向岸风将影响越浪量的大小。其影响包括:形成风增水、增加爬高以及将浪花吹向堤内。迄今为止这方面的研究成果还较少。

在物理模型试验中,把风加入到模型试验中的相似率等问题很难解决,所以目前通用的方法还是在模型试验中未考虑风的影响。一般来说,越浪量较小时风引起的越浪量增加值显著,当越浪量较大时,风的作用相对降低。

(5) 其它因素。波浪的波长越大,越浪量越大,当堤前水深较小时,其影响尤为显著。在堤前种植防风林、设置压载、潜堤或消浪块体等,可使越浪量减少。

4.2.2 计算方法

越浪量通常以每延米海堤的每个波浪越过堤顶的水量 Q (m^3/m) 来表示,也可用单位时间的平均越浪量 q ($m^3/s \cdot m$) 表示。对越浪量的研究国内外已经有很多研究成果,其主要是基于室内物理模型试验的成果,但由于影响越浪量的因素很多,且试验的条件、试验范围等因素的不同,试验成果之间差别比较大,为研究成果的推广带来一定的难度。但综合比较之下,目前取得共识的成果主要有以下几种。

(1) 合田良实法。

合田通过对直立式海堤的规则波试验,得出了计算越浪量的图表,其相应关系式为:

$$q/\sqrt{2gH_0^3} \propto (H_0/L_0, h/H_0, h_c/H_0) \quad \dots\dots ①$$

式中: q 为平均越浪量; H_0 为有效波高的等效深水波高; h 为塘身高度; L_0 为深水波长。

图表的适用条件:海堤堤前坡度 $i=1/10$ 或 $i=1/30$ 。 $H_0/L_0=0.012$ 、 0.017 、或 0.036 。

(2) SPM 法。

计算越浪量的 SPM 公式为:

$$Q = [gQ^*(H'_0)^3]^{1/2} \exp\left[\frac{-0.1085}{a} \ln\left(\frac{R+h-d_s}{R-h+d_s}\right)\right] \quad \dots\dots ②$$

式中: Q 为越浪量; Q^* 与 a 为与波陡及相对水深有关的参数; R 为波浪爬高; h 为堤身高度; d_s 为堤前水深。

(3) 《导则》推荐方法,即《浙江省海塘工程技术规定》推荐方法。

推荐的越浪量公式适用于 1:2 坡度和 1:0.4 陡坡(均带防浪墙)上的越浪水体计算,计算公式为:

$$\frac{q}{Tg\bar{H}} = A \exp\left[-\frac{B}{K_\Delta} \frac{H_c}{T\sqrt{g\bar{H}}}\right] \quad \dots\dots ③$$

式中: q 为单位时间单宽海堤上的越浪水量; H_c 为防浪墙顶至静止水位(设计高潮位)的高度; \bar{H} 为堤前平均波高; T 为波周期; g 为重力加速度; \bar{H}/L 为堤前波陡; K_Δ 为糙渗系数。

考虑到广东省海堤堤前坡度一般较缓,公式①~②适用于堤前坡度为 1/10 或 1/30 的情况,和广东省的实际情况有些差异,因此,《导则》推荐了应用在浙江省的计算公式。

4.3 允许越浪量标准

根据日本及荷兰的研究,在设计新堤时,设计越浪量的大小可参考表 1。

表 1 允许越浪量

情况	海堤型式和构造	允许越浪量 ($m^3/s \cdot m$)
有后坡	堤顶及堤后坡无保护 (如黏土、夯实土料,铺草地面)	$<5 \times 10^{-3}$
	堤顶有保护,后坡无保护	2×10^{-2}
	堤顶、后坡均有保护	5×10^{-2}
无后坡	堤面不铺砌	5×10^{-2}
	堤面有铺砌	2×10^{-1}

结合国内外海堤建设的不同情况以及广东省海堤建设的实际情况,并参考了国内其他省份海堤建设时确定允许越浪量标准的实际经验,《导则》推荐了几种常见护面结构型式海堤的允许越浪量,见表 2。

表 2 几种常见护面结构型式海堤的允许越浪量

海堤型式和构造		允许越浪量 ($m^3/s \cdot m$)
有后坡 (海堤)	堤顶为混凝土或浆砌块石护面,内坡为生长良好的草地	≤ 0.02
	堤顶为混凝土或浆砌块石护面,内坡为垫层完好的干砌块石护面	≤ 0.05
	堤顶有铺砌	≤ 0.09
无后坡(护岸) 滨海城市堤路 结合海堤	堤顶为钢筋混凝土路面,内坡为垫层完好的浆砌块石护面	≤ 0.09

5 结语

通过《导则》的编制,对海堤建设波浪要素计算、爬高计算和越浪量计算均有了一定的认识,介绍了《导则》中推荐计算公式和计算方法的优越性,可供设计部分计算时参考。

参考文献

- [1] DB44/T182-2004,广东省海堤工程设计导则(试行)[s].北京:中国水利水电出版社,2004.
- [2] 浙江省水利厅.浙江省海塘工程技术规定.1999.
- [3] 李玉成,藤斌.波浪对海上建筑物的作用.北京:海洋出版社,2002.
- [4] 向旭.广东省海堤风浪爬高计算的探讨.水利规划.1997(1):45~48.
- [5] 黄世昌,周骥,等.浙江省海塘塘顶高程的确定.海洋工程.2001(4):67~71.