

海塘安全监测与分析的初步实践

张民强,梁国钱,葛双成,施齐欢,许江南,刘超英

(浙江省水利河口研究院,浙江 杭州 310020)

摘要 基于作者参与的实际海塘安全监测与分析,简单介绍其工作思路、主要内容与方法,包括海塘安全状况调查、沉降观测资料分析、钻探取土及室内土工试验、原位测试、物理探测、剩余沉降计算、防潮能力复核、堤身稳定复核等,进而阐述影响海塘安全的因素以及计算分析与综合评价结果。

关键词 海塘 探测 安全检测 安全复核 安全评价

中图分类号 P753

文献标识码 B

文章编号 1006-7647(2009)S1-0077-04

东部沿海是我国社会经济最发达的地区,然而由于其特殊的地理和气候特点,沿海城市屡遭台风肆虐,特别是狂风、暴雨及天文高潮“三碰头”袭击时,可能导致一些海塘漫顶过水以致毁损,严重威胁到人民的生命和财产安全。标准海塘的建设则为东部沿海城市构成了一道重要保护屏障。以浙江沿海为例,至 2002 年底已建成新标准海塘 1 400 余 km,先后经受了“桑美”、“杰拉华”、“云娜”、“麦莎”、“泰利”等强台风的严峻考验,有力地保障了沿海地区的社会经济可持续发展能力^[1-2]。

但是,海塘工程大多建在含水量高、压缩性大、固结周期较长的软土地基上,海塘建成后固结仍在继续、沉降仍在发生,导致堤顶高程达不到原设计标准、防浪墙及水闸边墩和翼墙开裂、局部砌石护坡底部及涵闸等建筑物与堤身结合部出现脱空,局部出现渗漏,给海塘防洪安全带来了隐患^[3-6]。因此,通过海塘运行状况调查、沉降分析、地质勘探与物理探测,以及稳定分析和防潮能力复核等工作,分析海塘安全状况与防御能力是海塘安全运行管理必不可少的一项重要工作。

本文根据浙东标准海塘的工作体会,阐述海塘安全监测与分析的主要技术工作。

1 海塘安全监测与分析的主要内容

标准海塘安全监测与分析工作的基本思路是在初步了解典型海塘安全状况与隐患特点的基础上,选择典型堤段进行地质勘探和物理探测,并结合实

测资料分析和理论计算,对典型海塘的现状防潮能力、整体稳定性作出评价,对今后的沉降趋势作出预测^[2,7-18]。

1.1 海塘安全状况调查

通过现状外观调查,掌握海塘存在的开裂、脱空、坍塌、渗漏、冲刷、侵蚀等详细情况。①塘顶护面结构有无破损、异常变形、积水或植物滋生现象等。②防浪墙结构是否完好,有无开裂、挤碎、架空、错断、倾斜等情况。③迎水坡护面或护坡有无裂缝、剥落、滑动、隆起、塌坑、冲刷,有无植物滋生现象,有无蚁穴、兽洞等隐患,砌体有无松动、缺失、塌陷等;④背水坡护面或护坡有无裂缝、剥落、滑动、隆起、塌坑、雨淋沟、散浸、冒水、渗水坑或流土、管涌等现象,砌体有无松动、缺失、塌陷等,草皮护坡植被是否完好,有无蚁穴、兽洞等隐患。⑤镇压层结构是否完整、有无明显沉陷和冲损,大方脚等结构是否完好、基础有无淘刷下沉。

1.2 沉降观测资料分析

利用沉降观测资料的反分析,并结合室内土工试验成果调整有关土工参数,进行固结与沉降的理论计算,推算典型海塘的今后沉降量及不均匀沉降的分布情况,同时进一步利用沉降观测资料的正分析验证其结果,为今后海塘的管理及隐患预防与处理创造条件。

1.3 钻探取土及室内土工试验

为了了解地基土固结情况,在典型堤段断面上钻探取土并进行室内土工试验,着重地基土的力学

性质评价,计算地基土的固结程度,复验今后沉降与海塘的稳定性。

钻探取土的一般原则是:分别在堤顶与迎水侧平台(或背水坡)钻探取样。

室内土工试验项目主要包括:密度、含水量、相对密度、颗分、压缩、渗透、直剪、三轴试验等。

1.4 原位测试

为了了解地基强度的增长情况,在典型堤段断面的迎水侧平台(镇压层)或背水侧进行十字板剪切试验和双桥静力触探试验。

1.5 物理探测

结合海塘工程可能出现的裂缝、洞穴、渗漏通道、软弱夹层、脱空等隐患,采用探地雷达法、瑞雷波法、地震映像法对海塘堤身和地基隐患进行综合探测^[12,19-21]。

探地雷达法主要用于探测洞穴、松散软弱体(层)、砂层、护坡或闸室底板脱空以及其他与堤身建筑材料有明显电性差异并具有一定规模的异常体等。瑞雷波法主要用于探测松散软弱体(层)、洞穴、护坡或闸室底板脱空等,并可结合钻孔取样试验及原位测试分析评价土体的质量。地震映像法主要用于探测松散软弱体(层)、洞穴、高含砂层护坡或闸室底板脱空等。

1.6 安全分析评价

针对海塘存在的隐患情况,利用土工试验资料及观测资料分析成果进行堤身的稳定性分析,进一步验证堤身的安全程度。根据堤顶与防浪墙目前的高程,并结合预测的今后沉降,验证海塘的防洪标准。根据风浪要素及冲刷情况,验证海塘的防冲能力。根据堤身或闭气土方的有关情况,验证海塘的抗渗能力。存在涵闸等穿堤建筑物的尚需进行其结构、稳定等方面的验算。

2 影响海塘安全的因素分析

通过现场调查、沉降观测、钻探测试、物理探测及其综合分析,可以归纳总结影响海塘安全的主要因素^[2,7-18]。

2.1 沉降量偏大

从调查情况来看,部分海塘存在沉降量偏大导致塘顶高程不足的情况,根据调查和现场检测资料分析,主要原因如下:①地基未处理,地基土力学指标差。绝大部分海塘在原有老海塘的基础上进行加固,而老海塘本身已运行有一定的时间,塘基均未进行处理,新建海塘也未进行地基处理,尽管建成已有一定时间,但地基土的固结情况并不理想。从现场检测情况来看,地基土的含水量一般在 50% 左右,

孔隙比在 1.0 ~ 1.5 之间,大多属淤泥质土,仍有较大的压缩空间,从而导致运行期会有一定的沉降量发生。②堤身填料复杂,密实度低。在海塘建设过程中,堤身填料一般就近取用,特别是抢险堵口时的土质较差、较杂,无法采用大型施工机械进行碾压,因此堤身填料的物理力学性质一般较差,甚至存在松散软弱层。从典型海塘的探测情况来看,堤身填料不均匀的现象比较明显,局部存在木头、杂草等腐殖物,内坡存在凹凸现象的区域也较多。这些都对堤身的沉降和不均匀沉降有较大影响。③合龙段或水毁段情况。从调查情况来看,海塘最大沉降量的区段基本上都在合龙段、台灾损毁段或前期施工损毁修复段,这些区段或者在施工期就未加载至设计顶高程,或者在施工完成后发生较大的沉降量,这主要与这些区段的特点有关,在这些区段地基土本身的性质就较差,被扰动后地基土力学指标明显降低,完成相同固结度所需的时间更长,出现无法加载至原设计要求的荷载。勉强加载后又由于工后沉降量较大,固结时间长,导致工后沉降量明显较同类区段大。从现场勘探和检测情况来看,合龙段的塘身填料杂、地基土强度低。④塘顶荷载。局部堤段由于管理控制不到位,超过原设计荷载的大吨位汽车上塘顶通行,或者在塘顶、塘身周边进行大面积堆载,增加了塘身的外部荷载量,而软土地基本身对外部荷载的作用比较敏感,可能直接导致塘身的滑动破坏,严重影响塘身的安全,即使在塘身安全的情况下也将导致沉降量明显增大,特别是对不均匀沉降的影响会更明显。经查阅部分海塘的设计报告和建设过程资料,结果表明,早期建成的标准海塘多数存在设计方面先天不足,限于当时条件,设计时地质资料偏少,对海塘工后沉降估计不足,塘顶预留沉降量偏小,导致目前海塘塘顶高程不满足原设计要求。

2.2 塘闸结合部位受损严重

大部分塘闸结合部位变形差异较大,受损也较严重,从现场检查情况分析认为:①地基处理方式的不同是塘闸结合部受损严重的主要原因。水闸地基一般进行桩基处理,工后沉降量较小,而大部分塘身没有进行专门的地基处理,塘闸之间没有设置必要的过渡带,塘闸结合部出现一个突变现象,导致这些部位存在较大的沉降差,从而出现开裂现象。②水闸偏移导致结合部受损。部分海塘由于地基处理方式不当,或者频繁的纳排潮导致上下游侧冲刷严重,使得水闸与塘身间产生较大的偏位。③渗漏导致附近塘身结构受损。结合部受损导致渗漏通道的产生,而带走塘身填料,经一段时间运行后,会产生塘顶道路开裂等情况。

2.3 渗漏问题

根据现场检查情况分析,产生渗漏隐患的主要原因包括:①塘身填料不均匀。在海塘建设过程中,塘身填料一般就近取用,各地填料有较大的差异,且填料的均匀性较差。从典型海塘勘探来看,塘身填料不均匀的现象比较明显,局部存在夹碎石、块石等情况,这些不均匀区在某种条件下可能成为渗流通道。②闭气土方高程不足。由于塘身沉降造成部分海塘闭气土方高程不足,使得高潮位时海塘背水面出现渗漏现象。这类问题在海塘沉降较大的堤段易出现。③除了上述塘闸结合部位可能渗漏外,个别海塘在两端靠近山坡部位也存在渗漏问题,主要是由于原地基表面有砂卵石层未作处理所致。

2.4 塘身结构开裂

从调查情况来看,塘身结构开裂主要发生在新建堤塘、台毁较严重地段、施工期滑坡修复地段、合龙段、与建筑物交接段及转弯段。其主要表现为:①塘顶开裂。海塘塘顶损坏主要表现为防浪墙开裂,伸缩缝张开、错位,塘顶混凝土路面开裂,混凝土路面与防浪墙脱开等几种形式。这些部位的开裂不仅影响外观形象,会导致潮水和雨水入侵塘身,破坏闭气土方,同时也降低了抵御风浪的能力,影响塘身安全。②背水坡开裂。背水面破坏主要表现为开裂、翘起和塌陷,背水面的破坏可能导致塘身土的流失,也会降低后坡的防冲能力,降低海塘的防潮能力。

2.5 堤脚侵蚀与冲刷

从现场调查情况分析,堤脚侵蚀与冲刷主要表现为:①水闸频繁纳排潮导致塘脚冲刷严重。由于内塘养殖的需要,频繁地纳潮排水,使河边护塘地被侵蚀,土方被带走,造成背水坡护塘地高程与宽度的不足,直接威胁海塘的稳定。②镇压层及消浪设施冲刷、损坏严重。部分风浪较大、水流较急区域的海塘,外海侧镇压层冲刷严重,塘前消浪设施损坏。现场可见一些块石被冲上护坡而影响塘身的稳定,一些消浪混凝土块破损严重而影响消浪效果。

3 计算分析与评价

3.1 剩余沉降计算成果

剩余沉降是指从本次计算时间起至地基固结完成时的塘顶(或防浪墙顶)的沉降^[22-23]。由于检测的典型海塘沉降观测资料较少,无法利用实测资料来进行剩余沉降量的推求,笔者分析中根据太沙基单向固结理论对剩余沉降量进行计算。

由于理论计算时采用的加载过程与实际加载过程存在一定差异,且计算时所采用的地基土指标(主要是固结系数与 $e-p$ 曲线)与开始加载时的原始指

标也存在一些差异,而原始地质指标已无法取得,因此剩余沉降量的理论计算成果在精度上受到影响,但仍可以反映海塘沉降的基本规律。

从剩余沉降计算结果看,如果地基软土层较深厚,且未进行地基处理,地基的固结时间较长,导致剩余沉降较大,计算表明近几年的年沉降量在 1 cm 以上。如果地基软土层较薄,且上层软土层已被置换,则剩余沉降较小。

另外,海塘沉降除了固结、次固结以及侧向挤淤影响外,还受到其他因素的影响,如在运行过程中受雨水及大风浪(特别越浪的情况下)的冲刷,可能会造成塘身填土的流失,从而导致海塘塘顶沉降量增大。海塘上存在的人为因素(如行车、堆载等)也可能造成海塘沉降量增大。因此,在海塘运行过程中仍应重视海塘的沉降观测工作。

3.2 防潮能力复核成果

从防潮能力复核^[24]情况来看,一些沉降较大的海塘的防潮能力已不能满足原设计要求的 50 年一遇标准,甚至其实际防潮能力已略低于 20 年一遇标准。从沉降情况看,如果地基软土层较深厚,沉降并未稳定,防潮能力还将进一步降低。故即使目前基本能满足 50 年一遇的海塘,也将出现防潮能力不能满足原设计要求的可能。而沉降较小的海塘,现状防潮能力能满足原设计要求。

笔者综合分析后认为,对 50 年一遇的浙东海塘其防潮安全性可分 2 种情况评价:①对设计不允许越浪的海塘,当塘顶高程降低量在 50 cm 之内时,运行条件可调整为允许部分越浪,但需采取措施来加强塘身的抗越浪能力。当塘顶高程降低量在 50 ~ 75 cm 时,若堤顶高程满足允许部分越浪要求,可按允许越浪运行;若达不到允许越浪要求,则需采取必要的加固措施。当塘顶高程降低量大于 75 cm 时,可认为现有海塘已达不到 50 年一遇的防潮标准,必须采取加固措施才能达到原有的防潮标准。②对设计允许部分越浪、塘顶高程按波浪爬高计算确定的海塘,当塘顶高程降低在 40 cm 之内时,可不降低防潮标准,但需采取措施加强塘身的抗冲刷能力。设计塘顶高程结合越浪水量计算时,若现状顶高程已低于设计值,则必须采取相应的加固措施。

海塘沉降后是否可不降低防潮标准运行,还需复核塘顶高程(不计防浪墙)是否满足高出设计高潮位 0.5 倍 1/100 大波波高的要求。

3.3 堤身稳定复核成果

根据现场勘探成果对典型海塘整体稳定性进行分析^[3-6],计算工况考虑如下:①内坡稳定计算;外海侧取设计高潮位,内侧取涂面高程或内河平均水位。

②外坡稳定计算 内侧取内河高水位或涂面高程,外海侧水位从设计潮位降至涂面高程。③地质资料优先采用现场十字板试验成果,如无现场试验资料则采用室内试验成果。④整体稳定采用瑞典圆弧滑动法进行计算。

计算结果表明个别海塘断面外坡抗滑稳定安全系数略小于规范要求值(1.20)。

4 结 语

海塘安全监测与分析的根本目的是综合评价海塘运行状况与安全状况,总结并分析存在的问题,为工程处理和运行管理提供技术支持。从已有的初步实践来看,通过海塘安全状况调查、沉降观测资料分析、钻探取土及室内土工试验、原位测试、物理探测、剩余沉降计算、防潮能力复核、堤身稳定复核等一整套调查、探测和计算分析工作,可以达到预期目标。

从浙东标准海塘的监测与分析来看,海塘总体安全状况较好,经受住了近几年多次强台风的考验,已发挥出巨大的社会效益与经济效益,但部分海塘工程也存在防浪墙顶与塘顶高程不足、水闸及附近堤身受损、塘身渗漏、塘身结构开裂与错位、塘脚侵蚀与冲刷、建设中遗留的缺陷等安全隐患。通过对典型海塘堤身稳定的分析、防潮能力复核与剩余沉降计算,结果表明,绝大多数海塘塘身稳定,部分海塘防潮能力达不到原设计要求。深厚软基且未作处理的海塘沉降尚未稳定,今后仍有较大的剩余沉降量。经过防潮能力的初步分析,笔者认为:对设计允许部分越浪、塘顶高程按波浪爬高计算确定的50年一遇标准海塘,当塘顶高程降低在40 cm之内时仍可不降低防潮标准运行;而对原设计为不允许越浪的50年一遇标准海塘,塘顶高程降低在50 cm之内时可调整为允许部分越浪,而不降低防潮标准。其他情况需通过具体分析确定是否能达到原设计防潮标准。塘顶高程降低而又不降低防潮标准的都必须采取措施加强塘身抗越浪能力。

参考文献:

[1] 闫彦,蒋剑勇.浙江省千里标准海塘防台减灾效益分析[J].浙江水利水电专科学校学报,2007,19(3):5-9.
[2] 李寿星,沈水土.浙江省海塘管理现状及对策研究[J].浙江水利科技,2003,增总(5):43-45.
[3] 沈水土,董福平.浙江标准海堤修建技术探索与实践[J].中国农村水利水电,2007(10):76-79.
[4] 鲁朝晖,翁东波.在软土地基上建设标准海塘的技术探讨[J].浙江水利科技,2002(4):34-35.
[5] 沈述文.海堤设计几个技术问题的探讨[J].上海水利,1997(1):5-7.

[6] 郭子嵩.海堤的设计和施工问题[J].人民珠江,1991(2):32-38.
[7] 张江风,黄铭.海塘安全监测广义回归神经网络模型研究[J].建筑技术开发,2006,33(5):157-159.
[8] 张荣雨,黄铭,吴德娟.海塘安全监测综合评判实施方法研究[J].人民长江,2008,39(2):46-49.
[9] 王金桃,王浣尘.海塘工程安全分析与防台抗潮决策支持技术[J].灾害学,1994,9(3):53-57.
[10] 施齐欢,许江南.浙东海塘安全状况调查分析及对策措施[J].中国科技信息,2008(1):22-24.
[11] 颜学军,孙昌友.东浦新塘运行状况调查与分析[J].小水电,2008(4):81-82.
[12] 葛双成,张莎,梁国钱,等.海塘工程安全检测技术及应用实例[J].水利水电科技进展,2007,27(1):64-67,70.
[13] 梁民阳,吴兴龙.浙东海塘上水闸病害成因分析及对策[J].中国农村水利水电,2006(7):107-108.
[14] 宋晓钢,阮冠华,任火良,等.标准海塘的白蚁综合治理[J].白蚁防治,2006(2):8-12.
[15] 刘建立,仲德林.海堤淘空监测的重要性及其监测方法[J].海岸工程,2005,24(3):26-29.
[16] 李斌,柯顺土.海塘渗漏成因分析及处理措施[J].浙江水利水电专科学校学报,2001,13(3):15-16.
[17] 许明显.浙东某海塘滑坡成因分析[J].浙江水利水电专科学校学报,2002,14(4):33-35.
[18] 李群.对椒江外沙海塘的防渗处理[J].中国水利,2006(18):41-42.
[19] 葛双成,李强,孙从炎,等.浙东某海塘工程隐患探测实例及分析[J].工程勘察,2008(2):72-75.
[20] 葛双成,沈水土,孙从炎,等.海塘工程隐患探测技术应用实例简述[J].浙江水利科技,2008(5):33-34,43.
[21] 葛双成,颜学军,张民强,等.温岭市东浦新塘雷达探测与分析[J].浙江水利科技,2005(6):18-19.
[22] 张长生,刘国楠,王辉煌.剩余沉降及卸载时间的推算研究[J].岩石力学与工程学报,2006,26(6):3495-3500.
[23] 张长生,张伯友,刘国楠,等.应用沉降速率推算剩余沉降及卸载时间[J].地球科学与环境学报,2005,27(4):28-32.
[24] 李长舟,赵国丰.唐山市沿海防潮能力分析对策[J].海河水利,1995(5):46-47.

(收稿日期:2009-04-14 编辑:高建群)

