

东部黄海海堤浪损问题的分析和防治

钱嘉慧

启东市水务局堤闸管理所

DOI:10.12238/hwr.v9i8.6517

[摘要] 启东东部黄海海堤,南起圆陀角,北至高新区段,全长约22.96公里。本段海堤有穿堤水闸5座,兼通航闸1座,提水泵站1座。2007年按50年一遇标准设计和建设,2017年黄海滩涂公司段、寅兴垦区段、高新区段海堤实施注浆加固,和外坡安装扭工块消浪,但是,堤顶和内坡防护仍不到位,导致内坡坍塌问题仍未解决。2020年按照防御100年一遇标准,黄海高潮位加11级风浪,堤防2级进行加固,2022年达标加固结束。通过近3年来的工程运行,整体工程状况有所改善,但是,外侧一二级堤坡仍有浪损坍塌的情况存在,影响海堤的安全运行。针对浪损问题,我们利用潮水涨落间隙的时机,现场取证比对,正确掌握第一手资料,现把该段海堤浪损问题和大家进行探讨和交流。

[关键词] 堤防巡查; 浪损开裂; 渗水透水; 沙土流失; 堤坡坍塌; 应对措施

中图分类号: TV871 **文献标识码:** A

Analysis and Prevention of Wave Damage in the Eastern Yellow Sea Seawall

Jiahui Qian

Qidong Water Bureau Dizha Management Office

[Abstract] The eastern seawall of Qidong starts from Hengda in the south and ends at the High tech Zone in the north, with a total length of about 22.96 kilometers. On this section of the seawall, there are a total of 5 diversion and drainage gates, 1 navigation gate for entering the sea, and 1 pumping station. In 2007, it was designed and constructed according to the standard of 50 year return period. In 2017, the dikes of the Yellow Sea mudflat company section, Yinxing reclamation area section, and the high tech zone seawalls were grouted and reinforced, and the outer slope torsion blocks were used to dissipate waves. However, the problem of inadequate protection of the embankment top and inner slope, as well as the collapse of the inner slope caused by rain gutters, has not yet been resolved. In 2020, the seawall was reinforced according to the standard of defending against a 100 year return period. The Yellow Sea high tide level was increased by 11 levels of wind and waves, and the seawall was reinforced as a level 2 embankment. The reinforcement to meet the standard will be completed in 2022. After nearly three years of engineering operation, the overall condition of the project is good. However, there are still cases of wave damage and collapse of the outer first and second level embankment slopes, which affect the safe operation of the eastern seawall. In response to this issue, I took advantage of the inspection and emergency project review to carefully verify and compare evidence on site. Now, I am discussing and exchanging ideas with everyone about the issue of seawall wave damage.

[Key words] embankment inspection; Wave damage and cracking; Permeable water; Sand erosion; Embankment slope collapse; Countermeasures

引言

堤防安全运行,是水利工程设施服务社会经济发展,保障人民生命财产安全的基本要求。因此需要利用日常巡查、定期检查、特殊检查等形式,及时发现堤坡浪损隐患,控制堤坡坍塌扩大,及时修复堤损。堤坡浪损产生的机理,主要是通过流体力学的原理,分析堤坡浪损产生的原因;通过日常巡查和观察,发现

堤坡浪损产生的原因,以及堤坡坍塌各个环节的内在联系;通过参与堤防、涵闸水利工程建设活动,学习水利工程建设知识,理论联系实际研究课题,防范隐患发生。

1 启东的自然环境概况

启东市地处万里长江入海口北侧,三面环水,形似半岛,集黄水道、黄金海岸、黄金大通道于一身,是出江入海的重要门户,

与上海隔江相望,陆地面积 1233.85km²,下辖12个镇、以及2个省级经济开发区、2个街道办事处,被誉为“江海明珠”。启东是中国著名的“海洋经济之乡”。拥有203km江海岸线,60多万亩滩涂。吕四渔场是中国四大渔场之一,吕四渔港是中国六大中心渔港之一,每年海产品捕捞量占江苏省的1/3。南通市海岸线从海安东台交界的老坝港途经海安、如东、通州、启东市连兴港港道中线外侧海堤止,海堤长度为212.767km。其中,海门界至启东的东南圆陀,一线挡潮海堤长度为97.03km。根据海洋功能区划报告,南通市海岸分为两种类型:一是潮流侵蚀型海岸,范围为海门东灶港以东至启东蒿枝港,长约30km;二是风暴潮影响型海岸,范围为海安、东台界至海门东灶港,以及启东蒿枝港至东南圆陀角。本次工程险滩频发所在地位于圆陀角至高新区段海堤,属于风暴潮影响区^[1]。

2 水文气象分析^[2]

启东属亚热带湿润季风气候区,受海洋调节及季风环流的影响,具有四季分明,降水充沛、时空分配不均的特点。本区多年平均降水量为 1087.4mm,多年平均气温15℃,极端最高气温38.2℃(1978.7.9),极端最低气温-10.8℃(1969.2.6)。最高月平均气温为27.4℃,最低月平均气温为2.7℃;年平均高于35℃的日数为5天,最多日数为18天(1964年);年均日照时间为2100~2200小时。霜期一般为11月至次年3月,雪期一般在12月至次年3月;年平均无霜期222天。多年平均雾日天数为30.9天;春夏多东南风,冬季多东北风和西北风;本区属亚热带季风气候区,温暖湿润,四季分明,雨水充沛,梅雨、台风等地区性气候明显。多年平均气温15.1℃,根据多年实测资料,本地区冬季盛行西北风,夏季盛行东南风,春秋两季多NNE向和偏西南向风。根据1949~2005年台风资料分析,台风多发生在5~11月份,平均年台风数为2.2个,最多达7个(1989年)。此外夏季7~8月间有局部小气候范围内的雹线活动存在,能形成短时间龙卷风等灾害性天气。

洪水^[2],本地区的洪涝灾害特征主要表现为台风、暴雨、天文大潮或长江上游大流量洪峰过境这四个要素或四个要素的多重组合。一般情况下台风、暴雨、天文大潮的多发季节在5~10月份,期间还有梅雨的影响。如果以上四个要素中有两个、三个或四个要素共同作用,极易引发特大洪涝灾害,给当地人民生命财产带来极大的危害。

波浪^[2],吕四海洋站1975年以前测波方式为目测,1976年以后开始使用岸用测波仪进行波浪观测。吕四海域波浪总的来说比较小,据吕四海洋站统计,无浪天占全年的43%左右,浪向在西北与东南向之间,各方向的年平均波高值为0.48m(不包括无浪天)。

潮汐^[2],启东位于南通市东南角,长江口北侧,是长江、黄海、东海三水交汇点,南通下辖县级市。南通位于黄海岸线,黄海的潮波主要是太平洋潮波经东海传入的半日潮为主的协调潮,每日两涨两落,日不等现象较为明显。太平洋潮波以前进波传入黄海后,由于受地形和地球偏向柯氏力的影响,在黄海形成一个

复杂的潮波形态,即东海前进波和由东海前进波传至山东半岛反射而形成的黄海旋转潮波,两股潮波的波峰线在弶港至小洋口一带外海辐合,潮波辐合区域内由于能量集中,因而使得潮波振幅激增,明显大于其他区域。除个别小区为旋转流外,其余大部为往复流。潮流历时表现为落潮历时长于涨潮历时,这一历时不等反映了潮波前波增陡,后坡趋缓的明显变形,这一不等和差值,随着水深的变浅,摩擦作用增强而变大。涨潮历时短相应单位时间内通过的潮量增大,潮能量相对集中,流速也随之增大。落潮历时长,相应单位时间内通过的潮量减少,流速也随之变小。

3 地形、地质和地震状况分析

启东市地势平坦,无山丘,属沿海冲积平原地区。地形略有起伏,北高南低,由西北渐向东南海滨倾斜。地面平均倾斜度约1/300米,东西倾斜度约1/43500米^[2]。该场地位于倒岸河以南的东部沿海一带,东西宽约8~10公里,占全市总面积的23%左右,属古河口联并的海积平原。地面高程1.81~2.61m^[2]之间(1985国家高程基准)。

地质状况,根据工程区域钻探资料显示,综合归纳地质状况,自上而下分为6个大层,简要描述和分析如下:

第1层:人工堆土,主要为灰黄色重粉质壤土、粉质黏土杂重粉质砂壤土,表层为堤顶路基,局部杂碎石、石块,该层土质不均,层厚0.70~5.00m,平均层厚2.09m,在冲填区处缺失。该层土干重度 $\gamma_d=12.62\sim14.54\text{kN/m}^3$, $c=19.7\text{kPa}$, $\phi=12.2^\circ$,抗冲刷能力一般。第1A层:冲填土,主要为灰色轻粉质砂壤土、粉砂杂壤土,松散状态,主要矿物成分为石英及少量云母等,颗粒级配良好,层厚4.00~15.10m,平均层厚9.83m, $R=100\text{kPa}$,土质均匀性一般,力学强度一般,中压缩性,场地局部地段分布,透水强,抗冲刷能力较差。

第2层:灰色淤泥质粉质黏土、淤泥质重、中粉质壤土,局部夹重粉质砂壤土,层厚0.60~11.10m,平均层厚4.37m, $R=60\text{kPa}$,力学强度低,场地普遍分布。其中淤泥质粉质黏土、淤泥质重、中粉质壤土,多数为流塑状态,少数为软塑状态,无摇振反应,干强度和韧性中等;重粉质砂壤土,很湿,稍密状态,摇振反应迅速,无光泽反应,干强度和韧性低。该层土干重度 $\gamma_d=11.94\sim14.70\text{kN/m}^3$, $c=10.2\text{kPa}$, $\phi=9.3^\circ$,透水稍强,抗冲刷能力差。

第2-1层:灰色轻粉质砂壤土夹重粉质壤土,很湿,中密状态,摇振反应迅速,无光泽反应,干强度和韧性低,层厚0.50~3.20m,平均层厚1.68m,场地部分地段分布, $R=120\text{kPa}$,力学强度一般。该层土干重度 $\gamma_d=13.99\sim14.57\text{kN/m}^3$, $c=8.1\text{kPa}$, $\phi=21.8^\circ$,透水强,抗冲刷能力较差。

第3层:灰色轻、重粉质砂壤土夹中粉质壤土,层厚0.40~9.70m,平均层厚3.00m,局部地段缺失, $R=130\text{kPa}$,力学强度一般。其中重、轻粉质砂壤土,湿~很湿,中密状态,摇振反应迅速,无光泽反应,干强度和韧性低;中粉质壤土,软塑状态,无摇振反应,干强度和韧性中等。该层土干重度 $\gamma_d=14.08\sim15.05\text{kN/m}^3$, $c=6.3\text{kPa}$, $\phi=20.9^\circ$,透水强,抗冲刷能力较差。

第3-1层: 灰色重、轻粉质砂壤土夹中、重粉质壤土, 层厚0.60~7.60m, 平均层厚2.55m, 局部地段缺失, $R=100\text{kPa}$, 力学强度一般。其中重、轻粉质砂壤土, 湿~很湿, 稍密~中密状态, 摇振反应迅速, 无光泽反应, 干强度和韧性低; 中、重粉质壤土, 软塑~流塑状态, 无摇振反应, 干强度和韧性中等。该层土干重度 $\gamma_d=13.45\sim14.53\text{kN/m}^3$, $c=8.9\text{kPa}$, $\phi=15.7^\circ$, 透水强, 抗冲刷能力较差。

第4层: 灰色轻、重粉质砂壤土, 湿, 中密~密实状态, 摇振反应迅速, 无光泽反应, 干强度和韧性低, 层厚1.0~10.20m, 平均层厚4.97m, 少部分孔未勘探到该层, $R=160\text{kPa}$, 力学强度一般。该层土干重度 $\gamma_d=14.59\sim15.68\text{kN/m}^3$, $c=5.9\text{kPa}$, $\phi=25.8^\circ$, 透水强, 抗冲刷能力较差。

第4-1层: 灰色轻、重粉质砂壤土夹中粉质壤土, 局部互层, 层厚0.40~4.70m, 平均层厚1.94m, 局部地段缺失, $R=110\text{kPa}$, 力学强度一般。其中轻、重粉质砂壤土, 很湿, 稍密~中密状态, 摇振反应迅速, 无光泽反应, 干强度和韧性低; 中粉质壤土, 软塑状态, 无摇振反应, 干强度和韧性中等。该层土干重度 $\gamma_d=13.71\sim14.32\text{kN/m}^3$, $c=8.3\text{kPa}$, $\phi=15.6^\circ$, 透水强, 抗冲刷能力较差。

第5层: 灰色轻、重粉质砂壤土夹中粉质壤土, 层厚0.60~8.20m, 平均层厚3.45m, 局部地段缺失, $R=130\text{kPa}$, 力学强度一般。其中轻、重粉质砂壤土, 湿~很湿, 中密状态, 摇振反应迅速, 无光泽反应, 干强度和韧性低; 中粉质壤土, 软塑状态, 无摇振反应, 干强度和韧性中等。该层土干重度 $\gamma_d=14.23\sim15.10\text{kN/m}^3$, $c=5.0\text{kPa}$, $\phi=20.5^\circ$, 透水强, 抗冲刷能力较差。

第6层: 灰色轻、重粉质砂壤土夹壤土, 或与之互夹, 本次勘察未揭穿该层, 最大揭示厚度为8.50m, $R=80\text{kPa}$, 力学强度较低。其中轻、重粉质砂壤土, 很湿, 稍密状态, 摇振反应迅速, 无光泽反应, 干强度和韧性低; 壤土, 软塑状态, 无摇振反应, 干强度和韧性中等。该层土干重度 $\gamma_d=13.57\sim14.11\text{kN/m}^3$, $c=7.1\text{kPa}$, $\phi=14.4^\circ$, 透水强, 抗冲刷能力较差。

综合分析, 工程区域地质状况结论, 透水强, 抗冲刷能力较差。

地震^[2], 启东市地区结晶基底埋深较大, 其岩性较软弱, 具有柔性, 难具备大震活动的岩石条件, 新生代以来, 拗陷作用占主导地位, 表现了大规模的沉降运动, 形成盆地和平原, 地层可塑性大, 破裂变形弱, 由于新生代以来的活动断裂, 多为同沉积断裂, 能量易释放而不易积聚, 升降运行有明显振荡性, 因此该地区不易孕育大震。历史地震资料显示, 启东境内仅发生过3级左右的小地震。

4 浪损问题分析

在堤防巡查中发现, 一级堤坡位置开裂损害情况较为严重。现场取证发现, 堤坡为块石混凝土灌砌护坡, 堤坡块石面呈光滑态, 混凝土呈缺损和开裂状态, 护脚石棱角光滑, 开裂的混凝土位

置外侧滩涂有泄水沟槽向外延伸。护坡出现开裂后经连续观察发现, 经几个潮汐的影响, 护坡相继出现开裂扩大, 后坍塌失陷。

综上几个形态特征, 查证发现现场堤坡护脚块石小($\leq 100\text{kg}$), 随着到岸的波浪滚动, 撞击护坡, 护坡块石出现磨损、混凝土消蚀缺损, 随着波浪不断撞击护坡, 护坡出现开裂渗水, 渗入海水的量随着潮压变大而加大。落潮时, 粉质砂壤土随海水渗透流向堤坡低处, 通过透水的粉质砂壤土层, 越过80×50cm齿坎(原设计参数), 在滩涂汇集向外延伸, 形成泄水沟槽。随着时间推移, 护坡下方出现深坑, 块石护坡失陷坍塌。

5 应对措施

(1) 强化堤防巡查, 及时发现堤坡隐患, 运用管理办法作为抓手, 消除隐患。(2) 清除和更换堤脚小型护脚石, 重量选择200~300公斤^[3]。(3) 护脚石起, 向上延伸至二级平台, 铺设扭工块^[4]。(4) 一级护坡除险加固, 护坡采用30cm, $\geq C20$ 砼覆面^[3], 铺设消浪格栅。(5) 增加齿坎深度, 齿坎参数调整为80×150cm^[3], 底部加碎石 $\geq 300\text{mm}$ ^[4], 内侧铺设高密度防渗水土工布。(6) 应安排和鼓励运行管理者参与到堤防、涵闸工程建设活动中, 及时掌握水利工程设施的第一手资料和信息, 使工程运行管理者心如明镜。

6 结语

本次的课题研究, 结合前期海堤建设工作, 后续护坡压密注浆加固补救工作, 平台铺设扭工块消浪工作, 海堤达标加固提升等工程案例, 通过分析研究, 归纳总结以下几点, 需要克服和避免。(一) 工程不能仓促上马, 按照工程设计要求和工程风险等级, 工程资金必须考虑到每个细处, 否则, 宁愿缩短堤防建设长度也要确保工程质量和考虑工程风险;(二) 管理者须与时俱进, 不能盲目套用历史上土堤的防汛经验和认知, 去建设和管理全新堤防设施;(三) 不能盲目崇拜脱离实际的权威经验, 提倡符合实际的调查研究作风。(本文中除特殊注明外, 均为1985国家高程基准)。

[参考文献]

[1] 江苏省人民政府. 江苏省海洋功能区划(2011-2020)[Z]. 国函〔2012〕162号. 北京: 国务院, 2012.

[2] 启东市水利志编制委员会. 启东水利志[M]. 第1版. 南京: 河海大学出版社, 1995.

[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 国家质量监督检验检疫总局. 海堤工程设计规范: GB/T51015-2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.

[4] 中华人民共和国交通运输部. 防波堤与护岸设计规范: JTS154-2018[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.

作者简介:

钱嘉慧(1967--), 男, 汉族, 江苏启东人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 水利工程。