

董伟良, 黄君宝, 邵杰, 等. 涨落潮对海湾内新建人造沙滩稳定性的影响[J]. 海洋地质前沿, 2023, 39(12): 56-63.

DONG Weiliang, HUANG Junbao, SHAO Jie, et al. The influence of flood and ebb tide on the stability of an artificial beach[J]. Marine Geology Frontiers, 2023, 39(12): 56-63.

涨落潮对海湾内新建人造沙滩稳定性的影响

董伟良^{1,2}, 黄君宝^{1,2}, 邵杰^{1,2,3}, 姚文伟^{1,2,3}, 黄世昌^{1,2}, 岳书波^{1,2}

(1 浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院), 杭州 310020;

2 浙江省河口海岸重点实验室, 杭州 310020; 3 河海大学港口海岸与近海工程学院, 南京 210003)

摘 要:为提高海湾内人造沙滩稳定性,以宁波西沪港北岸人造沙滩为研究对象,结合已有试验段人造沙滩退化过程,分析了沙源流失原因,并以此优化拟建段人造沙滩的位置,再通过波浪-泥沙物理模型试验,研究了不同强度波浪和潮位过程对拟建段人造沙滩稳定性的影响。结果表明:波浪和人造沙滩存在夹角时,沙滩前会存在明显的纵向沿岸输沙;人造沙滩建造后首年,平常浪作用 1 年对人造沙滩稳定性影响可能会大于单次台风浪对沙滩的作用;常浪作用下涨落潮引起的沙滩前沿水下沙坝发育过程不同,落潮水位过程波浪对沙滩的侵蚀大于涨潮水位过程;人造沙滩前落潮流和波生沿岸流方向一致,会加速沙滩侵蚀,当落潮流作用大于涨潮流,则会进一步导致沙滩严重退化。

关键词:人造沙滩;稳定性;涨落潮;波浪;物理模型

中图分类号:P736

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2022.264

0 引言

随着中国经济快速发展,滨海旅游和海滩经济发展迅速,沙滩成为民众重要的娱乐活动和休闲运动的场所^[1]。中国优质天然沙滩较少,有些条件较好的海湾由于沙源不足等原因很难自然形成沙滩,因此很多地方通过建设人造沙滩的方式来实现^[2-4]。沙滩形态是海岸组成物质与海岸动力长期相互作用形成的一种相对稳定的形态,海岸组成物质与海岸动力相互适应。淤泥质海岸新建的人造沙滩有别于天然沙滩,人造沙滩形态并没有完全适应当地海岸动力环境,在近岸动力长时间作用下,沙滩形状会不断发生改变,最终与近岸动力相适应,形成最终形态。

准确认识沙滩在近岸动力作用下的稳定性,并以此优化实施方案是沙滩工程的关键环节。陈海

洲和谢琳^[5]通过 GENESIS 岸线演变模型模拟了人工沙滩后的岸线变化;刘建涛等^[6]根据北戴河西海滩人工养滩后的实际监测数据,对养滩工程中潜堤岬头的养滩功效进行了分析。目前,一系列物模试验研究已被广泛用于沙滩稳定性研究。孙连成^[7]利用整体潮流泥沙物理模型及波浪水槽模型,对天津港东海岸人造沙滩的冲淤情况进行了实验研究;吴明阳等^[8]通过波浪泥沙整体物理模型试验手段,分析了丁坝防护工程建设后对潍坊滨海旅游度假区沙滩的整治效果;董伟良等^[9]通过波浪泥沙物理模型试验复演了超强台风对深圳大小梅沙沙滩侵蚀破坏,通过对比人工岬角实施前后的沙滩地形变化,分析了人工岬角对沙滩稳定性的影响;高峰等^[10]通过试验研究了韩国东海港扩建新港区对邻近沙滩稳定性的影响,分析了工程实施前后沙滩剖面变化以及工程对岸线的影响。自然沙滩形态基本稳定,沙滩冲淤变化主要是由横向输沙引起的,而人工沙滩形态和动力未完全适应,其形态变化主要由纵向输沙引起,因此人工沙滩纵向输沙是其稳定的重要工程问题。

风暴作用下的沙滩地貌稳定性是目前沙滩工程最关心的问题之一^[11-14],而针对海湾内人造沙滩

收稿日期:2022-09-20

资助项目:浙江省自然科学基金(LY20E090001);浙江省省属科研院所扶持专项(海岸 A21003);浙江省水利厅计划项目(RA2004)

作者简介:董伟良(1990—),男,硕士,工程师,主要从事海洋工程和海岸带修复方面的研究工作。E-mail: weiliangdong_hhu@163.com

在平常浪作用下的稳定性影响研究较少, 近岸不同强度波浪和潮位过程会引起新建人造沙滩输沙通量的明显差异, 造成沙滩形态发生不同变化特征。本文选取西沪港内人造沙滩, 对人造沙滩泥沙运动过程进行研究分析, 以此探讨波流过程对海湾内新建人造沙滩稳定性的影响。

1 研究区域

1.1 地理位置

西沪港位于象山港上中部南岸。西沪港口小腹大, 形若罌湖, 是典型的封闭型港湾, 纵深约 14 km。西沪港南浅北深, 入口段长约 5 km, 亦称为高泥港, 宽为 1 200~1 800 m, 入口段水深较深。港内腹部水深一般仅 3~6 m, 风平浪静, 潮缓滩浅, 四周分布有乱坵大涂等 8 个舌状滩涂, 各滩涂间均有溪流和潮水冲刷的沟道, 宛若伸展的五指^[15]。

1.2 自然条件

该区域冬季盛行西北风, 夏季盛行东南风, 受台风影响时, 可出现大风、暴雨, 最大定时风速为 20 m/s, 相应风向为 E 向。西沪港仅通过口门与象山港相接, 外海波浪不能直接传入, 西沪港内水域的波浪主要为局地风场所生成的风浪。西沪港口门实测最高、最低潮位分别为 3.65 和 -1.73 m。口门大潮期的涨、落潮垂线平均流速分别为 0.35 和 0.63 m/s, 西沪港内大潮实测最大流速为 0.93 m/s。象山港悬沙中值粒径为 0.006 mm, 西沪港内大、小潮汛时悬沙中值粒径分别为 0.005 7 和 0.005 2 mm。海床底质分为 3 类: 黏土质粉砂、含贝壳黏土质粉砂和贝壳砂^[15]。

1.3 沙滩概况

20 世纪 70—80 年代, 西沪港沿岸肆意采砂, 打破了岸滩剖面平衡, 严重破坏了海滩系统稳定性, 导致沿岸沙滩滩面下蚀, 后滨沙丘被侵, 岸滩迅速后退, 进而引发海岸侵蚀, 因此西沪港需开展海滩养护工程。2007 年, 在西沪港口门北岸礁门内侧的北黄金海岸度假村岸段建设试验段人造沙滩, 拟建段沙滩长 70 m、宽 10 m, 于 2008 年完工, 具体位置见图 1。

根据试验段人造沙滩稳定情况, 拟建段沙滩调

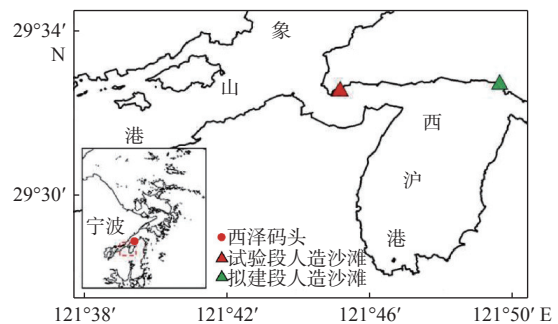


图 1 人造沙滩位置

Fig.1 Location of the artificial beach

整至西沪港东北岸黄避岙乡岸段, 依托于东侧渔港与西侧挡沙堤, 塑造相对平衡的弧形砂质岸线, 沙滩长 418 m、宽 70 m, 滩肩宽度 30~50 m, 滩肩高程 4.5 m, 滩肩坡度 1:30~1:100, 滩肩以下高滩处岸坡较为陡峭, 为 1:10, 向外海逐渐放缓, 其中沙滩 4 m 等高线是坡度转折点(图 2)。通过在平衡剖面坡脚处埋设一定长度的柔性砂管拦砂坝, 既能阻止补沙流失, 又能防止沙滩整体滑移, 砂管顶高程设置为 1.0 m, 最宽约 6.4 m。人造沙滩位置处淤泥中值粒径约为 0.17 mm, 滩面淤泥质含量较高, 补砂粒径选用 0.5 mm。

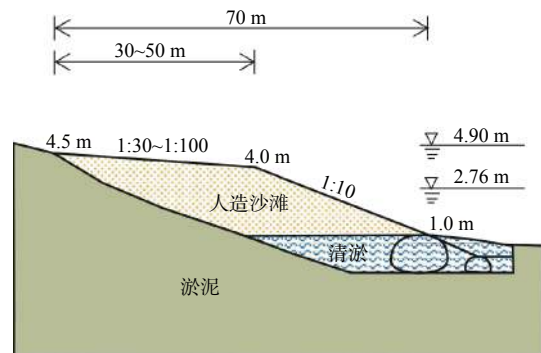


图 2 拟建段沙滩断面示意图

Fig.2 Typical profile of the proposed artificial beach construction

2 试验段沙滩稳定性

图 3 为试验段人造沙滩 2007—2019 年地貌演变情况, 2008 年 3 月沙滩基本铺沙完成, 沙滩整体与岸线基本平行, 沙滩北段呈 NE—SW 向分布, 南段呈 NS 向分布。2009 年 1 月坡脚线外侧有被侵蚀的泥沙落淤, 南侧形成了明显的 EW 向落淤带, 随着波流长时间作用, 沙滩坡度逐渐变缓, 沙滩横向宽度变长, 南侧泥沙落淤带也逐渐变宽。自 2010 年以来, 沙滩横向宽度基本不变, 约 12 m, 侵



图3 试验段沙滩历史演变卫星照片

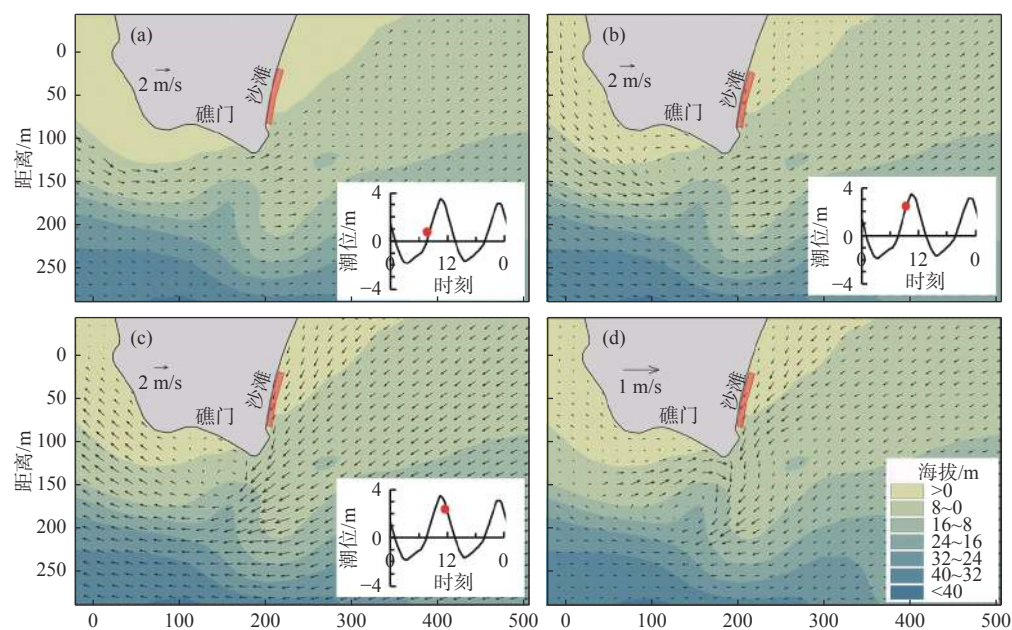
Fig.3 Historical evolution of the test section of the artificial beach

蚀的泥沙在沙滩坡脚外侧形成了大面积落淤带,泥沙落淤带根部和沙滩南侧相连,东北侧沙滩和泥沙落淤带被淤泥分离,泥沙落淤带从EW向分布逐渐转向NE-SW向分布。至2021年,试验段沙滩泥沙流失严重,原铺沙范围内只有少量沙。

试验段沙滩位于西沪港口西北角北岸,E向风区最长,约9 km,来波最大;受南岸朝南山遮挡作用,SE-S向波浪较小;西沪港内其他方向波浪传播至口门处时,受朝南山掩护作用,传播至沙滩前沿波浪也基本会转成E向波浪。沙滩整体呈NE-SW向分布,与强浪向E向波浪存在夹角,波浪在平行

沙滩方向存在自东北向西南的速度分量,使得平行沙滩的辐射应力 S_{xy} 不为零,形成自东北向西南的沿岸流,将侵蚀泥沙沿沙滩从北往南进行输移。

沙滩所处涂面较高,只有潮位较高时沙滩才与水接触。本文建立了试验段沙滩附近海域潮流数学模型(图4),沙滩附近涨落潮流受西沪港口门北岸礁门岬角影响:当涨潮潮位较低时(图4a),礁门岬角作用不明显,沙滩前形成自西南向东北的涨潮流,由于潮位低,此时涨潮流对沙滩冲淤无影响;当涨潮潮位较高时(图4b),礁门岬角作用明显,在礁门东侧沙滩前沿形成逆时针涡旋,沙滩前涨潮



(a)潮位较低时刻涨潮流;(b)潮位较高时刻涨潮流;(c)潮位较高时刻落潮流;(d)余流场

图4 试验段沙滩大潮期间涨落潮流场和余流场

Fig.4 Flow field near the test section of the artificial beach

流流向和波致沿岸流一致, 自东北向西南, 侵蚀泥沙会在远离沙滩的低流速区落淤; 落潮时(图 4c), 在沙滩前沿形成自东北向西南的落潮流, 落潮流与波致沿岸流方向一致, 将波浪侵蚀的泥沙自北向南运输。

余流对泥沙的净输移方向影响较为显著, 岬角岸线附近的潮余流通常以旋涡形式出现的岬角余流^[16]。图 4d 为沙滩附近海域岬角欧拉余流场, 从图中可以看出由于岬角产生的非线性作用, 在岬角西侧产生了顺时针余流涡旋, 岬角东侧沙滩前沿余流自东北向西南, 叠加同向的波致沿岸流, 加速了沙滩侵蚀泥沙自东北向西南输移。

3 拟建段沙滩试验概况

为了减小涨落潮流对新建人造沙滩稳定性的影响, 将拟建段人造沙滩布置在西沪港北岸最东侧。为进一步研究拟建段人造沙滩的稳定性, 通过波浪泥沙模型试验开展其稳定性研究。

3.1 试验设计

在几何相似的基础上, 遵循波浪运动相似、泥沙运动相似、海床冲淤变化相似进行模型设计。利用刘家驹^[17]提出的泥沙起动波高公式进行模型沙选配试算, 并结合工程前沿海域波浪尺度, 垂直比尺 $\lambda_h=50$, 平面比尺 $\lambda_l=100$, 模型变率 $\eta=2$, 模拟原型范围约 5 km×5 km。模型中现状海滩采用定床模型进行模拟, 待水动力条件调试成功后, 在定床海滩

上构建东西 2 条卵石堤模型, 然后在卵石堤之间铺沙形成人造沙滩。根据人造沙滩补沙粒径, 采用颗粒容重 $\gamma_s=1350 \text{ kg/m}^3$ 、中值粒径 $D_{50}=0.66 \text{ mm}$ 的精制煤粉作为模型沙。

3.2 水文条件

沙滩侵蚀主要由较大尺度波浪引起的, 小于一定尺度的波浪对沙滩几乎不起作用, 沙滩侵蚀采用的波要素应考虑能使泥沙起动。根据刘家驹^[17]提出的波浪作用下泥沙起动公式, 计算出大潮平均高潮位 2.76 m 下沙滩前沿起动波高 $H_s=0.41 \text{ m}$ 。由于西沪港内没有实测波浪资料, 分向分级波高借助波浪数学模型与分向分级测风资料进行间接推算, 采用距沙滩约 8 km 的象山港大桥南岸西泽码头气象站风速资料, 根据能量占比加权平均方法计算出沙滩前沿平常代表波高 $H_s=0.49 \text{ m}$, 波向为 212° 。根据沙滩前沿大于泥沙起动波高的各来风向的各级风速出现频率以及潮位能够作用沙滩的时间, 模型中平常浪作用时间约为原型 1 年中的 66 h。

利用波浪泥沙试验研究台风浪影响时, 在缺少实测波浪资料条件下, 目前多采用 50 年一遇波浪作用 24 h 进行研究^[7,18-19]。考虑到本工程在海湾内, 且位置较高, 综合考虑选用 20 年一遇高潮位组合 20 年一遇波浪作用 3 h 作为台风浪代表进行试验。根据波浪数学模型计算结果, 沙滩前沿波浪要素以 S-SSW 方向组来波最为不利, 沙滩前沿 20 年一遇有效波高 $H_s=1.54 \text{ m}$ 、平均波周期 $T=4.6 \text{ s}$, 试验具体工况见表 1。

表 1 试验潮位和波浪组次

Table 1 Specifications of the tidal level and wave cases

组次	潮位工况	波浪工况	潮位/m	波高 H_s /m	平均波周期 T /s	试验时长/h
试验 I	定水位	台风浪	4.90	1.54	4.6	3
试验 II	定水位	常浪	2.76	0.49	3.5	66
			1.76	0.49	3.5	30
			2.76	0.49	3.5	30
试验 III	涨潮	常浪	3.76	0.49	3.5	6
			3.76	0.49	3.5	6
			2.76	0.49	3.5	30
试验 IV	落潮	常浪	1.76	0.49	3.5	30

3.3 模型验证

在沙滩前布置 10 个特征点进行波浪要素率定(图 5), 其中, 1#和 2#布置在沙滩前, 3#、4#、5#和

6#布置于 0 m 高程线附近, 7#、8#、9#和 10#布置于 -2 m 高程线附近。由率定结果可知, 各测点有效波高 H_s 的物模率定值与数模计算值相对误差均在 $\pm 10\%$ 以内, 台风浪和平常浪水文条件下物理模

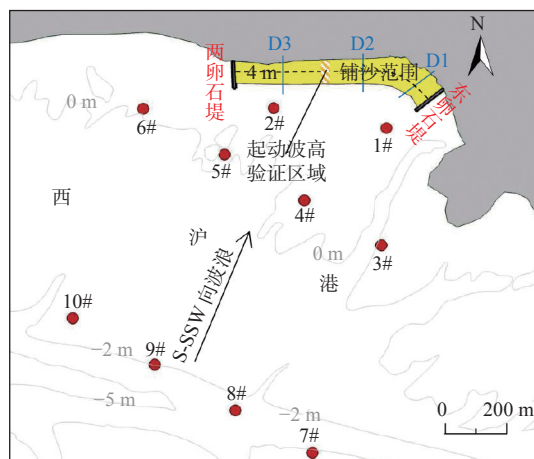


图5 模型试验平面布置示意图

Fig.5 Schematic diagram of model experiment

型近岸波浪场与数值模拟结果总体上吻合程度较好。

泥沙运动和波高相匹配是沙滩稳定性试验成功的关键。为进一步验证选用模型沙的合理性,在进行动床波浪泥沙试验之前先对选配好的模型沙进行泥沙起动比对试验。在新建人造沙滩范围内选取4个不同水深处布置模型沙,同时在其附近放置一个波高仪,逐级加大入射波高,观察泥沙起动现象。从试验结果可知吻合较好,表明不同位置处的波浪要素都能较好地复演沙滩泥沙运动,模型沙与模型波浪匹配良好。

4 拟建段沙滩稳定性试验结果

4.1 平常浪和台风浪试验结果

台风浪作用时,水体淹没整个沙滩,波浪传播至沙滩处,沿迎水坡向前传播,随着水深变小,波浪发生变形继而破碎,试验后铺沙范围内均发生冲淤变化(图6)。平常浪组合大潮平均高潮位作用时,水位低于沙肩,由于波高较小,波浪主要作用在沙滩斜坡段,滩肩处泥沙基本不受波浪作用,试验后只有沙滩斜坡上产生冲淤变化。台风浪和平常浪试验过程中波浪对沙滩均产生侵蚀,并引起自西向东的沿岸输沙,使得东侧水体逐渐变浑浊,沙滩西侧水体始终较清澈。由于台风浪和平常浪来波向基本一致,沙滩均表现为西蚀东淤。

台风浪水位较高,波浪对4 m等高线附近产生强烈侵蚀,侵蚀泥沙横向陆、海输移,由图7中可以看出,除最西侧断面外,其他断面均表现为滩肩和

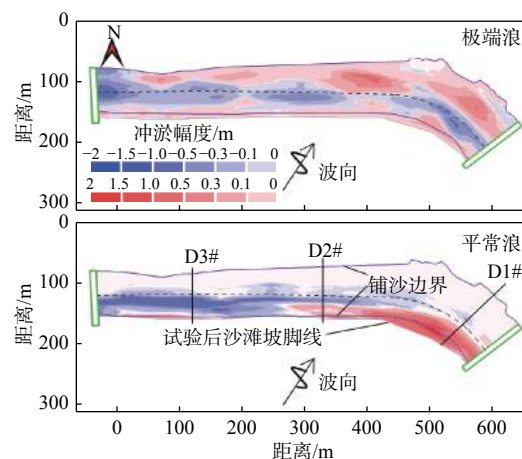


图6 极端浪和平常浪作用后的沙滩地形平面变化

Fig.6 Changes of beach topography under the action of extreme or normal wave

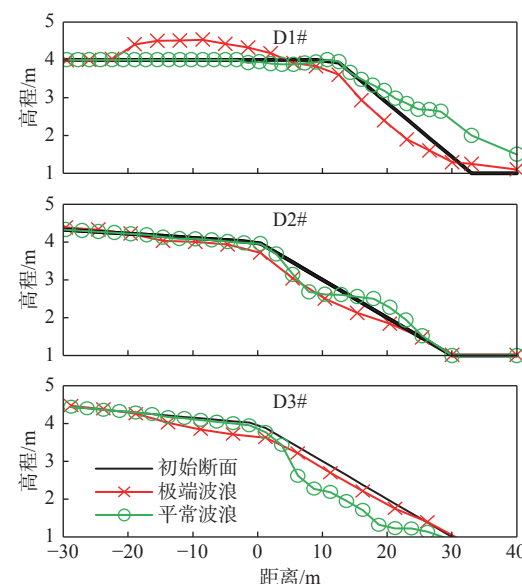


图7 极端浪和平常浪作用后的沙滩剖面变化

Fig.7 Changes of beach profiles under the action of extreme or normal wave

坡脚淤积,越往东侧泥沙淤积越明显。而平常浪条件下东、西侧沙滩横向冲淤变化规律不同,西侧以侵蚀为主,只有坡脚附近有极少的泥沙淤积,越往东侵蚀越少,部分沙滩东侧断面甚至全断面均为淤积,而由于平常浪作用不到滩肩上,泥沙不会在滩肩上产生淤积,侵蚀泥沙基本在波浪作用下淤积在沙滩东侧斜坡上。台风浪作用后铺沙范围内淤积区沙量增加 315 m^3 ,侵蚀区沙量减小 4381 m^3 ,铺沙范围内沙量损失 1366 m^3 。平常浪作用后铺沙范围内淤积区沙量增加 1749 m^3 ,侵蚀区沙量减小 4514 m^3 ,铺沙范围内沙量损失 2765 m^3 。平常浪首年对沙滩侵蚀量大于单次台风浪侵蚀量,这主要是由于台风浪条件下波浪将部分泥沙搬运至滩肩上,

该部分泥沙通过后期人类活动还可以再次利用, 而平常浪作用下泥沙搬运至坡脚, 部分超出铺沙范围, 和原泥滩的细颗粒泥沙混合, 而这部分泥沙难以通过较经济手段再次利用, 所以平常浪作用下沙滩泥沙损失会更多。

4.2 涨落潮试验结果

实际沙滩前沿水位随着涨落潮不断变化, 为研究涨落潮对沙滩稳定性影响, 将 66 h 全作涨潮或落潮历时, 具体试验条件见表 1 中的试验 III 和 IV。涨、落潮过程沙滩纵向输沙规律基本相同, 从图 8 中可知, 波浪将沙滩西侧侵蚀泥沙向东侧输移, 落潮过程中铺沙范围内基本表现为侵蚀, 只有沙滩中部坡脚存在小范围淤积, 泥沙大部分淤积在沙滩东侧坡脚线外侧 20 m 范围内; 涨潮过程中铺沙范围内基本表现为西蚀东淤, 沙滩东侧只有 4 m 等深线附近有一定冲刷, 斜坡基本呈淤积态, 坡脚线外侧 20 m 范围淤积一定量泥沙。

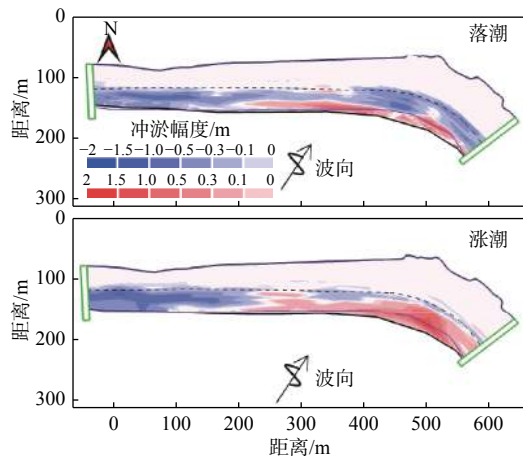


图 8 涨、落潮过程作用后的沙滩地形平面变化

Fig.8 Changes of beach topography by tidal fluctuation

沙滩不同断面处冲淤变化见图 9, 沙滩西侧断面在涨、落潮过程中的冲淤变化规律基本相同, 沙滩侵蚀泥沙在沿岸波生流作用下向东侧输移, 沙滩横向断面基本都表现为冲刷。沙滩东侧断面冲淤变化规律有所差异, 在平常浪作用下, 侵蚀泥沙自西向东、自上向下输移, 在沙滩东侧会形成沙坝。落潮过程中较高潮位形成的沙坝会在较低潮位时被侵蚀, 随着水位降低, 沙坝位置不断外移, 最低潮位以上的沙滩基本都会被侵蚀; 涨潮过程中, 侵蚀从沙滩底部向上发展, 较低潮位侵蚀泥沙形成的沙坝在较高潮位并不会被侵蚀, 反而会继续发育, 同时, 沙坝的形成使波浪在离岸较远的地方破碎, 削

减了波能, 从而保护了沙滩东侧, 涨潮过程中只有较低潮位侵蚀的泥沙会输移至离沙滩坡脚较远的区域。

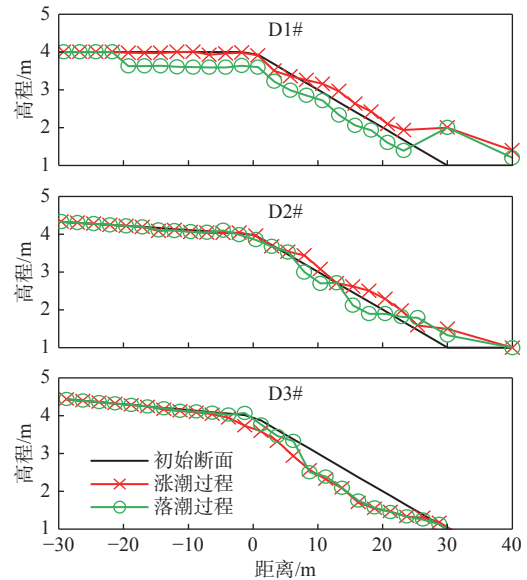


图 9 涨落潮过程作用后的沙滩剖面变化

Fig.9 Changes of beach profile by tidal fluctuation

落潮过程铺沙范围内淤积区沙量增加 786 m^3 , 冲刷区沙量减小 5267 m^3 , 铺沙范围内沙量总体损失 4481 m^3 。其中, 铺沙坡脚线外侧 20 m 范围内测得沙量 2739 m^3 , 流失至坡脚线外侧 20 m 以外的沙量约 1742 m^3 。涨潮过程时, 铺沙范围内淤积区沙量增加 2143 m^3 , 冲刷区沙量减小 4612 m^3 , 铺沙范围内沙量总体损失 2469 m^3 。其中, 铺沙坡脚线外侧 20 m 范围内测得沙量 1735 m^3 , 所以流失至坡脚线外侧 20 m 以外的沙量约 734 m^3 。由此可见, 沙滩存在落潮输沙强于涨潮输沙的不对称现象。

5 讨论

5.1 潮汐对沙滩稳定性影响

在强潮海岸, 潮汐水位变化对沙滩演变具有不可忽视的调制效应, 引起波浪破碎带移动、沙滩冲淤范围增大, 在预测泥沙流失量时需考虑时变潮汐水位的影响^[20]。根据拟建段沙滩物理模型试验可知, 在涨潮和静水位条件下波浪对沙滩的侵蚀基本接近, 落潮时波浪对沙滩的侵蚀大于静水位。落潮水位变化过程使得波浪能够作用到的沙滩范围增大, 向岸能够侵蚀更多沙肩上的泥沙, 向海能够将泥沙更多地搬至远离沙滩的地方, 随着落潮过程水

位不断下降,泥沙不断向下冲蚀搬运。

当波向和沙滩法向有夹角时,波致沿岸流将泥沙搬运至波浪较小的位置,水位变化过程对沙滩侵蚀段影响较小,主要差异在沙滩淤积段:涨潮时铺沙范围内能够淤积一定量的泥沙,减小泥沙流失至外海,减小沙量损失;落潮时沙滩范围内基本都受到侵蚀,侵蚀泥沙被搬运至铺沙范围以外位置。

涨落潮水位变化引起更大的水沙运动空间,增大沙滩侵蚀,也造成波浪对沙滩侵蚀不对称性,在大潮差海岸进行人工沙滩建设或海滩养护,可能需要更多的补沙量和更长更高的辅助建筑物来维持沙滩形态。

5.2 潮流对沙滩稳定性影响

天然沙滩经过波流长时间作用,沙滩形态和动力条件基本适配,波流和沙滩法向夹角较小,一般在风暴作用下沙滩泥沙主要呈横向输沙运动。而新建人造沙滩泥沙易被波浪掀起,在风生流、波生流、潮流等水流作用下发生搬运,形成明显横向和纵向输沙。而当波致沿岸流和涨落潮流方向不同时,沙滩稳定情况也不相同。

外海沙滩前沿涨潮流方向一般和波浪去向一致,因此,当波向和沙滩法向存在夹角时,涨潮流与波致沿岸流一致,两者叠加增大涨潮时沙滩沿岸输沙,但由于是涨潮过程,泥沙基本落在原沙滩内。落潮流与波致沿岸流方向相反,两者叠加会减小落潮时沙滩纵向沿岸输沙,更多表现为横向输沙,落在原断面形成水下沙坝,从而能抑制向岸侵蚀进一步加剧。

海湾内沙滩有和外海沙滩条件相同情况,同时也有相反的情况,如本文试验段人工沙滩。该情形下若无礁门岬角时,沙滩涨潮流方向会和波浪来向一致,涨潮流与波致沿岸流相反,两者叠加减小沙滩纵向沿岸输沙,泥沙更多在原断面形成水下沙坝;落潮流和波浪去向一致,落潮流与波致沿岸流方向一致,两者叠加会增大沙滩纵向沿岸输沙,在波流作用下向远离沙滩的外海输沙,使得沙量损失增大,而当沙滩前沿落潮流大于涨潮流,则会加剧沙量损失。

当沙滩前潮流受岬角影响,如试验段沙滩附近礁门岬角减弱涨潮流,使得涨潮流、落潮流和波致沿岸流三者流向相同,进一步加速沙滩泥沙侵蚀,加剧人造沙滩不稳定性,导致人造沙滩面积不断萎缩,沙滩逐渐退化。因此,新建人造沙滩布置时,尽

可能使落潮流方向与常浪向、强浪向基本同向,当不同向时,要减少落潮流作用强度和时长。

6 结论

(1)试验段人造沙滩前沿落潮流和波生沿岸流方向一致,同时由于岬角挑流作用,沙滩前沿落潮流作用大于涨潮流,加速了沙滩泥沙侵蚀,导致沙滩严重退化。

(2)平常浪首年对拟建段人造沙滩稳定性的影响大于单次台风浪对沙滩稳定性的影响,常浪作用下涨潮过程沙坝自下而上发育,落潮水位过程沙坝自上而下先发育后侵蚀,使得拟建段人造沙滩存在落潮输沙强于涨潮输沙的不对称现象。

(3)布置新建人造沙滩时,尽可能使落潮流方向与常浪向、强浪向基本同向,当不同向时,要减少落潮流作用强度和时长。

参考文献:

- [1] 蔡锋. 中国海滩养护技术手册[M]. 北京: 海洋出版社, 2015.
- [2] 徐啸, 余小建, 毛宁. 人造沙滩研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.
- [3] 滕雨辰, 刘爽, 庄振业, 等. 淤泥质海岸人造沙滩工程评估: 以启东碧海银沙滩为例[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(1): 77-83.
- [4] 陈文超, 庄振业, 曹立华, 等. 人工岬角对龙口市月亮湾浴场的影响机制[J]. 海洋地质前沿, 2014, 30(3): 80-86.
- [5] 陈海洲, 谢琳. 莺歌海三莺村岸段人工沙滩工程岸线数值模拟以及模型的验证方法[J]. 海洋科学, 2020, 44(4): 44-51.
- [6] 刘建涛, 王刚, 陈文超, 等. 北戴河西海滩潜堤岬头养滩功效研究[J]. 海洋湖沼通报, 2018, 40(3): 113-119.
- [7] 孙连成. 天津港东疆港区人造沙滩冲淤稳定性试验研究[J]. 水运工程, 2009(2): 7-12.
- [8] 吴明阳, 张瑞波, 解鸣晓, 等. 潍坊滨海水城人造沙滩防护工程效果物理模型试验研究[J]. 水道港口, 2015, 36(6): 467-473.
- [9] 董伟良, 邵杰, 王卫远, 等. 超强台风对沙滩侵蚀及其防护研究[J]. 泥沙研究, 2021, 46(4): 42-47.
- [10] 高峰, 唐友刚, 彭程, 等. 港口扩建影响下近岸沙滩稳定防护三维水动力模型试验研究[J]. 海岸工程, 2018, 37(3): 14-24.
- [11] WILLIAMS J J, ROSE C P. Measured and predicted rates of sediment transport in storm conditions[J]. Marine Geology, 2001, 179(1/2): 121-133.
- [12] FRITZ H M, BLOUNT C, SOKOLOSKI R, et al. Hurricane Katrina storm surge distribution and field observations on the Mississippi Barrier Islands[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2007, 74(1): 12-20.
- [13] FIORE M M E, ONOFRIO E E D, POUSA J L, et al. Storm surges and coastal impacts at Mar del Plata, Argentina[J]. Continental Shelf Research, 2009, 29(14): 1643-1649.
- [14] 蔡锋, 雷刚, 苏贤泽, 等. 台风“艾利”对福建沙质海滩影响过程研究[J]. 海洋工程, 2006, 24(1): 98-109.

- [15] 范红霞, 王建中, 朱立俊. 象山县西沪港海洋生态环境修复工程物理模型试验研究[J]. 海洋开发与管理, 2015, 32(3): 86-90.
- [16] 高佳, 陈学恩, 于华明. 黄河口海域潮汐、潮流、余流、切变锋数值模拟[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2010, 40(S1): 41-48.
- [17] 刘家驹. 海岸泥沙运动研究及应用[M]. 北京: 海洋出版社, 2009.
- [18] 张宏, 高涛, 马杰, 等. 威海湾海域治理工程物理模型试验研究[J]. 中国港湾建设, 2018, 38(11): 41-45.
- [19] 付波, 张婷, 黄健东, 等. 广钢自备电厂取排水工程波浪泥沙试验研究[J]. 广东水利水电, 2013(11): 13-16.
- [20] 郑金海, 张弛. 海滩养护动力地貌基础理论与关键技术研究述评[J]. 海洋与湖沼, 2022, 53(4): 791-796.

The influence of flood and ebb tide on the stability of an artificial beach

DONG Weiliang^{1,2}, HUANG Junbao^{1,2}, SHAO Jie^{1,2,3}, YAO Wenwei^{1,2,3}, HUANG Shichang^{1,2}, YUE Shubo^{1,2}

(1 Zhejiang Institute of Hydraulics & Estuary(Zhejiang Institute of Marine planning and Design), Hangzhou 310020, China;

2 Zhejiang Provincial Key Laboratory of Estuary and Coast, Hangzhou 310020, China;

3 College of Harbour, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210003, China)

Abstract: To improve the stability of artificial beaches, an artificial beach in the Xihu Harbor, Ningbo, Zhejiang was studied. Combined with the degradation process of the test section of the artificial beach, the reasons of sand loss were analyzed considering which section of the proposed artificial beach had been optimized. The influence of different intensity waves and tidal processes on the stability of the proposed artificial beach were studied by wave-sediment physical modelling experiment. Results indicate that when there is an angle between waves and artificial beaches, there will be significant longitudinal coastal sediment transport in front of the beach. In the first year after the construction of artificial beaches, the impact of normal wave action on the stability of artificial beaches for one year may be greater than that of a single typhoon wave on the beach. The development of underwater sand bars at the beach front caused by flood and ebb tides under normal wave action is different, and the wave erosion on the beach during ebb tide water level is greater than that during flood tide. When the directions of the ebb tide and the wave generated coastal current in front of the artificial beach are the same, the erosion of the beach will accelerate. If the effect of the ebb tide is greater than the flood tide, the degradation of the beach will further deteriorate.

Key words: artificial beach; stability; flood tide and ebb tide; wave; physical model