

水利水运工程学报

HYDRO-SCIENCE AND ENGINEERING

杭州湾跨海大桥海中平台区海床冲刷特性

王金权, 李最森, 沈翔, 陈健, 史永忠, 张芝永

Characteristics of seabed scouring around sea platform of Hangzhou Bay Sea-Crossing Bridge

WANG Jinquan, LI Zuisen, SHEN Xiang, CHEN Jian, SHI Yongzhong, ZHANG Zhiyong

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12170/20201013004>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

杭州湾跨海大桥南岸接线高速公路深厚软基处理

Treatment technology for deep and thick soft foundation of south linkage expressway of Hangzhou Bay Cross-sea Bridge
水利水运工程学报. 2017(3): 116 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2017.03.016>

长江下游河段桥墩压缩冲刷预测研究

Prediction of bridge pier compression scour in lower reaches of Yangtze River
水利水运工程学报. 2019(3): 16 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.03.003>

甬江及河口附近海域枯季水沙特性分析

Analysis of water-sediment characteristics of the Yong River mouth and adjacent sea waters during dry season
水利水运工程学报. 2017(5): 51 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2017.05.008>

辐射沙洲海域潮汐不对称对岸线变化的响应

Response of tidal asymmetry to coastline changes in radial sand ridges sea area
水利水运工程学报. 2020(3): 51 <https://doi.org/10.12170/20190901002>

海南红塘湾潮汐不对称性分析

Analysis of tidal asymmetry in Hongtang bay, Hainan
水利水运工程学报. 2019(3): 9 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.03.002>

沪通长江大桥墩位布设适应性分析

Comprehensive analysis of adaptability of pier layout of Shanghai-Nantong Yangtze River Bridge
水利水运工程学报. 2018(5): 8 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.05.002>



扫码进入官网，阅读更多精彩文章

关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI:10.12170/20201013004

王金权, 李最森, 沈翔, 等. 杭州湾跨海大桥海中平台区海床冲刷特性 [J]. 水利水运工程学报, 2021(3): 103-110. (WANG Jinquan, LI Zuisen, SHEN Xiang, et al. Characteristics of seabed scouring around sea platform of Hangzhou Bay Sea-Crossing Bridge[J]. Hydro-Science and Engineering, 2021(3): 103-110. (in Chinese))

杭州湾跨海大桥海中平台区海床冲刷特性

王金权¹, 李最森^{2,3}, 沈翔¹, 陈健¹, 史永忠^{2,3}, 张芝永^{2,3}

(1. 宁波市杭州湾大桥发展有限公司, 浙江 宁波 315327; 2. 浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院), 浙江 杭州 310020; 3. 浙江省河口海岸重点实验室, 浙江 杭州 310020)

摘要: 杭州湾跨海大桥海中平台位于杭州湾大桥中间位置, 海中平台下部群桩结构与平台上游各系列匝道墩、大桥主墩形成了复杂的墩群结构, 受其影响, 海中平台区域海床冲刷较为剧烈。为深入了解海中平台区海床冲刷特性, 应用多年实测地形测量资料, 对海中平台区的海床地形特征、建桥前后海床冲淤变化规律进行了分析, 研究各匝道墩最低冲刷高程分布, 并应用数值计算模型分析了海中平台区的水动力分布特征, 揭示了匝道墩海床冲刷机理。研究发现, 与建桥前相比, 海中平台区大桥轴线上游 500 m~下游 1 000 m 范围内海床发生整体一般冲刷, 在海中平台南北两侧, 受局部绕流影响, 产生明显的局部冲刷, 最大冲刷达 14 m。平台南北两侧向上游延伸的局部冲刷槽影响到平台上游的匝道墩, 导致部分匝道墩附近海床高程普遍较低。整体来看, 位于桥轴线上游的 ZB 和 ZC 系列匝道墩因受到海中平台绕流及主墩绕流的叠加影响, 导致其最低海床高程明显低于位于桥轴线下游的 ZD 和 ZE 系列匝道墩, 各匝道墩最低海床高程与涨潮流流速大小具有一定的相关性。

关键词: 杭州湾跨海大桥; 海中平台; 匝道墩; 冲刷特性

中图分类号: U442.3²

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2021)03-0103-08

近年来随着我国经济的发展, 跨海桥梁的建设规模取得了突飞猛进的增长。如我国已建成的港珠澳大桥、杭州湾跨海大桥、胶州湾大桥等。在复杂的海洋水动力条件下, 跨海桥梁的桥墩基础局部海床受到三维绕流影响而发生剧烈冲刷^[1], 导致桥墩基础裸露过多, 降低了桥墩基础的承载能力, 严重的则会导致桥梁冲刷破坏。国内外学者调查了一些桥梁损坏原因后发现, 桥梁基础冲刷是导致桥墩损毁的主要原因之一。对于桥梁基础冲刷问题, 目前相关学者对其进行了系统深入的研究与探索^[2-6], 采用的方法普遍是室内物理模型试验和数值模拟方法。但大部分研究主要集中于简单水流波浪条件或者简化桥墩。而在实际工程中, 桥墩基础样式和潮流动力条件均较为复杂, 且因部分大桥附属结构叠加影响, 实际情况下跨海桥梁基础冲刷特征^[7]与传统的室内试验或数模研究成果差别较大。如横跨杭州湾海域的杭州湾跨海大桥(图 1), 在南通航孔以南 2 km 位置桥轴线下游侧有一座海中观光平台, 配有 4 座匝道, 海中平台区上游的匝道下部墩群、大桥主墩及海中平台下部结构形成了复杂的墩群结构^[8-9]。在其影响下, 基础冲刷问题比较突出。鉴于此, 本文拟基于多年的海中平台区实测资料, 通过对比统计历年地形资料分析海中平台区海床冲刷规律, 结合数值模拟结果, 揭示复杂墩群结构下的冲刷机理, 为杭州湾跨海大桥的桥墩冲刷评估提供技术支撑。

收稿日期: 2020-10-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51609214, 41876095, 52078461); 浙江省水利科技计划项目(RB1903, RC1907); 浙江省交通运输厅科技计划项目(2021064)

作者简介: 王金权(1979—), 男, 辽宁铁岭人, 正高级工程师, 主要从事桥梁工程研究。E-mail: 51808943@qq.com
通信作者: 李最森(E-mail: 510488770@qq.com)

1 工程概况及水文泥沙特征

1.1 项目概况

杭州湾跨海大桥北起嘉兴市海盐县郑家埭,南止于宁波市慈溪市丰收闸,正桥长度达 36 km,共 600 余跨,大桥于 2008 年 5 月 1 日正式通车运行,杭州湾跨海大桥海中平台位于大桥下游南航道桥以南位置,海中平台呈椭圆形,长轴长 147.8 m,短轴长 99.0 m,采用桩柱一体+梁板结构。海中平台基础采用直径为 1.6 m 的钢管桩+填芯混凝土结构。海中平台下游 40 m 为观光塔,观光塔基础采用高桩承台。海中平台南侧码头平台尺度 62.0 m×10.2 m,采用高桩梁板结构。海中平台与 B、C、D、E4 座匝道桥形成了海中的互通立交系统。匝道桥下部构造均采用桩柱体结构,桩基础采用直径 2.0 m 的钻孔摩擦桩,上接直径 1.8 m 的圆柱墩身^[9],匝道墩最大跨径 21 m (图 2)。

1.2 潮流

工程海域潮流呈往复流^[10],流向基本与等深线走向一致。整体上涨潮流速大于落潮流速,但涨潮历时要小于落潮历时,涨潮历时约 5.28 h,落潮历时 6.57 h。根据杭州湾跨海大桥北通航孔、中引桥、海中平台及庵东边滩 4 个位置多年潮流测验资料,各垂线平均最大涨潮流速 1.74~3.30 m/s,垂线平均最大落潮流速 1.67~2.45 m/s。空间分布上,自北向南潮流逐渐增强,位于北通航孔区的流速相对较小,涨、落潮垂线平均最大流速分别为 1.74 和 1.67 m/s,位于庵东边滩坡脚处的流速最大,涨、落潮垂线平均最大流速分别达 3.30 和 2.45 m/s。海中平台附近的流速亦较大,其涨、落潮垂线平均最大流速分别达 2.72 和 2.11 m/s,涨潮流速占优势。

1.3 海床底质

地质勘查资料表明,杭州湾跨海大桥所在区域海床主要由亚砂土层和淤泥质亚黏土层构成。其中亚砂土层平均层底高程为-17.3 m,饱和,局部含贝壳碎片、夹少量黏性土,天然含水量 31%(平均值,下同),密度为 1.91 g/cm³,天然孔隙比 0.86,水下休止角 30°,经颗粒分析可知其粒径在 0.005~0.100 mm 范围内的占 81.1%。淤泥质亚黏土层平均层底高程为-36.8 m,属高压缩性土,夹亚砂土、粉砂薄层,天然含水量 39%,密度为 1.80 g/cm³,天然孔隙比 1.09,其粒径在 0.005~0.100 mm 范围内的约占 84.1%,与亚砂土层接近,仅黏性含量稍高一些,该河段河床质较为均匀一致,其平均中值粒径约 0.049 mm,根据张瑞瑾细颗粒泥沙起动公式计算,大桥所在海域河床泥沙起动流速为 0.7~1.0 m/s(水深 10~20 m)。

2 海中平台区局部水动力特征

2.1 模型构造

海床冲刷与水动力特征密切相关^[11],为探究海中平台区海床冲刷机理,首先应用三维 CFD 数值模型



图 1 杭州湾跨海大桥地理位置

Fig. 1 Location of Hangzhou Bay Sea-Crossing Bridge

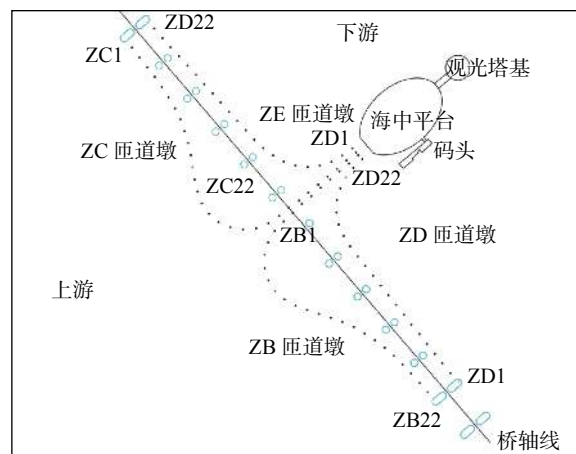


图 2 海中平台桥墩分布

Fig. 2 Location of piers around platform area

FLUENT 软件对海中平台及匝道墩局部区域进行了概化模拟计算。模型中将海中平台、主墩、匝道墩均进行了刻画, 取建桥前的海床平均地形及相应的平均高潮位以下水深。考虑到该区域涨潮流占优且实测地形资料也表明各墩冲刷坑呈涨潮流占优形态^[12], 选用实测最大涨急垂向平均流速 2.72 m/s, 进行海中平台及匝道墩局部涨潮期的模拟计算。模型水流方向长 4 000 m、宽 2 000 m、水深 11 m, 采用非结构化网格进行离散, 总网格数 180 万。模型下游侧为流速边界, 上游侧为自由出流边界, 底部边界设置为壁面边界, 其他边界均设置为 Symmetry 边界。

2.2 流速分布规律

图 3 为平均水深位置及其流速分布, 可以看出, 在海中平台北侧及南侧码头位置流速普遍较大, 最大流速约 4 m/s, 而在海中平台上游侧因处于隐蔽区, 其流速普遍较小, 部分区域流速在 1 m/s 以内。对于南侧匝道墩 ZD 系列匝道墩, 可以看出 ZD 系列匝道墩前沿流速普遍与来流流速接近(图 4(a)), 仅 ZD11 墩附近流速较大。ZD17~ZD22 墩流速普遍较小。对于 ZD 系列墩上游的 ZB 系列匝道墩, 受主墩及 ZD 系列匝道墩绕流影响, ZB 系列匝道墩的前沿流速要稍大, 特别是 ZB~ZB22 墩区域, ZB1~ZB7 墩流速相对稍小些。

北侧下游 ZE 系列匝道墩 ZE1~ZE3 匝道墩位于海中平台掩护区(图 4(b)), 流速普遍较小, ZE4~ZE14 匝道墩受海中平台绕流影响, 墩前流速稍大。ZE15~ZE22 墩因远离海中平台, 绕流影响减弱, 墩前流速稍小。上游 ZC 系列匝道墩, 特别是 ZC1~ZC14 墩, 受下游侧海中平台绕流及主墩绕流影响, 其墩前流速普遍大于 ZE 墩前流速。而 ZC15~ZC22 墩则因处于海中平台掩护区, 流速较小。

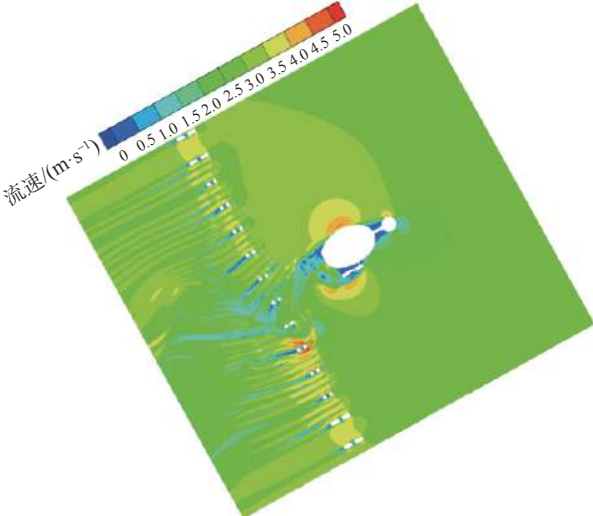
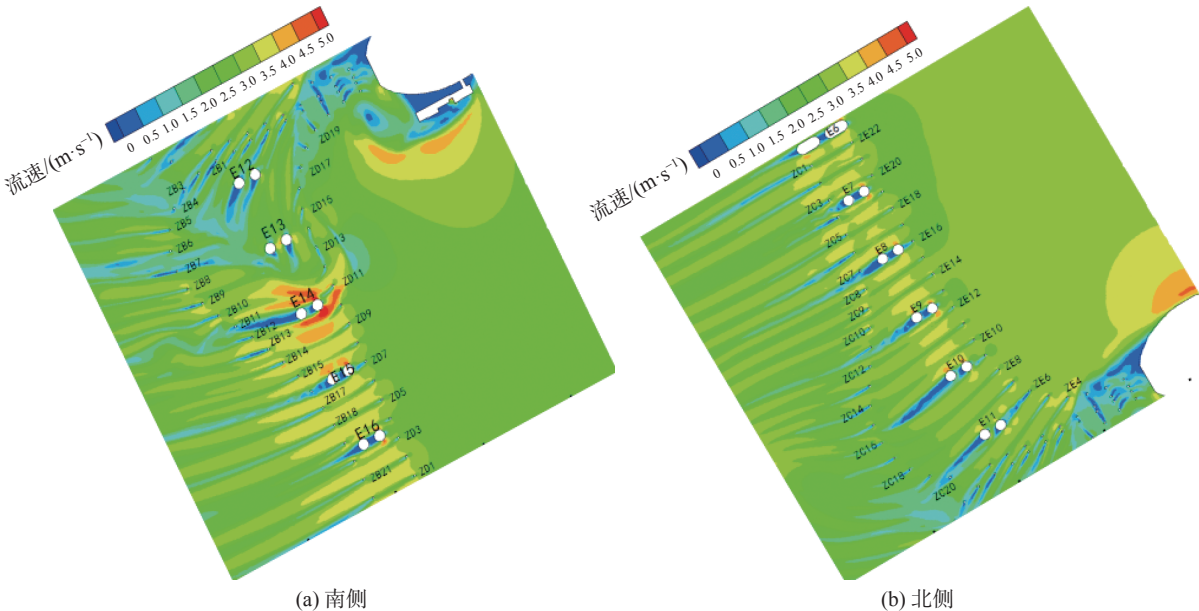


图 3 海中平台区域局部流速大小分布

Fig. 3 Distribution of local velocity around platform area



(a) 南侧

(b) 北侧

图 4 匝道区局部流速大小分布

Fig. 4 Distribution of local velocity of the ramp piers area

3 海中平台区海床冲淤

自大桥建成以来,每年均进行了大桥重点桥墩及海中平台区桥墩冲刷地形的跟踪观测。应用建桥前 2001 年及建桥后 2012—2019 年的水下地形资料对海中平台区海床冲淤情况进行分析。

对于海中平台区的测量,为全方位了解海床情况,设定了矩形测量区域:即桥轴线上下游各 1 km、海中平台东西向中心线的南北两侧各 500 m。测量范围涵盖了海中平台、上游主桥墩及 4 座匝道墩^[6]。测量设备采用美国 R2Sonic 公司 Sonic 2024 多波束测深系统进行全覆盖测量。为保证定位精度,多波束水下地形测量采用基于 ZJCORS 的网络 RTK 技术进行导航定位。多波束水下地形测量使用 QINSy 软件进行导航和数据采集。首先由 Applanix POS MV Elite 组合导航系统输出定位、姿态及航向数据给多波束测深系统和数据采集系统,同时将多波束测深系统获取的水下地形地貌数据提供给数据采集系统,并根据 POS MV 提供的 1PPS 秒脉冲信号进行时间同步并由 QINSy 软件记录所有的数据,用于后续处理。为了尽可能捕捉到每年的最低冲刷高程,水下地形观测时间均安排在每年的 9 月大潮期。

3.1 海床地形面貌特征

海中平台区域 2012 年以来历年实测地形如图 5 所示。

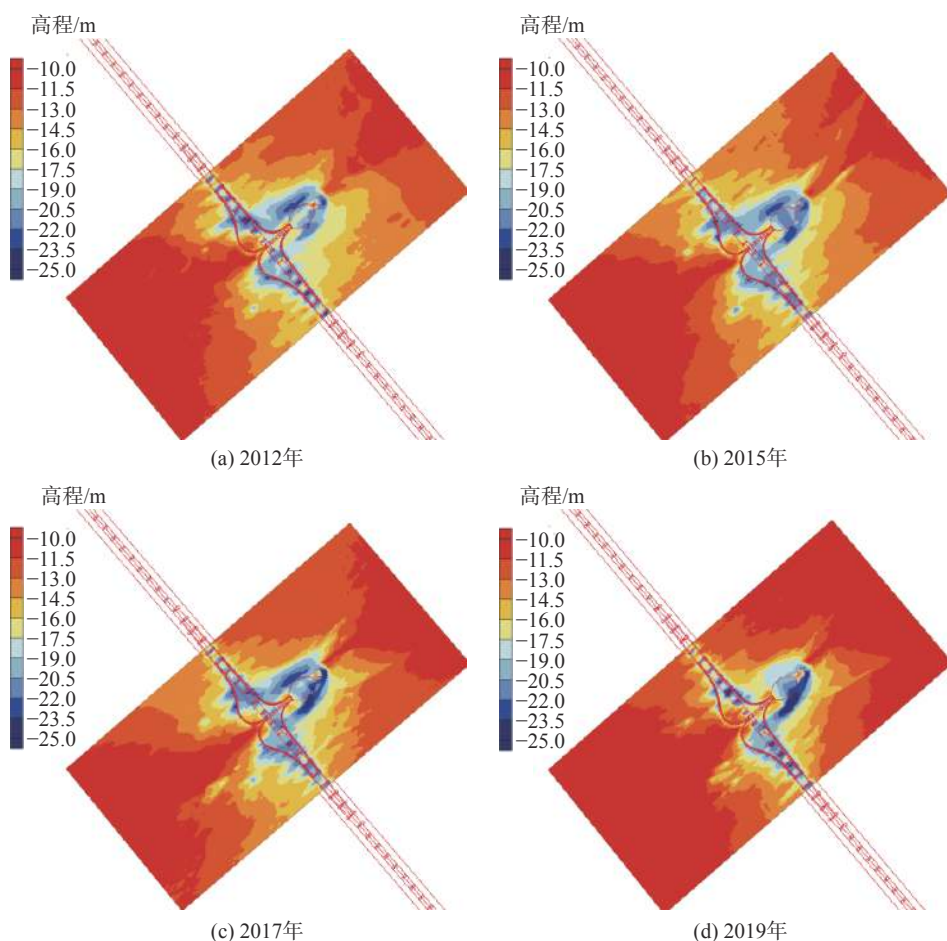


图 5 海中平台局部海床地形变化(2012—2019 年)

Fig. 5 Topographic change around platform area (2012—2019)

可见,由于海中平台及其前端观光塔塔基的阻水,对水流特别是涨潮流造成挤压^[12],南北两侧的水流得到加强,海中平台两侧形成条带状冲刷槽,冲刷槽向上游延伸,呈明显涨潮流占优的冲刷坑。对比 2012—

2019年以来各测次海中平台附近海床地形图可见,海中平台两侧冲刷槽形成的-20 m等高线于2015年与主墩及匝道墩区的-20 m等高线贯通,其后基本保持贯通状态。对于-22 m等高线,北侧自2013年的66 m延长到了144 m,而南侧从25 m发展到了245 m。-23 m等高线在2015年首先形成于南侧码头前沿,长度约18 m,其后码头形成的局部冲刷坑自2015年以来有逐年加深和扩大趋势,可能与涨潮流增强有关。从图5中还可以看出,大桥部分主墩及匝道墩位于南北两侧冲刷槽内,导致部分主墩及匝道墩局部河床高程普遍在-20 m以下,明显低于周边海床高程。对于海中平台上游侧隐蔽区,特别是ZB和ZC系列匝道墩交汇区域,由于海中平台的掩护作用,海床高程普遍高于两侧冲刷槽海床高程。

3.2 海床冲淤变化

建桥后,受桥梁基础的绕流冲刷影响,跨海大桥附近海床将会发生剧烈冲刷,为比较直观了解海中平台区大桥建设对海床冲刷的影响,应用2001年建桥前该区域水下地形测量资料及2012年、2019年建桥后海床地形资料进行冲淤变化分析。图6(a)为2001—2012年间的海床冲淤图,可见,建桥后大桥上游侧500 m以外区域海床整体淤积,这与大桥所在的澉浦-乍浦海域以往整体淤积的趋势是一致的。但在大桥近区,受跨海大桥整体阻水影响,桥轴线上下游约500 m范围内海床普遍冲刷1 m以上,其中海中平台两侧受局部绕流冲刷影响冲刷幅度较大,最大冲刷幅度可达14 m以上。海中平台上游的部分主墩与匝道墩区域海床也因局部绕流冲刷影响而刷深较多。

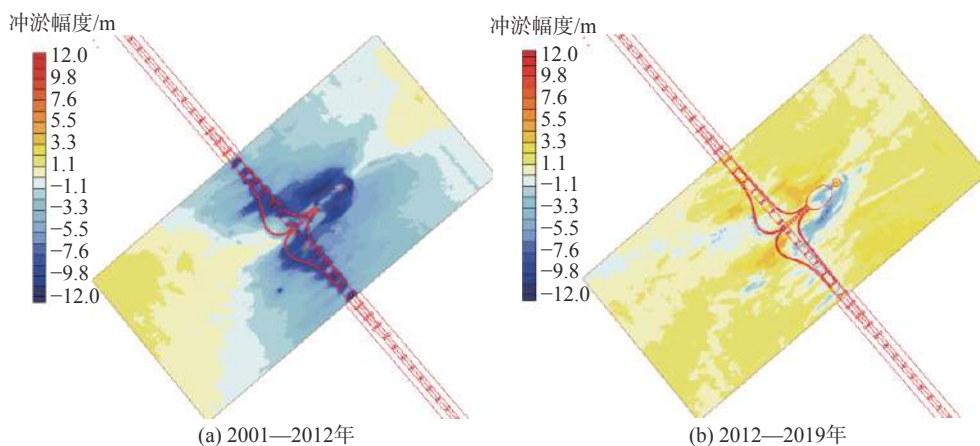


图6 海床冲淤

Fig. 6 Image of scouring and silting of seabed

以上通过建桥前后地形对比分析了海中平台区大桥建设引起的一般冲刷及局部冲刷影响情况,而建桥后海中平台区海床冲淤变化因大桥的局部冲刷及一般冲刷基本趋于稳定^[8],其海床冲淤逐渐受到宏观海床冲淤的影响。图6(b)为2012—2019年海中平台区的海床冲淤变化情况。总体而言,建桥引起的一般冲刷及局部冲刷影响基本很小,海中平台附近海床整体呈淤积趋势,平均淤积幅度超过1 m,这主要受整个河段宏观淤积的影响。但在局部区域受海中平台、主墩等局部建筑物的绕流冲刷影响,2012—2019年期间仍呈现冲刷加剧趋势,特别是海中平台南侧码头前沿位置,但其最大冲刷幅度在3 m以内,要远小于2001—2012年的冲刷幅度。

3.3 匝道墩最低高程统计

由前述分析可知,海中平台区部分匝道墩位于冲刷槽内,海床高程较低,且因海中平台区匝道墩为单桩独柱结构,桥墩的冲刷对匝道墩的结构稳定影响较大,因此桥梁管理部门十分重视各匝道墩附近的河床最低高程。根据几次测量资料^[7],统计各墩历史最低高程见图7。对于位于桥轴线下游的ZD、ZE系列匝道

墩, 直接受到海中平台绕流冲刷的影响, 海床高程略低, ZD 系列匝道墩的 ZD1-ZD17 墩海床高程基本为 -22~-23 m, 而 ZD18-ZD22 墩的最低海床高程则因位于海中平台的隐蔽区而略高。ZE 系列匝道墩中间区域即位于海中平台冲刷槽内的匝道墩的海床高程较低, 其中 ZE10-ZD13 的最低高程低于 -24 m, 越往两侧匝道墩海床高程略有抬高。

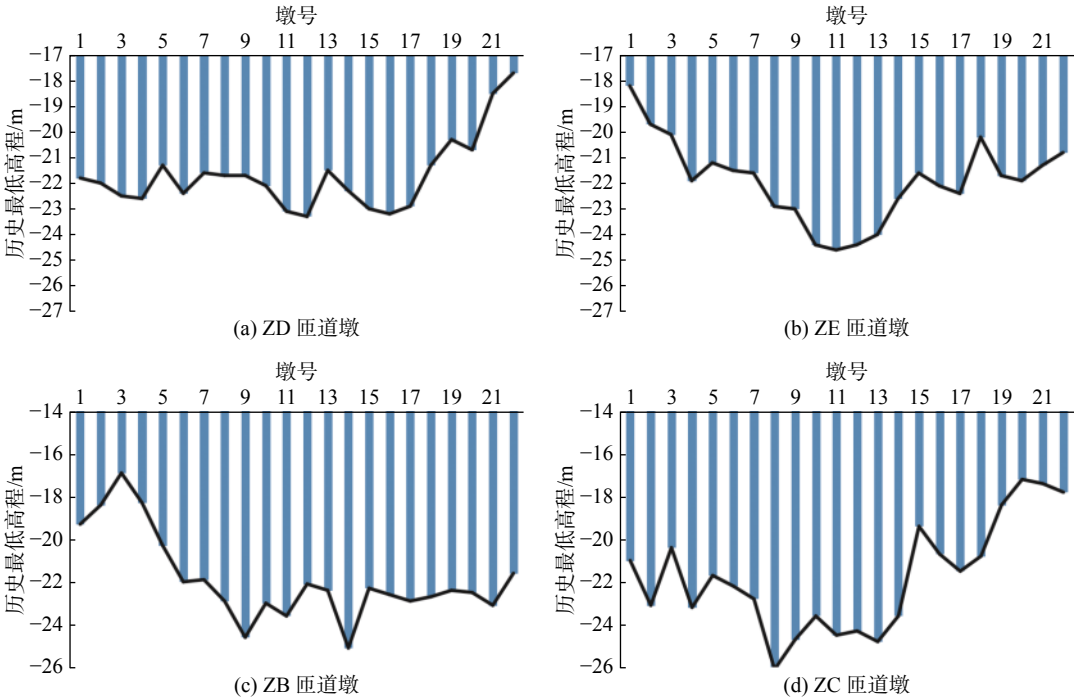


图 7 各系列匝道墩历史最低高程统计

Fig. 7 Statistical chart of lowest elevation for each series of ramp piers

对于桥轴线上游的 ZB 和 ZC 系列匝道墩, 受到海中平台及大桥主墩绕流冲刷叠加影响。ZB 和 ZC 系列匝道墩的海床高程整体来说要比下游侧 ZD 和 ZE 系列匝道墩海床高程低。ZB 系列墩 ZB8~ZB22 墩海床高程普遍在 -23 m 以下, 其中位于主墩之间区域的 ZB14 墩海床高程低至 -25 m 以下。ZC 系列匝道墩 ZC1~ZC14 墩的海床高程也是普遍在 -23 m 以下, 其中 ZC8~ZC14 海床高程均低于 -24 m, 最低至 -26 m(ZC8)。

3.4 匝道墩最低高程与潮流动力相关性

各匝道墩最低高程与所在墩前流速密切相关, 根据前述流速分布情况, 提取了各匝道墩的前沿流速, 并将其与各墩历史最低高程进行了相关性分析, 图 8 为两者的相关关系图, 可以看出基本呈现墩前流速越大, 冲刷深度越大, 相应的最低高程越低的规律。相比建桥前匝道墩的冲刷深度普遍在 6~14 m, 其冲刷深度约为匝道墩直径的 3~7 倍, 远大于以往学者认为的桥墩局部冲刷深度最大约为 2.0 倍的桥墩阻流尺度。这说明对匝道墩来说, 海中平台较强的局部冲刷效应掩盖了匝道墩自身的局部冲刷效应, 是导致各匝道墩最低高程的主要因素^[12]。而近年来, 随着杭州湾南岸围垦工程的实施, 大桥海域潮流动力有逐年增强趋势, 这势必会进一步加剧海中平台区的桥墩冲刷, 需引起关注。

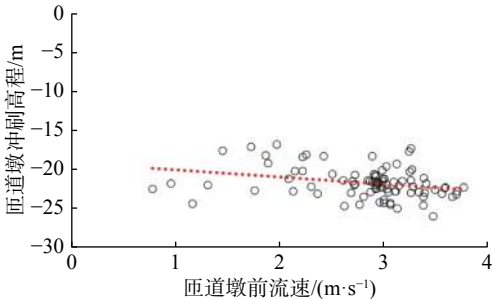


图 8 匝道墩前流速与最低冲刷高程相关关系

Fig. 8 Relationship between velocity and lowest elevation

4 结 语

(1)针对杭州湾跨海大桥海中平台区的宏观冲刷及局部冲刷特征,利用建桥前后的水下地形资料对比分析了海中平台区建桥引起的一般冲刷及局部冲刷幅度,并分析了海中平台区海床冲淤发展趋势,为未来的桥墩冲刷评估提供了支撑。

(2)受海中平台阻流影响,海中平台南北两侧形成向上游延伸的局部冲刷槽,这是引起平台上游侧匝道墩海床高程普遍较低的主要原因。除此之外,位于桥轴线上游的匝道墩还受到主墩绕流冲刷影响,导致桥轴线上游侧匝道墩最低海床高程普遍要低于桥轴线下游侧匝道墩最低海床高程。

(3)各匝道墩最低海床高程与水流流速密切相关,受海中平台阻流影响,平台两侧流速增大,同时各主墩之间流速也有所增大,进而导致各流速增大区内的匝道墩冲刷幅度较大,历史最低海床高程较低,而海中平台的背流区流速较小,匝道墩的冲刷高程也较高。

参 考 文 献:

- [1] CHIEW Y M, MELVILLE B W. Local scour around bridge piers[J]. *Journal of Hydraulic Research*, 1987, 25(1): 15-26.
- [2] DARGAHI B. The turbulent flow field around a circular cylinder[J]. *Experiments in Fluids*, 1989, 8(1/2): 1-12.
- [3] SHEPPARD D M, MILLER JR W. Live-bed local pier scour experiments[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2006, 132(7): 635-642.
- [4] 李梦龙. 潮流作用下桥墩局部冲刷研究[D]. 天津: 天津大学, 2012. (LI Menglong. The research of pier scour under tidal flow[D]. Tianjin: Tianjin University, 2012. (in Chinese))
- [5] 王佳飞, 张景新, 刘桦. 潮流条件下单桩冲刷形态的实验研究[J]. 力学季刊, 2011, 32(4): 547-555. (WANG Jiafei, ZHANG Jingxin, LIU Hua. An experimental study on the scour around a vertical cylinder in tidal flow[J]. *Chinese Quarterly of Mechanics*, 2011, 32(4): 547-555. (in Chinese))
- [6] 陈述, 李雨晨, 许慧, 等. 长江下游河段桥墩压缩冲刷预测研究[J]. 水利水运工程学报, 2019(3): 16-24. (CHEN Shu, LI Yuchen, XU Hui, et al. Prediction of bridge pier compression scour in lower reaches of Yangtze River[J]. *Hydro-Science and Engineering*, 2019(3): 16-24. (in Chinese))
- [7] 姜小俊, 刘南, 刘仁义, 等. 强潮地区桥墩局部冲刷模型验证方法研究——以杭州湾跨海大桥桥墩局部冲刷研究为例[J]. 浙江大学学报(理学版), 2010, 37(1): 112-116. (JIANG Xiaojun, LIU Nan, LIU Renyi, et al. Study on the method to validate the pier local scour model in the strong tide region: a case study of the piers local scour of Hangzhou Bay sea-crossing bridge[J]. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2010, 37(1): 112-116. (in Chinese))
- [8] 彭可可, 文方针. 潮流作用下群桩局部冲刷试验研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2012, 9(2): 105-109. (PENG Keke, WEN Fangzhen. Experimentd study on local scouring of pile group under tidal current[J]. *Journal of Railway Science and Engineering*, 2012, 9(2): 105-109. (in Chinese))
- [9] 马丽丽. 跨海桥梁桩基础局部冲刷演化特征试验研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2018. (MA Lili. Experimental investigation on scour development around the pile foundation of the sea-crossing bridge[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2018. (in Chinese))
- [10] HAN H Q, CHEN Y F, SUN Z L. Estimation of maximum local scour depths at multiple piles of sea/bay-crossing bridges[J]. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 2019, 23(2): 567-575.
- [11] 郭健, 蒋兵. 近30年桥梁基础冲刷研究进展及关键问题[J]. 中国公路学报, 2020, 33(7): 1-16. (GUO Jian, JIANG Bing. Research progress and key issues of bridge pile scour in recent 30 years[J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2020, 33(7): 1-16. (in Chinese))
- [12] 王金权, 李最森. 杭州湾跨海大桥海中平台与匝道墩局部冲刷及防护试验研究[J]. 中外公路, 2013, 33(5): 84-88. (WANG Jinquan, LI Zuisen. Scour and protection of sea platform of Hangzhou bay cross-sea bridge[J]. *Journal of China & Foreign Highway*, 2013, 33(5): 84-88. (in Chinese))

Characteristics of seabed scouring around sea platform of Hangzhou Bay Sea-Crossing Bridge

WANG Jinqun¹, LI Zuisen^{2,3}, SHEN Xiang¹, CHEN Jian¹, SHI Yongzhong^{2,3}, ZHANG Zhiyong^{2,3}

(1. Ningbo Hangzhou Bay Bridge Development Co., Ltd., Ningbo 315327, China; 2. Zhejiang Institute of Hydraulics and Estuary (Zhejiang Institute of Marine Planning and Design), Hangzhou 310020, China; 3. Key Laboratory of Estuary and Coast of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, China)

Abstract: The sea platform of Hangzhou Bay Sea-Crossing Bridge is near the center the bridge. The pier groups under the platform combined with ramp piers and main bridge piers compose complex bridge pier groups which induce significant scour around sea platform. In order to deeply understand the scour characteristics around the sea platform, based on field data, the scour characteristics around sea platform, the seabed evolution and minimum elevation of ramp piers were analyzed. In addition, the hydrodynamic characteristics around sea platform were also studied using numerical simulation. The research result shows that there is general scour in the region between upstream 500 m and downstream 1 000 m, and in each side of the sea platform, there is local scour, whose maximum scour depth is nearly 14 m. The scour hole extends to the upstream region and induces some scours around ramp piers with considerable depths. In general, the scour depths of ZB and ZC ramp piers in upstream region are deeper than those of ZD and ZE ramp piers. This may be because the upstream ramp pier is affected not only by the sea platform but also by main bridge piers. The distribution of minimum scour elevation of each ramp pier has relationships with the distribution of spring tidal current.

Key words: Hangzhou Bay Sea-crossing Bridge; sea platform; ramp pier; scour characteristics