



盘锦某人工岛项目设计波要素数值模拟

周云亮, 朱文泉

(中交(天津)生态环保设计研究院有限公司, 天津 300202)

摘要: 针对盘锦某人工岛设计波要素的计算问题, 采用 MIKE21 大范围波浪数学模型方法, 在现状地形情况下, 对工程实施前附近海域的波浪场进行模拟, 计算了工程附近水域的重现期深水波要素和设计波要素。结果表明: 1) 外海波浪传播至工程区域时, 工程位置主要受 SW 向及 SSW 向波浪作用。2) 波高在-10 m 等深线内变化相对较大, 传播至工程区域波高衰减约 50% 左右。3) 工程区域东西两侧为浅滩区域, 波浪发生破碎, 波高衰减明显。4) 波浪主要沿深槽进入到工程护岸前沿, SSW 向波浪的波高略大于 SW 向波浪。

关键词: 人工岛; 设计波要素; 数值模拟

中图分类号: U 656

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S2-0028-04

Numerical simulation of waves in artificial island project in Panjin

ZHOU Yun-liang, ZHU Wen-quan

(CCCC(Tianjin) Eco-Environmental Protection Design & Research Institute Co., Ltd., Tianjin 300202, China)

Abstract: Aiming at the calculation problem of the design wave elements of an artificial island in Panjin, the MIKE21 large-scale wave mathematical model is used to simulate the wave field in the nearby sea area before the project is implemented under the current topography, and the seepage wave elements in the return period and design wave elements of the water area near the project are calculated. The results show that: 1) When the offshore waves propagate to the engineering area, the engineering position is mainly affected by the SW and SSW direction waves. 2) The wave height changes relatively large within the -10 m isobath, and the wave height attenuates about 50% when it propagates to the engineering area. 3) The east and west sides of the project area are shoal areas. The waves are broken and the wave height attenuates significantly. 4) The waves mainly enter the front of the engineering revetment along the deep groove, and the SSW wave height is slightly larger than the SW wave height.

Keywords: artificial island; design wave elements; numerical simulation

1 工程概况

拟建项目位于辽东湾新区内、辽河口西侧, 西临盘锦新港, 东侧为金帛湾水城^[1]。拟在该海域建设人工岛, 配套开发房地产、商业、游艇、沙滩等项目(图 1)。

工程所在地水域天然水深为-3~-1 m(理论基准面), 人工开挖后水深基本在-8~-6 m。人工岛东西两侧均有遮挡, 西南侧开敞, 受本海区偏 SSW 向和 SW 向浪影响。针对工程特点, 通过 MIKE21 波浪数学模型推算波要素, 为人工岛围堤

的结构设计提供依据。



图 1 拟建人工岛地理位置

该人工岛由 A、B 岛和游艇码头港池组成, 平面布置见图 2。A 岛护岸部分长 4 232.174 m, B 岛护岸部分长 2 810.398 m, 两岛面积分别为 99.51 万 m² 和 90.18 万 m²; 游艇码头港池口门宽度 133 m, 长和宽分别为 436.8 m 和 226.7 m。A 岛与 B 岛之间最窄位置的水道宽度约为 160 m。

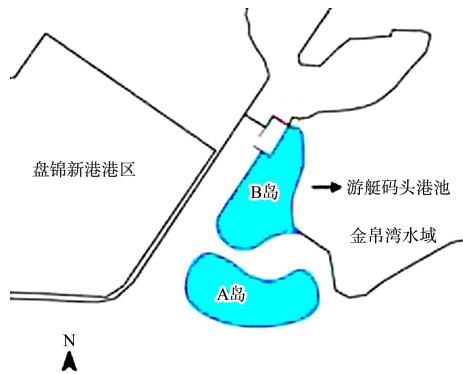


图 2 人工岛方案平面布置

2 工程区域风浪情况

2.1 风

根据盘锦市大洼气象站 1990—2009 年风资料统计, 该海区常风向为 SSW、S 向风, SSW 向风出现频率为 16.9%, S 向风出现频率为 13.78%; 次常风向为 NNE 向和 N 向风, NNE 向出现频率为 10.05%, N 向出现频率为 9.65%; W、WNW、ESE、E 向风出现的频率较少, W 向风占 2.31%、WNW 向风占 2.07%、ESE 向风占 1.52%、E 向风占 2.43%。该海区最强风向为 SSW 向风, 最大风速为 21.60 m/s, 平均风速为 5.80 m/s; SW、S 和 N 向次之, 平均风速分别为 4.64、4.25、4.05 m/s, 最大风速分别为 18.36、18.00、16.80 m/s。全年 6 级以上大风的频率为 2.18%^[2], 其中 SSW、S、SW 向风出现最多, 分别占大风频率的 55.05%、15.77%、13.95%, 3 个方向共占 84.76%。从季节分布上看, 春季最多, 占全年的 58.14%, 夏季最少, 秋冬季次之。

2.2 波浪

因缺乏波浪观测资料, 在工程海域设置波浪测站, 对 2009 年的波浪资料进行收集。波浪资料

显示: SSW 向浪频率占 43.4%, 为常浪向; W 向浪频率占 33.2%; NNE 向浪频率占 10%。其中, 工程海域实测点波浪 $H_{1/3}$ 大于 1 m 的波浪占全年 11%, 在 0.7~1.0 m 的部分内占全年 22.5%, 在 0.3~0.7 m 的部分占全年 40.8%, 小于 0.3 m 的部分占全年 25.8%, 观测期间的最大 $H_{1/3}$ (有效波高) 为 2.22 m。在大于 1 m 的波浪中, SSW 向浪为强浪向, 占 63%。

2.3 重现期风速

收集了大洼气象站 1990—2009 年实测风速资料, 对 20 a 实测风速资料进行频率分析, 得到工程海域重现期风速, 见表 1。

表 1 重现期风速

重现期/a	风速/(m·s ⁻¹)				
	W 向	WSW 向	SW 向	SSW 向	S 向
50	12.18	13.18	18.94	22.58	19.30
10	10.50	11.94	17.15	20.02	16.50
2	8.48	10.30	14.88	16.62	13.32

3 MIKE21 SW 波浪数学模型

在现状地形情况下, 采用 SW 模型对工程护岸的设计波要素进行计算^[3-4]。SW 模型控制方程为:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla(\mathbf{v}N) = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

式中: N 为动谱密度; t 为时间; \mathbf{v} 为波群速度; ∇ 为微分算子; S 为以谱密度表示的描述波浪变形的源项, 包括风能输入、非线性波相互作用、白浪、底摩阻及破碎耗散项; σ 为波频。

S 表达式为:

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf} \quad (2)$$

式中: S_{in} 为风能输入项; S_{nl} 为非线性波相互作用项; S_{ds} 为白浪耗散项; S_{bot} 为底摩阻项; S_{surf} 为破碎耗散项。

4 计算区域及网格划分

采用无结构计算网格对工程区域进行局部加密, 最小网格尺寸 20 m。采用 SW 波浪数学模型对工程前海域的波浪场进行模拟计算, 见图 3。

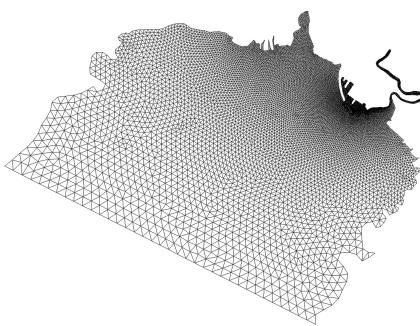


图 3 计算网格

5 参数选取

5.1 边界条件

入射波浪为不规则波, 采用标准 JONSWAP 谱进行模拟, 其定义为:

$$S(f) = \alpha H_{1/3}^2 T_p^{-4} f^{-5} \exp \left[-\frac{5}{4} (T_p f) \cdot \gamma^{\exp[-(f/f_p)-1]^2/(2\sigma^2)} \right] \quad (3)$$

其中

$$\alpha = \frac{0.06238}{0.230 + 0.0336\gamma - 0.185(1.9 + \gamma)^{-1}} \cdot (1.094 - 0.01915\ln\gamma)$$

$$T_p = \bar{T} / [1 - 0.532(\gamma + 2.5)^{-0.569}] \quad (4)$$

式中: T_p 为峰值周期; σ 为峰行参量; γ 为谱峰升高因子, 标准 JONSWAP 谱中 γ 取 3.3; $H_{1/3}$ 为有效波高; \bar{T} 为平均周期; f_p 为谱峰频率。

5.2 底摩擦系数

工程海域主要以中细砂分布为主, 计算时按砂质海域考虑底摩擦系数的取值, 根据相关工程经验, 取值范围为 0.004~0.008。

5.3 破碎指标

工程所处海域的地形水深变化较为复杂, 局部坡度相对较大, 根据规范选取破碎系数为 0.78。

6 特征点布置

采用大范围波浪数学模型对工程外侧护岸波要素进行推算, 特征点布置见图 4, 其中外侧护岸布置 10 个特征点(F-1~F-10), 此时特征点波要素即为 A 岛和 B 岛均建设完成后的波浪要素; 在内侧护岸布置 12 个特征点(N-1~N-12), 此特征点为只建设 B 岛的波浪要素。

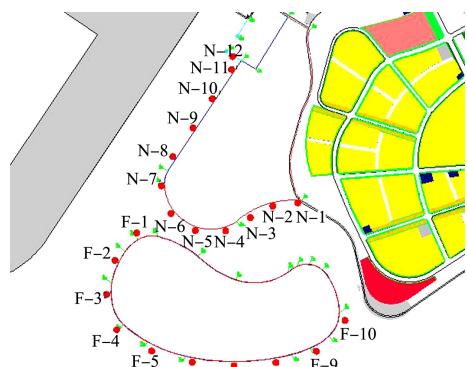


图 4 特征点布置

7 计算结果

辽东湾内东西两侧各有一海洋站, 分别为葫芦岛海洋站及鲅鱼圈海洋站(图 5), 有长期的波浪实测资料。根据已有重现期波浪要素结果, 利用大范围波浪数学模型^[6-7]对工程海域-15 m 等深线波浪要素进行了推算(表 2)。



图 5 海洋站位置

表 2 -15 m 等深线工程海域不同重现期波浪要素

重现期/a	风向	$H_{1/3}/m$	\bar{T}/s
50	SW	3.88	6.3
	SSW	4.43	6.6
	S	4.10	6.7
10	SW	2.84	5.7
	SSW	3.20	6.0
	S	2.80	5.8
2	SW	1.85	5.0
	SSW	2.20	5.3
	S	1.80	4.8

通过 MIKE 21 SW 模型计算, 得到 A 岛外侧护岸段 SSW 向和 SW 向 50 a 重现期、极端高水位护岸前波高统计结果, 见表 3。

表 3 各测点现状条件下波浪要素

风向	计算点	$H_{1\%}/\text{m}$	$H_{4\%}/\text{m}$	$H_{5\%}/\text{m}$	$H_{13\%}/\text{m}$	H_{m}/m	周期 T/s	波长 L/m
SSW	F-1	3.07	2.62	2.54	2.14	1.38	6.6	61
	F-2	3.16	2.69	2.61	2.20	1.42	6.6	61
	F-3	3.38	2.89	2.80	2.37	1.54	6.6	60
	F-4	3.52	3.02	2.92	2.48	1.62	6.6	59
	F-5	3.62	3.13	3.03	2.59	1.72	6.6	56
	F-6	3.62	3.12	3.03	2.58	1.70	6.6	57
	F-7	3.44	2.96	2.86	2.43	1.59	6.6	59
	F-8	3.27	2.81	2.72	2.31	1.52	6.6	57
	F-9	3.23	2.78	2.69	2.29	1.51	6.6	56
	F-10	3.29	2.88	2.80	2.42	1.65	6.6	49
SW	F-1	2.92	2.49	2.41	2.03	1.31	6.3	56
	F-2	2.99	2.55	2.47	2.08	1.34	6.3	57
	F-3	3.20	2.74	2.65	2.24	1.45	6.3	56
	F-4	3.36	2.88	2.79	2.36	1.54	6.3	55
	F-5	3.42	2.94	2.85	2.43	1.60	6.3	53
	F-6	3.44	2.96	2.87	2.44	1.61	6.3	54
	F-7	3.32	2.85	2.76	2.34	1.53	6.3	55
	F-8	3.16	2.71	2.63	2.23	1.46	6.3	54
	F-9	3.08	2.65	2.57	2.18	1.43	6.3	53
	F-10	3.03	2.64	2.57	2.21	1.49	6.3	46

8 结论

1) 外海波浪传播至工程区域时, 工程位置主要受 SW 向及 SSW 向波浪作用, 波浪在-10 m 等深线内变化相对较大, 传播至工程区域波高衰减约 50%; 工程区域东西两侧为浅滩区域, 波浪发生破碎, 波高衰减明显; 波浪主要沿深槽进入到工程护岸前沿, SSW 向波浪要略大于 SW 向波浪。

2) 最大波高出现在 SSW 向波浪作用下。

3) 工程实施后, 外侧 A 岛对内侧岸线(即 B 岛)形成一定的掩护作用, 波高显著降低, 西侧段受波浪直接作用, 波高相对大。游艇码头受外海绕射波浪影响较小, 受小风区风成浪影响较大。

参考文献:

- [1] 李文丹, 解鸣晓, 赵洪波. 盘锦人工岛建设条件分析[J]. 水利科技与经济, 2016, 22(10): 44-47.
- [2] 杨文鹏. 盘锦港荣兴港区五万吨级散货船通航安全仿真研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2019.
- [3] Danish Hydraulic Institute. MIKE21 user manual[M]. Copenhagen: Danish Hydraulic Institute, 2004.
- [4] 钟波, 石磊, 陈贤祎. Mike21 软件在航道水流模拟中的应用[J]. 中国高新技术企业, 2010(1): 49-50.
- [5] 王兴博, 张志国, 孙永奎, 等. 天津南港航道工程疏浚施工备淤深度研究[J]. 水运工程, 2016(5): 162-166.
- [6] 王燕燕, 蔡磊. MIKE21 软件在滨州港内泊稳研究中的应用[J]. 水运工程, 2018(S1): 93-97.
- [7] 李孟国, 刘百桥. 瓯江口海区波浪数学模型研究[J]. 水道港口, 2001, 22(1): 1-8. (本文编辑 武亚庆)

欢迎投稿 欢迎订阅