

启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目

施工图设计  
(报批稿)

设计单位：河海大学设计研究院有限公司

2023 年 12 月

# 启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目

## 施工图设计 (报批稿)

批 淮 人: 黄 波 (签名)

审 核 人: 王 军 (签名)

项目负责人: 欧阳峰 (签名)

参 加 人 员: 储 麾 陶证瑾

范书鸣 浦金山

河海大学设计研究院有限公司

设计证书编号: A132006110

二〇二三年十二月

## 目录

一、主要设计规范.....	4	7.3 鱼礁建设规模和布局.....	7
二、基础资料.....	4	7.4 人工鱼礁区坐标.....	7
三、设计规模及内容.....	4	八、主要计算成果.....	8
3.1 建设地点.....	4	8.1 基本工程数据（礁体概况）.....	8
3.2 主要增殖养护生物.....	4	8.2 结构稳定计算.....	8
3.3 人工鱼礁建设方案.....	4	九、施工方法.....	9
四、气象、水文.....	4	9.1 礁体制作.....	9
4.1 气象.....	4	9.2 礁体运输.....	10
4.2 水文.....	5	9.3 礁体投放.....	10
五、工程地质.....	5	十、施工进度.....	10
5.1 水深地形.....	5		
5.2 沉积物理化特性.....	5		
5.3 工程区岩土层分布.....	5		
5.4 地震.....	6		
5.5 沉积物承载力分析.....	6		
六、礁体设计.....	6		
七、人工鱼礁建设方案.....	7		
7.1 单位鱼礁区设计.....	7		
7.2 鱼礁群布局设计.....	7		

# 施工图设计总说明

## 一、主要设计规范

1. 《人工鱼礁资源养护效果评价技术规范》（SC/T 9417-2015）；
2. 《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014）；
3. 《建筑结构可靠度设计统一标准》（GB 50068-2018）；
4. 《混凝土结构设计规范》（GB 50010-2010）；
5. 《港口工程荷载规范》（JTS144-1-2010）；
6. 《码头结构设计规范》（JTS 167-2018）；
7. 《水运工程钢结构设计规范》（JTS152-2012）；
8. 《港口与航道工程水文规范》（JTS145-2015）；
9. 《水运工程地基设计规范》（JTS147-2017）。

## 二、基础资料

1. 《启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目可行性研究报告》，中国水产科学研究院东海水产研究所，2023 年 12 月。
2. 《启东市海洋牧场选划报告》，中国水产科学研究院东海水产研究所，2018 年 5 月。
3. 建设单位提供的其他基础资料。

## 三、设计规模及内容

### 3.1 建设地点

启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目选址于启东市管辖的横沙与乌龙沙之间水道-10m 等深线海域，距离最近的启东蒿枝港约 10 km。人工鱼礁区中心坐标为 (121°51'24.443"E、32°5'21.811"N)，四至坐标为 (121°51'11.844"E、32°5'38.627"N)、(121°51'47.617"E、32°5'12.780"N)、(121°51'36.908"E、32°5'5.515"N)、(121°51'0.959"E、32°5'31.170"N)，人工鱼礁区面积约 43.78 公顷。

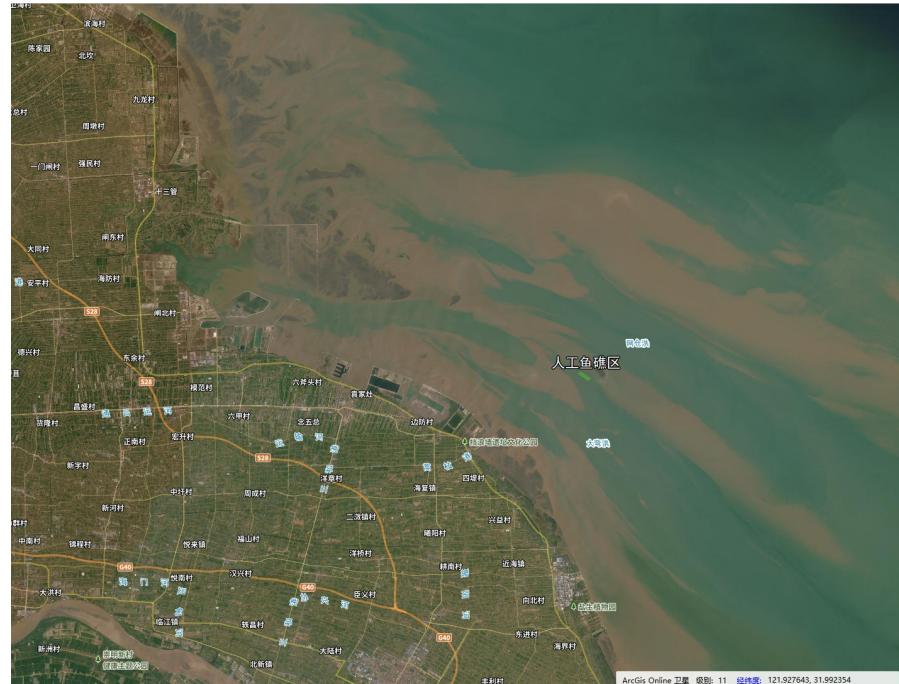


图 3-1 项目地理位置图

### 3.2 主要增殖养护生物

大黄鱼、小黄鱼、黄姑鱼、银鲳、棘头梅童鱼、鮸、黑鲷、中国花鲈、褐菖鲉、三疣梭子蟹、日本蟳和哈氏仿对虾等渔业生物。

### 3.3 人工鱼礁建设方案

启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目拟投放 300 个 3m×3m×4m 混凝土矩形底置养护礁单体和 24 个 10m×5m×4m 钢材矩形底置诱导礁单体，累计 15600 空 m<sup>3</sup>，共计建设 14 个单位鱼礁、2 个鱼礁群。

## 四、气象、水文

### 4.1 气象

## 4.1.1 气温

启东市属北亚热带湿润气候区，海洋性季风气候特征明显，四季分明，光照充足，气温温和，雨水充沛，无霜期长，春季天气多变，秋季天高气爽。根据启东气象站长期观测资料统计，多年平均气温为 15.3°C，极端最高气温为 38.3°C，极端最低气温为 10.6°C。

## 4.1.2 风况

历年平均风速在 2.6~4.2m/s 之间变化。冬季受冷空气南下影响，风速较大；春季由于冷暖气团活跃，气旋活动频繁，风速为年内最大，其中 3 月、4 月为大风月，月平均风速约为 3.8m/s；夏季受热带气旋的影响，风速也较大；秋季风速较小，10 月为小风月，月平均风速约为 2.8m/s。

## 4.1.3 灾害天气

气象站多年大风天数为 8d，多年平均暴雨天数为 2.8d，多年平均雷暴天数为 3.2d，多年平均积雪天数为 1.9d，多年最大积雪深度为 14.1cm。影响江苏省的热带气旋数量平均为 3.1 个/年；在统计时段中，最多年份可达 7 个（1990 年），最少年份为 0 个（1992 年、2002 年、2017 年）。

## 4.2 水文

### 4.2.1 水温

项目海域海水水温介于 2.2~32.9 °C 之间，平均水温为 17.6°C。日均水温介于 2.6~31.6 °C 之间，平均日均水温为 17.5°C。

### 4.2.2 潮汐

项目海域以正规半日潮为主，浅水分潮不显著，平均潮差自东南向西北逐步增大，各站平均潮差在 305cm~436cm 之间。各站平均涨潮历时在 6h03min~6h17min，平均落潮历时在 6h08min~6h21min，历时差在 9min~-18min 之间。

### 4.2.3 潮流

项目海域的潮流属正规半日浅海潮流类型，潮流的运动形式以往复流为主。大潮涨潮垂线平均流速在 48cm/s~88cm/s 之间，落潮在 52cm/s~87cm/s 之间，中潮涨潮垂线

平均流速在 38cm/s~69cm/s 之间，落潮垂线平均流速在 36cm/s~64cm/s 之间，小潮涨潮垂线平均流速在 15cm/s~34cm/s 之间，落潮垂线平均流速在 17cm/s~37cm/s 之间。

## 4.2.4 含沙量

项目海域含沙量不大，各站大中小三潮垂线平均含沙量在 0.044 kg/m<sup>3</sup>~0.505kg/m<sup>3</sup> 之间。大潮含沙量大于中潮含沙量，中潮含沙量大于小潮含沙量，在平面分布上无规律。

## 4.2.5 波浪

全年常浪向介于 NNE~NE~E~SE，出现频率共占 89.51%，其中 NNE~NE、ENE~E 和 ESE~SE 又分别各占 25.22%、26.58% 和 37.71%；全年最大波高 ( $H_{max}$ ) 出现在 ESE 向，为 5.27m，次强浪向为 NE 和 NNE 向，最大波高 ( $H_{max}$ ) 也均在 5.0m 以上。全年有效波高 ( $H_s$ ) 平均值为 0.92m，最大波高 ( $H_{max}$ ) 最大值为 5.27m，周期 ( $T_a$ ) 平均值为 3.90s，最大值为 8.70s。从有效波高 ( $H_s$ ) 平均值看，总体较大，在 0.76~1.21m 之间。从最大波高 ( $H_{max}$ ) 的最大值看，9 月份出现全年最大值 5.27m，发生时间为 2010 年 9 月 1 日 14:00，由 201007 号台风引起。

## 五、工程地质

### 5.1 水深地形

项目海域水深约 12—14m（国家 85 高程），平均水深 13m；海底地形较为平坦、没有沟槽，海床总体稳定。

### 5.2 沉积物理化特性

项目海域沉积物中砂含量均超过 80%，沉积物类型均为砂质。

### 5.3 项目海域岩土层分布

项目场区地基土层上部为全新世滨海相沉积，下部为晚更新世海陆交互相沉积，主要为粉细砂、粉质粘土与粉砂互层、淤泥质粉质粘土，具体划分为 12 个工程地质层，各层的分布及其工程地质性质分述如下：

①1 层 粉质粘土与粉砂互层

分布局限、不稳定。层顶高程-8.73~-15.20m，层厚 3.1~6.5m，灰色，饱和，软塑。

粉砂中密状，具层理，层厚 10~100mm 不等。

①2 层 粉砂夹粉质粘土

层顶高程-1.40~-21.40m，层厚 2.10~8.40m。灰色，饱和，中密状。夹软塑状粉质粘土层，具层理。粉砂厚 10~200mm 不等，粉质粘土厚 1~20mm。

①3 层 淤泥质粉质粘土、淤泥质粘土

层顶高程-11.20~-15.37m，层厚 1.05~6.70m。灰色，饱和，流塑—软塑。夹厚 1~2mm 粉砂薄层，具层理。

①4 层 粉质粘土夹粉砂

层顶高程-8.50~-23.50m，层厚 2.8~8.4m。灰色，饱和，软塑。夹中密状粉砂层，局部互层，具层理。粉质粘土厚 10~100mm 不等，粉砂厚 1~20mm。

①5 层 粉砂夹粉质粘土

层顶高程-13.02~-21.50m，层厚 4.4~9.9m。灰色，饱和，中密。夹软塑状粉质粘土层，局部互层，具层理，含贝壳。粉砂厚 1~50mm 不等，粉质粘土厚 2~10mm。

①6 层 淤泥质粉质粘土

层顶高程-19.67~-22.23m，层厚 10.3~17.1m 灰色，饱和，软塑—流塑，局部为淤泥质粘土，夹粉砂薄层，具层理，夹层厚 2~20mm。

①7 层 粉质粘土与粉砂互层

层顶高程-26.40~-37.90m，层厚 2.9~12.0m。灰色，饱和，软塑。粉砂中密状。局部为粉质粘土夹粉砂，具层理。粉质粘土厚 2~10mm 不等，粉砂厚 2~4mm。

②1 层 粉砂夹粉质粘土

层顶高程-26.87~-31.40m，层厚 6.4~16.0m。灰色，饱和，中密。夹软塑状粉质粘土层，具层理，含贝壳和少量腐植物。粉砂厚 10~50mm 不等，粉质粘土厚 1~10mm。

②2 层 粉砂

层顶高程-37.00~-46.37m，层厚 4.8~10.1m。灰色，饱和，中密。夹少量粉质粘土薄层，具层理，夹层厚 4~10mm。

②3 层 粉质粘土

层顶高程-44.00~-42.85m，层厚 5.40~6.15m。灰色，饱和，软塑。夹少量中密状

粉砂层，局部互层，具层理。粉质粘土厚 10~100mm 不等，粉砂厚 1~50mm。

②4 层 中砂

层顶高程-42.00~-49.75m，该层未揭穿，揭露厚度 6.50~13.9m。灰色，饱和，密实。级配良好。

②5 层 细砂、粉砂

层顶高程-37.50~-63.65m，该层未揭穿，揭露厚度 1.65~29.20m。灰色，饱和，密实。级配良好。

## 5.4 地震

根据国家标准《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），项目海域 II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.10g，相当于地震基本烈度为 VII 度。

## 5.5 沉积物承载力分析

项目海域沉积物净承载力为 53.60 KN/m<sup>2</sup>，此可推算每 1 m<sup>2</sup> 沉积物可承受 5.469 t。

## 六、礁体设计

根据《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014）等相关标准，礁体投放后，形状与结构保持年限不低于 30 年。

### 6.1 钢材矩形底置诱导礁

礁体由钢制方管焊接而成，整体呈长方体形状，礁体外形尺寸为 10m 长×5m 宽×4m 高，礁体空方体积为 200 空 m<sup>3</sup>，总重约 8.55 吨。框架的顶部、侧面和内部斜面各安装 2 块耐腐蚀镀锌钢栅格板，以增加礁体结构复杂度和固着生物的附着面积；礁体底部固定两块宽度 1m 的木板，在礁体沉陷过程中延缓沉降。礁体框架的上部及底部框架上均对称设计焊接了一定数量的拉环，可平行或交叉连接粗绳索以作为仿海草材料增加附着面积。

### 6.2 混凝土矩形底置养护礁

礁体下部为中空框架结构，上部为 4 层钢筋混凝土栅格板，下部中空的框架结构作为礁体下沉的缓冲层，即使下沉一定深度也不至于影响上层礁体的主体功能。礁体外型尺寸为 3m×3m×4m（高度），礁体空体积为 36 空 m<sup>3</sup>，单个礁体混凝土体积约 3.57m<sup>3</sup>，

重约 8.92 吨。外围框架棱柱宽为 0.25m，混凝土栅格棱柱宽为 0.1m；梁、柱混凝土强度等级为 C40，礁体的钢筋保护层厚度为 35mm。

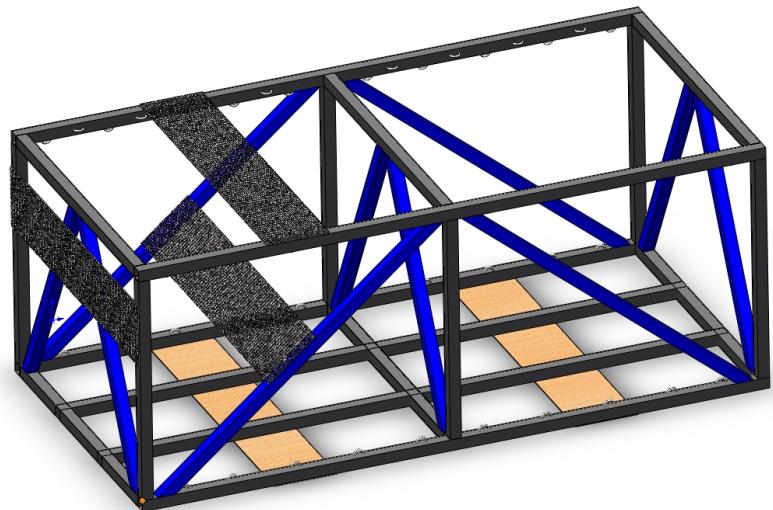


图 6-1 钢材矩形底置诱导礁

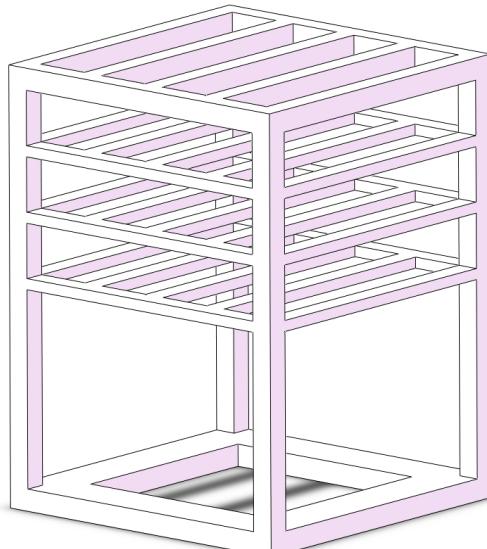


图 6-2 混凝土矩形底置养护礁

## 七、人工鱼礁建设方案

### 7.1 单位鱼礁区设计

单位鱼礁分为钢材矩形底置诱导礁单位鱼礁和混凝土矩形底置养护礁单位鱼礁。

钢材矩形底置诱导礁单位鱼礁：由 12 个钢材矩形底置诱导礁单体组成，以  $3\times 4$  矩阵排布，横向间距为 13.3m、纵向间距为 15m，形成一个边长为 60m 的正方形单位鱼礁区。单位鱼礁面积为  $3600\text{m}^2$ ，空方量为  $2400$  空  $\text{m}^3$ 。

混凝土矩形底置养护礁单位鱼礁：由 25 个混凝土矩形底置养护礁单体组成，以  $5\times 5$  矩阵排布，横向和纵向间距均为 6m，形成一个边长为 39m 的正方形单位鱼礁区。单位鱼礁面积为  $1521\text{m}^2$ ，空方量为  $900$  空  $\text{m}^3$ 。

### 7.2 鱼礁群布局设计

1 个礁群由 1 组钢材矩形底置诱导礁单位鱼礁和 6 组混凝土矩形底置养护礁单位鱼礁组成，中心位置布置为钢材矩形底置诱导礁单位鱼礁，混凝土矩形底置养护礁呈辐射状分布于四周（约 60 度一个），形成一个边长 300m 的正方形礁区，单个鱼礁群面积为 9 公顷，人工鱼礁规模为  $7800$  空  $\text{m}^3$ 。

### 7.3 人工鱼礁建设规模和布局

启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目拟投放 300 个  $3\text{m}\times 3\text{m}\times 4\text{m}$  混凝土矩形底置养护礁单体和 24 个  $10\text{m}\times 5\text{m}\times 4\text{m}$  钢材矩形底置诱导礁单体，累计  $15600$  空  $\text{m}^3$ （表 7-1），共计建设 14 个单位鱼礁、2 个鱼礁群。

表 7-1 本项目人工鱼礁的数量及总空方数统计

礁型	数量(个)	单位空方	总空方数(空方)
钢材矩形底置诱导礁	24	200	4800
混凝土矩形底置养护礁	300	36	10800
合计	324		15600

### 7.4 人工鱼礁区坐标

本项目将建设 2 个礁群，即 A 珊瑚礁群和 B 珊瑚礁群，A 珊瑚礁群和 B 珊瑚礁群的界址坐标见表 7-2 和图 7-1。

表 7-2 本项目人工鱼礁区的界址坐标

礁群	界址点	东经	北纬
A	A1	121° 51' 11.847"	32° 5' 38.625"
	A2	121° 51' 19.039"	32° 5' 31.055"
	A3	121° 51' 10.146"	32° 5' 24.933"
	A4	121° 51' 2.955"	32° 5' 32.503"
B	B1	121° 51' 38.618"	32° 5' 19.208"
	B2	121° 51' 45.808"	32° 5' 11.638"
	B3	121° 51' 36.916"	32° 5' 5.516"
	B4	121° 51' 29.725"	32° 5' 13.087"

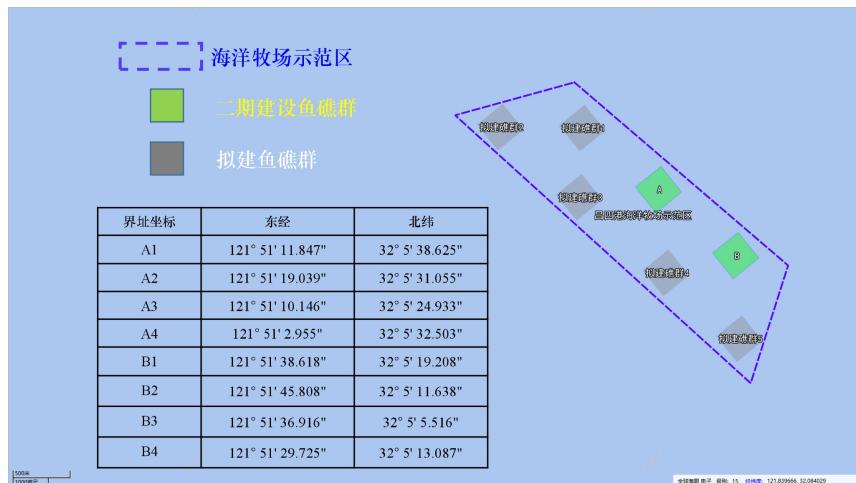


图 7-1 本项目鱼礁群（A 珊瑚礁群和 B 珊瑚礁群）布局图

## 八、主要计算成果

### 8.1 基本工程数据

本项目共设计钢材矩形底置诱导礁和混凝土矩形底置养护礁两种礁型，礁体概况如下：

(1) 钢材矩形底置诱导礁：总重约 8.55t，受流面积约 4.61m<sup>2</sup>，钢材强度等级均为 Q235B，表面涂装要求为环氧富锌底漆 1 遍 80μm、环氧云铁中间漆 1 遍 60μm。

(2) 混凝土矩形底置养护礁：总重约 8.92t，混凝土体积为 3.57m<sup>3</sup>，受流面积约 4.13m<sup>2</sup>，梁、柱混凝土强度等级为 C40，礁体的钢筋保护层厚度为 35mm。

### 8.2 结构稳定计算

鱼礁荷载：鱼礁结构自重；水流力作用。

以项目海域底层平均流速 0.50 m/s 作为设计流速。

#### (1) 水流力计算

根据《港口工程荷载规范》（JTS144-1-2010）中 13.0.1 中水流力标准值应按下式计算：

$$F_w = C_w \frac{\rho}{2} V^2 A$$

式中： $F_w$ —水流力标准值 (kN)；

$C_w$ —水流阻力系数，取 1.99；

$\rho$ —水密度 (t/m<sup>3</sup>)，海水取 1.025；  $V$ —水流设计流速 (m/s)，取 0.78m/s；  $A$ —计算构件在与流向垂直平面上的投影面积 (m<sup>2</sup>)。

经计算，钢材矩形底置诱导礁所受水流力为 2.86 KN，混凝土矩形底置养护礁所受水流力为 2.56 KN。

#### (2) 承载力计算

承载力计算结果表明（表 8-1），钢材矩形底置诱导礁和混凝土矩形底置养护礁对泥面的压力分别为 8.81 KN/m<sup>2</sup> 和 17.48 KN/m<sup>2</sup>，均小于泥面（承重层）的承载力（53.60 KN/m<sup>2</sup>）。

表 8-1 两种礁体的承载力评估结果

礁型	重量 (吨)	受力面积 (m <sup>2</sup> )	泥面压力 (KN/m <sup>2</sup> )	泥面(承重层) 承载力 (KN/m <sup>2</sup> )	评估 结果
钢材矩形底置诱导礁	8.55	9.51	8.81	53.60	合格
混凝土矩形底置养护礁	8.92	5.00	17.48	53.60	合格

#### (3) 礁体抗滑移性分析

采用模型对礁体抗滑移性的计算和校验。当海域流速在 3 节以内时，混凝土矩形底置养护礁礁体抗滑移系数均大于 1，具有很好的稳定性。由流速调查结果可知，除台风季节海区最大流速可能超过 3 节外，其余时间流速均在 3 节以内，不会影响礁体的抗滑移性。

表 8-2 人工鱼礁礁体的抗滑移系数

坡度	$u_0=1$ 节	$u_0=2$ 节	$u_0=3$ 节	$u_0=4$ 节	$u_0=5$ 节
5°	8.21	3.27	1.98	1.12	0.87
20°	7.45	3.14	2.09	1.45	0.93

#### (4) 礁体抗倾覆性

投礁海域的地形坡度同样会影响礁体的抗倾覆性。当海域流速在 4 节以内时，混凝土矩形底置养护礁礁体的各方面性能均能达到很好的稳定性。由流速调查结果可知，除台风季节海区最大流速可能超过 4 节外，其余时间流速均在 4 节以内，不会影响礁体的抗倾覆性。

表 8-3 人工鱼礁礁体的抗倾覆系数

坡度	$u_0=1$ 节	$u_0=2$ 节	$u_0=3$ 节	$u_0=4$ 节	$u_0=5$ 节
5°	11.73	5.19	3.09	2.09	1.07
20°	10.52	4.78	2.87	2.12	1.53

#### (4) 结构配筋计算

根据鱼礁整体稳定性计算，作用于鱼礁的水流力较小，可以忽略不计。鱼礁主要受力为结构自重、预制结构运输及起吊时的作用力。

#### ① 钢材矩形底置诱导礁

单个钢构礁自重为 8.55t，起吊、运输中最不利工况下跨中弯矩为 26.7 KN · m，应力为 73.2N/mm<sup>2</sup>，小于钢材抗弯强度设计自 215 N/mm<sup>2</sup>。

#### ② 混凝土矩形底置养护礁

单个混凝土礁自重为 8.92t，起吊、运输中最不利工况下跨中弯矩为 16.73 KN · m，经计算单根梁极限承载力为 29.7 KN · m。

#### (5) 稳定性物理模型试验

根据河海大学编制的《启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目波浪物理模型试验报告》的结论，在 50 年一遇高水位、设计高水位、设计低水位与 50 年一遇波浪工况组合条件下，不同波向波浪作用下人工鱼礁稳定性良好，未发生倾覆或水平移动。

## 九、施工方法

### 9.1 礁体制作

本项目中鱼礁单体的制作通过招投标方式确定生产单位。考虑到钢筋混凝土鱼礁的耐久性和稳定性，鱼礁单体内的钢筋必须做有效的捆扎及焊接。构件预制应选择有资质的企业，具备岸边码头和吊装设施。

施工工艺流程： 施工准备——台座检查、清理——钢筋加工、绑扎——模板安装——混凝土浇筑——拆模——保养——吊装、堆放

主要施工技术要求：

- (1) 预制场地应进行硬化处理，保证足够的刚度，防止地基下沉。
- (2) 预制构件应保证几何尺寸准确，开孔洞均需按图示位置预留，不得后凿。
- (3) 模板建议采用锻钢模板，表面应平滑且无肉眼可见的凹凸和接缝痕迹。浇筑混凝土前必须检查模板、钢筋、预埋件和预留洞口的尺寸、规格、数量和位置，并应检查模板的稳定性和接缝的密合情况等。
- (4) 混凝土浇注温度不宜超过 28°C，采用分层连续浇筑法，各层厚度应足够薄以保证两层混凝土经过适当振捣可结合成整体。
- (5) 混凝土振捣时，每点振动时间须足够长以保证混凝土完全捣实（振至表面呈

现水泥浆且不再沉落）。插入式振捣器不得触及模板或钢筋。振捣须靠近模板处开始，先外后内，移运间距离不应大于有效半径的 1.5 倍。插入式振捣器插入已有的混凝土中深度至少要 10cm，应快速插入混凝土中，并慢慢拔出，反复插入拔出以保证混凝土均匀振实结成整体。

(6) 混凝土强度达到 2.5MPa 后，进行外模、端头模板的拆除；内模在施工后在保证其表面不发生塌陷和裂缝现象时拆除。拆模时间不宜过早，防止碰坏混凝土。拆除模板时不允许猛烈地敲打和强扭，严禁抛扔。

(7) 构件浇筑完成后立即覆盖洒水进行养护，操作时不得使鱼礁体受到污染和损伤，不允许抽水漫流，以免流水在砼表面上留下水流痕迹。采用薄膜覆盖，进行洒水保湿养护，模板拆除前保持湿润。保湿养护时间为 14d，当湿度小于 60%时，养护周期不小于 28d。

(8) 在混凝土达到 100%设计强度以后，才可进行吊运作业，起吊点不得少于 4 个。

## 9.2 磯体运输

人工鱼礁预制件养护要达到规范要求，混凝土强度达到 100%设计强度才可进行起吊作业。装运预制礁体前，由质量检测技术人员对预制礁体进行检查、验收，不符合技术要求时应予修整和清理。为便于礁体验收，应在每个礁体上部横梁上固定 1 个 15cm 长、15cm 宽、1 毫米厚的铝合金板铭牌对礁体进行编号，编号规则为 QDYJ2001—QDYJ2324。

吊运预制礁体时，采取必要的保护措施，不得对构件造成损坏。保证使用礁体运输及投放所用的船只均必须性能良好、证书齐全，有适航礁体投放水域的等级证书。礁体

与礁体，礁体与船甲板按照设计规定运输并采取必要的加固措施。

## 9.3 磯体投放

(1) 人工鱼礁海上运输可采用平底驳船，运输时应避开台风、暴雨等恶劣天气。

(2) 当风速不大于 6 级（即风速≤12m/s）时，允许进行人工鱼礁抛投作业。

(3) 抛投施工应选择在平潮期流速较小时进行，首先进行试抛，根据抛投试验所获得的抛投落距规律，确定吊机船的抛投提前量（漂距）。

(4) 吊机船采用 GPS 定位系统做好定位措施后抛锚固定船位，然后安排人工鱼礁运输船舶靠泊吊机船，吊机船起吊人工鱼礁礁体，缓慢下降使礁体下部入海后再脱钩，确保礁体不发生倾覆。

## 十、施工进度

项目施工总工期为 8 个月。

表 10-1 项目施工进度表

任务\个月	1	2	3	4	5	6	7	8
施工招标								
礁体预制								
礁体投放								
水下勘测								
竣工验收								

## 设计说明

1. 本工程为启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目的结构设计，计划投放混凝土矩形底置养护礁单体300个和钢材矩形底置诱导礁单体24个。

共计完成建设14个单位鱼礁、2个鱼礁群。

建设地点：启东市横沙与乌龙沙之间水道-10m等深线海域。

## 2. 设计依据：

- (1) 人工鱼礁建设技术规范 SC/T9416-2014
- (2) 建筑结构荷载规范 GB50009-2012
- (3) 混凝土结构设计规范 GB50010-2010 2015版
- (4) 混凝土结构耐久性设计规范 GB/T 50476-2019
- (5) 海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范 JGJ 275-2000
- (6) 水运工程混凝土结构设计规范 JTS151-2011
- (7) 钢结构设计标准 GB50017-2017

3. 钢筋符号：Φ-HPB300级钢筋；Ⅱ-HRB400级钢筋。

4. 混凝土强度等级：C40。

5. 焊条：焊接 HRB400钢筋采用E50XX型。

6. 受力钢筋混凝土保护层厚度：30mm。

7. 有关钢筋锚固搭接详见图集22G101-1。

## 8. 钢筋混凝土构件预制

(1) 预制构件应保证几何尺寸准确。预制板铺设应先将支座用水湿透，再用1:3水泥砂浆20厚坐浆。

(2) 浇筑混凝土前必须检查模板、钢筋、预埋件和预留洞口的尺寸、规格、数量和位置，并应检查模板的稳定性和接缝的密合情况等；

(3) 在浇筑过程中，应控制混凝土的均匀性和密实性，不应出现露筋、空洞夹渣、松顶等现象，特别对构件棱角处，应采取有效措施，防止在混凝土振捣过程中出现漏浆。

(4) 混凝土的浇筑应连续进行，在浇筑及静置过程中，应采取措施防止产生裂缝。

9. 钢构件强度等级为Q235B。钢结构除锈等级为Sa2.5级，并达到35~55μm的粗糙度。涂装要求为：环氧富锌底漆1遍80μm，环氧云铁中间漆1遍60μm，可不涂刷面漆。

10. 构件起吊：混凝土矩形鱼礁、钢构礁投放前采用Φ20钢丝绳捆绑，各角均设绑扎吊点，各吊点钢丝绳应栓于立柱两侧梁根部，且紧贴立柱起。吊后脱钩后，钢丝绳随鱼礁沉入海底。鱼礁制作前应充分考虑起吊安全。

11. 构件运输：鱼礁不可堆叠运输。运输过程中，各鱼礁单体应平稳放置，避免出现碰撞或倾倒。

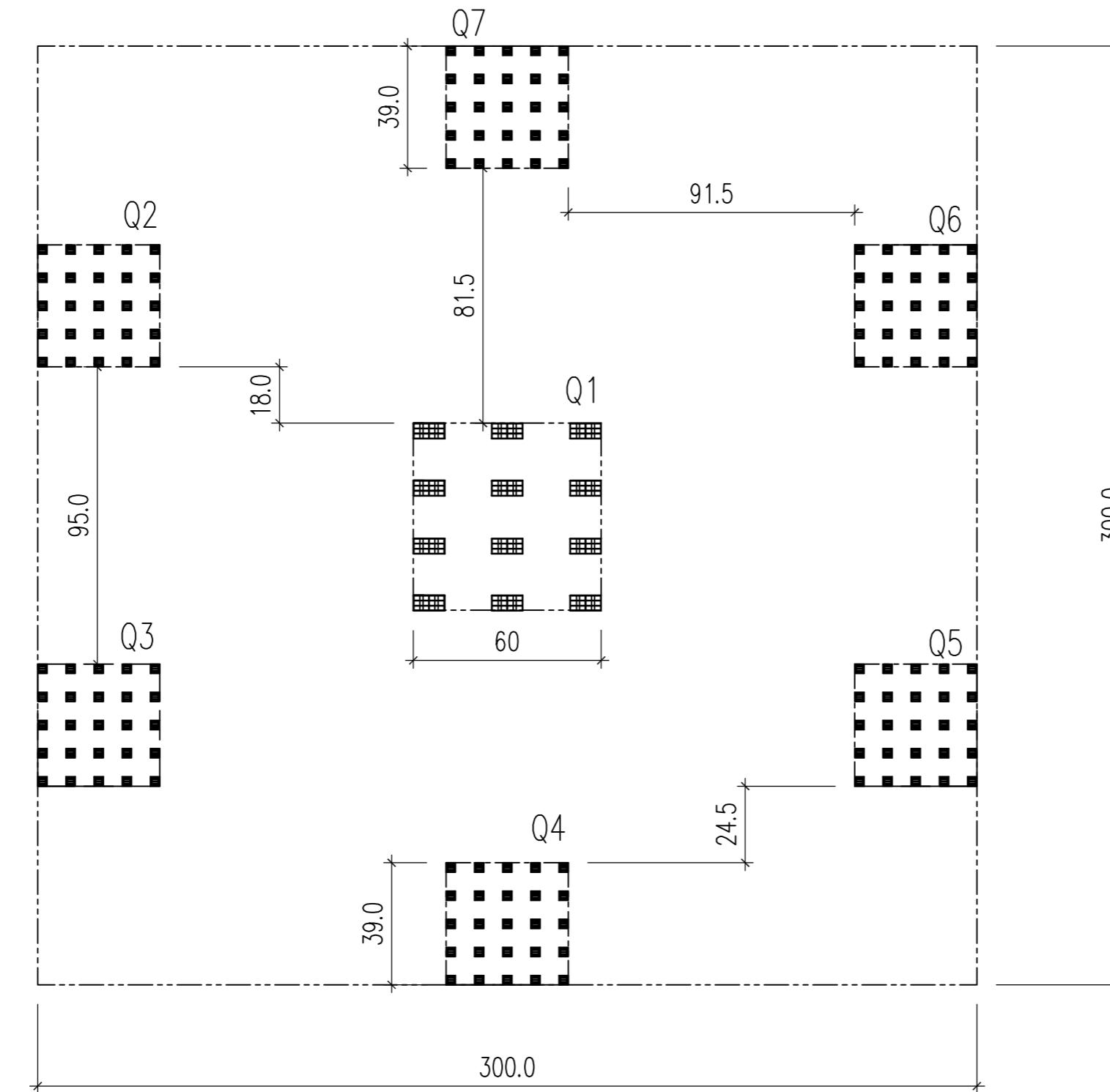
## 12. 其他

(1) 图中尺寸单位处注明外均以mm计。

(2) 鱼礁投放地点另行设计。

(3) 未事宜按国家标准和规范施工。

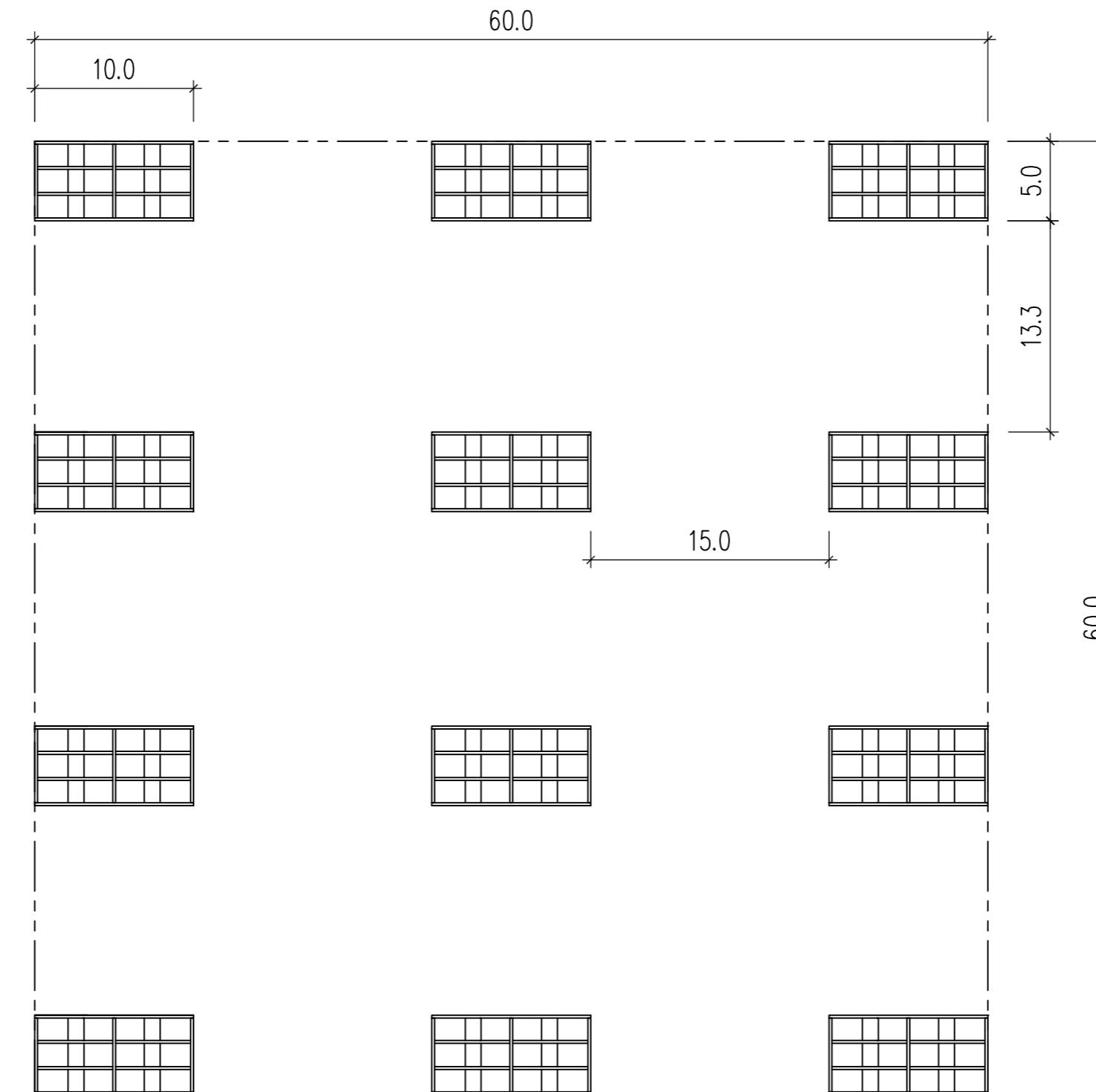
	河海大学设计研究院有限公司 Hohai University Design & Research Institute Co., Ltd.	证书编号 A132006110 A232006117	设计说明	图纸内容	日期 2023.12
建设单位	启东市吕四港	项目名称	启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目	设计编号	比例 见图
项目名称	启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目	子项名称			阶段 施工图
批准	黄波	项目负责	欧阳峰	校 对	储 廉
审核	鲁子爱	专业负责	欧阳峰	设 计	范书鸣
				图纸编号	JG-01



### 鱼礁群布局设计

说明: 1、鱼礁群由1组钢构单位鱼礁和6组混凝土单位鱼礁组成, 中心位置布置为钢构单位鱼礁。  
混凝土单位鱼礁呈辐射状分布于四周(约60度一个), 共12个钢构鱼礁, 150个混凝土矩形鱼礁;  
2、单位鱼礁间距81~95m;  
3、礁群为边长300m的正方形, 面积为90000m<sup>2</sup>, 鱼礁体积7800空m<sup>3</sup>。

	河海大学设计研究院有限公司 HUAHAI UNIVERSITY DESIGN & RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.	证书编号	A132006110 A232006117	设计编号	
		图纸内容	鱼礁群布局设计		
建设单位	启东市吕四港			日期	2023.12
项目名称	启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目			比例	见图
子项名称				阶段	施工图
批准	黄波		项目负责	欧阳峰	
审核	鲁子爱		专业负责	欧阳峰	
校对	储塵		版本号		V.1
设计	范书鸣		图纸编号		JG-02

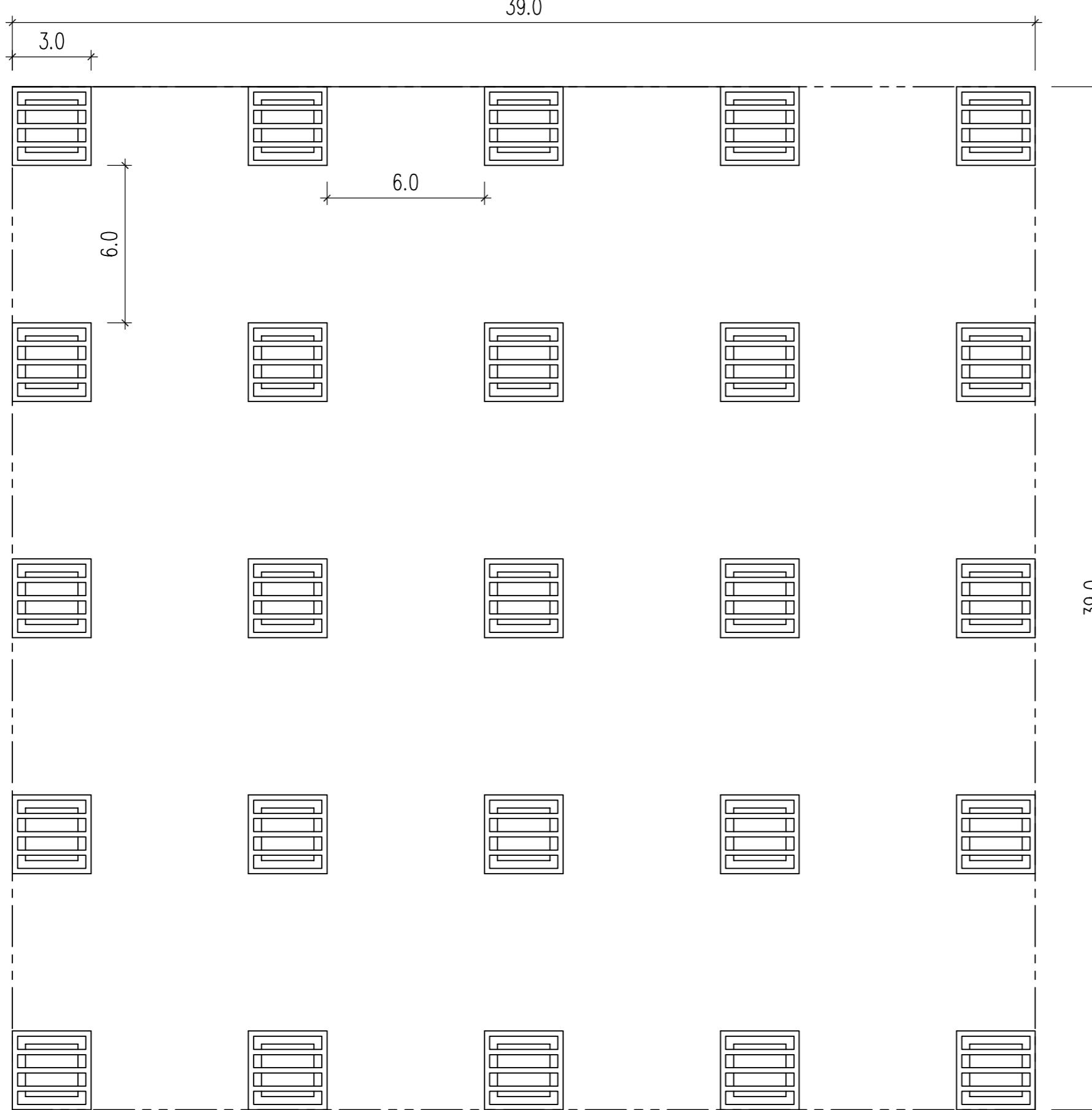


单位鱼礁—钢构矩形底置诱导礁布局图

注: 图中尺寸单位以m计。

说明: 1. 单位鱼礁组由12个钢构鱼礁以3×4矩阵排布, 横向间距为13.3m, 纵向间距为15m;  
2. 单位鱼礁区域为边长60m正方形;  
3. 单位鱼礁面积 3600 m<sup>2</sup>, 鱼礁总体积约 2400 立方米。

<b>河海大学设计研究院有限公司</b> <small>HOHAI UNIVERSITY DESIGN &amp; RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.</small>		证书编号	A132006110 A232006117	图纸内容	单位鱼礁—钢构矩形底置 诱导礁布局图	日期	2023.12
建设单位	启东市吕四港	比例	见图			阶段	施工图
项目名称	启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目						
子项名称							
批准	黄波	项目负责	欧阳峰	校对	储塵	版本号	V.1
审核	鲁子爱	专业负责	欧阳峰	设计	范书鸣	图纸编号	JG-03



单位鱼礁—混凝土矩形底置养护礁布局图

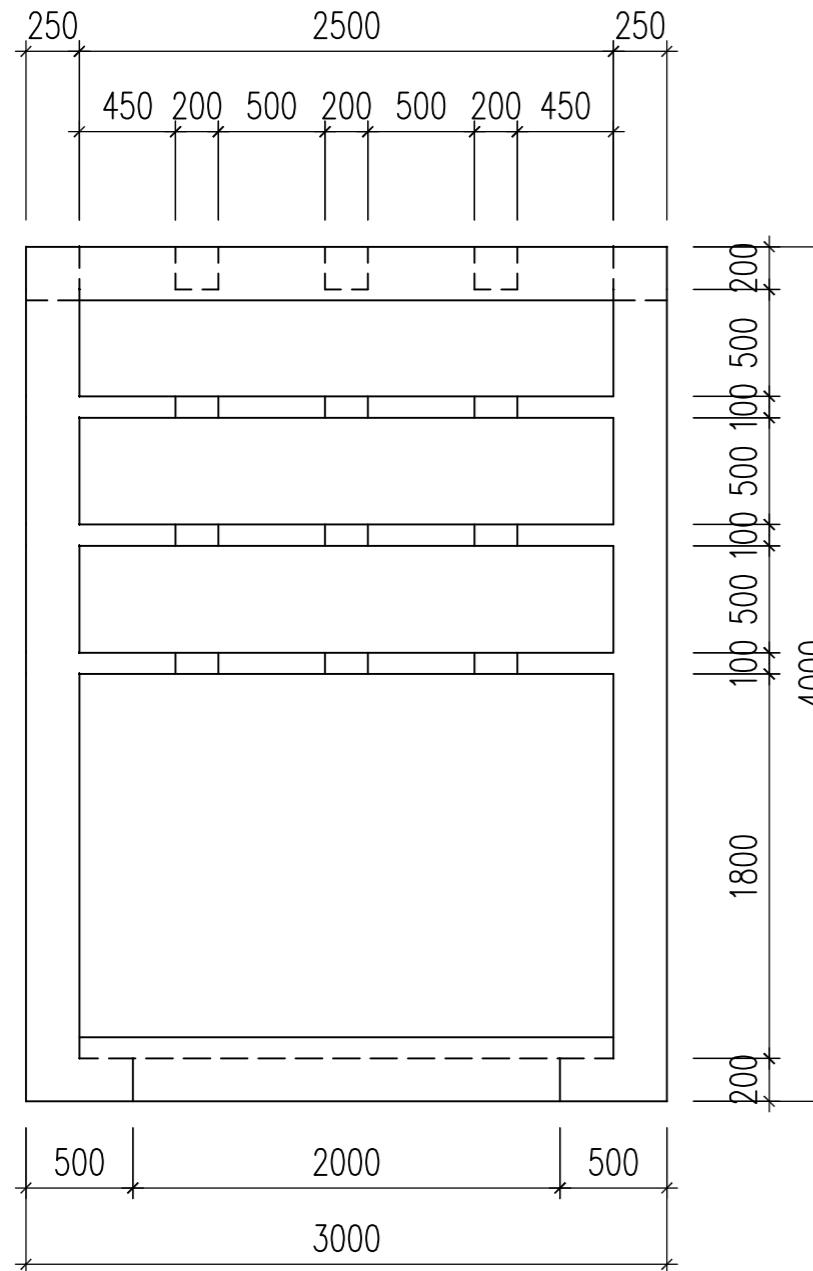
注：图中尺寸单位以m计。

说明：1、单位鱼礁组由25个混凝土矩形鱼礁以 $5\times 5$ 矩阵排布，横向和纵向间距均为6m；  
2、单位鱼礁区域为边长39m正方形；  
3、单位鱼礁面积  $1521\text{m}^2$ ，鱼礁总体积约  $900\text{空m}^3$ 。

						河海大学设计研究院有限公司 HOHAI UNIVERSITY DESIGN & RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.			证书编号	A132006110 A232006117	图纸内容	日期	2023.12							
									设计编号											
建设单位			启东市吕四港			图纸内容	单位鱼礁—混凝土矩形底置 养护礁布局图			比例	见图									
项目名称			启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目																	
子项名称																				
批准	黄波		项目负责	欧阳峰		校对	储塵		版本号	V.1										
审核	鲁子爱		专业负责	欧阳峰		设计	范书鸣		图纸编号	JG-04										

不得量取图纸尺寸施工。如有任何不详事宜，请在施工前与设计师会商。

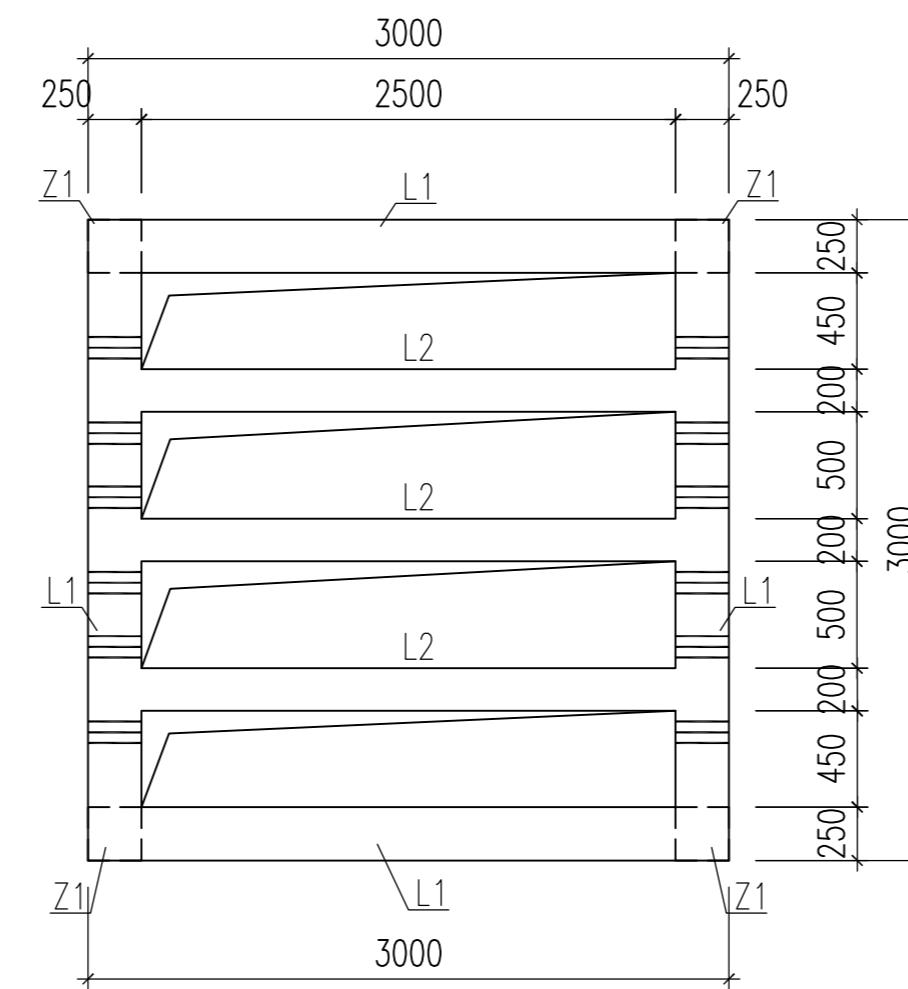
未加盖院出图专用章无效。



混凝土矩形礁顶层平面布置图 1:

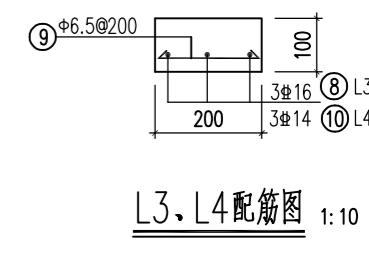
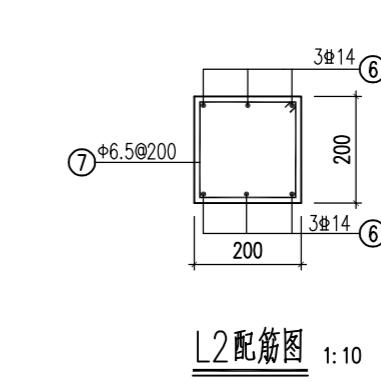
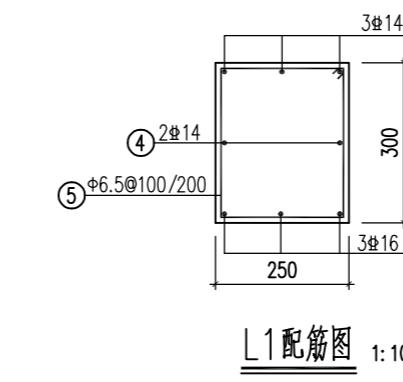
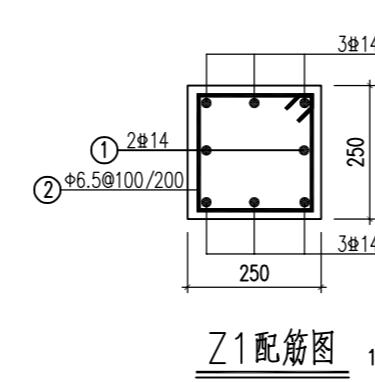
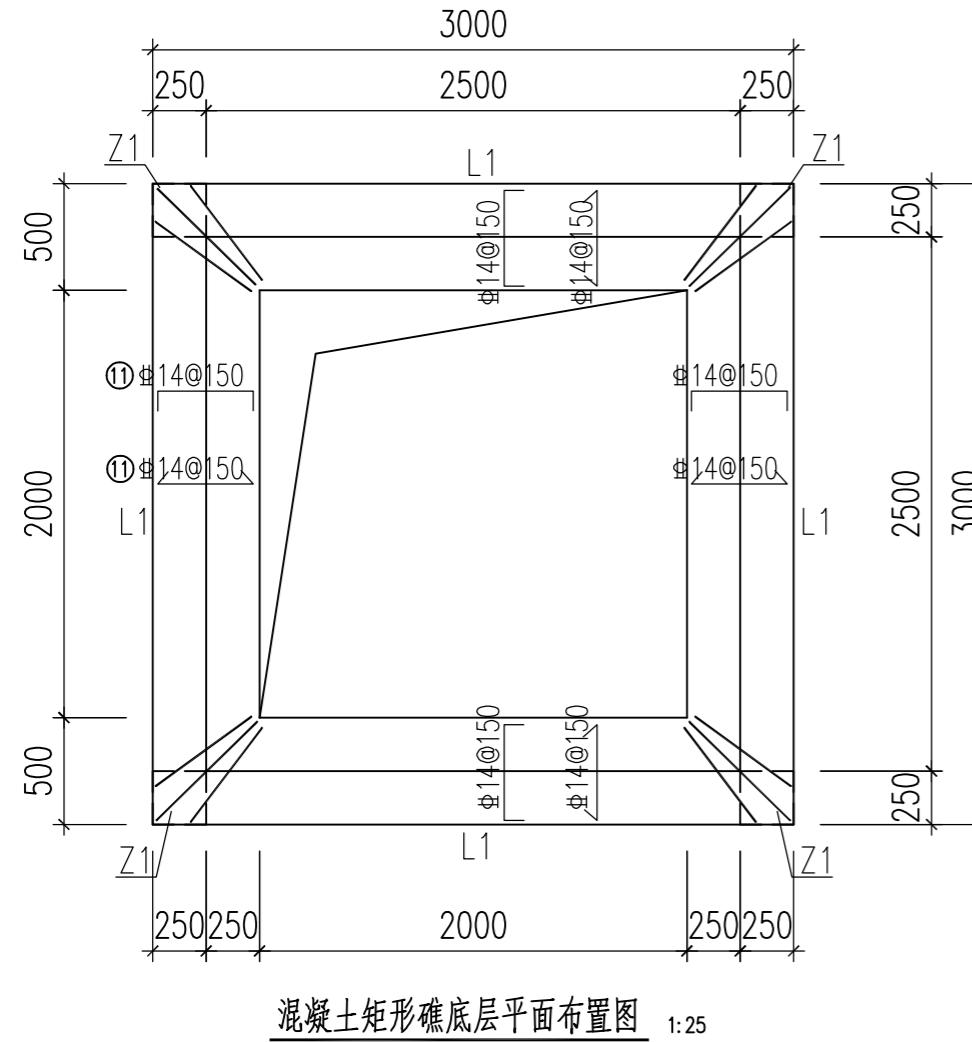
注:L1与L2相交处,节点两侧各设3根@50的附加箍筋,附加箍筋规格同

混凝土矩形礁立面布置图 1:2



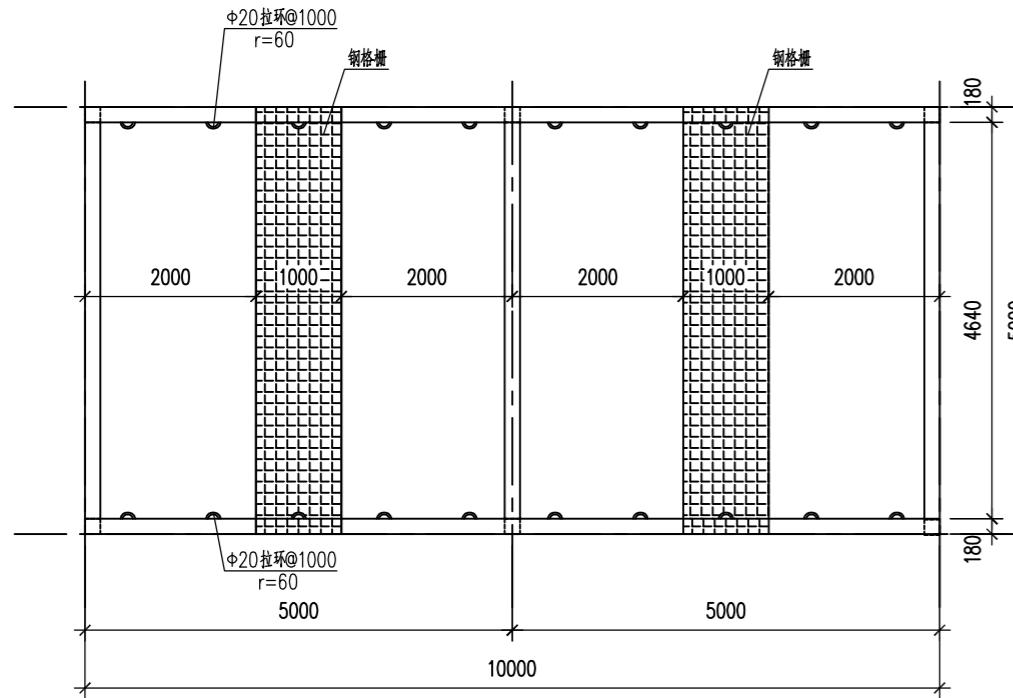
混凝土矩形礁中间层平面布置图

	河海大学设计研究院有限公司 HOHAI UNIVERSITY DESIGN & RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.	证书编号	A132006110 A232006117							
		设计编号								
建设单位	启东市吕四港			图纸内容	混凝土矩形礁布置图			日期	2023.12	
项目名称	启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目							比例	见图	
子项名称								阶段	施工图	
批准	黄波		项目负责	欧阳峰		校 对	储塵		版本号	V.1
审核	鲁子爱		专业负责	欧阳峰		设 计	范书鸣		图纸编号	JG-05

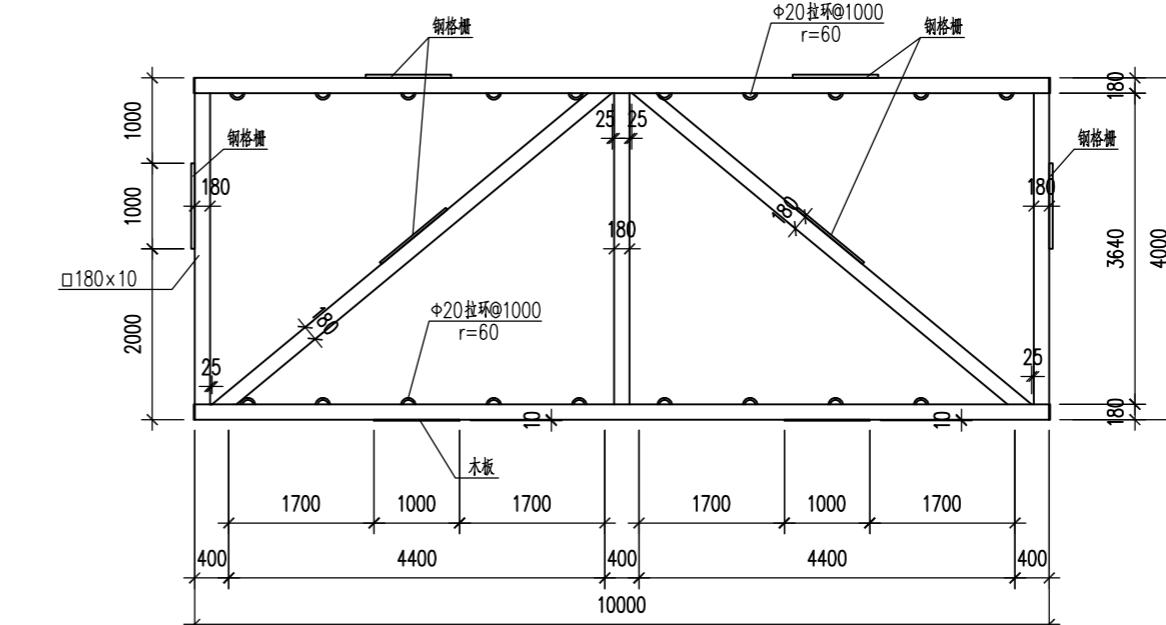


混凝土矩形礁材料表						
编号	型式(mm)	规格	单根长(mm)	根数	总长(m)	单位重(kg/m)
1	450 3930 450	14	4830	32	77.28	1.208
2	190 190	6.5	904	132	119.33	0.260
3a	240 2930 240	14	3410	24	81.84	1.208
3	240 2930 240	16	3410	24	81.84	1.578
4	2930	14	2930	16	46.88	1.208
5	240 190	6.5	1004	172	173.94	0.260
6	240 2930 240	14	3410	18	61.38	1.208
7	190 190	6.5	904	36	32.54	0.260
8	240 2930 240	16	3410	36	122.76	1.578
9	231	6.5	231	252	58.21	0.260
10	2930	14	2930	27	79.11	1.208
11	130 430 130	14	690	112	77.28	1.208
12	130 平面 130	14		24	20.32	1.208
钢材用量合计(kg)						1052.52

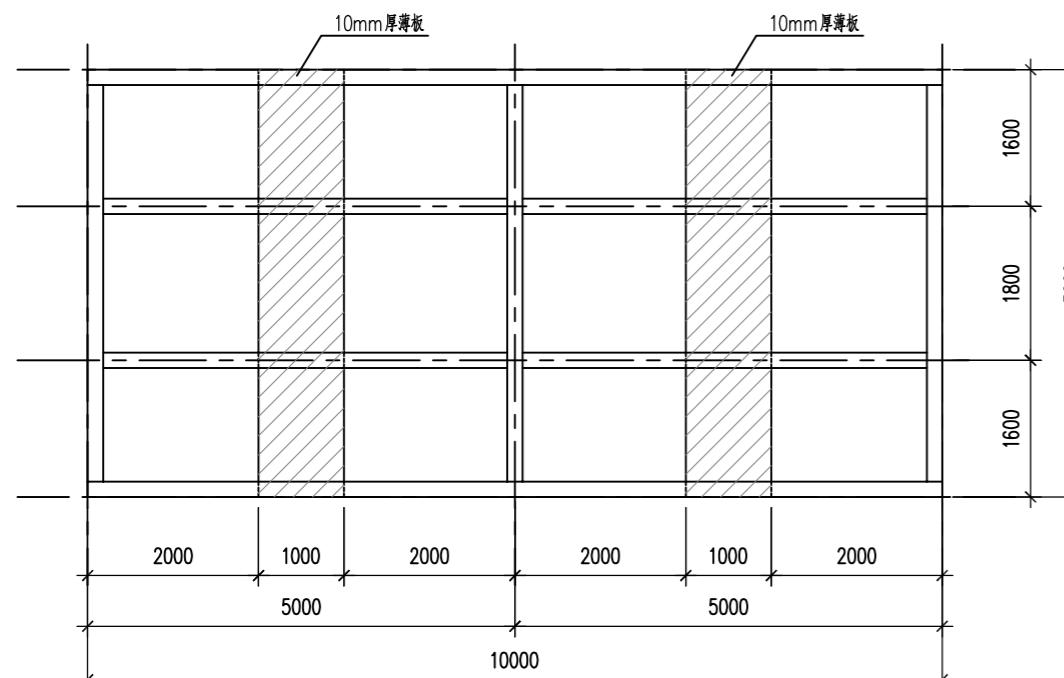
注：单个棱柱礁混凝土量为3.568m<sup>3</sup>。



钢构礁顶层平面布置图 1:25



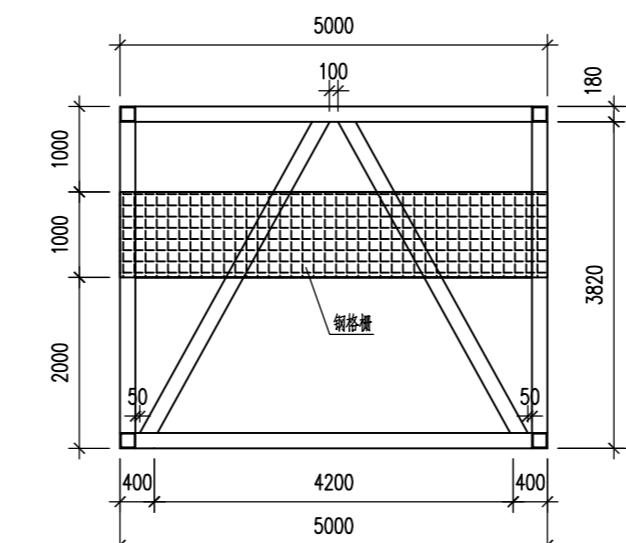
钢构礁立面布置图一 1:25



钢构礁底层平面布置图 1:25

说明: 除底部立柱外, 其余构件均为180×180×10.

- 说明: 1. 焊脚尺寸均为8mm。  
2. 拉环用于栓扣粗绳索, 粗绳索可平行或交叉连接, 以增加仿海草材料附着面积。  
粗绳索共6条, 采用50mm直径麻绳。  
3. 镀锌钢格栅共6块, 与矩形钢管焊接, 规格为G255/30/100。  
4. 木板采用10mm厚钢条包边木板。



钢构礁立面布置图二 1:25

钢构礁材料表						
编号	名称	规格	单根长 (mm)	数量	总长 (m)	单位重 (kg/m)
1	钢纵梁	□180×180×10	10000	4	40.00	50.70
2	钢横梁	□180×180×10	4640	6	27.84	50.70
3	钢次梁	□180×180×10	4730	4	18.92	50.70
4	钢柱1	□180×180×10	3640	6	21.84	50.70
5	斜撑1	□180×180×10	5707	4	22.83	50.70
6	斜撑2	□180×180×10	4161	6	24.97	50.70
7	拉环	20	190	56	10.64	2.466
8	封头钢板			8		2.54
9	镀锌钢格栅					190.00
钢材用量合计(kg)						9115.76

注: 10mm厚钢条包边木板面积10.0m<sup>2</sup>.

	河海大学设计研究院有限公司 HOHAI UNIVERSITY DESIGN & RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.	证书编号	A132006110 A232006117	图纸内容	钢构礁详图	日期	2023.12
		设计编号					
建设单位	启东市吕四港						
项目名称	启东市吕四港海洋牧场乌龙沙人工鱼礁建设项目	比例	见图				
子项名称		阶段	施工图				
批准	黄波	项目负责	欧阳峰	校对	储塵	版本号	V.1
审核	鲁子爱	专业负责	欧阳峰	设计	范书鸣	图纸编号	JG-07