



消浪孔沉箱的开孔封堵、溜放与安装施工技术

李福文¹, 任志杰²

(1. 中交一航局第二工程有限公司, 山东 青岛 266071; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 超大型消浪孔沉箱的建造、移运和安装对于施工设备和技术都是一个很大的挑战。以青岛港董家口港区北一突堤4#泊位工程为例, 介绍沉箱消浪孔封堵采用内拉悬挂钢模板封堵工艺, 克服了传统封堵方式的不足, 实现了“中间隔墙消浪孔不封堵、沉箱候潮安装”的工法; 同时介绍消浪孔沉箱在溜放、浮运和安装过程中的计算及施工关键技术。该工程的成功实践, 为超大型消浪孔沉箱的移运和安装提供了借鉴。

关键词: 消浪孔沉箱; 消浪孔封堵; 沉箱溜放; 安装

中图分类号: U 655.4

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2012)08-0191-04

Construction technique for perforation's plugging and caisson's launching and placing

LI Fu-wen¹, REN Zhi-jie²

(1. The Second Engineering Co., Ltd. of CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Qingdao 266071, China;

2. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: The manufacture, launching and placing of ultra-large perforated caissons are great challenges for the construction equipment and technique. Taking caissons of berth No.4 on the north pier of Dongjiakou area Qingdao port as an example, this paper presents the perforation plugging technique of suspended steel formwork, which recovers the shortage of conventional plugging methods. With this new technique, perforations on the midfeathers could be left unplugged and caissons can be placed at high tide. Moreover, the paper introduces the calculation and key construction technique in the launching and placing process of perforated caissons. The successful practice of the project provides a reference for the launching and placing process of ultra-large perforated caissons.

Key words: perforated caissons; perforations plugging; caisson launching; caisson placing

消浪孔沉箱结构是一种低反射率的新型结构, 其于20世纪60年代由加拿大Jarlan提出并得到广泛关注, 之后在加拿大、意大利、日本等国的多个工程中得到应用; 1975年开孔沉箱首次应用于我国秦皇岛油港二期东防波堤工程, 之后越来越多地应用于码头及防波堤建设。近年来, 随着施工能力的逐渐增加, 消浪孔沉箱的尺度越来越大, 传统的消浪孔封堵工艺逐渐显现出局限性。本文以青岛港董家口港区北一突堤4#泊位工程的沉箱为例, 介绍沉箱消浪孔封堵、沉箱溜放与安

装过程中的计算及施工技术。

1 工程概况

青岛港董家口港区北一突堤4#泊位工程位于青岛市董家口港区防波堤内, 因现场受东、南2个方向的波浪影响较大, 风浪在码头前沿破碎与叠加反射, 可能引起船舶断缆及码头越浪损失。为改善泊稳条件, 该工程码头结构采用了消浪孔沉箱, 并且使用了国内目前吨位最大的消浪孔沉箱, 沉箱自质量约6 200 t, 沉箱尺寸为29.68 m × 21.05 m × 22.2 m

收稿日期: 2012-03-19

作者简介: 李福文(1980—), 男, 工程师, 主要从事港口与航道工程施工及管理。

(长×宽×高)(图1)。

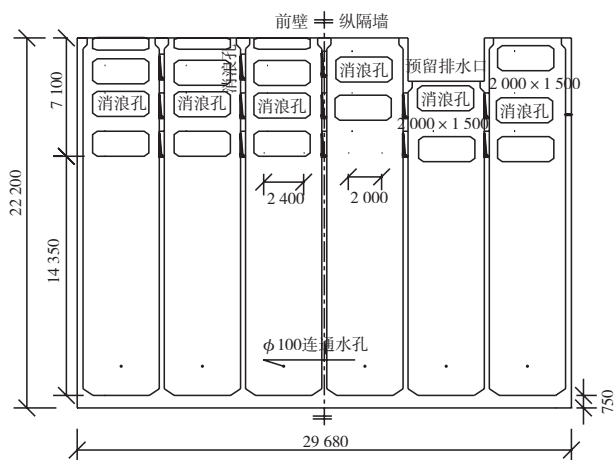


图1 消浪孔沉箱立面

2 消浪孔封堵

2.1 方案比选

消浪孔沉箱质量约6 200 t, 布置消浪孔105个, 为国内目前最大的消浪孔沉箱。沉箱溜放前, 需封堵消浪孔, 沉箱安装后拆除。为保证施工安全和效率, 需选择合理的封堵方案。本工程选用了内拉悬挂钢模板封堵工艺。

2.1.1 几种传统的封堵工艺及其局限性

1) 沉箱外壁预埋圆台、钢模板封堵法: 适合封堵开孔数量少, 且安装与拆除钢模板时, 全过程需吊机配合, 受机械制约。

2) 预浇低强度等级混凝土、安装后凿除法: 预制时需二次后浇混凝土, 安装后需潜水员水下凿除, 效率太低。

3) 气囊封堵法: 为保证气囊的密封性, 需对消浪孔四角进行圆弧处理, 实施难度高; 且使用后的气囊难以应用到其他工程, 残值低。

2.1.2 内拉悬挂钢模板封堵工艺

根据沉箱消浪孔成列布置、顶端开口的特点, 采用内拉悬挂钢模板封堵前墙单列4个消浪孔。钢模板制作时, 内面顶部相应位置焊接悬挂支腿以承受自身质量; 钢模板内面与消浪孔对应位置焊接带孔钢板, 以便与后方加固型钢相连。封堵消浪孔时, 钢模板起吊后悬挂在沉箱壁上, 人员用螺栓(或紧张器)将钢模板内面的带孔钢板与后方加固型钢紧密连接, 使钢模板内面紧密

贴靠在沉箱前壁, 达到封堵目的。此外, 钢模板周边贴25 mm厚泡沫橡胶条, 提高封堵效果。沉箱出运、安装时, 钢模板所受水压力将其紧紧压在沉箱前壁上, 沉箱内基本不会进水, 确保沉箱顺利溜放、安装(图2)。

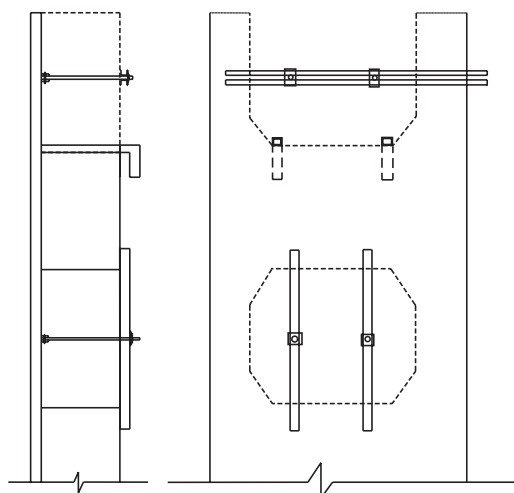


图2 内拉悬挂钢模板

2.2 选用封堵方案的受力计算^[1]

工程所处水域受波浪、潮汐影响甚微, 可近似于静水, 钢模主要承受水的静压力。按“沉箱外水面到模板顶、沉箱内水面不到最下排消浪孔底”的最不利受力考虑, 钢模板承受7.1 m高海水压力。图3为钢模板示意图。

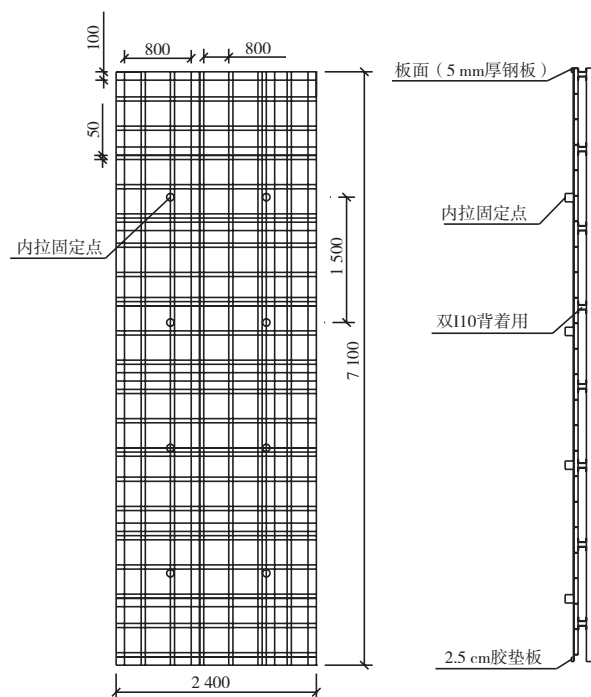


图3 钢模板

最大侧压力计算: $p = \rho gh = 71.32 \text{ kN/m}^2$; 模板 $2.4 \text{ m} \times 7.1 \text{ m}$, 板面采用 5 mm 钢板, 板肋使用 $5\#$ 槽钢 (间距 $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$), 横竖围檩采用 2 根 $10\#$ 槽钢 (间距 80 cm), 竖向内拉间距 1.5 m 。

2.2.1 面板验算

1) 强度验算。

选面板区格中三面固定、一面简支的最不利受力情况进行计算。

根据支座弯矩, $\sigma_{\max} = 92.4 \text{ MPa}$ ($\leq 215 \text{ MPa}$), 满足要求;

根据跨中弯矩, $\sigma_{\max} = 42.73 \text{ MPa}$ ($\leq 215 \text{ MPa}$), 满足要求。

2) 挠度验算。

$f/l = 1/779$ ($\leq 1/500$), 满足要求。

2.2.2 横肋计算

横肋间距 80 cm , 采用 $10\#$ 槽钢, 支承在竖向大肋上。

强度验算: $\sigma_{\max} = 92 \text{ MPa}$ ($\leq 215 \text{ MPa}$), 满足要求。

挠度验算 (跨中): $\omega/l = 1/400$ ($\geq 1/500$), 不满足挠度要求, 但只是稍大, 利于在水压力作用下, 模板变形紧贴混凝土外壁。

2.2.3 竖向大肋计算

竖向大肋选用 2 根 $10\#$ 槽钢。

强度验算: $\sigma_{\max} = 161.7 \text{ MPa}$ ($\leq 215 \text{ MPa}$), 满足要求。

挠度计算: $\omega/l = 1/432$ ($\geq 1/500$), 不满足要求, 挠度偏大, 但不影响使用。

2.2.4 结论

通过模板的板面、横肋、竖肋的受力计算, 说明钢模板可满足封堵要求, 该工艺可行。封堵工艺实施时, 应注意以下几点:

1) 钢模板后方不配桁架, 在水压力作用下, 模板变形、越压越紧。

2) 内拉螺栓 (紧张器) 不易过紧。如内拉力大, 悬挂钢模中部向内变形, 导致模板两侧与沉箱前壁产生缝隙。

3) 如遇钢模板局部变形或沉箱前壁局部不平整, 可使用较厚止水带或砂浆封堵, 但封堵面积

不可过大。

3 沉箱溜放、拖运相关计算^[2]

3.1 沉箱浮游稳定性计算

消浪孔沉箱有 24 个舱格, 对称分为 4 个分区。沉箱前后左右均不对称, 计算浮游稳定性时, 与通常沉箱不同, 需先计算前后、左右方向不平衡力矩, 计算出平衡加水高度, 然后采用试算法计算沉箱的定倾高度。为减少沉箱吃水, 本工程沉箱采用起重船吊辅溜放, 计算沉箱内加水分别为 0.5 m , 1.0 m , 0.7 m , 1.2 m , 沉箱吃水 10.22 m , 重心高 7.29 m , 浮心高 5.09 m , 定倾高度 0.39 , 满足 $m \geq 0.2$ 的规范要求。浮游稳定性的具体计算不再赘述。

3.2 沉箱拖运主拖缆钢丝绳选用

拖缆力 F_s 计算:

$$A = B(T + \delta) = 258.65 \text{ m}^2;$$

$$F_s = AT_w V^2 K / (2g) = 322.5 \text{ kN};$$

式中: F_s 为水流阻力 (kN); A 为沉箱受水流阻力面积, 计算构件与流向垂直平面上的投影面积 (m^2); B 为沉箱的水面宽度 (m); T 为沉箱吃水高度 (m); δ 为沉箱前涌水高度, 通常取 0.6 倍可能出现的波高, 波高取 1.5 m (m); T_w 为海水的重度, 取 10.25 kN/m^3 ; V 为沉箱对水的相对速度, 相对速度取 3 kn , 即 1.544 m/s ; K 为挡水形状系数, 矩形为 1.0 , 流线型为 0.75 。本沉箱取 1.0 。

$\phi 52$ (6×37 (a) 类纤维芯、钢丝绳公称抗拉强度为 1670 MPa) 钢丝绳抗拉强度: 1490 kN , 安全系数: $n = 1490 / 322.5 = 4.6 (\geq 3)$;

因此采用 $\phi 52$ 钢丝绳作为沉箱拖运主拖钢丝绳。

4 沉箱溜放

消浪孔沉箱与普通沉箱溜放相比, 应注意以下几点:

1) 为保证沉箱进水阀门密封性, 阀门在焊接前做 20 m 水头的水压密封试验, 同时做好木楔堵漏准备。用测绳拴住木楔, 下加配重钢板沉入水中, 以测绳读数判断木楔与阀门口的相对位置。

2) 对沉箱钢盖板做简易封舱。用钢丝绳把出

运沉箱的临时钢盖板和沉箱吊鼻连接成整体。防止外海溜放沉箱,海况不好,沉箱剧烈晃动,沉箱盖板滑移伤人。

3)溜放沉箱晃绳带法。由以前溜放前用交通船带改为用钢丝绳在预制场盖盖板时引到沉箱顶,溜放前在沉箱顶打撇缆,带晃绳,从而避免现场流大浪大、交通船带缆危险。

5 沉箱安装

5.1 消浪孔沉箱安装潮位的计算^[2]

沉箱基床预留倒坡,消浪孔沉箱安装时,前后舱格加水高度不同。中间分区隔墙消浪孔是否需要封堵,需计算沉箱安装时加水高度与中间隔墙消浪孔底高程进行比较。

沉箱安装后理论高程前沿5.0 m,后沿4.85 m,中间隔墙按4.9 m。中间隔墙消浪孔最底边距顶7.1 m。为调整沉箱倒坡,沉箱后沿舱格比前沿舱格多加0.3 m水,根据浮游稳定性计算,前后开始串舱时,左后加水最多,加水高度 $h=14.35$ m,其余各舱格加水高度为: $h_{左前}=13.55$ m; $h_{右前}=13.35$ m; $h_{左后}=14.35$ m; $h_{右后}=14.15$ m。

沉箱刚接触到基床瞬间, $F_G=F_f$, F_G =沉箱内水重+沉箱自重+沉箱上施工荷载=132 500 kN; $F_f=\rho g V_{排}=F_G$,即 $V_{排}=F_G/(\rho g)=129\ 267$ kN。

根据 $V_{排}=V_{趾}+V_{沉箱}$,可计算出沉箱浸没高度为21.7 m,此时沉箱干舷高度为0.5 m,因此沉箱理论安装潮位为4.5 m。

考虑到安全系数,沉箱接触基床瞬间按 $h_{左后}h_{左后}=13.35$ m,同上步骤计算,此时沉箱干舷高度为1.4 m,理论安装潮位为3.6 m,考虑现场波浪波高1 m,消浪孔沉箱的实际安装潮位取2.6 m。

综上所述,消浪孔沉箱控制在2.6 m潮位以下安装,不需封堵中间隔墙消浪孔,安装安全的。

5.2 沉箱安装

沉箱安装采用传统工艺,沉箱傍靠定位方驳后,低潮定位方驳将沉箱带至安装大体位置,利用前一个沉箱,使用手拉葫芦安装(图4)。与传统沉箱安装不同,本施工须注意以下几点:

1)沉箱注水傍靠定位方驳等待安装时,应控制沉箱吃水深度,保证堵漏模板不入水,避免因封堵模板漏水影响沉箱安装质量。

2)沉箱安装时,可能会受基床浮泥、涌浪等影响,沉箱接触基床时的注水高度与计算有偏差。因此安装过程中,施工人员必须时刻监测前后沿沉箱舱格内的水头高度,避免在沉箱触底前各舱格串水,导致沉箱突然位移,安装手拉葫芦瞬间受力过大,崩断伤人。

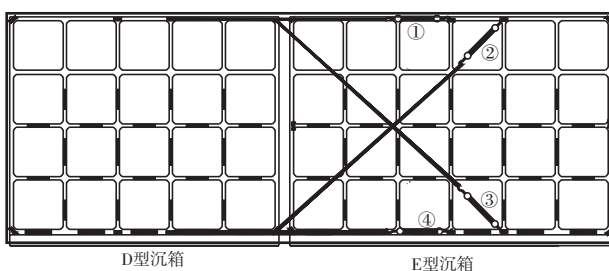


图4 沉箱安装

5.3 拆除封堵钢模

悬挂式整体钢模板的拆除时,上层两排内拉螺栓(紧张器)由施工人员趁低潮在沉箱顶拆卸,底层两排由潜水员在沉箱舱格内水下拆卸,潜水员拆除不受海况影响,效率较高。所有螺栓(紧张器)拆除后,将钢模板整体起吊存放,准备下一个沉箱的溜放与安装。

6 结语

根据本工程开孔沉箱的特点,对多种封堵方案进行比较后,本工程摒弃了传统的封堵工艺,选用了内拉悬挂钢模板封堵工艺,封堵工艺简洁可行;同时通过计算,大胆采用“中间隔墙消浪孔不封堵、沉箱候潮安装”的工法,降低了工程投入,取得了良好的经济效益。

参考文献:

- [1] JTJ 283—1999 港口工程钢结构设计规范[S].
- [2] JTS 167-2—2009 重力式码头设计与施工规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)