

港口大型圆形地下连续墙施工技术

彭 波, 张 振, 刘英驹, 马明强

(山东正元建设工程有限责任公司, 山东 济南 250101)

摘要:日照港石臼港区东煤南移项目翻车机房围护结构采用圆形地下连续墙。文章阐述了在吹填地层港口环境下,针对圆形地连墙厚砂层坍塌、内径小且弧度大、圆弧形钢筋笼、偏槽等难点问题,采取了场地加固、设置导墙外扩角、改进开挖方法、特制加工平台、多方法纠偏等处理措施,取得了较好的效果,为类似工程提供一定的参考。

关键词:圆形地下连续墙;圆弧形钢筋笼;偏槽;导墙外扩角;吹填地层港口

中图分类号:TU753 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2020)01-0062-07

Construction technology for the large circular diaphragm wall at the port

PENG Bo, ZHANG Zhen, LIU Yingju, MA Mingqiang

(Shandong Zhengyuan Construction Engineering Co., Ltd., Jinan Shandong 250101, China)

Abstract: The circular diaphragm wall was adopted for the enclosure structure of the rolling machine room at the Shijiu port area of Rizhao Port. This paper expounds the difficulties on construction of the circular diaphragm wall at the port in the dredger fill formation environment, such as collapse of the thick sand layer, small inner diameter and large radian of the wall, the circular steel cage, trench deviation. Some treatment measures have been adopted, including ground reinforcement, setting up external expansion angle for the guide wall, improvement of the excavation method, fabrication of the special processing platform, deviation rectifying with multiple methods. Good results have been obtained, providing some references for similar projects.

Key words: circular diaphragm wall; arc-shaped steel cage; deviating trench; external expansion angle of guide wall; port in dredger fill formation

1 工程概况

1.1 基本情况

日照港石臼港区东煤南移工程翻车机房位于港区南作业区南三突堤陆域回填区内,场地东侧紧邻已建成的防潮堤,西侧为焦炭泊位和堆场,围护结构采用圆形地下连续墙+三道圈梁+八道竖肋的结构形式。

翻车机房基坑地面标高约 6.0 m,开挖底标高-11.000 m,开挖深度 17 m,北侧与廊道相连。圆形地连墙半径 26.95 m(中心弧长),周长约 172.4 m(外边),由 32 幅墙组成,墙厚 1 m,标准单元槽段长度 5.3 m(中心弧长),有效深度 25.3 m,进入强风化岩面以下深度 <2 m,详见图 1。混凝土强度等级 C30。

1.2 地层情况

本项目位于日照港石臼港区南作业区,原为海域,前期经过开挖,后期吹填形成陆域,上部地层采用强夯法进行了地基处理。场地东侧紧邻已建成的防潮堤,西侧为焦炭泊位和堆场。表层土质多以粗砾砂为主。圆形地连墙周边环境见图 2。

勘察结果表明,区域内岩土层分布较有规律,在地连墙施工深度范围内自上而下地层主要有:

①₃ 冲填土(淤泥质粘土):灰褐色,软塑状,高塑性,土质不均,含砂粒。该层分布较少,层位较稳定。层厚为 0.8~2.3 m,层底高程一般为-4.35~-3.12 m。平均标贯击数 $N=3.5$ 击。

①₄ 冲填土(粗砾砂):黄褐、灰黄色,松散一中密状,土质不均,含粘粒,夹少量粘性土团,局部混粘性土,局部钻孔上部夹角砾。该层全区均见,层位较稳定。层厚为 3.7~26.7 m,层底高程一般为-12.38

收稿日期 2019-03-20; 修回日期:2019-12-21 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.01.012

作者简介:彭波,男,汉族,1981年生,从事岩土工程施工工作,山东省临沂市蒙山大道 107 号,pbobo414@126.com。

引用格式:彭波,张振,刘英驹,等.港口大型圆形地下连续墙施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(1):62-68.

PENG Bo, ZHANG Zhen, LIU Yingju, et al. Construction technology for the large circular diaphragm wall at the port[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(1):62-68.

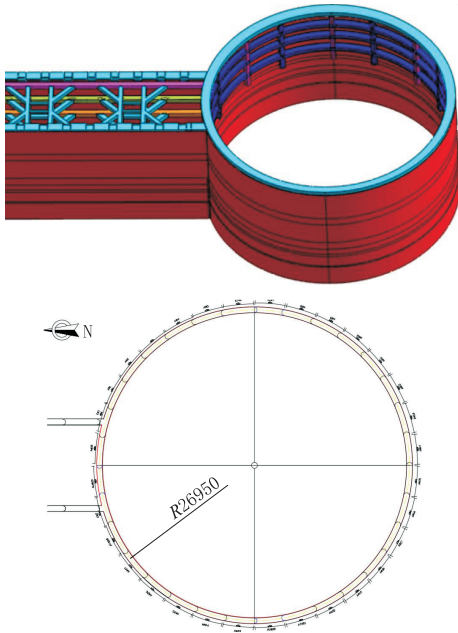


图 1 圆形地连墙布置

Fig.1 Layout of the circular diaphragm wall



图 2 圆形地连墙周边环境

Fig.2 Surrounding environment of the circular diaphragm wall

~0.96 m。平均标贯击数 $N=15.1$ 击。

①₅ 冲填土(粉质粘土): 黄褐、灰褐色,可塑状为主,局部呈软塑状或硬塑状,中塑性,含砂粒,夹砂团,局部混砂,土质不均。该层全区均见,层位较稳定。层厚为 1.4~11.7 m,层底高程一般为-13.21~-9.37 m。平均标贯击数 $N=8.7$ 击。

①₆ 冲填土(粉土): 灰褐、黄褐色,稍密状为主,局部中密状,夹粘性土团,局部混砂,土质不均。该层分布较多,层位较稳定。层厚为 0.4~2.2 m,层底高程一般为-2.94~-0.01 m。平均标贯击数 $N=13.5$ 击。

②₂ 粉质粘土: 灰褐色,可塑状为主,局部软塑或硬塑状,中塑性,含砂粒,局部混砂,土质不均。该层分布较多,层位较稳定。层厚为 0.4~2.1 m,层

底高程一般为-14.06~-12.83 m。平均标贯击数 $N=9.0$ 击。

②₃ 粗砾砂: 灰褐色,松散-中密状,局部夹粘性土团,土质不均。该层全区均见,层位较稳定。层厚为 0.6~3.7 m,层底高程一般为-16.71~-13.38 m。平均标贯击数 $N=17.2$ 击。

③₁ 粉质粘土: 黄褐、灰褐色,可塑-硬塑状,中塑性,含砂粒,局部混砂,土质不均。该层分布于大部分钻孔中,层位较稳定。层厚为 0.5~3.8 m,层底高程一般为-17.31~-14.25 m。平均标贯击数 $N=11.7$ 击。

③₂ 粗砾砂: 黄褐、灰褐色,稍密-密实状,夹少量粘性土团,局部混粘性土,土质不均。该层全区均见,层位较稳定。层厚为 2.0~4.7 m,层底高程一般为-19.74~-17.83 m。平均标贯击数 $N=26.9$ 击。

④₁ 全风化岩: 褐灰色,原岩结构可见,大部分矿物风化变异,岩心呈砂状,遇水易软化崩解。该层仅分布于钻孔 B4 中,层厚 0.7 m,层底高程为-19.13 m。平均标贯击数 $N=32.0$ 击。

④₂ 强风化岩: 黄褐、灰褐色,原岩结构清晰,主要矿物成分为石英、长石、云母等,其他矿物大部分风化,上部岩心多呈砂状,局部呈粘性土状,下部岩心多呈碎块状,遇水易软化崩解。该层全区均见,层位较稳定。在钻探深度范围内层厚为 5.1~17.1 m,揭露层顶高程一般为-19.74~-18.75 m。平均标贯击数 $N>50$ 击。

1.3 地下水情况

据抽水试验结果:

(1)潜水主要赋存于上部人工填土层中的①₄ 冲填土(粗砾砂)、①₅ 冲填土(粉土)、冲填土(粉细砂)、冲填土(砂混粘性土)及碎石层等,含水层底板高程一般为-12.38~-2.21 m,厚度一般为 6.3~16.7 m。

(2)承压水主要赋存于下部②₃ 粗砾砂和③₂ 粗砾砂中。层厚分别为 0.6~3.7 m 和 2.0~4.7 m,层底高程分别为-16.71~-13.38 m 和-19.74~-17.83 m。勘察资料表明,以上两地层与场地东侧防波堤相连,承压水与海水相连通。

场地隔水层主要为①₅ 冲填土(粉质粘土)、②₂ 粉质粘土和③₁ 粉质粘土,以上地层局部缺失,构成相对隔水层。

(3)场地内潜水的渗透系数 $K = 30.0 \text{ m/d}$ ($3.47 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$),影响半径 $R = 252.1 \text{ m}$;潜水的透水性等级为强透水。

(4)场地地下结构抗浮设计水位高程可综合按 $+5.37 \text{ m}$ 考虑。

(5)该场地潜水对混凝土结构具有中腐蚀性;对钢筋混凝土中的钢筋在干湿交替情况下具有强腐蚀性,在长期浸水情况下具有弱腐蚀性。

2 工程特点与施工难点

针对本工程地质及技术特点,主要有以下特点及施工难点:

(1)东侧紧邻已建成的防潮堤,承压水主要赋存的②₃粗砾砂和③₂粗砾砂与场地东侧防波堤相连,承压水与海水相通,海水的潮汐变化对地连墙槽壁稳定有较大的影响,且海水中氯离子含量很高(16000 mg/L),混入泥浆中会降低泥浆的稳定性,加速泥浆的沉淀,降低使用率。

(2)场地自表层开始存在 $7 \sim 8 \text{ m}$ 厚的砂层,局部厚度达到 10 m 左右,采用挖机对砂层开挖发现,砂层坍塌严重,导墙沟不能成型。

(3)场地为吹填及回填形成,局部至深度 15 m 仍存在直径 $>50 \text{ cm}$ 的块石。

(4)围护结构依据圆形拱效应进行受力计算,其内外边线均为弧线,地连墙连成整体后形成封闭的圆环。本工程圆形地连墙中心线半径为 26.95 m ,标准单元槽段长度 5.3 m (中心弧长),弧度为 0.197 ,具有内径小、弧度大的特点。成槽设备采用 SG60 型成槽机,液压抓斗平直,分幅宽度为 2.8 m ,如何确保圆形的成墙效果是施工难点。

(5)圆形地连墙钢筋笼断面为圆弧状,内外面均为曲面而非平面。

(6)圆形地连墙施工技术相对复杂,施工难度大,成槽质量要求高。

3 施工工艺流程

结合本工程实际情况,圆形地连墙施工工艺流程见图 3^[1-2]。

4 圆形地连墙施工要点

4.1 场地加固及处理

(1)为控制海水潮汐变化对地连墙槽壁的影响,

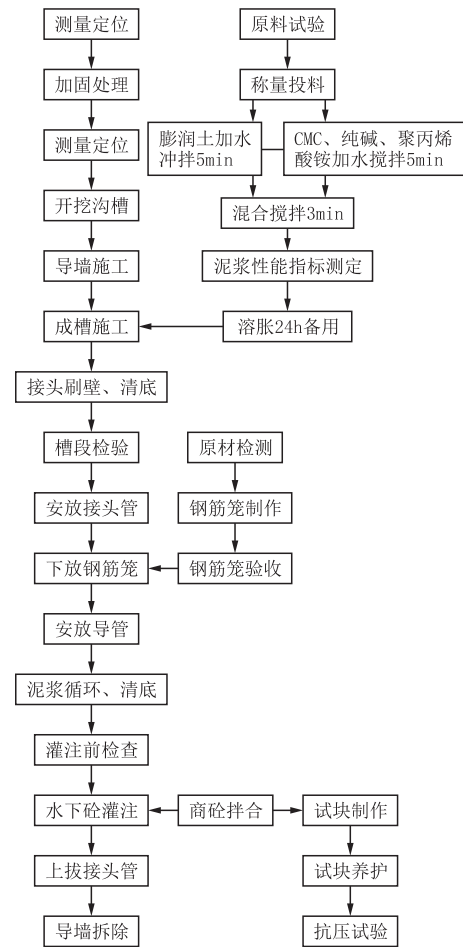


图 3 圆形地连墙施工工艺流程

Fig.3 Construction process of the circular diaphragm wall

在地连墙东侧 12 m 处位置设置了一道截水墙。截水墙采用三管高压旋喷桩,桩径 900 mm ,桩间搭接 250 mm ,桩底接触强风化岩面,有效桩长约 25 m 。水泥掺量 $\leq 25\%$,施工水压和浆液压力 $\leq 25 \text{ MPa}$,空气压力约 0.7 MPa ,提升速度 $12 \sim 15 \text{ cm/min}$ 。

(2)本工程砂层厚,标贯击数较高,且局部存在较多的回填块石,采用单管法高压旋喷桩对砂层进行加固处理。单管法高压旋喷桩设置于地连墙两侧以外 10 cm 处,桩径 600 mm ,搭接宽度 200 mm ,有效桩长 11 m ,水泥掺入比为 20% ,施工浆液压力 25 MPa 。

4.2 导墙设置

圆形地连墙标准段单元槽分幅长度为 5.3 m (中心弧长),弧度达到 0.197 ,液压抓斗的分幅宽度为 2.8 m ,常规导墙不能满足开挖要求。为确保抓斗有足够空间进行开挖施工,需对导墙设置外扩角。

导墙外扩角设置在槽段的中心位置,总长度为

1 m,外扩距离为 10 cm,如图 4 所示。



图 4 导墙外扩角

Fig.4 External expansion angle of the guide wall

4.3 泥浆制备及使用

采用膨润土泥浆,针对本工程的特点,每立方米泥浆配合比如下(kg):水 1000,膨润土 140,纯碱 2.5,聚丙烯酰胺 2,CMC 0.8^[3]。配置的泥浆性能见表 1。

表 1 泥浆性能
Table 1 Mud properties

泥浆种类	密度/(g·cm ⁻³)	粘度/s	含砂率/%	pH 值
新配置泥浆	1.06~1.10	22~25	0	8~9
循环泥浆	1.10~1.20	22~30	<4	8~10

在施工中根据实际情况再适当调整配合比,不稳定地层成槽时增大泥浆密度,控制在 1.20 g/cm³。泥浆拌制后应存放 24 h 以上,充分水化后才能使用^[4]。

禁止使用海水拌制泥浆^[5]。成槽过程中泥浆会因为混入海水降低性能,应加大新制泥浆的力度,缩短泥浆的重复使用时间。泥浆回收时应使用除砂机进行除砂^[6]。

4.4 开挖方法

(1)为挖出圆弧形槽段,圆形地连墙标准单元槽段开挖方法见图 5。

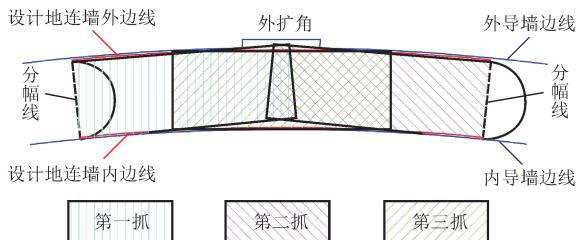


图 5 圆形地连墙标准单元槽段开挖方法

Fig.5 Excavation method of the standard panel of the circular diaphragm wall

第一抓开挖时在槽段分界线位置抓斗斗齿紧贴圆形地连墙导墙的内壁,另一端紧贴外侧导墙,确保抓斗斗体内侧面与内导墙相切。

第二抓与第一抓对称布置,在槽段分界线位置紧贴内导墙,另一端紧贴外导墙。

第一抓和第二抓抓完后,中间位置会形成一个折角,需对折角位置进行修槽处理。下抓斗时,抓斗中心处于外扩角中心位置,抓斗斗齿内侧紧贴内侧导墙,上下提动抓斗切削内侧槽壁直至设计高程,然后向左右方向各移动 0.5 m,上下提动抓斗切削内侧槽壁,重复上述步骤,直至将内侧槽壁修完,使内侧槽壁达到设计要求的弧度^[7]。

采取以上修槽措施,实际槽壁形状更接近圆弧形,更符合设计意图。

(2)抓斗速度不宜过快,减少对槽壁的扰动。

(3)开挖过程中,宜保持泥浆液面距离导墙面 0.2 m 左右,严禁泥浆液面降至导墙下。

4.5 接头刷壁

成槽施工时,已成槽的接头上会附有一层泥皮,会影响槽壁接头质量,发生接头渗漏水,所以必须对接头处进行刷壁处理。

刷壁采用钢丝刷壁机。刷壁时吊车上下带动刷壁机刮擦接头,刷壁机利用自带导向板使刷壁器在刷壁过程中紧贴接头处,刷壁应到底部,刷壁次数不得少于 20 次,且刷壁机上无泥^[8]。

4.6 槽壁检测

成槽后,槽段检验的内容包括槽段的平面位置、深度及壁面垂直度检测。

(1)用测锤实测槽段两端的位置,两端实测位置线与该槽段分幅线之间的偏差即为槽段平面位置偏差。

(2)用测锤实测槽段左中右 3 个位置的槽底深度,3 个位置的平均深度即为该槽段的深度。依据检测单位检测结果,槽段垂直度偏差 $\leq 1/150H$ (H 为开挖深度)。

(3)用超声波测壁仪在槽段内左中右 3 个位置上分别扫描槽壁壁面,扫描记录中壁面最底部凸出量或凹进量(以导墙面为扫描基准面)与槽段深度之比即为壁面垂直度,3 个位置的平均值即为槽段壁面平均垂直度,槽壁端头的垂直度也宜进行监测。槽段超声波检测结果见图 6。

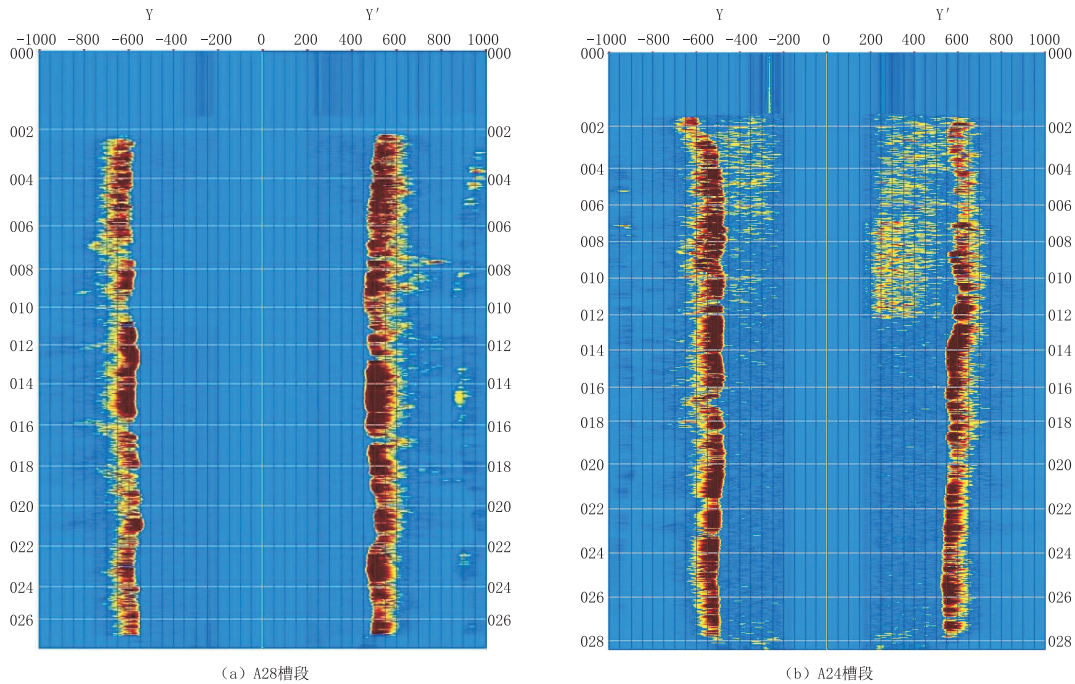


图6 A24、A28槽段超声波检测情况

Fig.6 Ultrasonic testing results of A24 and A28 trench sections

(4)槽壁检测时应控制泥浆密度 $<1.20\text{ g/cm}^3$,密度越小越利于检测,泥浆密度过大会影响声波信号。

4.7 接头管安装

本工程采用圆形锁口管,成槽后锁口管沿槽端缓慢下放,下到槽底后,提升一定的高度下墩2下,使锁口管底部能固定槽底,然后用顶管机夹紧。

接头管外侧采用沙袋填筑防止混凝土绕流。沙袋填筑需遵循探测、试填、少量多次、分层压实的原则,沙袋应填筑至混凝土浇筑顶,防止混凝土从上面绕流。

4.8 圆弧形钢筋笼加工及安放

(1)加工圆弧形钢筋笼,据设计的弧度要求,特制了加工平台,见图7。加工平台采用槽钢作为主梁,在主梁上焊接螺纹短钢筋调节弧度大小,再焊接



图7 圆弧形钢筋笼加工

Fig.7 Processing of the circular arc steel cage

弧形状的螺纹钢。圆弧形钢筋笼加工时,横筋不需预弯,需预埋监测仪器及圈梁、竖肋梁预埋筋。

(2)钢筋笼全重超过20 t,吊装主吊车150 t,副吊车80 t。吊装钢筋笼编制了专项吊装方案,所使用的全套器具均经过了安全验算并检核合格^[9]。

钢筋笼吊装必须有专人指挥,起吊前必须清除钢筋笼内的杂物。吊装时,主吊和副吊同时缓慢起吊将钢筋笼抬离地面,主吊提升,副吊配合,直至钢筋笼竖直。摘除副吊钢丝绳后,主吊提钢筋笼至槽口进行安放。钢筋笼在入槽过程中割除导管仓内的加固钢筋,确保导管仓顺直、畅通。钢筋笼吊装见图8。



图8 钢筋笼吊装

Fig.8 Hoisting and placing of the steel cage

4.9 水下混凝土灌注

水下混凝土采用导管法浇筑,应在钢筋笼就位

后尽快进行。标准单元槽段布置 2 根导管,导管距槽段端部距离 ≥ 1.5 m^[10]。

混凝土坍落度要求 200 ± 20 mm。每车混凝土填写一次混凝土上升高度及导管埋设深度的记录,在浇注中导管插入混凝土深度应始终保持在 2~6 m。混凝土泛浆高度 500~800 mm,保证墙顶混凝土强度满足要求。

4.10 上拔接头管

采用液压千斤顶拔管机进行接头管顶拔。第一次拔管时间以接头管底部混凝土初凝时间为准,C30 混凝土初凝时间一般为 5~6 h,首次拔管一般在初灌后 4 h,以晃动接头管,破坏混凝土与接头管的握箍力为主,起拔高度 ≥ 200 mm。其后每隔 20~30 min 拔动一次,上拔高度控制在 200 mm 左右^[11]。

在拔管过程中,上拔力突然超过正常起拔力时,表示混凝土与接头管之间的握箍力正在增大,应缩短起拔时间。

每批次混凝土的初凝和终凝时间可能会不同,最后一节接头管拔出来的时间根据混凝土的终凝时间和现场具体情况确定。

5 存在问题及解决措施

在圆形地连墙的施工过程中,出现的问题及处理措施如下:

(1) 施工中出现了两种情况的偏槽:①在砂层加固施工中,施工设备由单轴搅拌桩机改装,设备稳定性较差,局部单管高压旋喷桩偏斜至槽段内,水泥浆与砂形成强度较高的固结体,导致偏槽^[12];②吹填不均匀及回填大块石导致偏槽。处理措施为:①浅部(5 m 以浅)使用挖机抵住抓斗强行切掉偏入槽内的固结体;②5 m 以深使用自制的一种纠偏装置切掉偏入槽内的固结体及纠正偏槽,该纠偏装置为钢结构,通过连接钢板可拆卸连接,可由液压抓斗辅助施加荷载进行纠偏。

(2) 个别加固高压旋喷桩分叉偏斜,桩间未有效搭接,导致桩后砂层塌入槽内在导墙下面及后面形成空洞。处理措施为:①提高泥浆密度及粘度,增强泥浆的护壁性能;②在空洞内填入装有粘土的编织袋封堵。

(3) 回填大块石在槽内形成探头石,液压抓斗无法挖掉,纠偏装置不能处理。处理措施:冲击钻进行

定点冲击破碎^[12]。

6 开挖效果及技术成果

6.1 验收及开挖效果

经现场验收:(1)导墙弧度满足设计要求,地连墙单元槽段满足设计弧度要求;(2)经超声波测壁仪检测槽壁壁面:槽段垂直度满足港口工程地下连续墙规范要求的 $1/150H$ ^[13];(3)经实测计算,地连墙满足圆形的成墙要求;(4)圆形地连墙开挖后,墙面较平整,接头处密实无夹泥、渗水情况。

据基坑监测数据见表 2,基坑安全,满足设计及使用要求。开挖效果见图 9。

表 2 基坑监测数据

Table 2 Monitoring data of the foundation pit

监测项目	监测数据
水平位移	无明显变化
墙顶沉降	无明显变化
深层水平位移	最大值 4.51 mm
混凝土应力	混凝土应力计应力值的最大值为 15.0 MPa,地连墙中的混凝土应力为压应力
钢筋应力计	地连墙中竖向钢筋应力计应力值在 -59.6~10.0 MPa,横向钢筋应力计应力值在 -60.4~26.9 MPa
地连墙的外侧土压力	土压力整体变化不大,变化范围大多在 -14.1~12.7 kPa
孔隙水压力	总体上下浮动 -18.2~2.3 kPa

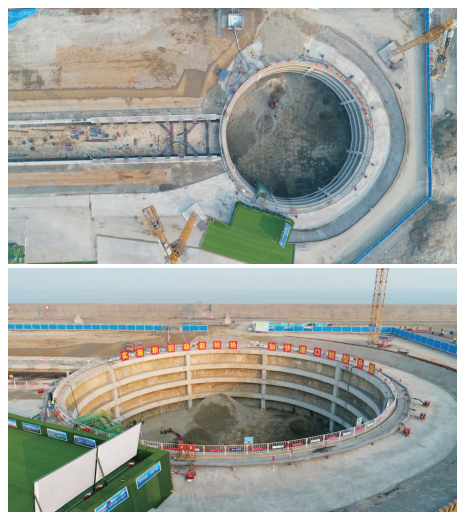


图 9 圆形地连墙开挖效果

Fig.9 Excavation results with the circular diaphragm wall

6.2 技术成果

在施工中,针对本工程的难点问题,以“提高圆形地连墙的圆形度”为课题开展了 QC 活动。QC 小组研制的“一种地下连续墙成槽纠偏装置”获得实

用新型专利,专利号为201821220822.0,QC成果获第二届中央企业发表赛一等奖,QC小组获中国质量协会、中华全国总工会、中华全国妇女联合会“2019年全国优秀质量管理小组”。

7 结语

在吹填港口的复杂地质条件下,采取截水帷幕减小海水潮汐影响,加固易坍塌厚砂层等措施,针对圆形地连墙的特殊要求,运用圆形成槽新技术及圆弧形钢筋笼加工技术,优化泥浆的配比及加强施工控制等,能够确保大型圆形地连墙的施工。此圆形地连墙的顺利竣工,给我们提供了宝贵的施工经验。

参考文献(References):

- [1] 郑荣祥,温广泰,秦皇岛港煤码头四期工程翻车机房圆形地下连续墙施工[J].港工技术,1996(1):54-56.
ZHENG Rongxiang, WEN Guangtai. Construction for round diaphragm wall of car dumper shed of the fourth stage project of coal terminal, Qinhuangdao Port [J]. Port Engineering Technology, 1996(1):54-56.
- [2] 易智宏,赵建平,汪应朝,等.深异形地下连续墙施工技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11):44-50.
YI Zhihong, ZHAO Jianping, WANG Yingchao, et al. Study on construction technique of Hadal depth & abnormal shape underground diaphragm wall [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(11):44-50.
- [3] 张涛,陈礼仪,彭建华,等.深基坑围护超深地下连续墙护壁泥浆的研究及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(2):68-70.
ZHANG Tao, CHEN Liyi, PENG Jianhua, et al. Research on slurry in ultra deep underground continuous wall for deep foundation pit bracing[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(2):73-75.
- [4] DG 29-103-2010,天津市钢筋混凝土地下连续墙施工技术规程[S].
DG 29-103-2010, Technical specification for construction of reinforced concret diaphragm wall in Tianjin[S].
- [5] 王平,焦玉俊.超厚砂层超深地下连续墙成槽综合技术[J].土工基础,2009,23(6):18-20,29.
WANG Ping, JIAO Yujun. Comprehensive trenching technology of extra deep diaphragm wall in extra-thick sand layer[J]. Soil Engineering and Foundation, 2009,23(6):18-20,29.
- [6] 孙立功,张碧.广州珠江黄埔大桥圆形地下连续墙施工技术[J].铁道建筑,2008(9):28-29,113.
SUN Ligong, ZHANG Bi. Construction technique of circular diaphragm wall in pier building of Guangzhou Pearl River Huangpu Bridge[J]. Railway Engineering, 2008(9):28-29,113.
- [7] 孙秋龙,马金光,冯向东,等.超大型圆形地连墙施工新技术[J].港工技术,2014,51(3):50-52.
SUN Qiulong, MA Jinguang, FENG Xiangdong, et al. Application of new technique to ultra-large round concrete diaphragm wall construction[J]. Port Engineering Technology, 2014,51(3):50-52.
- [8] DG/TJ 08-2073-2016,上海市工程建设规范 地下连续墙施工规程[S].
DG/TJ 08-2073-2016, Specification for construction of diaphragm wall[S].
- [9] 孙立宝.超深地下连续墙施工中若干问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):51-55.
SUN Libao. Discussion on the construction of super-deep underground diaphragm wall[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010,37(2):51-55.
- [10] DB42/T 914-2013,湖北省地下连续墙施工技术规范[S].
DB42/T 914-2013, Construction technical specification for diaphragm wall[S].
- [11] 唐俊杰,李克庆,郑红雷,等.地铁车站地下连续墙“二墙合一”深基坑施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2):39-42.
TANG Junjie, LI Keqing, ZHENG Honglei, et al. Construction technology of “two walls combined into one” diaphragm wall for deep foundation pit in subway station[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009,36(2):39-42.
- [12] 马勤,王芳.超深地下连续墙施工中几个问题的探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(11):68-71.
MA Qin, WANG Fang. Discussion of several problems in ultra-deep underground continuous wall construction[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(11):68-71.
- [13] JTJ 303-2003,港口工程地下连续墙结构设计与施工规程[S].
JTJ 303-2003, Design and construction technical code for diaphragm wall structure of port engineerin[S].

(编辑 周红军)