

# 强海潮区拼宽桥梁施工水中钢围堰监测

高晓波<sup>1</sup> 陈永忠<sup>2</sup> 杨 璞<sup>3</sup> 宋虹坡<sup>1</sup>

1. 中国建筑第七工程局有限公司 河南郑州 450004

2. 温州市建设工程质量安全管理总站 浙江温州 325000

3. 浙江大学 浙江杭州 310058

**摘要:** 钢围堰是在工程建设中为建造永久性的基础设施而修建的临时性围护结构。随着技术的发展,大型钢围堰的施工设计也越来越复杂,对钢围堰的施工安全也提出了更高的要求。本文介绍了以钢围堰钢管桩应力、支撑轴力和堰顶位移监测为基础,同时密切关注基坑内外水位变化,建立施工过程的监测预警体系,用监测成果对钢围堰的安全状态做出评定,确保施工期内钢围堰的稳定及施工作业人员、机械的安全。

**关键词:** 钢围堰; 应力; 位移监测; 安全

## Monitoring of steel cofferdam in water for construction of splitted width bridge in strong tide area

Xiaobo Gao<sup>1</sup>, Yongzhong Chen<sup>2</sup>, Pu Yang<sup>3</sup>, Hongpo Song<sup>1</sup>

1. China Construction Seventh Engineering Bureau Co., LTD., Zhengzhou 450004, China

2. Wenzhou Construction Engineering Quality and Safety Management Station, Wenzhou 325000, Zhejiang, China

3. Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

**Abstract:** Steel cofferdam is a temporary enclosure structure built for the construction of permanent infrastructure in engineering construction. With the development of technology, the construction design of large steel cofferdam is becoming more and more complicated, and the construction safety of steel cofferdam is also put forward higher requirements. Based on the monitoring of steel cofferdam steel pipe pile stress, supporting axial force and weir top displacement, and paying close attention to the change of water level inside and outside the foundation pit, this paper establishes a monitoring and early warning system in the construction process, evaluates the safety state of steel cofferdam with monitoring results, and ensures the stability of steel cofferdam during construction and the safety of construction workers and machinery.

**Keywords:** Steel cofferdam; Stress; Displacement monitoring; secure

### 引言

水中钢围堰的监测主要是利用专用的仪器和方法对钢围堰结构的沉降位移和应力变化进行持续观测,对钢围堰的变形形态进行分析和钢围堰变形的发展态势进行预测和预警的各项工作。本文对桥梁工程的水中基础钢围堰进行监测,主要监测钢管桩应力、支撑轴力和堰顶沉降位移。之后对现场监测应力数据及理论结果进行分析比对,结合现场工况下的水位变化分析钢围堰的受力状态。最后依托工程钢围堰的应力监测方案,并建立起监测预警体系,确保钢围堰在施工过程中的安全性。

### 1 工程概况

温州市七都大桥北汊桥工程(永嘉新建枢纽互通变更

段)项目位于温州市永嘉县三江街道,本桥31#-34#墩承台所在区域,常水位为4.3m,设计高潮水位4.9m(20年一遇),按照潮水位计算基坑开挖深度约12.9m~20.4m(含封底混凝土厚度),深度较大,基坑安全等级为一级。

钢管桩围堰尺寸为51.74m×17.69m,钢管桩外径1000mm,壁厚14mm,锁扣采用C-T型,桩长34m。围堰共设4层围檩体系,第一、二、三层围檩采用双HM588×300H型钢,最下面一道围檩采用双HN900×300H型钢,对撑及斜撑采用双拼HN588×300H型钢及HN700×300H型钢,纵向两道连杆采用双拼HM390×300H型钢三种规格。

### 2 编制依据

监测方案主要依据以下规范和文件编制:

- (1) 《温州七都大桥北汊桥围堰工程基坑支护设计》
- (2) 《建筑基坑工程监测技术标准》GB50497-2019
- (3) 《工程测量标准》GB50026-2020
- (4) 《建筑变形测量规范》JGJ8-2016
- (5) 《建筑基坑支护技术规范》JGJ120-2012
- (6) 《钢围堰工程技术标准》GBT51295-2018
- (7) 《建筑变形测量规范》JGJ8-2016
- (8) 温住建发139号相关文件
- (9) 基坑开挖施工方案

### 3 监测目的、重点

#### 3.1 监测目的

(1) 将对钢围堰各施工阶段的监测实际数据与理论值作对比,通过分析实际数据与理论数据之间的差异,来确定和优化下一步的施工过程。

(2) 将现场监测的数据及时整理上报给有关单位,使施工能根据现场实际情况进行钢围堰的修正计算,并进行有效的施工全过程监控。

(3) 保证基坑围护结构稳定安全。

(4) 在基坑支护使用过程中及时建立结构预警系统,确保钢围堰在施工过程中的安全性。

#### 3.2 监测重点

本工程基坑开挖采用分区块施工、分层开挖,支撑形成达到设计要求后,方可向下开挖;基坑监测随着分层、分区开挖及时监测到位,在基坑开挖期间对基坑围护结构的稳定性进行监测,注意围护结构变形情况,考虑到本基坑在水中施工,基坑深度约20.4m,基坑施工期间需加强钢管桩内力、支撑轴力和堰顶位移监测,同时密切关注基坑内外水位变化,确保基坑工程顺利施工。

### 4 监测点布设

根据有关规范及设计要求及工程整体规划的安排,监测点布设方案如下:

#### 4.1 桩身倾斜变形位移监测点

通过对桩身倾斜变形位移监测点(测斜孔)的测量,可以了解在基坑土方开挖过程中,坑外深层土体侧向水平位移的产生和变化发展过程,根据土体不同深度随基坑开挖深度的不断加深向坑内侧向水平位移变化速率或累积水平位移大小,判定围护体系和周围环境的稳定性。考虑到本项目为水上施工,围护采用钢管桩进行支护,桩身倾斜变形位移监测点打入在钢管桩内,布设完成后进行土方回填进行查实。根据基坑设计及施工环境的具体情况,沿围堰中心线钢管桩内布置测斜孔,共设16个测斜孔,编号为CX1~CX16。

#### 4.2 围堰顶水平及竖向位移监测点

随着基坑内土方的不断开挖,基坑内外的土压力差将导致围护结构体向坑内侧位移,通过监测钢管桩的位移及沉降,可以了解围护结构的位移情况,为支护结构体系的变形分析提供数据。根据有关规范及设计要求,顺钢围堰顶部角点及中点处位置布置围堰顶水平及竖向位移监测点

共32个,编号为W1~W32。

#### 4.3 钢管桩应力监测点

在正常施工状态下,锁扣钢管桩的最大应力发生在封底混凝土顶面高程与长边钢管桩交界处,最大应力为97.07Mpa,小于弯曲应力限值170Mpa,满足规范要求。为了施工安全,在锁扣钢管桩的表面焊接应变计,在施工期间对钢管桩表面进行应力监测,如果出现数据过大应立即上报相关单位,并提出预警。高度方向上:在封底混凝土顶面高程与长边钢管桩交界处、钢管桩与1/2水位交界处、钢管桩顶部分别布设测点、平面内、迎水面中部,迎水面斜撑与长边交界处,承台基坑根据支撑道数根据要求进行布设,共计布设32组个应力监测点。

#### 4.4 支撑轴力监测点

为了解基坑土方开挖过程中支撑梁的应力大小和变化情况,防止杆件受力超过设计强度极限受损而破坏支护结构的稳定性,需在主要控制杆件上应力相对集中处布置轴力监测点,监测其支撑内力。根据基坑支撑结构的具体情况 & 设计要求,在钢支撑梁上共布设32组轴力监测断面,编号为ZL1~ZL32。

#### 4.5 围堰内部、外部水位监测点

根据设计要求以及现场实际情况,本项目地下水位监测在堰内地下水位监测在各承台基坑围堰长边中点和圆形围堰内进行监测即可,堰外部水位与围堰内水位监测点相对应的河流进行监测即可。根据规范及设计要求,本基坑监测共计16个水位监测点,水位编号为S1~S16。

#### 4.6 桥墩沉降、倾斜监测点

随着基坑内土方的不断开挖,基坑内外的土压力差将导致周边环境向坑内侧位移,通过监测桥墩沉降倾斜,可以了解桥墩结构的位移情况,为支护结构体系的变形分析提供数据。根据有关规范及设计要求,在桥墩底部便于观测处布置沉降监测点共8个,在桥墩顶部、底部布设反射片,共布设8个倾斜观测点,编号为Q1~Q8。

### 5 基准点的布设和测量

为了保证水平位移和竖向位移监测的准确性,需要在基坑施工影响范围之外布设基准点,建立起测量控制网。测量控制网有两种:一种是平面控制网,用于基准点的水平位移监测;一种是水准控制网,用于基准点的竖向位移监测。

#### 5.1 平面控制网的布设

本工程拟定在周边的稳固的桥墩处布设3个位移基准点(BM1、BM2、BM3)

#### 5.2 平面控制网的测量

平面控制网采用导线测量方法,按《工程测量标准》的三等边角网的技术要求进行。

平面控制网复测方法:

三等导线复测:利用BM1、BM2两个控制点成果施测一条三等附合导线,共计3个点,采用的仪器为1"级索佳iM-101全站仪,水平角观测12测回(左右角各6个测回),气

象数据分别在测站、观站上采集，并取用平均值直接输入仪器对常数改正。水平角、垂直角、边长气象数据测量等各项要求均按《工程测量标准》中三等导线精度要求执行。外业数据采集进行平差，所得测角中误差、导线全长最大相对闭合差、最弱点点位误差与前期成果比较，若证明点位固定则采用当次测量成果为起算数据。

### 5.3 水准控制网的布设和测量

#### (1) 水准基准点的选埋原则

①选设在竖向位移影响范围以外，地基坚实稳定并利于标石长期保存与观测的稳定区域内。

②根据点位所处地质情况，确定水准基准点标石或标志的选型及埋设深度。

本工程水准基准点与水平位移基准点共用。

#### (2) 水准控制网的测量

水准控制网的观测按照《工程测量标准》的二等水准测量的技术要求进行，采用闭合水准路线法施测。

水准复测方法：采用BM1作为起算点，施测一条BM1~BM2~BM3二等水准支线，往返高差不符值 $\leq 0.3\text{mm}$ ，各项指标及限差应符合《工程测量标准》中的二等水准测量精度要求。测量成果与前次控制成果比较，若水准基点稳固，继续采用原基准点作为起算数据。

### 6 监测工期、监测报警、消警与监测频率

#### 6.1 监测工期

基坑监测从基坑开挖到结束，整个监测工作视施工工况及监测对象变化情况，按照监测方案进行，确保按工期完成。

#### 6.2 监测预警值

根据规范规定及本基坑安全等级为一级，施工设计图纸要求，确定各监测项目的预警值见下表。

序号	监测项目	预警值	
		变化速率	预警值
1	钢管桩倾斜变形	3mm/d或连续3天超过2.1mm/d	40mm
2	围堰顶水平位移	3mm/d或连续3天超过2.1mm/d	30mm
3	围堰顶竖向位移	3mm/d或连续3天超过2.1mm/d	25mm
4	钢管桩应力	/	第一道3000kN；第二4500kN，第三道5500kN；第四7000kN
5	支撑轴力	/	第一道3000kN；第二4500kN，第三道5500kN；第四7000kN
6	围堰内部水位	500mm/d	2000mm
7	围堰外部水位	500mm/d	/
8	桥墩沉降、倾斜	1.0mm/d	沉降5mm；倾斜0.6‰

### 6.3 报警与消警

基坑开挖随着时间的影 响，围护结构、周边土体势必产生一定的变形，这种变形达到一定程度后将危及施工主体、周边环境的安全或正常使用。根据相关要求，报警设置如下：

报警级别	报警状态描述
橙色预警	实测变形的绝对值和速率值双控指标均达到极限值的85%~100%之间时；或双控指标之一达到极限值而另一指标未达到时；
红色报警	实测变形的绝对值和速率值双控指标均达到极限值，与此同时，还出现下列情况之一时：实测变形速率出现急剧增长；基坑支护混凝土表面出现裂缝。

在施工点出现预警、报警的情况下，监测的作用和责任、以及报警和消警的流程如下所述：

当发生报警情况时，施工单位应第一时间停止施工，结合实时监测数据制定切实可行的措施，保障基坑安全。同时监测单位整理数据信息上报各参建单位。在将报警情况上报的同时，同时要求监测人员加强现场巡视，根据现场实际情况增加监测项目、加密监测点，密切关注现场情况变化，数据分析员进一步深入对监测、巡视、作业管理情况进行分析，提供详细的分析报告。同时监测单位与各参建单位保持联系，指导采取初步控制措施，配合制定处理方案；在确定处理方案后，由施工单位根据方案采取相应的处理措施，并及时跟进现场的监测。对处理措施的效果进行勤测量，并将实际监控测量数据向各方汇报。必要时邀请相关专家对现场工程风险和监测变形情况进行论证分析，并将后续工作如何开展形成专家意见，按照专家意见执行，监测数据收敛，现场异常消失。在监测数据稳定的情况下，施工现场已经采取有效措施后，由建设单位、监理单位、施工单位、监测单位及设计单位等召开消警会议，制定新的报警指标，各方均认为同意消警时，可消除报警状态。

### 7 结语

钢围堰是水中基础施工一种重要的围护结构，适用于深水基础和各种复杂地质、地层。对钢围堰的监测工作是保证水中基础顺利施工的措施，根据监测数据分析围堰变形的趋势，为信息化施工提供基本数据参考，而后决定是否采用相应的应急措施，进而保证施工安全。

### 参考文献：

- [1] 张魁增. 拉森钢板桩施工与质量控制[J]. 科技情报开发与经济, 2011 (20): 210-212.  
[2] 高明慧. 深水桥梁基础锁扣钢管桩围堰应用技术研究[J]. 国防交通工程与技术, 2021, (5).