

钢板桩码头施工过程中受力探讨

秦晓东

(长江南京航道局, 江苏 南京 210000)

摘要:随着我国经济的不断发展,与世界各地的经济贸易联系逐步密切,相应的,我国港口事业也迎来了快速的发展。分析我国港口事业发展现状来看,正逐渐呈现出大型化和深水化的特点,这就为相关工艺提出了更高的要求,钢板桩结构是现代码头应用较多的一种形式,因其多方面的特点,更加符合我国现阶段的应用需求。本文首先就钢板桩码头进行了简述,然后对相关文件进行了综述,最后用案例分析的形式对具体施工过程中的受力进行了分析,希望通过文章的撰写能够对相关工作人员起到启示作用,对自己的工作有个更全面了解的同时,积极地用知识武装自己,提高工作效率。

关键词: 钢板桩结构; 码头; 受力分析; 海岸工程

中图分类号: U655 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 09—0038—03

海运是现代社会经济贸易过程中非常重要的一种交通运输形式,有着其他运载方式无可替代的优点,比如运输限制比较少、运输费用比较低等,常用于国际贸易、长途贸易以及大宗贸易等。特别对我国来说,我国的海岸线长度排名世界前列,再加上我国近年来经济发展迅速,港口成了连接国内外贸易的重要枢纽,其质量和使用效率会直接影响到我国经济的发展。钢板桩码头是现代码头的主要形式之一,在我国,沿海和内河港口都有着非常广泛的应用。基于此,本文主对钢板桩码头建设过程中的受力进行了分析,具体如下:

1 概述

所谓的钢板桩式码头,就是将一定长度的钢板型桩打入地基,以此来构成一面连续墙,然后通过拉杆、帽梁、导梁和锚碇等结构共同组合成的直立式样的码头。在修建过程中,将板桩埋在土下,以此产生侧向的土抗力,然后通过上部的锚碇结构来稳定整体,以此来构成码头的主体。

板桩结构不仅在码头的修建中有所使用,在其他类型的挡土和挡水工程中也有着比较广泛的应用,之所以如此,是应为该结构有着结构相对简单、造价较低而且施工方便等优点,在具体施工时,可以先进行打板桩,然后再进行港池的挖建,达到减少工程量的目的。目前使用较多的板桩结构材料主要有两种。第一种是钢筋混凝土材料,该种材料的优点是耐久性非常好,而且价格也相对低廉,第二种是钢板桩材料,这种材料的优点是质量更小,而且强度更高,连接处非常紧密,止水效果更好,更加容易进行沉桩操作,同时还可以进行重复利

用,兼具了环保节能的功效,所以使用的范围更加广泛。

上世纪20年代,板桩结构开始在诸如日本、美国、英国等国家得到应用,而且并非只限于码头领域,在码头的建设,船闸的修建、挡土墙以及河岸壁垒等。随着不断的实践和深化,钢板桩结构因其简单方便、承载力强、耐腐蚀等优点得到了更大范围的应用,随着修建环境的不断变化,对其受力要求也越来越高,对施工工艺和承载能力提出了进一步的要求,在具体的施工过程中,该结构的码头主体比较容易受到各种不利因素的影响,甚至具体的安装流程或者施工顺序不同,也会造成结果产生差异。所以,在下文的案例分析中,我们将会用对其受力特性进行分析,就具体施工过程中板桩的位移情况、各方带来的压力以及弯矩变化等层面,以此来对其施工流程中的受力情况有个全面的分析。

2 相关文献综述

根据码头受力方式和结构形式的差异,我们通常将码头分为重力式码头、高桩式码头以及板桩式码头三种,上面我们在概述中说到过,钢板桩式码头由于其自身的优点,受到了更为广泛的应用。在具体的施工过程中,由于施工过程的影响,经常会使码头处于超载的状态,而且随着时间的延长,各个构建也会出现不同程度的腐蚀现象,进一步导致位移,基于这种现状,对于其应力和位移进行分析就具有非常重要的意义,不仅能够有效地分析出码头施工过程中,结构应力和位移的规律,以减少其损失,还可以对以后的其他项目的建设提供有效的参考。

影响钢板桩码头应力和位移的因素比较杂,比如温

度的高低、施工顺序的不同、外部荷载量的大小以及构件的锈蚀程度等，在不同的条件下，需要分析的重点因素也就不同。我国相关方面的研究从来没间断过，比如刘振平等学者在其文章中使用 ABAQUS 方法对钢板桩码头在冬天和夏天两种极端温度条件下的受力进行了分析；而李侃学者也进行过类似的研究，他的研究重点放在了桩身侧向位移、桩身土产生的压力以及弯矩的变化规律等，对施工过程中钢板桩的受力结构进行了分厂全面的分析；王世明则使用的是 ANSYS 分析方法，通过建立相关的计算模型，分析了钢板桩在完整、锈蚀以及局部三种条件下分别进行了分析。钢板桩码头所使用到的拉杆和锚碇是钢板桩码头的主要传力部件，也是其之所以能够承担码头修建责任的关键构件，就目前来看，需要将周围的土去掉，才可以进行相关的操作，并没有什么更加成熟的检测方法。在进行检测的时候，我们通过在顶部安装传感器的方式，来对受力大小进行监测，这样节省了后续监测的流程，降低了检测难度，以此达到动态检测的目的，该方法更加准确，而且也很方便，但是一定要在修建之初就安装才可以。下面我们通过对拉杆轴力、表层位移大小的检测来对钢板桩码头的应力和变化规律进行总结。

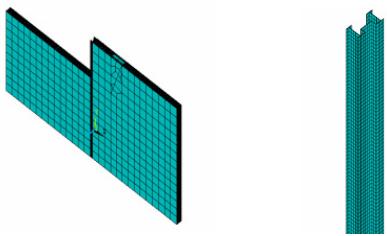
3 工程概括

本次分析选取的钢板桩码头工程具体数据如下，工程总长度为 363.89 米，高程约 5.5 米，主要采用单锚板桩结构。板桩的选择方面，主要采用的是 HZ975B-12/AZ18 组合型钢板，使用低合金钢强拉杆将主体与混凝土锚碇墙进行相连。上部修建的时候，我们使用的是现浇胸墙的工艺，将胸墙和帽梁合在一起。在板桩墙上，我们设置有排水孔，以此来减小主体承受的水压强，在排水孔后方，增设有混合倒滤棱体，以此来防治回填的土被冲走。

3.1 有限元模型搭建

在组合钢板桩和回填抛石以及回填土地的时候，我们都使用了 8 节点的 solid45 实体单元进行了搭建和模拟，针对桩体结构，我们选用了线弹性模拟，而针对另外两个主题，我们使用的是 D-P 本构关系达成测量目的，在坐标轴构建的时候，我们选用码头的横截面作为 X 轴，指向陆地的地方为正，使用铅垂方向为 Y 轴，然后向上的方向为正值，将码头的前沿线作为最后的 Z 轴，这样整体的坐标轴就得以建立。我们将钢板桩的断面作

为标准，来进行模型宽度的计算。对于地基基础底，在 XYZ 三个方向进行约束，从四个侧面也分别施加了法向约束。在构建的过程中，我们根据结构集合的特性进行了一定程度的概念化，不会影响各项数据的观测，具体如下图所示：



3.2 材料参数

不同的材料对于主体机构的受力也会产生不同的影响，在材料参数的选取方面，我们也严格按照物理力学参数的规定，使用工程地质资料及有关的规范进行了选取，具体的计算参数如下：

序号	名称	水上容重	水下容重	E	泊松比	粘聚力	内摩擦角	膨胀角	Mu
1	回填土	1900	900	30	0.30	32.8	35	0	0.3
2	回填抛石	--	1500	35	0.34	28	53	0	0.2
3	土层 1	--	800	15	0.30	13	18	0	0.3
4	土层 2	--	1000	35	0.34	35	33	0	0.3
5	钢板桩	7850	6850	2.06×10^5	0.30	--	--	--	--

3.3 工况分析

施工流程的不同，也会影响到码头主体的受力情况，本案例中，在施工的具体流程方面，我们首先采用的是水上施打钢板桩，第二步使用分层的方式对钢板桩的前后进行回填，使用现浇的方式制作锚碇结构，钢拉杆安装，最后进行码头上部结构的浇筑。本文选取的阶段为码头钢板桩沉桩已经结束，锚碇结构尚未施工的中间阶段，在这个时间段，由于回填土的作用，结构受力正处在不稳定阶段，根据现场收集的数据分析，我们将接下来的施工流程分为三个阶段进行，具体工况如下，工况 1：板桩墙前后抛石阶段，工况 2：锚碇结构基础回填，工况 3：板桩墙后回填。

3.4 数值计算

在数值计算方面，本次模型试验选用了 ANSYS 软件对上述的三个施工阶段进行了数值模拟，然后通过后期的计算，对三个阶段中钢板桩水平位移情况和钢板桩应力情况分别进行了记录。

3.5 结果分析

3.5.1 水平位移分析

在对结果进行分析的时候,我们对水平位移的最大值进行了分析,同时也对最大位移值的变化规律进行了探索,两者都不是固定的,而是会随着施工的不同阶段而偏移,通过分析可以发现,在工况1的阶段,水平位移的深度和方向基本处于同一变化趋势下,水平位移的数据变化较小,分析原因,可能是因为板桩墙前后都进行了回填抛石的施工处理,这样前后就处于一个对称的现象,土压基本相等,不会促使其发生位移;在2阶段,我们开始进行锚地结构的施工,这个时候钢板桩的位移相对比较明显,会朝着海的方向开始位移,桩尖处没有发生位移的趋势,从桩尖的位置开始,水平位移的数值逐步增大,距离桩尖10米的位置达到位移最大值,最大值约为10.1毫米,然后开始呈现减小的趋势,桩顶的水平位移数据约为8.7毫米。在3阶段,墙后土基本回填完成,这个时候钢板桩开始受到后土的压力,这个时候桩顶的水平位移数据达到了施工阶段的最大值,大约为31.9毫米,随着深度的不断向下,位移的数据呈现变小趋势,仍然是桩尖的位置位移最小,基本不会出现水平位移的情况。

在1阶段,整体的受力应该处于 $-17.1\text{MPa}\sim 4.97\text{MPa}$ 的区间内,这个时候的受力最大值约为 4.97MPa ,最大受压应力大约为 61.3MPa ,最大压应力的发生区域,经过检测和计算应该在桩尖的位置,后续应力不断变小;在2阶段,整体的应力范围应该处于 $-33.3\text{MPa}\sim 5.39\text{MPa}$ 的区间,最大拉应力值约为 24.7MPa ,最大压应力约为 149MPa ,最小值的发生区域,最大压应力的变化规律和之前阶段基本保持一致,最大拉应力的位置区域随着深度的加大而变化。在2阶段,整体的应力范围为 $-56.4\text{MPa}\sim 23.3\text{MPa}$,最大拉应力为 23.3MPa ,与之前阶段相比,明显的变小,最大压应力则增加为 216MPa ,高于之前阶段,最值的区域和变化规律基本和之前阶段保持一致。通过分析我们可以知道,三个工段的应力值范围都处于钢板桩结构的安全可控范围之内。

3.5.2 结果分析

本文在对钢板桩结构进行受力分析的时候,采用的是ANSYS建立的三维有限元实体模型,通过接触单元,将桩土之间的受力关系模拟了出来,然后使用生死单元技术计算出其受力过程中的具体数值,从而得出结论,在不同的工况情况下,钢板桩水平位移的数值呈现不同的变化,同时,我们对回填施工过程中的水平位移情况

以及受力变化规律也进行了进一步分析,主要结论如下:

最大水平位移的情况为第三工况阶段的施工过程中,也就是在对板桩墙后进行回填施工后,最大的位移值可以达到31.9毫米,最大位移位置为桩顶位置,为了限制这种情况的发生,减少位移,我们在施工过程中需要加强相关方面的检测,对于回填的速度也要进行严格把控,同时,回填完成后尽快完成拉杆装置,进行后续的施工。钢板桩的最大拉应力发生在第二工况阶段,最大值可以达到 24.7MPa ,最大压应力值发生在第三工况阶段,最大值可以达到 216MPa ,对整个流程进行对比,可以发现最大压应力值是大于最大拉应力值的,但是两个最大值都处于刚才允许的受力范围内,不会造成安全事故。同时我们也要看到,由于钢板桩结构本身工艺较为复杂,除了本身的材质外,不同的施工方法,对结构受力形状也会带来不同的影响,在本文的撰写中,有些情况并未写到,比如就没有考虑回填土的蠕变效应,对于土地的排水固结沉降也没有考虑到,但是实际上这些问题都会对整体结构形状造成影响,后续有机会会进行相关研究,完善本文的观点。

4 总结

钢板结构的受力情况会直接影响到码头的使用寿命,对其研究能够有效地改善施工过程中可能发生的形变和位移现象,提高使用效率,避免相关安全事故的发生,研究其规律,在后续项目的施工中减少不必要的损耗,提高码头行业的整体效益。希望通过相关文献的撰写能够引发相关方面的思考,当然文末也提到了,我们在文章撰写的时候考虑的因素并不是非常全面,希望能让更多相关人员参与到相关研究中,共同为码头行业的进步和发展而努力,助推祖国经济贸易实业腾飞。

参考文献:

- [1] 刘振平,顿军华.温度应力对钢板桩码头的影响研究[J].港工技术,2013,8:14-16.
- [2] 李侃,赵利平,井阳等.钢板桩码头施工过程受力分析[J].水运工程,2016,6:169-173.
- [3] 王世明,王崇宇,林高杰.高桩码头钢板桩接岸结构锈蚀残余承载力有限元分析[J].水道港口,2010,4:138-143.
- [4] 汪宏,刘彭.水平荷载作用下钢板桩码头的桩-土耦合分析[J].港工技术,2015,12:33-37.
- [5] 左明福.广州港南沙港区格形钢板桩码头位移沉降观测[J].重庆交通学院学报,1993,12(4):39-44.