

⑨ 大管径直桩浮式系靠码头的原型试验研究

26-28

陈灿明 戴冠英[✓] 张 芹

(南京水利科学研究院 南京 210024)

U656.1

摘要 介绍武汉红钢城大管径直桩浮式系靠码头的原型动力特性试验和浮式系靠设施在风、浪、流共同作用下的船舶荷载试验及浮式钢系靠设施在实际工作条件下运动状态的试验,结果表明码头横向刚度要比模型计算值大,码头采用多级消能,利用靠船桩、浮箱、护舷等的变位、变形以及水流阻力,使传到码头上的船舶荷载大大减小;浮式系靠设施消能效果明显,系统运转正常。采用浮式系靠设施后,克服了一般桩式码头无叉桩不能承受水平荷载的缺点,使施工更方便快捷。

关键词 大直径 钢筋混凝土 管桩 浮式 系靠设施 码头 船舶荷载

武汉红钢城多用途码头的设计吨位为3000吨级,可停靠最大货轮5000吨级。它采用 $\varnothing = 1.2\text{ m}$ 的大直径预应力钢筋混凝土管桩为基础,未设置斜桩,码头纵向共分五跨,跨径12.0 m,为大跨距高桩码头,横向为二跨,跨距分别为10.50 m和9.80 m;码头上部同时采用大空心板和微折板,前沿设置浮式系靠设施用以消能和承担大部分的船舶荷载。该码头为国家“七五”重点科技攻关项目75-25-04-01的依托工程。

该工程采用了许多新的设计和施工工艺,为此设计单位对所有设计乃至码头整体都进行了较全面而又有重点的静、动力测试和浮式系靠设施在实际工作条件下的运行观测。本文主要介绍码头的动力特性及浮式系靠设施运行状态的观测成果。

1 试验内容及方法

码头的动力特性试验采用共振法,由最大出力60 kN、频率范围为0~30 Hz的电磁式起振机激振,77型位移传感器拾振,SC-18型光线示波仪记录,据此可以测到码头的自振

频率与振型,再由频率响应曲线计算出阻尼比。起振机固定在距码头中心最近的结点上,起振机与传感器布置见图1。试验分有吊机和无吊机两种工况。

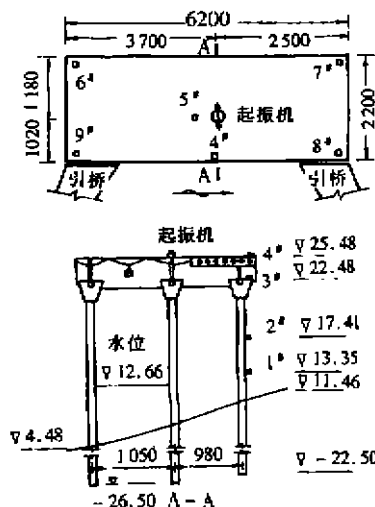


图1 动力特性试验测点布置(单位:cm)

为了解浮式系靠船设施的安全性和可行性,试验期间专门租用了三艘船舶进行靠泊试验,用以观测各船型在不同靠泊速度和角度时的撞击力,内、外护舷变形,浮箱的升沉,纵、横倾角及靠船桩的桩顶变位等。

第一作者简介:陈灿明,男,工程师,从事港工、水工结构研究,曾发表《采用动测法求地基承载力》等论文。

船舶的撞击力采用自制的扁顶式力传感器直接测量,该传感器为活动式,每次均放置在船舶撞击点附近的外护舷上。靠泊速度用大量程位移计测量,并同时记录相应的时间过程,再由位移和时间计算出靠泊速度,利用两个大量程位移计则可测定出船舶的靠泊角度;护舷变形与浮式系靠设施的升沉由位移计测量,浮箱的纵、横倾角直接用倾角仪测定。传感器的布置见图 2。

浮式系靠设施运动状态观测试验中,布置有位移计、倾角仪和波高仪,分别观测了上、下游两个浮箱在船行波作用下的纵、横倾角,升沉量及相应的波高。另外为了观测到更多的升沉资料,又利用自制的记录笔每天在浮式系靠设施的四根靠船桩上记录了升沉量。

2 测试结果与分析

2.1 动力特性试验

码头的动力特性是抗震计算的重要依据,同时其结果也能反映码头结构的整体性能。

试验初期,码头上吊机尚未安装,江面水位 12.60 m,此时进行了一组横向激振试验,之后因遇大雨,江面水位升至 14.40 m,此时吊机主体也已基本安装完毕,在该条件下进行了一组横向激振试验和纵向基频的测试。

由起振机横向激振得出的频率响应曲线及相应的各阶频率见表 1,4 号测点的频率响应曲线见图 3。

表 1 中第一、第三阶振型为垂直向弯曲振型,第二阶为平面弯曲振型;横向一阶阻尼比为 0.0527~0.0583;码头的纵向基频(有吊机)为 1.29 Hz,相应的一阶阻尼比为 0.027。

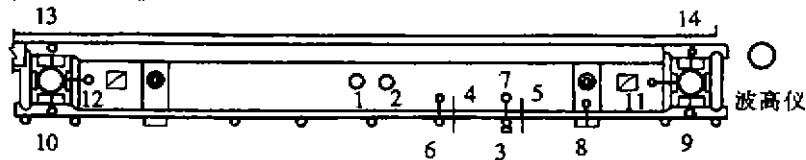


图 2 浮式系靠设施测点布置

1,2 为横纵向倾角仪;3 为扁顶测力传感器;4,5 为测速传感器;
6~10 为护舷变形测点;11,12 为浮箱升沉测点;13,14 为桩顶护舷变形测点

表 1 码头横向各阶频率测试结果 单位:Hz

工 况	第一阶	第二阶	第三阶
无吊机	3.60	8.65	
有吊机	3.37	8.52	13.99

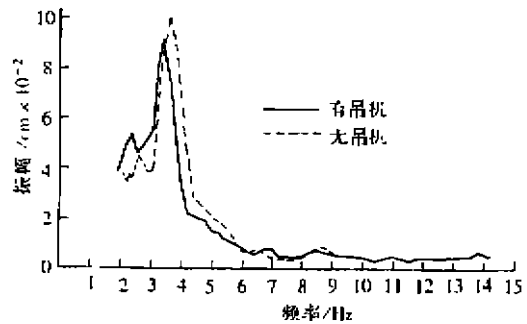


图 3 码头横向频率响应曲线

另外,通过脉动法对码头脉动信号进行频谱分析,测得码头横向和纵向一阶频率与起振机试验结果相吻合。

在无吊机情况下,实测码头横向一阶频率为 3.60 Hz,相同工况的模型试验值为 0.7~0.8 Hz,两者差异较大,这可能与下列两个因素有关:①码头在施工时,结点的实际连接效果与模型试验的假设有差异,模型试验的有关假设偏于保守。②引桥与码头相连,使横向刚度加大,从测试结果本身亦可从另外两个角度引证引桥对横向刚度增强的效果:首先纵向基频 1.29 Hz 要小于横向基频 3.37 Hz,而对于该码头来说,纵、横向两个方向的刚度相差不大,如无引桥,其纵、横向基频应较为接近;其次,由于引桥与码头基本连接,模型试验中的第二平面扭转振型在现场试验中未出现,也说明了引桥的存在改变了码头的振动状态,增强了码头的横向刚度。

2.2 浮式系靠设施的靠泊试验

试验期间码头尚未验收交付使用,故租

用了排水量为 600 t 的自航驳船、排水量为 150 t 的拖轮、总排水量为 300 t 的拖驳船队共三种不同船型进行靠泊试验。由于租用船舶未达到设计要求的排水量,试验中只能提高靠泊速度来增大靠泊能量,船只靠泊主要集中在浮式系靠设施的上游一跨,靠泊点多数在上游靠船桩附近,各船靠泊均在十次以上。

试验期间水流流速 1.0 m/s,水位 12.66 m (前期)和 14.40 m (后期)。

实测各靠泊参数分别为:靠泊速度 20.0 ~ 55.6 cm/s;靠泊角度 0° ~ 30° ;有效靠泊能量 4.2 ~ 32.5 kJ;撞击力 44.4 ~ 109.2 kN;外护舷最大变形(局部)17.0 cm;内护舷变形(局部)0.76 ~ 2.13 cm;桩顶护舷变形(局部)1.8 ~ 4.4 cm;浮箱最大倾角为纵向 0.86° ,横向 3.10° ;最大升沉 18 cm;码头面最大位移小于 0.01 mm;波高 6.4 ~ 12.0 cm。

通过船舶的撞击力与靠泊能量的比较,充分说明了消能构件起到了较理想的消能作用。船只靠泊时,浮箱受船舶的撞击,浮箱外侧的护舷首先起到部分消能作用,随着靠泊力的增加,除浮箱内、外两侧的护舷变形消能外,浮箱和靠船桩共同产生位移消除大部分能量,在较大的船舶荷载条件下,靠船桩顶部将与码头前沿的圆形护舷接触进行消能,经过各级护舷的变形、浮箱和靠船桩的位移以及水流阻力的作用,传递到码头上的船舶荷载将大大减小。也正是由于各级护舷的存在和充分利用了水流阻力以及允许浮箱、靠船桩产生较大的位移,使得船舶与浮式系靠设施进行软接触,增大了接触时间,保证了浮箱在靠泊过程中具有相对的稳定性,有利于工作人员的安全作业。

由于本试验是在特定水位条件下进行的,随着水位的提高,码头受到的撞击力可能会有所增大。

2.3 浮式系靠设施运动状态观测

在每跨浮箱中心位置分别安装了测量

纵、横倾角传感器,每跨两端与靠船桩相连处布置了位移计测量浮箱的升沉,码头上游外侧布置有波高仪。

船行波条件下的测试结果为:波高 7 ~ 35 cm;浮箱升沉 7 ~ 28 cm;纵向倾角 1.0° ~ 3.4° ;横向倾角 0.4° ~ 1.2° 。

由记录笔在四根靠船桩桩位测量点上的记录结果显示,浮箱最大升沉为 22 ~ 28 cm,经多天的观测,浮箱升沉每天都有多次超过 20 cm。

虽然船行波对浮箱的稳定性影响最大,但浮式系靠设施系统运转正常,并能满足人员行走与操作。

3 结 语

a. 由于实际施工中,构件与构件间回填混凝土的连接、面层钢筋网混凝土以及引桥、岸墩等因素的作用,增强了码头的整体性,导致试验实测码头基频要大于室内模型值。

b. 在有效靠泊能量基本达到船舶的设计吨位的靠泊能量时,实测撞击力为 44 ~ 109 kN,大部分能量为靠船设施所吸收,只有小部分传递到码头上,说明系靠设施的消能效果是十分明显的。

c. 浮式系靠设施在靠泊、船行波、水流及水位变化等条件下,系统运转正常。

参考文献

- 1 交通部第一航务工程勘察设计院,中华人民共和国交通部港口工程技术规范(1987),北京:人民交通出版社,1988
- 2 戴冠英,张芹,陈灿明,陈忠华. 湛江港二区 1 号墩式码头提高靠泊能力可行性论证. 水利水电科学研究,1991(4):388 ~ 401
- 3 张芹,戴冠英. 南京炼油厂 10 号油码头船舶荷载试验及分析. 水运工程,1994(11):29 ~ 34

(收稿日期:1996-07-10 编辑:张志琴)